中华人民共和国行业标准

城 市 测 量 规 范

Code for urban survey

CJJ 8—99

主编单位：北京市测绘设计研究院
批准部门：中华人民共和国建设部
施行日期：1999年7月1日

中国建筑工业出版社

1999 北 京

中华人民共和国行业标准

城 市 测 量 规 范

CJJ 8—99

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

新 华 书 店 经 销

北京密云红光印刷厂印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32　印张：10¾　插页：3　字数：286 千字

1999 年 6 月第一版　2004 年 11 月第五次印刷

印数：29001—31000 册　　定价：**50.00** 元

统一书号：15112·9303

版权所有　翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

关于发布行业标准《城市测量规范》的通知

建标［1999］40号

根据建设部《关于发送1990年工程建设行业标准（建设部部分）制订、修订计划的通知》（［1990］建标第407号）要求，由北京市测绘设计研究院主编的《城市测量规范》，经审查，批准为强制性行业标准，编号CJJ8—99，自1999年7月1日起施行。原部标准《城市测量规范》CJJ8—85同时废止。

本标准由建设部勘察与岩土工程标准技术归口单位建设部综合勘察研究设计院归口管理，由北京市测绘设计研究院负责具体解释。

本标准由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版。

中华人民共和国建设部

1999年2月10日

前　言

根据建设部建标[1990]407号文的要求，标准编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并广泛征求意见的基础上，制定了本规范。

本规范修订的主要技术内容是：1. 总则；2. 城市平面控制测量；3. 城市高程控制测量；4. 城市地形测量；5. 城市航空摄影测量；6. 城市地籍测量；7. 城市工程测量；8. 数字化成图；9. 城市地图制图；10. 城市地图制印。

本规范由建设部勘察与岩土工程标准技术归口单位建设部综合勘察研究设计院归口管理，授权由主编单位负责具体解释。

本规范主编单位是：北京市测绘设计研究院（地址：北京市复兴门外羊坊店路15号；邮编：100038）。

本规范参加单位是：同济大学测量与国土信息工程系、沈阳市勘察测绘研究院、成都市勘察测绘研究院、昆明市勘察测绘研究院、南昌市测绘勘察研究院。

本规范主要起草人员是：

洪立波、蒋达善、顾孝烈、孟庆遇、金善焜、陈声勇、张克勤、赖志礼、欧阳清、蔡振来、林书尧、张冬黎。

目　　次

1　总则 …… 1

2　城市平面控制测量 …… 2

2.1　一般规定 …… 2

2.2　技术设计、选点、造标与埋石 …… 8

2.3　水平角观测 …… 10

2.4　光电测距 …… 15

2.5　全球定位系统（GPS）测量 …… 20

2.6　观测成果的记录、整理、检验和计算 …… 24

3　城市高程控制测量 …… 29

3.1　一般规定 …… 29

3.2　技术设计、选点与埋石 …… 31

3.3　水准测量 …… 32

3.4　地面沉降观测 …… 36

3.5　三角高程测量 …… 37

3.6　观测成果的记录、整理、检验和计算 …… 40

4　城市地形测量 …… 43

4.1　一般规定 …… 43

4.2　图根控制测量 …… 45

4.3　测图前的准备 …… 50

4.4　测站点的增补 …… 51

4.5　地形图测绘方法及要求 …… 51

4.6　地形图测绘内容及取舍 …… 54

4.7　地形图的修测 …… 59

4.8　地形图的拼接和检查 …… 60

5　城市航空摄影测量 …… 61

5.1　一般规定 …… 61

5.2　对航摄资料的要求 …… 63

5.3 像控点的布设 …… 65
5.4 像控点测量 …… 68
5.5 野外调绘 …… 71
5.6 晒印像片与电算加密 …… 72
5.7 综合法测图 …… 76
5.8 模拟测图仪测图 …… 79
5.9 解析测图仪测图 …… 81
5.10 机助立体坐标量测仪测图 …… 82
5.11 正射影像图 …… 83
6 城市地籍测量 …… 87
6.1 一般规定 …… 87
6.2 地籍权属调查资料的核实 …… 87
6.3 地籍平面控制测量 …… 88
6.4 地籍要素测量 …… 88
6.5 面积量算 …… 91
6.6 资料整理、检查验收与成果提交 …… 92
6.7 变更地籍测量 …… 93
7 城市工程测量 …… 95
7.1 一般规定 …… 95
7.2 定线、拨地测量 …… 96
7.3 城市工程测图 …… 100
7.4 市政工程测量 …… 107
7.5 地下管线现状测量 …… 112
7.6 地下普通建（构）筑工程现状测量 …… 118
8 数字化成图 …… 123
8.1 一般规定 …… 123
8.2 数据采集 …… 123
8.3 数据处理与图形处理 …… 125
8.4 地形图绘制和验收 …… 126
8.5 地籍测量数字化成图 …… 127
8.6 地下管线测量数字化成图 …… 128
9 城市地图制图 …… 130

9.1 一般规定 …… 130
9.2 质量要求 …… 130
9.3 原图着墨、映绘、清绘与刻绘 …… 131
9.4 地图编绘 …… 134
9.5 计算机制图 …… 135
10 城市地图制印 …… 137
10.1 一般规定 …… 137
10.2 复照、拷贝 …… 138
10.3 晒版 …… 140
10.4 修版 …… 141
10.5 打样、胶印 …… 141
10.6 晒图、静电复印 …… 143
附录A 大地坐标系的地球椭球基本参数 …… 145
附录B 各等平面控制点觇标 …… 146
附录C 各等级平面控制点标志、标石及其造埋的规格 …… 148
附录D 光学经纬仪系列的分级及基本技术参数 …… 151
附录E 方向观测法度盘位置表 …… 152
附录F 测距边边长的高程归化计算 …… 154
附录G 各等高程控制点标志、标石及其造埋的规格 …… 156
附录H 水准仪系列的分级及基本技术参数 …… 160
附录J 地形图的分幅与编号 …… 161
附录K 布设地面标志的要求 …… 165
附录L 控制像片整饰格式 …… 167
附录M 调绘像片整饰格式 …… 170
附录N 市政工程测量纵断面图图标格式 …… 172
附录P 地下管线图图式 …… 173
附录Q 地下人防工程图图式 …… 176
本规范用词说明 …… 178

1 总　　则

1.0.1 为了统一城市测量的技术要求，及时、准确地为城市经济建设和社会发展提供各种测绘资料，保证其成果、成图的质量，以适应现代化城市建设发展的需要，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于城市规划、城市地籍管理和城市各项建设工程的勘测、设计、竣工以及城市管理的通用性测绘工作。

1.0.3 本规范规定的测图方法与精度要求适用于1∶500～1∶2000比例尺地形图。

1.0.4 对于测绘仪器、工具应精心使用和爱护，做到定期检验校正，经常检修保养，使其保持良好状态。

1.0.5 本规范以中误差作为衡量测绘精度的标准，二倍中误差作为极限误差。

1.0.6 城市1∶5000和1∶10000比例尺地形图的施测与编绘，其精度要求和作业方法均应按国家现行规范执行。根据城市用图的特点，图幅宜采用城市地方坐标系统正方形或矩形分幅。

在与国家控制网相联结的大城市，宜编绘1∶5000或1∶10000比例尺的国际分幅地形图。

1.0.7 城市各项测量工作应积极采用高新技术和先进方法，但必须满足本规范规定的精度要求。

1.0.8 城市测量除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 城市平面控制测量

2.1 一般规定

2.1.1 城市平面控制网的布设应遵循从整体到局部、分级布网的原则。首级网应一次全面布设，加密网视城市建设的主次缓急，可分期分批局部布设。

2.1.2 建立城市平面控制网可采用全球定位系统（GPS 定位）、三角测量、各种形式的边角组合测量和导线测量。平面控制测量方法的选择应因地制宜，既满足当前需要，又兼顾今后发展。做到技术先进、经济合理、确保质量、长期适用。

2.1.3 城市平面控制网的等级划分，GPS 网、三角网和边角组合网依次为二、三、四等和一、二级；导线网则依次为三、四等和一、二、三级。当需布设一等网时，应另行设计，经主管部门审批后实施。各等级平面控制网，根据城市或测区的规模均可作为首级网。首级网下用次级网加密时，视条件许可，可以越级布网。

2.1.4 一个城市只应建立一个与国家坐标系统相联系的、相对独立和统一的城市坐标系统，并经上级行政主管部门审查批准后方可使用。城市平面控制测量坐标系统的选择应以投影长度变形值不大于 2.5cm/km 为原则，并根据城市地理位置和平均高程而定。可按下列次序选择城市平面控制网的坐标系统：

1 当长度变形值不大于 2.5cm/km 时，应采用高斯正形投影统一 3°带的平面直角坐标系统。统一 3°带的主子午线经度由东经 75°起，每隔 3°至东经 135°。

2 当长度变形值大于 2.5cm/km 时，可依次采用：

1）投影于抵偿高程面上的高斯正形投影 3°带的平面直角坐标系统；

2）高斯正形投影任意带的平面直角坐标系统，投影面可采

用黄海平均海水面或城市平均高程面。

3　面积小于 25km² 的城镇，可不经投影采用假定平面直角坐标系统在平面上直接进行计算。

2.1.5　城市平面控制网未能与国家三角网联结，或联测国家点确有困难时，应在测区中央附近采用 GPS 定位或测定天文方位角，作为城市控制网的定向依据。

2.1.6　城市平面控制网观测成果的归化计算，应根据观测方法和成果使用的需要，采用我国 1980 西安坐标系或继续沿用 1954 北京坐标系，采用大地坐标系的地球椭球基本参数应符合附录 A 的规定。

2.1.7　在已测有国家三角点的测区内进行城市测量时，城市控制网宜与国家网进行联结，联结时应对拟利用的国家网点的精度进行具体分析。其精度能满足城市测量要求时，应直接利用加密或进行改算后加密；当精度不能满足城市测量要求时，也应充分利用其点位的标石与标架，并可选用一个国家网点的坐标与一条边的方位角作为城市平面控制网的起算数据。

2.1.8　城市平面控制网的精度要求应符合下列规定：

1　四等网中最弱相邻点的相对点位中误差 M_{ij} 不得大于 5cm。

2　四等以下网中最弱点的点位中误差 M_w（相对于起算点）不得大于 5cm。

3　点位中误差可根据点位误差椭圆的长半轴 a_w 和短半轴 b_w，或点位在坐标轴方向的误差 m_x、m_y 来计算；相对点位中误差可根据两点的相对点位误差椭圆的长半轴 a_{ij} 和短半轴 b_{ij}，或坐标增量的误差 $m_{\Delta x}$ 和 $m_{\Delta y}$，或边长误差 m_s 和方向角误差 m''_α 及边长 S 来计算。

即：

$$M_w = \sqrt{a_w^2 + b_w^2} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} \qquad (2.1.8\text{-}1)$$

$$M_{ij} = \sqrt{a_{ij}^2 + b_{ij}^2} = \sqrt{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2} = \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m''_\alpha}{\rho''}S\right)^2} \qquad (2.1.8\text{-}2)$$

2.1.9 三角网的主要技术要求应符合下列规定：

1 各等级三角网主要技术要求应符合表 2.1.9 的规定。

表 2.1.9 三角网的主要技术要求

等 级	平均边长 (km)	测角中误差 (")	起始边边长相对中误差	最弱边边长相对中误差
二等	9	≤±1.0	≤1/300000	≤1/120000
三等	5	≤±1.8	≤1/200000(首级) ≤1/120000(加密)	≤1/80000
四等	2	≤±2.5	≤1/120000(首级) ≤1/80000(加密)	≤1/45000
一级小三角	1	≤±5.0	≤1/40000	≤1/20000
二级小三角	0.5	≤±10.0	≤1/20000	≤1/10000

2 各等级三角网的布设，应符合下列规定：

1) 首级网应布设为近似等边三角形的网（锁）。三角形内角不宜小于 30°，当受地形限制时，个别角亦不应小于 25°；

2) 当三角网估算精度偏低时，宜适当加测对角线或增设测距边以提高网的精度；

3) 加密网可采用插网（锁）或插点的方法，一、二级小三角可布设成线形锁。不论采用插网或插点的方法，因故未作联测的相邻点的距离，三等不应小于 3.5km，四等不应小于 1.5km，否则应改变设计方案；

4) 各等级交会插点点位应在高等三角形的中心附近，同一插点各方向距离之比不得超过1：3。对于单插点，三等点应有 6 个内外交会方向测定，其中至少有两个交角为 60°～120°的外方向；四等点应有 5 个交会方向，图形欠佳时其中应有外方向。对于双插点，交会方向数应两倍于上述规定（其中包括两待定点间的对向观测方向）。当

采用边角组合交会时，多余观测数应与上述各等插点规定相同。

3 首级三角网的起始边长，应采用相应精度的光电测距仪测定。

2.1.10 边角组合网的主要技术要求应符合下列规定：

1 各等级边角组合网的设计应和三角网的规格取得一致，也应重视图形结构，各边边长宜近似相等，各三角形的内角不应大于100°且不宜小于30°，个别角度也不应小于25°。

2 各等级边角组合网中边长和边长测量的主要技术要求应符合表2.1.10的规定。

表2.1.10 边角组合网边长和边长测量的主要技术要求

等 级	平均边长 (km)	测距中误差 (mm)	测距相对中误差
二等	9	≤±30	≤1/300000
三等	5	≤±30	≤1/160000
四等	2	≤±16	≤1/120000
一级	1	≤±16	≤1/60000
二级	0.5	≤±16	≤1/30000

3 各等级边角组合网的角度测量的主要技术要求，应符合表2.1.9的规定。

4 对于由测边组成的中点多边形、大地四边形或扇形，应根据经各项改正后的边长观测值进行圆周角条件及组合角条件的检核，检核公式应按本规范第2.6.6条的规定采用。

2.1.11 导线和导线网的主要技术要求应符合下列规定：

1 三、四等及一、二、三级光电测距导线的主要技术要求应符合表2.1.11-1的规定，一、二、三级钢尺量距导线的主要技术要求应符合表2.1.11-2的规定，并应符合下列规定：

1）一、二、三级导线的布设可根据高级控制点的密度、道路的曲折、地物的疏密等具体条件，选用两个级别；

表 2.1.11-1 光电测距导线的主要技术要求

等级	闭合环或附合导线长度（km）	平均边长（m）	测距中误差（mm）	测角中误差（″）	导线全长相对闭合差
三等	15	3000	≤±18	≤±1.5	≤1/60000
四等	10	1600	≤±18	≤±2.5	≤1/40000
一级	3.6	300	≤±15	≤±5	≤1/14000
二级	2.4	200	≤±15	≤±8	≤1/10000
三级	1.5	120	≤±15	≤±12	≤1/6000

表 2.1.11-2 钢尺量距导线的主要技术要求

等级	附合导线长度（km）	平均边长（m）	往返丈量较差相对误差	测角中误差（″）	导线全长相对闭合差
一级	2.5	250	≤1/20000	≤±5	≤1/10000
二级	1.8	180	≤1/15000	≤±8	≤1/7000
三级	1.2	120	≤1/10000	≤±12	≤1/5000

2）导线网中结点与高级点间或结点与结点间的导线长度不应大于附合导线规定长度的 0.7 倍；

3）当附合导线长度短于规定长度的 1/3 时，导线全长的绝对闭合差不应大于 13cm；

4）光电测距导线的总长和平均边长可放长至 1.5 倍，但其绝对闭合差不应大于 26cm。当附合导线的边数超过 12 条时，其测角精度应提高一个等级。

2 导线网用作首级控制网时，应布设成多边形格网；作为加密网时，可布设成单线、单结点或多结点导线网。导线相邻边长之比不宜超过 1：3。

3 对不存在通视条件的 GPS 网点或其它控制网的孤点，采用四等及以下各级加密导线网时，可布设成无定向导线网。但是严禁布设成两起算点之间单线附合形式，而应布设成具有两个或两个以上闭合环，或组成结点的导线网，以保证导线网的精度与可靠性。在闭合环数或结点数较少时，应适当提高导线测角的精度。

4 各级导线如采用钢尺丈量，当导线与三角点连接而需要布

设三角副点传算网时，宜选设两条基线，构成双三角形或大地四边形，基线长度不宜短于副点至三角点距离的1/2，传算网内角不得小于30°。

当导线边长跨越河流或障碍物无法直接丈量时，可采用解析图形间接求距。

5 一、二、三级导线边长用钢尺量距时，三角副点传算网角度观测的测回数应较相应级别导线增加1～2测回。三角形闭合差：一级不得大于±15″，二级不得大于±25″，三级不得大于±40″。传算网中基线丈量应比导线量距时增加一次往返丈量，各次丈量较差的相对误差：一级不得大于1/28000，二级不得大于1/21000，三级不得大于1/14000。

6 各级导线边长采用普通钢尺进行丈量的主要技术要求应符合表2.1.11-3的规定，并应符合下列规定：

表2.1.11-3 普通钢尺量距的主要技术要求

级别	作业尺数	丈量方法	丈量总次数	读数次数	估读(mm)	同尺各次或同段各尺的较差(mm)	温度读至(℃)	定线最大偏差(cm)	尺段高差较差(cm)	拉力
一级	2	双尺同向	2	3	0.5	≤2	0.5	5	≤1	重锤或弹簧秤
	1	独立往返								
二级	2	双尺同向	2	3	0.5	≤2	0.5	5	≤1	弹簧秤
	1	独立往返								
三级	1	同向双次	2	2	1.0	≤3	1	7	≤1	弹簧秤

1）平坦光滑路面采用铺地丈量法，起伏地采用悬空丈量法。设置轴杆架的高差，相邻架不宜大于1m，尺段高差用普通水准仪中丝单面尺往返或双面尺单程测定；

2）拉力采用10kg或15kg重锤的重量，或者使弹簧秤指针读数为10kg或15kg，弹簧秤须经常与标准拉力相较以保证拉力正确。

7 导线作业用的钢尺，应在比尺场上按量线时使用的同样方法进行长度检定，检定钢尺丈量的相对中误差不应大于1/100000。

2.2 技术设计、选点、造标与埋石

2.2.1 技术设计前，应收集城市各项有关资料和进行现场踏勘，在周密调查研究的基础上进行控制网的图上设计。收集的资料应包括：

1 城市各种比例尺地形图（以1∶10000～1∶100000为宜）和交通图，以及有关气象和地质等方面的资料。

2 城市总体规划和近期建设开发方面的资料。

3 城市内已有的控制测量资料，包括平面控制网图、水准路线图、点之记、成果表、技术总结等。

2.2.2 图上设计的主要程序应符合下列规定：

1 在适当比例尺的地形图上展绘出城市原有的控制点、国家控制点以及起始边的位置。

2 按照技术规定设计城市新网（锁）的控制点、起始边的位置，并拟定对旧网或国家控制网的联测方案。

3 在地形图上判断和检查各相邻点间的通视情况，不能确保通视的方向，应根据障碍物的高度和在视线上的位置，计算及拟定两端点觇标最经济合理的高度。对没有确实把握的点位或方向，应设计几个备用方案。如为GPS网，则不需要每边都通视。

4 估算控制网中各推算元素的精度，如提出多种布网方案，应充分利用电算技术，算出各方案中的技术经济指标，然后比较选择，进行控制网最优化设计。

5 按照三角高程控制网对高程起算点的密度要求，拟定各等三角点的水准联测路线。

6 根据对测区的情况调查和图上设计的结果，编写技术设计书并拟定作业计划。

2.2.3 将图上设计的点位到实地选定。选定各等级控制点的位置应符合下列规定：

1 相邻点之间应通视良好，视线超越（或旁离）障碍物的高度（或距离），二等不宜小于1.5m；三、四等及一、二级小三角

以能保证成像清晰、便于观测为原则；一、二、三级导线不宜小于0.5m。采用光电测距时，选点要求应符合本规范第2.4.4条的规定。

2 点位应选在土质坚实的地方或坚固稳定的高建筑物顶面上，便于造标、埋石和观测，并能永久保存。各级导线亦可布设墙上标志。

3 觇标高度合理，作业安全，便于低等点的加密，边缘点位应照顾日后扩展应用的便利。

4 宜利用城市原有控制点和国家控制点的点位，各级导线也应充分利用已埋设永久性标志的规划道路中线点。

2.2.4 二、三等控制点应建造觇标，四等控制点可视需要而定，一、二级小三角不建立觇标。

觇标类型可采用寻常标、双锥标、复合标、屋顶观测台和墩标等，应因地制宜选用钢材、木材和钢筋混凝土建造，各等平面控制点觇标规格应符合附录B的规定。

2.2.5 各类觇标的照准标的可采用标心柱或微相位式照准圆筒，其直径大小按 $\phi = \frac{10''}{\rho''} \cdot S$ 算得(S 为控制网的边长)。

2.2.6 建造各种类型的觇标应符合下列规定：

1 标形端正，基础坚实，标架稳固。

2 照准标的中心、仪器台中心，基本与标石中心位于一条铅垂线上，其最大偏离值不应超过10cm。

3 觇标檐柱离开观测视线的距离：二等点不应小于20cm，三、四等点不应小于10cm。

2.2.7 各等级控制点均应埋设永久性的标石，平面控制点标志、标石及其造埋的规格应符合附录C的规定。坑底填以砂石，捣固夯实或浇灌混凝土底层。二、三、四等点应埋设盘石和柱石，两层标石中心的偏离值应小于3mm；其它平面控制点，宜埋设柱石。

三、四等导线点和各级平面控制点的标石，亦可兼做低等水准点用(此时标志应为圆包，标石底层应浇灌混凝土)。标志中心

应具有明显、耐久的中心点。

2.2.8 各等级三角点、边角组合网点与GPS点宜取村名、山名、地名、单位名作为点名，并应向当地政府和人民群众进行仔细调查后确定。同一测区有相同的点名应加以区别。新旧点重合时宜采用旧点名，不宜随便更改。各等级导线点可按区域或线路命名编号。

2.2.9 点位选定后，宜逐点标定，绘制选点图。

2.2.10 造标、埋石工作结束后，各等级控制点均应绘制点之记。二、三、四等控制点应办理标志委托保管手续，其它埋石点可视需要而定。觇标和标石应定期巡视检查和维修。

2.3 水平角观测

2.3.1 水平角观测所用的经纬仪，应 进行严格的检验。对于新购置（无检验资料）的光学经纬仪，应按现行《国家三角测量和精密导线测量规范》中第四章的规定进行全面检验。光学经纬仪系列的分级及基本技术参数应符合附录D的规定。一测区开始作业前应对光学经纬仪进行以下项目的检验：

1 照准部旋转正确性的检验。

2 光学测微器行差与隙动差的测定。

3 水平轴不垂直于垂直轴之差的测定。

4 垂直微动螺旋使用正确性的检验。

5 照准部旋转时，仪器底座位移而产生的系统误差的检验。

6 光学对中器的检验和校正。

光学经纬仪检定周期宜为一年。检验资料应详细记录、计算、整理，装订成册。

2.3.2 水平角观测前的准备工作应符合下列规定：

1 应检查觇标是否稳固安全，确认其稳固后，方可进行观测。

2 整置仪器，按选点图或概略方向值找到观测方向，辨认照准目标附近的地形特征，以便观测时能顺利找到目标。并检查视线超越或旁离障碍物的距离应符合本章第2.2.3条第1款的规

定。方向观测要选择一个距离适中、通视良好、成像清晰的方向作为零方向。

3 为消除或减弱度盘分划长短周期误差、测微器分划误差及行差的影响，应使水平角观测各测回均匀地分配在度盘和测微器的不同位置上。应事先编制观测度盘表，方向观测法度盘位置应按附录E采用。对于电子经纬仪，可不作度盘和测微器的位置分配。

2.3.3 水平角观测均应在通视良好、成像清晰稳定时进行。晴天的日出、日落和中午前后，如果成像模糊或跳动剧烈时，不应进行观测。

水平角观测一般在白天进行。二等点上的全部测回，应在两个以上时间段（上午、下午、夜间各为一个时间段）完成。

每个时间段观测的基本测回数不应多于全部基本测回数的2/3；按全组合测角法观测时，同一角度各测回不得连续观测。二等以下各等级控制点上的全部测回，可以在一个时间段内测完。

2.3.4 水平角观测可采用方向观测法。当方向数不多于3个时，可不归零。二等三角点亦可按全组合测角法或三方向法观测。方向观测法一测回的操作程序如下：

1 将仪器照准零方向标的，按观测度盘对好度盘和测微器。

2 顺时针方向旋转照准部1～2周后精确照准零方向标的，进行水平度盘测微器读数（重合对径分划线二次）。

3 顺时针方向旋转照准部，精确照准2方向标的，按本条第2款方法进行读数；顺时针方向旋转照准部依次进行3、4、……、n方向的观测，最后闭合至零方向。

4 纵转望远镜，逆时针方向旋转照准部1～2周后，精确照准零方向，按本条第2款方法进行读数。

5 逆时针方向旋转照准部，按上半测回观测的相反次序依次观测至零方向。

以上操作为一测回。

2.3.5 水平角观测过程中，仪器不应受日光直接照射，气泡中心

位置偏离整置中心不应超过一格。气泡位置偏离接近一格时，应在测回间重新整置仪器，使水准气泡居中。有纵轴倾斜传感器校正的电子经纬仪可不受此限。

2.3.6 当方向总数超过6个时，可分两组观测。每组至少应包括两个共同方向（其中一个为共同零方向），其两组共同方向角值之差，不应大于本等级测角中误差的二倍。分组观测最后结果，按等权分组观测进行测站平差。

2.3.7 在观测过程中，如遇某些方向目标暂不清晰时，可先放弃，待清晰时补测。一测回中放弃的方向数不应超过方向总数的1/3，放弃方向补测时，可只联测零方向。如全部测回已测完，某些方向尚未观测过，对这些方向的观测应按分组观测处理。

2.3.8 在高等级控制点上设站观测低等级方向时，应联测两个高等级方向，且宜是与低等级方向构成图形的高等级方向。高等级方向间夹角的观测值和原观测角值（当查不到原观测成果时，则用原平差值）之差不应超过 $\pm 2\sqrt{m_n^2 + m_o^2}$，式中的 m_n、m_o 为相应于新、旧成果等级规定的测角中误差。

2.3.9 各等级三角测量水平角观测技术要求应符合表2.3.9的规定。

表2.3.9 三角测量水平角观测的技术要求

等级	测角中误差（″）	三角形最大闭合差（″）	平均边长（km）	方向观测测回数			全组合测角法方向权 $P = n_o \cdot n_d$
				DJ_1	DJ_2	DJ_6	DJ_1
二等	≤±1	≤±3.5	>9	15	—	—	30（28、32）
			≤9	12	—	—	24（25）
三等	≤±1.8	≤±7	>5	9	12	—	—
			≤5	6	9	—	—
四等	≤±2.5	≤±9	>2	6	9	—	—
			≤2	4	6	—	—
一级小三角	≤±5	≤±15	—	—	2	6	—
二级小三角	≤±10	≤±30	—	—	1	2	—

注：n_o 为测回数，n_d 为方向数。

2.3.10 各等级导线测量水平角观测应符合下列规定：

1 各等级导线测量水平角观测的技术要求应符合表 2.3.10 的规定。

2 在三、四等导线点上，当只有两个方向时，宜按左、右角观测（当多于两个方向时，仍按方向法观测），在总测回数中应以奇数测回和偶数测回（各为总测回数的一半）分别观测导线前进方向的左角和右角。观测右角时仍以左角起始方向为准变换度盘位置。左角和右角分别取中数得 β_l 和 β_r 后，按 $\beta_l + \beta_r - 360° = \Delta_c$ 所计算的 Δ_c 值（即测站圆周角闭合差），三等不应超过 ± 3.0″，四等不应超过 ± 5.0″。

3 为了减弱对中误差对测角量距的影响，各等级导线宜采用三联脚架法。

表 2.3.10 导线测量水平角观测的技术要求

等级	测角中误差 (″)	测回数			方位角闭合差 (″)
		DJ_1	DJ_2	DJ_6	
三等	≤±1.5	8	12	…	$\leqslant \pm 3\sqrt{n}$
四等	≤± 2.5	4	6	…	$\leqslant \pm 5\sqrt{n}$
一级	≤± 5	—	2	4	$\leqslant \pm 10\sqrt{n}$
二级	≤± 8	—	1	3	$\leqslant \pm 16\sqrt{n}$
三级	≤± 12	—	1	2	$\leqslant \pm 24\sqrt{n}$

注：n 为测站数。

2.3.11 方向观测法各项限差应符合表 2.3.11 的规定。

表 2.3.11 方向观测法的各项限差 (″)

经纬仪型号	光学测微器两次重合读数差	半测回归零差	一测回内 $2C$ 较差	同一方向值各测回较差
DJ_1	1	6	9	6
DJ_2	3	8	13	9
DJ_6	…	18	—	24

注：当照准点方向的垂直角超过±3°时，该方向的 $2C$（C 为视准轴误差）较差可按同一观测时间段内的相邻测回进行比较，其差值仍按上表规定。按此方法比较应在手簿中注明。

2.3.12 水平角观测成果的重测和取舍应符合下列规定：

1 凡超出本规范规定限差的结果，均应进行重测。重测应在基本测回完成并对成果综合分析后再进行。

2 $2C$ 较差或各测回较差超限时，应重测超限方向并联测零方向。因测回较差超限重测时，除明显孤值外，原则上应重测观测结果中最大和最小值的测回。

3 零方向的 $2C$ 较差或下半测回的归零差超限，该测回应重测。方向观测法一测回中，重测方向数超过所测方向总数的 1/3 时（包括观测三个方向有一个方向重测），该测回应重测。

4 采用方向观测法时，每站基本测回重测的方向测回数，不应超过全部方向测回总数的 1/3，否则整站重测。

方向观测法重测数的计算，在基本测回观测结果中，重测一个方向算作一个方向测回；因零方向超限而重测的整个测回算作（n_d-1）个方向测回。每站全部方向测回总数按$(n_d-1)n_0$计算，n_d为该站方向总数，n_0为测回数。

5 基本测回成果和重测成果，应载入记簿。重测与基本测回结果不取中数，每一测回只取一个符合限差的结果。

6 因三角形闭合差、极条件、基线条件、方位角条件自由项超限而重测时，应进行认真分析择取有关测站整站重测。

2.3.13 归心元素的测定方法和要求应符合下列规定：

1 归心元素测定，宜用经纬仪置于三个仪器位置上按盘左、盘右投影，投影面的交角应接近 60°或 120°。如因地形限制，也可在交角约为 90°的两个位置上连续投影两次（两次间须稍变动仪器位置）。投影的示误三角形最长边或示误四边形的长对角线，对于标石、仪器和回光中心的投影应小于 5mm；对于圆筒、标心柱中心的投影应小于 10mm。

2 投影应在专用投影纸上（如用透明纸需投影后贴在投影纸上）进行，投影完毕应描绘本点的两个观测方向，其中一个宜为零方向。其观测值与描绘值之差，当偏心距小于 0.3m 时，不应超过 2°；偏心距大于 0.3m 时，不应超过 1°。偏心距 e 量至毫米，偏心

角 θ 量至 15′。

3　在不设测站观测的点上进行照准点投影时，描绘方向包括测站点方向，同时用仪器观测两个描绘方向间的夹角记于投影纸上。

2.3.14　二等观测，测站点和照准点归心元素应在水平角观测前、后各测定一次；三、四等观测归心元素宜测定一次。

照准点投影距观测的时间：二等观测 8m 及 8m 以上觇标不应超过一个月，二等观测 8m 以下觇标和三、四等观测不应超过两个月。对于高标或不稳固的觇标，应根据实际情况，适当增加投影次数。当遇大风等特殊情况时，应及时投影。

2.3.15　二、三等网的方向观测值应按下式进行高斯投影的方向改化计算：

$$\left.\begin{aligned}\delta_{1,2} &= \frac{\rho''}{6R_m^2}(x_1 - x_2)(2y_1 + y_2)\\ \delta_{2,1} &= \frac{\rho''}{6R_m^2}(x_2 - x_1)(y_1 + 2y_2)\end{aligned}\right\} \qquad (2.3.15\text{-}1)$$

四等网的方向观测值的方向改化可采用下列近似公式计算：

$$\delta_{1,2} = -\delta_{2,1} = \frac{\rho''}{2R_m^2}(x_1 - x_2)y_m \qquad (2.3.15\text{-}2)$$

式中　$\delta_{1,2}$——测站点 1 向照准点 2 观测方向的方向改化值（″）；

$\delta_{2,1}$——测站点 2 向照准点 1 观测方向的方向改化值（″）；

x_1、x_2、y_1、y_2——1、2 两点的坐标值（m）；

R_m——参考椭球面在 1、2 两点中点的平均曲率半径（m）；

y_m——1、2 两点的横坐标平均值（m）。

2.4　光电测距

2.4.1　城市各等级平面控制网、工程平面控制网和图根控制网的

起始边和边长，均可采用相应精度的光电测距仪测定。

2.4.2 对光电测距仪（主要指红外光相位式电子测距仪）及其主要附件，新购置和经修理后的仪器应按下列项目作全面检验与校正：

1 光电照准系统共轴性或平行性的检验与校正。

2 测尺频率的检验。

3 照准误差（发光管相位均匀性）和幅相误差的检验。

4 仪器内部符合精度的检验。

5 仪器测程和反射棱镜性能的测试。

6 周期误差的测定。

7 加常数和乘常数的测定。

8 仪器外部符合精度的检验。

9 电源电压对测距影响的测试。

10 气压表和温度表的检验与校正。

11 光学对中器的检验与校正。

使用中的测距仪应对本条中第1、2、4、6、7、8、11款进行检定，检定周期不宜超过一年。对本条第10款检定周期宜为三年。

2.4.3 测距仪精度分级，按1km测距中误差（即 $m_D = a + b \cdot D$，当 $D = 1$km 时）划分为两级：

Ⅰ级：$m_D \leqslant 5$mm；

Ⅱ级：$5\text{mm} < m_D \leqslant 10\text{mm}$。

式中 a——仪器标称精度中的固定误差（mm）；

b——仪器标称精度中的比例误差系数（mm/km）；

D——测距边长度（km）。

2.4.4 测距边的选择应符合下列规定：

1 测距边的长度宜在各等级控制网平均边长（1±30%）的范围内选择，并顾及所用测距仪的最佳测程。

2 测线宜高出地面和离开障碍物1m以上。

3 测线应避免通过发热体（如散热塔、烟囱等）的上空及附

近。

4 安置测距仪的测站应避开受电磁场干扰的地方，离开高压线宜大于 5m。

5 应避免测距时的视线背景部分有反光物体。

2.4.5 光电测距的技术要求应符合下列规定：

1 各等级平面控制网起始边或边长光电测距的主要技术要求，应符合表 2.4.5-1 的规定。

表 2.4.5-1 各等级平面控制网测距边测距的技术要求

控制网等级	测距仪	观测次数		总测回数	备注
		往	返		
二等	Ⅰ	1	1	6	1. Ⅰ* 为须用≤±（5mm＋3ppm·D）的Ⅰ级测距仪。 2. 1测回是指照准目标一次，一般读数4次，可根据仪器出现的离散程度和大气透明度作适当增减。往返测回数各占总测回数一半。 3. 根据具体情况，可采用不同时段观测代替往返观测，时段是指上、下午或不同的白天。
	Ⅰ*			8	
三等	Ⅰ	1	1	4	
	Ⅱ			6	
四等	Ⅰ	1	1	2	
	Ⅱ			4	
一级	Ⅱ	1	·	2	
二、三级	Ⅱ	1	—	1	

2 各级测距仪观测结果的各项较差的限值，应符合表 2.4.5-2 的规定。

表 2.4.5-2 光电测距各项较差的限值

项目 / 仪器等级	一测回读数较差 (mm)	单程测回间较差 (mm)	往返或不同时段的较差
Ⅰ级	5	7	$2(a+b\cdot D)$
Ⅱ级	10	15	

注：1 往返较差应将斜距化算到同一水平面上方可进行比较；

2 $(a+b\cdot D)$ 为仪器标称精度。

2.4.6 光电测距时，气象数据的测定应符合表 2.4.6 的规定，并应符合下列规定：

表 2.4.6 气象数据的测定要求

等级	最小读数		测定的时间间隔	气象数据的取用
	温度（℃）	气压（Pa）		
二、三、四等网的起始边和边长	0.2	50（或 0.5 mmHg）	一测站同时段观测的始末	测边两端的平均值
一级网的起始边和边长	0.5	100（或 1 mmHg）	每边测定一次	观测一端的数据
二级网的起始边和边长，以及三级导线边长	0.5	100（或 1 mmHg）	一时段始末各测定一次	取平均值作为各边测量的气象数据

1）气象仪表宜选用通风干湿温度表和空盒气压表。在测距时使用的温度表及气压表宜和测距仪检定时一致。

2）到达测站后，应立刻打开装气压表的盒子，置平气压表，避免受日光曝晒。温度表应悬挂在与测距视线同高、不受日光辐射影响和通风良好的地方，待气压表和温度表与周围温度一致后，才能正式测记气象数据。

2.4.7 测距观测时间的选择应符合下列规定：

1 应在大气稳定和成像清晰的气象条件下进行观测，晴天日出后与日落前半小时内不宜观测，中午可根据地区、季节和气象情况留有适当的间歇时间。阴天有微风时，可以全天观测。

2 在雷雨前后、大雾、大风、雨、雪天气及大气透明度很差的情况下不应作业。

2.4.8 测距的作业要求应符合下列规定：

1 严格执行仪器说明书中规定的操作程序。

2 测距前应先检查电池电压是否符合要求。在气温较低时作业，应有一定的预热时间，使仪器各电子部件达到正常稳定的工作状态时方可正式测距。读数时，信号指示器指针应在最佳回光信号范围内。

3 在晴天作业时仪器须打伞，严禁将照准头对向太阳，亦不宜顺光、逆光观测。仪器的主要电子附件也不应曝晒。

4　宜按仪器性能在规定的测程范围内使用规定的棱镜个数，作业中使用的棱镜宜与检验时使用的棱镜一致。

5　严禁有另外的反光镜位于测线或测线延长线上。对讲机亦应暂时停止通话。

2.4.9　测距边的倾斜改正可用两端点的高差(用水准测量或用三角高程测定)，也可用观测的垂直角进行倾斜改正。

2.4.10　采用垂直角直接计算平距时，垂直角测定精度可按下式计算：

$$m''_{\alpha_v} = \frac{\sqrt{2}\,\rho''}{5T \sin \alpha_v} \qquad (2.4.10)$$

式中　m''_{α_v} ——单程观测时所需垂直角测角中误差；

α_v——垂直角；

T——测距边要求的相对中误差的分母。

以（2.4.10）式计算的垂直角测角精度为引数，其观测方法及测回数应符合表 2.4.10 的规定。

表 2.4.10　垂直角的观测方法及测回数

测回数 / 精度 / 方法	5″～10″	10″～30″		30″以上
	DJ_2	DJ_2	DJ_6	DJ_6
对向观测　中丝法	2	1	2	1
单向观测　中丝法	3	2	3	2

2.4.11　测距边的水平距离应按下列公式计算：

1　用测定两点间的高差计算：

$$D = \sqrt{S^2 - h^2} \qquad (2.4.11\text{-}1)$$

2　用观测垂直角计算：

$$\left.\begin{aligned} D &= S \cdot \cos(\alpha_v + f) \\ f &= (1-k)\rho'' \frac{S \cdot \cos \alpha_v}{2R_m} \end{aligned}\right\} \qquad (2.4.11\text{-}2)$$

上两式中　D——测距边两端点仪器与棱镜平均高程面上的水平距离（m）；

S——经气象、加乘数与乘常数等改正后的斜距(m)；

h——测距仪与反光棱镜之间的高差（m)；

α_v——垂直角观测值；

f——地球曲率与大气折光对垂直角的改正值，不论仰角或俯角，f 恒为正值（″)；

k——当地的大气折光系数；

R_m——地球平均曲率半径（m)。

2.4.12 测距边水平距离的高程归化和投影改化：

1 测距边水平距离 D 归算到参考椭球面上的边长 S'_0。按下式计算：

$$S'_0 = D\{1 - \frac{H_m + h_g}{R_n} + \frac{(H_m + h_g)^2}{R_n^2}\} \quad (2.4.12\text{-}1)$$

式中 H_m——测距边高出大地水准面（黄海平均海水面）的平均高程（m)；

h_g——测距边所在地区大地水准面对于参考椭球面的高度（m)；

R_n——测距边方向参考椭球面法截弧的曲率半径（m)。

2 由 S'_0 再归算到高斯平面的测距边边长 S_0。按下式计算：

$$S_0 = S'_0\{1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{(\Delta y)^2}{24R_m^2}\} \quad (2.4.12\text{-}2)$$

式中 y_m——测距边两端点近似横坐标的平均值（m)；

Δy——测距边两端点近似横坐标的增量（m)；

R_m——参考椭球面在测距边中点的平均曲率半径（m)。

测距边边长的高程归化计算（包括归算到黄海平均海水面或城市平均高程面上)，应符合附录 F 的规定。

2.5 全球定位系统（GPS）测量

2.5.1 城市各等级平面控制网和相应等级的工程平面控制网，均可利用 GPS 定位技术，采用静态或快速静态方式进行测量。

2.5.2 GPS 网的技术设计除应符合本条规定外，还宜符合本规

范第 2.2 节的有关规定。

1 GPS 网的分级应符合下列规定：

1）城市或工程 GPS 网按相邻点的平均距离和精度划分为二、三、四等和一、二级；

2）各等级 GPS 网相邻点间弦长精度和主要技术要求应符合现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73 的规定。

2 布网原则与设计应符合下列规定：

1）应根据测区实际需要、预期达到的精度、测区的地理自然条件与交通状况，进行 GPS 网的设计。

2）GPS 网宜布设为全面网，当需增设骨架网加强控制网精度时，可分级布网；

3）GPS 网的点与点之间不要求通视，但需考虑常规测量方法加密时的应用，每点应有一个以上通视方向；

4）GPS 网应由一个或若干个独立观测环构成，也可采用附合路线形式。各等级 GPS 网中每个闭合环或附合路线的边数应符合现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73 的规定；

5）布设 GPS 网时，应与附近的国家地面控制网点联测，联测点数不得少于 3 个，并均匀分布于测区中。当测区较大或改建城市原有控制网时，还应适当增加重合点数，以便取得可靠的坐标转换参数；

6）为求得 GPS 网点的高程，网中应有分布均匀、密度适当的若干个高程联测点，联测应采用不低于四等水准测量或与其精度相当的方法进行。联测的高程点平原地区不宜少于 5 个点，对丘陵或山地联测高程点应按高程拟合曲面的要求进行布设。

2.5.3 选点与埋石应符合现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73 的规定。

2.5.4 观测与记录应符合下列规定：

1　各等级GPS网的观测应选用双频或单频GPS接收机，接收机标称精度：二等应优于（10mm＋2ppm），二等以下各等级应优于（10mm＋5ppm）；同步观测接收机数：二、三等不应少于3台，三等以下各等级不应少于2台。

2　施测前，按照测区的平均经度、纬度和作业日期编制GPS卫星可见性预报表，根据该表进行同步观测环图形设计和时段设计，编制出作业计划进度表。

3　各等级GPS测量作业的基本技术要求应符合现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73的规定。

4　城市GPS网测量不观测气象元素，只记录天气状况。

5　天线定向标志线应指向正北，对于定向标志不明显的天线，按统一规定的记号安置天线并指向正北。天线安置需严格对中。每时段观测前后各量取天线高一次，量至毫米，两次量高较差不应大于3mm，取平均值作为最后天线高。若较差超限，应查明原因，提出处理意见并记录在观测手簿记事栏内。

6　观测组应严格按调度表规定的时间同步观测同一组卫星。

7　测量手簿应在现场逐行、逐栏认真记录各项数据，不得事后补记或追记。

8　接收机内存数据文件在卸到外存介质上时，不得进行任何剔除或删改，不得调用任何对数据实施重新加工组合的操作指令。

2.5.5　数据处理应符合下列规定：

1　野外数据处理与检核工作，应包括下列内容：

1）采用单基线处理模式，解求当天时段所有同步基线。对于采用同一种数学模型的基线解，其同步时段中任一三边同步环的坐标分量相对闭合差和全长相对闭合差，应符合现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73的规定；

2）无论采用单基线模式或多基线模式解算基线，都应在整个GPS网中取一组完全的独立基线构成独立环，各独立环的坐标分量闭合差和全长闭合差应符合现行行业

标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73 的规定；

3）复测基线的长度较差 ds 应符合现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73 的规定。

2 GPS 网平差处理应包括下列内容：

1）在各项质量检验符合要求后，以所有独立基线组成 GPS 空间向量网，并在 WGS—84 地球椭球上进行三维无约束平差。无约束平差中，基线向量的改正数绝对值应符合现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73 的规定；

2）在无约束平差确定的有效观测量基础上，在国家坐标系或城市独立坐标系下进行三维约束平差或二维约束平差。约束平差中，基线向量的改正数与无约束平差结果的同名基线相应改正数的较差应符合现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ 73 的规定。

2.5.6 GPS 测量全部工作结束后，应编写技术总结报告，包括下列内容：

1 测区概况，自然地理条件等。

2 任务来源，测区已有测量资料情况，施测目的和基本精度要求。

3 施测单位，施测起止时间，技术依据，接收设备类型以及检验情况，观测方法，作业环境等。

4 外业观测数据质量分析与野外检核计算情况。

5 数据处理内容、方法与软件情况。

6 提交成果尚存问题和需要说明的其他问题。

2.5.7 GPS 测量任务完成后，应提交下列成果资料：

1 技术设计书。

2 全部外业观测记录、测量手簿。

3 数据加工处理中生成的文件、资料和全部坐标成果。

4 GPS 网示意展点图。

5 技术总结（或技术报告）和成果验收报告。

2.6 观测成果的记录、整理、检验和计算

2.6.1 一切原始观测值和记事项目，应在现场用钢笔或铅笔记录在规定格式的外业手簿中，字迹应清楚、整齐、美观，不得涂改、擦改、转抄，外业手簿或记录纸应进行编号。成果也可采用电子计算机记录，此时可按现行行业标准《测量外业电子记录基本规定》ZBA 76003、《三角测量电子记录规定》ZBA 76004 和《导线测量电子记录规定》CH/T 2002 执行。

2.6.2 手簿各记事项目，每一测站或每一观测时间段的首末页都应记录清楚，填写齐全。

水平角观测手簿中照准点一栏，全组合测角法观测时，每测回只记录方向号数、照准标的；方向观测时，每站第一测回应记录所观测的方向号数、点名和照准标的，其余测回仅记录方向号即可。

2.6.3 对原始观测数据的更改应符合下列规定：

1 水平角观测，秒值读记错误应重新观测，度、分读记错误可在现场更正，但同一方向盘左、盘右不得同时更改相关数字。垂直角观测中分的读数，在各测回中不得连环更改。

2 距离测量和轴杆头水准测量中，厘米及以下数值不得更改，米和分米的读记错误，在同一距离、同一高差的往、返测或两次测量的相关数字不得连环更改。

3 更正错误，均应将错误数字、文字整齐划去，在上方另记正确数字和文字。划改的数字和超限划去的成果，均应注明原因和重测结果的所在页数。

2.6.4 观测工作结束后，应及时整理和检查外业观测手簿。检查手簿中所有计算是否正确，观测成果是否满足各项限差要求。确认观测成果全部符合本规范规定后，方可进行计算。

2.6.5 三角测量验算的项目和限差应符合下列规定：

1 计算三角形闭合差、测角中误差（宜由 20 个以上三角形闭合差计算），不得超过本章第 2.3.9 条限差规定。测角中误差 m''_β

按菲列罗公式计算：

$$m''_{\beta}=\pm\sqrt{\frac{[W_t W_t]}{3n_t}} \qquad (2.6.5\text{-}1)$$

式中 W_t ——三角形闭合差（″）；

n_t——三角形的个数。

2 三角网条件方程式自由项的限值，按下列公式计算：

1）极条件自由项的限值

$$W_{sc}=\pm 2\frac{m''_{\beta}}{\rho''}\sqrt{\sum \operatorname{ctg}^2\beta} \qquad (2.6.5\text{-}2)$$

2）起始边（基线）条件自由项的限值

$$W_{ic}=\pm 2\sqrt{\frac{m''^2_{\beta}}{\rho''^2}\sum \operatorname{ctg}^2\beta+\left(\frac{m_{s_1}}{S_1}\right)^2+\left(\frac{m_{s_2}}{S_2}\right)^2} \qquad (2.6.5\text{-}3)$$

3）方位角条件自由项的限值

$$W_{ac}=\pm 2\sqrt{n\cdot m''^2_{\beta}+m''^2_{\alpha_1}+m''^2_{\alpha_2}} \qquad (2.6.5\text{-}4)$$

上列式中 m''_{β}——相应等级规定的测角中误差（″）；

β— 传距角；

$\frac{m_{s_1}}{S_1}$、$\frac{m_{s_2}}{S_2}$ 起始边边长相对中误差；

m''_{α_1}、m''_{α_2} 起始方位角中误差（″）；

n——推算路线所经过的测站数。

2.6.6 边角组合测量检核的项目和限差应符合下列规定：

1 边长用光电测距仪进行往返观测时，按下式评定距离测量的单位权中误差：

$$\left.\begin{aligned}\mu&=\pm\sqrt{\frac{[P\Delta_d\Delta_d]}{2n_s}}\\ \text{令}\quad P_i&=\frac{1}{\sigma^2_{s_i}}\end{aligned}\right\} \qquad (2.6.6\text{-}1)$$

式中 Δ_d ——往、返测距离的差数（mm）；

n_s——测距边边数；

P_i——距离测量的先验权；

σ_{s_i}——测距的先验中误差，可按测距仪的标称精度计算。

根据 μ 及 P_i 可以估算任一边的实际测距中误差：

$$m_{D_i} = \pm \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \qquad (2.6.6\text{-}2)$$

2 由测边组成的三角形中观测了一个角度与计算值的限差，应根据各边平均测距中误差按下式进行检核：

$$W_\gamma'' = \pm 2\sqrt{(\frac{m_D}{h_c}\rho'')^2(\cos^2\alpha + \cos^2\beta + 1) + m_\beta''^2} \qquad (2.6.6\text{-}3)$$

式中 m_D——观测边的平均测距中误差（mm）；

h_c——观测角顶点至对边的垂线长度（mm）；

α、β——除观测角外的另两个角度；

m''_β——相应等级三角网规定的测角中误差（″）。

或根据各边的平均测距相对中误差按下式进行检核：

$$W_\gamma'' = \pm 2\sqrt{2(\frac{m_D}{D}\rho'')^2(\mathrm{ctg}^2\alpha + \mathrm{ctg}^2\beta + \mathrm{ctg}\,\alpha \cdot \mathrm{ctg}\,\beta) + m_\beta''^2} \qquad (2.6.6\text{-}4)$$

式中 $\frac{m_D}{D}$——各边的平均测距相对中误差。

3 以测边为主的边角组合网角条件（包括圆周角条件与组合角条件）自由项的限值，应按下式计算：

$$W_s = \pm 2m_D\sqrt{[\alpha_s\alpha_s]} \qquad (2.6.6\text{-}5)$$

式中 m_D——观测边的平均测距中误差（mm）；

α_s——圆周角条件或组合角条件方程式的系数。

4 以测角为主的边角组合网还应按本节第 2.6.5 条规定的项目和限差进行检核。

2.6.7 计算导线（网）测站圆周角闭合差、测角中误差，不得超过本章第2.3.10条第1、2款限差规定。计算导线测角中误差的方法可分以下两种情况：

1 按左、右角观测的三、四等导线（网）测角中误差用下式计算：

$$m''_{\beta}=\pm\sqrt{\frac{[\Delta_c\Delta_c]}{2n_{\Delta}}} \qquad (2.6.7\text{-}1)$$

式中 Δ_c——测站圆周角闭合差（″）；

n_{Δ}——Δ_c的个数。

2 按导线方位角闭合差计算测角中误差，则用下式计算：

$$m''_{\beta}=\pm\sqrt{\frac{1}{N'}\left[\frac{f_{\beta}f_{\beta}}{n}\right]} \qquad (2.6.7\text{-}2)$$

式中 f_{β}——附合导线或闭合导线环的方位角闭合差（″）；

n——计算f_{β}时的测站数；

N'——f_{β}的个数。

2.6.8 二、三、四等平面控制网的计算应采用严密平差法。平差后应进行精度评定，其中包括单位权中误差、最弱点点位中误差（点位误差椭圆参数）、最弱相邻点点位中误差（相对点位误差椭圆参数）、最弱边的边长相对中误差及方位角中误差等。

四等以下平面控制网可采用近似平差法和按近似方法评定其精度。

2.6.9 不用电子计算机平差计算时，应由二人各自独立计算一份，以确保无误。采用电子计算机平差计算时，对数据的输入应进行仔细核对，计算的打印成果亦应进行校验。采用近似平差方法的导线网，应根据平差后坐标反算的方位角与边长作为成果。

2.6.10 内业计算数字取位应符合表2.6.10的规定。

2.6.11 城市平面控制测量计算结束并验收后，应提交下列资料：

表 2.6.10 内业计算数字取位

等　级	观测方向值及各项改正数 (″)	边长观测值及各项改正数 (m)	边长与坐标 (m)	方位角 (″)
二　等	0.01	0.0001	0.001	0.01
三、四等	0.1	0.001	0.001	0.1
四等以下	1	0.001	0.001	1

1　技术设计书。

2　平面控制网图（按适当比例绘制）、点之记及平面控制点标志委托保管书。

3　全部外业测量手簿、归心元素资料、外业概算与验算资料以及测角、测距仪器与钢尺检验资料。

4　全部内业计算资料及成果表。

5　技术总结（或技术报告）。

6　质量检查验收报告。

3 城市高程控制测量

3.1 一般规定

3.1.1 城市高程控制测量分为水准测量和三角高程测量。水准测量的等级依次分为二、三、四等，当需布设一等时，应另行设计，经主管部门审批后实施。城市首级高程控制网不应低于三等水准，测区则视需要，各等高程控制网均可作为首级高程控制。光电测距三角高程测量可代替四等水准测量。经纬仪三角高程测量主要用于山区的图根高程控制和山区以及位于高建筑物上平面控制点高程的测定。

3.1.2 在大城市或有地面沉降的城市应建立基岩水准标石作为地方水准原点，并应与国家水准点联测。一般城市可选择一个较为稳固并便于长期保存的国家水准点作为城市水准网的起算点。同时应充分利用测区内的水准点标石。与国家水准点联结时，其联测精度不应低于城市首级水准网的观测精度。

3.1.3 城市高程控制网的布设，首级网应布设成闭合环线，加密网可布设成附合路线、结点网和闭合环。只有在特殊情况下，才允许布设水准支线。

3.1.4 城市高程控制网布设范围应与城市平面控制网相适应。

一个城市只应建立一个统一的高程系统。城市高程控制网的高程系统，应采用 1985 国家高程基准或沿用 1956 年黄海高程系统。

在远离国家水准点的新设城市或在改造旧有水准网因高程变动而影响使用时，经上级行政主管部门批准后，可暂时建立或沿用地方高程系统，但应争取条件归算到 1985 国家高程基准上来。

3.1.5 城市首级水准网等级的选择应根据城市面积的大小、城市的远景规划、水准路线的长短而定。各等水准网中最弱点的高程

中误差（相对于起算点）不得大于±20mm。各等水准测量设计规格应符合表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5　各等水准测量设计规格（km）

水准点间距离（测段长度）	建筑区	1～2
	其它地区	2～4
环线或附合于高级点间水准路线的最大长度	二　等	400
	三　等	45
	四　等	15

注：城市测量对高程精度有特殊要求时，可另编技术设计书。水准网中结点间或结点与高级点间附合路线长度不应超过上表规定的 0.7 倍。

3.1.6　水准路线宜以起止地点的简称为线名，起止地名的顺序为“起西止东”或“起北止南”。环线名称取环线内最大的地名后加“环”字命名。水准路线的等级，分别以Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ书写于线名之前表示。水准点编号应自路线的起点开始，按 1、2、3……顺序编定点号。环线上点号顺序取顺时针方向，点号书于线名之后。

3.1.7　各等水准测量的主要技术要求应符合表 3.1.7 的规定。

表 3.1.7　各等水准测量的主要技术要求（mm）

等级	每千米高差中数中误差		测段、区段、路线往返测高差不符值	测段、路线的左右路线高差不符值	附合路线或环线闭合差		检测已测测段高差之差
	偶然中误差 M_Δ	全中误差 M_W			平原丘陵	山区	
二等	≤±1	≤±2	$\leqslant\pm4\sqrt{L_s}$	—	$\leqslant\pm4\sqrt{L}$		$\leqslant\pm6\sqrt{L_i}$
三等	≤±3	≤±6	$\leqslant\pm12\sqrt{L_s}$	$\leqslant\pm8\sqrt{L_s}$	$\leqslant\pm12\sqrt{L}$	$\leqslant\pm15\sqrt{L}$	$\leqslant\pm20\sqrt{L_i}$
四等	≤±5	≤±10	$\leqslant\pm20\sqrt{L_s}$	$\leqslant\pm14\sqrt{L_s}$	$\leqslant\pm20\sqrt{L}$	$\leqslant\pm25\sqrt{L}$	$\leqslant\pm30\sqrt{L_i}$

注：1　M_Δ 和 M_W 的计算方法见本章第 3.6.4 条规定；

2　L_s 为测段、区段或路线长度，L 为附合路线或环线长度，L_i 为检测测段长度，均以 km 计；

3　山区指路线中最大高差超过 400m 的地区；

4　水准环线由不同等级水准路线构成时，闭合差的限差应按各等级路线长度分别计算，然后取其平方和的平方根为限差；

5　检测已测测段高差之差的限差，对单程及往返检测均适用；检测测段长度小于 1km 时，按 1km 计算。

3.1.8 城市各等级平面控制点的高程，在平坦地区用四等水准精度要求施测，在山区及位于高建筑物上的控制点可采用三角高程测量方法施测。

3.2 技术设计、选点与埋石

3.2.1 技术设计应在充分收集城市各项有关资料以及实地调查踏勘的基础上进行。设计前应收集下列资料：

1 城市的1∶10000～1∶100000地形图和交通图。

2 城市规划、城市地质、地震、气象、地下水位及冻土深度等资料。

3 城市内已有的水准测量资料，包括各等水准网图、水准点点之记、成果表、技术总结等。

3.2.2 各等水准路线应选择沿坡度较小、土质坚实、施测方便的道路布设，并宜避免通过大河、湖泊、沼泽与峡谷等障碍物。

3.2.3 地面水准点位应选设在坚实稳固与安全僻静之处，墙脚水准点位应选设于永久性和半永久性的建筑或构筑物上，点位应便于寻找、长期保存和引测。下列地点不应选设水准点：

1 即将进行建筑的位置或准备拆修的建筑物上。

2 低湿、易于淹没之处。

3 不良地质条件（如土崩、滑坡等）之处及地下管线之上。

4 附近有剧烈震动的地点。

5 地势隐蔽不便于观测之处。

3.2.4 各等水准点均应埋设永久性标石或标志。标石或标志埋设应符合下列规定：

1 稳固耐久，保持垂直方向的稳定。

2 标石的底部埋设在冻土层以下，并浇灌混凝土基础。

3 水准点可以利用基岩或在坚固的永久性的建筑物上凿埋标志。

3.2.5 水准点标石类型可分为：基岩水准标石、基本水准标石、普通水准标石和墙脚水准标志四种。各等高程控制点标志、标石

及其造埋的规格应符合附录G的规定。

首级水准路线的结点，应埋设基本水准标石。

3.2.6 标石的稳定时限应符合下列规定：

1 各等水准观测，需待埋设的水准标石稳定后方可进行。

2 对二等水准观测，至少需经过一个雨季，冻土地区还需经过一个冻解期，岩层上埋设的标石至少需经过一个月。

3 在三、四等水准标石埋设后，水准观测的开始时间由作业单位根据路线土质和作业季节自行决定。

3.2.7 各等水准点埋石结束后，应详细绘制点之记，并办好委托保管手续。

3.3 水准测量

3.3.1 对于新购置的仪器及水准标尺应进行全面检验，新购仪器以及作业前与跨河水准测量所使用仪器的检验项目、方法和要求应按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897与《国家三、四等水准测量规范》GB 12898中的有关规定执行。水准仪系列的分级及基本技术参数应符合附录H的规定。进行水准测量所使用的仪器及水准标尺，应符合下列规定：

1 水准仪视准轴与水准管轴的夹角i，在作业开始的第一周内应每天测定一次，i角稳定后可每隔15d测定一次，用于二等水准测量的仪器不得大于15″；用于三、四等水准测量的仪器不得大于20″。

2 二等水准测量采用补偿式自动安平水准仪施测时，其补偿误差不应大于0.2″。

3 水准标尺的米间隔平均真长与名义长之差，对于线条式因瓦标尺不应大于0.10mm，对于区格式木质标尺不应大于0.50mm。

3.3.2 各等水准观测，应在标尺分划线成像清晰而稳定时进行。下列情况不应进行二等水准观测：

1 日出后与日落前30min内。

2　太阳中天前后各约 2h 内（可根据地区、季节和气象情况，适当增减中午间歇时间）。

3　标尺分划线的影像跳动而难于照准时。

4　气温突变时。

5　风力太大而使标尺与仪器不能稳定时。

3.3.3　水准测量的观测方法应符合下列规定：

1　对二等水准测量采用光学测微法，进行往返观测，其观测顺序如下：

1）往测：奇数站为后—前—前—后；

偶数站为前—后—后—前。

2）返测：奇数站为前—后—后—前；

偶数站为后—前—前—后。

2　对于二等水准测量，在两个基本标石之间的区段内，可划分成长度为 20～30km 的几个分段，在每一分段内先连续进行所有测段的往测或返测，随后连续进行该分段的返测或往测。观测时间宜使该分段中每一测段的往测或返测，分别在上午与下午进行，同时段观测的测站数不应超过该分段总测站数的 30%。

3　对三等水准测量采用中丝读数法，进行往返观测。当使用 DS_1 级仪器和因瓦标尺进行观测时，可采用光学测微法进行单程双转点观测。两种方法每站观测顺序为后—前—前—后。

4　对四等水准测量采用中丝读数法，直读距离，观测顺序为后—后—前—前。当水准路线为附合路线或闭合环时采用单程测量；当采用单面标尺时，应变动仪器高度，并观测两次。水准支线应进行往返观测或单程双转点法观测。

5　使用补偿式自动安平水准仪观测的操作程序与气泡式水准仪相同，观测前圆水准器应精确校正，观测时应严格置平。

6　水准观测应符合下列规定：

1）观测前，应使仪器与外界气温趋于一致。观测时，应用白色测伞遮蔽阳光。迁站时，宜罩以白色仪器罩；

2）在连续各测站上安置水准仪的三角架时，应使其中两脚与

水准路线的方向平行，而第三脚轮换置于路线方向的左侧与右侧；

3）同一测站上观测时，不得两次调焦；

4）观测中不得为了增加标尺读数而把尺桩（台）安置在沟边或壕坑中的方法；

5）每测段的往测和返测的测站数应为偶数。由往测转向返测时，两根标尺应互换位置，并应重新整置仪器。

7 间歇与检测应按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 和《国家三、四等水准测量规范》GB 12898 的有关规定执行。

3.3.4 水准测量的转点尺承可以采用尺桩或尺台，用于二等水准测量的尺台重量不应小于 5kg。

3.3.5 各等水准观测的视线长度、前后视距差、视线高度的要求应符合表 3.3.5 的规定。

表 3.3.5 各等水准观测的视线长度、前后视距差、视线高度的要求（m）

项目 / 等级	标尺类型	视线长度		前后视距差	任一测站上前后视距累积差	视线高度
		仪器类型	视距			
二等	因瓦	DS_1	≤50	≤1.0	≤3.0	下丝读数≥0.3
		DS_{05}	≤60			
三等	双面	DS_3	≤65	≤3.0	≤6.0	三丝能读数
	因瓦	DS_1 DS_{05}	≤80			
四等	双面单面	DS_3	≤80	≤5.0	≤10.0	三丝能读数
	因瓦	DS_1	≤100			

注：当成像清晰、稳定时，三、四等水准观测视线长度可以放长 20%。

3.3.6 各等水准测量的测站观测限差应符合表 3.3.6 的规定。

3.3.7 观测读数和记录的数字取位：使用 DS_{05} 或 DS_1 级仪器，应读记至 0.05 或 0.1mm；使用区格式木尺应读记至 1mm。

3.3.8 水准测量成果的重测和取舍应符合下列规定：

1　凡超出本章第3.1.7、3.3.5、3.3.6条规定限差的结果均应进行重测。

2　因测站观测限差超限，在本站观测时发现，应立即重测；迁站后发现，则应从水准点或间歇点（须经检测符合限差）开始重测。

表3.3.6　各等水准测量的测站观测限差（mm）

等级 \ 项目		上下丝读数平均值与中丝读数的差		基辅分划或黑红面读数的差	基辅分划、黑红面或两次高差的差	单程双转点法观测左右路线转点差	检测间歇点高差的差
		5mm刻划标尺	10mm刻划标尺				
二等		1.5	3.0	0.4	0.6	—	1.0
三等	光学测微法			1.0	1.5	1.5	3.0
	中丝读数法			2.0	3.0	—	
四等				3.0	5.0	4.0	5.0

3　测段往返测高差不符值超限，应先就可靠性较小的往测或返测进行整测段重测。当重测的高差与同方向原测高差的不符值超过往返测高差不符值的限差，但与另一单程的高差不符值未超出限差时，则取用重测结果；当同方向两高差的不符值未超出限差，且其中数与另一单程原测高差的不符值亦不超出限差时，则取同方向中数作为该单程的高差；当重测高差或同方向两高差中数与另一单程高差的不符值超出限差时，则应重测另一单程；当出现同向不超限，而异向超限的分群现象时，如果同方向高差不符值小于限差之半，则取原测的往返高差中数作往测结果，取重测的往返高差中数作为返测结果。

4　单程双转点观测中，当测段的左右路线高差不符值超限时，可只重测一个单线，并与原测结果中符合限差的一个单线取用中数；当重测结果与原测结果均符合限差时，则取三个单线的中数；当重测结果与原测两个单线结果均超限时，则应再重测一个单线。

5　当M_{Δ}、M_{w}、区段往返测高差不符值、附合路线或环线闭

合差超限时，应认真分析，先就路线上可靠性较小的一些测段进行重测。

3.3.9 水准点和“其它固定点”的观测、跨河水准测量等均应按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 和《国家三、四等水准测量规范》GB 12898 的有关规定执行。

3.3.10 城市水准网的复测周期，可根据城市建设的需要和地面沉降速度大小而定。地面沉降不显著的城市，可 5～10 年复测一次；地面沉降速度大的城市，可按表 3.4.3 选用。

3.4 地面沉降观测

3.4.1 根据城市高程控制网复测成果的比较和分析，证实城市有地面沉降时，宜改建原有城市高程控制网，使其适应地面沉降观测的需要。

3.4.2 用于城市地面沉降观测的水准网（简称沉降网），其水准路线的走向及点位宜与城市水准网的线、点重合。必要时可调整城市水准网的路线或在局部地区布设专用的沉降网。

3.4.3 根据城市各地区的水文、地质情况和年均沉降量，将整个城市划分成若干个不同沉降量的沉降区。其沉降区的划分、沉降点间距和复测周期可按表 3.4.3 的规定执行。

表 3.4.3 沉降点间距离和复测周期的要求

年均沉降量（cm）	沉降点间距（m）	复测周期
1～3	2000～1000	5～3 年
3～5		3～1 年
5～10	700～500	1～0.5 年
10～15	500～250	6～3 月
＞15	＜250	3～1 月

3.4.4 城市地面沉降观测的精度，可根据需要和年均沉降量的大小、沉降区域的面积、复测周期长短按二等或三、四等水准测量的要求进行。

3.4.5 为消除或削弱沉降过程中水准点或沉降点之间的不均匀

沉降所产生的影响，沉降观测时宜采取以下措施：

1　宜缩短二等水准环线或路线的长度，亦可用两架同级仪器对向观测代替往返观测，以缩短观测时间。

2　沉降观测的路线、观测的季节以及所使用的仪器和标尺应相对地固定。

3　沉降观测作业应从沉降量大的地区开始，依次向沉降量小的地区推进。当高等水准路线和低等水准路线在同一年施测时宜同期进行。

4　在沉降量较大的地区，应在短时间内完成一个闭合环的观测；沉降网中的结点由几个小组协同作业时，应同时接测。

3.5　三角高程测量

3.5.1　三角高程测量，宜在平面控制网的基础上布设成高程导线附合路线、闭合环线或三角高程网。有条件的城市，可布设成光电测距三维控制网。高程导线各边的高差测定应采用对向观测。当仅布设高程导线时，也可采用在两标志点中间设站观测的形式（即中间法）。

3.5.2　代替四等水准的光电测距高程导线，应起闭于不低于三等的水准点上。其边长不应大于1km，高程导线的最大长度不应超过四等水准路线的最大长度。

3.5.3　四等光电测距高程导线的主要技术要求应符合下列规定：

1　高程导线边长的测定，应采用不低于Ⅱ级精度的测距仪往返观测各一测回，测距的各项限差和要求应符合本规范第2.4节的规定，每站应读取气温、气压值。

2　垂直角观测应采用觇牌为照准目标，用DJ_2级经纬仪按中丝法观测三测回，光学测微器两次读数的差不应大于3″，垂直角测回差和指标差较差均不应大于7″。对向观测高差较差不应大于$\pm 40\sqrt{D}$(mm)（D为测距边水平距离，km），附合路线或环线闭合差限差同四等水准测量要求。

3　仪器高、觇牌高应在观测前后用经过检验的量杆各量测一

次，精确读至 1mm，当较差不大于 2mm 时取用中数。

4 内业计算时，垂直角度的取位，应精确至 0.1″；测距距离与高程的取位，应精确至 1mm。单向观测时的高差根据采用斜距或平距分别应按下列公式计算：

$$h = S \cdot \sin\alpha_V + (1-k)\frac{S^2 \cdot \cos^2\alpha_V}{2R} + i - v \qquad (3.5.3\text{-}1)$$

$$h = D \cdot \mathrm{tg}\alpha_V + (1-k)\frac{D^2}{2R} + i - v \qquad (3.5.3\text{-}2)$$

式中 h——高程导线边两端点的高差（m）；

S——高程导线边的倾斜距离（m）；

D——高程导线边的水平距离（m）；

α_V——垂直角；

k——当地的大气折光系数；

R——地球平均曲率半径（m）；

i——仪器高（m）；

v——觇牌高（m）。

3.5.4 经纬仪三角高程导线，应起闭于不低于四等水准联测的高程点上。三角高程网中应有一定数量的高程控制点作为高程起算数据。高程起算点宜布设在锁的两端或网的边缘，三角高程网中任意一点与最近高程起算点最多间隔边数应符合表 3.5.4 的规定。

表 3.5.4 三角高程网中任一点与最近高程起算点的最多间隔边数

边数 / 平均边长（km） / 等高距（m）	1	2	3	4	5	7	9	平差后平面控制点高程中误差（m）
1	10	4	2	—	—	—	—	≤±0.05
2	—	10	7	4	3	—	—	≤±0.10
3	—	—	—	—	10	8	5	≤±0.25

3.5.5 垂直角观测宜在 9 时至 15 时内目标成像清晰稳定时进行，在日出后和日落前 2h 内不宜观测。

3.5.6 进行垂直角观测时，目标的照准位置均应记于观测手簿中。由不同方向观测同一点时宜照准同一位置，遇特殊情况可另行选择照准位置，但应在手簿中图示注明。

3.5.7 垂直角观测应按下列程序操作：

1 在盘左位置上，将望远镜的一根或三根水平丝依次照准该组中的每一标的，并进行垂直度盘读数（重合对径分划线两次）。

2 纵转望远镜，盘右位置依相反的照准次序进行垂直度盘的另一位置观测，即完成该组中每一方向一测回的操作。

3 盘左、盘右两位置照准目标时，目标的成像应位于垂直丝左、右附近的对称位置。用三丝法观测时，纵转望远镜前后，水平丝照准应一律按上、中、下丝的次序进行。

3.5.8 各等级平面控制网用经纬仪三角高程测量测定高程时，垂直角观测的测回数与限差应符合表 3.5.8 的规定。

表 3.5.8 垂直角观测的测回数与限差

项目 \ 平面网等级		二、三等		四等，一、二级小三角		一、二、三级导线	
		DJ_1	DJ_2	DJ_2	DJ_6	DJ_2	DJ_6
测回数	中丝法	4		2	4	1	2
	三丝法	2		1	2	—	1
垂直角测回差（″）		10	15	15	25	15	25
指标差较差（″）							

注：1 垂直角测回差指同一方向由各测回各丝所得的全部垂直角结果互相比较；

2 指标差较差在分组观测时，仅在一测回内各方向按同一根水平丝计算的结果比较；单独方向连续观测时，则按同方向各测回同一根水平丝计算的结果比较。

垂直度盘光学测微器两次读数较差：DJ_1 级仪器不应大于 1″，DJ_2 级仪器不应大于 3″。

3.5.9 觇标高度和仪器高度均应用钢尺丈量二次，读至 5mm，两次较差不大于 1cm 时取用中数。量取觇标高度的位置应与观测时照准的位置相一致。

3.5.10 各等级平面控制网用三角高程测量测定高程时，计算的高差经地球曲率和大气折光改正后，应符合下列规定：

1 由两个单方向算得的高程不符值不应大于 $0.07\sqrt{S_1^2+S_2^2}$(m)（S_1、S_2 为两个单方向的边长，km）。

2 由对向观测所求得高差较差不应大于 $0.1S$(m)(S 为边长，km)。

3 由对向观测所求得的高差中数，计算闭合环线或附合路线的高程闭合差不应大于 $\pm 0.05\sqrt{[S^2]}$(m)。

3.6 观测成果的记录、整理、检验和计算

3.6.1 各等高程测量观测应采用规定的手簿记录并统一编号，手簿中记载项目的原始观测数据应字迹清晰端正、填写齐全。外业手簿中任何原始记录（包括文字）不得擦改或涂改，更不能转抄复制。成果也可采用电子计算机记录，此时可按现行行业标准《测量外业电子记录基本规定》ZBA 76003 和《水准测量电子记录规定》ZBA 76005 执行。

3.6.2 当原始记录米与分米数字或文字有误时，应以单线划去，在其上方写出正确数字和文字，并应在备考栏内注明原因，但一测站内不得有两个相关数字连环更改。划去不用的废站亦应注明原因。

3.6.3 每一水准路线观测结束，经全面检查确认无误后，应由两人独立编算外业高差和概略高程表、计算水准标尺长度误差改正数、正常水准面不平行的改正数、水准路线（或环线）闭合差的改正数。

3.6.4 水准测量作业结束后，每条水准路线（四等单程除外）应按测段往返高差不符值计算 M_Δ；当水准网的环数超过 20 个时，还应按环线闭合差计算 M_w。M_Δ 和 M_w 应符合表 3.1.5 的规定，否则应对较大闭合差的路线进行重测。M_Δ 和 M_w 应按下列公式计算：

$$M_\Delta=\pm\sqrt{\frac{1}{4n'}\left(\frac{\Delta\Delta}{L_s}\right)} \qquad (3.6.4\text{-}1)$$

$$M_w = \pm\sqrt{\frac{1}{N}\left(\frac{WW}{L}\right)} \qquad (3.6.4\text{-}2)$$

式中 Δ——测段往返测高差的不符值（mm）；

L_s——测段长（km）；

n'——测段数；

W——经过各项改正后的水准环线闭合差（mm）；

N——水准环数；

L——水准环线周长（km）。

3.6.5 城市地面沉降观测的平差计算、资料整理等，除应符合本节有关规定外，还应进行下列计算和绘制下列资料：

1 计算每个水准点或沉降点的本次沉降量、累计沉降量和年均沉降量。

2 计算每个沉降区和整个城市的本次平均沉降量、累计平均沉降量和年均沉降量。

3 绘制有异常沉降现象的水准点或沉降点逐年（或逐月）的沉降曲线。

4 根据水准点或沉降点的本次沉降量或年均沉降量绘制等沉线图。等沉距按沉降量的大小或需要而定。

3.6.6 水准测量计算小数位的取位应符合表 3.6.6 的规定。

表 3.6.6 计算小数位的取位

等级	往（返）测距离总和（km）	往返测距离中数（km）	各测站高差（mm）	往（返）测高差总和（mm）	往返测高差中数（mm）	高程（mm）
二等	0.01	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1
三等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0
四等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0

3.6.7 各等级高程控制网应采用条件平差或间接平差，并评定网中最弱点相对于起算点的高程中误差。

3.6.8 城市高程控制测量计算结束并验收后，应提交下列资料：

1 技术设计书。

2　高程控制网网图、水准点和其他高程点的点之记及高程控制点标志委托保管书。

3　全部外业观测手簿和经纬仪、测距仪、水准仪与水准标尺检验资料。

4　全部内业计算资料及成果表。

5　技术总结（或技术报告）。

6　质量检查验收报告。

4 城市地形测量

4.1 一般规定

4.1.1 测图比例尺可根据城市的大小和不同阶段的用途可按表4.1.1选用。

表4.1.1 测图比例尺的选用

比例尺	用途
1∶10000	城市规划设计（城市总体规划、厂址选择、区域位置、方案比较）等
1∶5000	
1∶2000	城市详细规划和工程项目的初步设计等
1∶1000	城市详细规划、管理、地下管线和地下普通建（构）筑工程的现状图、工程项目的施工图设计等
1∶500	

各种比例尺地形图除直接施测外，还可利用较大比例尺地形图缩编成图。

4.1.2 地形图宜采用矩形分幅（40cm×50cm）或正方形分幅（1∶5000图为40cm×40cm，其它比例尺地形图为50cm×50cm）。

地形图分幅和编号方法可按附录J的规定执行，亦可沿用当地城市原有的分幅和编号方法。

4.1.3 地形的分类应符合下列规定：

1 平地——地面倾角在2°以下地区。

2 丘陵地——地面倾斜角在2°～6°的地区。

3 山地——地面倾斜角在6°～25°的地区。

4 高山地——地面倾斜角在25°以上的地区。

4.1.4 地形图的基本等高距应符合表4.1.4的规定。

4.1.5 地形图符号应按现行国家标准《1∶500、1∶1000、1∶2000地形图图式》GB/T 7929执行。对图式中没有规定的符号，或不能适用于计算机辅助绘图的地物、地貌符号，测绘单位可另作补充规定，但应在技术设计书或技术总结中注明，或编印成册，并

应向上级主管部门申报备案。

表 4.1.4 地形图的基本等高距（m）

基本等高距 / 比例尺 / 地形类别	1∶500	1∶1000	1∶2000
平地	0.5	0.5	0.5、1
丘陵地	0.5	0.5、1	1
山地	0.5、1	1	2
高山地	1	1、2	2

注：1 同一城市或测区的同一种比例尺地形图，宜采用一种基本等高距。此时不同地形类别的等高线插求点高程精度要求，可按相应的地形类别应采用的基本等高距分别推算；

2 同一幅图不得采用两种基本等高距。

4.1.6 图根点相对于图根起算点的点位中误差，不得大于图上0.1mm；高程中误差，不得大于测图基本等高距的1/10。

4.1.7 测站点相对于邻近图根点的点位中误差，不得大于图上0.3mm；高程中误差：平地不得大于1/10基本等高距，丘陵地不得大于1/8基本等高距，山地、高山地不得大于1/6基本等高距。

4.1.8 图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差与邻近地物点间距中误差，应符合表4.1.8的规定。

表 4.1.8 图上地物点点位中误差与间距中误差（图上mm）

地区分类	点位中误差	邻近地物点间距中误差
城市建筑区和平地、丘陵地	≤0.5	≤±0.4
山地、高山地和设站施测困难的旧街坊内部	≤0.75	≤±0.6

森林隐蔽等特殊困难地区，可按表4.1.8中规定值放宽50%。

4.1.9 地形图高程精度应符合下列规定：

1 城市建筑区和基本等高距为0.5m的平坦地区，其高程注记点相对于邻近图根点的高程中误差不得大于±0.15m。

2　其它地区地形图高程精度应以等高线插求点的高程中误差来衡量。

3　等高线插求点相对于邻近图根点的高程中误差，应符合表4.1.9的规定。

表4.1.9　等高线插求点的高程中误差

地形类别	平地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差（等高距）	≤1/3	≤1/2	≤2/3	≤1

森林隐蔽等特殊困难地区，可按表4.1.9中规定值放宽50%。

4.2　图根控制测量

4.2.1　图根点是直接供测图使用的平面和高程的依据，宜在城市各等级控制点下加密。

4.2.2　图根平面控制点的布设，可采用图根三角锁（网）、图根导线的方法，不宜超过两次附合，图根导线在个别极困难的地区可附合三次。局部地区可采用光电测距极坐标法和交会点等方法。

图根点亦可采用GPS测量方法布设，其技术要求可按现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ　73有关规定执行。

4.2.3　图根点的密度应根据测图比例尺和地形条件而定，常规成图方法平坦开阔地区图根点的密度不宜小于表4.2.3的规定；数字化成图图根点的密度应符合本规范第8.2.3条的规定。

表4.2.3　平坦开阔地区图根点的密度（点/km^2）

测图比例尺	1∶500	1∶1000	1∶2000
图根点密度	150	50	15

地形复杂、隐蔽以及城市建筑区，应以满足测图需要并结合具体情况加大密度。

4.2.4　图根点宜采用临时标志，当测区内高级控制点稀少时，应

适当埋设标石或测定永久性地物点坐标，埋石点应选在第一次附合的图根点上，并应做到至少能与另一个点（埋石点或测坐标地物点）互相通视，以满足城市地形图修测的需要。

4.2.5 图根三角锁（网）的平均边长不宜超过测图最大视距的1.7倍。传距角不宜小于30°，特殊情况下个别传距角也不应小于20°。线形锁三角形的个数不应超过12个。

采用交会法时，其交会角不应小于30°且不应大于150°。前、侧方交会应有三个方向；后方交会应有四个方向，后方交会的交会角α、β和固定角C之和不应在160°～200°之间。照准方向应注意投影改正。交会边长不宜大于$0.5M$(m)(M为测图比例尺分母)，当图形欠佳时，应进行精度估算或缩短边长，点位应避免落在危险圆范围内。

4.2.6 图根三角锁（网）的水平角，应使用DJ_6级仪器并采用方向法观测一测回。当观测方向多于3个时应归零。图根三角锁（网）水平角观测各项限差应符合表4.2.6的规定。

表4.2.6 图根三角锁（网）水平角观测的各项限差

仪器类型	测回数	测角中误差	半测回归零差	方位角闭合差	三角形闭合差
DJ_6	1	≤±20″	≤24″	$\leqslant \pm 40'' \sqrt{n}$	≤±60″

注：n为测站数。

4.2.7 图根导线测量的技术要求应符合下列规定：

1 图根光电测距导线测量的技术要求应符合表4.2.7-1的规定。

表4.2.7-1 图根光电测距导线测量的技术要求

比例尺	附合导线长度(m)	平均边长(m)	导线相对闭合差	测回数 DJ_6	方位角闭合差(″)	测距	
						仪器类型	方法与测回数
1∶500	900	80	≤1/4000	1	$\leqslant \pm 40 \sqrt{n}$	Ⅰ级	单程观测1
1∶1000	1800	150					
1∶2000	3000	250					

注：n为测站数

2　图根钢尺量距导线测量的技术要求应符合表 4.2.7-2 的规定。

表 4.2.7-2　图根钢尺量距导线测量的技术要求

比例尺	附合导线长度（m）	平均边长（m）	导线相对闭合差	测回数 DJ_6	方位角闭合差
1∶500	500	75	≤1/2000	1	$\leqslant \pm 60'' \sqrt{n}$
1∶1000	1000	120			
1∶2000	2000	200			

注：n 为测站数。

当 1∶500、1∶1000 测图时，附合导线长度可放长至表 4.2.7-2 规定值的 1.5 倍，此时方位角闭合差不应超过 $\pm 40'' \sqrt{n}$，绝对闭合差不应超过图上 0.5mm。当导线长度短于上列两表规定的 1/3 时，其绝对闭合差不应大于图上 0.3mm。

4.2.8　图根导线边长应以检定过的钢尺或其他能达到相应精度的仪器和工具进行测量。使用钢尺量距宜采用双次丈量方法，其较差的相对误差不应大于 1/3000。钢尺丈量的边长应进行下列改正：

1　尺长改正数大于尺长的 1/10000 时，应加尺长改正。

2　量距时平均尺温与检定时温度相差大于±10℃时，应进行温度改正。

3　尺面倾斜大于 1.5%时，应进行倾斜改正。

4.2.9　当局部地区图根点密度不足时，可在等级控制点或一次附合图根点上，采用光电测距极坐标法布点加密，平面位置测量的技术要求应符合表 4.2.9 的规定；高程应按本节第 4.2.15 条有关规定施测。

采用光电测距极坐标法所测的图根点，不应再行发展，且一幅图内用此法布设的点不得超过图根点总数的 30%。条件许可时，宜采用双极坐标测量，或适当检测各点的间距；当坐标、高

程同时测定时，可变动棱镜高度两次测量，以作校核。两组坐标较差、坐标反算间距与实测间距较差均不应大于图上 0.2mm。

表 4.2.9 光电测距极坐标法测量技术要求

项目	仪器类型	方法	测回数	最大边长（m）			固定角不符值（″）
				1∶500	1∶1000	1∶2000	
测距	Ⅱ级	单程观测	1	200	400	800	--
测角	DJ_6	方向法、联测二个已知方向	1	—	—	—	≤±40

注：1 边长不宜超过定向边长的三倍；

2 采用双极坐标测量时，每测站只联测一个已知方向，测角、测距均为一测回，两组坐标较差不超限时，取其中数。

4.2.10 因地形限制图根导线无法附合时，可布设不多于四条边、长度不超过表 4.2.7-1 和表 4.2.7-2 中规定长度 1/2、最大边长不超过上述表中平均边长 2 倍的支导线。支导线边长，采用钢尺应往返丈量，较差的相对误差不应大于 1/3000；采用光电测距仪测距，可单程观测一测回。水平角观测首站应联测两个已知方向，采用 DJ6 光学经纬仪观测一测回，其他站水平角应分别测左、右角各一测回，其固定角不符值与测站圆周角闭合差均不应超过±40″；采用全站仪，其他站水平角可观测一测回。

4.2.11 图根三角锁（网）和图根导线均可采用近似平差。计算时角值取至秒，边长和坐标取至厘米。

单三角锁的坐标闭合差，不应大于图上 $\pm 0.1\sqrt{n_t}$(mm)(n_t 为三角形个数)。线形锁重合点或测角交会点的两组坐标较差，不应大于图上 0.2mm。实量边长与计算边长较差的相对误差，不应大于 1/1500。

4.2.12 测定图幅内永久性地物点坐标时可不设置标志。多边形轮廓地物以棱角（如房屋墙角）与地面交界点为准；圆形轮廓地物（如地下管线检修井）可以圆心为准。施测方法与技术要求，应符合本节第 4.2.10 条图根支导线、第 4.2.9 条光电测距极坐标法或第 4.2.5 条前方交会法的规定。

4.2.13 图根点的高程，当基本等高距为 0.5m 时，应用图根水准、图根光电测距三角高程或 GPS 测量方法测定；当基本等高距大于 0.5m 时，可用图根经纬仪三角高程测定。

4.2.14 图根水准测量应起闭不低于基平测量的高程控制点上，可沿图根点布设为附合路线、闭合环或结点网，对起闭于一个水准点的闭合环，必须先行检测该点高程的正确性。高级点间附合路线或闭合环线长度不得大于 8km，结点间路线长度不得大于 6km，支线长度不得大于 4km。使用不低于 DS_{10} 级的水准仪（i 角应小于 30″），按中丝读数法单程观测（支线应往返测），估读至毫米。仪器至标尺的距离不宜超过 100m，前后视距离宜相等。

路线闭合差不得超过 $\pm 40\sqrt{L}$(mm)(L 为路线长度,km)；在山地每千米超过 16 站时，不应超过 $\pm 12\sqrt{n}$(mm)(n 为测站数)。图根水准计算可简单配赋，高程应取至厘米。

4.2.15 图根三角高程导线应起闭于高等级高程控制点上，其边数不应超过 12 条，边数超过规定时，应布设成结点网。图根三角高程导线垂直角应对向观测；光电测距极坐标法图根点垂直角可单向观测一测回，变动棱镜高度后再测一次；独立交会点亦可用不少于三个方向（对向为两个方向）单向观测的三角高程推求，其中测距要求同图根导线。图根三角高程测量的技术要求应符合表 4.2.15 的规定。

表 4.2.15 图根三角高程测量的技术要求

仪器类型	中丝法测回数		垂直角较差、指标差较差(″)	对向观测高差、单向两次高差较差(m)	各方向推算的高程较差(m)	附合路线或环线闭合差	
	经纬仪三角高程测量	光电测距三角高程测量				经纬仪三角高程测量(m)	光电测距三角高程测量(mm)
DJ_6	1	对向 1 单向 2	≤25	$\leqslant 0.4\times S$	$\leqslant 0.2H_c$	$\leqslant \pm 0.1H_c\sqrt{n_s}$	$\leqslant \pm 40\sqrt{[D]}$

注：1 S 为边长(km)，H_c 为基本等高距(m)，n_s 为边数，D 为距边边长(km)；

2 仪器高和觇标高（棱镜中心高）应准确量取至毫米，高差较差或高程较差在限差内时，取其中数；

当边长大于400m时，应考虑地球曲率和折光差的影响。计算三角高程时，角度应取至秒，高差应取至厘米。

4.3 测图前的准备

4.3.1 地形测图开始前，应做好下列准备工作：

1 编写技术设计书。

2 抄录控制点平面及高程成果。

3 在原图纸上绘制图廓线和展绘所有控制点。

4 检查和校正仪器。

5 踏勘了解测区的地形情况、平面和高程控制点的位置及完好情况。

6 拟定作业计划。

4.3.2 地形测图宜选用厚度为0.07～0.10mm、经过热定型处理、变形率小于0.2‰的聚酯薄膜作为原图纸。

4.3.3 可采用直角坐标展点仪、格网尺等绘制方格网、图廓线及展绘控制点。各项限差应符合表4.3.3的规定。

表4.3.3 绘制方格网、图廓线及展绘控制点的限差（mm）

项目	限差	
	用直角坐标展点仪	用格网尺等
方格网实际长度与名义长度之差	0.15	0.2
图廓对角线长度与理论长度之差	0.20	0.3
控制点间的图上长度与坐标反算长度之差	0.20	0.3

4.3.4 测图使用的仪器和工具应符合下列规定：

1 测量仪器视距乘常数应在100±0.1以内。直接量距使用的皮尺等除测图前检验外，作业过程中还应经常检验。测图中因测量仪器视距乘常数不等于100或量距的尺长改正引起的量距误差，在图上大于0.1mm时，应加以改正。

2 垂直度盘指标差不应超过±1′。

3 比例尺尺长误差不应超过±0.2mm。

4　量角器直径不应小于 20cm，偏心差不应大于 0.2mm。

4.4　测站点的增补

4.4.1　地形测图应充分利用控制点和图根点。当图根点密度不足时，除应用内外分点法（外分点不应超过后视长度）外，还可根据具体情况采用图解交会或图解支点等方法增补测站点。

4.4.2　采用图解交会法测定测站时，前、侧方交会均不得少于三个方向，1∶2000 比例尺测图可采用后方交会，但不得少于四个方向。交会角应在 30°～150°之间。

所有交会方向应精确交于一点。前、侧方交会出现的示误三角形内切圆直径小于 0.4mm 时，可按与交会边长成比例的原则配赋，刺出点位；后方交会利用三个方向精确交出点位后，第四个方向检查误差不得超过 0.3mm。

4.4.3　由图根点上可分支出图解支点，支点边长不宜超过用于图板定向的边长并应往返测定，视距往返较差不应大于 1/200。图解支点最大边长及测量方法应符合表 4.4.3 的规定。

表 4.4.3　图解支点的最大边长及测量方法

比例尺	最大边长（m）	测量方法
1∶500	50	实量或测距
1∶1000	100	实量或测距
	70	视　距
1∶2000	160	实量或测距
	120	视　距

4.4.4　支点的高程可用测图仪器的水平视线或三角高程方法测定，往返测高差的较差不得超过 1/7 等高距。

图解交会点的高程，可用三角高程方法测定。由三个方向推算的高程较差，在平地，不应超过1/5等高距；在丘陵地、山地，不应超过 1/3 等高距。

4.5　地形图测绘方法及要求

4.5.1　各种比例尺地形图可选用大平板仪测绘法、经纬仪（或测

距仪、或水准仪）配合小平板测绘法、经纬仪或光电测距仪测绘（测记）法、全站仪数字化成图法，也可用其它能达到本规范基本精度要求的测绘方法。

施测碎部点可采用极坐标法、支距法或方向交会法，在街坊内部设站困难时，也可用几何作图等综合方法进行。

4.5.2 地形测图时仪器的设置及测站上的检查应符合下列规定：

1 仪器对中的偏差，不应大于图上 0.05mm。

2 以较远的一点标定方向，用其它点进行检核。采用平板仪测绘时，检核偏差不应大于图上0.3mm；采用经纬仪测绘时，其角度检测值与原角值之差不应大于 2′。每站测图过程中，应随时检查定向点方向，采用平板仪测绘时，偏差不应大于图上 0.3mm；采用经纬仪测绘时，归零差不应大于 4′。

3 检查另一测站高程，其较差不应大于 1/5 基本等高距。

4 采用量角器配合经纬仪测图，当定向边长在图上短于 10cm 时，应以正北或正南方向作起始方向。

4.5.3 地物点、地形点视距和测距最大长度应符合表 4.5.3 的规定。

表 4.5.3 地物点、地形点视距和测距的最大长度（m）

比例尺	视距最大长度		测距最大长度	
	地物点	地形点	地物点	地形点
1∶500	—	70	80	150
1∶1000	80	120	160	250
1∶2000	150	200	300	400

注：1 1∶500 比例尺测图时，在建成区和平坦地区及丘陵地，地物点距离应采用皮尺量距或测距，皮尺丈量最大长度为 50m；

2 山地、高山地地物点最大视距可按地形点要求；

3 当采用数字化成图或按坐标展点成图时，其测距最大长度可按上表地形点放长一倍。

4.5.4 当应用方向交会法测定地物点时，交会方向线宜为三个，其长度不宜大于测板定向距离。

4.5.5 高程注记点的分布应符合下列规定：

1 地形图上高程注记点应分布均匀，丘陵地区高程注记点间距宜符合表 4.5.5 的规定。

表 4.5.5 丘陵地区高程注记点间距（m）

比 例 尺	1∶500	1∶1000	1∶2000
高程注记点间距	15	30	50

注：平坦及地形简单地区可放宽至 1.5 倍，地貌变化较大的丘陵地、山地与高山地应适当加密。

2 山顶、鞍部、山脊、山脚、谷底、谷口、沟底、沟口、凹地、台地、河川湖池岸旁、水涯线上以及其他地面倾斜变换处，均应测高程注记点。

3 城市建筑区高程注记点应测设在街道中心线、街道交叉中心、建筑物墙基脚和相应的地面、管道检查井井口、桥面、广场、较大的庭院内或空地上以及其他地面倾斜变换处。

4 基本等高距为 0.5m 时，高程注记点应注至厘米；基本等高距大于 0.5m 时可注至分米。

4.5.6 在测绘地物、地貌时，应遵守“看不清不绘”的原则。地形图上的线划、符号和注记应在现场完成。

按基本等高距测绘的等高线为首曲线。从零米起算，每隔四根首曲线加粗一根计曲线。并在计曲线上注明高程，字头朝向高处，但需避免在图内倒置。山顶、鞍部、凹地等不明显处等高线应加绘示坡线。当首曲线不能显示地貌特征时，可测绘二分之一基本等高距的间曲线。

城市建筑区和不便于绘等高线的地方，可不绘等高线。

4.5.7 地形原图铅笔整饰应符合下列规定：

1 地物、地貌各要素，应主次分明、线条清晰、位置准确、交接清楚。

2 高程注记的数字，字头朝北，书写应清楚整齐。

3 各项地物、地貌均应按规定的符号绘制。

4　各项地理名称注记位置应适当，并检查有无遗漏或不明之处。

5　等高线须合理、光滑、无遗漏，并与高程注记点相适应。

6　图幅号、方格网坐标、测图者姓名及测图时间应书写正确齐全。

4.6　地形图测绘内容及取舍

4.6.1　地形图应表示测量控制点、居民地和垣栅、工矿建（构）筑物及其他设施、交通及附属设施、管线及附属设施、水系及附属设施、境界、地貌和土质、植被等各项地物、地貌要素，以及地理名称注记等。并着重显示与城市规划、建设有关的各项要素。

地物、地貌的各项要素的表示方法和取舍原则，除应按现行国家标准《1∶500、1∶1000、1∶2000 地形图图式》GB/T　7929 执行外，还应符合本节的有关规定。

4.6.2　测量控制点的测绘应符合下列规定：

1　测量控制点是测制地形图和工程测量施工放样的主要依据，在图上应精确表示。

2　各等级天文点、三角点（包括各等平面控制点）、小三角点（包括除导线点外的各级平面控制点）、导线点（一、二、三级导线点）、图根点、水准点等测量控制点，应以展点或测点位置为符号的几何中心位置，按图式规定符号表示。

4.6.3　居民地和垣栅的测绘应符合下列规定：

1　居民地的各类建筑物、构筑物及主要附属设施应准确测绘实地外围轮廓和如实反映建筑结构特征。

2　房屋的轮廓应以墙基外角为准，并按建筑材料和性质分类，注记层数。1∶500 与 1∶1000 比例尺测图，房屋应逐个表示，临时性房屋可舍去；1∶2000 比例尺测图可适当综合取舍，图上宽度小于 0.5mm 的小巷可不表示。

3　建筑物和围墙轮廓凸凹在图上小于 0.4mm，简单房屋小于 0.6mm 时，可用直线连接。

4　1∶500 比例尺测图，房屋内部天井宜区分表示；1∶1000 比例尺测图，图上 6mm² 以下的天井可不表示。

5　测绘垣栅应类别清楚，取舍得当。城墙按城基轮廓依比例尺表示，城楼、城门、豁口均应实测；围墙、栅栏、栏杆等可根据其永久性、规整性、重要性等综合考虑取舍。

4.6.4　工矿建（构）筑物及其它设施的测绘应符合下列规定：

1　工矿建（构）筑物及其它设施的测绘，图上应准确表示其位置、形状和性质特征。

2　工矿建（构）筑物及其它设施依比例尺表示的，应实测其外部轮廓，并配置符号或按图式规定用依比例尺符号表示；不依比例尺表示的，应准确测定其定位点或定位线，用不依比例尺符号表示。

4.6.5　交通及附属设施的测绘应符合下列规定：

1　交通及附属设施的测绘，图上应准确反映陆地道路的类别和等级，附属设施的结构和关系；正确处理道路的相交关系及与其它要素的关系；正确表示水运和海运的航行标志，河流的通航情况及各级道路的通过关系。

2　铁路轨顶（曲线段取内轨顶）、公路路中、道路交叉处、桥面等应测注高程，隧道、涵洞应测注底面高程。

3　公路与其它双线道路在图上均应按实宽依比例尺表示。公路应在图上每隔 15～20cm 注出公路技术等级代码，国道应注出国道路线编号。公路、街道按其铺面材料分为水泥、沥青、砾石、条石或石板、硬砖、碎石和土路等，应分别以砼、沥、砾、石、砖、碴、土等注记于图中路面上，铺面材料改变处应用点线分开。

4　铁路与公路或其它道路平面相交时，铁路符号不中断，而将另一道路符号中断；城市道路为立体交叉或高架道路时，应测绘桥位、匝道与绿地等，多层交叉重叠，下层被上层遮住的部分不绘，桥墩或立柱视用图需要表示，垂直的挡土墙可绘实线而不绘挡土墙符号。

5　路堤、路堑应按实地宽度绘出边界，并应在其坡顶、坡脚

适当测注高程。

6 道路通过居民地不宜中断，应按真实位置绘出。高速公路应绘出两侧围建的栅栏（或墙）和出入口，注明公路名称，中央分隔带视用图需要表示。市区街道应将车行道、过街天桥、过街地道的出入口、分隔带、环岛、街心花园、人行道与绿化带等绘出。

7 跨河或谷地等的桥梁，应实测桥头、桥身和桥墩位置，加注建筑结构。码头应实测轮廓线，有专有名称的加注名称，无名称者注“码头”，码头上的建筑应实测并以相应符号表示。

4.6.6 管线及附属设施的测绘应符合下列规定：

1 永久性的电力线、电信线均应准确表示，电杆、铁塔位置应实测。当多种线路在同一杆架上时，只表示主要的。城市建筑区内电力线、电信线可不连线，但应在杆架处绘出线路方向。各种线路应做到线类分明，走向连贯。

2 架空的、地面上的、有管堤的管道均应实测，分别用相应符号表示，并注记传输物质的名称。当架空管道直线部分的支架密集时，可适当取舍。地下管线检修井宜测绘表示。

4.6.7 水系及附属设施的测绘应符合下列规定：

1 江、河、湖、海、水库、池塘、沟渠、泉、井等及其它水利设施，均应准确测绘表示，有名称的加注名称。根据需要可测注水深，也可用等深线或水下等高线表示。

2 河流、溪流、湖泊、水库等水涯线，宜按测图时的水位测定，当水涯线与陡坎线在图上投影距离小于 1mm 时以陡坎线符号表示。河流在图上宽度小于 0.5mm、沟渠在图上宽度小于 1mm（1∶2000 地形图上小于 0.5mm）的用单线表示。

3 海岸线以平均大潮高潮的痕迹所形成的水陆分界线为准。各种干出滩在图上用相应的符号或注记表示，并适当测注高程。

4 水位高及施测日期视需要测注。水渠应测注渠顶边和渠底高程；时令河应测注河床高程；堤、坝应测注顶部及坡脚高程；池塘应测注塘顶边及塘底高程；泉、井应测注泉的出水口与井台高

程，并根据需要注记井台至水面的深度。

4.6.8 境界的测绘应符合下列规定：

1 境界的测绘，图上应正确反映境界的类别、等级、位置以及与其他要素的关系。

2 县（区、旗）和县以上境界应根据勘界协议、有关文件准确清楚地绘出，界桩、界标应测坐标展绘。乡、镇和乡级以上国营农、林、牧场以及自然保护区界线按需要测绘。

3 两级以上境界重合时，只绘高一级境界符号。

4.6.9 地貌和土质的测绘应符合下列规定：

1 地貌和土质的测绘，图上应正确表示其形态、类别和分布特征。

2 自然形态的地貌宜用等高线表示，崩塌残蚀地貌、坡、坎和其它特殊地貌应用相应符号或用等高线配合符号表示。

3 各种天然形成和人工修筑的坡、坎，其坡度在70°以上时表示为陡坎，70°以下时表示为斜坡。斜坡在图上投影宽度小于2mm，以陡坎符号表示。当坡、坎比高小于1/2基本等高距或在图上长度小于5mm时，可不表示，坡、坎密集时，可适当取舍。

4 梯田坎坡顶及坡脚宽度在图上大于2mm时，应实测坡脚。当1∶2000比例尺测图梯田坎过密，两坎间距在图上小于5mm时，可适当取舍。梯田坎比较缓且范围较大时，也可用等高线表示。

5 坡度在70°以下的石山和天然斜坡，可用等高线或用等高线配合符号表示。独立石、土堆、坑穴、陡坎、斜坡、梯田坎、露岩地等应在上下方分别测注高程或测注上（或下）方高程及量注比高。

6 各种土质按图式规定的相应符号表示，大面积沙地应用等高线加注记表示。

4.6.10 植被的测绘应符合下列规定：

1 地形图上应正确反映出植被的类别特征和范围分布。对耕地、园地应实测范围，配置相应的符号表示。大面积分布的植被

在能表达清楚的情况下，可采用注记说明。同一地段生长有多种植物时，可按经济价值和数量适当取舍，符号配置不得超过三种（连同土质符号）。

2 旱地包括种植小麦、杂粮、棉花、烟草、大豆、花生和油菜等的田地，经济作物、油料作物应加注品种名称。有节水灌溉设备的旱地应加注“喷灌”、“滴灌”等。一年分几季种植不同作物的耕地，应以夏季主要作物为准配置符号表示。

3 田埂宽度在图上大于 1mm 的应用双线表示，小于 1mm 的用单线表示。田块内应测注有代表性的高程。

4.6.11 要求对各种名称、说明注记和数字注记准确注出。图上所有居民地、道路（包括市镇的街、巷）、山岭、沟谷、河流等自然地理名称，以及主要单位等名称，均应进行调查核实，有法定名称的应以法定名称为准，并应正确注记。

4.6.12 地形图上各种要素配合表示，应符合下列规定：

1 当两个地物中心重合或接近，难以同时准确表示时，可将较重要的地物准确表示，次要地物移位 0.3mm 或缩小 1/3 表示。

2 独立性地物与房屋、道路、水系等其他地物重合时，可中断其他地物符号，间隔 0.3mm，将独立性地物完整绘出。

3 房屋或围墙等高出地面的建筑物，直接建筑在陡坎或斜坡上且建筑物边线与坎坡上沿线重合的，可用建筑物边线代替坎坡上沿线；当坎坡上沿线距建筑物边线很近时，可移位间隔 0.3mm 表示。

4 悬空建筑在水上的房屋与水涯线重合，可间断水涯线，房屋照常绘出。

5 水涯线与陡坎重合，可用陡坎边线代替水涯线；水涯线与斜坡脚重合，仍应在坡脚将水涯线绘出。

6 双线道路与房屋、围墙等高出地面的建筑物边线重合时，可以建筑物边线代替路边线。道路边线与建筑物的接头处应间隔 0.3mm。

7 境界以线状地物一侧为界时，应离线状地物 0.3mm 在相

应一侧不间断地绘出；以线状地物中心线或河流主航道为界时，应在河流中心线位置或主航道线上每隔 3～5cm 绘出 3～4 节符号，主航道线用 0.15mm 黑实线表示；不能在中心线绘出时，国界符号应在其两侧不间断地跳绘，国内各级行政区划界可沿两侧每隔 3～5cm 交错绘出 3～4 节符号。相交、转折及与图边交接处应绘符号以示走向。

8　地类界与地面上有实物的线状符号重合，可省略不绘；与地面无实物的线状符号（如架空管线、等高线等）重合时，可将地类界移位 0.3mm 绘出。

9　等高线遇到房屋及其他建筑物、双线道路、路堤、路堑、坑穴、陡坎、斜坡、湖泊、双线河以及注记等均应中断。

4.7　地形图的修测

4.7.1　修测前应了解原图施测质量，收集有关资料，并到实地进行踏勘，从而制定修测方案。修测工作宜在原图或复制的底图上进行。

4.7.2　对修测图应先检查图廓方格网的变化，当图纸伸缩使方格网实际长度与名义长度之差超过 0.2mm 时，应采用适当方法进行纠正。

4.7.3　修测工作应利用原有的邻近图根点和测有坐标的固定地物点设站进行。

4.7.4　当局部地区地物变动不大时，可利用原有经过校核、位置准确的地物点，进行装测或设站修测。修测后地物与邻近原有地物的间距中误差，不得超过图上±0.4mm。修测后的地物不应再作为修测新地物的依据。

4.7.5　有下列情况之一者，应先补设图根控制点再进行修测：

1　地物变动面积较大或周围地物关系控制不足。

2　补测新建的住宅楼群或独立的高大建筑物。

3　修测丘陵地、山地及高山地的地貌。

4.7.6　修测平地高程点宜从邻近的高程控制点引测；局部地区的

少量高程点，也可利用三个固定的高程点作为依据进行补测，其高程较差不得超过10cm，并取用平均值。

4.7.7 当一幅图地形变动面积超过1/2时，宜全幅重测。

4.7.8 修测中发现原图上有明显错误（即超过$2\sqrt{2}$倍中误差的粗差）的地物、地貌应予以纠正。

4.7.9 每幅图修测后应将修测情况做出记录，并绘制略图附入图历表。

4.8 地形图的拼接和检查

4.8.1 每幅图应测出图廓外5mm，自由图边在测绘过程中应加强检查，确保无误。

4.8.2 地形图接边差不应大于本规范规定的平面、高程中误差的$2\sqrt{2}$倍。小于限差时可平均配赋，但应保持地物、地貌相互位置和走向的正确性。超过限差时则应到实地检查纠正。

4.8.3 作业人员和作业小组应对完成的成果、成图资料进行严格的自检和互检，确认无误后方可上交。检查应包括下列内容：

1 图根控制点的密度应符合要求，位置恰当；各项较差、闭合差应在规定范围内；原始记录和计算成果应正确，项目填写齐全。

2 地形图图廓、方格网、控制点展绘精度应符合要求；测站点的密度和精度应符合规定；地物、地貌各要素测绘应正确、齐全，取舍恰当，图式符号运用正确；接边精度应符合要求；图历表填写应完整清楚，各项资料齐全。

4.8.4 地形测图全部工作结束后应提交下列资料：

1 图根点展点图、水准路线图、埋石点点之记、测有坐标的地物点位置图、观测与计算手簿、成果表。

2 地形原图、图历簿、接合表、裱板测图的接边纸。

3 技术设计书、质量检查验收报告及精度统计表、技术总结等。

5 城市航空摄影测量

5.1 一 般 规 定

5.1.1 本章规定适用于1∶500、1∶1000、1∶2000航测成图。

航测成图的地形类别、基本等高距、精度要求、测绘内容及取舍、图式符号的运用、像控点的联测以及图幅的质量检查等，均应符合本规范第4章的规定，同时还应符合本章有关规定。

5.1.2 航测成图的精度要求应符合下列规定：

1 像控点的精度要求与图根点相同。

2 内业加密点和地物点相对于邻近平面控制点的点位中误差应符合表5.1.2-1的规定。

表5.1.2-1 航测成图内业加密点和地物点的点位中误差（图上mm）

点位中误差 / 地形类别 / 成图比例尺 / 点别	城市建筑区、平地、丘陵地			山地、高山地		
	1∶500	1∶1000	1∶2000	1∶500	1∶1000	1∶2000
加密点	≤0.35			≤0.50		
地物点	≤0.50(±0.4)			≤0.75(±0.6)		

注：圆括号中的数字为地物点间距中误差。

3 内业加密点和等高线插求点对邻近高程控制点高程中误差应符合表5.1.2-2的规定。

4 城市建筑区与基本等高距为0.5m的平坦地区，其高程注记点的高程中误差不得大于±0.15m。

5 阴影、摄影死角、森林、隐蔽等困难地区的地物点点位中误差和等高线插求点高程中误差可按表5.1.2-1、表5.1.2-2的规

定放宽50%。

表 5.1.2-2 内业加密点和等高线插求点的高程中误差

比例尺	地形类别	基本等高距(m)	高程中误差	
			加密点(m)	等高线插求点(等高距)
1:500	平地	0.5	—	≤1/3
	丘陵地	0.5	≤±0.18	≤1/2
	山地	0.5	≤±0.24	地形变换点 ≤2/3
		1	≤±0.50	地形变换点 ≤2/3
	高山地	1	≤±0.60	地形变换点 ≤1
1:1000	平地	0.5	—	≤1/3
	丘陵地	0.5	≤±0.18	≤1/2
		1	≤±0.35	≤1/2
	山地	1	≤±0.50	地形变换点 ≤2/3
	高山地	1	≤±0.60	地形变换点 ≤1
		2	≤±1.00	地形变换点 ≤1
1:2000	平地	0.5	—	≤1/3
		1	≤±0.24	≤1/3
	丘陵地	1	≤±0.35	≤1/2
	山地	2	≤±0.80	地形变换点 ≤2/3
	高山地	2	≤±1.20	地形变换点 ≤1

5.1.3 航测成图方法应符合下列规定：

1 航测成图宜采用综合法测图、模拟测图仪测图、数字化测图三种方法。

2 航测成图所用的像控点、纠正点，其平面位置均可采用平高区域网加密（或平面区域网加密）；地物点的平面位置，可用上述方法测定。

3 城市建筑区和基本等高距为0.5m的平坦地区，高程注记点和等高线宜由外业测绘；其余地区高程注记点和等高线均可采用平高区域网加密，在模拟测图仪、机助立体坐标量测仪、解析

测图仪上测绘。

5.1.4 航测作业前，应按行业标准《测绘技术设计规定》ZBA 75001 编写测区综合设计书。

5.1.5 对航测内业使用的各种仪器，应按规定时间、项目和限差进行认真的检验与校正。

5.2 对航摄资料的要求

5.2.1 航摄应依据城市规划、设计的需要和成图的实际能力，做好航摄方案的选择，并应符合下列规定：

1 航摄比例尺应根据成图比例尺、像幅大小、图幅大小、布点方案、测区地形、仪器装备和加密、成图技术水平等情况，按照表 5.2.1 进行合理选择，同时也应注意航高与焦距的合理选择。

表 5.2.1 航摄比例尺的选择

航摄比例尺分母 / 地形类别 / 成图比例尺	平地	丘陵地	山地	高山地
1∶500	2000～3000		3000～3500	
1∶1000	3500～4000		5000～6000	
1∶2000	6000～8000		7000～12000	

各种地形类别的 1∶500 成图可采用焦距为 150～305mm 的航摄仪。各种地形类别的 1∶1000 成图可采用焦距为 150～210mm 的航摄仪。平地、丘陵地 1∶2000 成图可采用焦距为 150～210mm 的航摄仪；山地、高山地 1∶2000 成图可采用焦距为 150mm 的航摄仪。平地综合法成图时，根据需要可采用焦距大于 210mm 的航摄仪。

2 选择适当的摄影季节和时间以减少植被覆盖和阴影等外界条件的影响。综合法成图时，宜采用常角或宽角航摄仪，应沿图幅中心飞行，一张像片覆盖一幅图；微分纠正编制正射影像图时，应沿图幅中心飞行，一张像片宜覆盖一幅图或四幅图；模拟测图仪、机助立体坐标量测仪和解析测图仪测图时，摄影航线可

按一定旁向重叠敷设，也可采用沿图幅中心飞行，东西向飞行时保证南北满幅，南北向飞行时保证东西满幅。

5.2.2 对飞行质量的要求应符合下列规定：

1 航向重叠宜为60%～65%，最小不应小于53%；旁向重叠宜为30%，最小不应小于15%。采用一张像片覆盖一幅图时，航向重叠宜为85%；航线偏离图幅中心线不应大于像片上3cm（23×23像幅）或2cm（18×18像幅）。航线间不得有相对漏洞和绝对漏洞。

2 像片倾角不宜大于2°，个别最大不应大于4°；旋偏角应符合表5.2.2的规定，在同一航线上达到或接近最大旋偏角的像片不得连续超过三片；航线弯曲度不应大于3%。

表5.2.2 旋偏角的要求

航摄比例尺		＞1∶4000	1∶4000～1∶8000	＜1∶8000
相对航高（m）		—	—	＞1200
旋偏角（°）	一般	≤10	≤8	≤6
	最大	≤12	≤10	≤8

3 一条航线最大和最小航高之差不得超过30m，分区实际航高与预定航高之差不应大于航高的5%。

5.2.3 摄影质量应符合下列规定：

1 航摄底片不均匀变形不得大于3/10000；底片压平误差，应采用精密立体坐标量测仪或解析测图仪检查。检查时应测定标准配置点和至少9个检查点的坐标和视差，并应按6点法相对定向进行解析计算。检查点的上下视差残差，精密立体坐标量测仪测定时，不应大于0.02mm；解析测图仪测定时，不应大于0.005mm。最高地形点影像移位不应超过0.03mm；灰雾密度应小于0.2；反差宜为1.1～1.4。

2 航摄底片应影像清晰，框标齐全，局部有云影、划痕、静电痕迹、药膜损伤时不得影响模型连接和测图，否则应予以补摄。

5.3 像控点的布设

5.3.1 像控点在像片上的位置，应符合下列规定：

1 应布设在航向及旁向六片（或五片）重叠范围内。

2 距像片边缘不得小于 1cm（18×18）或 1.5cm（23×23）。综合法成图采用平高全野外布点时，离像片边缘的距离可按上述规定减半。

3 旁向重叠过小相邻航线的点不能公用时，可分别布点，但两点裂开的垂直距离应小于 1cm。

4 位于自由图边的像控点，应布设在离图廓线 4mm 以外。

5 一张像片覆盖一幅图时，四个基本纠正点宜选在离图廓点 1cm 的范围内，但如果点选在两图廓边延长线所包围的象限内（图 5.3.1 中的 A、B、C、D）时，则选点范围可扩大，但离像片边缘还应满足本条第 2 款的要求；当一张像片不能覆盖一幅图时，四个基本纠正点宜选在像片的四角附近，但还应顾及纠正时使点能落在承影面上。

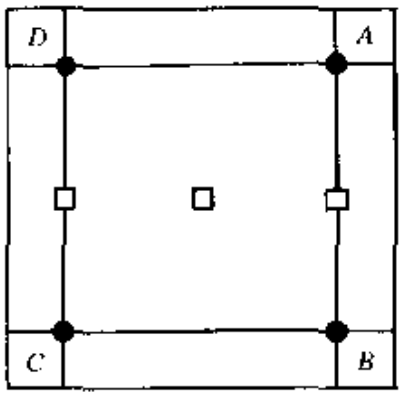


图 5.3.1 纠正像片布点图

□—像主点；●—像控点

5.3.2 全野外布点应符合下列规定：

1 采用综合法成图时，除按本节第 5.3.1 条规定选刺四个基本平高纠正点外，还应在选定像片的主点附近选刺一个平高检查点。

2 采用全能法（模拟测图仪、机助立体坐标量测仪、解析测图仪）成图时，每个立体像对内布设四个平高控制点（图 5.3.2）。

5.3.3 区域网布点应符合下列规定：

1 对平高区域网或平面区域网，其区域的航线数不宜超过 6 条。每条航线的基线数不宜超过 12 条。平高控制点宜采用区域周

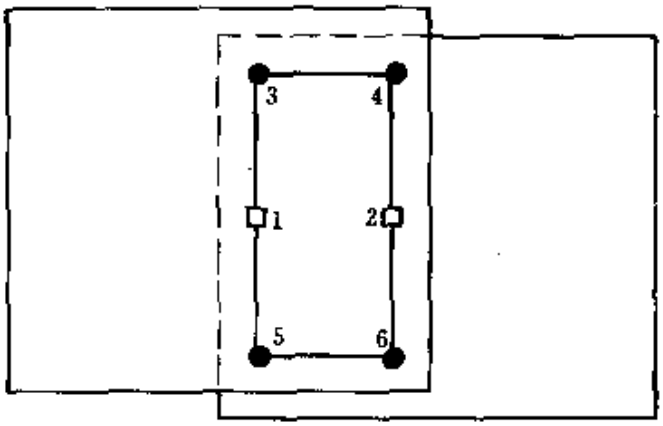


图 5.3.2　全能法成图立体像对布点图

□—像主点；●—像控点

边布点，内部可加布适当点数的平高控制点。平高控制点的旁向跨度不得超过 4 条航线，平高控制点航向跨度不得超过 4 条基线。高程控制点航向跨度：平地、丘陵地不得超过 4 条基线；山地、高山地不得超过 5 条基线。

2　在符合本条第 1 款要求的情况下，平高区域网布点应符合下列规定：

1）当区域由 5～6 条航线组成时，应在区域周边和中央布设平高控制点，在区域两端和中间布设 3～4 排高程控制点［图 5.3.3-1 的（*a*）（航线为偶数）和（*b*）（航线为奇数）］；

2）当区域网航线数不超过四条时，可沿周边布设八个平高控制点［图 5.3.3-1 的（*c*）航线较长时）或（*d*）（航线较短时）］；

3）当采用航带法区域网平差时，可采用标准航带法区域网布点方案［图 5.3.3-1 的(*e*)］。

3　平面区域网应布设平高控制点，其布点方法与平高区域网相同。当测区纠正点需要进行投影差改正时，则外业布点和内业加密均按平高区域网要求。

4　不规则区域网，除按上述间隔要求布点外，区域凸角点处应加布平高控制点，凹角点处加布高程控制点［图 5.3.3-2(*a*)］。当凹角点与凸角点之间的距离超过两条基线时，凹角点处应布设

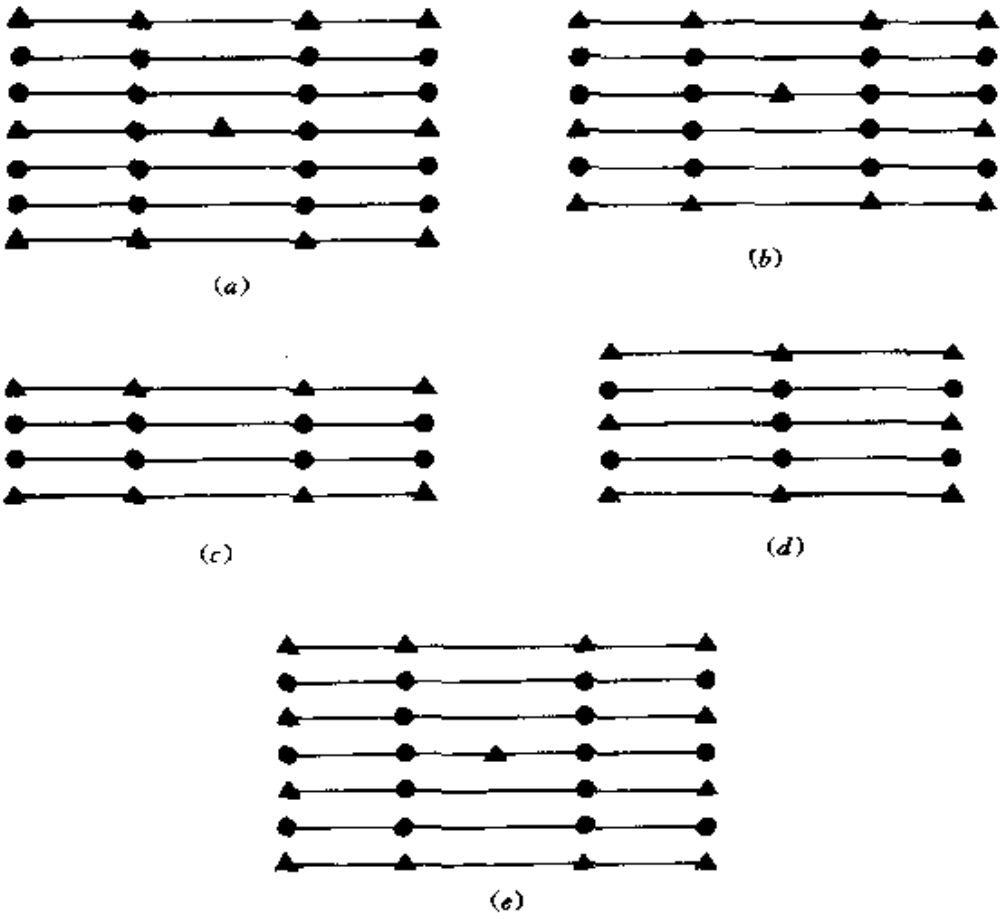


图 5.3.3-1　区域网布点略图

▲—平高控制点；●—高程控制点

平高控制点[图 5.3.3-2(*b*)]。

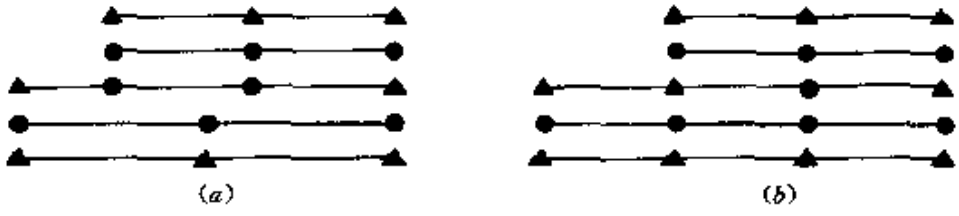


图 5.3.3-2　不规则区域网布点略图

▲—平高控制点；● 高程控制点

5　像控点在像片上的位置除应符合本节第 5.3.1 条规定外，还应符合下列规定：

1）像控点应选在旁向重叠中线附近，离开方位线不应小于 5cm（23×23）或 3.5cm（18×18）；旁向重叠过大不能

满足上述要求时，应分别布点；

2)航线两端上下像控点在同一像对内相互偏离不应超过半条基线，规则区域网中间的像控点左右偏离不应超过一条基线。

5.3.4 特殊情况下布点应符合下列规定：

1 航摄分区分界处的布点：相邻航摄分区满足下述条件时，位于两分区的相邻航线可按同一航线处理，否则需分别布点。条件如下：两相邻分区使用同一航摄仪于同期航摄；航线旁向衔接错开应小于10%；衔接后航线弯曲度应在3%以内；航高差应在相对航高的2%以内；航向重叠正常。

2 像片重叠不够时的布点：航向重叠小于53%产生航摄漏洞时，应视为断开的不同航线处理，须分别布点，漏洞处采用平板仪方法补测。当旁向重叠小于15%，若重叠部分还在1～2cm之间时，如果像片清晰，重叠部分可在内业测绘，但应分别布点，此外还应在重叠部分补测1～2个高程点。如果不能满足上述要求，重叠或裂开部分应在外业进行补测。

3 主点落水时的布点：因大面积水域、云影、阴影及其它原因使影像不清，离像主点2cm以内选不出明显目标，或航向三片重叠范围内选不出连接点时，落水像对应全野外布点，区域网内不应包括影响内业加密构网连接的像对。

4 水滨和岛屿地区的布点：宜按全野外布点，以能最大限度控制测绘面积为原则，超出控制点连线1cm以外的陆地部分应加测平高点（困难时改为高程点）。当难以用航测方法保证精度时，应采用平板仪补测。

5.4 像控点测量

5.4.1 航摄前宜布设地面标志（宜利用已有等级控制点），及时联测。布设地面标志的要求宜符合附录K的规定。

5.4.2 野外选刺像控点应符合下列规定：

1 平面控制点应选在影像清晰的明显地物点、接近正交的线

状地物交点、地物拐角点或固定的点状地物上，实地辨认误差应小于图上 0.1mm。弧形地物与阴影处不得作为刺点目标。

各等级的测量控制点应刺出点位，不能准确刺出时，用虚线符号表示，加注点位说明。各等高程控制点的标石至地面的高差应量注至厘米。

2 高程控制点应选刺在局部高程变化很小的地方，狭沟、尖山顶和高程变化大的斜坡等不得选作刺点目标。

当点位选在高出或低于地面的地物（如屋顶、围墙、陡坎等）上时，应量出其与地面的比高，注至厘米，并详细绘出点位略图和断面图。

3 平高控制点的选刺应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求。

4 像控点在各张相邻像片上均应清晰可见，应选择影像最清晰的一张像片作为刺点片，刺点误差和刺孔直径不得大于 0.1mm，且应刺透，不得有双孔，刺偏时应换片重刺。

5 选刺目标时应认真判读像片，以满足刺点目标要求为主，同时满足像控点布设的点位要求和兼顾联测的方便，选定后打桩（或埋石），并立即进行统一编号和实地绘制略图。桩位、说明、略图和刺孔位置应一致和确切无误。应由两人分别在不同像片上独立进行对刺或由第二人 100%检查。控制像片整饰格式宜符合附录 L 的规定。

5.4.3 像控点测量应符合下列规定：

1 平面控制点可采用图根三角锁（网）、图根导线、测角交会点和引点等方法测定，也可采用 GPS 测量方法测定像控点的点位坐标和高程。除下列各款外，像控点测量的主要技术要求应符合本规范第 4.2 节有关规定。

2 联测像控点的光电测距导线的主要技术要求应符合表 5.4.3-1 的规定。

3 测角交会点不宜作为下次发展图形（不包括引点）的起算点，测角交会点的主要技术要求应符合表 5.4.3-2 的规定。

表 5.4.3-1 航测像控点的光电测距导线的主要技术要求

成图比例尺	附合导线长度(km)	平均边长(km)	边数	测距要求	测角中误差(″)	方位角闭合差(″)	导线相对闭合差
1∶500	2	0.3	7	Ⅰ级单程1测回	≤±15	$\leqslant \pm 30\sqrt{n}$	≤1/8000
1∶1000	4	0.5	8				
1∶2000	7	0.8	9				

注：1 n 为测站数；

2 当光电测距导线短于上表规定的1/3时，其绝对闭合差不应大于图上0.3mm。

表 5.4.3-2 测角交会像控点的主要技术要求

交会边长(m)	测角中误差(″)	测回数 DJ_6	交会点两组计算坐标较差(图上mm)
≤1.0M	≤±15	2	≤0.2

注：M 为成图比例尺分母

4 当像控点不能组成扩展图形，像控点位不宜设站或距已知控制点很近时可采用引点。引点应算作一次发展次数，其测定应符合下列规定：

1）本点应联测两个已知方向，采用方向法观测两测回；

2）本点至引点采用钢尺量距时，不宜大于图根导线平均边长的规定，且应往返丈量，较差相对误差不应大于1/3000；

3）采用光电测距时，距离全长不应大于表5.4.3-1的平均边长规定，且应按表5.4.3-1的测距要求观测；

4）宜增加检核条件，如在引点上观测一个检查方向或采用两个起算点作本点观测等。检查坐标较差不应大于图上0.2mm。

5 在平地和丘陵地测图时，高程控制点应采用图根水准测量或光电测距高程导线测量，附合路线长度不得大于10km。山地、

高山地测图可采用三角高程测量。

6 控制点计算手簿应附有成果索引表和选点联测略图，标绘出区域网范围、图幅编号、像控点位置及联测图形（或导线与水准路线走向）。

5.5 野外调绘

5.5.1 调绘应判读准确、描绘清楚，要求图式运用恰当，注记准确。调绘前应收集和分析有关资料，根据测区情况宜采用先航测内业判读测图，然后到野外对航测内业所成线划图进行补测、调绘的方法；也可采用先全野外像片调绘（或室内像片判读与野外像片调绘相结合）后航测内业成图的方法。当采用先内业判读测图后野外调绘的方法时，应在野外对航测内业成图进行全面实地检查、修测、补测、地理名称调查注记、屋檐改正等项工作。

5.5.2 像片调绘宜采用放大片进行，放大倍数视地物复杂程度而定。同时还应配备一套接触晒印像片以供立体观察。调绘面积线的范围可根据像控点连线或图廓线位置确定，不按图廓布点时应划在隔片的航向和旁向重叠的中线附近，不得产生调绘漏洞。面积线右、下边绘直线，左、上边绘曲线，且不应分割重要地物和街区，不宜顺沿线状地物或压盖点状地物。自由图边应调绘出图外 1cm。

5.5.3 调绘应反映调绘时现状，对航摄后新增地物、影像模糊地物、被影像或阴影遮盖的地物（包括无明显影像的独立地物和水准点）应到实地补测（可采用交会法、支距法、平板仪测绘等）。

补测的地物应附有标明与明显影像相关尺寸的实测草图，或按成图比例尺测绘的原图（面积较大时）。

航摄后拆除的建筑物，或虽有影像但可不表示的地物应在像片或图上用红色“×”划去，范围较大时应加说明。

5.5.4 水涯线的调绘宜以摄影时的影像为准，池塘、水渠等应依坎边为准。被阴影遮盖的及其它内业难以测绘的地物，应在外业量注有关数据，如堤垄、陡坎的比高，道路铺装面和路肩宽，河

沟宽度等。2m 以下的比高应于外业量注。

屋檐宽度应在实地量取房宽改正屋檐或直接量取，当屋檐宽度大于图上 0.15mm 时，应在相应处用红色数字注明其宽度。

以上数据 1∶500 成图应量注至 5cm，1∶1000 与 1∶2000 成图应量注至 10cm。

5.5.5 调绘片间应接边，接边处房屋轮廓、道路、管线、河流、植被等的性质、等级、宽度和符号，以及各项注记应一致。调绘像片整饰格式应符合附录 M 的规定。

5.6 晒印像片与电算加密

5.6.1 供加密和测图用的复制片，应选择变形小的涤纶软片。晒印像片应符合下列规定：

1 根据航摄底片的反差情况，正确选择感光材料的型号和选配药液，显影液的温度应在 10～20℃之间。

2 晒印前做好曝光时间的试验，使用有机械方向的晒像材料时，应与底片的机械方向相垂直。

3 摄影处理过程应切实保证复制片影像清晰，影纹丰富，反差适中，色调一致，伸缩变形小。不得由于晒印时未压平使影像出现发虚的现象，大像幅应特别注意压平质量。定影和水洗应充分，温度和时间应掌握适当，以防止药膜变软，产生影像漂移，涤纶软片晾干时，宜夹住一边两角平挂或将水吸干平放，软片不得夹挂一角进行晾干以防局部变形。

4 框标应清晰完整。

5.6.2 根据不同的成图方法，内业加密点应符合本章第 5.3.1 条和第 5.3.2 条的有关规定。电算加密本身所需的连接点（统称标准点）不能与像控点公用时，应另选标准点。电算加密选刺点位应符合下列规定：

1 像控点在量测片上只转标不刺孔，观测时可根据控制片上的刺孔、略图和说明来确定量测点位。

2 加密点在本片和邻片上影像均应清晰明显，易于转刺和量

测。宜采用刺点仪或立体坐标仪选刺点位，转刺误差和刺孔直径不得大于 0.06mm，并应刺透。理想点位和刺点目标不能同时满足时，应着重刺点目标的选择。本航线内相邻像片之间的点均不得转刺，相邻航线应互相转刺。

3 当量测采用辅助点定向时，应精确刺出像主点，在像主点与框标连线距像片边缘约 1cm 处刺出辅助点，刺点误差不得大于 0.06mm。

4 当旁向重叠过大，上下两排加密点至方位线的距离小于 5cm（23×23 像幅）和 3.5cm（18×18 像幅）时，应在距方位线 8～10cm（23×23 像幅）、6～8cm（18×18 像幅）处和离开通过像主点垂直于方位线的直线的距离不大于 1cm 范围内补选标准点。

5.6.3 像点坐标的量测应符合下列规定：

1 采用辅助点定向和手工记录时，点的量测可采用单人观测两次，或两人对测一次的观测方法。单人观测取中数计算，两人对测检核之后只取一份成果计算。有自动记录装置时，可采用一次读数。

2 根据程序安排，测定框标坐标或框标距。

3 像点量测的各项限差应符合表 5.6.3 的规定。

按辅助点定向时，辅助点对中误差应小于 0.02mm。当使用有转换棱镜作正反像对观测时，正反像对内连接点的坐标差不应大于 0.04mm。当采用解析框标定向和有自动记录装置的像对观测时，像对内连接点的模型连接较差不应大于 0.04mm。

表 5.6.3 像点量测各项限差（mm）

项 目	单人观测两次较差		两人对测较差		模型连接点较差
	x、y	p、q	x、y	p、q	
限 差	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05

注：x、y 为像点坐标；p、q 分别为左右视差和上下视差。

5.6.4 加密点计算应符合下列规定：

1　按计算程序要求正确编写各种信息，对各项数据（定向点坐标、航摄数据、量测读数等）应认真检查，发现错误按要求进行认真修改，经反复检查无误后，方可上机计算。

2　应片片量测，片片进行变形改正。计算程序应能对像点坐标 x、y 分别进行系统误差改正，当程序要求填写改正后的焦距 f'_x、f'_y 时，可按下式计算：

$$\left.\begin{aligned} f'_x &= \frac{l_x}{L_x} f_k \\ f'_y &= \frac{l_y}{L_y} f_k \end{aligned}\right\} \qquad (5.6.4)$$

式中　f_k——航摄仪焦距（mm）；

l_x、l_y——量测片上的框标距（mm）；

L_x、l_y——航摄仪上的检定框标距（mm）。

3　计算的各项限差应符合下列规定：

1）相对定向的限差应符合表 5.6.4-1 的规定；

2）模型连接差的限差应符合表 5.6.4-2 的规定；

3）大地定向后，定向点残差、多余控制点不符值、区域网内部公共点较差、区域网间公共点较差的限差，应符合表 5.6.4-3 的规定。

表 5.6.4-1　相对定向的限差（mm）

仪器类型	1818 立体坐标量测仪 精密立体坐标量测仪	解析测图仪
标准点上下视差	0.02	0.005
检查点上下视差	0.03	0.008

表 5.6.4-2　模型连接差的限差（mm）

仪器类型	1818 立体坐标量测仪 精密立体坐标量测仪		解析测图仪	
项　　目	平面位置较差 ΔS	高程较差 ΔZ	平面位置较差 ΔS	高程较差 ΔZ
限　　差	$0.08M_p$	$0.05M_p f_k/b_p$	$0.06M_p$	$0.04M_p f_k/b_p$

注：M_p 为航摄比例尺分母；f_k 为航摄仪焦距；b_p 为像片基线。ΔS、ΔZ 实际计算时，化成以米为单位。

5.6.5 内业加密点中误差的估算可按下列公式计算：

$$M_r = \pm\sqrt{\frac{[\Delta_r\Delta_r]}{n_p}} \qquad (5.6.5\text{-}1)$$

$$M_c = \pm\sqrt{\frac{[d_c d_c]}{3n_p}} \qquad (5.6.5\text{-}2)$$

式中 M_r——控制点的点位中误差（m）；

M_c——公共点的点位中误差（m）；

Δ_r——多余野外控制点与内业加密点的不符值（m）；

d_c——相邻航线或相邻区域网间公共点较差（m）；

n_p——用以评定精度的点数。

表 5.6.4-3 定向点残差、多余控制点不符值与公共点较差限差

地形类别			平地		丘陵地		山地			高山地	
等高距（mm）			0.5	1	0.5	1	0.5	1	2	1	2
定向点残余误差	平面（mm）	1∶500	0.25		0.25		0.40			0.40	
		1∶1000									
		1∶2000									
	高程（m）	1∶500			0.14	—	0.18	0.40		0.45	—
		1∶1000			0.14	0.25	—	0.40	—	0.45	0.75
		1∶2000		0.18	—	0.25	—	—	0.60	—	0.90
多余野外控制点不符值	平面（mm）	1∶500	0.44		0.44		0.60			0.60	
		1∶1000									
		1∶2000									
	高程（m）	1∶500			0.23		0.30	0.60		0.75	—
		1∶1000			0.23	0.44	—	0.60	—	0.75	1.25
		1∶2000		0.30	—	0.50		—	1.00	—	1.50

续表

地形类别			平地		丘陵地		山地			高山地	
等高距（mm）			0.5	1	0.5	1	0.5	1	2	1	2
区域网内部公共点较差	平面（mm）	1∶500	0.56		0.56		0.80			0.80	
		1∶1000									
		1∶2000									
	高程（m）	1∶500	—		0.29	—	0.38	0.80	—	0.96	—
		1∶1000	—		0.29	0.56	—	0.80	—	0.96	1.60
		1∶2000	—	0.38	—	0.60	—	—	1.28	—	1.92
区域网间公共点较差	平面（mm）	1∶500	0.70		0.70		1.00			1.00	
		1∶1000									
		1∶2000									
	高程（m）	1∶500	—		0.36	—	0.48	1.00	—	1.20	—
		1∶1000			0.36	0.70		1.00		1.20	2.00
		1∶2000	—	0.48	—	0.80	—	—	1.60	—	2.40

5.7 综合法测图

5.7.1 平坦地区综合法成图，宜采用固定比例尺像片图测图，当像片测绘面积内的高差不大于一个带距时，可不分带纠正；大于带距时，应进行分带纠正，带距 Q 应按下式计算：

$$Q = 0.0008 \frac{f_k}{r} M \tag{5.7.1}$$

式中 Q——带距（m）；

f_k——航摄仪焦距（mm）；

r——辐射中心至最远纠正点距离（mm）；

M——成图比例尺分母。

5.7.2 透点图和底片刺点应符合下列规定：

1　透点图展绘限差：图廓边 0.15mm，对角线 0.2mm，展点 0.1mm。

2　透点图应注明像片号、图号、纠正点号和纠正面高程，并全部展出野外控制点、加密点、底点。纠正点投影差改正应精确到 0.1mm。各纠正点对纠正面的投影差应在图板上进行改正，改正数 δ_h 应按下式计算：

$$\delta_h = \frac{\Delta h}{H_r - \Delta h} R' \tag{5.7.2}$$

式中　R'——图板上像底点至纠正点的距离（mm）；

H_r——对纠正面的相对航高（m）；

Δh——纠正点相对纠正面的高差（m）。

3　纠正点转刺在底片上的刺孔直径和刺点误差均应小于 0.1mm。

4　采用图廓模片套晒图廓时，刻绘图廓的长度误差应小于 0.15mm，对角线误差应小于 0.2mm，并应注意检查模片的变形。

5　航高 H 可使用电算成果或按图解法公式计算，同一片两组线段求得的航高较差不大于 $H/200$ 时，取中数使用。

5.7.3　纠正镶嵌的各项限差应符合表 5.7.3 的规定。

5.7.4　一张像片覆盖一幅图的纠正晒像，可采用图廓模片法或暗室展点法。改正投影差时，应由底点引辐射线，电算加密需提供底点坐标。全野外布点，底点可用解析法或光学法求解。

表 5.7.3　纠正镶嵌的各项限差（mm）

项　　目	限　　差
纠正对点差	0.4
镶嵌线重叠或裂缝差	0.2
片与片，带与带接边	0.8
相邻图幅接边差	1.0

注：个别情况第一项限差可放宽至 0.5mm，第三项可放宽至 1.0mm，第四项可放宽至 1.2mm。

5.7.5 当一张像片不能覆盖一幅图，或虽能覆盖但由于地面高差较大，需要进行分带纠正时，可用光学镶嵌的方法进行纠正晒像。

5.7.6 分带纠正宜在图板上先改算纠正点对起始面的投影差。在纠正和晒得与起始带面相应的像片后，便可按下式计算出改变带面的纠正仪镜头变化值 Δd：

$$\Delta d = \frac{F \cdot Q}{f_k \cdot M} \tag{5.7.6}$$

式中 F——纠正仪焦距（mm）；

f_k——航摄仪焦距（mm）；

Q——带距（m）；

M——成图比例尺分母。

5.7.7 像片图测图宜采用小平板和水准仪联合测绘法。等高线的测绘、地物地貌的调绘、注记和补测应符合下列规定：

1 图根水准点的布设应满足高程注记点和测绘等高线的要求，相邻图幅应有公共点。高程注记点的点位可按地物地貌的相对位置来确定。等高线应在实地勾绘。

2 建筑物顶部对纠正面的高差的量测误差不得大于 0.5m。根据室外判读和外业调绘的数据及建筑物顶部对纠正面的高差，对建筑物进行投影差和屋檐宽度的改正，其综合改正误差不得大于图上 0.25mm，对影像清晰可辨的建筑物底部轮廓可直接描绘。

3 影像模糊的地物和新增地物的补测，可按平板仪测图方法设站测定，或根据与图上地物点的相对距离进行确定。

4 测站点平面位置可用下列方法确定：

1）以像片图上已展出的等级控制点作为测站点；

2）在实地刺出明显可靠的地物点，或利用附近三个以上明显地物点交会确定；

3）在两明显地物点相连的直线上，用内分或外分法截取测站点，并用其他明显地物点进行距离和方向交会检查。

5 图板定向时，应依据在图上相距 8cm 以上的控制点或明显地物点标定图板方向。标板后应用其他方向检查，此时测站点

检查方向的偏差不应大于图上 0.4mm。

5.8 模拟测图仪测图

5.8.1 模型比例尺的计算与选择应符合下列规定：

1 模型比例尺分母 M_m 应按下式计算：

$$M_m = \frac{H}{Z} \tag{5.8.1}$$

式中 H——相对航高（m）；

Z——仪器上的相对航高（m）。

2 作业时根据 H 和 Z 活动范围的最大值与最小值，分别计算出允许的最小与最大的模型比例尺，然后在此区间内选取与仪器 Z 的比例尺和仪器与绘图桌传动比相适应的最大模型比例尺。

5.8.2 内方位定向应符合下列规定：

1 装片应通过放大镜使框标标志严密对准像片盘相应标志，其对准标志的偶然误差不得大于 0.05mm。

2 安置焦距，应按改正后的焦距 f'_k（$f'_k=(f'_x+f'_y)/2$）在左、右投影器上分别安置。使用 B 型仪器时应分别安置 f'_x 和 f'_y。

5.8.3 概略基线 b_x 由电算加密提供，或按下式计算：

$$b_x = \frac{M_p}{M_m} \cdot b_p + MOb_x \tag{5.8.3}$$

式中 MOb_x——仪器基线 b_x 的零位置。

5.8.4 利用电算加密外方位元素成果时，则应将成果化算为适应测图仪坐标轴系及分划尺的安置值，并在安置基线与绝对倾角的基础上进行相对定向与绝对定向。

5.8.5 相对定向时，定向点的残余上下视差应合理配赋，使主点残余视差为最小，3、5 点与 4、6 点（图 5.3.2）视差宜相等，方向相反，模型上各点残余视差 Δq_i 宜小于半个测标，不利情况下可允许（按模型比例尺）：

$$\Delta q_i = k\frac{Z_i}{f_k} \tag{5.8.5}$$

式中 Δq_i——残余视差（mm）；

k——系数，HMT05 级仪器取 0.02，HMT10 级仪器取 0.03；

Z_i——投影器中心至各模型点的距离(mm)。

5.8.6 绝对定向应符合下列规定：

1 绝对定向限差应符合表 5.8.6 的规定。

表 5.8.6 绝对定向限差

比例尺	1∶500				1∶1000				1∶2000			
地形类别	平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
等高距(m)	0.5	0.5	0.5 1	1	0.5	0.5 1	1	1 2	0.5 1	1	2	2
平面对点限差(图上 mm)	0.4		0.5		0.4		0.5		0.4		0.5	
高程不符值限差(m)		0.2	0.3 0.5	0.6	—	0.2 0.4	0.5	0.6 1.0	—	0.3	0.4	0.8 1.2

2 平面对点误差经配赋后，宜使模型四角的 4 个定向点误差相等，而相应对角线点误差方向相反。高程定向误差经配赋后，宜使模型四角的 4 个定向点误差相等，而 3 和 6 点、4 和 5 点的符号相同，但 3、6 点和 4、5 点的符号相反。

3 定向点位应依照刺孔位置、控制片说明和略图判读辨认，定向点的残余误差应改至最小，且配赋合理。

5.8.7 地物、地貌测绘应符合下列规定：

1 地物与地貌元素应参照调绘片根据立体模型仔细辨认和测绘，不得错漏、移位和变形。描绘房屋和街区轮廓时，应以测标中心切准房角或轮廓拐角然后再打点连线。各种道路、管线、沟堤等应跟迹描绘，走向明确，衔接合理。用符号表示的各种地物，其定位点或定位线应描绘准确。外业调绘确有错误时，内业可根据立体影像改正，并在调绘片背后加以说明。

2 补测地物：新增地物，无影像或阴影遮盖的地物，根据调绘时附有实测尺寸的草图或原图，在描绘原图上按相对位置尺寸依比例尺进行转绘，不得按模型上相关影像判绘。

3 等高线描绘：要用测标切准模型描绘。宜先测注记点高程，

高程注记点两次读数较差小于 $0.03H/b_p$(H 为相对航高，b_p 为像片基线)时取中数，0.5m 等高距测区应注至 0.01m，大于 0.5m 等高距测区可注至 0.1m。在等倾斜地段，当计曲线间距小于 5mm 时，可只测计曲线，并插绘首曲线。

有植被覆盖的地表，宜切准地面描绘，当只能沿植被表面描绘，应加植被高度改正。在树林密集隐蔽地区，按调绘时量注的平均树高进行改正。

等高线描绘误差：平地、丘陵地不应大于 1/5 等高距，山地、高山地不应大于 1/3 等高距。

5.8.8 像对测图范围：当模型影像清晰，定向精度良好时，像片测图范围超出像片上定向点连线不得大于 1cm，超出部分离像片边缘不得小于 1cm。

5.8.9 图幅接边：测绘地物、地貌时，应在仪器上与已描图边进行接边，超限时应查明原因，作出处理。像对间的地物和等高线接边差不应大于本章第 5.1.2 条规定的平面、高程中误差的 2 倍。图幅接边差应符合本规范第 4.8.2 条的规定。

5.9 解析测图仪测图

5.9.1 准备工作应包括下列内容：

1 解析测图仪主机、电子计算机和数控绘图桌等均应处于良好的作业状态下，方可进行作业。

2 资料准备应包括透明正片、原始数据、控制像片、调绘片等。

3 装片应使透明正片的 x 方向宜平行于仪器的 x 方向。

4 输入像片号(模型号)、焦距、像片基线长、框标距、定向点数据、仪器类型、作业者姓名和作业日期等各种参数。

5.9.2 内定向时测标应严格对准框标，框标坐标量测误差不得大于 0.02mm。

5.9.3 相对定向各点的残余上下视差不得大于 0.008mm。

5.9.4 绝对定向的平面对点误差：平地、丘陵地不宜大于图上

0.2mm，最大不应大于图上 0.3mm；山地、高山地不宜大于图上 0.3mm，最大不应大于图上 0.4mm。高程误差不应大于本章表 5.8.6 的规定。

5.9.5 解析测图仪测图时，地物、地貌测绘除了符合本章第 5.8.7 条地物、地貌测绘规定之外，还应符合下列规定：

1 代码的选取与特征点的观测：测绘地物、地貌时，应选取与其形状、特征和性质相适应的符号代码，观测时应正确选取并切准地物、地貌的特征点，如房拐角、墙角、双线符号的一侧或中心、独立地物的中心或边缘、直线和曲线方向变换处、山头、山脊、鞍部等。

2 图形编辑：脱机测图时，应根据调绘片进行屋檐改正、各种地物符号和地名的注记、像对接边、图形检查与修改、删除等项工作。对于错误和遗漏的地物、地貌应重新上机观测。

5.9.6 像对测图范围和图幅接边应分别符合本章第 5.8.8 条、第 5.8.9 条的规定。

5.10 机助立体坐标量测仪测图

5.10.1 准备工作应包括下列内容：

1 立体坐标量测仪、电子计算机和数控绘图桌等均应处于良好的作业状态下，方可进行作业。

2 资料准备应包括透明正片、控制像片、调绘片以及原始数据等。

3 输入像片号(模型号)、焦距、框标距、定向点数据、仪器类型、作业者姓名和作业日期等各种参数。

5.10.2 内方位定向应符合下列规定：

1 内方位定向可采用框标定向、辅助点定向方法。

2 框标定向时测标应严格对准框标，框标坐标量测误差不得大于 0.02mm。

3 按辅助点定向时，主点、辅助点刺孔直径均不得大于 0.06mm，主点位置要求刺点精确，定向偏差应小于 0.02mm。

5.10.3 相对定向各点的残余上下视差不宜大于 0.02mm，个别情况不应大于 0.03mm。

5.10.4 绝对定向各定向点平面位置误差与高程误差限差及要求应符合本章第 5.8.6 条的规定。

5.10.5 机助法测图时，地物、地貌测绘除了应符合本章第 5.8.7 条地物、地貌测绘规定之外，还应符合下列规定：

1 每个碎部点上，上下视差不得大于 0.05mm。

2 代码的选取与特征点的观测内容同本章第 5.9.5 条第 1 款，由三角网法构网自动绘制等高线时，除观测特征高程点外，还应采集足够密度、分布均匀合理的高程点和高程注记点，测区边界处应至少测出两排以上高程点。

3 图形编辑内容同本章第 5.9.5 条第 2 款。

5.10.6 像对测图范围和图幅接边应分别符合本章第 5.8.8 条、第 5.8.9 条的规定。

5.11 正射影像图

5.11.1 正射影像图可用于城市宏观设计规划、城市资源调查等方面。其比例尺不宜大于1：1000。

5.11.2 编制正射影像图时，应根据成图比例尺、测区地形情况（坡度、高差等），合理选择相应的正射投影仪，平地、丘陵地可采用零级、一级正射投影仪进行微分纠正，山地、高山地可采用一级正射投影仪进行微分纠正。

5.11.3 准备工作应包括下列内容：

1 作业仪器及其外围设备均应处于良好的作业状态下，方可进行作业。

2 资料准备：包括透明正（负）片、控制像片、感光胶片与原始数据等。

3 装片归心、安置和输入已知数据、装感光胶片等。

5.11.4 断面数据采集应符合下列规定：

1 采集断面数据可采用模拟测图仪、解析测图仪、机助立体

坐标量测仪，断面数据也可从原有的数字高程模型中获取。

2 用模拟测图仪、解析测图仪、机助立体坐标量测仪采集断面数据时，内定向、相对定向、绝对定向应分别符合本章第5.8节、第5.9节、第5.10节的规定。

3 根据正射投影仪类型、成图精度、高差与坡度大小，正确选择断面的横向间隔 Δx 和纵向间隔 Δy。

4 模型的断面数 N_s：当单模型采集或单程采集时，N_s 为奇数、偶数均可；双模型采集时，第一个模型的 N_s 应为偶数。

5 采集断面数据时，测标应与模型表面相切，切准误差不得大于 $H/1750$（H 为平均相对航高）。

5.11.5 正射投影仪纠正应符合下列规定：

1 扫描用的透明正片要求影像清晰，影纹丰富，反差适中，色调一致，不得有划痕、斑点、指纹等，透明正片的灰雾密度不宜大于0.1，最大密度宜为0.9～1.1，最小密度宜为0.2～0.3，密度差宜为0.7～0.8，反差系数宜为0.7。

2 平面定向时，定向点残差应合理配赋，平面定向点位置残差：平地、丘陵地不得大于图上0.3mm，山地、高山地不得大于图上0.5mm。

3 缝隙长度的选择应使影像图上因地形起伏、地面坡度引起的 x 方向影像位移：平地、丘陵地不得大于0.2mm，山地、高山地不得大于0.4mm。缝隙长度 l_s 应根据仪器类型、地形类别、坡度大小进行合理选择。

零级正射投影仪：

$$l_s = \frac{2 \cdot Z_m \cdot d_x}{X \cdot \mathrm{tg}\theta_x} \qquad (5.11.5\text{-}1)$$

一级正射投影仪：

$$l_s = \frac{4 \cdot Z_m \cdot d_x}{X \cdot \mathrm{tg}\theta_x} \qquad (5.11.5\text{-}2)$$

式中 l_s——缝隙长度(mm)；

d_x——影像图上因地形起伏、地面坡度引起的 x 方向影像

位移(mm)；

Z_m——模型点投影高度(mm)；

X——影像图上 x 方向的最大坐标(mm)；

θ_x——地面坡度 x 方向的分量(°)。

4 缝隙宽度 b_s 的选择，应根据各类正射投影仪的特点，按下式进行计算：

$$b_s = \frac{1 - \mathrm{tg}\beta_y \cdot \mathrm{tg}\theta_y}{2R_y \cdot \mathrm{tg}\beta_y \cdot \mathrm{tg}\theta_y} \qquad (5.11.5\text{-}3)$$

这时正射底片的分辨率不得少于 9 线/mm。

式中 b_s——缝隙宽度(mm)；

R_y——正射底片因地面坡度 θ_y 影响后的分辨率(线/mm)；

β_y——投影光线在 YZ 平面的投影与 Z 轴的夹角，β_y 与摄影机类型、像幅、焦距、y 方向扫描范围有关(°)；

θ_y——地面坡度 y 方向的分量(°)。

5 正确测定、安置灰楔和扫描速度。量测扫描片上最大和最小密度值，并按下式计算出平均密度值 ρ_m，继而计算灰楔值 g。

$$\left.\begin{aligned} \rho_m &= \frac{\rho_{max} + \rho_{min}}{2} \\ g &= \rho_m - K \end{aligned}\right\} \qquad (5.11.5\text{-}4)$$

式中 ρ_{max}——最大密度值；

ρ_{min}——最小密度值；

K——在一定扫描速度下，根据实验测定的密度常数。

6 扫描和晒印正射负(正)片，应晒出图廓线外 8mm。每个立体像对一次晒印完毕。

7 正射像片的摄影处理作业要求应符合本章第 5.6.1 条的规定。

8 正射影像图的整饰，根据用图需要自行规定。

5.11.6 正射影像图接边限差应符合表 5.11.6 的规定。

表 5.11.6　正射影像图接边限差(mm)

地形类别	平地、丘陵地	山地、高山地
带与带接边差	0.3(0.6)	0.5(1.0)
幅与幅接边差	1.0(1.4)	1.5(2.0)

注：表中圆括号中的数字为个别情况下的接边限差。

5.11.7　制作正射影像图的等高线图可在模拟测图仪、解析测图仪、机助立体坐标量测仪上测绘，其要求应分别符合本章第 5.8 节、第 5.9 节、第 5.10 节的规定。

6 城市地籍测量

6.1 一般规定

6.1.1 城市地籍测量是获取和表述城市土地和土地上建筑物的权属、位置、形状、数量等信息的基础工作，并为产权管理、税收、规划、行政边界、市政、环境保护、统计等多种用途提供定位系统和基础资料。

城市地籍测量在符合精度要求的前提下，应利用已测的规划定线拨地与城市基本地形图等既有成果，保证城市测量成果的统一，避免重复测量。

6.1.2 城市地籍图比例尺，根据经济实用，符合精度要求，满足发展需要等原则可按表 6.1.2 选用。

表 6.1.2 城市地籍图的比例尺

地区类别	大城市市区	中、小城市市区、大独立工矿区	郊县城镇、小独立工矿区
比例尺	1∶500	1∶1000	

6.1.3 城市地籍测量以宗地为基本单元。宗地构成，依城市土地管理部门权属调查所确定的点位为准。宗地编号按国家土地主管部门现行规定执行。

6.1.4 城市地籍图的分幅和编号同城市地形测量。地籍图图式、图例按国家土地主管部门现行规定执行。

6.2 地籍权属调查资料的核实

6.2.1 进行地籍要素测量之前，应对地籍权属调查资料加以核实。

6.2.2 核实工作应在土地管理部门已完成地籍权属调查工作的基础上进行。与地籍调查人员配合，于实地一一核对。

6.2.3 地籍调查外业核实工作应包括下列主要内容：

1　接收地籍调查原始资料，其中包括地籍调查表（内有宗地草图）、宗地关系草图及街坊划分示意图等。

2　核实宗地草图所注权属界址点编号应与实地一致，且符合测量的技术要求。对隐蔽、不规则界址点的设置，应特别注意。凡从测量角度认为设置不合理者，可申述理由，提请地籍调查人员纠正或增设界址点，并订正地籍调查原始资料。

3　核实土地权属单元（宗地）及界址点的编号。

4　核实房屋单元的划分与编号。

5　查对地名、路名及行政境界如区界、街道（街坊）、镇、村界等有关名称、境界资料。

6.3　地籍平面控制测量

6.3.1　地籍平面控制测量，应在城市平面控制网之下，采用GPS测量、导线、三角锁（网）等形式布设。平面控制测量可附合两次，图根平面控制测量方法可用于二类地区最低一级控制点的布设（一、二类地区的区分见本章表6.4.4）。

6.3.2　地籍导线布测应根据界址点测定精度要求而定，一类地区应布设三级导线、拨地导线两级；二类地区可布设拨地导线、图根导线两级。上述导线的技术要求应分别符合本规范第2.1.11条三级导线、本规范第7.2.3条拨地导线以及本规范第4.2.7条1∶500测图图根导线的规定。

6.3.3　GPS测量可采用一、二级网布测，其技术要求应符合本规范第2.5节有关规定。地籍三角锁（网）的技术要求应分别符合本规范第2.1.9条与第2.1.10条一、二级网的规定。图根平面控制测量的技术要求应符合本规范第4.2节有关规定。

6.4　地籍要素测量

6.4.1　地籍要素测量是在地籍平面控制测量的基础上进行的。地籍要素测量应测定下列内容：

1　界址点、线以及其他重要的界标。

2　行政区域、地籍区和地籍子区的界线。

3　建筑物和永久性的构筑物。

4　地类界和保护区的界线。

6.4.2　地籍要素测量可采用下列方法：

1　解析法：野外用极坐标法、距离交会法、方向交会法等测量全部界址点、主要地物点（保护点）并计算点位坐标。其测量的技术要求应符合本规范第7.3.6条第3款测定细部点坐标的规定。以界址点、主要地物点的坐标为基础，测量其他地籍要素的几何图形要素计算坐标，并以宗地草图的丈量数据作校核。最后根据以上数据展绘成地籍图及宗地图。

2　部分解析法：用解析法测量街坊外围界址点和街坊内部分明显界址点的坐标，再用丈量数据装绘街坊内部宗地界址点及其他地籍要素的平面位置，以街坊外围界址点控制街坊内部宗地。成图时先展绘测有坐标的界址点，再根据彼此的关系距离，用经宗地草图校核后的丈量数据装绘街坊内部。外围呈曲线的界线可采用图解测绘。

6.4.3　根据规划设计条件新形成的地籍要素，其界址点应采用定线拨地后的条件坐标。

6.4.4　界址点测定精度要求应符合表6.4.4的规定。

表6.4.4　界址点测定精度要求（cm）

类别	界址点对邻近图根点点位中误差	界址点间距中误差	界址点与邻近地物点间距中误差	适用范围
一	≤±5	≤±5	≤±5	市区街坊外围界址点及街坊内明显的界址点
二	≤±10	≤±10	≤±10	市区街坊内部隐蔽的界址点及郊县城镇街坊的界址点

注：界址点相对于邻近图根点点位中误差，系指用解析法测定的界址点应达到的精度；界址点间距中误差及界址点与邻近地物点间距中误差系指用各种方法测量界址点应达到的精度。

6.4.5 地籍分幅图的精度要求应符合下列规定：

1 按测量数据展绘地籍原图时，相邻界址点、界址点与邻近地物点的间距中误差不应大于图上 0.3mm。

2 宗地内部与界址边不相邻的地物点，相对于邻近图根点的点位中误差不应大于图上 0.5mm；邻近地物点的间距中误差不应大于图上 0.4mm。

6.4.6 地籍分幅原图应选用厚度为 0.07mm，经过热定型处理，变形率小于 0.2‰的聚脂薄膜。图幅规格应符合本规范第 4.1.2 条的规定。

6.4.7 地籍图绘制应符合下列规定：

1 地籍图绘制的主要内容应包括：

1）铅笔原图应绘注各级行政界线，地籍平面控制点，地籍编号，宗地界址点及界址线，街道名称、门牌号，单位名称，河流及湖泊名称，主要建筑物、构筑物，地类号，宗地面积；

2）着墨二底图除不注宗地面积外，其他与铅笔原图相同。

2 地籍图绘制精度应符合下列规定：

1）铅笔原图内图廓长度绘制误差不得大于 0.2mm；内图廓对角线长度误差不得大于 0.3mm；图廓点、控制点和坐标网的展点误差不得大于图上 0.1mm。其他解析坐标点的展点误差不得大于图上 0.2mm；

2）着墨二底图的所有解析坐标点都要依据其坐标值在图上展绘，展点限差同铅笔原图；其他图形点位和线条不得明显偏离底线。

6.4.8 宗地图绘制应符合下列规定：

1 宗地图是土地证书和宗地档案的附图，宜用 32 开、16 开、8 开纸，从地籍分幅图上映绘，宗地过大或过小可调整比例尺绘制。

2 宗地图的内容包括：本宗地号、宗地面积、界址点及界址点号、界址边长；邻宗地号及邻宗地界址示意线等。

6.4.9 地籍测量数字化成图应符合本规范第 8.5 节的规定。

6.5 面积量算

6.5.1 面积量算方法可采用坐标解析法、实测几何要素解析法和图解法三种。坐标解析法适用于外业按解析法施测坐标的地块面积；实测几何要素解析法适用于在实地测量了几何图形有关要素，并可按几何公式计算的地块面积；图解法则适用于既未实测界址点又未实测几何要素的地块或地类块面积，宜用于外围界线呈曲线的图形。外业按部分解析法施测的地籍图，其解析法部分用坐标解析法计算，装绘部分用实测几何要素解析法或图解法量算。

6.5.2 坐标解析法宗地面积应根据界址点坐标数据，采用下列公式计算：

$$\left.\begin{aligned} A &= \frac{1}{2}\sum_{1}^{n} X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) \\ \text{或 } A &= \frac{1}{2}\sum_{1}^{n} Y_i(X_{i-1} - X_{i+1}) \end{aligned}\right\} \qquad (6.5.2)$$

式中 A——宗地面积（m^2）；

X_i、Y_i——宗地第 i 个界址点坐标（m），序号 i 按顺时针方向顺编；

n——宗地界址点个数。

用坐标解析法计算面积应独立进行两次计算以作检核，若采用经检验正确的电算程序计算面积可计算一次，但须打印出输入的数据并进行校核。

6.5.3 实测要素求积法，对于规则图形，可根据实测数据直接计算面积；对于不规则图形，则应将其分割成简单的几何图形（如矩形、三角形、梯形等）后再分别计算面积并累加。面积中误差按下式计算：

$$m_A = \pm (0.04\sqrt{A} + 0.003A) \qquad (6.5.3)$$

式中 A——量算的面积（m^2）。

计算次数同本节第 6.5.2 条。

6.5.4 图解法要求在聚脂薄膜原图上，采用光电测积法、求积仪

法、几何图形法等直接量测面积，应独立量测两次，以两次量取结果的中数作为最后的面积值。两次量算面积的较差 ΔA 应符合下式要求：

$$\Delta A \leqslant 0.0003M\sqrt{A} \qquad (6.5.4)$$

式中 A——量算面积（m^2）；

M——地籍铅笔原图比例尺分母。

6.5.5 外业按部分解析法施测，而其中装绘部分面积只能用图解法量算的，应以坐标解析法求出每个街坊面积，用街坊面积控制本街坊内各宗地面积之和。各宗地面积之和与街坊面积误差的限差为 1/200，小于限差时，将误差按面积分配到各宗地，得出平差后的各宗地面积。但宗地边长丈量数据可以不改。

6.6 资料整理、检查验收与成果提交

6.6.1 作业组在工作完成后，应将全部成果资料整理装订，并进行认真严格的自检、互检，做到清楚、齐全，确保无误后，方可交出进行第二级检查，最后组织实施验收。

6.6.2 各级检查验收中发现的问题和错误，必须做好记录并提出处理意见，该退回的应退回作业组改正或返工，并分别写出检查、验收报告。

6.6.3 地籍测量应提交下列成果资料：

1 地籍平面控制测量原始记录、控制网图、平差计算资料及成果表。

2 地籍丈量原始记录。

3 解析界址点成果表。

4 地籍铅笔原图。

5 地籍着墨二底图和着墨宗地图（土地证附件）。

6 地籍图分幅接合表。

7 面积量算原始记录及成果。

8 以街道为单位宗地面积汇总表。

9 城镇土地分类面积统计表。

10　检查验收报告。

11　地籍测量技术设计书（或纲要）、技术总结报告。

6.6.4　各种统计表格式按国家土地主管部门的规定执行。

6.7　变更地籍测量

6.7.1　变更地籍调查，由土地管理部门完成。变更地籍测量，应在变更地籍调查完成之后进行。

6.7.2　变更地籍测量是测量分割或合并的宗地的地籍要素。包括变更地籍调查资料核实，变更界址点测量，变更后宗地图测绘、面积量算与地籍图修测。

6.7.3　变更地籍测量应采用解析法，暂不具备条件时，可采用本规范所规定的其它方法，但测量精度不得低于原精度。

6.7.4　权属变更点的测量均应以地籍平面控制点或原界址点为依据，首先检测本宗地与相邻宗地间距无误后，再进行变更测量。

地籍控制点破坏较大地区，应首先补测控制点，且符合本章第 6.3 节的规定。

6.7.5　宗地变更后的编号应符合下列规定：

1　宗地第一次分割后的各宗地以原编号的支号顺序编列，如 18 号宗地分割成 3 块宗地，分割后的宗地编号分别为 18-1、18-2、18-3。分割后的宗地发生第二次分割，则分割后的各宗地编号，按分割支号后再加支号顺序编号，如 18-2 又变更分割为 2 块宗地，则编号分别为 18-2-1、18-2-2。

2　当数宗地合并为一宗地时，使用其中最小宗地号，其余宗地号一律不再使用。

6.7.6　采用解析法分割宗地应符合下列要求：

1　分割点在原界址边上，已埋设界桩时，应丈量距两界址点距离与原边长进行误差配赋后，再计算分割点坐标；未埋设界桩时，按给定数据，计算分割点坐标，于实地放样点位，埋设界桩并进行检测。

2　分割点在原宗地内部时，按实地分割点测定其坐标。

6.7.7 采用装绘法分割宗地应符合下列要求：

1 分割点在原界址边上时，丈量分段长度之和应与原界址边全长相符，并按分段长度展绘分割点于图上。

2 分割点在宗地内部时，丈量分割点与相邻分割点的距离及几何图形有关要素，经检验相符后展绘分割点于图上。

6.7.8 宗地分割后的面积量算，其计算方法应符合本章第6.5节的规定。凡一宗地分割为数宗地，分割后各宗地面积之和应与原宗地面积相符，其误差在本章第6.5.5条规定的限差内时，按分割宗地面积比例配赋。

6.7.9 变更地籍测量结束后，应对有关地籍图、表、资料进行修正。

6.7.10 地籍图的修测应符合下列规定：

1 城市地籍图的修测，应在原图或复制底图上进行。

2 对修测图应先检查图廓方格网的变化，当图纸伸缩超过本章第6.4.7条第2款规定时，应采用适当方法进行纠正。

3 修测的主要内容应包括各级行政境界、宗地界、新增主要地物及地籍变更编号和注记。

4 修测方法可根据具体情况决定，修测后所新测的界址点、地物点点位中误差应符合本章第6.4.4条和第6.4.5条的规定。

5 当一幅图需要修测的面积超过1/2幅时，宜全幅重测。

6 修测中发现原图地籍、地形要素有明显错误，其差值已超过$2\sqrt{2}$倍中误差时，应予以纠正。

7 每幅图修测后，将修测情况做好记录，并绘制略图附入图历簿，供下次修测时参考。

7 城市工程测量

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于城市规划道路定线（简称定线）测量、建筑用地界址拨定（简称拨地）测量、城市工程测图、市政工程测量、地下管线现状测量和地下普通建（构）筑工程现状测量。城市工程测量工作是城市规划、建设具体实施的有效保障和进行设计、施工、管理的必要依据。

7.1.2 城市工程测量采用的坐标和高程系统，应按当地城市测绘行政主管部门的规定执行。若无明确规定的，应采用当地城市统一的坐标和高程系统；当工程测图面积较小或勘测设计阶段一次性专用图，采用当地城市统一的坐标和高程系统有困难时，可采用假定坐标（包括建筑坐标）和假定高程系统。

7.1.3 定线与拨地测量、现状图细部测量、新建工程竣工测量，应采用解析法作业；其他的城市工程测图、地下人防工程现状测量，可根据需要与条件可能，采用解析法或图解法施测；市政工程线路的中线测量，可根据设计意图和实际情况，采用解析法、图解法和现场选线法进行；地下管线普查测量可根据具体情况，采用解析法和地下管线探测仪探测的方法作业。

城市工程测量可采用常规测量方法或数字化成图方法进行。数字化成图按本规范第8章有关规定执行。

7.1.4 城市工程测图应根据工程性质和测区大小选用本规范第4.1.1条规定的各种比例尺，还可采用大于1∶500的比例尺。

定线与拨地测量、地下管线现状测量和地下普通建（构）筑工程现状测量宜采用1∶500～1∶2000比例尺基本地形图或二底图作为展绘的基础图。

7.2 定线、拨地测量

7.2.1 定线、拨地测量工作，是城市规划测量的主要内容，定线、拨地测量应按照城市规划行政主管部门下达的定线、拨地设计条件进行。

7.2.2 定线中（轴）线点、拨地界址点相对于邻近高级控制点的点位中误差不应大于 5cm。

7.2.3 定线、拨地导线测量应符合下列规定：

1 定线导线测量除可不埋石、钢尺量距要求另行规定外，其他应按三级光电测距导线或钢尺量距导线的主要技术要求执行。

2 拨地导线测量的主要技术要求应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 拨地导线测量的主要技术要求

导线类别	附合导线长度 (m)	平均边长 (m)	测角中误差 (″)	测回数 DJ_6	方位角闭合差 (″)	导线相对闭合差
光电测距	1200	100	≤±15	2	$\leqslant \pm 30\sqrt{n}$	≤1/5000
钢尺量距	800		≤±20	1	$\leqslant \pm 40\sqrt{n}$	≤1/3000

注：n 为测站数。

3 定线、拨地导线超长时（不宜超过规定长度的 1.5 倍），其绝对闭合差不应大于 26cm。当导线超长或平均边长较短，附合导线的边数超过 12 时，应适当提高测角精度。

4 当定线、拨地导线长度短于规定长度的 1/3 时，其绝对闭合差不应大于 13cm。

5 在控制点比较稀少的地区，定线、拨地导线可同级附合一次。

7.2.4 定线、拨地的距离测量可采用 I 级光电测距仪单程观测 1 测回；钢尺采用往返或单程双次丈量等方法，两次同精度丈量较差的相对误差：定线不应大于 1/8000；拨地不应大于 1/5000。距离测设也可采用光电测距与钢尺丈量相结合的方法，距离需进行尺长、温度和倾斜改正。

7.2.5 定线测量应符合下列规定：

1 规划道路定线测量主要为城市详细规划、各种市政工程的定线和拨地测量提供依据，起控制和保障作用。

2 定线测量可采用下列方法：

1）解析实钉法：根据定线条件中所列规划道路中线与现状地物的相对关系，实地用经纬仪定出路中线位置，然后联测中线的端点、转角点、交叉点及长直线加点的坐标，再计算确定各线段的方位角；

2）解析拨定法：根据定线条件，布设导线测定条件中指定的地物点坐标，以推算中线各主要点坐标及各段方位角。如果定线条件拟定的是规划道路中线各主要点的解析坐标或图解坐标，应算出中线各段方位角。然后用导线点将中线各主要点及直线上每隔150～300m一点测设于实地，对于直线段各中线点应选择两点作为基准线来进行验直，记录偏差数，宜采用作图方法近似地求得最或是直线，量取改正数现场改正点位。

3 所定规划道路为已建道路，如已有等级导线点的，原则上不实定中线，只计算出各导线点至规划中线上各主要点和垂足的侧设角、测设距（须注记于略图上或存贮于微机中）；如无等级导线点的，原则上实定，其中线点位宜在以后与等级导线结合。

如所定道路尚未成形，应分清情况，区别对待：

1）如建设急需而中线点能保存的则应实定；

2）如不急需，中线点又不易保存的可暂不实定，只测求主要中线点的坐标与各段的方位角，有拨地任务时，应按定线导线的精度要求布设导线，根据计算数值测设桩位。

4 定线需实测转角、交角，实量距离，以便与条件值校核（以条件值为准）。规划中线不能通视时，可在规划红线内能通视的地方用平行移轴法实定轴线，略图上注明轴线与中线的间距，也可直接定出红线。

5　全线定完后，中（轴）线点须顺序编号，主要中（轴）线桩位应进行加固或换埋标石，并绘点之记。

7.2.6　拨地测量应符合下列规定：

1　拨地界桩主要用于标定用地的范围，并可作为建筑物定位、施工放线和验线的控制桩。

2　拨地测量可采用下列方法：

1）解析实钉法：根据拨地条件中用地边界与规划道路或指定地物（包括原有拨地的界桩）的相对关系，按给定的距离、夹角等先测设各界桩，界桩间能通视时应进行图形校核，然后布设导线测量部分界桩坐标，作为条件坐标的起算数据或校核坐标；

2）解析拨定法：先布设导线，测定拨地条件中指定的地物点坐标或按原有紧邻拨地界桩的坐标，计算各界桩的条件坐标，根据计算的测设数据用导线点进行测设，然后校核图形或界桩坐标。

3　用规划道路中线点控制的拨地，需在两中线点间内分临时点时，如内分点距一中线点大于 30m 时，应实量两中线点之间距离全程，对内分点应按比例配赋误差，测设固定长度时应实地改正点位。此规定亦适用于在两导线点之间内分点的情况。

4　定桩的顺序应从要求较严或精度较高的一边开始，如临路的拨地应由临路界桩开始测设，不临路的拨地应从长边开始测设。

5　大面积的拨地需布设导线来控制，以防止误差的累积。遇短边时须临时定远方向点，以提高测角精度。长边应在直线上增设加桩，曲线段除钉界桩外，还应根据不同情况钉曲线起点、终点和加桩。

6　拨地定桩遇障碍物，如障碍物在边线上，可平行移轴求得；如障碍物在桩位上，界桩不能实钉时，可在用地边线上钉指示桩。各桩应写明桩号，指示桩与应钉桩位的距离应在有关资料中注明。

7.2.7　规划行政主管部门下达的建筑物定位与验线测量任务，可按照拨地方法用经纬仪测定建筑物主轴线桩和对施工放线进行检

验。

7.2.8 定线、拨地中的校核测量应符合下列规定：

1 在测量过程中，应进行校核测量，包括控制点校核、图形校核和坐标校核。施测前应检测所使用的等级导线和有关规划道路中线的转角、交角与检量边长，验直直线上相邻三点等，确保控制点无误后才使用。图形校核与坐标校核则要求有效和适当。定线、拨地测量的校核限差应符合表 7.2.8 的规定。

表 7.2.8 定线、拨地测量的校核限差

类别		检测角与条件角较差（″）	实量边长与条件边长较差的相对误差	校核坐标与条件坐标计算的点位较差（cm）
定线	主干道	30	1/4000	5
	次干道、支路	50		
拨地		60	1/2500	

注：1 拨地边长在 30m 以下时，拨条件角检查点位不应大于 1cm；实量边与条件边较差，50m 以下的不应大于 2cm；

2 三点验直的偏差，可按检测角与条件角较差的限差要求。

2 测定地物点坐标，应在两个测站上用不同的起始方向按极坐标法或两组前方交会法测量。用导线点测设的桩位，若不能采用图形校核，则应在另一导线点（或导线内分点）上后视不同的起始方向测量其坐标进行校核。

7.2.9 内业计算与资料整理应符合下列规定：

1 计算前应熟悉定线、拨地条件，了解有关的定线、拨地资料，检查外业工作程序和手簿记录均符合要求后，方能进行计算。

2 定线、拨地计算，方位角可根据需要计算至 1″或 0.1″，距离、坐标计算至 1mm。定线应抄录或用计算机打印成果表，中线各点坐标、各段方位角、边长、路宽与曲线半径及略图等资料应齐全，发送城市规划行政主管部门；拨地需抄录或用计算机打印界桩坐标通知单并附略图，发送城市规划行政主管部门与用地单

位。

3 定线、拨地工作完成后，资料须整理装订成册归档。资料中可包括下列内容：

1）定线条件或拨地条件；

2）定线条件历次变更情况（拨地资料中不包括此项）；

3）成果表；

4）工作说明；

5）略图；

6）条件坐标；

7）计算资料；

8）外业手簿；

9）点之记等（拨地资料中不包括此项）。

定线资料可复制副本，内容包括成果表和略图，以供经常调用。还应建立图档，将定线、拨地数据展绘注记在1∶1000～1∶2000地形图上，以检查定线、拨地是否有错乱等情况发生，便于及时纠正。

7.3 城市工程测图

7.3.1 城市工程测图是满足局部地区工农业建设、工业与民用建筑和市政工程等施工设计以及竣工需要而进行的范围较小的地形测图工作。

7.3.2 城市建设工程设计用图，应充分利用城市现有各种大比例尺基本地形图。图面不符合现状、内容不足时，可修测、补测；比例尺不适合时，可进行缩放，如精度要求较低，可用小一级比例尺地形图放大或按小一级比例尺地形图的规定进行施测。

7.3.3 测绘大于1∶500比例尺的的工程地形图时，应根据精度要求自行设计。

7.3.4 当城市工程测图属工矿区现状图，比例尺为1∶500～1∶2000，精度要求较高且施测面积较大时，宜满足城市基本地形图的各种规定；面积较小时，以满足用图单位需要为准。

7.3.5 城市工程测图的图根控制测量，应符合本规范第4.2节有关规定。

7.3.6 工矿区细部测量与现状图的绘制应符合下列规定：

1 工矿区细部测量是工矿区某些建筑物、构筑物细部点（指主要拐角点或几何中心）需要测定坐标、高程的一项专门测量工作。细部坐标点的位置中误差和细部高程点的高程中误差，应符合表7.3.6-1的规定。

表7.3.6-1 细部点位置与高程中误差（cm）

地物类别	细部点位置中误差	细部点高程中误差
主要建筑物、构筑物	≤5	≤±3
次要建筑物、构筑物	≤7	≤±4

对于不测细部坐标和高程的建筑物、构筑物，以及不需要进行细部测量的工矿区，可按城市基本地形图的要求进行测绘。

2 工矿区建筑物、构筑物测量的取舍，应根据其疏密程度、测图比例尺与委托方共同商定。其细部点选取的要求，应符合表7.3.6-2的规定，并应符合下列规定：

1）建筑物、构筑物周边尺寸和凹凸部分大于图上0.4mm的细部尺寸，均应丈量；

2）厂房门宽大于2.5m或能通行汽车时，应实测位置；

3）对排列整齐的宿舍，可测其外围四角的细部坐标。

3 细部点坐标宜采用极坐标法测定。仪器对中偏差不应大于5mm，水平角采用DJ_6级经纬仪应观测一测回，归零差不应大于1′；距离若采用钢尺丈量，不宜超过一整尺；采用光电测距仪测距，测距长度则不应超过150m。

细部点高程可采用DS_{10}级水准仪进行测定，若采用全站仪同时测定细部点坐标和高程并进行数字化成图时，垂直角不应大于±10°，水平角和垂直角均可观测半测回，仪器高和觇牌高均量至1mm。

表 7.3.6-2 细部点选取的要求

类别		坐标	高程	备注
建筑物构筑物	矩形	主要墙角	主要墙外角、室内地坪	—
	圆形	圆心	地面	注明接地处半径、高度或深度
地下管（沟）道		起、终、转、交叉点、变径点，皆测管（沟）道中心或主要井盖中心	地面、井面、井底、加压的测管外顶，自流的测管内底，有沟道的测沟底	经委托单位开挖后施测
地下直埋电缆		起、终、转、交叉点、入地点、出地点，皆测电缆或沟道中心	测细部坐标的点和变坡点，皆测电缆顶部或盖板顶和地面	经委托单位开挖后施测
架空管道		起、终、转、交叉点，皆测支架中心	测细部坐标的点和变坡点，皆测基座面或地面	注明通过铁路、公路的净空高
架空电力、电信线		杆（塔）的起、终、转、交叉点，皆测杆（塔）中心	杆（塔）的基座面或地面	注明通过铁路、公路的净空高
铁路		车档、岔心、进厂房处、直线部分每50m测一点	车档、岔心、变坡处、直线每50m、曲线内轨每20m测一点	—
厂外公路 厂内道路		干线的交叉点，皆测道路中心	变坡处、交叉点、直线每30～40m测一点	—
桥梁、涵洞		大型的测四角，中型的测中心线两端，小型的只测中心点	测细部坐标的点，涵洞需测进、出口洞底高	—

4 两相邻细部坐标点间，反算距离与实地丈量距离的较差：主要建筑物、构筑物不应大于 $7 + d/2000$(cm)，次要建筑物、构筑物不应大于 $10 + d/2000$(cm)(d 为两相邻细部点间的距离，cm)。

5 工矿区现状图的绘制，宜采用将建筑物、构筑物细部点测算的坐标、丈量的细部尺寸及有关元素进行展绘、编制成图的方法。细部点坐标与高程成果均应取至厘米，坐标展点误差不应大

于图上 0.3mm。

6 细部点宜按分类进行编号，并编制成果表。当细部点密度不大时，可将细部点坐标与高程注记于图上。

7.3.7 水下地形测量应符合下列规定：

1 水下地形测量的平面和高程控制系统、图幅分幅、等深（高）距应与该测区陆上地形测量一致，两者应互相衔接。

2 测深点点位相对于邻近图根点点位中误差在图上不应超过 1.5mm，在 1∶500 比例尺测图、开阔平坦水域和水深超过 20m 水域，可放宽至 2mm。

3 测深仪具适用范围与测深点深度中误差应符合表7.3.7-1的规定。

表 7.3.7-1 测深仪具适用范围与测深点深度中误差

水深范围（m）	作业仪具	测深点深度中误差（m）
0～5	宜用测深杆	≤±0.10
2～10 0～10	测深仪 测深锤（流速＜1m/s）	≤±0.15
10～20	测深仪或测深锤（流速＜0.5m/s）	≤±0.20
＞20	测深仪	≤±0.015·h_0

注：1 h_0 为水深（m）；

2 在工程要求不高或特殊困难地区以及用锤测而流速大于表中规定或锤测水深超过 20m 时，可将中误差放宽至 2 倍；

3 测深水域遇有水草、海底树林时，不得使用测深仪。

4 测深前应了解测区水域的礁石、沉船、险滩等水下障碍物及水文气象资料，以利避免发生事故和漏测。

作业中，当风浪引起测深仪记录纸上回声线起伏变化：在内陆水域大于 0.3m、海域大于 0.5m 时，宜暂停测深工作。采用测深锤、测深杆作业，遇大风浪难以读数时，应停止工作。

5 测深点宜按横断面布设，断面方向应与水流方向（或岸线）垂直。断面间距宜为图上 2cm，测点间距宜为图上 1cm，视地形变化大小和用图要求不同，可适当加密或放宽。

6　水面的高程，可直接测定或设置临时水尺测定。水尺位置及数量的设置，应能控制整个测区内水位的瞬时变化。水尺零点高程或水面高程，应以不低于图根水准测量的精度进行测定。

测深时有关水尺应同步观测。内陆水域观测次数视水位变化速度而定（两次观测时间内水位变化应小于 0.1m），至少应在每日测深开始和结束时各测定一次；潮汐河段及海域每隔 10min 观测一次潮位。水位读记至厘米。

7　每次测深作业前后均应测定测深仪的电压、转速。当工作电压和实际转速超过规定时，应进行调整或改正，并用其它测深仪具分别在深、浅水处校核水深。当无法校核水深时，可根据水温，含盐度进行深度改正。

8　测深点定位可根据测区情况、测图比例尺与设备条件选用断面索法、单角交会法、经纬仪平板仪前方交会法、GPS 动态定位法、全站仪自动跟踪极坐标法和无线电定位仪定位法等。采用交会法定位时，交会角宜在 30°～150°之间。

用于测深点定位的测站点，不应低于图根点精度。在施测过程中要经常检查定向点方向，其偏差：经纬仪不应大于 1′，平板仪不应大于图上 0.2mm。

9　测深点内业展绘，应根据外业定位方法、测图比例尺、测区大小、测深点距测站的远近与设备情况，可选用辐射线格网法、量角器法、重叠法、解析法和数字化成图法等。

测深点的高程（或水深）应计算和注记至分米。

10　水下地形测量等深（高）线插求点的高程相对于邻近图根点的高程中误差，应符合表 7.3.7-2 的规定。

表 7.3.7-2　等深（高）线插求点的高程中误差

水下地面倾斜角	0°～2°	2°～6°	6°～25°	25°以上
高程中误差（等深距）	≤1/2	≤2/3	≤1	$\leqslant 1\frac{1}{2}$

注：　对作业困难、水深大于 20m 或工程要求不高时，其等深（高）线插求点的高程中误差，可按表中规定放宽至 1.5 倍。

7.3.8 市政工程测图应符合下列规定：

1 各项市政工程的测图比例尺，除由设计单位按需要提出外，可按表 7.3.8 选用。

2 用于线路工程的带状地形图，其图根点可利用规划道路与线路测量的定线导线点或中线点，施测宽度根据设计要求而定。在施工范围内的地物、地貌应详测，设计参考部分可择要显示。

表 7.3.8 市政工程测图比例尺的选用

测图类别		城市建筑区	非建筑区	山区
小型桥、涵、闸、坝、厂、站、所、场址等工点地形图		1∶100～1∶500		
线路带状地形图		1∶500、1∶1000	1∶1000、1∶2000	1∶2000、1∶5000
线路纵断面图	水平	1∶500、1∶1000	1∶1000、1∶2000	1∶2000、1∶5000
	垂直	1∶50、1∶100	1∶100、1∶200	1∶200、1∶500
线路横断面图	水平	1∶50、1∶100	1∶100、1∶200	1∶200
	垂直			

当线路很长时，应进行带状图的分幅设计。自左至右，各幅图顺序编号，接图位置不宜设在建筑物、路口、曲线内与交叉跨越处。当局部地段有比较方案或迂回线路时，宜将其测绘在一幅图内。图头、图尾应留适当空白以备整饰用，图幅的长度和宽度以方便晒印和设计使用为原则。

3 道路工程带状地形图的测绘，应在图中央展绘道路的设计、施工中线和规划中线，内容除按基本地形图要求测绘外，还应对施测范围内的房屋分间、分户，注记种类和门牌号；对原有道路的路边线、人行道侧石线、铺面材料（需注记）分界线、绿地、电杆（应分类表示）和各种地下管线检修井（分类表示井位和测注高程）等均应测绘，在建筑物的房基、散水、单位门口与院内出水口处，需测注高程。交叉路口应测宽些，若另测路口图时，带状图上路口高程和地物可简测。

4 道路立交桥桥址地形图的比例尺宜为 1∶500，除按基本地形图的内容测绘外，应将已有的各种地下管线资料绘注于图上，如委托单位提出要求，可补测实地有而无资料的地下管线检修井

与其它需要的内容，必要时应进行地下管线探测与坑探（经委托单位开挖后施测），为设计提供可靠的依据和保证安全施工。立交桥桥址图经外业按分幅测绘后，应由内业绘图时进行拼接，映绘成一张总图。

5　大、中型跨河桥桥址地形图比例尺根据河宽而定，宜为1∶500～1∶2000。

测绘范围应能满足设计桥梁孔跨、桥头路基和导流建筑物的需要。顺线路方向宜测至两岸历史最高洪水位或设计水位2m以上。若遇漫滩则不应小于桥梁全长加导流堤在桥址中线上的投影长度。沿水流方向，上游应测至河宽的1.5～2倍处，下游测至1倍处。对受到灌影响、有蓄水等特殊情况的桥涵，应根据实际情况确定测绘范围。小桥涵地形图的测绘范围应能满足设计要求。

测绘内容除按基本地形图的要求施测外，应详细表示现有河道护岸、导流建筑物、旧桥和两岸被冲刷地点等，还应测绘线路中线、测量控制点和最高洪水位。

6　桥址纵断面图、河床横断面图的水平比例尺或河床地形图的比例尺宜与桥址地形图一致。

桥址纵断面的测量范围与桥址地形图顺线路方向的测量范围相同。并在桥址纵断面上、下游加测河床横断面至少各一处，断面的宽度及间距，根据设计要求而定。桥址纵断面宜与桥头引线纵断面合并绘成一张图。

7　河床横断面（包括桥址纵断面）测量，水上部分用水准仪测定，水下部分采用断面索法、极坐标法、单角交会法等应符合本节第7.3.7条有关规定。当测绘的断面数较多时，可根据断面测深点勾绘等深（高）线绘成河床地形图，并与桥址地形图绘成一张图。

8　自来水厂、泵站、污水处理厂临近水域时，除测绘所需地形外，还应进行取水口或出水口的水域断面测量。

9　交叉路口、广场、停车场除测绘地物、地貌外，还应根据设计要求，按5～20m分方间隔测注方格网交点高程。

7.4 市政工程测量

7.4.1 本节适用于普通市政工程（包括道路、桥梁、河道、堤防、自流与压力管道）勘测设计阶段的测绘工作。对于大型工程（特大桥、地下铁道、隧道、大河、机场、海堤等）的测量技术要求及各种工程的施工测量，可按专业部门颁发的有关规范作业。

7.4.2 市政工程线路的平面控制测量，应布设附合导线。导线测量的主要技术要求应符合下列规定：

1 施测1：500比例尺带状图的主要线路，应符合本章第7.2.3条拨地导线的规定；施测1：1000比例尺带状图的主要线路，其附合导线长度与平均边长可适当放长，但最长不应超过表7.2.3规定的2倍。

2 施测1：500与小于1：500比例尺带状图的次要线路，应分别符合本规范第4.2.7条1：500和1：1000比例尺测图图根导线的规定。

3 山地线路导线测量的主要技术要求应符合表7.4.2的规定。

表7.4.2 山地线路导线测量的主要技术要求

导线类别	附合导线长度（m）	测回数 DJ_6	测距仪器、方法与测回数	方位角闭合差（″）	导线相对闭合差
光电测距	1000	1	Ⅰ级、单程、1	$\leqslant \pm 60\sqrt{n}$	≤1/2000
钢尺量距	600		—	$\leqslant \pm 90\sqrt{n}$	≤1/1000

注：1 导线超长时，其绝对闭合差不应大于52cm，且测角精度也应相应地提高；

2 施测1：5000比例尺带状图的线路或困难地区，导线相对闭合差与超长时绝对闭合差可放宽一倍。

4 高速公路和其他精度要求高的线路，其导线测量可按一、二级导线的精度要求施测。规划市区和城镇范围外跨省市、跨区县的线路，可按现行行业标准《公路路线勘测规程》JTJ 061执行。

7.4.3 市政工程线路水准测量应符合下列规定：

1 进行线路水准测量（即基平测量）时，每300m左右宜留

设一临时水准点，桥梁、隧道两端以及较大构筑物等处应按需要留设水准点，水准点的位置应设在施工范围以外，标志应明显、牢固、使用方便。

2 市政工程的线路水准测量可采用水准测量方法或光电测距三角高程测量方法，其主要技术要求分别应符合表 7.4.3-1 和表 7.4.3-2 的规定。

表 7.4.3-1 线路水准测量的主要技术要求

仪器类型	标尺类型	视线长度 (m)	观测方法	附合线路闭合差 (mm)
DS_3	单面	100	单程后一前	$\leqslant \pm 30\sqrt{L}$

注：L 为附合线路长度 (km)。

表 7.4.3-2 线路光电测距三角高程测量主要技术要求

垂直观测仪器类型	对向观测测回数		垂直角较差与指标差较差 (″)	测距仪器、方法与测回数	对向观测高差较差 (mm)	附合路线闭合差 (mm)
	三丝法	中丝法				
DJ_2	1	2	≤10	Ⅱ级、单程、1	$\leqslant \pm 60\sqrt{D}$	$\leqslant \pm 30\sqrt{L}$

注：1 D 为测距边长度 (km)；

2 仪器高度、反射棱镜高度或觇牌高度，应在观测前后各量测一次，取值应精确至 1mm，当较差不大于 4mm 时，取用平均值；

3 计算时，应考虑地球曲率和折光差的影响。

3 对于精度要求较高的市政工程，其水准测量精度可按四等水准测量要求或根据需要另行设计施测。

4 当水准测量跨越河流、深沟，且视线长度超过 200m 时，应采用跨河水准测量方法，跨河水准应观测两个单测回，半测回中观测两组，两测回间较差不得超过 $\pm 40\sqrt{s}$ (mm)(s 为跨河视线长度，km)。

7.4.4 线路测量视工程需要，应对起、终、转、交点与重要方向桩加固、绘点之记或钉控制桩，以便施工时交桩或恢复中线。

7.4.5 市政工程线路带状地形图与工点地形图的测绘应符合本章第 7.3.8 条有关规定。

7.4.6 当线路中线与已有道路、管线（包括地面、地下和架空

的）等交叉时，应测量设计需要的交叉角、交叉点的桩号与高程（或净空高）。视工程需要进行洪水位和桥涵孔径、种类、高程的调查测量。

7.4.7 线路中线测量应符合下列规定：

1 市政工程的线路测量宜沿线路中线进行。河道、沟渠以及当中线遇障碍或大部分落入水中时，应将中线平行移轴至岸上或适当位置钉轴线桩，轴线桩号应换算为中线里程。

2 中线测量采用解析法的转角点与方向点的桩号、转角角度，以计算值为准；图解法和现场选线法的桩号以实量为准。

3 按工程的不同精度要求，中线定线可采用经纬仪或目测定向；中线量距可采用光电测距或使用经检定过的钢尺丈量，需要时应进行尺长、温度和倾斜改正。精度要求较低的工程，如旧河整治与排水沟等测量时，可用视距测量中线距离。

4 直线段上中线桩位的间距应根据地形变化确定，宜为20～50m。

平曲线测设，可采用偏角法、切线支距法或中心角放射法等。圆曲线和复曲线应定起点、中点和终点；回头曲线应定圆心、起点和终点；缓和曲线亦应定起点和终点。曲线段上中桩间距，应按曲线半径和长度选定，宜为10～40m。道路中线转角小于3°，山区道路、河道中线转角小于5°时可不设曲线，转角可用DJ_6级仪器一测回测定。曲线计算，角度取至分，距离取至厘米。

当中线穿越铁路、公路、桥涵、建（构）筑物、水域、沟渠和地形变化等处应设加桩。

5 如有断链，应在测量成果和有关设计文件中注明，并在实地钉断链桩。断链桩不应设在曲线内或建（构）筑物上，桩上应注明线路来向去向的里程和应增减的长度。通常在等号前、后分别注明来向、去向里程。

6 线路中线桩位与曲线测设的限差，应符合表7.4.7的规定。

7 桥梁中线长度精度的要求应符合下列规定：钢筋混凝土梁及短跨简支梁按桥长估算，当桥长小于200m时，相对中误差不应

表 7.4.7　线路中线桩位与曲线测设的限差

线段类别		主要线路	次要线路	山地线路
直线	纵向相对误差	1/2000	1/1000	1/500
	横向偏差（cm）	2.5	5	10
曲线	纵向相对闭合差	1/2000	1/1000	1/500
	横向闭合差（cm）	5	7.5	10

大于1/10000，当桥长为 200～500m 时，相对中误差不应大于1/20000；连续梁及长跨简支梁宜按桥式估算。

桥梁中线能直接丈量的可用检定过的钢尺按表 2.1.11-2 一级导线量距的技术要求进行丈量，大于 50m 跨河桥可用光电测距仪测距，根据上述桥长划分应分别按本规范第 2.4.5 条一、二级测距边的测距技术要求施测，或布设简单图形（双三角形、单四边形与菱形）的桥梁三角网丈量基线间接求距。

7.4.8　纵、横断面测量应符合下列规定：

1　纵断面测量（即中平测量）应逐点附合于基平测量水准点上，按图根水准测量（包括图根光电测距三角高程测量）精度要求沿中线逐桩进行，并检查里程桩号。相邻水准点高差与纵断检测的较差，不应超过 2cm。设计所依据的重要高程点位如铁路轨顶、桥面、路中、下水道井底与坑深测高点等应按转点施测。水准点和转点的读数取至毫米，各中视点的读数则取至厘米。

2　横断面测量的宽度应能满足需要。横断面的方向，在直线部分应与中线垂直，在曲线部分应在法线上。作业过程中，视横向地形变化，在不影响设计质量的情况下，可适当增减断面数，加测断面时应在中线上补桩号及高程。旧路展宽和排水沟等工程，可选有代表性的位置施测横断面。

3　在测量横断面时，应根据不同工程的需要测出横向遇到的建筑地坪、各街巷与单位出入口地面、地下室采光口的窗台、地下管线检修井井盖、进出水口、不同路面结构界线、沿岸水工建筑物顶面等处高程。测路拱大样时应适当加密点位。

4　按轴线桩施测横断面时，到中线处应加测高程并注明，以

备择绘中线纵断面图。

5 横断面可采用全站仪测量或用水准仪测高、用皮尺或绳尺量距，高差读数至厘米；距离读数至分米。

7.4.9 内业成图与资料整理应符合下列规定：

1 独立建（构）筑物（如桥、涵、闸、坝、道路立交桥等）、路口与小型厂、站、所址设计用图，外业如分幅测绘，内业宜拼接绘制成一张总图。带状地形图如外业分幅不合理，内业可重新拼接分幅。

规划道路中线、建筑红线、施工中线及轴线均应绘在图纸上或透明图纸背面，对中线里程、点名及坐标、转角、曲线要素、点之记、水准点位置和高程以及各类调查测量资料的注记，在图上应布局合理，如图面负荷过大，可另附定线关系图或中线、水准点与调查测量成果表。

2 纵断面图的展图比例尺应符合本章表7.3.8的规定，其水平比例尺应与带状地形图的比例尺一致，纵断面图应使用透明的毫米格纸的背面展绘和注记，图幅设计应视线路长度、高差变化与晒印条件而定。

展图前应根据不同工程绘制图标。展绘地面线时，应根据高差和工程性质确定最高和最低点的位置，使地面线适中或偏上些，不宜使其进入注顶与设计备用范围。中线有断链，应在纵断面上注记断链桩的里程及线路总长所增、减数值，增值为长链，地面线应相互搭接或重合；减值为短链，地面线应断开。纵断面图应自左至右展绘。纵断面图的图标格式应符合附录N中表N的规定。

3 横断面图的展图比例尺应符合本章表7.3.8的规定，当横断面图用于土石方量的计算时，其水平、垂直比例尺应一致。横断面图通常使用透明毫米格纸的背面进行展绘注记，依据桩号自下而上、由左至右顺序排列，上下相邻断面中线位置应在同一条纵线上。

4 市政工程的线路测量工作，应向设计人员提供线路带状地

形图、纵断面图、横断面图与各种调查测量资料等，或包含上述图形文件与资料的软盘。这些测绘成果均为工程设计和施工的依据，应保证图、表、资料与实地点位的一致性和正确性。

测量工作结束后，应及时整理资料、编写施测说明或技术总结，装订成册存入档案。资料中应包括下列内容：

1）任务书及与设计部门协商变更项目的纪要；

2）定线关系图；

3）说明或技术总结（内含起算数据的来源、作业方法、精度分析和存在的问题等）；

4）原始记录和各项计算成果；

5）各种比例尺原图。

7.5 地下管线现状测量

7.5.1 地下管线现状测量分为已有管线的普查测量（简称普测）和新埋设管线的竣工测量（简称新测）。是对已埋设的给水、排水（污、雨水）、燃气（煤气、天然气、液化石油气）、热力（蒸汽、热水）、工业（氧、氢、乙炔、石油、排渣等）、电力（供电、路灯、电车）、电信（市话、长途、广播、有线电视和各种专业通讯）等管（沟）道和电力、电信等直埋电缆，测量其平面位置和高程，调查核实其种类、走向、规格、材质和埋设年月等，绘制成综合地下管线图。

7.5.2 普查测量范围应根据各个城市规划行政主管部门的要求来规定。市区内应包括道路、广场与主干管线通过的区域，道路两旁可测至企业、事业单位门口，旧街坊、住宅小区根据管线疏密情况可放宽取舍标准。委托项目地下管线测量的范围宜为厂矿企业或单位所辖区域内，以及市政和建筑工程施工现场内需要开挖的区域。

7.5.3 综合地下管线图应用该地区现有最大比例尺的基本地形图绘制，对于管线密集的道路与单独重要管线，可根据需要分幅拼接映绘或测绘 1∶500～1∶2000 比例尺带状地形图作为地下管

线测量的基础图。委托项目基础图比例尺宜选用1∶500或1∶1000。

7.5.4 地下管线现状测量根据各个城市和不同地区的具体情况，应优先考虑采用解析法，对于已有的直埋管线当不能或不便开挖时，可采用地下管线探测仪进行探测，探测工作应符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61的有关规定。

7.5.5 地下管线现状测量的精度要求应符合下列规定：

1 测解析坐标的管线点点位中误差(指测点相对于邻近解析控制点)不应大于5cm；管线点的高程中误差(指测点相对于邻近高程控制点)不应大于±3cm。

2 地下管线探查精度分为三个等级，各级精度探查的平面位置和埋深限差，探测管线点的解析坐标中误差(指实际管线点相对于邻近解析控制点)和高程中误差(指实际管线点相对于邻近高程控制点)应符合表7.5.5的规定。

表7.5.5 探查和探测管线点的精度要求(cm)

精度等级	探查		探测管线点	
	平面位置限差	埋深限差	坐标中误差	高程中误差
Ⅰ	$\pm(5+0.05h_b)$	$\pm(5+0.07h_b)$	$\leqslant\pm(5+0.02h_b)$	$\leqslant\pm(5+0.07h_b)/2$
Ⅱ	$\pm(5+0.08h_b)$	$\pm(5+0.12h_b)$	$\leqslant\pm(5+0.035h_b)$	$\leqslant\pm(5+0.12h_b)/2$
Ⅲ	$\pm(5+0.12h_b)$	$\pm(5+0.18h_b)$	$\leqslant\pm(5+0.055h_b)$	$\leqslant\pm(5+0.18h_b)/2$

注：h_b为地下管线的中心埋深(cm)。

3 综合地下管线图测绘的精度要求应符合下列规定：

1) 采用解析法测绘，地下管线与邻近的地上建筑物、相邻管线、规划道路中心线的间距中误差，不应大于图上±0.5mm；

2) 探测点位中误差不应大于图上±$(0.5+0.25\delta_{ds}/M)$(式中δ_{ds}为探查水平位置限差，mm；M为测图比例尺分母)。

7.5.6 地下管线的取舍标准，可根据城市或测区的大小、管线的疏密，与规划、设计、管理部门或委托方协商决定。施测地下管线的取舍标准可按表 7.5.6 的规定采用。

7.5.7 测绘 1∶500～1∶2000 比例尺带状地形图的宽度：规划道路以测出两侧第一排建筑物或红线外 20m 为宜；非规划路根据需要确定。带状图的分幅设计要求应符合本章第 7.3.8 条第 2 款的规定。测绘内容按管线需要取舍，测绘精度同基本地形图。

表 7.5.6 地下管线的取舍标准

类别	编号简称	管径	备注
给水	水	内径≥50mm～≥100mm	旧街坊、住宅小区的给水、排水、燃气管径的取舍标准可适当地放宽 污、雨水通雨水篦子的支管可不测 短小过街上电杆的电力、市话电缆可不测
排水	排(或分污、雨)	内径≥200mm～≥300mm	
燃气	燃(或分煤、天、液)	内径≥50mm～≥75mm	
热力	热(或分蒸、热)	全测	
电力	力(或分供、灯、车)	全测	
电信	信(或分话、长、广、视、讯)	全测	
工业	分氧、氢、乙炔、石油、排渣等	全测	

7.5.8 测绘地下管线带状地形图和地下管线点坐标的导线应按本规范第 4.2 节不同比例尺的图根导线和支导线的技术要求来施测。当附合导线长度超过规定时，其绝对闭合差不应超过图上 0.5mm。管线测点高程可按图根水准 $\pm 10\sqrt{n}$(mm)(n 为测站数）的精度要求施测，也可采用光电测距三角高程方法由高程控制点单向观测测定。

7.5.9 地下管线调查应符合下列规定：

1 普测管线首先应向各专业单位收集现有的旧管线资料、将其标绘于工作图（用该地区现有最大比例尺地形图晒制）上，再到实地对照核实，根据实地情况进行修正、增补和撤销，有检修井的应逐井调查，无法核实的直埋管线，可用地下管线探测仪探测或根据资料在图上画虚线示意，在弄清来龙去脉的基础上然后进行测量。新测管线应在覆土前（有检修井并足以控制其曲折升

降的管线，也可在竣工后至交付使用前）进行调查与测量，现场应绘草图。

2 解析法管线点应逐点进行编号，探测管线点也宜编号。管线编号宜采用管线简称、管线线号和管线点顺序号三部分所组成，如污（2）8表示污水管线第2条上第8号测点。

3 地下管线检修井、进出水口以及管线出露之处均应实地调查，重点调查管线的类别、高程（或埋深）、断面尺寸（管径或宽×高）、电缆条数、管偏、构筑物、附属设备及管件、传输物质特征（流向、压力、电压、化学性质等），宜在资料上注明经调查了解的材质及埋设情况（埋设年月与单位）。各种地下管线实地调查项目应符合表7.5.9的规定。

4 地下管线调查方法应符合下列规定：

1）根据具体情况可采用下井或不下井调查。用检验过的2m钢卷尺、皮尺、直角尺、垂球等量取管内底（或管外顶）至井沿的比高、断面尺寸、管偏等，一井中有多少方向的管线应逐个量取，注明方向，以便连线。电缆条数也应每个方向记数，校对进、出总条数相符。预留管口要注明“预留”二字。倾斜的井面量比高和测高程时应取井沿同一位置；

2）各种管线断面尺寸除电力、电信管块以厘米为单位外，其它均以毫米为单位。两条以上并行或重叠走向的管道，应整体考虑取最大断面，如两条36cm×25cm的电信管块竖向重叠，则最大断面为36cm×52cm（两管块间需加2cm的灰缝）；两条并行的直径为500mm的圆管，可写成2×ϕ500；

3）管线三通的注记，应先注主管管径，后注支管管径，如ϕ200-100；

4）各种管线的管偏是指管线的中心线偏离检修井中心的水平偏距，应注明方向和偏距值，如南北管偏东0.3m。管偏小于0.2m的可不量取；

表 7.5.9　地下管线实地调查项目

管线类别		量高		断面尺寸		电缆条数	管偏	构筑物、附属设备及管件	传输物质特征				备注
		内底	外顶	管径	宽×高				流向	压力	电压	化学性质	
给水		—	△	△	—	—	△	△	—	—	—	—	—
排水	圆形	△	—	△	—	—	△	△	△	—	—	△	雨、污合流按污水考虑，非圆形管沟注明沟形
	非圆形	△	—	—	△	—	△	△	△	—	—	△	
燃气		—	△	△	—	—	△	△	—	△	—	—	注明高、中、低压
热力	有沟道	△	—	—	△	—	△	△	—		—	—	无沟道的应注明保温材料厚度
	无沟道	—	△	△	—	—	△	△	—	—	—	—	
电力	管块	—	△	—	△	△	△	△	—	—	△	—	标准设计的转折点检修井、要标明长端方向；非标准设计的要量长、短端距离井绘略图。电力应注明高、中、低压
电信	沟道	△	—	—	△	△	△	△	—	—	△	—	
	直埋	—	△	△	—	△	—	△	—	—	△	—	
工业	自流	△	—	△	—	—	△	△	△	—	—	△	压力管注明高、中、低压
	压力	—	△	△	—	—	△	△	—	△	—	△	

注：表中有△者为应调查项目。构筑物指各种管线检修井、暗井、水源井、进出水口、小室(电信电缆分人孔、手孔)等；附属设备指闸阀、消火栓、水表、排气门、抽水缸、伸缩器等；管件指三通、四通、变径管、弯管、盖堵等。

5）下井调查必须注意人身安全。事前应详细调查了解，采取有效措施，为防止有毒、易燃、窒息气体和腐蚀液体的危害，应打开井盖（下水道打开相邻三井盖）通风，必要时应戴防护装备下井。井上应设立鲜明标志与专人看守，防止自行车和行人掉进摔伤。下井时应小心，检查井壁爬梯是否锈断，以免踩空跌伤。井下严禁点火，只能用电筒照明，也不要穿鞋底有铁钉的鞋子，防止碰击火花造成易燃气体和液体燃烧爆炸。井上应防止重物掉入井中，避免砸伤井下人员。如在井下有不适感觉，应迅即上来，调查完毕，应盖好井盖。

7.5.10 地下管线测量应符合下列规定：

1 各种管线的测点为起止点（包括电力和电信电缆入地、出地的电杆）、转折点、分支点、交叉点、变径点、变坡点及每隔适当距离的直线点等，测定这些点位时均应测管线中心或沟道中心以及主要井盖中心。如已覆土或普测时，有构筑物的管线可测井盖中心、小室中心（并应实量有关的细部尺寸）等，测高程的测点应已是测过平面位置的测点。一般测井面高程或管外顶高程。

2 新测直埋管线如因急需覆土来不及施测时，可先用距离交会法拴出点位，测出管线测点与固定地物的高差，待以后还原点位（实地示误三角形内切圆直径不得大于5cm）再测坐标和联测高程。

3 管线测点的坐标宜采用导线串连法与极坐标法施测。极坐标法角度可用DJ_6级仪器观测一测回，钢尺量距不宜超过50m。用DS_{10}级水准仪测高程，单独路线每个管线测点宜作为转点，管线测点密集时可用中视法。采用全站仪同时测定管线点坐标与高程时，水平角和垂直角均宜测一测回，若又采用数字化成图时，则可均观测半测回，测距长度不应超过150m，仪器高和觇牌高量至毫米。

7.5.11 综合地下管线图的绘制应符合下列规定：

1 管线点坐标与高程测算完成后，应抄管线成果表，供展绘管线图使用，宜展绘在地形二底图上。然后根据井位展出管偏，各

种小室在图上按实际大小绘出，再注记点号，进行连线与注记断面尺寸等。

2 管线点的高程注记可根据管线图（分幅图或带状图）和管线、地物的疏密情况，选用在图边垂直（或平行）点号注记，图边表格、资料卡片与指线形式等。

3 分幅图的相邻图幅，带状图的相邻图段与交叉路口的管线应注意拼接好。着墨前内业各工序应换人检查。综合管线图以分色表示为宜，单项管线图可着墨表示。

4 地下管线数字化成图的基本要求，应符合本规范第8.6节有关规定。

5 地下管线图图式应符合附录P中表P的规定，对已进行管线图测绘业务的城市测绘单位，仍可继续沿用本单位原有图式。

7.5.12 每一项新测工程、每一条路或每一测区普测工作完成后，应写工作说明，提供施测的基本情况及遗留问题，资料应整理装订成册，通过自检、互检，再交上一级检查，对发现的问题和错误，应进行记录和及时处理，写出检查、验收报告，然后将资料成果进行归档。

7.5.13 应与各类地下管线施工、管理的专业单位建立经常的信息联系，以便及时了解、掌握管线工程施工、竣工动态。对于施工单位上交的竣工资料，应加强质量检查和验收。对于已经拆除的地下管线，要经过调查核实，以明确拆除的起止点，然后对成果资料进行注销，登记拆除日期，并对管线图等均作相应的修改。

7.6 地下普通建（构）筑工程现状测量

7.6.1 地下普通建（构）筑工程（本节指地下人防工程、过街地道、地下商场、地下停车场和地下隐蔽工程，不包括地下铁道和隧道）的现状测量，分为已建工程的普查测量、新建工程的竣工测量和为新建地面工程项目设计施工服务的准确示位测量。

7.6.2 地下普通建(构)筑工程施测的精度要求可根据服务对象、用途和实际需要而定。普查测量可采用解析法或图解法施测；竣

工测量应测细部坐标和细部高程；示位测量除测绘所需范围地下建（构）筑工程平面图外，还应将其平面位置准确放样到地面上。

7.6.3 接受任务后，首先须进行踏勘，摸清地下建（构）筑物出入口、竖井的位置和地道的分布走向，绘出草图。然后进行导线选点，地下导线点标志可选用底面标志或顶板标志。

7.6.4 经纬仪导线布设方法根据不同情况，可以先布设地上导线，然后再布设地下导线进行附合；也可布设导线自地上经由地下再地上附合于等级导线上。由等级导线起始附合次数不得超过3次，其中包括地下导线可同级附合一次，地道尽头与其它不能布设附合导线之处，可布设支导线。

7.6.5 地下普通建（构）筑工程导线测量的主要技术要求，应符合下列规定：

1 示位测量和竣工测量，地上导线按拨地导线的精度要求施测；地下导线（包括其首尾的地上部分，下同）按图根导线和图根支导线的技术要求施测。

2 普查测量，地上导线按图根导线的精度要求施测；地下导线用 DJ_6 仪器测角一测回，方位角闭合差不应超过 $\pm 90''\sqrt{n}$（n 为测站数），附合导线长度不应超过300m（1∶1000成图区不应超过600m），坐标相对闭合差不应大于1/1000，导线超长时的绝对闭合差不应超过0.3m（1∶1000成图区不应超过0.6m）。

支导线应测左、右角各一测回（第一边的左、右角应观测不同的起始方向，取两推算方位角中数），测站圆周角闭合差不应超过$\pm 60''$，支导线长度不宜超过规定附合导线长度的1/2，距离应往返丈量。

3 当地下附合导线与支导线超长时，宜在导线中间与支导线2/3处加测陀螺经纬仪方位角，以提高横向精度。

7.6.6 地下导线量距方法同图根导线，坡度大的地方可量斜距测垂直角或高差进行倾斜改正，地上尺段和地下尺段分别读记温度进行温度改正。

7.6.7 地下水准测量可通过出入口倾斜通道或阶梯用水准测量

方法，或通过竖井、电梯间或楼梯间用钢尺导入法将地面高程传递到地下。地上和地下水准测量可按山区图根水准测量路线闭合差不得超过 $\pm 12\sqrt{n}$(mm)(n 为测站数) 的精度要求施测。

7.6.8 由于冬、夏季地上、地下温差较大，仪器由较低温转入较高温时，应将仪器装箱由较低温拿到较高温下不少于15min，再开箱与外界气温趋于一致后才继续进行观测。由较高温转到较低温的环境下，仪器可不装箱，但同样应等候适当时间，使仪器与外界气温相适应后再观测。

7.6.9 地下人防工程现状测量应符合下列规定：

1 地下人防工程现状测量的取舍标准应以其用途和是否能够保存为原则，根据规划、设计和人防主管部门的需要而定。在规划路、广场范围以内或虽属上述范围以外但埋深超过 5m 的地下人防工程，宜采用解析法施测。上述范围以外埋深小于 5m 但有保留价值的地下人防工程，可采用图解法施测。测绘调查的内容包括：地道、坑道、掘开式工事及其出入口、竖井、各种附属设施、与地道相连通的地下建筑等的平面位置、高程、断面或容积、材料、结构以及附属设施的名称。

2 对于道路、广场、街坊及其内部下面的连通性地道，普查测量可分区按街道办事处范围成片施测，如布设的地下导线网形复杂或超长过多，应组成结点网进行平差计算。为满足设计急需的小面积人防工程现状测量，可单独测绘。

3 地道有出入口的，导线宜经由出入口布设，也可通过竖井用几何方法或陀螺经纬仪进行地下导线的定向。当连通地道施测范围内或附近有两个出入口的，应布设附合导线；当连通地道有一出入口一竖井的，可布设成一端有定向的导线；当连通地道有两个或两个以上竖井的，若采用几何定向，应用两井定向的方法布设成无定向导线。小面积测量且附近仅有一个出入口的，可布设支导线；若仅有一个竖井，几何定向应采用一井定向的方法。

4 地下人防工程应测量通道的起点、终点、转折点、交叉点、分支点、变坡点、断面变化点、材料结构分界点、地下管道穿越

点、轮廓特征点及细部尺寸。解析法测量技术要求应符合本章第7.5.10条第3款的规定；图解法采用小平板测绘或经纬仪测记法测绘，其施测要求应符合本规范第4章有关规定。

人防通道的起点、终点、转折点、交叉点、分支点、变坡点、竖井井底、地下管道穿越点管顶及不同高度的地坪等均需测高，高程注记点平均间距为图上3cm，人防通道底面高程要外加圆括号，以示与地面高程相区别。

地下人防工程的图式应符合附录Q表Q的规定，亦可继续沿用本单位的原有图式。

5 外业测绘时，重叠的与立交的通道采用上实下虚画法，应在实地注记每段通道的材料、结构、断面（宽×高，长度以米为单位，宜注至0.1m，下同），地下建筑分间的容积（长×宽×高）以及各种设施的名称，解析法与测记法应在实地编点号画草图注记。相邻图幅要认真进行拼接。

6 将外业测绘的人防工程图映绘在或根据测量成果展绘在地形二底图上，线条宜着色，通道内涂以浅颜色，各种注记均应着墨绘在通道内或适宜的地方。

7 每项或每个测区人防工程测量工作结束后，应编写工作说明和绘略图。资料须集中整理，装订成册归档。

7.6.10 地下普通建筑物竣工测量应符合下列规定：

1 过街地道、地下商场、地下停车场和地下隐蔽工程竣工测量是工程交工验收、维护、改建、扩建的重要依据。其测绘与调查的主内容包括：地下建筑的出入口（分阶梯、斜坡与楼梯等）、雨水口、通道、厅室及墙柱、各种附属设施与各种管线的细部点坐标及细部尺寸；雨水口、变坡点、不同高度的地坪与各种管线的细部点高程；量取通道、厅室不同的净空高。

2 普通地下建筑物的细部测量与现状图的绘制，可按本章第7.3.6条有关规定执行。并应符合本章第7.6.9条中将测量成果展绘在地形二底图上、线条着色、注记着墨、高程加圆括号以及资料整理归档的规定。

3　地下隐蔽工程的天然洞室，如有必要时，可按需要测绘横断面，及局部测绘侧面图和顶面图，测图比例尺宜为1∶100～1∶500。

为反映洞室的形状和空间的大小，横断面应选择一些有代表性的断面，如洞口、洞体拐弯处、洞高变化处进行测绘。

8 数字化成图

8.1 一般规定

8.1.1 数字化成图的数据来源可采用野外测量、航摄像片测量、原图数字化与已有测量资料采集等方法。

8.1.2 数字化成图的主要工序应包括：数据采集、数据处理、图形处理与成果输出。

8.1.3 数字化成图的成果应包括：图及其相应的数据文件、图形文件与拓扑信息。成果的格式、内容宜与相应的国家标准统一，或便于互相转换。

8.1.4 平面与高程控制测量、地形测量的精度要求应分别符合本规范第2章、第3章、第4章的规定。

8.1.5 地形图符号绘制原则上按国家现行的地形图图式执行。对数字化成图难以绘制的符号，可作适当地修改或简化。对图式中没有规定的符号，可作补充规定。凡是修改或补充的符号，都应在技术设计书或技术总结中说明。

8.1.6 标识地物、地貌、数据属性的代码设计应具有科学性、可扩性、通用性、实用性、唯一性、统一性，逐步实现与国家标准统一。

8.1.7 数字化成图的硬件配置应包括：计算机、绘图仪、打印机，其性能及各项指标应能满足本规范绘制大比例尺图的要求。

8.1.8 数字化成图运行的软件系统应包括：中、英文磁盘操作系统；全屏幕编辑软件系统；成图应用软件系统；图形编辑系统。

8.2 数据采集

8.2.1 野外测量采集数据应符合下列规定：

1 采集数据的内容应包括：图根控制测量、细部测量以及地

籍、管线等专业测量。

2　硬件系统的配置，可采用自动化或半自动化采集系统。

3　数字化成图的图根控制测量，除了图根点的密度另行规定外，其它均应符合本规范第 4.2 节有关规定。数字化成图图根点（包括高级控制点）的密度，应根据测图比例尺和地形条件而定，平坦开阔地区不宜小于表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1　数字化成图平坦开阔地区图根点密度

测图比例尺	1∶500	1∶1000	1∶2000
图根点数/km^2	64	16	4

地形复杂、隐蔽区及城市建筑区，应以满足测图需要为原则，适当加大密度。

4　细部点坐标测量可采用极坐标法、量距法与交会法等，细部点高程宜采用三角高程测量。细部测量与图根测量可同时进行或分开进行。

5　设站时，仪器对中误差不应大于 5mm。照准一图根点作为起始方向，观测另一图根点作为检核，算得检核点的平面位置误差不应大于图上 0.2mm。检查另一测站高程，其较差不应大于1/5基本等高距；仪器高、觇牌高应量记至毫米。

6　采用绘草图的数字化成图系统，应在采集数据的现场，实时绘制测站草图。

7　采集数据时，角度应读记至秒，距离应读记至毫米。测距最大长度与高程注记点间距应分别符合本规范第 4.5.3 条与第 4.5.5 条第 1 款的规定。

8　测量内容及取舍，应符合本规范第 4.6 节的规定。

9　采集的数据应进行检查，删除错误数据，及时补测错漏数据，超限的数据应重测。

10　数据采集所生成的数据文件应便于检索、修改、增删、通讯与输出。数据文件的格式可自行规定，但应具有通用性，便于转换。

11 数据文件应及时存盘，并做备份。

8.2.2 航摄像片测量采集数据，应符合本规范第5.10节的规定。

8.2.3 原图数字化采集数据，应符合下列规定：

1 原图数字化，可使用数字化仪或扫描仪与计算机联机作业，将图形转化为数据文件。

2 数字化仪、扫描仪的主要技术指标应满足大比例尺成图的精度要求。

3 原图数字化的软件系统应具有图纸定向、数据采集（包括坐标计算、转换、数据编辑）等功能。

4 薄膜、刻膜、纸质等地形原图以及二底图、蓝图等是原图数字化的基础资料。原图应清晰、平整、无褶皱。作业前应对原图进行检查，其图廓、方格网长度误差以及图纸的变形情况，应满足用户对用图的精度要求。

5 图纸定向应符合下列规定：

1）图纸定向不应少于4点，定向点应分布均匀、合理，宜选用图廓坐标或方格网点作为定向点；

2）图纸定向完毕后应做检查，检查点的数字化坐标值与理论坐标值较差不应超过图上±0.3mm，超限时应检查原因或重新定向。

6 原图数字化时，软件系统应具有实时显示、查错、排错等功能。图廓点、方格网点与明显地物点，其图形回放点位中误差，均不应大于图上0.2mm。

7 采集数据完成后，应对其数据进行编辑处理，生成数据文件。

8 数据文件格式应与野外测量、航摄像片采集数据所生成的数据文件格式一致，使其更具有通用性。

8.2.4 应将已有的测量资料、调查资料等数据与有关信息，按所需成图的要求，通过不同方式输入计算机，生成数据文件。

8.3 数据处理与图形处理

8.3.1 应将数据采集所生成的数据文件进行处理，生成绘图信息

数据文件。

8.3.2 数据处理软件系统应具有数据通讯、数据转换、数据编辑等功能。

8.3.3 数据处理的主要成果应包括下列文件：

1 原始数据文件：数据采集所生成的文件。

2 图根点成果文件：测区范围内所有图根点三维坐标成果表。

3 细部点成果文件：全部细部点三维坐标成果表。

4 绘图信息数据文件：按地物、地貌分类分层存贮，并能统计绘图信息的数据文件。

8.3.4 数据处理的成果应具有准确性、一致性、通用性。

8.3.5 应用绘图软件系统，将数据处理的成果转换成图形文件。所绘制的图形，应符合国家现行图式符号的要求。

8.3.6 图形处理软件系统应具有图廓整饰、绘制独立性地物符号、线状符号、面状符号、等高线以及图幅剪裁的功能。

8.3.7 图形处理的成果应符合下列要求：

1 图形文件与相关的数据文件应彼此对应，并能互相转换。

2 图形文件的格式宜与国家标准统一或便于相互转换。

3 图形文件应便于显示、编辑、输出。

8.4 地形图绘制和验收

8.4.1 应对图形文件进行编辑，生成地形图图形文件，并在绘图仪上输出地形图底图。

8.4.2 依据本规范有关规定对数字化成图成果进行检查和验收，应提交下列成果：

1 成果说明文件。

2 数据采集原始数据文件。

3 图根点成果文件。

4 细部点成果文件。

5 图形信息数据文件。

6　地形图图形文件。

7　地形图底图。

8.5　地籍测量数字化成图

8.5.1　地籍测量数字化成图应将用不同手段采集的数据以及地籍要素调查信息输入计算机，使用地籍测量数字化成图软件系统对数据进行处理，生成地籍图、宗地图、地籍数据集和地籍表册文件，在绘图仪、打印机等设备上输出。

8.5.2　地籍测量数字化成图系统应具备下列基本功能：

1　应能以不同数据录入的方式，建立原始数据文件。

2　应具有多种联机数字化采集功能。

3　应具有图形显示、编辑、裁剪、查询、检索、输出等功能。

4　应能根据相关界址点坐标自动计算界址边长和宗地面积。

5　应具有统计计算、表册和图件输出功能。

8.5.3　界址点、主要地物点坐标宜采用极坐标法测定，测定的精度要求应符合本规范第6.4.4条的规定。

8.5.4　地籍测量数字化成图应采用解析法施测。面积应采用坐标解析法按本规范（6.5.2）式计算，边长应采用两端点坐标反算，丈量的数据作为检核。

8.5.5　地籍测量数字化成图外业应提供下列资料：

1　作业区街坊分布草图，图中应标明作业区号、街坊号、所属行政区编号等，同一作业区内的街坊号不得重复。

2　以街坊为单位的宗地草图，图中应标明街坊号、宗地分割情况、界址点号、点间的连线关系以及宗地名称、宗地号、地类号、门牌号等，同一街坊内的界址点号不得重复。

3　作业区内的控制点、界址点及其它地籍要素成果资料。

8.5.6　地籍测量数字化成图内业作业程序，应符合下列规定：

1　将采集的地籍要素成果输入计算机，建立相应的原始数据文件。

2　按软件系统的约定格式对原始数据文件进行处理，生成地

籍图、宗地图图形文件。

3 选择适当的比例尺绘制地籍分幅图。

4 绘制宗地图。

5 各种统计表册。

6 绘制地籍图。

8.5.7 地籍有变更时，应及时修测，并将修测的成果输入计算机，对原地籍成果进行修正。

8.5.8 地籍测量数字化成图成果的检查验收应符合本规范第6.6节有关规定。

8.5.9 地籍测量数字化成图应提交下列成果：

1 成果说明文件。

2 地籍要素调查表。

3 地籍控制测量、地籍要素测量原始数据文件。

4 地籍控制点、界址点以及其它地籍要素的成果数据文件。

5 地籍图、宗地图图形文件。

6 地籍图、宗地图、地籍分幅图。

7 宗地面积汇总表，土地分类面积统计表等。

8 其余可按本规范第6.6.3条有关规定执行。

8.6 地下管线测量数字化成图

8.6.1 地下管线测量数字化成图应通过对已有测量资料收集、管线调查与外业测量等手段所采集的数据输入计算机，经数据处理、图形处理、输出综合（或单项）地下管线带状图（或分幅图）和各种成果表。

8.6.2 地下管线测量数字化成图应增设管线种类、符号、流向、压力等特征代码。

8.6.3 地下管线测量数字化成图软件系统应具有数据通讯、分类、计算、编辑、绘制任意多边形窗口内的图形与输出各种成果表的功能。

8.6.4 地下管线调查应符合本规范第7.5.9条的规定，并将管线

调查资料输入计算机、生成管线调查数据文件。

8.6.5 采用数字化成图的地下管线测量和测图可同时进行。管线测点要求、测量方法与技术要求应符合本规范第 7.5.10 条的规定，将测量数据输入计算机，生成管线测量数据文件。

8.6.6 应对管线调查数据文件与管线测量数据文件进行编辑处理，生成管线数据文件。

8.6.7 应对管线数据文件进行处理，生成管线图形文件与管线统计表文件，并绘制地下管线带状图或分幅图，输出管线统计表与管线成果表。

8.6.8 依据本规范第 7.5.12 条规定，应对地下管线测量数字化成图的成果进行检查与验收。

8.6.9 地下管线测量数字化成图应提交下列成果：

1 成果说明文件。

2 管线调查数据文件。

3 管线数据文件。

4 管线图形文件。

5 管线带状图或分幅图。

6 管线统计表与管线成果表册。

9 城市地图制图

9.1 一般规定

9.1.1 城市地图制图是指城市基本地形图和城市专题地图(包括地图集，下同）制图。制图工艺分为传统制图和计算机制图。传统制图包括原图着墨、映绘；地形图的编绘、清（刻）绘；专题地图的设计、编绘、清（刻）绘。计算机制图包括基本地形图的数字化成图和专题地图的计算机制图。

9.1.2 各种比例尺地形图的绘制，均应符合国家现行相应比例尺地形图图式和本规范的规定。专题地图的绘制，可根据本规范有关规定，按用图需要设计。

9.1.3 地形原图有实测原图和编绘原图，通常实测原图应进行着墨，但如只作映绘使用，图面规整清晰的可不进行着墨。编绘原图应进行清绘或刻绘。原图的质量应符合绘图要求。

9.1.4 地形图通过复照缩小或放大一倍，经过整饰可以不经绘图直接复制使用，但放大图达不到图面比例尺的精度要求，只能作为精度要求较低的专用图或参考图使用。

9.1.5 绘图用的聚脂薄膜，应选用厚度为0.07～0.1mm、经过热定型处理变形率小于0.2‰的为宜。薄膜毛面的颗粒大小应适中、均匀，以增加绘图的附着力。

9.1.6 刻图膜应选择变形较小、透射密度（黄色膜）不应小于0.6、涂层均匀牢固、膜面无伤残的使用。

9.2 质量要求

9.2.1 绘制地形图图廓线长度误差（与名义长度或理论长度之差，下同）不得超过±0.2mm；对角线长度误差不得超过±0.3mm。

9.2.2 分版绘制的图幅，各色版相应边长的较差不得超过±0.2mm。

9.2.3 原图上各要素应准确绘制，正确显示。各类符号的绘制应符合下列规定：

1 依比例绘制的轮廓符号，应保持轮廓位置的几何精度。其内绘的说明符号，应配置在轮廓内适中位置。

2 半依比例绘制的线状符号，应保持定位线位置的几何精度。而符号的宽度，线划的粗细，应按图式规定的尺寸。

3 不依比例绘制的符号，应保持其定位点位置的几何精度。而符号的形状、大小和方向，应按图式规定。各种测量控制点的绘制，应以展点或测点位置为符号几何中心位置，与其它地物相遇时不得移位。

9.2.4 绘制成品墨色应黑实光润、图面整洁。刻绘线划边缘平滑，透明部分密度不应大于0.1。符号、注记应粘贴牢固平整，符合复制要求。

9.2.5 编绘底图镶嵌拼贴应符合下列规定：

1 图廓点、控制点和坐标网的展点误差不得超过±0.1mm，图廓线和对角线的长度误差应符合第9.2.1条的规定。

2 应以控制点和坐标网作为控制进行镶嵌拼贴，拼贴图可采用切割或拉伸，拼贴时不得重叠。控制点误差及拼贴裂隙均不得超过0.25mm。

3 放大编绘镶嵌拼贴精度比例放宽。

9.2.6 编绘原图应达到图内各要素位置准确、主次分明、内容完备、现势性强、正确反映地形特征及实际需要。采用多色编绘时，限用黑、红、棕、绿四色。图面应整洁、线划实在、墨色均匀、注记工整，符合复照及晒蓝要求。

9.3 原图着墨、映绘、清绘与刻绘

9.3.1 原图着墨是在实测原图上进行。映绘是使用聚脂薄膜或透明图纸在原图上蒙绘。清绘是在裱纸板或聚脂薄膜的蓝图上进行。

刻绘是在晒蓝的刻图膜上或航内转绘的刻图膜铅笔图上进行。在作业前均应先检查图廓尺寸，如误差超限，不得进行作业。

9.3.2 使用聚脂薄膜实测的原图着墨，作业前应先清洗去污，轻洗轻拭，以保持图中内容完整清晰。映绘使用的薄膜也应洗净。

9.3.3 根据成图方法、内容繁简和分色多少等情况，清绘可采用一版绘或分版绘、等大绘或放大绘的作业方法；刻绘可一版刻或分版刻。清绘与刻绘根据需要也可综合作业。

9.3.4 相邻图幅应抄边接边，使内容严密接合。抄边宽度为 1cm，主要接合地物应绘出 2cm 或绘至直线转折处。透明薄膜图接边，可将相邻图幅的图廓线重叠透视接绘。

9.3.5 绘制地形图的程序，应符合下列规定：

1 图廓和坐标网。

2 测量控制点。

3 注记（粘贴注记在本条第 10 款后进行）。

4 工矿建（构）筑物及其它设施。

5 居民地和垣栅、管线及附属设施。

6 水系及附属设施。

7 交通及附属设施。

8 境界。

9 植被。

10 地貌和土质。

11 接边、整饰。

12 自检。

13 审查、验收。

9.3.6 注记的配置，应符合下列规定：

1 文字注记应使所指示的地物能明确判读，字头宜朝北，道路、河流名称可随线状弯曲的方向排列，各字侧边或底边应垂直或平行于线状地物。各字间隔尺寸：无间隔的应在 0.5mm 以内；普通间隔的为 1～3mm；远离间隔的应在 3mm 以上，但不宜超过字大的 8 倍。应避免遮断主要地物和地形的特征部分。

2　高程注记宜注于点的右方，离点位间隔 0.5mm。

3　等高线注记字头应指向山顶或高地，但应避免朝向图纸下方。地貌复杂的地方，注记配置应注意保持地貌的完整，并使其容易读出。

4　像片注记剪贴时，四边应留 0.3mm 的白纸边，使用透明注记，绘图时应留出字位，线划和字位间隔也应保持 0.3mm。

9.3.7　居民地的绘制，应符合下列规定：

1　城镇和农村的街区、房屋均应按图上的外轮廓线准确绘制。

2　房屋晕线应间隔均匀，晕线宜与图廓线成 45°角。当房屋轮廓线与南图廓线成 45°或接近 45°角时，为避免与房屋轮廓线平行，晕线方向应适当偏转，偏转角不宜大于±15°。晕线方向应为西南—东北方向。

3　街区与道路的衔接处，应留出 0.3mm 的间隔。

9.3.8　水系的绘制，应符合下列规定：

1　水系应先绘桥、闸、坝，其次绘双线河、湖泊、渠、海岸线、单线河，然后绘堤岸、陡岸、沙滩和渡口等。

2　河流遇桥梁时应中断。双线河与单线沟渠相交时，应将水涯线弯曲交于一点与单线沟渠相接。两双线河相交时，应圆滑的互相衔接。

9.3.9　道路网的绘制，应符合下列规定：

1　绘制道路时，应先绘铁路，再绘公路、街道及大车路等。大车路、乡村路符号，其虚线绘在光辉部，实线绘在暗影部。

2　实线道路与虚线道路，虚线道路与虚线道路，相交时应实部相交。

3　公路遇桥梁时，公路与桥梁应留出 0.3mm 的间隔。

9.3.10　等高线的绘制，应符合下列规定：

1　应保证精度，不得跑线变形。

2　单色出版图，等高线遇双线河、渠和不依比例绘制的符号如树、电杆、灌木林等应中断；多色出版图，等高线遇双线河、渠

应中断，遇其它地物不应中断。

9.3.11 境界线的绘制，应符合下列规定：

1 凡绘制有国境线的图，应按国务院批准的有关国境线的绘制规定执行。各种注记均应注在本国界内，不得压盖国界符号。

2 界桩、界标等应准确绘出，界标若为石碑，则以石碑符号表示。

3 境界线以线状地物为界时，应按本规范第4.6.12条第7款规定绘制。

9.4 地图编绘

9.4.1 地图编绘包括地形图的编绘和专题地图的编绘两种。地形图的编绘是指以实测大比例尺地形图为基础编制成较小比例尺的地形图；专题地图的编绘则着重表示自然或社会现象中某一种或几种要素的地图。如果编制公开发行的城市街道、交通、旅游图等，应按照出版规定，报请主管部门审批。

9.4.2 编绘作业的基本要求，应符合下列规定：

1 数学基础的展绘精度、资料转绘和各要素的绘制精度，应符合相应比例尺地形图编绘规范（或专题地图设计标准）的规定。

2 各要素的综合取舍，应根据地图的用途、比例尺和制图区域特点确定。

3 编绘原图作为原稿，其线划、注记、符号规格应基本符合图式规定。再经清绘或刻绘才能作为供给制印的原图（印刷原图）。连编带绘（刻）原图为一次成图，直接供给制印使用，所有一切规格要求与清（刻）绘图相同。

9.4.3 编绘前应做好下列主要准备工作：

1 收集资料：包括主要资料（基本资料）和参考、补充资料。主要资料应具备成图全部或绝大部分的内容。

2 分析资料：对于资料的内容精度、完备程度、投影方法、坐标系统、高程系统、出版年份等应予以分析，以便正确运用。

3 制定编辑设计书：包括编图的性质、用途、资料、编图方

法、各要素的编绘和绘图作业程序的详细说明，作为具体作业依据。

9.4.4 编绘图应选用内容详细、现势性强、精度高、并大于成图比例尺的地形图为基础图，经缩照复制成底图再进行编绘。根据成图的内容繁简、资料情况、作业员的技术能力，采用先编后绘（刻）或连编带绘（刻）的作业方法。

9.4.5 编绘图可按下列程序作业：

1 展绘图廓、坐标网和控制点。

2 对基本资料进行镶嵌、拼接、检查。

3 制作编绘原图的底图。

4 在经检查无误的底图上进行编绘。

5 接边和图廓外简要整饰。

6 对编绘原图进行审查、修改。

7 复照或晒制裱板清绘，或聚脂薄膜晒蓝清绘，或刻图膜晒蓝刻绘。

8 检查验收。

9.4.6 编绘多色专题地图应制作彩色样图和编写简要的制印说明。

9.5 计算机制图

9.5.1 计算机制图包括地图设计、图形数字化、地图编辑、图形输出（包括彩色喷墨绘图和挂网四色软片激光输出）等工艺。

9.5.2 计算机制图应配置计算机、输入设备和输出设备（打印机、彩色喷墨绘图仪、激光照排机）。有条件的单位可配备彩色电子出版系统（印前系统）。

9.5.3 地形图计算机制图方法大致和地形原图数字化成图相同，地形原图数字化成图应符合本规范第 8 章有关规定。

9.5.4 专题地图计算机制图应事先编写好技术方案，大型地图作品和地图集要有总体设计。在技术设计书上应说明计算机编图方法和工艺。

9.5.5 需要有地理底图的专题地图，应首先编好地理底图，专题地图的编辑应在地理底图图层之上进行。

1 地理底图的内容应包括居民地、道路、水系、地貌和境界等基本地理要素。其综合取舍的程度应根据地图性质和用途确定。有时为了缩短成图周期，保持较大的底图信息量，可以不经过矢量化和编辑，采用现势性强、清晰度高的地形图或地理图，经扫描后设置适当灰度的 TIF 图像作为地理底图。

2 地理底图计算机成图方法和地形图数字化成图方法大致相同。

9.5.6 专题地图的图例符号和颜色在没有统一符号库和色库色标之前，应尽可能选用和惯用符号、色标一致或相似的图例符号和颜色，也可根据内容性质自行设计。

9.5.7 专题地图的计算机制图和制印的一体化，要求在计算机编图时应考虑下一步印刷生产的方便，图角线、丁字线、裁切线和拼接线等的设置均应符合印刷规定，尤其应注意丁字线的设色应选择激光照排机输出时在 CMYK 四张软片上都能显示的混合色。

10 城市地图制印

10.1 一般规定

10.1.1 城市地图制印有下列主要图种：

1 实测的各种比例尺地形图和影像图。

2 编绘的各种比例尺地形图。

3 根据需要编绘的其他图种和图集。

4 利用地形图缩小或放大，不经绘制直接使用的图。

10.1.2 城市建设用图要求比例尺大、精度高、现势性强、图幅多、印数少和供应快；而专题地图版多色杂、印量有限；唯有公开发行的城市交通旅游图等，工艺虽复杂，但印量相当大。因此，根据印量、需要和设备情况可选用平版减色或四色工艺印刷、重氮晒图、蓝晒和静电复印等制印方法。

10.1.3 复制图应符合原图，除图廓误差可作合理有限的纠正外，对图中内容不能有丝毫变动，发现问题应及时提出。

10.1.4 地图印刷前应对印刷原图和附件进行检查，附件包括：出版单位或主管部门准予印刷的批件、委印单位的成图工艺设计说明书、分色参考图、彩色样图和色标、地图集（册）的装帧设计样本及其他与地图有关的文件。对不符合印刷要求的原图和附件，不予接收。

10.1.5 供给制印的原图质量应符合下列规定：

1 图廓边长与对角线长度误差以及套版误差应进行检查，其精度要求应符合表 10.1.5 的规定。

2 图面要求整洁，线划光洁实在，墨色均匀、饱满、浓黑。注记、符号应清晰完整，粘贴牢固平整，所留白边不应小于 0.2mm。线划、注记密度不应小于 3.0，灰雾度应小于 0.06。整饰齐全需要复照的图幅，应在图侧边注明实际尺寸和理论尺寸的

数字。

表 10.1.5 原图图廓尺寸和套版的精度要求（mm）

图种	开幅	实际尺寸与理论尺寸最大误差值		拼接边长、分版绘各版相应边长最大较差值
		边长	对角线	
原图着墨、映绘、清绘、刻绘各种地形图及精度要求较高的其他图种	≤对开	0.2	0.3	0.2
	>对开	0.3	0.4	
精度要求较低的图种	≤对开	0.4	0.6	0.3
	>对开	0.5	0.7	

3 图角线、丁字线、裁切线、拼接线、定位孔和色标应准确齐全。

4 刻图膜膜层应附着牢固，无划伤。线划光洁，灰雾度不应大于 0.1。

5 分色参考图、彩色样图应与原图的内容和成图比例尺一致，分色参考图标色应区分明显、范围准确、图例齐全，且与图内相应内容标色一致。对不符合制印要求的原图、分色参考图，应说明理由或情况，必要时退回。

10.1.6 制印工艺应以软片化、打孔定位和预涂感光版(PS 版)作业为基础，成图质量应符合下列基本要求：图面应清晰易读，线划颜色饱满实在、均匀，内容应保持与原图一致。

10.1.7 在制印过程中，各工序应对作业中的药物配方、作业条件、各种数据、问题处理情况、作业质量等做详细记录。

10.2 复照、拷贝

10.2.1 复照、拷贝质量应符合下列规定：

1 复照、拷贝底片不透明部分的密度应大于 3.0，透明部位灰雾度不应大于 0.1。胶版应平整、均匀，无条痕、擦伤及黄斑，砂眼稀少。

2 复照、拷贝应图形完整，线划光洁，注记笔锋棱角清晰，

线划粗细的变形率，复照不得超过10%，拷贝不得超过5%。网点线数、比例、角度应符合工艺设计要求，网点扩大值不应超过2%，套拷误差不应超过0.1mm。

3 撕膜底片应膜层平整、附着性强、颜色均匀、易撕有韧性，线划透明不膨胀。

4 如原图尺寸正确，复照精度应符合表10.2.1的规定。

表10.2.1 复照的精度要求（mm）

图种	开幅	实际尺寸与理论尺寸最大误差值		拼接边长、分版绘各版相应边长最大较差值
		边长	对角线	
原图着墨、映绘、清绘、刻绘各种地形图及精度要求较高的其他图种	≤对开	0.2	0.3	0.2
	>对开	0.3	0.4	0.3
精度要求较低的图种	≤对开	0.4	0.6	0.3
	>对开	0.6	0.8	0.4

10.2.2 复照、拷贝操作应符合下列规定：

1 熟悉工艺通知单，检查原图或底片，确定作业方法。

2 按工艺要求准备所需网点胶片，确定感光胶片、感光撕膜片的型号、裁切尺寸和数量，并配制所需的显影液、定影液。

3 裁切感光片、撕膜片，并按要求打孔。对未打孔的原图应进行补充打孔，对分版作业未打孔的原图，应按规矩线对准固定后补充打孔，或采用补贴孔条的方法处理。

4 检查所使用的机器设备是否完好，复照仪机架应稳定、水平，原稿架、镜头和检影版三平面应互相平行，并垂直于机架的水平面，使用镜头的焦距值不得小于所照图幅的对角线长度。

5 检影时，调焦应使影像四周与中心清晰程度一致。用校正过的精密尺精确量取图廓尺寸，不能迁就尺寸使影像模糊，更不能单顾影像清晰而放松尺寸精度。

6 挂网或分色，除按要求选用网屏及滤色片外，使用感光片

可按表 10.2.2 所列类型选用。

表 10.2.2 使用感光片类型的选择

感光片类型	适用图种	感光范围	使用安全灯
色盲片 特硬正色片	黑白线划图	蓝、紫	红
特硬或 硬性全色片	彩色线划图	可见光全部	暗绿或全黑

7 曝光时，应先调整灯距，宜使灯光入射角为 45°，照射在图版面上的灯光强弱均匀为适度。曝光时间应根据原图质量、缩放倍率、光圈、光源、灯距等具体情况而定，应先采用分级曝光试条，以选取适当曝光时间。

8 底片拷贝应按照工艺设计要求，将原图或底片与感光片药膜相对，放入拷贝机内相应孔位销钉上，理平片基，抽气紧密后适度曝光。

9 将经过曝光后的感光胶片输入已设定显影、定影、水洗、干燥等程序控制的显影机内进行自动显影处理。

10 检查底片如稍有灰雾，可用铁氰化钾、硫代硫酸钠水溶液减薄，而后水洗晾干。

10.3 晒　　版

10.3.1 晒版质量应符合下列规定：

1 版面清洁、图形完整，规矩线和色标齐全。线划、注记清晰，网点实在，3%的小网点不应丢失，90%的网点不应糊版。

2 印刷要素的感脂性能和空白部位的亲水性能应良好，擦胶应做到平薄均匀。

3 咬口尺寸应符合指定印刷机的要求，误差不应超过 3mm，侧规误差不应超过 5mm。

10.3.2 晒版操作应符合下列规定：

1 操作前应先检查底版密度，并擦净背面，按照工艺方案准备版材，并按照配方准确配制各种药液，调整晒版机及光源，擦

净玻璃。

2 将底片与PS版感光层相对置于晒版机内，按照印刷机的规格和工艺要求留出咬口和边规尺寸，抽气曝光。

3 将曝光后的PS版置入显影液内，用软毛刷刷洗版面，待图形清晰及空白部分颜色清除干净后立即水洗，检查版面质量，利用除脏剂把版上不需要的图形和脏污除去，并用急水流冲去除脏剂，以免破坏图文，然后将水刮净，擦胶风干备用。

4 为防止图文受光分解而降低感脂性，注意避光保存。

10.4 修　　版

10.4.1 修版质量应符合下列规定：

1 修涂底版，应去掉的要修涂干净，应保留的要完整无缺。阴像版涂墨应平匀，无气泡、疙瘩、龟裂，密度应大于3.0。阳像版应将脏污刮净不遮光。

2 修刻、增补要素应位置准确，线划光洁，字体清晰，无变形与双道。撕膜版应按照范围线准确撕断。

10.4.2 修版操作应符合下列规定：

1 操作前应先检查底版质量，分色版应选取主色版，并精确量测图廓尺寸，对不符合质量要求的提出意见或退回。

2 应用修版墨连接断线，填盖砂眼和应该不透明的部分。而用刻针、刻刀修通糊、连和应该透明的部分。采用揭膜或修刻方法，按准确位置增补残缺注记和符号。

3 多幅拼接的整幅图，相邻幅接边处，分涂时应有3～5mm的互相重叠部分。

4 修涂完毕，应自检无误，再经专人检校符合要求后，粘贴标签交出。

10.5 打样、胶印

10.5.1 打样、胶印质量应符合下列规定：

1 图形完整，图面整洁，线划、网线光洁实在，无双影、杠

子、花、糊、虚、断等。天地、左右位置符合设计规定。纸张白度较未印前目测无差别。无破损、皱折，背面无脏污。

2　墨色饱满均匀，符合印版或复印样图及指定色标，整批成品墨色应一致。

3　各色套印，除保证各要素的相关位置正确外，以第一色版的规矩线为准，其套合差应符合表 10.5.1 的规定。

表 10.5.1　套印的套合差要求（mm）

套合差 / 等级 \ 图种		地形图及精度要求较高的其他图种	精度要求较低的图种		双面套印正反面套合差
			对开幅	全张幅	
正品	线划版	≤0.3	≤0.4	≤0.5	≤1.0
	普染版	≤0.4	≤0.5	≤0.6	
副品	线划版	≤0.4	≤0.5	≤0.6	
	普染版	≤0.5	≤0.6	≤0.7	

4　线划与网线粗细变形不得超过 15%，拼接图幅的墨色目测应深浅一致。

5　正副品都是合格品，正品不得少于 90%。副品应保持图形完整，不影响识图。合格品不足 95%时应及时补印。

10.5.2　打样、胶印操作应符合下列规定：

1　套印多色图，应先挑选纸张，按品种、规格、纸纹、正反面闯齐垛放，不能错乱。纸中不得夹有杂物，根据设备条件晾纸或压纸。

2　裁切纸张与设计规格误差不得超过 2mm，边线互相垂直，按一边对折，对边错位不得超过 1mm，裁口光滑，并准确核数。

3　根据复印样图或指定色标调配油墨，刮样对比应相符。每批印件用墨量要一次配足，不得边干边配。用具应洁净，调配浅色墨时应洗 净到不落色为止。

4　上锌版时先用千分尺量测四边厚度，取平均数衬纸。印版加衬纸的厚度与机器规定差值不得超过 0.03mm。多色套印，第一

色版衬纸后的厚度，应比机器规定数值大 0.05～0.1mm 为宜。

5 调整压力时，应使橡皮、印版、压印三辊筒的半径相等。橡皮辊筒宜垫 0.15～0.2mm 作为印刷压力。开机试印，同一图形连续三次套印准确，印迹实在即为适当。

6 机器开动时应先寸动试车，先慢车后快速，空车运转检查各部位正常后再正式开车。

7 印出开印样图，自检合格送审批准后再正式开印（审批时间不得超过 15min）。多色图在印第一色中不应改动规矩。印刷过程中，水分应控制到最小而不脏版，药水浓度的 pH 值为 4～5，并随时注意水墨平衡。领机人应不断抽看印品的套合及墨色情况，使之与开印样图一致。

8 每版印完应洗净橡皮布，下版后需存版的应擦胶换墨，不存版的应洗墨送磨，如不换色，胶印机停机 4h 以上应洗墨辊，3d 以上应水斗放水，打样机印完即洗净墨辊。

9 印刷地图，合格品与废品数的总和应与领人的白纸数完全相符。

10.6 晒图、静电复印

10.6.1 晒图、静电复印质量应符合下列规定：

1 应图形完整，位置适中，线划、注记、符号应清晰实在，不脱落，无重影、断线。颜色应均匀，底色应浅，无条痕、斑点。

2 供编绘、清绘的裱版或聚脂薄膜地形图的蓝图应与底版尺寸相符。供拼贴的纸图，应先处理纸张使之变形较小。蓝色的深浅以不影响复照为适度。

3 静电复印地形图，能够检影时，其图廓尺寸精度量测要求与复照相同；不能检影时，其显影后未定影前的图廓尺寸精度量测要求与复照相同。

10.6.2 晒图、静电复印操作应符合下列规定：

1 晒制铁盐水洗蓝图，应先检查阴像底版，以确定曝光时间。拼贴用的蓝图，纸张应先用水作浸湿处理。曝光后水洗时须浸 3～

5min，使未感光部分药层浸净，取出阴干。

2　晒制重氮氨熏图，应先检查阳像底图的透明度及线划遮光情况，调整晒图机转速和光源，以确定曝光时间。使用聚脂薄膜底图晒制时，晒图机内的温度不能过高，防止薄膜遇高温变形。氨熏以图面无黄色、图形清晰为适度。

3　静电复印应根据机器性能及复制要求调整机器，先检查图廓尺寸应符合要求，图形清晰后即进行复制。

4　复制成品应先经自检，再经专人检验后交出。

附录 A　大地坐标系的地球椭球基本参数

A.0.1　1980 西安坐标系的参考椭球基本几何参数

长半轴 $a=6378140\text{m}$

短半轴 $b=6356755.2882\text{m}$

扁　率 $\alpha=1/298.257$

第一偏心率平方 $e^2=0.00669438499959$

第二偏心率平方 $e'^2=0.00673950181947$

A.0.2　1954 北京坐标系参考椭球基本几何参数

长半轴 $a=6378245\text{m}$

短半轴 $b=6356863.0188\text{m}$

扁　率 $\alpha=1/298.3$

第一偏心率平方 $e^2=0.006693421622966$

第二偏心率平方 $e'^2=0.006738525414683$

A.0.3　WGS－84 大地坐标系的地球椭球基本几何参数

长半轴 $a=6378137\text{m}$

短半轴 $b=6356752.3142\text{m}$

扁　率 $\alpha=1/298.257223563$

第一偏心率平方 $e^2=0.00669437999013$

第二偏心率平方 $e'^2=0.00673949674223$

附录 B　各等平面控制点觇标

B.1　常用的各等控制点觇标

B.1.1　4.5m 钢寻常标觇标规格应符合图 B.1.1 的规定。

B.1.2　木质寻常标觇标规格应符合图 B.1.2 的规定。

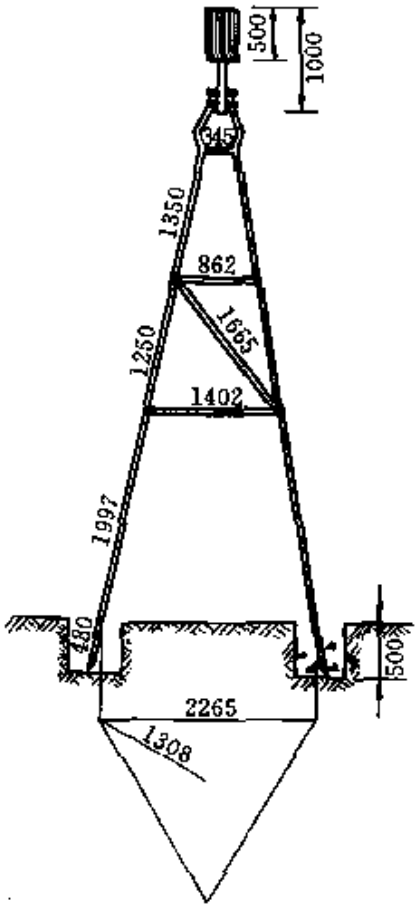


图 B.1.1　4.5m 钢寻常标觇标
（单位：mm）

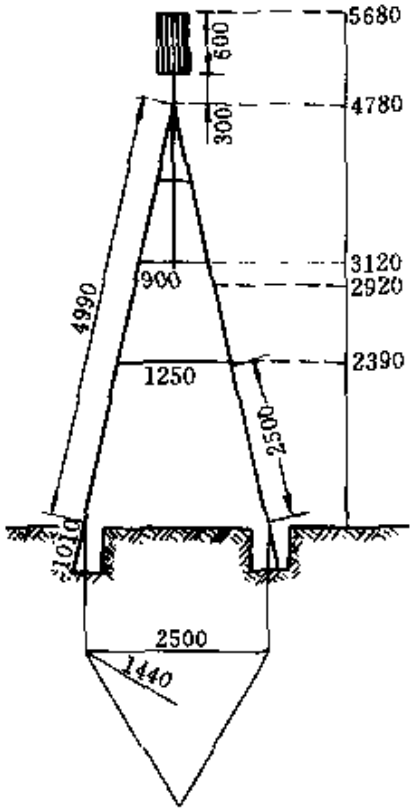


图 B.1.2　木质寻常标觇标
（单位：mm）

B.1.3　屋顶标（或仪器台）可采用 4.5m 钢寻常标上半部分加斜材和基板构成，浇注在建筑物顶上，觇标的高度可视需要而定。当作仪器台使用时，可把插在中间的花杆拿掉。屋顶标（或仪器

台）觇标结构见图 B.1.3。

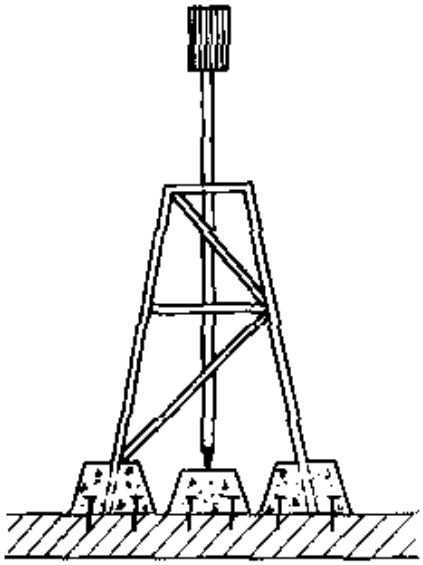


图 B.1.3　屋顶标(或仪器台)觇标

B.2　微相位差照准圆筒结构

B.2.1　微相位差照准圆筒由上、下两块圆板和一些辐射形木片所组成，圆筒全部涂上无光黑漆。

B.2.2　圆筒直径按本规范第 2.2.5 条计算，其高度约为直径的两倍，其结构见图 B.2.2。

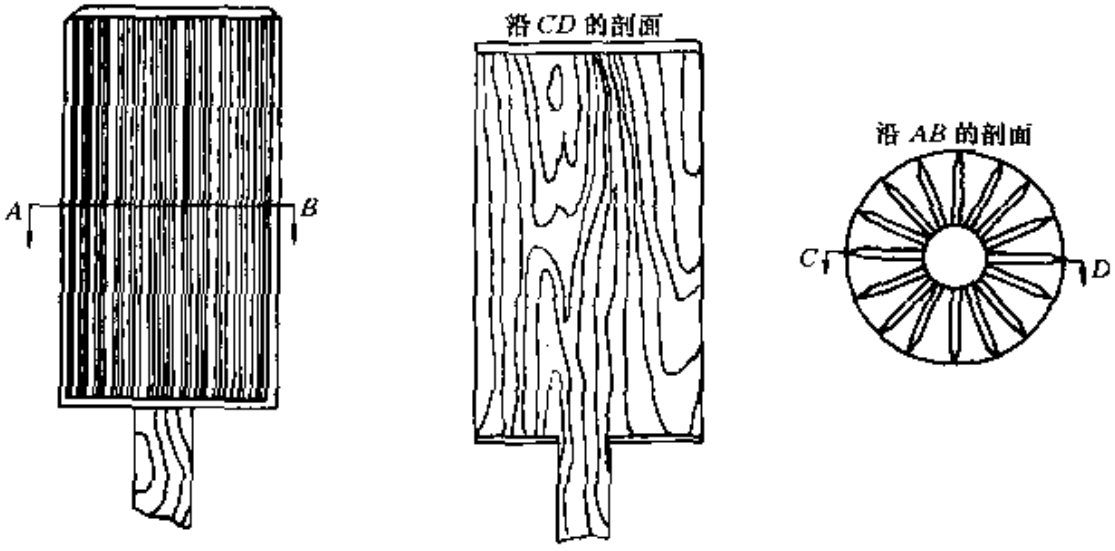


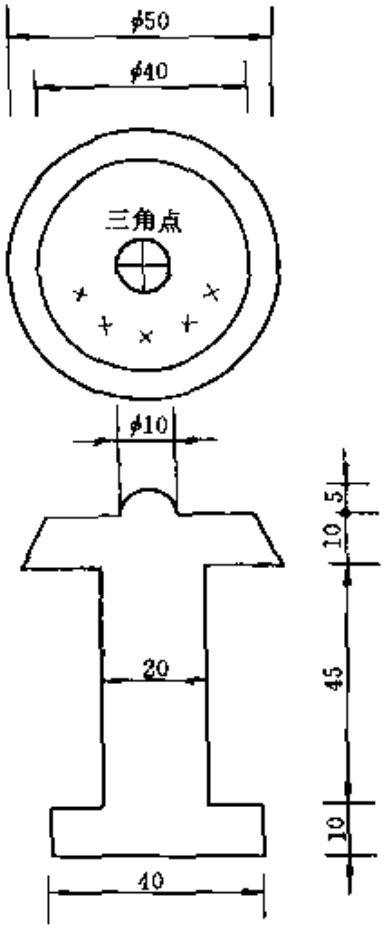
图 B.2.2　微相位差照准圆筒结构

附录C　各等级平面控制点标志、标石及其造埋的规格

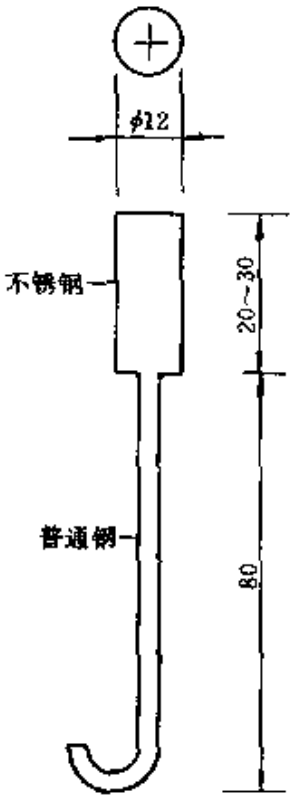
C.1　各等平面控制点标志

C.1.1　金属标志制作材料为铸铁或其它金属。规格应符合图C.1.1的规定，图中“××××××”处为测量单位名称。

C.1.2　不锈钢标志可采用直径为12～16mm，长度为20～30mm不锈钢材料，下部采用普通钢筋焊接而成。规格应符合图C.1.2的规定。



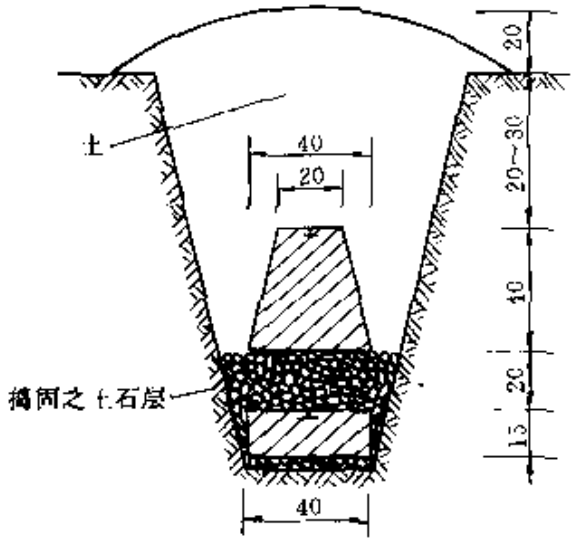
图C.1.1　金属标志
（单位：mm）



图C.1.2　不锈钢标志
（单位：mm）

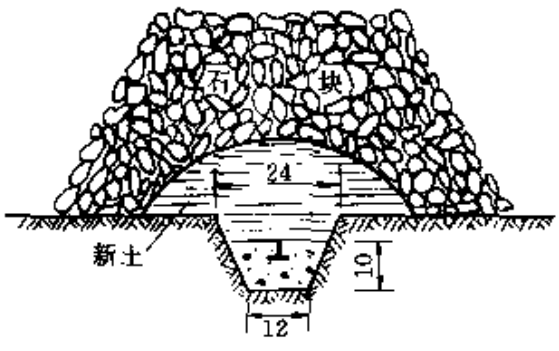
C.2 各等平面控制点标石的造埋

C.2.1 各等平面控制点混凝土标石，在其顶面中央嵌一平面控制点标志。如为不锈钢标志，应用字模在标石顶面压印“三角点”和测量单位名称。各等平面控制点标石造埋规格应符合图C.2.1的规定；冻土地区标石的类型尺寸和埋设深度可自行设计。



图C.2.1 各等平面控制点标石埋设（单位：cm）

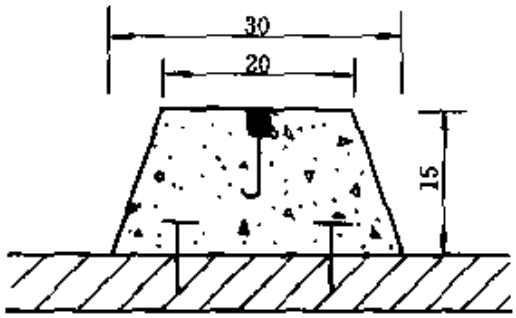
C.2.2 岩石地区各等平面控制点标石埋设规格应符合图C.2.2的规定。



图C.2.2 岩石地区各等平面控制点标石埋设

（单位：cm）

C.2.3 建筑物顶上设置标石，标石应和建筑物顶面牢固连接。建筑物上各等平面控制点标石设置规格应符合图C.2.3的规定。



图C.2.3 建筑物上各等平面控制点标石设置

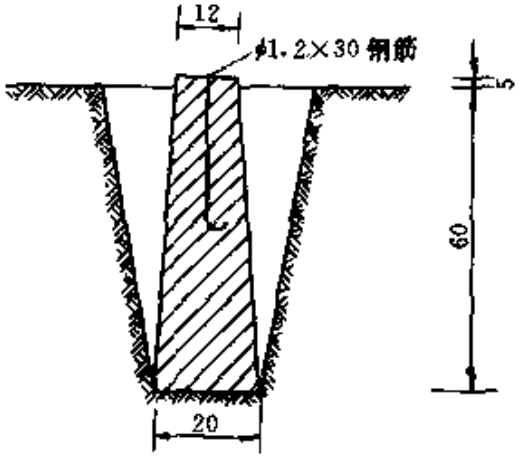
（单位：cm）

C.3 各级平面控制点标石的造埋

C.3.1 一、二级小三角点标石的造埋规格应符合图C.3.1的规定。

C.3.2 其他各级平面控制点（导线点等）标石的造埋规格，可按照一、二级小三角点的执行或自行设计。

C.3.3 在山地与冻土地区，各级平面控制点标石的尺寸和埋设深度，可自行设计。



图C.3.1 一、二级小三角点标石埋设

（单位：mm）

附录 D　光学经纬仪系列的分级及基本技术参数

光学经纬仪系列的分级及基本技术参数应符合表 D 的规定。

表 D　光学经纬仪系列的分级及基本技术参数

参数名称		单位	等级				
			DJ_{07}	DJ_1	DJ_2	DJ_6	DJ_{30}
一测回水平方向中误差	室外	"	±0.7	±1.0	±2.0	±6.0	±30.0
	室内		±0.6	±0.8	±1.6	±4.0	±20.0
望远镜	放大倍数，不小于	倍	30、45、55	24、30、45	28	25	18
	物镜有效孔径，不小于	mm	65	60	40	35	25
	最短视距，不大于	m	3.0	3.0	2.0	2.0	1.0
水准器角值	照准部	"/2mm	4	6	20	30	60
	垂直度盘指标		10	10	20	30	—
	望远镜		—	—	20	30	30
	圆形	/2mm	8	8	8	8	8
垂直度盘指标自动归零补偿器	补偿范围	'	—	—	±2	±2	—
	安平中误差	"	—	—	±0.3	±1.0	—
度盘刻划直径	水平度盘，不小于	mm	150	130	90	90	50
	垂直度盘，不小于		90	90	70	70	50
水平读数最小格值		"	0.2	0.2	1	60	120
仪器净重，不大于		kg	17.0	13.0	6.0	4.5	2.5
主要用途			国家一等三角测量和天文测量	二等三角测量和精密工程测量	三、四等三角测量、等级导线测量和一般工程测量	大比例尺测图图根控制测量和一般工程测量	一般工程测量和矿山测量

附录 E　方向观测法度盘位置表

E. 0. 1　为了减少度盘和测微盘刻划误差对水平角的影响，各测回间应将度盘位置变换一个角度 σ，σ 按下式计算：

$$\sigma = \frac{180^\circ}{n_0}(j-1) + i'(j-1) + \frac{\omega}{n_0}(j-\frac{1}{2}) \quad \text{(E. 0. 1)}$$

式中　n_0——测回数；

j——测回序号（j=1、2、……n_0）；

i'——水平度盘最小间格分划值，DJ_1 级仪器为 $4'$，DJ_2 级仪器为 $10'$；

ω——测微盘分格数，DJ_1 级仪器 ω=60 格；DJ_2 级仪器 ω =600″

E. 0. 2　根据上述公式，用 DJ_1 级和 DJ_2 级仪器编制方向法观测度盘表如表 E. 0. 2-1 和表E. 0. 2-2。

表 E. 0. 2-1　用 DJ_1 级仪器方向观测度盘表

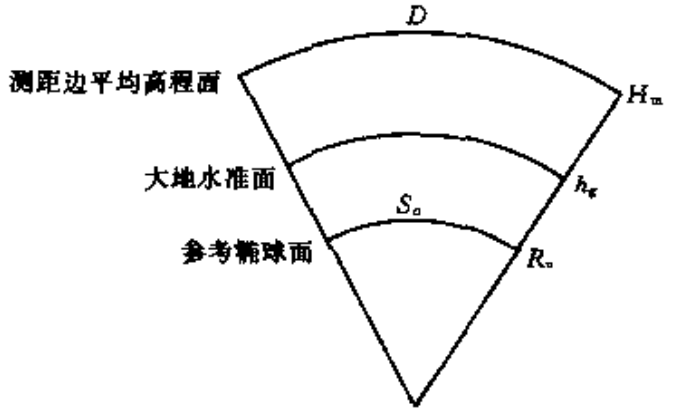
测回数	15			9			8			6			4		
			格			格			格			格			格
1	0°	00′	02	0°	00′	03	0°	00′	04	0°	00′	05	0°	00′	08
2	12	04	06	20	04	10	22	34	11	30	04	15	45	04	22
3	24	08	10	40	08	17	45	08	19	60	08	25	90	08	38
4	36	12	14	60	12	23	67	42	26	90	12	35	135	12	52
5	48	16	18	80	16	30	90	16	34	120	16	45			
6	60	20	22	100	20	37	112	50	41	150	20	55			
7	72	24	26	120	24	43	135	24	49						
8	84	28	30	140	28	50	157	58	56						
9	96	32	34	160	32	57									
10	108	36	38												
11	120	40	42												
12	132	44	46												
13	144	48	50												
14	156	52	54												
15	168	56	58												

表 E.0.2-2　用 DJ_2 级仪器方向观测度盘表

测回数	12			9			8			6		
1	0°	00′	25″	0°	00′	33″	0°	00′	37″	0°	00′	50″
2	15	11	15	20	11	40	22	11	52	30	12	30
3	30	22	05	40	22	47	45	23	07	60	24	10
4	45	32	55	60	33	53	67	34	22	90	35	50
5	60	43	45	80	45	00	90	45	37	120	47	30
6	75	54	35	100	56	07	112	56	52	150	59	10
7	90	05	25	120	07	13	135	08	07			
8	105	16	15	140	18	20	157	19	22			
9	120	27	05	160	29	27						
10	135	37	55									
11	150	48	45									
12	165	59	35									

附录F　测距边边长的高程归化计算

F.0.1　归算到椭球面上。当城市平面控制测量与国家网取得统一系统时，测距边边长应归算到参考椭球面上。由图F.0.1可以



图F.0.1　测距边长归算至椭球面上

得出，测距边边长归算至参考椭球面上的改正数 Δh_1 应按下式计算：

$$\Delta h_1 = S'_o - D = -\frac{H_m + h_g}{R_n}D + \left(\frac{H_m + h_g}{R_n}\right)^2 D \tag{F.0.1}$$

式中　D——测距边水平距离（m）；

S'_o——归算至参考椭球面上的测距边长度（m）；

H_m——测距边高出大地水准面（黄海平均海水面）的平均高程（m）；

h_g——该测距地区大地水准面对于参考椭球面的高差（m）。可由相应测区大地水准面差距图中查取；

R_n——沿测距边方向参考椭球面法截弧的曲率半径（m），可在总参测绘局编的《测量计算用表集》（之一）或

冶金工业部成都勘察公司修订的《控制测量计算手册》附录15中按测距边纬度和方位角为引数查取。

F.0.2 归算到黄海平均海水面上。当无大地水准面差距图可供查取 h_g 值时，则测距边长度可归算到黄海平均海水面上，此时测距边长度的归算改正数 Δh_2 应按下式计算：

$$\Delta h_2 = -\frac{H_m}{R_n}D + \left(\frac{H_m}{R_n}\right)^2 D \qquad \text{(F.0.2)}$$

F.0.3 归算到城市平均高程面上。归算到城市平均高程面上的改正数 Δh_3 应按下式计算：

$$\Delta h_3 = -\frac{H_u - H_m}{R_n} \cdot D \qquad \text{(F.0.3)}$$

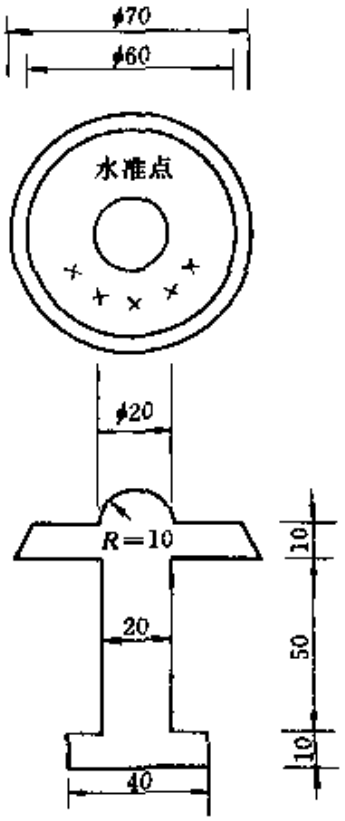
式中 H_u——城市平均高程面的高程（m）。

附录G　各等高程控制点标志、标石及其造埋的规格

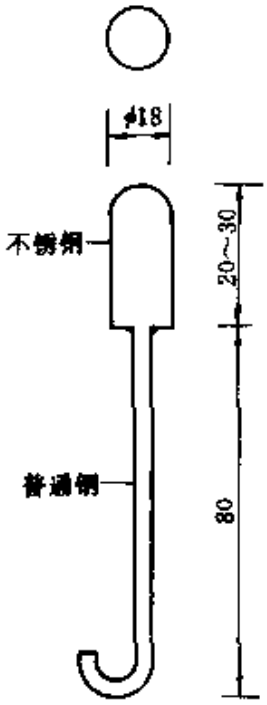
G.1　高程控制点标志

G.1.1　金属标志的圆球部应采用铜或不锈钢材料制作，圆盘和根络可用普通钢材，规格应符合图G.1.1的规定。图中“×××××”处为测量单位名称。

G.1.2　不锈钢标志可采用直径为14～18mm，长度为20～30mm



图G.1.1　金属标志
（单位，mm）

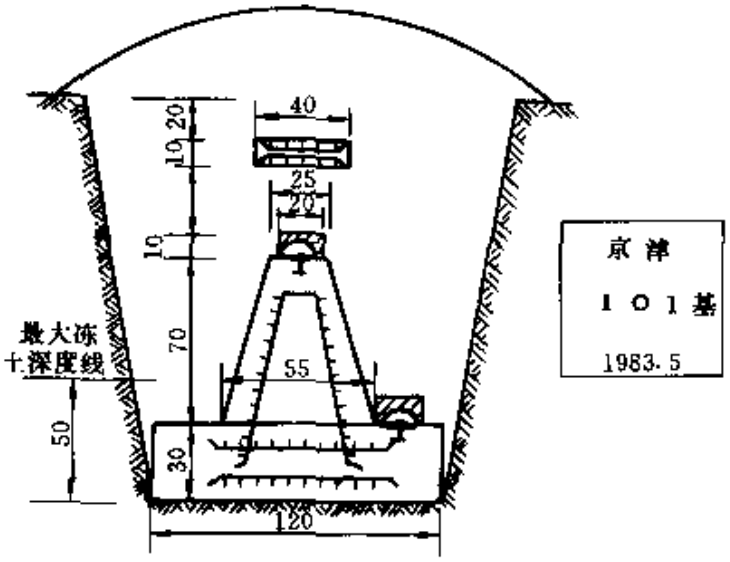


图G.1.2　不锈钢标志
（单位，mm）

的不锈钢材料，下部采用普通钢筋焊接而成。规格应符合图G.1.2的规定。

G.2 各等水准点标石的造埋

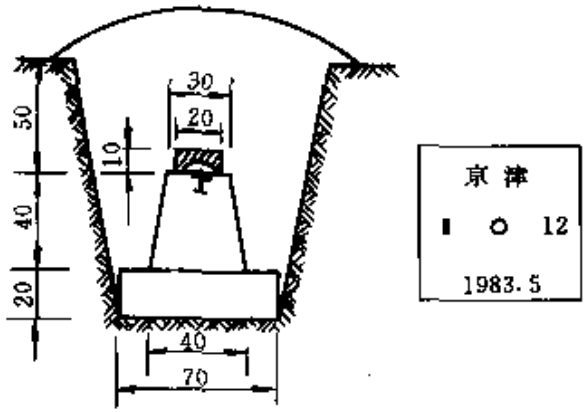
G.2.1 混凝土基本水准标石的造埋规格应符合图G.2.1的规定。



图G.2.1 混凝土基本水准标石埋设

（单位：cm）

G.2.2 混凝土普通水准标石的造埋规格应符合图G.2.2的规定。



图G.2.2 混凝土普通水准标石埋设

（单位：cm）

G.2.3 墙脚水准标志的造埋规格应符合图 G.2.3 的规定。

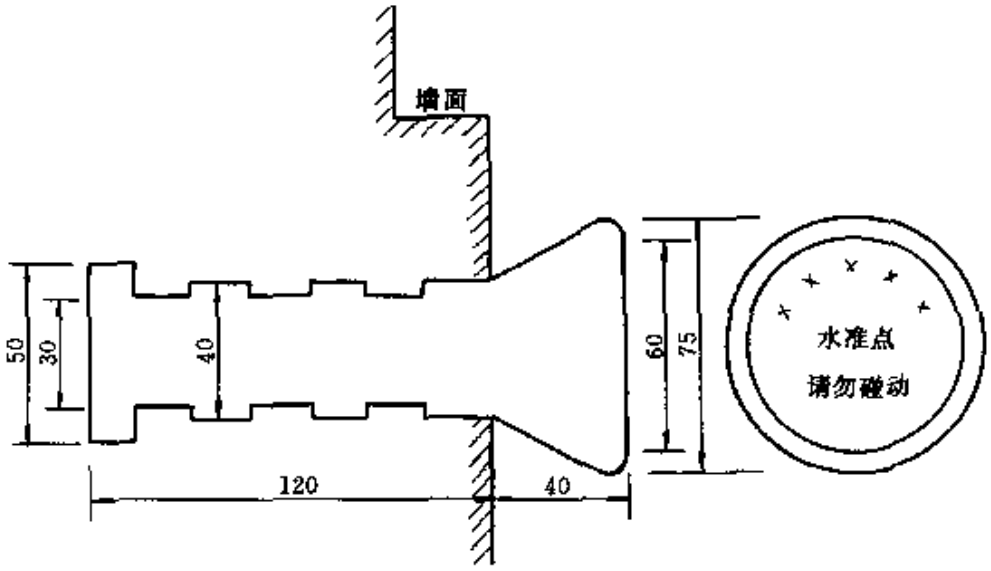


图 G.2.3 墙脚水准标志埋设

（单位：mm）

G.2.4 冻土地区可采用钢筋混凝土柱普通水准标石（或用钢管代替钢筋混凝土柱），其造埋规格应符合图 G.2.4 的规定。

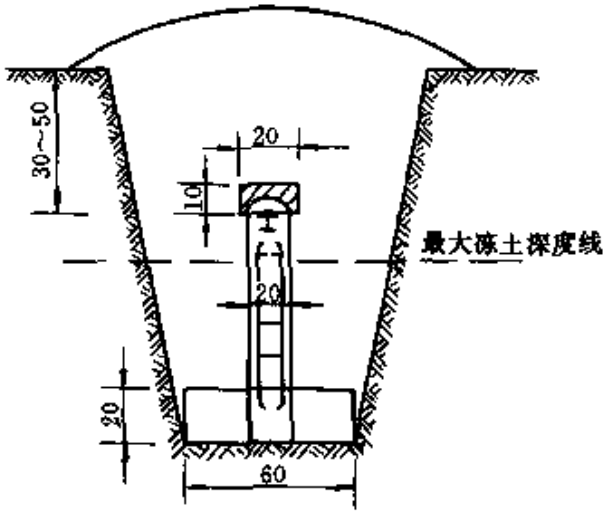


图 G.2.4 混凝土柱普通水准标石埋设

（单位：cm）

标石埋设深度依据地下水位的高低应符合表 G.2.4 的规定。

表 G.2.4　冻土地区标石埋设深度表（m）

地下水位距地面高	标石底盘底部位于最大冻土深度线下	标志距地面距离
≤6	>0.5	0.3～0.5
6～10	>0.2	0.3～0.5
>10	按一般地区埋设混凝土普通水准标石	

G.2.5　岩层水准标石分基本和普通两种。基本水准标石的主标志和暗标志应在水平相距 0.5m、高差大于 0.1m 的两处凿孔安置，其造埋规格应符合图 G.2.5 的规定。岩层普通水准标石按图 G.2.5 中主标志部分的造埋规格即可。

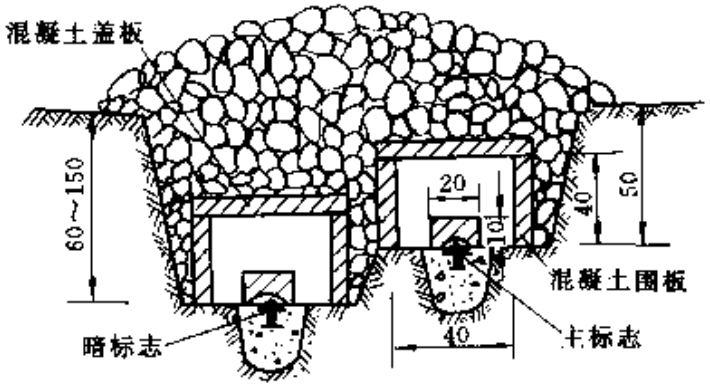


图 G.2.5　岩层基本水准标石埋设

（单位：cm）

附录 H　水准仪系列的分级及基本技术参数

气泡式的和自动安平的水准仪系列的分级及基本技术参数应符合表 H 的规定。

表 H　水准仪系列的分级及基本技术参数

参数名称		单位	等级			
			DS_{05}	DS_1	DS_3	DS_{10}
精度指标（每千米水准测量高差中数偶然中误差）		mm	±0.5	±1.0	±3.0	±10.0
望远镜	放大倍数，不小于	倍	42	38	28	20
	物镜有效孔径，不小于	mm	55	47	38	28
	最短视距，不大于	m	3.0	3.0	2.0	2.0
管状水准器角值	符合式	″/2mm	10	10	20	20
	普通式		—	—	—	—
自动安平补偿性能	补偿范围	′	±8	±8	±8	±10
	安平精度	″	±0.1	±0.2	±0.5	±2
	安平时间，不长于	s	2	2	2	2
粗水准器角值	直交型管状	′/2mm	2	2	—	—
	圆　形		8	8	8	10
测微器	测量范围	mm	5	5	—	—
	最小格值		0.05	0.05	—	—
仪器净重，不大于		kg	6.5	6.0	3.0	2.0
主要用途			国家一、二等水准测量及地震水准测量	国家二等水准测量及其他精密水准测量	国家三、四等水准测量及一般工程水准测量	一般工程水准测量

附录J　地形图的分幅与编号

J.1　正方形图幅的分幅与编号方法

J.1.1　1∶5000～1∶500比例尺地形图采用正方形分幅时，1∶5000图幅大小为40cm×40cm，其他比例尺图幅大小则为50cm×50cm。

J.1.2　采用正方形分幅，其编号方法如下：

1　以1∶5000比例尺图的图幅西南角之坐标数字(用阿拉伯数字，以km为单位）作为它的图号，并且作为包括于本图幅中1∶2000～1∶500比例尺图的基本图号。

2　在1∶5000比例尺图的基本图号之末尾，附加一个子号数字（用罗马数字）作为1∶2000比例尺图的图号。

3　同样在1∶2000、1∶1000比例尺图的图号末尾附加一个子号数字（用罗马数字）作为1∶1000、1∶500比例尺图的图号。

正方形分幅编号的具体表示方法现举例说明，某幅1∶5000比例尺地形图西南角P的坐标：$x_P = 20\text{km}$、$y_P = 30\text{km}$，则图J.1.2中有晕线的图幅编号如下：

1∶5000比例尺图的图幅号为20－30；

1∶2000比例尺图的图幅号为20－30－Ⅱ；

1∶1000比例尺图的图幅号为20－30－Ⅱ－Ⅰ；

1∶500比例尺图的图幅号为20－30－Ⅰ－Ⅰ－Ⅰ。

J.2　矩形图幅的分幅与编号方法

J.2.1　1∶5000～1∶500比例尺地形图采用矩形分幅时，其图幅大小均为40cm×50cm。

J.2.2　矩形分幅的编号，现推荐一种方法：以图西南角x、y坐

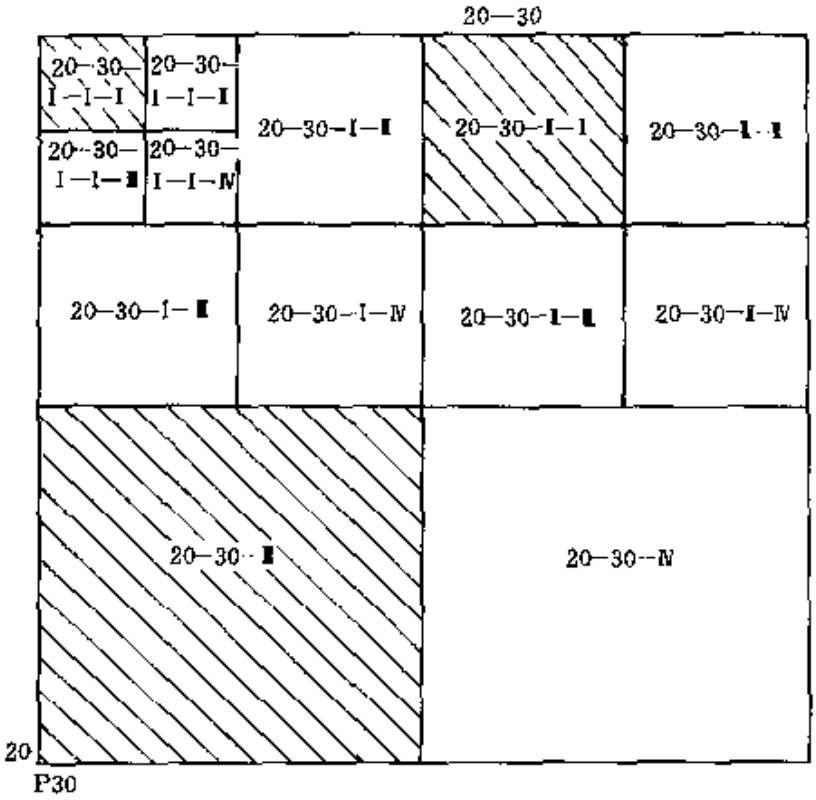


图 J.1.2　正方形分幅编号

标分别除以图廓 X、Y 方向的坐标差 Δx、Δy 作为该比例尺图的图号，在前面冠以测图比例尺分母 M 加圆括号，即：

$$(M)\ \frac{x_{西南角}}{\Delta x}-\frac{y_{西南角}}{\Delta y}$$

矩形分幅编号的具体表示方法现举例说明，如图 J.2.2 所示，某幅 1∶5000 比例尺图西南角坐标 $x_P = 20\text{km}$、$y_P = 30\text{km}$，则图中有晕线的图幅编号如下：

1　1∶5000 比例尺图幅甲的编号为：

$$(5000)\ \frac{20000}{2000}-\frac{30000}{2500}$$

即：(5000) 10—12

2　1∶2000 比例尺图幅乙的编号为：

$$(2000)\ \frac{20000}{800}-\frac{30000}{1000}$$

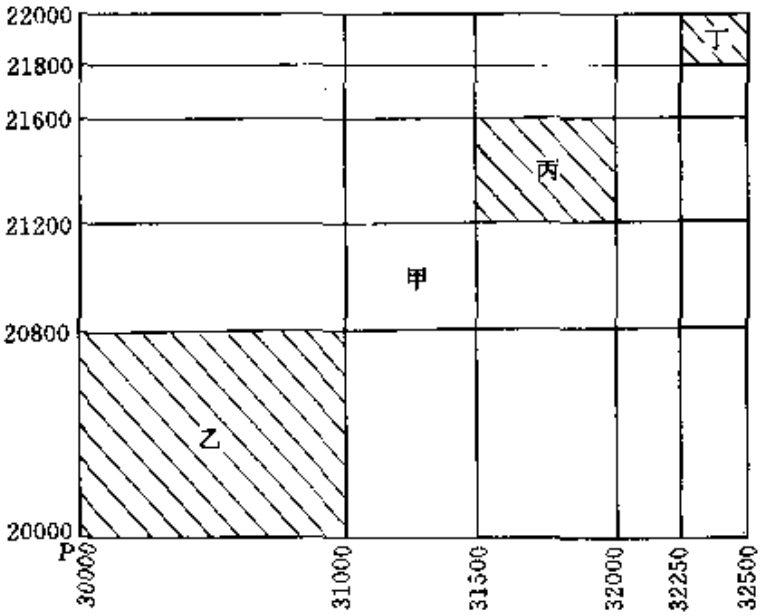


图 J.2.2 矩形分幅编号

即：(2000) 25—30

3 1∶1000 比例尺图幅丙的编号为：

$$(1000)\ \frac{21200}{400}-\frac{31500}{500}$$

即：(1000) 53—63

4 1∶500 比例尺图幅丁的编号为：

$$(500)\ \frac{21800}{200}-\frac{32250}{250}$$

即：(500) 109—129

J.3 国际分幅与编号方法

J.3.1 1∶10000、1∶5000 地形图的分幅以 1∶100000 地图为基础，图幅大小按一定经差、纬差划分。一幅 1∶100000 地图划分为 64 幅 1∶10000 地形图，每幅 1∶10000 地形图的分幅为经差 3′45″、纬差2′30″；一幅 1∶10000 地形图划分为 4 幅 1∶5000 地形图，每幅 1∶5000 地形图的分幅为经差 1′52.5″、纬差 1′15″。

J.3.2 1∶10000、1∶5000 地形图分幅的编号应符合下列规定：

1 一幅 1∶10000 地形图的编号应在 1∶100000 图幅编号后分别加（1）、（2）、（3）、……（64）表示。如图 J.3.2-1 所示，某幅北京地区的 1∶100000 地图编号为 J—50—5，图中有晕线的一幅1∶10000地形图的编号为 J—50—5—（15）。

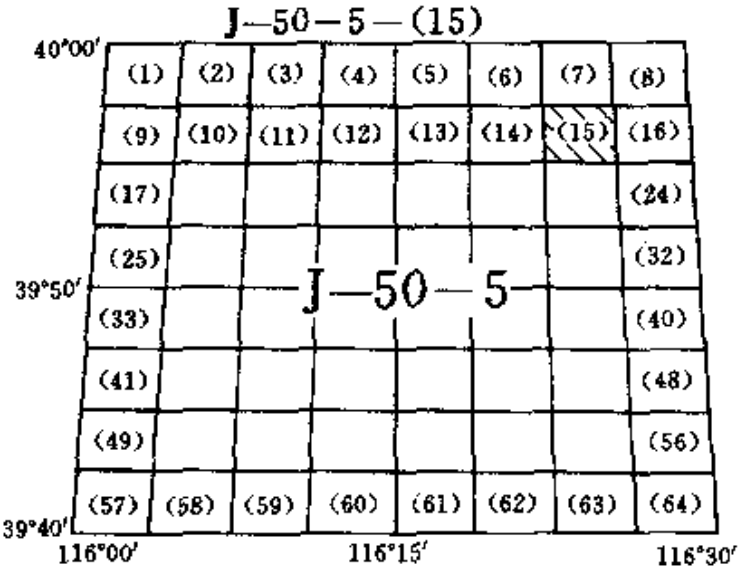


图 J.3.2-1 1∶10000 地形图国际分幅编号

2 一幅 1∶5000 地形图的编号应在1∶10000图幅编号后分别加 a、b、c、d 表示。如图 J.3.2-2 所示，图中有晕线的一幅 1∶5000地形图的编号为 J—50—5—（15）—*a*。

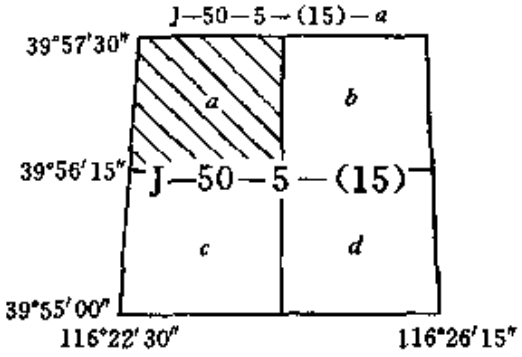


图 J.3.2-2 1∶5000 地形图国际分幅编号

附录 K　布设地面标志的要求

K.1　标志的形状和规格

K.1.1　需布设地面标志的摄区，在签订航摄合同时应予以注明。地面标志应在航摄前布设完毕。

K.1.2　地面标志的尺寸 l 可根据航摄片比例尺分母 M_p 确定，$l=0.04M_p$（mm），地面标志可采用下列形状和规格：

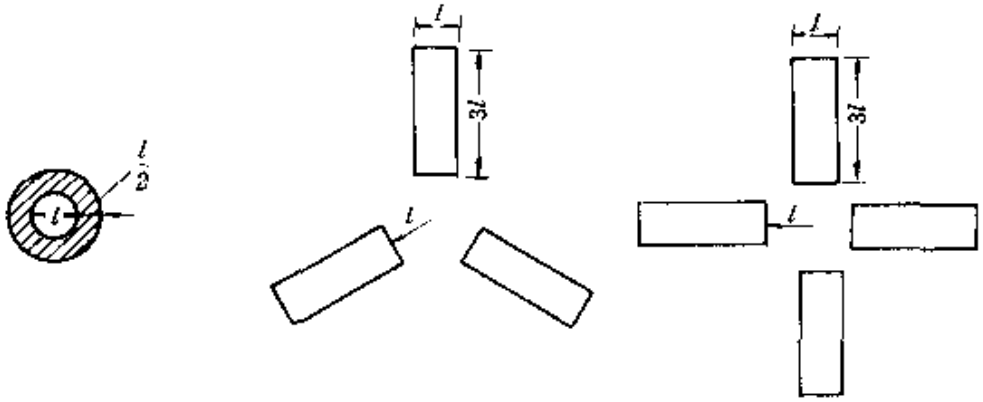


图 K.1.2　地面标志的形状和规格

K.2　标志的颜色和材料

K.2.1　影响标志影像质量最重要的因素是标志和衬景之间的亮度比，亮度比越大，其判读性能越好，因此在绿色植被上采用白色标志最好，其次是黄色。在亮度较大和有反光的地面，如水泥屋顶、打谷场、路面和没有植被的地面上，宜采用加黑边的白色标志。

K.2.2　标志材料应考虑色调和携带、布设的方便，因地制宜。在水泥地和沥青路面，可采用油漆；一般地面上的标志可采用乳白塑料布，涂上油漆的苇席或竹席，以及石灰、煤渣等材料。

K.3 标志的布设

K.3.1 标志应布设在容易寻找的地面上，如道路交叉口、打谷场、水坝和大桥一端等处。标志可采用加黑边的圆形白色标志。布设在不易寻找的地面上，宜采用带标翼的标志，以三翼标最好，易于辨认判读，节省材料。在有觇标的控制点上布标宜采用十字标志。

K.3.2 应使翼片中线交点或圆形标志中心与实地选定点位（或已有控制点）的木桩或标石中心重合，各翼片宜为水平。

K.3.3 在城市和荫蔽地区布标要注意标位的对空视角。

附录 L　控制像片整饰格式

L.1　控制像片正面整饰格式

L.1.1　图幅编号注于像片上方，航线号和片号使用航摄时编号，航线编号用阿拉伯数字（1）、（2）、（3）……表示，注于图幅编号下面，片号注于像片右上角，图廓线用红色墨水标出。

L.1.2　不能准确刺出的三角点（包括小三角点、城市一级导线点）符号用虚线表示。

L.1.3　符号右旁以分式表示点名、点号及高程各项注记，要求字体正规，字高约 4mm，应用红色注记。

L.1.4　仅选择在最明显的一片上整饰和刺点（采用一张像片一幅图时，应在每幅中心片上整饰）。相邻图幅或相邻航线公共点，只需转标，其相应符号的边长（或直径）为 1cm，并注明刺点片号和图幅号。

L.1.5　控制像片正面的整饰格式应符合图 L.1.5 的规定。

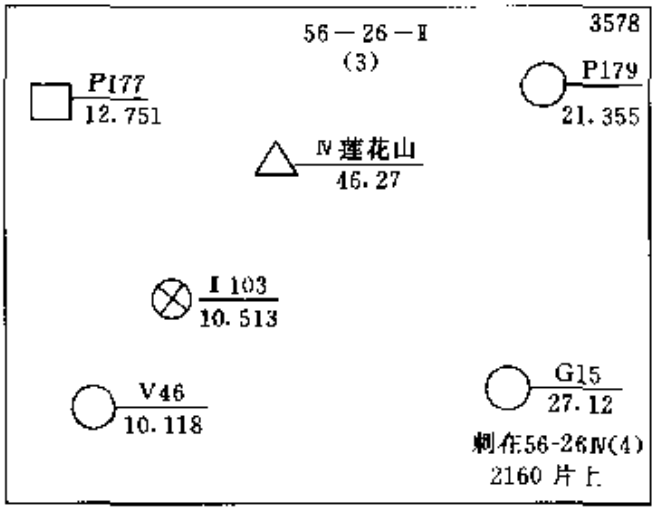


图 L.1.5　控制像片正面整饰格式

L.2 控制像片反面整饰格式

L.2.1 用黑色铅笔整饰，以相似符号标出点位。采用地面标志时，标志形状和翼片摆法要与实地对应，注明点名和点号。

L.2.2 在点孔近旁适当位置用 $2\times2cm^2$ 范围加绘点位略图，略图方位要与实地对应，并用文字确切说明点的位置，不能使人得出第二种解释。点位附近有高差变化的，应加绘断面图和注明相互关系的比高，注至厘米。

L.2.3 转标或转刺的点及不能准确刺出的控制点的像片反面不整饰，但应对不能准确刺出的点位用文字说明。

L.2.4 刺点者和检查者须签注姓名和日期，若同一片内的刺点非一人所刺，应分别签注。

L.2.5 控制像片反面的整饰格式应符合图 L.2.5 的规定。

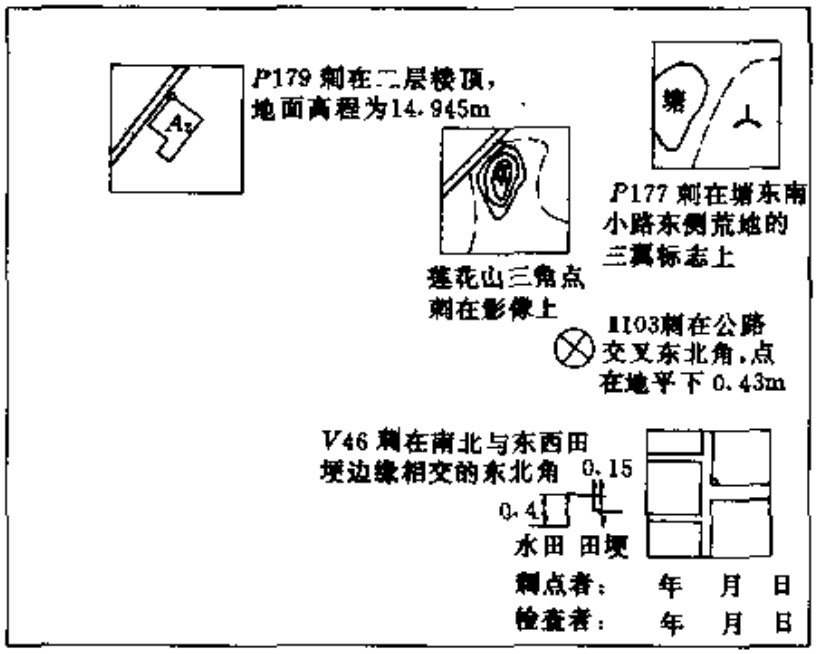


图 L.2.5 控制像片反面整饰格式

L.3 各种控制点的符号和尺寸

L.3.1 控制像片整饰时，各种控制点的符号和尺寸应符合表 L.3.1 的规定。

表 L.3.1　各种控制点的符号和尺寸

名　称	图　形	尺　寸 (mm)	颜　色	点编号前的字冠
三角点	△	边长 7	红	等级与点名
水准点	⊗	直径 7	绿	等级与点名 (或点号)
平高点	埋石 □ 木桩 ○	边长 7 直径 7	红	P
高程点	○	直径 7	绿	直接水准测定 V 三角高程测定 G

附录 M　调绘像片整饰格式

M.0.1　图幅编号注于调绘片上方，以图幅为单位剖开放大或局部放大的调绘片号用括号内的数字表示，注于图幅编号右旁。像片号注于调绘片右上角。

M.0.2　调绘面积线是本幅剖开放大片间的用蓝色标绘，是本幅图边的用红色标绘。在调绘界线大致中央分别注明邻图（或邻片）编号，图边的拼接和检查应分别签注接边者和检查者及日期，调绘片右下角签注调绘者、检查者姓名及日期。

M.0.3　调绘内容整饰按图式符号或简化符号规定，通常采用透明水彩及黑色墨水多色清绘，自然地貌（断崖、陡坎、冲沟等）棕色；水系（单线河、沟渠、水井、双线河的无滩陡岸）绿色；水库、塘、双线河水涯线黑色、内普染淡蓝；地类界及屋檐宽度注

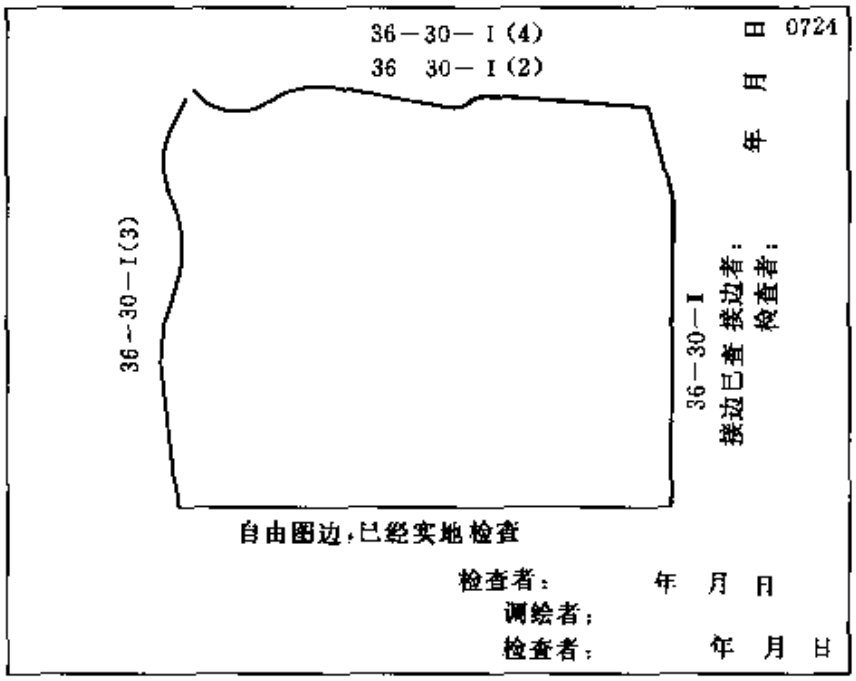


图 M.0.5　调绘像片整饰格式

记红色，其他地物符号注记黑色。

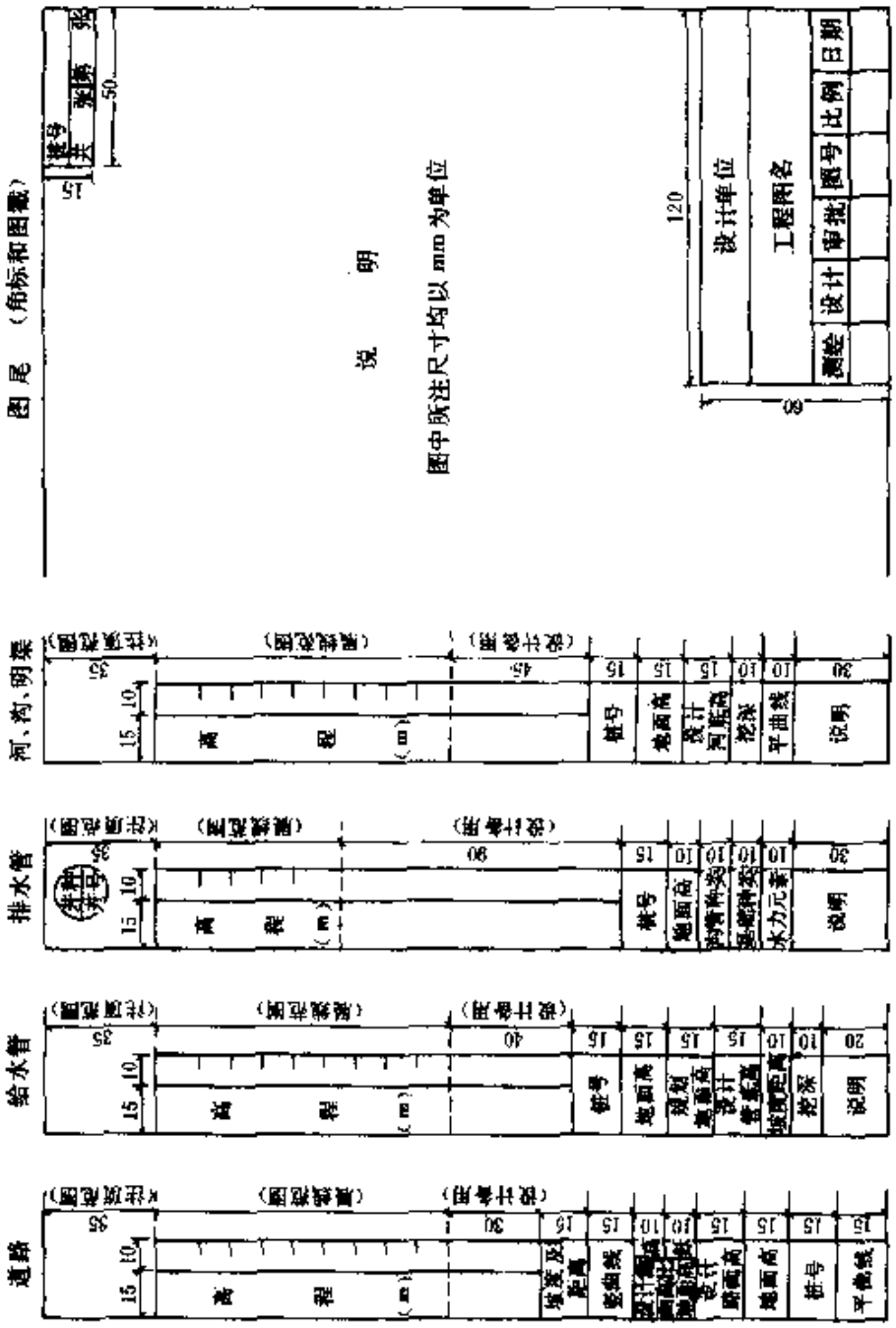
M.0.4 补测地物的附图应以图幅为单位分别编号，并于调绘像片相应范围内用蓝色注明附图编号。

M.0.5 调绘像片的整饰格式应符合图 M.0.5 的规定。

附录 N　市政工程测量纵断面图图标格式

市政工程测量纵断面图图标格式应符合表 N 的规定。

表N　市政工程测量纵断面图图标格式



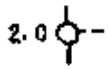
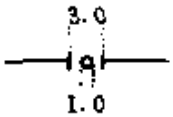
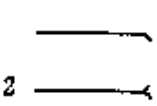
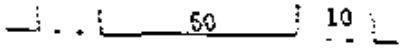
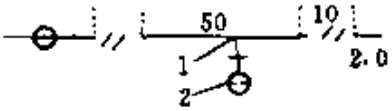
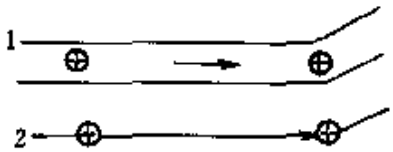
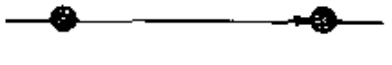
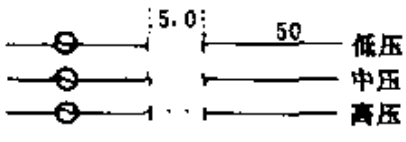
附录P　地下管线图图式

根据现行国家标准《1∶500、1∶1000、1∶2000地形图图式》GB/T 7929制订的精神，为了适应城市地下管线图测绘的需要，本规范特制订1∶500～1∶2000地下管线图图式如表P。

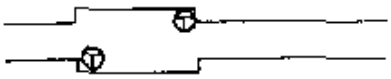
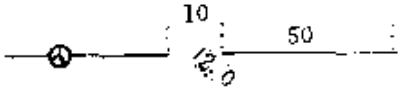
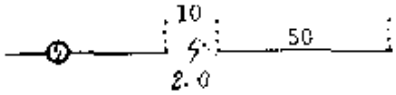
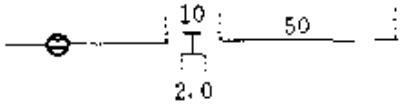
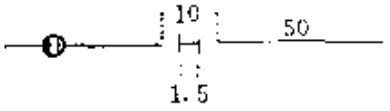
表P　地下管线图图式

编号	符号名称	1∶500　1∶1000　1∶2000	颜色	简要说明
1	地下管线检修井 1. 给水 2. 排水（或污水） 3. 雨水 4. 排水暗井 5. 燃气 6. 热力 7. 电信人孔 8. 电信手孔 9. 电力 10. 工业 11. 石油	1 2.0　2 2.0 3 2.0　4 1.5 5 2.0　6 2.0 7 2.0　8 1.5 9 2.0　10 2.0 11 2.0		1. 各种地下管线检修井不论井盖是圆形、方形均用此符号表示。排水不分污、雨水的可按符号2表示；分污、雨水的可分别按2、3表示。石油管道如果不由工业输送管道中分出来，仍用符号10表示
2	消火栓	1.5　1.5　2.0		
3	阀门	1.5　1.5　2.0		3. 各种地下管线阀门均用此符号表示
4	水闸罐	1.5		
5	水表	2.0		
6	盖堵	1.5　2.0		

续表

编号	符号名称	1∶500　1∶1000　1∶2000	颜色	简要说明
7	预留口			7. 圆圈为检修井井位（按检修井实际类别绘相应符号），实线为已建管线，预留口用短虚线表示
8	抽水缸			8. 抽水缸在检修井内按检修井符号表示
9	进出水口 1. 按实宽的 2. 不按实宽的			9. 进出水口标明流向即可区分
10	直埋点位			
11	规划路中线		黑	11. 线划粗宜为0.3～0.4mm，单线下同
12	给水管道		天蓝	12. 符号中1为三通，2为偏消
13	排水（或污水）管道 1. 按实宽的 2. 不按实宽的		赭石	13. 管径不小于1m的，按实宽表示（线划粗0.2～0.3mm，双线下同）；管径小于1m的，不按实宽表示
14	雨水管道		浅熟褐	14. 说明同13
15	燃气管道		粉红	

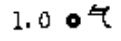
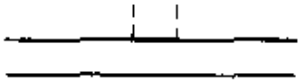
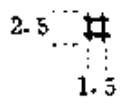
续表

编号	符号名称	1：500　1：1000　1：2000	颜色	简要说明
16	热力管道		桔黄	
17	电信管线		浅草绿	
18	电力管线		朱红	
19	工业管道		黑	
20	石油管道		黑	

附录Q　地下人防工程图图式

根据现行国家标准《1∶500　1∶1000　1∶2000地形图图式》GB/T 7929制订的精神，为了适应城市地下人防工程图测绘的需要，本规范特制订1∶500～1∶2000地下人防工程图图式如表Q。

表Q　地下人防工程图图式

编号	符号名称	1∶500　1∶1000　1∶2000	简要说明
1	地下人防工程的地表出入口		1. 符号依比例尺按真方向表示，尖端表示入口方向
2	山地坑道出入口		2. 符号依比例尺按真方向绘在洞口位置上
3	竖井		3. 井口按实际形状测绘
4	有转梯的竖井		4. 指入可以由盘旋楼梯上下的竖井，箭头方向表示升高方向
5	通气孔		5. 不论形状，均用此符号表示
6	人防人孔		6. 仅可供一人沿井壁爬梯上下的窨井式出入口
7	地道中的阶梯		7. 阶梯的起止点应实测
8	预留口		
9	地下水井		

续表

编号	符号名称	1∶500　1∶1000　1∶2000	简要说明
10	地下建筑物		10. 可根据地下建筑物的用途加以注记。如地下商店、餐厅、旅馆、影剧院、工厂、医院等分别加注“商”“餐”“旅”“剧”“工”“医”等字

本规范用词说明

1.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2. 表示严格，在正常情况下均应这样做的

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

1.0.2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定”。

中华人民共和国行业标准

城市测量规范

Code for urban survey

CJJ 8—99

条文说明

修 订 说 明

根据建设部［1990］建标字第407号文的要求，由北京市测绘设计研究院负责主编，会同同济大学测量与国土信息工程系、沈阳市勘察测绘研究院、成都市勘察测绘研究院、昆明市勘察测绘研究院和南昌市测绘勘察研究院，共同对原城乡建设环境保护部部标准《城市测量规范》CJJ 8—85进行修订，修订编写组经过三年多的调查研究，在总结城市测绘实践经验、吸收测绘高新技术和国内外测绘科研成果的基础上，并广泛征求了全国城市测绘系统、兄弟部门勘测单位、科研和教学等单位的意见，修订完成了本规范，并经审查批准，发布实施。

为了便于广大测绘生产、科研、教学等有关技术人员，在使用本规范时能正确理解和贯彻执行条文规定，本规范修订编写组根据建设部建标［1996］626号文件，关于编写工程建设标准及标准条文说明新的统一要求，按本规范的章、节、条顺序，编制了《城市测量规范条文说明》，并对新、旧规范条文进行了对比，指出了对原规范条文进行修改的必要性和依据，供国内使用者参考。

在使用中，如发现本规范条文说明有欠妥之处，请将意见函寄设在北京市测绘设计研究院的城市测量规范管理组（地址：北京市复外羊坊店路15号，邮编：100038）。

1997年10月

目　　次

1　总则 …… 184

2　城市平面控制测量 …… 186

2.1　一般规定 …… 186

2.2　技术设计、选点、造标与埋石 …… 212

2.3　水平角观测 …… 213

2.4　光电测距 …… 214

2.5　全球定位系统（GPS）测量 …… 221

2.6　观测成果的记录、整理、检验和计算 …… 223

3　城市高程控制测量 …… 224

3.1　一般规定 …… 224

3.2　技术设计、选点与埋石 …… 230

3.3　水准测量 …… 230

3.4　地面沉降观测 …… 231

3.5　三角高程测量 …… 232

3.6　观测成果的记录、整理、检验和计算 …… 236

4　城市地形测量 …… 237

4.1　一般规定 …… 237

4.2　图根控制测量 …… 250

4.3　测图前的准备 …… 256

4.4　测站点的增补 …… 256

4.5　地形图测绘方法及要求 …… 257

4.6　地形图测绘内容及取舍 …… 257

4.7　地形图的修测 …… 259

4.8　地形图的拼接和检查 …… 260

5　城市航空摄影测量 …… 261

5.1　一般规定 …… 261

5.2 对航摄资料的要求 …… 263
5.3 像控点的布设 …… 272
5.4 像控点测量 …… 273
5.5 野外调绘 …… 274
5.6 晒印像片与电算加密 …… 275
5.7 综合法测图 …… 280
5.8 模拟测图仪测图 …… 283
5.9 解析测图仪测图 …… 286
5.10 机助立体坐标量测仪测图 …… 286
5.11 正射影像图 …… 287
6 城市地籍测量 …… 292
6.1 一般规定 …… 292
6.2 地籍权属调查资料的核实 …… 292
6.3 地籍平面控制测量 …… 292
6.4 地籍要素测量 …… 293
6.5 面积量算 …… 294
6.6 资料整理、检查验收与成果提交 …… 295
6.7 变更地籍测量 …… 295
7 城市工程测量 …… 296
7.1 一般规定 …… 296
7.2 定线、拨地测量 …… 297
7.3 城市工程测图 …… 302
7.4 市政工程测量 …… 309
7.5 地下管线现状测量 …… 314
7.6 地下普通建（构）筑工程现状测量 …… 319
8 数字化成图 …… 323
8.1 一般规定 …… 323
8.2 数据采集 …… 324
8.3 数据处理与图形处理 …… 325
8.4 地形图绘制和验收 …… 326
8.5 地籍测量数字化成图 …… 327
8.6 地下管线测量数字化成图 …… 327
9 城市地图制图 …… 329

9.1 一般规定 …… 329
9.2 质量要求 …… 330
9.3 原图着墨、映绘、清绘与刻绘 …… 330
9.4 地图编绘 …… 331
9.5 计算机制图 …… 331
10 城市地图制印 …… 333
10.1 一般规定 …… 333
10.2 复照、拷贝 …… 333
10.3 晒版 …… 334
10.4 修版 …… 334
10.5 打样、胶印 …… 334
10.6 晒图、静电复印 …… 334

1 总　　则

1.0.1 本条阐明了制定本规范的目的。城市测量是城市经济建设和社会发展的一项先行重要基础工作和信息产业，为城市规划、建设和管理提供了大量及时、适用、可靠的测绘保障，随着现代高新科技的发展，促使城市测绘工作正从传统的测绘技术手段向现代地理信息产业过渡，以“3S”（GPS、GIS、RS）为代表的高新测绘技术得到越来越广泛的应用，本规范积极地采用了新技术和新方法，删去了陈旧过时已不适用的内容，以适应现代化城市建设发展的需要。

1.0.2 本规范的适用范围。修订后的规范在城市平面控制测量一章中新增了“全球定位系统（GPS）测量”一节；城市航空摄影测量一章中增加了1∶500比例尺测图，在方法上增加了解析测图仪测图、机助立体坐标量测仪测图和正射影像图三节；还增加城市地籍测量和数字化成图两章；城市地图制图一章中增加了计算机制图；城市地图制印一章中也增加了拷贝、软片化、PS版以及减色和四色印刷工艺等内容。所以本规范适用范围更扩大了，应用面更广，特别是新技术的采用使规范更富有生命力，将有利于推动城市测绘科技的进步和促进生产力的发展。

1.0.4 测绘仪器、工具应保持良好状态，这是测量工作顺利进行的必备条件。因此，日常应加强对测绘仪具的维护保养，定期检校，确保其百分之百的完好率，以免影响测绘作业的正常进行，延误工期，并保证测绘成果、成图的质量。

1.0.5 本规范在绝大多数情况下，是以中误差作为衡量测绘精度标准的，以二倍中误差作为极限误差。因为测量工作中主要存在的是偶然误差，根据偶然误差出现的规律，以二倍中误差作为极限误差时，大于二倍中误差的误差出现的概率仅为4.5%。众所周

知，接近限差的个数应是少量的，这样才能保证最终精度评定不致超过中误差。

1.0.6 城市1∶5000和1∶10000比例尺地形图也是城市基本比例尺系列图，但因施测的城市不普遍，更新周期又比较长，且有现行的国家规范可采用，故本规范没有纳入作详细规定，只强调施测这两种比例尺地形图时，其精度要求和作业方法应按国家现行规范执行。而根据城市用图的特点，为保证城市各种比例尺地形图坐标系统和图幅分幅的统一性，以便于各部门使用，则本规范明确规定，凡城市施测这两种比例尺地形图宜采用城市地方坐标系统正方形或矩形分幅。

1.0.7 在满足本规范精度要求的前提下，鼓励积极采用高新技术、新工艺和新方法，以促进科技进步和更新换代。

1.0.8 本规范突出了城市测量应用的特点，现行的有关国家标准则是从全国测绘或工程测量的范围考虑的，两者互为补充，是不会产生矛盾的。本规范与现已出版的其他城市行业标准的关系，是通用技术标准与专用技术标准的关系，专用技术标准已规定详细具体的，本规范只扼要加以规定，不使大量重复。

2 城市平面控制测量

2.1 一般规定

2.1.1 城市平面控制网的布设，以前都遵循从整体到局部、分级布网、逐级控制的原则。由于可以采取越级布网，尤其是GPS定位测量无需逐级控制，因此布网原则中删除了“逐级控制”。

2.1.2 在建立城市平面控制网的方法中，增加了全球定位系统（GPS）测量，又由于城市极少采用三边网，故将“三边测量”删去，代之以“各种形式的边角组合测量”。选择平面控制测量方法的原则，改为“应因地制宜，既满足当前需要，又兼顾今后发展”，这样更具有针对性。

2.1.3 城市平面控制网的等级划分，对于导线测量，虽规定了一、二、三级三个级别的技术要求，但一个城市只能根据当地的具体情况选用两个级别。同时增加了“当需布设一等网时，应另行设计，……”的规定，使本规范更趋全面和增加了灵活性。

2.1.4 坐标系统选择是城市平面控制测量的重要问题。本规范根据城市测量工作的特点，提出坐标系统的选择应以投影长度变形不大于2.5cm/km为原则。因为一千米长度变形为2.5cm时，即相对误差为1/40000，这样的长度变形，能满足城市1∶500地形测图及城市工程测量的要求，在实地测量中无需进行投影变形改正。同时还应顾及到城市地理位置和平均高程的情况来选择坐标系统。

城市平面控制网的坐标系统最理想的是和国家网的坐标系统取得一致，使城市网能成为国家网的组成部分。但是城市网要求根据平面控制点坐标反算的边长与实量边长尽可能相符，也就是要求控制网边长归算到参考椭球体面上（或平均海水面上）的高程归化和高斯正形投影的距离改化的总和（即长度变形）限制在

一定数值内，才能满足城市1∶500比例尺测图和市政工程施工放样的需要。因此，城市平面控制网要采用国家统一坐标系统，必须具备下列条件：

1　城市中心地区位于高斯正形投影统一3°带主子午线附近。

2　城市平均高程面必须接近国家参考椭球体面或平均海水面。

3　城市所在地区的国家网精度高于城市首级网的精度。

同时满足上述条件的城市为数不多，因此根据具体情况与要求建议按下列次序选择坐标系统：高斯正形投影统一3°带平面直角坐标系统、抵偿高程面上的高斯正形投影3°带平面直角坐标系统、高斯正形投影任意带平面直角坐标系统、假定平面直角坐标系统。今分析说明如下：

三角网中的测距边、导线网和边角组合网中的观测边长D归化至参考椭球体面上时，其长度将会缩短ΔD。设归化高程为H，地球平均曲率半径为R，则其近似关系式为：

$$\frac{\Delta D}{D}=\frac{H}{R} \tag{1}$$

即$\Delta D/D$和归化高程H成正比。设$R=6371\text{km}$，H为50～2000m时，$\Delta D/D$的数值如表1。

表1　$\Delta D/D$与H的关系

H（m）	50	100	160	300	500	1000	2000
$\Delta D/D$	1/127000	1/64000	1/40000	1/21000	1/12700	1/6400	1/3200

椭球体上的边长S投影至高斯平面，其长度将会放长ΔS，设该边两端点的平均横坐标为y_m，其差数为Δy，则

$$\Delta S=S\left\{\frac{y_m^2}{2R^2}+\frac{(\Delta y)^2}{24R^2}\right\}$$

其近似关系式为：

$$\frac{\Delta S}{S}=\frac{y_m^2}{2R^2} \tag{2}$$

当 y_m 为 10～150km 时，高斯正形投影的距离改化的相对数值如表 2。

表 2　$\Delta S/S$ 与 y_m 值的关系

y_m (km)	10	20	30	45	50	100	150
$\Delta S/S$	1/810000	1/200000	1/90000	1/40000	1/32000	1/8100	1/3600

在城市地区的平面控制网的计算中只允许有较微小的长度变形，使控制点间按坐标反算的长度和实地测量的长度之比（称为投影长度比）接近于 1，在使用这些控制点的数据时实用上可以不进行任何化算，以便于城市大比例尺测图和市政工程的施工放样。

对于城市最大比例尺 1∶500 测图，设其图幅大小为 500mm×500mm，如果认为横跨相邻图幅的两个平面控制点间的投影长度变形小于 0.05mm 时可以忽略不计，则其相对变形为 1/10000；对于一般市政工程施工放样，要求平面控制点之间的相对精度为 1/20000。因此从城市最大比例尺测图与市政工程施工放样两者中要求较高的来考虑，使其实际上不受影响，本规范规定投影（包括高程归化和高斯投影）的长度变形不得大于 1/40000，即不得大于 2.5cm/km。

从国家与城市的平面控制网的坐标系统宜一致，以便于互相利用方面来考虑，本规范建议首先应考虑采用高斯正形投影统一 3°带平面直角坐标系。但是从以上表列数字来看，城市地区高程若大于 160m 或其平面位置离开统一 3°带的主子午线的东西方向距离（横坐标）若大于 45km，其长度变形均超过规定的 1/40000，这时应该采取适当的措施。

利用高程归化和高斯投影对于控制网边长的影响为前者缩短和后者伸长的特点，存在着两者抵偿的地带，即根据(1)、(2)式，使

$$\frac{H}{R}=\frac{y_m^2}{2R^2} \tag{3}$$

当然，完全抵偿是不可能的，因为同一城市地区高程 H 有变化，y_m

仅是指平均横坐标，地区总是有一个东西方向的宽度。如果不能完全抵偿而容许有一个残余的差数 V_s，则其相对差数为：

$$\frac{V_s}{S} = \frac{y_m^2}{2R^2} - \frac{H}{R} \tag{4}$$

如果按上述规定使 $V_s/S = \pm 1/40000$，设 $R = 6371\text{km}$，则

$$y_m = \sqrt{12742H \pm 2029} \tag{5}$$

式中 y_m 及 H 均以 km 为单位。由此算得抵偿地带的高程和相应的横坐标区间如表 3。

表 3　抵偿地带的高程和相应的横坐标区间

H (m)	0	50	160	300	500	1000	2000
$\pm y_m$ (km)	0～45	0～52	3～64	42～76	66～92	104～122	153～166

可见对于一定的高程只存在一定的抵偿地带，其东西宽度随高程的增加而愈来愈狭窄，城市的区域往往不可能正好在这一范围内。

用人为地改变归化高程来使它与高斯投影的长度改化相抵偿，但并不改变按统一 3°带的主子午线的投影方法称为抵偿高程面的高斯正形投影统一 3°带平面直角坐标系，简称抵偿坐标系。此时选择高程修正值 ΔH 使：

$$\frac{H + \Delta H}{R} = \frac{y_0^2}{2R^2} \tag{6}$$

式中　y_0——城市中心地区某点的横坐标值。

由于抵偿坐标系仍按统一 3°带进行高斯投影的方向和距离改化，因此在此系统中的坐标值和按真正高程进行归化的 3°带高斯投影的坐标换算仅是简单的缩放比例关系。

采用抵偿坐标系时，长度变形完全被抵偿的也仅仅是在某一横坐标（y_0）处，因此也应有东西宽度的限制。设横坐标变化 Δy，使投影的长度变形限制为 1/40000，则可以得到下式：

$$\left| \frac{y_0^2}{2R^2} - \frac{(y_0 + \Delta y)^2}{2R^2} \right| = \frac{1}{40000} \tag{7}$$

设 $R = 6371\text{km}$ 则上式可写成：

$$\left| y_0^2 - (y_0 + \Delta y)^2 \right| = 2029 \tag{8}$$

如果 Δy 为正值，则令 $y_E = y_0 + \Delta y$，此时上式应为：

$$(y_0 + \Delta y)^2 - y_0^2 = 2029$$

即

$$y_E = \sqrt{2029 + y_0^2} \tag{9}$$

如果 Δy 为负值，则令 $y_W = y_0 + \Delta y$，此时分为两种情况：当 $y_0 < 45$km 时，

$$y_W = -\sqrt{2029 + y_0^2} \tag{10}$$

当 $y_0 \geqslant 45$km 时，此时（8）式应为：

$$y_0^2 - (y_0 + \Delta y)^2 = 2029$$

即

$$y_W = \sqrt{y_0^2 - 2029} \tag{11}$$

对于各种 y_0 的数值，东、西边缘的横坐标值 y_E、y_W 以及向东、向西的横坐标差 Δy_E、Δy_W 如表 4 所示。例如对于 $y_0 = 75$km，则 $\Delta y_E = 12$km，$\Delta y_W = -15$km，此时抵偿坐标系的容许东西宽度为 27km，横坐标值为 60～87km。如果超出这个范围，虽然采用了抵偿坐标系，东西边缘的长度变形仍大于规定的要求。

表 4　当投影长度变形限制为 1/40000 时的东、西边缘横坐标值（km）

y_W	Δy_W	y_0	Δy_E	y_E
−46	−56	10	+36	46
−49	−69	20	+29	49
−54	−84	30	+24	54
−60	−100	40	+20	60
0	−45	45	+19	64
22	−28	50	+17	67
40	−20	60	+15	75
60	−15	75	+12	87
89	−11	100	+10	110
143	−7	150	+7	157

如果由于以上原因不能采用统一 3°带高斯正形投影平面直角坐标系或抵偿坐标系时，则可以采用任意带（使主子午线通过城市中心区）高斯正形投影平面直角坐标系，并用城市平均高程面进行高程归化，以减小长度变形。

2.1.5 为了解决城市控制网的定向问题，在进行城市控制网测量中，应与国家三角网联结。在未能联测或联测确有困难时，应在测区中央或附近的控制点上采用GPS定位或测定天文方位角。

2.1.7 本条规定是指凡有国家控制点的地区进行城市控制网测量时，应对国家控制点的标石与标架进行实地检查，对其测量成果进行分析，应充分地利用完好的标石与标架以及可用的测量成果，以减少重复测量和节省测量费用。

2.1.8 城市平面控制网的精度要求应满足城市最大基本比例尺测图、解析法细部坐标测量和普通市政工程施工放样的需要。城市最大基本比例尺测图为1∶500，图解精度以图上0.1mm计算，则实地精度为5cm。因此规定四等以下各级平面控制网的最弱点点位中误差相对于起算点（上级控制点）而言不得大于5cm。四等以下各级平面控制网的精度指标对于普通市政工程的施工放样也是能够满足要求的，因为放样时要求新建筑物与邻近已有建筑物或与平面控制点的相对位置误差不应大于10～20cm，因此用作施工放样的控制点本身具有5cm的误差也是允许的。

平面控制点的点位误差是一个相对的概念，对于控制大比例尺测图和市政工程放样也应该有一个距离的范围。本规范规定：四等以下平面控制网的点位中误差是相对于起算点而言，最弱点是指其网中离开高级点最远或结构强度最薄弱处的点而言。因为四等网的平均边长为2km，四等以下的平面控制网点离开高级控制点不会超过1km，对于正方形分幅1∶2000比例尺测图不大于一幅图的范围，1∶1000比例尺不大于四幅图的范围，而对于1∶500比例尺则不大于16幅图的范围。在这样的范围内，这些控制点可能落于同一图幅或相邻图幅，因此要求其有0.1mm的图上精度，其最高要求实地点位中误差为5cm。对于市政工程施工放样来说，在大约4km^{2}范围内有上述规定的点位精度也已经能够满足要求。

至于平均边长大约为2km左右的四等平面控制网，本规范规定为最弱相邻点的相对点位中误差不得大于5cm，这是指对于相

邻同级点而言。作为控制下级网，能保证同级相邻点之间的相对精度就可以了，因为下级网就依附在这些点上，而不可能绕过若干高级点而进行附合。城市四等平面控制网是基本控制网，它并不直接用于测图或施工放样，而是作为下级平面控制网的骨干，应满足 5cm 的精度要求。至于城市三等或二等网的精度要求，则根据其能保证控制下级网而进行设计。

对于平面控制网的精度，原《城市测量规范》(1959 年) 是以最低等(指四等)三角网的最弱边相邻点的点位中误差来衡量。对于三角网来说，离开基线边最远、图形结构又较差之处存在最弱边。目前可以用多种形式布设四等或四等以上的平面控制网，对于三边网和导线网来说，每条边都是实测，无最弱边可言。本规范为了统一平面控制网的精度衡量标准，提出“最弱相邻点”的概念，这对于三角网，并不改变其原来的“最弱边相邻点”的含义；对于导线网，是指相邻而不相连测的两点，而该处导线网的图形结构又是最差的；对于三边网，在图形结构最差之处可以找到最弱相邻点。

平面控制点的位置是根据起始数据并通过边长、角度等观测值进行计算，最后以一对平面直角坐标值 (x、y) 来确定的。由于观测值中的随机误差，使平面控制点的坐标也具有随机误差 m_x、m_y 并定义总的点位误差为：

$$M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} \tag{12}$$

m_x、m_y 也称为点位在坐标轴方向上的误差。由于点位误差是一个两维随机变量，它不但可以用 m_x、m_y 来表示，也可以用其他任意两个相互垂直的方向上的误差，例如以某一方向为纵向、与之垂直的方向为横向的纵、横向误差 m_t、m_u 来表示，即

$$M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{m_t^2 + m_u^2} \tag{13}$$

在一般情况下，$m_x \neq m_y$、$m_t \neq m_u$，从这一点也可以说明，点位在各个方向上的误差是有变化的。能够全面地反映点位误差的概率分布情况的是点位误差椭圆，它能够反映出各个方向上的点

位误差，包括最大与最小的误差。误差椭圆的参数为：长半轴 a_w、短半轴 b_w 和长半轴的方向角 φ_0，如图 1 所示。根据观测值的中误差计算的误差椭圆称为中误差椭圆。中误差椭圆的长短半轴依次乘以 2 和 3，称为 2 倍中误差椭圆和 3 倍中误差椭圆。点位落入中误差椭圆内的概率为 0.394，落入 2 倍中误差椭圆内的概率为 0.865，落入 3 倍中误差椭圆内的概率为 0.989。误差椭圆不加说明时都是指中误差椭圆。

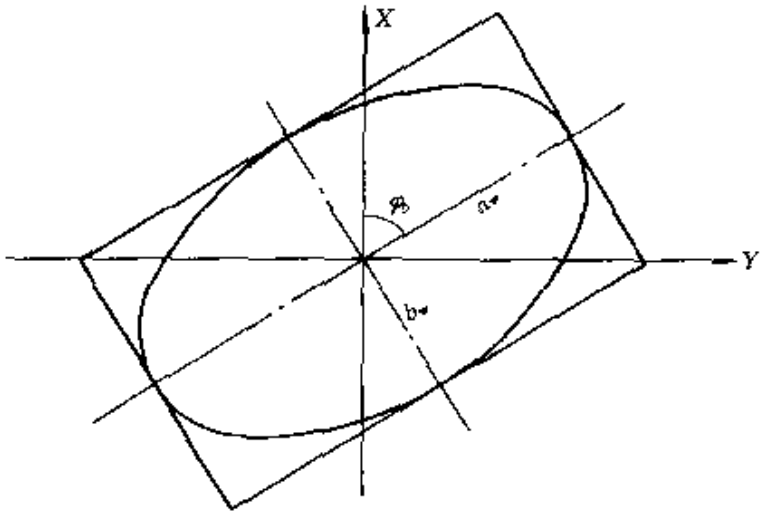


图 1　误差椭圆的参数

坐标轴方向上的误差 m_x、m_y 和误差椭圆参数 a_w、b_w、φ_0 均可根据平面控制网各待定点的协因数矩阵 Q 及单位权中误差 σ_0 求得，设网中有 t 个待定点，则协因数矩阵的维数为 $2t\times 2t$，其一般形式为：

$$Q=\begin{bmatrix} Q_{x_1x_1} & Q_{x_1y_1} & Q_{x_1x_2} & Q_{x_1y_2}\cdots\cdots Q_{x_1x_t} & Q_{x_1y_t} \\ Q_{y_1x_1} & Q_{y_1y_1} & Q_{y_1x_2} & Q_{y_1y_2}\cdots\cdots Q_{y_1x_t} & Q_{y_1y_t} \\ \cdots\cdots & & & & \\ \cdots\cdots & & & & \\ Q_{x_tx_1} & Q_{x_ty_1} & Q_{x_tx_2} & Q_{x_ty_2}\cdots\cdots Q_{x_tx_t} & Q_{x_ty_t} \\ Q_{y_tx_1} & Q_{y_ty_1} & Q_{y_tx_2} & Q_{y_ty_2}\cdots\cdots Q_{y_tx_t} & Q_{y_ty_t} \end{bmatrix} \tag{14}$$

第 i 点坐标的方差与协方差为：

$$\left.\begin{aligned} m_{x_i}^2 &= \sigma_0^2 Q_{x_i x_i} \\ m_{y_i}^2 &= \sigma_0^2 Q_{y_i y_i} \\ m_{x_i y_i} &= \sigma_0^2 Q_{x_i y_i} \end{aligned}\right\} \tag{15}$$

式中 σ_0——单位权中误差。

网中所有待定点坐标的方差—协方差矩阵为：

$$D = \sigma_0^2 Q = \begin{bmatrix} m_{x_1}^2 & m_{x_1 y_1} & m_{x_1 x_2} & m_{x_1 y_2} \cdots\cdots m_{x_1 x_t} & m_{x_1 y_t} \\ m_{y_1 x_1} & m_{y_1}^2 & m_{y_1 x_2} & m_{y_1 y_2} \cdots\cdots m_{y_1 x_t} & m_{y_1 y_t} \\ \cdots\cdots & & & & \\ \cdots\cdots & & & & \\ m_{x_t x_1} & m_{x_t y_1} & m_{x_t x_2} & m_{x_t y_2} \cdots\cdots m_{x_t}^2 & m_{x_t y_t} \\ m_{y_t x_1} & m_{y_t y_1} & m_{y_t x_2} & m_{y_t y_2} \cdots\cdots m_{y_t x_t} & m_{y_t}^2 \end{bmatrix} \tag{16}$$

根据待定点坐标的方差—协方差矩阵，可按下式计算第 i 点误差椭圆的参数：

$$\left.\begin{aligned} \varphi_0 &= \frac{1}{2}\mathrm{tg}^{-1}\left(\frac{2m_{x_i y_i}}{m_{x_i}^2 - m_{y_i}^2}\right) \\ a_w^2 &= \frac{1}{2}\{m_{x_i}^2 + m_{y_i}^2 + \sqrt{(m_{x_i}^2 - m_{y_i}^2) + 4m_{x_i y_i}^2}\} \\ b_w^2 &= \frac{1}{2}\{m_{x_i}^2 + m_{y_i}^2 - \sqrt{(m_{x_i}^2 - m_{y_i}^2) + 4m_{x_i y_i}^2}\} \end{aligned}\right\} \tag{17}$$

由此可见，对第 i 点的点位误差：

$$M_i^2 = m_{x_i}^2 + m_{y_i}^2 = a_w^2 + b_w^2$$

在独立网中，坐标误差、误差椭圆和点位误差都是对起算点而言；在附合于多个高级点的加密网中，是对各个高级点而言，所以有时又称为绝对点位误差、绝对点位误差椭圆，简称为点位误差、点位误差椭圆，在本规范中用来衡量四等以下平面控制点相对于起算点的点位误差。

在四等及四等以上的平面控制网中，根据控制低级网的需要，本规范规定同级网的最弱相邻点的精度指标，即规定两个待定点之间（不论是否连测）的相对点位误差。这就需要用到两点之间

的坐标增量误差、边长和方向角误差或相对点位误差椭圆来衡量。

任意两个待定点 i、j 的相对位置可以用其坐标差（坐标增量）来表示：

$$\Delta x_{ij} = x_j - x_i \qquad \Delta y_{ij} = y_j - y_i$$

根据待定点坐标的方差—协方差矩阵，可以分离出有关 i 与 j 点的子矩阵：

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} m_{x_i}^2 & m_{x_i y_i} & m_{x_i x_j} & m_{x_i y_j} \\ m_{y_i x_i} & m_{y_i}^2 & m_{y_i x_j} & m_{y_i y_j} \\ m_{x_j x_i} & m_{x_j y_i} & m_{x_j}^2 & m_{x_j y_j} \\ m_{y_j x_i} & m_{y_j y_i} & m_{y_j x_j} & m_{y_j}^2 \end{bmatrix} \tag{18}$$

按协方差传播定律，可以得到 i、j 点增量的方差和协方差：

$$\left.\begin{aligned} m_{\Delta x}^2 &= m_{x_i}^2 + m_{x_j}^2 - 2m_{x_i x_j} \\ m_{\Delta y}^2 &= m_{y_i}^2 + m_{y_j}^2 - 2m_{y_i y_j} \\ m_{\Delta x \Delta y} &= m_{x_i y_i} + m_{x_j y_j} - m_{x_i y_j} - m_{x_j y_i} \end{aligned}\right\} \tag{19}$$

即 i、j 点增量的方差—协方差矩阵为：

$$D_{\Delta x \Delta y} = \begin{bmatrix} m_{\Delta x}^2 & m_{\Delta x \Delta y} \\ m_{\Delta x \Delta y} & m_{\Delta y}^2 \end{bmatrix} \tag{20}$$

而 i、j 点的相对点位误差为：

$$M_{ij} = \sqrt{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2} \tag{21}$$

i 和 j 点之间的边长和方向角的计算公式为：

$$S = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \qquad \alpha = \mathrm{tg}^{-1}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)$$

根据两点间增量的方差和协方差，按协方差传播定律，得到：

$$\left.\begin{aligned} m_s^2 &= \cos^2\alpha m_{\Delta x}^2 + \sin^2\alpha m_{\Delta y}^2 + 2\sin\alpha\cos\alpha m_{\Delta x \Delta y} \\ m_\alpha^2 &= \left(\frac{\Delta y}{S^2}\rho''\right)^2 m_{\Delta x}^2 + \left(\frac{\Delta x}{S^2}\rho''\right)^2 m_{\Delta y}^2 - 2\Delta x \Delta y\left(\frac{\rho''}{S^2}\right)^2 m_{\Delta x \Delta y} \end{aligned}\right\} \tag{22}$$

如果以两点间的边长误差 m_s 作为纵向误差 m_t，则方向角误差的弧度 $\frac{m''_\alpha}{\rho''}$ 乘以边长 S 可作为横向误差 m_u，即：

$$\left.\begin{aligned} m_t^2 &= m_s^2 \\ m_u^2 &= \frac{m_\alpha^2}{\rho^2}S^2 = \sin^2\alpha\, m_{\Delta x}^2 + \cos^2\alpha\, m_{\Delta y}^2 \\ &\quad - 2\sin\alpha\cos\alpha\, m_{\Delta x\Delta y} \end{aligned}\right\} \tag{23}$$

因此 i、j 点的相对点位误差也可表示为：

$$M_{ij} = \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m''_\alpha}{\rho''}S\right)^2} = \sqrt{m_t^2 + m_u^2} \tag{24}$$

更全面地表示相对点位误差，则用下式求出相对误差椭圆参数：

$$\left.\begin{aligned} \varphi_0 &= \frac{1}{2}\mathrm{tg}^{-1}\left(\frac{2m_{\Delta x\Delta y}}{m_{\Delta x}^2 - m_{\Delta y}^2}\right) \\ a_{ij}^2 &= \frac{1}{2}\{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \sqrt{(m_{\Delta x}^2 - m_{\Delta y}^2) + 4m_{\Delta x\Delta y}^2}\} \\ b_{ij}^2 &= \frac{1}{2}\{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 - \sqrt{(m_{\Delta x}^2 - m_{\Delta y}^2) + 4m_{\Delta x\Delta y}^2}\} \end{aligned}\right\} \tag{25}$$

因此 i、j 点的相对点位误差也可表示为：

$$M_{ij} = \sqrt{a_{ij}^2 + b_{ij}^2} = \sqrt{m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2} = \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m''_\alpha}{\rho''}S\right)^2} \tag{26}$$

相对点位误差的衡量可以用以上任何一种计算方法，这几种计算方法所以会得到同一结果是基于坐标轴的旋转并不影响点位精度这一原理。按以边长方向为纵向的纵、横向误差计算时，实质上就是把坐标轴旋转至两点的连线方向而计算坐标轴方向的误差；按相对点位误差椭圆的长、短半轴计算时，实质上就是把坐标轴旋转至最大误差的方向而计算坐标轴方向的误差。

2.1.9 在光电测距、全球定位系统(GPS)日益普及采用的情况下，城市平面控制网以单纯的三角网形式布设已很少被采用。但是一些按原《城市测量规范》CJJ8—85 布设的城市三角网的成果仍

在被应用，也不能排除个别地区仍然采用三角网，故本规范仍列出城市三角网布设的技术要求。

各等级三角网的点位精度和平均边长、测角中误差、起始边的边长精度和网形结构有关。本规范采用的平均边长、测角中误差、起始边边长相对中误差等已为广大城市测量工作者所熟悉和掌握，应予沿用。

关于三角网中的边长精度系列与测角中误差、网形结构的关系，说明如下：

边长的相对误差 m_s/S 与边长的对数误差 $m_{\lg s}$（以对数小数第6位为单位）有下列关系：

$$\frac{m_s}{S}=\frac{m_{\lg s}}{\mu\times 10^6}\qquad(\mu=0.43429)\tag{27}$$

以三角网的测角中误差 m_β 为单位权中误差，则边长传算时由测量误差（测角误差）所引起的边长相对中误差为：

$$\frac{m_{s'}}{S}=\frac{m_\beta}{\mu\times 10^6}\sqrt{\frac{1}{P_{\lg S'}}}\tag{28}$$

式中 $1/P_{\lg s'}$ 为边长传算的对数权倒数。再顾及三角网中起始边（基线边）的边长相对中误差 m_B/B，则传算边长的相对中误差为：

$$\frac{m_s}{S}=\sqrt{\left(\frac{m_B}{B}\right)^2+\left(\frac{m_\beta}{\mu\times 10^6}\right)^2\frac{1}{P_{\lg S'}}}\tag{29}$$

令

$$\frac{m_B}{B}=\frac{m_\beta}{\mu\times 10^6}\sqrt{\frac{1}{P_{\lg B}}}\tag{30}$$

则(29)式也可以写成：

$$\frac{m_s}{S}=\frac{m_\beta}{\mu\times 10^6}\sqrt{\frac{1}{P_{\lg B}}+\frac{1}{P_{\lg S'}}}\tag{31}$$

讨论边长的精度系列时，上式可写成：

$$\frac{1}{T_i}=\sqrt{\left(\frac{1}{Q_i}\right)^2+\left(\frac{1}{C_i}\right)^2}\tag{32}$$

式中 $\frac{1}{T_i}$——第 i 等级最弱边的相对中误差；

$\frac{1}{Q_i}$—— 该等级的起始边的相对中误差；

$\frac{1}{C_i}$—— 测角误差所引起的边长相对中误差。

设 $r = C_i/Q_i$ 为测量误差与起始数据误差之比，$r_1 = C_i/T_i$ 为测量误差与总误差之比。$(r_1 - 1)$ 为因起始数据而使误差增大的比率，对于各种 r、r_1 和 $(r_1 - 1)$ 值如表 5：

表 5　r、r_1 和 (r_1-1) 值

$r=\frac{C}{Q}$	1	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$
$r_1=\frac{C}{T}$	1.414	1.225	1.155	1.118	1.054	1.020
r_1-1	0.414	0.225	0.155	0.118	0.054	0.020

由此可见，使起始数据误差的影响不大，但又不致对高级网提出较难达到的精度要求，则取 $r = \frac{1}{\sqrt{2}} \sim \frac{1}{2}$ 较为恰当。本规范对于二、三、四等三角网及一、二级小三角网的边长精度系列即在此范围内制定。

在上述精度系列的规定下，对各等级三角网的图形布设进行讨论。对于(31)式，令

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m_\beta}{\mu \times 10^6}\sqrt{\frac{1}{P_{\lg S}}} \tag{33}$$

则可以得到：

$$\frac{1}{P_{\lg S}} = \frac{1}{P_{\lg B}} + \frac{1}{P_{\lg S'}}$$

或

$$\frac{1}{P_{\lg S'}} = \frac{1}{P_{\lg S}} - \frac{1}{P_{\lg B}} \tag{34}$$

根据各等级三角测量的起始边、最弱边的相对中误差和测角中误差(测量误差)，可以按(34)式得到容许的由测量误差引起最弱边的相对误差如表 6。

表 6　测角中误差对最弱边的影响

三角网等级	测角中误差 m_β (")	起始边		最弱边		测角中误差对最弱边的影响	
		相对中误差	$\frac{1}{P_{lgB}}$	相对中误差	$\frac{1}{P_{lgS}}$	$\frac{1}{P_{lgS'}}$	相对中误差
二　等	±1.0	1/300000	2.10	1/120000	13.10	11.00	1/131000
三　等	±1.8	首级 1/200000 加密 1/120000	1.46 4.04	1/80000	9.10	7.64 5.06	1/87000 1/107000
四　等	±2.5	首级 1/120000 加密 1/80000	2.10 4.72	1/45000	14.90	12.80 10.18	1/49000 1/54000
一　级	±5"	1/40000	4.72	1/20000	18.86	14.14	1/23000
二　级	±10	1/20000	4.72	1/10000	18.86	14.14	1/12000

从三角形单锁中推算边长时：

$$m_{lgS'} = m_\beta \sqrt{\frac{1}{P_{lgS'}}} = m_\beta \sqrt{\frac{2}{3}\Sigma(\delta_a^2 + \delta_b^2 + \delta_a\delta_b)}$$

$$= m_\beta \sqrt{\frac{2}{3}\Sigma R}$$

在全面网中推算边长至少有两条路线而可以取其平均值，因此可以设：

$$m_{lgS'} = m_\beta \sqrt{\frac{1}{3}\Sigma R} \tag{35}$$

即

$$\frac{1}{P_{lgS'}} = \frac{1}{3}\Sigma R \text{ 或 } \Sigma R = \frac{3}{P_{lgS'}} \tag{36}$$

各个三角形的 R 与传距角的大小有关，如图 2，设三个角度分别为 45°、60°、75°的三角形在实际布网中是最有可能遇到的典型图形，则其平均 R 值约为 6。

根据以上假设，各等级三角网的推算边离开起始边的容许传算三角形的个数如表 7。

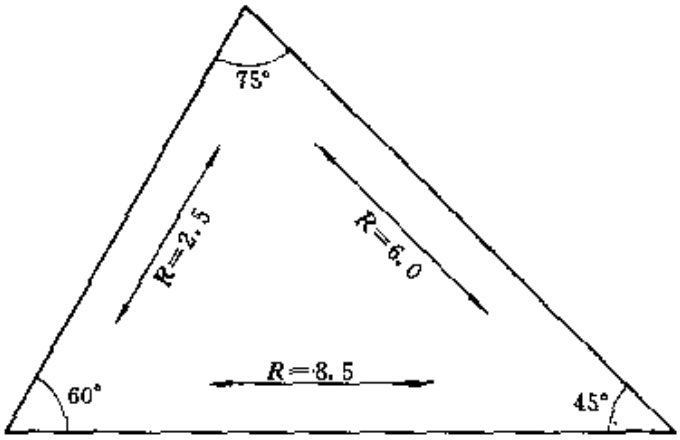


图 2　典型三角形的 R 值

表 7　传算三角形的容许个数

三角网等级		$\frac{1}{P_{1RS'}}$	$\frac{3}{P_{1RS'}}$	三角形的平均 R 值	传算三角形的容许个数
二　等		11.00	33.00	6	5
三　等	首　级	7.64	22.92	6	4
	加　密	5.06	15.18		3
四　等	首　级	12.80	38.40	6	6
	加　密	10.18	30.54		5
一　级		14.14	42.42	6	7
二　级		14.14	42.42	6	7

在光电测距普遍采用的情况下，三角网中布设必要的起算边，已不成问题。作为改善三角网的精度，适当增加光电测距的起算边数，以减少传算三角形的个数，是行之有效的方法。

2.1.10　在城市平面控制测量生产应用中，绝少采用纯三边网，由于采用各种形式的边角组合网，可以增加控制网的可靠性和点位精度的均匀性，因此将原规范有关三边网的规定代之以边角组合网的规定。边角组合网是以测边为主根据优化设计加测部分方向（或角），或以测角为主加测部分边的组合网，所有的边长和方向（或角）均作为观测数据参加平差。边角组合网的形式是多种多样的，故在论证其技术要求时，仍以三边网为主进行精度分析。

在平面控制网中，为了最终确定点位和方向，需要确定三角形

中的各边和各角。三角网通过起始边长和观测角度来推算待定边长，而三边网则通过观测边长来推算角度。两者的主要观测值不同，而确定点位并保证具有必要的精度的目的是相同的。

在三边网中，首先分析边长观测中误差对推算角度的影响：

在一个三角形中（如图 3），三边网的边和角的误差基本关系可以通过余弦公式

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$$

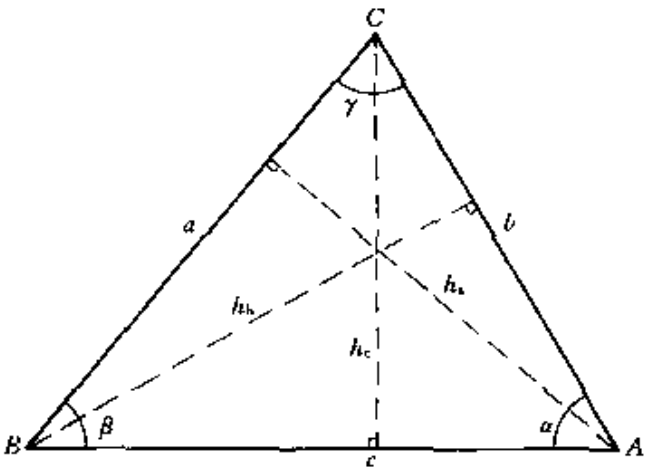


图 3　三角形的边、角及高

的微分而得到：

$$d\gamma'' = \frac{\rho''}{h_c}(-\cos\beta da - \cos\alpha db + dc)$$

或　$$d\gamma'' = \rho''\{-\operatorname{ctg}\beta\frac{da}{a} - \operatorname{ctg}\alpha\frac{db}{b} + (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta)\frac{dc}{c}\} \quad (37)$$

根据独立观测值的误差传播定律：

$$m''_\gamma = \rho''\sqrt{\operatorname{ctg}^2\beta\left(\frac{m_a}{a}\right)^2 + \operatorname{ctg}^2\alpha\left(\frac{m_b}{b}\right)^2 + (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta)^2\left(\frac{m_c}{c}\right)^2} \quad (38)$$

如果设测距的相对误差为一常数，即

$$\frac{m_a}{a} = \frac{m_b}{b} = \frac{m_c}{c} = \frac{m_s}{S}$$

则
$$m''_\gamma = \rho'' \frac{m_s}{S} \sqrt{2(\mathrm{ctg}^2\alpha + \mathrm{ctg}^2\beta + \mathrm{ctg}\alpha\mathrm{ctg}\beta)} \tag{39}$$

如果为等边三角形，则

$$m''_\alpha = m''_\beta = m''_\gamma = \rho'' \frac{m_s}{S} \sqrt{2} \tag{40}$$

设 m''_f 为每一观测方向的中误差，则 $m''_f \sqrt{2} = m''_\beta$，因此

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m''_f}{\rho''} \tag{41}$$

上式可以作为边长观测值精度与角度观测值精度相匹配的理论依据。在实测的边角组合网中，以及用典型图形模拟计算中，证明其正确性。

本规范按照城市边角组合网的设计应和城市三角网的规格取得一致的原则，采用平均边长相一致、测边和测角的精度相一致的规定，如表 8。

表 8　三角网、三边网的平均边长和观测精度

三边网和三角网等级	平均边长 (km)	三角网角度、方向观测		三边网边长观测		测边所用测距仪的标称精度 $\pm(a\mathrm{mm}+b\mathrm{ppm})$
		m_β(")	m_f(")	m_s/S	m_s (mm)	
二　等	9	±1.0	±0.7	1/300000	±30	5　3
三　等	5	±1.8	±1.3	1/160000	±30	5　5
四　等	2	±2.5	±1.8	1/120000	±16	5　5
一　级	1	±5	±3.5	1/60000	±16	10　10
二　级	0.5	±10	±7.1	1/30000	±16	10　10

从上表可以看出三边网所需要的测距仪精度是目前中、短程测距仪所具有的，实测的边长精度还可以比表列数字有所提高。

由于三边网的各边均为独立测定，平差后的边长精度（纵向误差）基本上是均匀的，但其方向精度（横向误差）受到传算线路中角度误差的影响，而角度误差与图形有关。因此三边网在选点时应和三角网一样，必须重视图形结构，以正三角形为理想图形。其大角和小角的限制的理论根据如下：

设 γ 角为等腰三角形的顶角，如图 4，则

$$m''_\gamma = \rho'' \frac{m_s}{S} \operatorname{ctg} \beta \sqrt{6} = 0.505 \times \frac{m_s}{S} \times 10^6 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \quad (42)$$

对于各个等级不同的测距相对中误差，以及大小不同的 γ 角，按边长计算的角度中误差如表 9。

由此可见，三边网中的角度精度随所对角度的增大而降低，因此在每一三角形中首先应限制最大的角度。设以 60°角度为标准，以标准角度的误差的两倍为极限，因此规定三角形的内角不应大于 100°。另一方面，三角形的内角越小，所对的边长也越短，过短的边长导致测距相对误差的增加，形成不利图形，因此又规定三角形的内角不应小于 25°，有小于 30°的角度的三角形应控制在三角形个数 10% 以下。

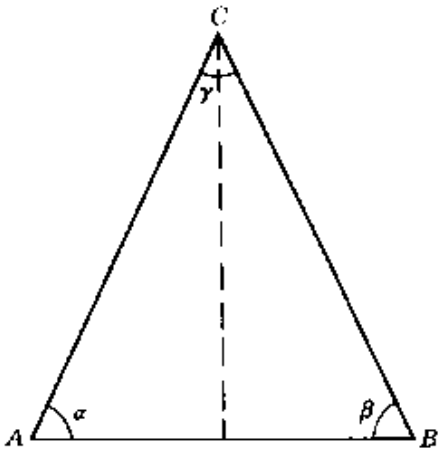


图 4　等腰三角形

表 9　等腰三边网测距误差引起的角度误差

$m_\gamma('')$ \ $\frac{m_s}{S}$ / $\gamma(°)$	$\frac{1}{300000}$	$\frac{1}{160000}$	$\frac{1}{120000}$	$\frac{1}{60000}$	$\frac{1}{30000}$
30	0.45	0.84	1.13	2.26	4.51
40	0.61	1.15	1.53	3.06	6.13
50	0.79	1.47	1.96	3.93	7.85
60	0.97	1.82	2.43	4.86	9.72
70	1.18	2.21	2.95	5.90	11.8
80	1.41	2.65	3.53	7.07	14.1
90	1.68	3.16	4.21	8.42	16.8
100	2.01	3.76	5.02	10.0	20.1
110	2.41	4.51	6.01	12.0	24.1
120	2.92	5.47	7.29	14.6	29.2

观测在进行中或结束时，对野外测量成果的检核是十分重要的，大都认为三边网的检核条件较少（三边网边长的对向观测的差值实际上也是很好的检核），因此本规范规定对于网中每一个中点多边形、大地四边形或扇形必须作圆周角条件及组合角条件的检核。

为了进行上述检核，首先必须列出这些条件方程式，三边网的条件方程式可以用多种形式写出，考虑到测量工作者已熟悉三角网中极条件的检核，因此建议采用圆周角条件和组合角条件的形式，把边长闭合差化为角度闭合差而检验其是否超限。

2.1.11 随着测距仪的普遍采用，导线作为城市平面控制网的一种形式，得到广泛应用。在平原建成区、林木荫蔽地区，布设导线网是很合适的。

对于四等以下的导线网，考虑到各城市地区差异，例如平原城市与山城、旧城区与新城区、建筑的疏密程度不同等，将导线分为一、二、三级，实际采用时可选取其中两级，对导线量距的规定仍兼顾到钢尺丈量。

导线设计的理论分析以直伸等边的单导线作为基础，然后用等权代替法、模拟计算法等推广到导线网。

单导线设计的理论根据是：

1 导线的最弱点在其中部，最弱点的点位误差由测量误差和起始数据误差所引起。

2 起始或测量的长度元素引起导线点位的纵向（导线延伸方向）误差、角度元素引起导线点位的横向（垂直于导线延伸方向）误差。

3 设计各等级导线网时，使起始数据误差和测量误差对最弱点（导线中点）点位的影响相等；使最弱点点位的纵向误差和横向误差相等。即所谓“中点等影响”原则，由此得到的理想结果是导线中部最弱点的误差椭圆为一个点位误差不大于 5cm 的误差圆。

检验导线测量精度的一个最明显的指标为导线的角度和坐标闭合差。习惯上检验导线的闭合差分两步进行，首先检验角度闭合

差，在容许范围内则加以调整，然后检验坐标闭合差。

用限制导线坐标闭合差来保证导线中点的点位精度，需要根据导线中点与端点的误差关系。导线经过角度闭合差的调整，由导线测量误差所引起的导线端点的纵向误差和横向误差如下式所示：

$$\left.\begin{aligned} m_t &= \sqrt{n \cdot m_s^2 + \lambda^2 (nS)^2} \\ m_u &= S \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{n(n+1)(n+2)}{12}} \end{aligned}\right\} \tag{43}$$

式中 n——导线边数；

S——平均边长(mm)；

m_s——测距偶然中误差(mm)；

λ——测距系统误差的比例系数；

m_β—— 测角中误差(″)。

导线经过平差后，中点的纵向误差 $m_{t(m)}$、横向误差 $m_{u(m)}$ 为：

$$\left.\begin{aligned} m_{t(m)} &= \frac{\sqrt{n}}{2} m_s \\ m_{u(m)} &= S \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{n(n+2)(n^2+2n+4)}{192(n+1)}} \end{aligned}\right\} \tag{44}$$

由起始数据误差引起导线端点的纵、横向误差为：

$$\left.\begin{aligned} m_t' &= m_{s_{AB}} \\ m_u' &= \frac{m_\alpha}{\rho} \cdot \frac{nS}{\sqrt{2}} \end{aligned}\right\} \tag{45}$$

式中 $m_{s_{AB}}$——导线两端点(已知点)连线的边长误差(mm)；

m_α——导线两端附合的已知边方向的方向角误差(″)。

由起始数据误差引起导线中点的纵、横向误差为：

$$\left.\begin{aligned} m_{t'(m)} &= \frac{1}{2} m_{s_{AB}} \\ m_{u'(m)} &= \frac{m_\alpha}{\rho} \frac{nS}{2\sqrt{2}} \end{aligned}\right\} \tag{46}$$

由此可见，导线端点的点位误差 M 和中点的点位误差 $M_{(m)}$ 由上述四种误差所形成，即

$$\left.\begin{aligned} M &= \sqrt{m_t^2 + m_u^2 + m'^2_t + m'^2_u} \\ M_{(m)} &= \sqrt{m_{t(m)}^2 + m_{u(m)}^2 + m'^2_{t(m)} + m'^2_{u(m)}} \end{aligned}\right\} \quad (47)$$

将导线端点和中点的各项误差列入表 10，分别求其比值：

表 10　中、端点各项误差比值

项目	导线测量误差引起		起始数据误差引起		总的点位误差
	纵向误差	横向误差	纵向误差	横向误差	
端点误差	$m_s\sqrt{n}$	$\frac{m_\beta}{\rho}S\sqrt{\frac{n(n+1)(n+2)}{12}}$	$m_{s_{AB}}$	$\frac{m_\alpha}{\rho}S\frac{n}{\sqrt{2}}$	M
中点误差	$m_s\frac{\sqrt{n}}{2}$	$\frac{m_\beta}{\rho}S\sqrt{\frac{n(n+2)(n^2+2n+4)}{192(n+1)}}$	$\frac{1}{2}m_{s_{AB}}$	$\frac{m_\alpha}{\rho}S\frac{n}{2\sqrt{2}}$	$M_{(m)}$
中、端点误差比值	1∶2 （注 1）	1∶4 （注 2）	1∶2	1∶2	1∶2.65 （$\approx\sqrt{7}$）

注：1　按照严格直伸导线的误差传播理论，平差后测距的系统误差可以完全消除，事实上导线不可能严格直伸，因此假定平差后中点仍受到 $\frac{1}{2}\lambda nS$ 的测距系统误差的影响，故中、端点误差比值仍为 1∶2；

2　该项比值随导线边数 n 的变化而变化，对于不同的 n，其比值如表 11。

表 11　中、端点横向误差比值随边数的变化

n	4	8	12	16
$m_{u(m)}/m_u$	1∶3.78	1∶3.93	1∶3.96	1∶3.98

故可近似地取比值为 1∶4

使导线中点的点位误差限制为 5cm，即

$$M_{(m)} = \sqrt{m_{t(m)}^2 + m_{u(m)}^2 + m'^2_{t(m)} + m'^2_{u(m)}} = 50\text{mm}$$

按等影响原则，令

$$m_{t(m)} = m_{u(m)} = m_{t'(m)} = m_{u'(m)} = \frac{50mm}{\sqrt{4}} = \pm 25mm$$

根据中、端点误差的比值，得到导线端点由测量误差引起的纵、横向误差应为：

$$m_t' = \pm 25mm \times 2 = \pm 50mm$$

$$m_u' = \pm 25mm \times 4 = \pm 100mm$$

由起始数据误差引起的纵、横向误差应为：

$$m_t' = \pm 25mm \times 2 = \pm 50mm$$

$$m_u' = \pm 25mm \times 2 = \pm 50mm$$

由导线测量误差、起始数据误差引起的端点点位误差分别为：

$$M_1 = \sqrt{50^2 + 100^2} = 112mm$$

$$M_2 = \sqrt{50^2 + 50^2} = 71mm$$

$$M = \sqrt{M_1^2 + M_2^2} = \sqrt{112^2 + 71^2} = 133mm$$

M 为总的端点点位中误差，其具体的反映为导线的全长闭合差。由此可以估算导线的相对闭合差，并规定容许的相对闭合差，如表 12。

表 12　各等级光电测距导线的容许相对闭合差

导线等级	总长(km)	估算相对闭合差	2 倍相对闭合差	采用的容许相对闭合差
三　等	15	1/112782	1/56391	1/60000
四　等	10	1/75188	1/37594	1/40000
一　级	3.6	1/27067	1/13534	1/14000
二　级	2.4	1/18045	1/9023	1/10000
三　级	1.5	1/11278	1/5639	1/6000

导线端点应限制的测量纵向误差为±50mm，即

$$m_t = \sqrt{nm_s^2 + (nS)^2\lambda^2} = \pm 50mm$$

设光电测距仪的测距系统误差为±2ppm，则上式可写成：

$$\sqrt{nm_s^2 + (nS)^2 \times 2^2} = \pm 50\text{mm}$$

由此得到每边的光电测距偶然误差应为：

$$m_s = \sqrt{\frac{2500 - 4(nS)^2}{n}} \tag{48}$$

式中 S 以 km 为单位，m_s 以 mm 为单位。

导线端点限制的测量横向误差应为±100mm，即

$$m_u = S\frac{m_\beta}{\rho}\sqrt{\frac{n(n+1)(n+2)}{12}} = \pm 100\text{mm}$$

由此得到导线的测角中误差应为：

$$m_\beta'' = \frac{20.6}{nS}\sqrt{\frac{12n}{(n+1)(n+2)}} \tag{49}$$

对于各等级导线每边用光电测距的测距误差、测角中误差的估算值与采用值如表 13。

表 13　各等级导线边的测距误差和测角中误差

导线等级		总长(km)	边　数	每边测距误差(mm)		测角中误差(″)	
				估　算	采　用	估　算	采　用
三　等		15	5	±17.89	±18	±1.64	±1.5
四　等		10	6	±18.71	±18	±2.34	±2.5
一　级	光电测距	3.6	12	±14.28	±15	±5.09	±5
	钢尺量距	2.5	10	—	—	±7.86	
二　级	光电测距	2.4	12	±14.37	±15	±7.64	±8
	钢尺量距	1.8	10	—	—	±10.91	
三　级	光电测距	1.5	12	±14.41	±15	±12.22	±12
	钢尺量距	1.2	10	—	—	±16.37	

对于钢尺量距，其偶然误差部分

$$m_s = \mu \sqrt{S}$$

式中 μ——单位长度的偶然误差；

S——导线平均边长(m)。

设钢尺量距系统误差的比例系数为 1/100000，则

$$m_t = \sqrt{\mu^2 nS + (nS \times 10^{-5})^2} = \pm 0.05\text{m}$$

由此得到

$$\mu = \sqrt{\frac{0.05^2 - (nS \times 10^{-5})^2}{nS}} \tag{50}$$

一、二、三级导线用钢尺量距时，每边的量距误差及相对误差如表 14。

表 14 各级导线钢尺量距误差及相对误差

导线等级	总长(m)	边数 n	平均边长 S(m)	μ	$\mu\sqrt{S}$	$\frac{m_s}{S}$	往返丈量较差相对误差的采用值
一级	2500	10	250	0.00087	0.014	1/18000	1/20000
二级	1800	10	180	0.0011	0.015	1/12000	1/15000
三级	1200	10	120	0.0014	0.015	1/8000	1/10000

从实践经验中知道，钢尺丈量的往返较差，接近于量距的偶然误差部分。根据表 14 的估算结果和参照原《城市测量规范》(1959 年)对于一、二、三级导线的钢尺量距的规定，采用表 14 中往返丈量较差的相对误差值。

关于导线网用等权替代法算得等权路线的长度如图 5 所示。图中 L 代表该等级导线的容许长度。构成多种导线网后，结点间的路线长度和已知点间的路线总长为图中所注明系数乘以容许长度 L。图 5 可以供布设各等级导线网时参考。

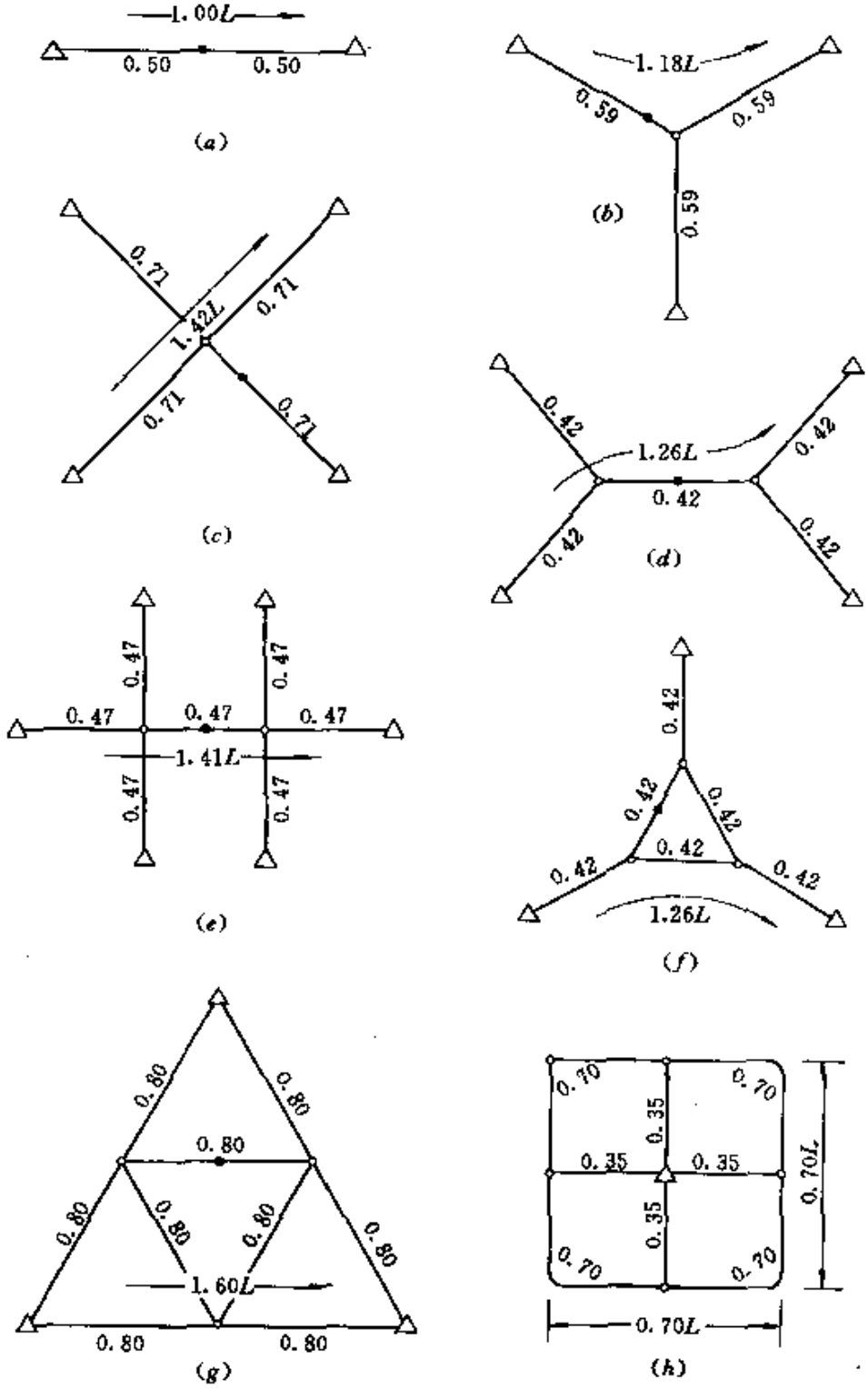


图 5　导线网的等权路线长度

△——高级控制点；○——导线网结点；●——估计最弱点

由于GPS网作为高等级平面控制网的布设，导线作为加密网会遇到在起始点上缺少可通视的高级点，即起始点为弧点，而产生所谓无定向导线。无定向导线较之两端有起始方位角的导线肯定会增大点位误差，但其增大的情况又随导线布设形式而不同。根据模拟计算：单线附合的一级城市导线作为无定向导线，最弱点的点位误差比典型的导线增大约65%，且增大的主要为横向误差（见图6）。而如果加密的导线网在两个起始点之间自身构成两个闭合环（见图7），则在有、无定向角的点位误差比较中，无定向导线的最弱点误差约增大20%。因此本规范规定：无定向导线禁止布设单线，而应布设两个或两个以上的闭合环，或布设成结点网，以保证导线点位的精度与导线自身的可靠性。另外，又考虑到无定向导线增大的点位误差主要在横向，因此又建议适当提高导线测角的精度。

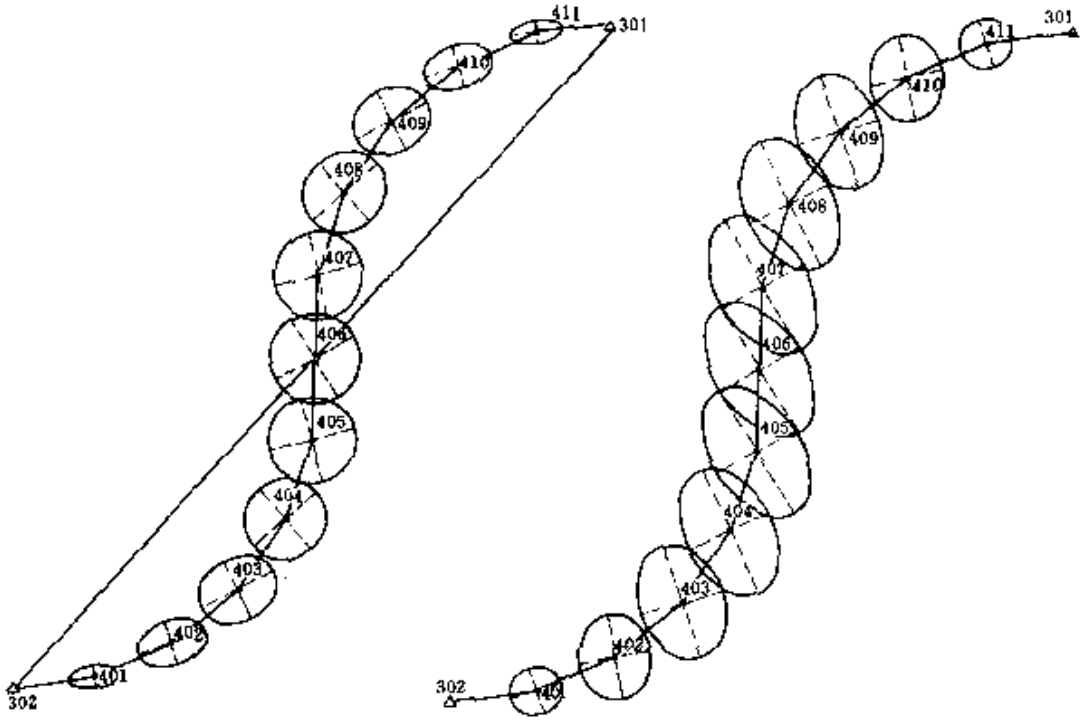


图6　有定向单导线与无定向单导线的点位精度比较

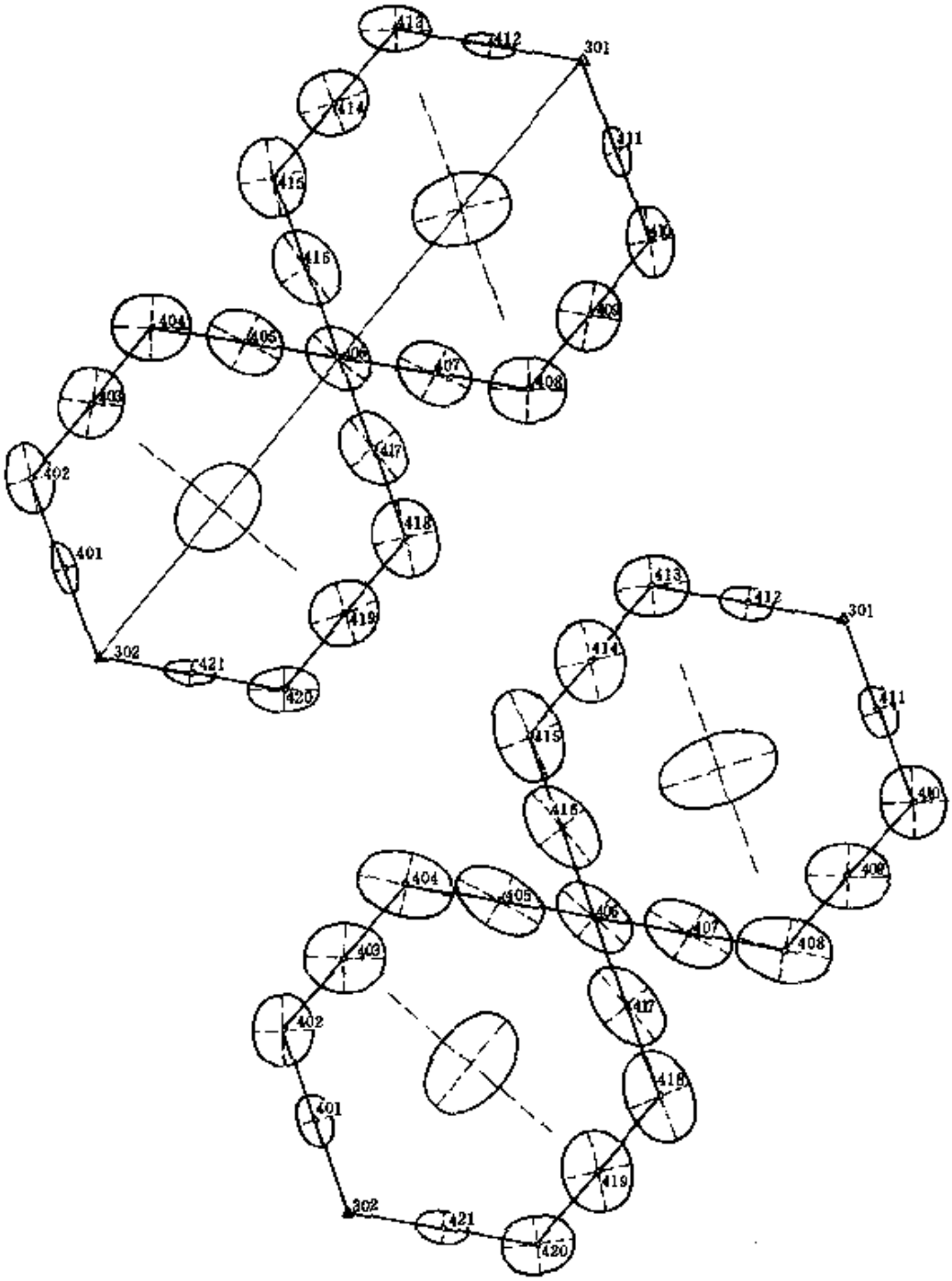


图 7　有定向导线网与无定向导线网的点位精度比较

2.2　技术设计、选点、造标与埋石

2.2.3　相邻控制点之间规定通视条件应良好、视线超越(或旁离)障碍物的距离应大于一定数值，是为了避免旁折光的影响。而这种影响在晴天加剧，阴天削弱。

2.2.5 照准圆筒的直径是根据经纬仪十字丝分划中的双丝间宽度(视角)来计算的。双丝间的视角为 30″,瞄准圆筒时用双丝去夹,圆筒的视角为双丝的 1/3 时,最有利于瞄准时的对称判断,原规范采用圆筒直径按 $\phi = \frac{12''}{\rho''} \cdot S$ 计算,一些测绘单位反映按此式算得的圆筒直径,在实际作业中嫌偏大,因此圆筒直径的计算公式改为:

$$\phi = \frac{10''}{\rho''} S$$

2.3 水平角观测

2.3.1 电子经纬仪已有较广泛的应用,关于电子经纬仪的检验项目和方法,目前尚不成熟,因此本条的检验项目只适用于光学经纬仪。另外,光学经纬仪的检定周期在《光学经纬仪检定规程》JJG414中已有明确规定,故特作补充。

2.3.5 电子经纬仪及全站仪一般均装有纵轴转感器,其灵敏度高于照准部的水准管,能测定纵轴在视准轴方向的倾角 ϵ_x 和横轴方向的倾角 ϵ_y,并能根据 ϵ_y 角对所瞄准方向的水平度盘读数自动进行纵轴倾斜的改正,屏幕显示的水平度盘读数即经改正后的读数。水平度盘读数改正值 V 的计算公式为:

$$V = \epsilon_y \operatorname{tg} \alpha_V \tag{51}$$

式中 α_V——视线的垂直角。

纵轴倾斜传感器的传感及改正范围为±3′,因此用这种经纬仪或全站仪进行水平角观测时,对照准部水准管气泡的偏离可不受本条的限制。

2.3.9 对于城市三角测量中水平角观测的技术要求,考虑到角度观测的精度与照准目标点的距离有关,距离较远受通视条件的影响也较大。因此,本规范以"大于"和"小于等于"各等三角网平均边长为界线,规定两种不同的测回数,前者采用较多的测回数,而后者较少,对于小三角网则不作这样的区分。这样既与国家规范规定

的测回数取得一致，又符合经济合理的原则，以获得较高的经济效益。实践证明，采用较少测回数是能够达到测角精度指标的。

2.3.10 关于各等导线的水平角观测测回数问题，考虑到本规范三、四等导线平均边长分别为 3km 和 1.6km，与国家三、四等三角网平均边长分别为 8km 和 4km 相比要短得很多，与国家三、四等导线边长分别为 20～7km 和 15～4km 相比要短得更多，因此本规范决定采用较少的测回数。鉴于三等导线的测角中误差为 ±1.5″比三等三角网的 ±1.8″有所提高，故三等导线基本上采用了三等三角中国家规范规定的测回数(因考虑采用左、右角观测测回数应为偶数，故将 9 测回改为 8 测回)；四等导线则采用了与四等三角中平均边长不大于 2km 的情况下相一致的测回数。这样一方面使得导线和三角网水平角观测的测回数基本上取得一致，另一方面通过试验和生产实践证明是可行的。

关于三、四等导线测站圆周角闭合差的规定，根据《国家三角测量和精密导线测量规范》说明，可知导线测站圆周角闭合差的限值 $\Delta_0 = 2m''_\beta$，故三等不应超过 ±3.0″，四等不应超过 ±5.0″。

2.3.12 因超限而重测的完整测回称为重测。因对错度盘、测错方向、读记错误、上半测回归零差超限、碰动仪器、气泡偏离过大以及其它原因未测完的测回，均可立即重新观测，而不算作重测测回数。

2.4 光电测距

2.4.1 原规范本节的标题起名为“电磁波测距”，电磁波测距包括光波测距、微波测距、红外光电测距和激光测距等，考虑到目前测绘行业普遍采用的是红外光电测距仪，故本规范将原“电磁波测距”均改为“光电测距”。

2.4.2 原规范本条规定测距仪“在使用前应按下列规定项目作全面检验与校正”，考虑到“在使用前”意思不很明确，故本次修订改为“新购置和修理后的仪器”。另外，对于光电测距仪不同项目的检定周期，《光电测距仪检定规范》CH8001 已有明确规定，故本条进

行了必要的修改。

2.4.3 由于近几年来光电测距仪的发展，仪器厂家对于精度较低的原Ⅱ级测距仪已不再生产，目前市场上已无Ⅲ级测距仪供应，尚在继续使用的Ⅲ级测距仪恐已寥寥无几，因此，关于测距仪的精度分级，本次规范修订决定取消Ⅲ级，测距仪划分为Ⅰ、Ⅱ两级。

目前国内外对光电测距仪测距中误差 m_D 的估算公式，主要有以下两种形式：

$$m_D = a + b \cdot D \tag{52}$$

$$m_D = \sqrt{a^2 + (b \cdot D)^2} \tag{53}$$

式中 a——仪器标称精度中的固定误差(mm)；

b——仪器标称精度中的比例误差系数(mm/km)；

D——测距边长度(km)。

对于这两个估算公式，国内外都持有不同的理解和看法。公式(52)是测距仪器制造厂厂方所给的该种仪器的测距精度(或准确度)，即称之为仪器的标称精度，但如何确定的还不完全清楚，有些同志认为标称精度只有仪器机械试验的精度，与实测精度还有差别，对于新购进的测距仪应进行实测检验，通过回归分析，重新确定 a、b 值，再采用(52)式估算测距精度。一些同志则认为测距仪标称精度是厂方给定的精度指标，正如经纬仪 DJ_2、水准仪 DS_3 一样，代表着仪器的精度和级别，经过实测检验，如果证明不低于标称精度，应按标称精度进行估算。因为若按第一种意见办，将导致一种型号的仪器可能由于实测精度不同，而被分为不同级别。多数测绘工作者习惯于采用(53)式来进行估算测距中误差 m_D，从误差性质来分析，不论固定误差还是比例误差，都是偶然误差居于主导地位，而且两者是互相独立的，因此固定误差 a 和比例误差 $b \cdot D$ 不能用简单的代数和相加，而是应该按误差传播定律来进行计算，认为采用(53)式来估算是比较合适的。

众所周知，相位式测距基本计算公式为：

$$D = \frac{1}{2f} \cdot \frac{C_0}{n}\left(N + \frac{\Delta\varphi}{2\pi}\right) + C \tag{54}$$

或写为

$$D = N \cdot \frac{C_0}{2nf}\left(1 + \frac{\Delta\varphi}{2\pi N}\right) + C$$

设

$$R = \frac{C_0}{2nf}\left(1 + \frac{\Delta\varphi}{2\pi N}\right)$$

$$D = N \cdot R + C \tag{55}$$

式中 D——被测距离；

C_0——真空中光速值；

n——大气折射率；

f——调制光波频率；

N——被测距离中调制光波半波长的整倍数；

$\Delta\varphi$——不足一周期的相位差；

C——仪器的加常数。

为了分析测距误差的来源，先对(54)式全微分，再换成中误差形式，则得测距中误差的表达式为：

$$m_D^2 = D^2\left\{\left(\frac{m_{C_0}}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_n}{n}\right)^2\right\} + \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 m_\varphi^2 + m_c^2 \tag{56}$$

在实际作业中测距中误差还应加上测站与镜站的对中或归心中误差 m_z 的影响，和由于高差误差 m_h 引起的距离误差 $\left(\frac{\Delta h}{D}m_h\right)$，则(56)式可写成：

$$m_D^2 = D^2\left\{\left(\frac{m_{C_0}}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_n}{n}\right)^2\right\} + \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)^2 m_\varphi^2 + m_c^2 + m_z^2 + \left(\frac{\Delta h}{D}\right)^2 m_h^2 \tag{57}$$

此外地面反射误差、周期误差还未列入(57)式。

式中 m_{C_0}——真空中光速值测定中误差；

m_f——测尺频率中误差；

m_n——大气折射率中误差；

λ——调制光波的波长$\left(\lambda=\frac{C_0}{f}\right)$；

m_φ——测相中误差；

m_C——仪器加常数测定中误差。

从(57)式表明测距中误差m_D是由以上各项误差综合影响而成的。

从误差来源分析，有些误差对测距精度影响与距离长短无关，此类误差称为固定误差，如m_φ、m_C和m_z等项误差。有些误差影响是与距离成比例的，如m_{C_0}、m_f、m_n等项误差。从各项误差影响的性质来讲，有系统性的如m_{C_0}、m_f、m_C以及m_n中的一部分；有偶然性的如m_φ、m_z以及m_n中另一部分。

按照(57)式把上述各项误差代入所得的测距中误差m_D与实测资料所得的测距中误差基本上是相吻合的，通过对实测资料的分析对比，虽然(52)式和(53)式表达形式不同，但对短程光电测距仪来说，估算的结果m_D还是比较接近的，当距离长度在2km以内时，两者估算结果约相差1mm，两种估算公式基本相当。根据本规范规定平面控制网四等以上控制网的平均边长在2km以上，故采用(53)式来估算m_D更为合理些，所以本规范在设计各等级平面控制网测距精度时，暂采用(53)式估算。

2.4.5 关于光电测距的主要技术要求，制订原规范时，由于当时很多城市测绘单位还没有测距仪，实际生产经验不足，因此对各等级平面控制网进行光电测距时所采用的测距仪级别、时段数或往返观测次数，总测回数，只作了一个大致的规定。本次修订规范时，光电测距仪的使用已相当普及，《中、短程光电测距规范》ZBA 76002和《工程测量规范》GB 50026相继作出详细规定，并以往返测取代了不同时段观测。经过几年的实践，不少单位反映，测回数偏多，编写组经研究后决定采用如规范表2.4.5-1中较少的测回数。

关于各级测距仪观测结果各项较差的限值，现就规范表2.4.5-2中几项规定说明如下：

1　一测回各次读数较差

一测回各次读数较差的含义，就是照准一次读 n 次数的差数，所以读数较差主要取决于仪器的内部符合精度 m_{in}，目前测定仪器的内部符合精度，一般有二种方法：一是在任意一距离或多段距离上，仪器对准反光镜，进行一次照准多次读数，m_{in} 按下式进行计算：

$$m_{in} = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} \tag{58}$$

式中　V_i——观测值与平均值的差数；

n——观测值的个数。

另一种是在检定基线场上，用六段法全组合观测21个距离值 d_i，按解析法计算出加常数 C 和21个距离的平差值 $\bar{d}_i$，按下式计算观测值的改正值 V_i：

$$V_i = d_i + C - \bar{d}_i \tag{59}$$

然后按下式计算 m_{in}：

$$m_{in} = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{21-7}} \tag{60}$$

仪器的内部符合精度，不仅测定方法可不同，而且各类型甚至各台仪器之间也不尽相同，有时差别也较大，这样为了比较合理地求出各类型仪器内部符合精度，我们设想寻求出仪器内部符合精度 m_{in} 和仪器外部精度 m_D 或仪器标称精度两者之间的关系，这个问题核工业部地质四队在郑州花园基线场进行了试验，他们用94台国内外短程光电测距仪，对137次测试成果进行了综合分析得到：一是采用上述第二种方法测得的仪器内部精度 m_{in} 较外部符合精度 m_D 缩小了1/3。二是在测站上按照准一次读五个数，取五个读数的算术平均值，求得在不同长度上的仪器内部符合精度与外部符合精度的近似关系式：

300m 以内	$6m_{in} \approx m_D$
300～600m	$4m_{in} \approx m_D$
600～900m	$3m_{in} \approx m_D$
900～1200m	$2.5m_{in} \approx m_D$
1200～1500m	$2.2m_{in} \approx m_D$
1500～2000m	$2m_{in} \approx m_D$

从小于 300m 到 2000m，m_D 与 m_{in}的平均比值为 3.3，当距离在上述测程的中间部位时，其比值约为 2.5～3，取平均值约为 2.8，即 $\frac{m_D}{m_{in}} = 2.8 \approx 2\sqrt{2}$，则

$$m_{in} \approx \frac{m_D}{2\sqrt{2}} \tag{61}$$

用(61)式所求的仪器内部符合精度也和许多收集到的其他部门实际测定的 m_{in}值大体一致。因此我们用(61)式来计算读数较差，同时为了计算方便令仪器外部符合精度等于仪器标称精度。

一测回各次读数较差应为：

$$2\sqrt{2}\,m_{in} = 2\sqrt{2} \times \frac{m_D}{2\sqrt{2}} = m_D$$

即一测回内读数较差等于仪器的标称精度。

2　同一时间段单程测回间较差

一测回内一般读数次数 2～4 次，以取较少的次数来考虑，取 $n=2$，2 次读数取中数，即一测回读数中误差为 $\frac{m_{in}}{\sqrt{2}}$，考虑到测回间较差中还应包括照准误差、大气瞬间变化的影响以及各类型测距仪 m_{in}的差别影响等因素，其综合影响取为一测回读数中误差的 2 倍，即为 $2 \cdot \frac{m_{in}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\,m_{in}$，则同一时间段单程测回间较差为：

$$2\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}\,m_{in} = 2\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{m_D}{2\sqrt{2}} = \sqrt{2}\,m_D$$

即同一时间段单程测回间较差等于仪器标称精度的$\sqrt{2}$倍。

3　往返或不同时间段较差

光电测距往返观测或在两个时间段内观测是为了更好地削弱系统误差的影响。往返或不同时间段较差，不仅受m_{in}影响而且更主要受大气条件变化的影响以及仪器对中(或归心)误差、倾斜改正误差等等的影响，因此我们认为对这项较差起主导作用的已经不是m_{in}，而是m_n、m_z、m_h，特别是对四等和四等以上的长边，比例误差的影响更为显著，所以我们认为计算这项较差，直接采用一测回测距中误差$m_s \leqslant (a+bD)$更为全面、合理。取往返或不同时间段各二测回，则往返或不同时间段较差为：

$$2\sqrt{2}\cdot\frac{m_s}{\sqrt{2}}=2m_s=2(a+b\cdot D)$$

这样规定对于短于1000m的一、二级小三角和短于300m的各级导线边长也是合适的，因为对于短边比例误差已经不起主导作用，起主导作用的则是固定误差。

2.4.7　原规范本条仅规定测距对气象条件的要求，没有涉及到观测的最佳和不利时间，因此，本条修订后改为对观测时间的选择，增加了有关规定。

2.4.9　原规范第2.4.9条至第2.4.11条主要是对测距边进行倾斜改正作出一系列规定，测距边两端点的高差不宜过大，当采用水准测量测定时，高差的大小可不受限制，若采用对向三角高程测量测定，则将受到原(2.4.10)式高差限值公式的限制，该式因使用的是经纬仪三角高程统计精度，而现在对测距边应采用光电测距三角高程精度，不大适用，同时考虑到城市测距边中垂直角很大的边极少，因此将原规范第2.4.10条去掉，原第2.4.9条第二段文字也成了多余的话，故相应删去。同时，原第2.4.11条因与原第3.5.10条内容基本相同，因此也一并删去。

2.4.10　在光电测距中，用观测垂直角α_V将斜距S归算为平距D的公式主要部分为$D=S\cdot\cos\alpha_V$，由此式的微分得到垂直角误差m_{α_V}引起平距的相对中误差：

$$\frac{m_D}{D} = \sin \alpha_V \frac{m''_{\alpha_V}}{\rho''} \tag{62}$$

设测距边的平距相对中误差要求为 $1/T$，而规定垂直角误差只能占 1/5(可以忽略不计)，则以 $\frac{1}{5T}$ 代替 $\frac{m_D}{D}$，得到

$$m''_{\alpha_V} = \frac{\rho''}{5T \sin \alpha_V}$$

由于测距边要求对向观测或在两个时段内观测(即两次观测取平均)，因此单次观测对垂直角观测的误差可放宽 $\sqrt{2}$ 倍，即

$$m''_{\alpha_V} = \sqrt{2} \frac{\rho''}{5T \sin \alpha_V} \tag{63}$$

2.5 全球定位系统(GPS)测量

2.5.1 城市平面控制测量的常规测量方法是采用三角测量、边角组合测量或精密导线测量的方法，随着空间技术的发展，以卫星为基础的无线电导航定位系统，即 GPS 技术成为最新的空间定位技术。该系统具有全球性、高效率、多功能、高精度的特点，在用于大地定位时，点间无通视要求，观测不受天气条件影响。GPS 定位技术用于测量采用相对定位原理，作业方法有多种形式，根据城市测量的特点，本节制定了按静态相对定位和快速静态相对定位方式，作出城市 GPS 测量的布网原则、精度和技术要求的规定。

2.5.2 GPS 测量的观测量是基线向量网，按仪器标称精度计算式，其精度与距离长短有关，距离越长其相对精度越高。城市测量 GPS 网等级划分和常规测量方法一样，分为二、三、四等和一、二级，等级的划分也是以边长确立的。城市 GPS 网布设为全面网，当考虑当前城市建设的急需和远期规划发展的需要，可以分级布网，即首先布设边长较长覆盖面积较大的骨架网作为首级控制网，而后根据需要布设下一级的加密网，以利减少测量误差的累积，达到 GPS 点位精度的均匀性与系统的一致性。

GPS 测量受到各种外界因素的影响，有可能产生粗差和各种随机误差，规定闭合环或附合路线的边数是为了对 GPS 观测成果

进行质量检验，以保证成果的可靠性并恰当地评定精度。

2.5.3 与常规测量一样，GPS 测量同样要求进行踏勘、设计、选点和埋石工作。选点的主要原则是既满足网点密度分布要求，又使所选点周围环境适于 GPS 观测工作。

2.5.4 编制预报表所需的测区中心概略经纬度，可从小比例尺地图上量取，取位到分。

各等级 GPC 测量作业的基本技术要求的说明见现行行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》CJJ73 的条文说明。

城市 GPS 测量边长较短，仅为几千米，甚至有的几百米，被测卫星到两站电磁波传播路径上的大气状况相似，在同步观测中，经电离层折射改正后的基线向量长度残差微小，且在测站上测定的气象数据有一定局限性，因此规定不观测气象元素，只记录天气状况。

2.5.5 基线处理大都采用商用软件，基线解分单基线处理和多基线处理两种方法，对于采用同一处理数学模型的单基线解产生的同步环闭合差，理论上应为零，由于软件的不完善，同步环中各条基线单独解算时，基线间不能做到完全严格同步，一同步图形中各条基线处理时，对应的起算点坐标也不是从同一起算点导出的，是由各自端点伪距单点定位值作起算点，这就可能产生较大同步环闭合差，若起算点坐标分量误差为±2cm，则可能引起基线各分量有 1ppm 的相对定位误差。三边形坐标分量闭合差可达 $\pm\sqrt{3}$ ppm，对城市二、三等 GPS 网的同步环和独立观测环闭合差作相应规定，对四等以下各等级 GPS 网，其限差相应放宽。

GPS 网平差的第一步，必须进行一个三维无约束平差，三维无约束平差是在 WGS-84 坐标系下进行的，通常以网中一个点的已知 WGS-84 坐标作为无约束平差的起算点。无约束平差的目的，一是提供全网平差后的 WGS-84 系三维坐标，二是检验 GPS 网有无残余的粗差基线向量和其内部符合精度。

GPS 测量提供的是 WGS-84 坐标系成果，经三维约束平差或二维约束平差转换为国家坐标系或城市独立坐标系坐标。转换是

在无约束平差确定的有效观测量基础上进行的，约束点的已知坐标、已知距离或已知方位，作为强制约束的固定值。

无约束平差的基线向量各分量改正数反映了GPS网内部符合精度，是不受起算数据误差影响的。约束平差后，同名基线在约束平差和无约束平差中的改正数过大，则说明起算数据误差引起了GPS网变形，为了不降低GPS网的精度，满足GPS测量网最弱边相对中误差的规定，两类平差法的改正数较差，经估算取2σ是适宜的。

2.6 观测成果的记录、整理、检验和计算

2.6.1 采用电子计算机或电子手簿记录，目前城市测绘系统还没有统一的格式和规定，可以按国家现行标准的有关规定执行，待今后补充完善。

2.6.5 过去由于电子技术还未发展到现有的水平，电子计算机的应用还不普及，因此原规范在三角网极条件和起始边(基线)条件自由项的限值公式中采用了真数形式和对数形式并存的方式。目前，电子计算机的应用相当广泛，没有必要再进行对数运算，因此在限值公式中淘汰了对数形式。

2.6.6 三边测量改为边角组合测量后，其检核项目和限差也将随之有些变动。边角组合网中凡符合三边网的部分应按三边测量的检核项目和限差进行检核，而符合三角网的部分则应按三角测量的检核项目和限差进行检核。

3 城市高程控制测量

3.1 一般规定

3.1.1 城市高程控制网的建立可以用水准测量或三角高程测量的方法，目前仍以前者为主。总结城市测量四十余年的经验，原《城市测量规范》规定的将城市水准网等级划分为二、三、四等是合适的，这样的划分也和国家水准测量等级划分相一致。城市测量中对高程精度有特殊需要者，可设计布设一等水准网，其精度要求可按照国家一等水准测量。

随着光电测距仪及全站仪的推广应用，城市四等及一、二、三级导线在测量距离和水平角的同时，能以较高精度测定垂直角，再量取仪器高和棱镜高，则可以在测定平面控制网的同时，测定达到四等水准测量精度的高程控制网，具体分析见本章3.5.1条的说明。

经纬仪三角高程测量是指精度略低于四等水准测量的三角高程测量。

3.1.2 地方水准原点是一个城市水准测量的基准点，是城市高程控制测量的基础。高程控制测量的精度除与施测使用的仪器、操作方法、观测条件、作业水平、水准标石埋设质量以及网形结构等因素有关外，还与高程起算点的稳定性密切相关。特别对超量开采地下水等有地面沉降的城市，建立稳固的基岩水准标石作为地方水准原点尤为重要。目前有许多城市地面沉降较严重，应该引起重视。有明显地面沉降的城市如果没有一个高程稳定的水准原点，则高程控制网将失去基准，地面沉降观测的成果将产生扭曲。因此，建立基岩水准标石具有重要意义。城市高程控制网应以在城市范围内或邻近的国家水准点作为起算点，以建立与国家统一的高程系统。

3.1.4 目前我国各城市所采用的高程系统尚不统一，个别城市还有同时使用两个高程系统的，这显然对城市测绘成果的相互利用，带来极大的不便和困难，而且在使用上也很容易产生差错。为了改变这种混乱状态，提高测绘成果的经济效益，做到一测多用，同时为了便于跨地区的水利工程及其它大型工程建设的需要，高程系统的统一是很重要的。因此本规范规定，一个城市只能建立一个统一的高程系统，城市高程控制网的高程系统，应采用1985国家高程基准或沿用1956年黄海高程系统。1985国家高程基准青岛原点高程为72.260m，而1956年黄海高程系统青岛原点高程为72.289m。沿用地方高程系统应是暂时的。

3.1.5 城市高程控制网是城市大比例尺测图、城市工程测量和城市地面沉降观测的基本控制，它的高程精度应能满足城市1：500比例尺测图、市政工程测量等方面的需要。

城市最大基本比例尺1：500地形图的等高距大多为0.5m，要求图根点的高程相对于起算点的高程中误差不得大于等高距的1/10，则为±50mm，作为图根点高程起算点的各等水准点（多数为四等水准点）其精度按提高至2倍计为±25mm。不用等高线表示地形的城市建筑区和平坦地区的地物平面图，规定其地面的高程注记点相对于近邻图根点的高程中误差不得大于±0.15m，当等高距为0.5m时，图根点的高程应用图根水准测定，其路线闭合差不得超过$\pm 40\sqrt{L}$（mm），则具有±25mm高程精度的水准点也足以进行控制。

在城市工程测量中，以市政工程中的自流管道对高程放样精度要求为最高。当管道的最小设计坡度为0.5‰时，即每千米的设计高差为0.5m，为保证设计坡度施工放样的精度要求，在设计、施工阶段的测量误差按1/10计为±50mm，则作为市政工程水准起算点的水准点的精度按提高至2倍计为±25mm。

考虑到水准点的误差既由测量误差引起，也受到高级点的起始数据误差的影响。以起始数据误差影响为测量误差的$1/\sqrt{2}$计算，则由水准测量误差引起的水准路线中最弱点的高程中误差应

为：$\pm 25/\sqrt{1^2+(1/\sqrt{2})^2}=\pm 20$mm。因此本规范对高程控制测量的基本精度要求规定为：各等水准网最弱点(相对于起算点)的高程中误差不得超过±20mm。

从一些城市实测资料统计结果来看，说明本规范“±20mm”的精度指标是能够达到的。

关于环线或附合于高级点间的水准路线的最大长度的规定，其理论依据如下：单一的环线或附合水准路线中的最弱点在线路的中部，如图 8 所示。为了保证最弱点相对于起算点的必要精度(±20mm)，应根据各等水准测量的每千米高差测定的中误差，来限制水准路线的长度 L。

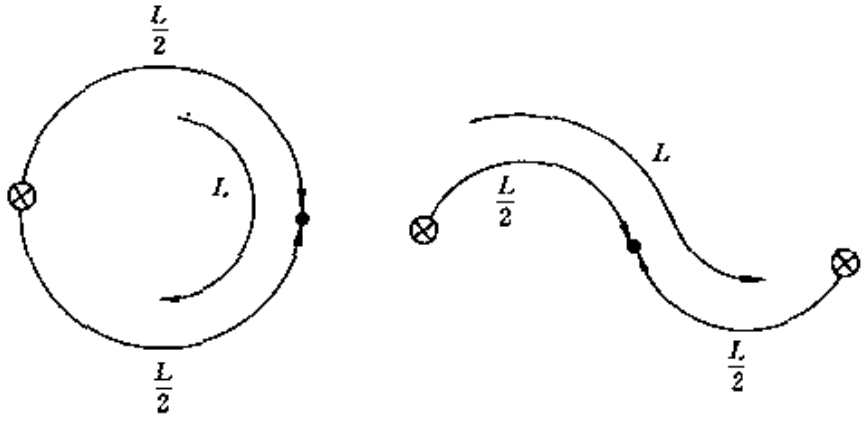


图 8　水准路线中的最弱点

⊗——起算点；●——最弱点

由于最弱点的高程可以从两条路线(其长度为 $L/2$)来推算，而最终取其平均值，因此最弱点的高程中误差为：

$$m_h = M_w\sqrt{\frac{L}{2}}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{M_w}{2}\sqrt{L} \tag{64}$$

式中　M_w——该等水准测量每千米的高差测定全中误差(mm)；

L——单一水准路线的长度(km)。

按照各等水准测量的 M_w 和城市水准网布设精度要求，令 $m_h=\pm$ 20mm，则可以用下式计算各等水准测量的单一路线的容许长度：

$$L = \left(\frac{2m_h}{M_w}\right)^2 = \left(\frac{40}{M_w}\right)^2 \tag{65}$$

对于各等水准测量，L 的计算值与规范的采用值如表 15 所示。

表 15　各等水准线路的容许长度

等　级	M_w (mm)	m_h (mm)	L 计算值 (km)	L 容许值 (km)
二　等	±2		400	400
三　等	±6	±20	44	45
四　等	±10		16	15

水准网的布设不限于单线，尤其是作为加密网，往往布设成结点网或格网形式。故本规范又补充规定，对于水准网规定结点与高级点之间或结点与结点之间的路线容许长度为单线的 0.7 倍。复杂水准网的设计可参考《城市测量手册》§ 3-9“高程控制网模拟法优化设计”一节。

根据城市测量特点，城市建设需要高程控制点有较大的密度，因此本规范规定水准点间距离（测段长度）在建筑区为 1～2km，其他地区为 2～4km，这样的规定是符合城市测量的实际需要的。

3.1.7　水准测量的主要技术要求是根据水准测量中误差传播的规律。用水准测量测定高差的精度受到水准测量中偶然误差（水准尺读数误差、水准管气泡居中误差、补偿摆置平误差等）和系统误差（仪器误差、系统性折光误差等）的影响。高差测量的中误差 m_h 的一般表达式为：

$$m_h^2 = \varepsilon^2 L + \delta^2 L^2 \tag{66}$$

式中　ε——单位距离中的偶然误差；

δ——单位距离中的系统误差；

L——水准路线的长度。

在短程的水准测量中，系统误差的影响小于偶然误差的影响。在城市水准测量中，水准点间距离很短，因此估算用水准测量测定两点间高差的精度，可以用下式估算：

$$m_h = M\sqrt{L} \tag{67}$$

式中 M——每千米高差测定的中误差(mm)；

L——两点间的距离(km)。

设以 M 为单位权中误差，则两点间线路的权为：

$$P = \frac{1}{L} \tag{68}$$

在各等水准测量中，两水准点之间的高差需要进行往返观测而取其平均值(中数)作为观测值。如果水准点间的距离较长，也可分为若干测段，分段进行往返观测。水准测量往返观测的差数可以用来初步评定水准测量的精度。由于各测段路线长度不同，为不等权观测，求不等权观测的单位权中误差的公式为：

$$m_0 = \sqrt{\frac{[P\varepsilon\varepsilon]}{n}} \tag{69}$$

式中 ε——观测值的真误差；

P——观测值的权；

n——观测值的个数。

根据实测资料的统计分析：在水准测量中，大部分的偶然误差能反映在短距离(例如一个测段)的往返测高差差值中；在长距离(例如闭合环线或两高级点间的附合路线)中，系统误差在高差闭合差中可能有所反映。因此，用(69)式根据测段间的往返测高差之差 Δ，可以求得水准测量的每千米高差中数的偶然中误差 M_Δ；根据环线或附合路线的高差闭合差 W，可以求得水准测量的每千米高差中数的全中误差(偶然误差与系统误差的联合影响)M_W。

设以 1km 的单程水准测量的权为 1，第 i 测段的长度为 L_{s_i}(km)，则单程观测的权为 $1/L_{s_i}$，往返差值为 Δ_i，其权为 $1/(2L_{s_i})$。因此(69)式中的

$$[P\varepsilon\varepsilon] = \frac{1}{2}\left[\frac{\Delta\Delta}{L_s}\right]$$

设有 n' 个测段，则每千米单程观测的高差偶然中误差为：

$$\sqrt{\frac{[P\varepsilon\varepsilon]}{n'}}=\sqrt{\frac{1}{2n'}\left[\frac{\Delta\Delta}{L_s}\right]}$$

因此，每千米往返测高差中数的偶然中误差为：

$$M_\Delta=\pm\sqrt{\frac{1}{4n'}\left[\frac{\Delta\Delta}{L_s}\right]} \tag{70}$$

设第 i 个闭合环或附合路线的长度为 L_i(km)，高差闭合差为 W_i，其权为 $1/L_i$。因此(69)式中的

$$[l'\varepsilon\varepsilon]=\left[\frac{WW}{L}\right]$$

设有 N 个环线和附合路线，则每千米高差中数的全中误差为：

$$M_W=\pm\sqrt{\frac{1}{N}\left[\frac{WW}{L}\right]} \tag{71}$$

以上(70)式及(71)式即为本规范第 3.6.4 条中的(3.6.4-1)与(3.6.4-2)式。

根据水准测量观测数据计算水准测量每千米高差中误差的目的：一是对本次水准测量的精度作出评定；二是为今后水准网的精度估算与设计提供依据。

水准测量的主要技术要求中，与国家水准测量相一致，规定了二、三、四等水准测量的每千米高差中数的中误差(偶然中误差 M_Δ 与全中误差 M_W)。据此可以推求往返测高差不符值与路线高差闭合差的容许值。

测段间单程高差测量的中误差为：

$$m_h=M_\Delta\sqrt{2}\cdot\sqrt{L_s}$$

测段间往返测高差之差(高差不符值)的中误差为：

$$m_{\Delta h}=m_h\cdot\sqrt{2}=2M_\Delta\sqrt{L_s}$$

测段间容许的往返测高差不符值以两倍中误差计为：

$$m_{\Delta hp}=4M_\Delta\sqrt{L_s}=2M_W\sqrt{L_s} \tag{72}$$

环线或附合路线的高差闭合差的中误差为：

$$m_{\Sigma h} = M_W \sqrt{L}$$

容许的环线或附合路线的高差闭合差以两倍中误差计为：

$$m_{\Sigma hp} = 2M_W \sqrt{L} \tag{73}$$

在山区进行水准测量时考虑到测站数要增加，对容许闭合差的规定略为放宽。

3.2 技术设计、选点与埋石

3.2.3 原规范第 3.2.3 条写的是水准点应选设地点，第 3.2.5 条则写的是水准点不应选设地点，前者正面文字太原则，后者反面文字规定很详细，有必要着重强调，但不宜分成两条，因此本次修订将其合成一条。

3.2.6 本次修订将原规范第 3.2.7 条加上了“标石的稳定时限应符合下列规定”的词句，使其含义更明确，而内容则保持不变。

3.3 水准测量

3.3.1 将原规范第 3.3.1 条和第 3.3.2 条进行合并，使其简练，并且明确了需检验的仪器为“新购仪器以及作业前与跨河水准测量所使用的仪器”，个别规定和限差要求也随国家水准测量规范的修订而稍有改变。

3.3.2 原规范未对水准观测时间作出规定，本次修订予以补充，尤其对二等水准观测不应进行的情况规定得较详细，使其完善。

3.3.3 将原规范本条的内容重新调整、归纳和补充，使其合理、更有条理和趋向完备。

3.3.5 各等水准观测的视线长度、前后视距差、前后视距累积差和视线高度的要求，有些是和国家水准测量规范的规定是一致的，有些则是根据 40 多年来城市测量单位的实践经验制定的。

3.3.6 将原规范表 3.3.6 重新设计，把原表注的内容尽数放于表

中，使其更一目了然。对于二等水准观测基辅分划读数的差和基辅分划所测高差的差，原规范分别为 0.5mm 和 0.7mm，随着国家水准测量规范的修订而分别改为 0.4mm 和 0.6mm。

3.3.8 修订后的第 3.3.8 条第 3 款随着国家水准测量规范的改变而改变，第 3.3.8 条第 4 款是原规范所没有的，是根据修订后的国家规范的内容进行补充的。

3.4 地面沉降观测

3.4.3 城市地面沉降现象，在我国各大、中型城市中较普遍的存在，据调查北京、天津、上海、西安、太原等城市的沉降现象较严重，年均沉降量最大达 0.2m，最小在 0.02m 左右，这样的年均沉降量对城市建设、工农业建设和科研工作带来较大的影响，因此地面沉降观测成为城市测量工作的主要任务之一，现就其中的主要问题作如下说明：

1 引起城市地面沉降的因素和沉降观测时间的选择：根据北京、西安、太原和上海等城市地面沉降观测资料的分析证明，地下水的过量开采是引起城市地面沉降的主要因素之一。因此城市地面沉降观测应在大量取用地下水的前后进行，在沉降量大的地区还应在大量取用地下水的过程中，增加观测次数。总之，城市地面沉降观测的周期和时间取决于沉降量的大小。

2 沉降区的分类、沉降点的间距和复测周期：城市中各地区由于取用地下水的数量和地质构造的不同，所以其沉降值亦不同，甚至于相差很大，据统计北京市沉降量最大的东郊，有 33 个水准点在 1966 年到 1978 年的 13 年中，平均年下沉速度为－10.8mm，而沉降量较小的远郊区，有 237 个水准点平均年下沉速度只有－0.8mm。又如上海某区（沉降量最大的）在 1953 年到 1963 年的 10 年中总的沉降量为 0.560m，年均沉降量达 0.056m，而较小的远郊区总沉降量只为 0.105m，年均沉降量只有 0.010m。为此必须将城市按年均沉降量的大小分成若干沉降区，与此同时应确定沉降点密度和复测周期，本规范中关于沉降区分类、沉降点间距及复

测周期仅根据个别城市的经验，供参考。

3.5 三角高程测量

3.5.1 将光电测距仪与经纬仪结合使用或用全站仪，置于两端或中间观测两点间的斜距与垂直角，量取仪器高与觇牌高(棱镜高)，以计算两点间的高差，称为光电测距三角高程测量。如果再结合导线与边角网的水平角观测，同时计算出控制点的平面位置及高程，则称为光电测距三维控制网。

光电测距三角高程测量的精度经实践证明可以达到四等水准测量的精度，宜按某一路线传递高程，称为四等光电测距高程导线。经纬仪三角高程导线的高程测量精度在四等水准测量精度以下，相当于某些规范的五等水准或等外水准的精度，主要用于山区的图根点的高程控制和山区及位于高建筑物上平面控制点高程的测定。

高程导线各边的高差测定规定采用对向观测，主要是为了抵消垂直角观测中的大气垂直折光影响。

3.5.3 单向观测的三角高程测量计算两点间高差 h 的公式为：

$$h = s \cdot \sin\alpha_V + (1-k)\frac{s^2 \cdot \cos^2\alpha_V}{2R} + i - v \qquad (74)$$

或

$$h = D \cdot \mathrm{tg}\alpha_V + (1-k)\frac{D^2}{2R} + i - v \qquad (75)$$

式中 S——两点间的倾斜距离；

D——两点间的水平距离；

α_V——两点间的垂直角；

k——大气垂直折光系数；

R——地球平均曲率半径；

i——仪器高；

v——觇牌高或棱镜高。

上两式右边第二项为地球曲率和大气折光改正。将上两式微分，并化为中误差的表达式：

$$m_h^2 = (\sin\alpha_V m_s)^2 + \left(S\cos\alpha_V \frac{m_{\alpha_V}}{\rho''}\right)^2 + \left(\frac{S^2}{2R}\right)^2 m_k^2 + m_i^2 + m_v^2 \tag{76}$$

$$m_h^2 = (\mathrm{tg}\alpha_V m_D)^2 + \left(\frac{D}{\cos^2\alpha_V} \cdot \frac{m_{\alpha_V}}{\rho''}\right)^2 + \left(\frac{D^2}{2R}\right)^2 m_k^2 + m_i^2 + m_v^2 \tag{77}$$

城市三角高程测量一般垂直角较小，因此测距误差 m_D 的影响也较小；如果采用对中杆（量杆）量取仪器高和棱镜高，其误差 m_i、m_v 可小于±1mm。由上两式可知，垂直角观测的误差 m_{α_V} 对高差测定的影响与斜距或平距成正比，而大气垂直折光系数的误差 m_k 对高差测定的影响与斜距或平距的平方成正比，因此必须限制测距边的边长。对于三角高程测量，m_{α_V}、m_k 两项误差的影响是主要的，因此必须保证垂直角观测的精度，并且采用对向观测，以削弱垂直折光系数误差的影响。

就四等光电测距高程导线而言，垂直角观测应采用 DJ_2 级经纬仪，用 3 测回观测垂直角 α_V，可估计其中误差 $m_{\alpha_V} = \pm 2''$，估计大气垂直折光系数的中误差 $m_k = \pm 0.05$。由这两项误差所引起的每边高差中误差及归算为每千米路线的高差中误差列于表 16，对向观测将使表列中误差减小 $\sqrt{2}$ 倍。可见边长在 1km 以内时，三角高程测量测定高差的中误差大致与边长成正比，每千米路线的高差中误差可望小于±10mm，能达到四等水准测量的精度。

3.5.4 经纬仪三角高程导线主要用于山地图根点的高程控制和平面控制网点的高程测定。图根点的高程，当基本等高距为 0.5m 时，用图根水准或光电测距三角高程测定；当基本等高距大于 0.5m时，可用经纬仪三角高程测定。由于三角高程测定的高程精度要满足城市地形图基本等高距为 1m、2m 的大比例尺测图的需要，因此要求三角高程控制网（或附合路线）中最弱点高程中误差相对于邻近水准点不得超过 1/20 测图基本等高距，即对于 1m、

表 16　垂直角误差和大气折光系数误差对高差的影响

($m_{\alpha_V}=\pm 2''$、$m_k=\pm 0.05$)

平距 D (m)	每边的高差中误差(mm)			每千米的高差中误差 (mm/km)
	由 m_{α_V} 引起	由 m_k 引起	由 m_{α_V} 和 m_k 引起	
200	1.94	0.16	1.95	4.36
300	2.91	0.35	2.93	5.35
400	3.88	0.63	3.93	6.21
500	4.85	0.98	4.95	7.00
700	6.79	1.92	7.06	8.44
1000	9.70	3.92	10.46	10.46
1500	14.54	8.83	17.01	11.34
2000	19.39	15.70	24.95	12.48

2m 和 5m 的基本等高距来说，其高程中误差 M_H 分别不得大于 0.05m、0.10m 和 0.25m，这样的规定是有足够的精度储备的，可以在平面控制网点下再用三角高程测量方法加密图根点的高程。

经纬仪三角高程导线的高程测定精度根据统计资料，得出三角高程测量对向观测高差中数的中误差 m_h 与边长 S 的关系式为：

$$m_h=\pm 0.02S \tag{78}$$

式中，m_h 以米为单位，S 以千米为单位。

考虑经纬仪三角高程精度在不同类型的地区和不同的观测条件下，可能有较大的差异，从最不利的观测条件来考虑，三角高程测量精度采用估算公式 $m_h=\pm 0.025S$(m)为宜，即每千米三角高程测量的高差中误差为 $m_h=\pm 0.025$m。

经纬仪三角高程测量是沿着平面控制网点布设的，可以组成环形，结点网或附合路线等几种形式的高程控制网，其中以单一附合路线精度最低，现以单一附合路线来推求三角高程起算点的密度：

设单一附合路线由几条边组成，附合于两个水准点(或用不低于四等水准联测的高程点)上，其高程最弱点在路线中间，并要求高程中误差不得大于 $H/20$(H 为基本等高距)。设 n 为路线边数，

S 为平均边长，M_H 为路线中最弱点的高程中误差，则应使：

$$m_h \cdot \frac{S\sqrt{n}}{2} \leqslant M_H$$

由此得到路线中的边数：

$$n \leqslant \frac{4M_H^2}{m_h^2 \cdot S^2} \tag{79}$$

上式中用 $M_H = H/20$，$m_h = 0.025\text{m}$ 代入，得到：

$$n \leqslant 16\left(\frac{H}{S}\right)^2 \tag{80}$$

按不同的等高距与三角高程导线的边长，计算路线中的容许边数列于表 17。为了避免边数过多，本规范规定：三角高程网中任一点与最近高程起算点的间隔边数不应超过 10 条（见规范中表 3.5.4）。

表 17　单一三角高程附合路线边数的计算

平均边长 S (km) / 边数 n / 等高距 H (m)	1	2	3	4	5	7	9	平差后平面控制点高程中误差 M_H(m)
1	16	4	2			—	—	±0.05
2	—	16	7	4	3	—	—	±0.10
5			—	—	16	8	5	±0.25

3.5.10　规定各项作业限差是从不利条件来考虑的。三角高程测量精度与边长的关系式 $m_h = \pm 0.025S(\text{m})$ 是规定各项限差的基本公式，m_h 含义是对向观测的高差中数高差中误差，因此单向高差中误差为 $\sqrt{2}\,m_h$，对向高差较差的中误差为 $\sqrt{2}\cdot\sqrt{2}\,m_h$，以二倍中误差为限差，则由对向观测所求得高差较差的限差为：

$$f_1 = 4m_h = 0.1S(\text{m}) \tag{81}$$

由两条边的单方向观测求同一点高程的不符值限差为：

$$f_2 = 2\sqrt{(\sqrt{2}\,m_{h_1})^2 + (\sqrt{2}\,m_{h_2})^2}$$

$$= 2\sqrt{(\sqrt{2}\cdot 0.025S_1)^2 + (\sqrt{2}\cdot 0.025S_2)^2}$$

$$f_2 = 0.07\sqrt{S_1^2 + S_2^2}(\mathrm{m}) \tag{82}$$

每边由对向观测所求得的高差中数计算闭合环线或附合路线的高差闭合差的限差为：

$$f_3 = 2\sqrt{(0.025S_1)^2 + (0.025S_2)^2 + \cdots\cdots + (0.025S_n)^2}$$

$$f_3 = 0.05\sqrt{[S^2]}(\mathrm{m}) \tag{83}$$

以上各式的边长 S 均以千米为单位。

3.6 观测成果的记录、整理、检验和计算

3.6.1 采用电子计算机或电子手簿记录，目前城市测绘系统还没有统一的格式和规定，可以按国家现行标准的有关规定执行，待今后补充完善。

3.6.4 本条计算公式(3.6.4-1)和(3.6.4-2)的推导见本章第3.1.7条说明。

4 城市地形测量

4.1 一般规定

4.1.1 城市1∶500、1∶1000、1∶2000、1∶5000、1∶10000比例尺地形图是城市建设规划、市政工程、工业民用建筑设计以及施工中的重要依据，是城市管理与编制各种专用图的基础资料。城市测图比例尺的选择，反映用图单位对地形图精度和内容的要求，直接关系到经济效益的问题。众所周知，测图比例尺愈大，则用于控制测量和地形测量工作的资金和时间耗费也愈多。根据城市测量情况的调查，67个城市和其他部门的测图比例尺的统计以及国内十几种测量规范的规定，绝大部分测图比例尺为1∶500～1∶5000，其中有相当一部分单位测图比例尺到1∶10000，根据对用图单位的调研，综合对各种比例尺地形图的用途意见归纳如规范表4.1.1。

国外的情况也大致相同，原苏联城市地形图比例尺系列为：1∶10000、1∶5000、1∶2000、1∶1000、1∶500。1∶10000、1∶5000地形图，主要用于城市总体规划，编制城市总体平面图；1∶2000地形图用于城市的详细规划，首期工程、地下管网工程、城市道路和交通网的设计、绿化以及已建区的改造；1∶500、1∶1000地形图用于工程设计与地下管网有连接的建筑物的施工图、竖向建筑、竣工测量、绿化和已建区某些部分的改造。美国城市地形图按用途分为设计用地形图和规划用地形图，前者主要用于工业、住宅、文化生活和行政管理设施等建筑项目的详细设计，比例尺为1∶500～1∶2000；后者主要用于市区规划、建设和改建方案以及交通运输、土木建筑、水文地质和水利工程等的设计，比例尺为1∶1000～1∶100000。德国比例尺系列为1∶500～1∶10000，其中1∶5000是国家基本图。日本《国土地理院测量作业规程》规定测图比

例尺系列为1∶500、1∶1000、1∶2500、1∶5000。其它国家情况也大同小异。

由此看来，本规范规定的城市测图比例尺系列为1∶500～1∶10000，是符合我国国情的，也是与国际上一些先进国家采用的比例尺系列基本一致或完全相同的。

4.1.2 根据约40个城市的调查回函统计，采用正方形分幅的有21个城市，占一半稍多一点；采用矩形分幅的为17个城市（其中直辖市和省会城市占了13个），占一半偏少一点。正方形分幅是1959年《城市测量规范》所规定的，中、小城市用得较多，其优点是编号方法简便，易于查找。矩形分幅由于南北图廓长度短了0.1m，这对于绘图和当俯仰角较大时的平板仪测图无疑是比较方便的；另外在用纸方面也有一些好处，大家知道，矩形分幅图用纸宜为50cm×60cm，而常用的印图全开纸张规格为787mm×1092mm，这对于裁切矩形分幅图十分有利，既能较充分利用纸张又留有足够宽度的图边作为整饰用，因此矩形分幅为越来越多的城市乐于采用。

正方形分幅图的编号，原规范规定的方法是行之有效的，故仍继续沿用。矩形分幅的编号方法则很不统一，有以1∶10000图号作为基本图号的（如北京、天津），也有以1∶500图幅为基础的（如上海）等等，各有千秋。经过研究比较，本规范拟定了一种新的编号方法列入附录。初步认为，此法还是比较简便可行的，各新建城市可以试用。已建城市可继续沿用本城市旧的分幅和编号方法。

4.1.3 关于地形类别的划分，国家测绘局制订的规范划分为平地（2°以下）、丘陵地（2°～6°）、山地（6°～25°）和高山地（25°以上）四类。《工程测量规范》GB 50026虽也划分为四类，但考虑到工程用图的实际，地面倾斜角的幅度比较均匀，平坦地（3°以下）、丘陵地（3°～10°）、山地（10°～25°）、高山地（25°以上）。1959年《城市测量规范》（草案）曾将地形类别划分为国家规范的前三类，1985年重新制订时，增加了高山地一类，以适应大城市远郊山区和山城的需要，鉴于城市一直沿用的历史习惯，也考虑与国家测绘局制订的规

范取得一致，因此本次修订时，对地形类别的划分仍然保持不变。

4.1.4 关于地形图基本等高距的选择，是基于城市地形测量四十多年的实践经验和城市建设的需要为出发点来制定的。据了解不少城市虽处于平地、丘陵地与山地的交错地区，但考虑到地形图等高线的连续性和用图方便，常常一种比例尺测图只选用一种等高距，本规范肯定了这种做法，同时为了经济合理，又规定"此时不同地形类别的等高线插求点的精度要求，可按相应的地形类别应采用的基本等高距分别推算"。如一个城市兼有平地、丘陵地和山地，为了取得一致，统一采用了丘陵地等高距，则平地、山地的图上高程注记点和等高线插求点的高程限差，仍应按平地和山地各自应采用的精度指标和等高距推算。对于等高距的选择，本规范有较多的灵活性，在1∶500测图的山地、1∶1000测图的丘陵地和高山地以及1∶2000测图的平地，均列出了两种不同的等高距。但是，在同一幅图内不得采用两种等高距。

4.1.6 人眼睛的分辨率为0.1mm，城市最大基本比例尺地形图为1∶500，基本等高距为0.5m，本条规定了图根点相对于图根起算点的点位中误差，不得大于图上0.1mm；高程中误差，不得大于测图基本等高距1/10，就是从这些出发考虑制定的。

4.1.8 本规范规定：地物点平面精度以地物点相对于邻近图根点（或航测野外像控点）的点位中误差不得超过图上0.5mm；邻近地物点间距中误差不得超过图上0.4mm。山地（不包括山城建筑区）、高山地与设站施测困难的旧街坊内部，其精度要求按上述规定放宽0.5倍。地物点平面精度的确定依据是：

1 从需要和可能两方面进行分析

城市基本地形图是为城市规划、设计、施工以及城市建设科学管理服务的，因此在制订地形图精度规格时，首先要满足用户的需要，做到技术先进，同时也要考虑到城市测绘单位当前的实际情况和可能达到的技术水平，以获得较大的经济效益。对于"需要"和"可能"这两方面的情况，编写组在全国范围内进行了广泛的调查研究工作，走访了许多规划、设计、施工、勘测单位和大专院校，绝

大部分用图单位对地形图的精度指标提不出什么意见来。他们大都要求能及时提供现状地形图，主要地物、地貌没有丢漏和差错，建筑物之间的相对位置正确，高程能满足自流管道的竖向设计，图面比例尺能够绘示所设计的建筑物即可。由于专业不同，他们对测绘部门提出的精度概念大都提不出确切的精度指标来，因此从"需要"方面来讲是吃不准摸不透的，但根据城市测量四十多年的实践经验，很多城市测绘部门反映，他们施测的符合正常质量标准的地形图提供使用后，规划、设计和施工部门均未对地形图的精度提出过异议，能够满足用图单位的需要。城市测量单位本身也是一个大用图单位，城市地形图为了满足修测和测量展绘地下管线的需要，必须留有一定的精度储备。通过这次调研认为，原图精度应与用图的细致程度、计量单位、复制图的拼接与变形、地物概括误差等大体相当，它可以归结为图上 1mm 这样的凑整数。

20 世纪 60 年代中聚脂薄膜取代了原测图白纸，这对城市地形测图是一项重要改革，用聚脂薄膜测图不需要裱糊图板，具有透明度好、伸缩变形小、防水和携带方便等优点。但聚脂薄膜测图增加了展绘误差，它不便于卡规和复式比例尺截取地物点，在薄膜上绘铅笔线要比在白纸上绘铅笔线粗 0.025～0.05mm，着墨因不吸水容易发生胀线，这些不利因素在我们制订地形图基本精度标准时，是不能忽视的。

2　根据地形图抽样检测、试验达到的实际精度来分析

自 1959 年《城市测量规范》(草案)颁发出版后，由于种种原因，未对规范草案执行情况进行全面的检查与总结，为了确切地了解和掌握建国以来我国城市地形图所达到的实际精度状况，为确定城市地形图的平面精度要求提供可靠的依据，原国家城建总局科教设计局于 1981 年委托北京、上海、天津、南京、广州、武汉、重庆、沈阳、西安、青岛十个有代表性的城市进行了一次地形图抽样检测，检测对象为 1∶500～1∶2000 比例尺用平板仪测绘的正常作业水平的地形图，要求每个城市选择两种比例尺，每种比例尺按 1966 年前后各抽样 2～4 幅，按照原《城市测量规范》(草案)重新

布设图根导线，设站用极坐标法测算地物点解析坐标。主要和次要地物点的个数分别不得少于100个，1：500比例尺图还要丈量邻近主要地物点间距亦不少于100个。室内用线纹米尺、0.5mm刻划的石英玻璃尺、坐标仪或精密坐标尺量出原图上相应地物点的图解坐标，并改正因图廓伸缩引起的系统误差，由图解坐标与解析坐标之差计算出主要、次要地物点点位中误差，由图量距离与实量距离之差计算出地物点间距中误差。

这次城市地形图抽样检测工作，十个城市共抽样检测：1：500图54幅，主要地物2940点，次要地物2165点，主要地物点间距1708边；1：1000图10幅，主要地物点579点，次要地物459点；1：2000图16幅，主要地物1083点，次要地物942点。综合检测结果统计如表18。

表18　十个城市地形图抽样检测结果综合统计(*mm*)

比例尺	主要地物点点位中误差			次要地物点点位中误差			主要地物点间距中误差
	1966年前	1966年后	平均	1966年前	1966年后	平均	
1：500	0.53	0.56	0.54	0.60	0.65	0.63	±0.39
1：1000	0.52	0.54	0.53	0.60	0.69	0.64	—
1：2000	0.46	0.43	0.45	0.56*	0.51*	0.53*	-

注：1. 表中有*者为剔除了个别大误差；

2. 1966年以前所用的图纸是白纸裱板，1966年以后测图所用图纸均为聚脂薄膜。

1980年长沙市测量队测了80幅1：1000地形图，检测了77幅，地物点点位中误差多数为0.4～0.5mm(图上，下同)，最好的为0.34mm，有7～8幅在0.6～0.7mm之间。作业方法在市区采用皮尺量距。

对采用经纬仪测图方法成图的地物点的点位精度，武汉冶金勘察公司作了一些统计分析，其结果如表19。

随着航测技术的发展，我国城市航测大比例尺成图得到广泛应用，截止到1982年上半年，全国约有63个城市进行了航空摄影和航测成图。根据收集的部分城市1：1000与1：2000比例尺航

测图的检测资料，进行综合统计如下：

表 19　经纬仪测图地物点点位中误差生产实际检测精度（图上 mm）

中误差 / 比例尺 / 地面倾斜角	1∶500		1∶1000		1∶2000	
	主　要	次　要	主　要	次　要	主　要	次　要
3°～8°	0.43	0.65	0.37	0.56	0.36	0.54
8°～15°	0.48	0.63	0.44	0.59	—	—
15°～30°	0.39	0.55	0.57	0.85	—	—
平　均	0.43	0.61	0.46	0.67	—	—

1∶1000 航测成图模拟测图仪测图法，主要在平丘地，放大倍数为 4～5 倍，$f=200$mm，采用全野外和 HMT10 级测图仪器，实际检测平面精度平均为 0.5mm；平地综合法成图，实际检测平面精度 0.5mm。1∶2000 航测成图模拟测图仪测图法，主要在丘陵地、山地，放大倍数 4～7 倍，$f=100$mm，采用全野外和 HMT10 级测图仪器，实际检测平面精度平均为 0.51mm；平地综合法成图，实际检测精度为 0.54mm。上述资料主要采用全野外，如果采用内业加密，还要包括加密中误差的影响。实际统计表明，按目前的仪器设备和作业情况，当测图放大倍数控制在 4～6 倍，平地、丘陵地的平面精度可以满足 0.5mm；山地、高山地可以满足 0.75mm 要求的。综合法成图平面精度达到 0.5mm 可能偏紧，但关键是对建筑物进行投影差和屋檐改正，在内外业各工序都能严格认真作业时，是可以达到的。

同一种比例尺地形图，采用不同的成图方法，本规范广泛征求各方面的意见，认为从用图观点来考虑，不论成图方法如何，同一种比例尺测图应采用同一精度指标。

3　理论上推导分析

在理论上探讨地物点的平面测定精度，国内已有不少资料和著作做过论述，现结合我国当前城市采用平板仪测图方法进行理论上的精度推导分析。

在平板仪测图中，图上地物点有从图根点上直接测定和由增

补的测站点测定的两种(旧街坊内部无法设置测站时，只能依据外部实测轮廓点用几何作图装测的另叙)，据统计，前者约占地物点总数的75%，后者约占25%。

用图根点直接测定的地物点中误差 m_W 来源，主要由图根点点位中误差 m_t、图根点至地物点的量距(或视距)中误差 m_j、方向中误差 m_f 和根据比例尺确定长度及刺点中误差 m_c 所构成，即

$$m_W = \sqrt{m_t^2 + m_j^2 + m_f^2 + m_c^2} \tag{84}$$

现将各项误差逐项分析如下：

1)图根点点位中误差 m_t 包括图根点的测量中误差 m_l、方格网的绘制中误差 m_g 和图根点的展绘中误差 m_{zh}，其中 m_l、m_g 均取图上±0.1mm，图根点展点时，纵、横坐标方向各含±0.1mm 的截距及连线中误差，即

$$m_{zh} = \pm 0.1\sqrt{2}\,\text{mm},$$

则

$$m_t = \sqrt{m_l^2 + m_g^2 + m_{zh}^2} = 0.2\text{mm}$$

2)图根点(或测站点)至地物点的量距或视距中误差 m_j 是影响地物点点位精度的一项主要误差，城市建筑区和平地、丘陵地的1∶500测图，测站至地物点距离要求实量，多采用皮尺量距，此项误差较小，考虑到皮尺的伸缩，量距时对点、读数及凑整误差等，以图上±0.2mm 计；山地的1∶500测图与1∶1000、1∶2000测图，本规范规定可采用视距。影响视距精度的因素很多：有用视距丝读取视距间隔的误差、视距尺的分划误差、视距常数不准确的误差、竖角的观测误差、视距尺竖立不直的误差以及外界条件影响等，在诸因素中，又以视距常数的不稳定性、视距尺竖立不直与大气垂直折光的影响最为突出。一些单位对视距精度进行过测试和分析，其视距相对误差多为1/200～1/400，宜取为1/300。由于视距精度是随着地面倾斜角和视距长度不同而变化的，因此采用相对误差是不够合适的。根据《工程测量规范》编制组收集的几个部门七份资

料的实验数据，导出的经验公式为：

$$\left.\begin{aligned} m_j^2(\text{主要地物}) &= 0.0253 + (0.0669 + 1.1347\ \mathrm{tg}^2\alpha) \\ &\quad \times S_D^2 + 0.0100 S_D^4(\mathrm{m}) \\ m_j^2(\text{次要地物}) &= 0.0253 + (0.0617 + 1.0504\ \mathrm{tg}^2\alpha) \\ &\quad \times S_D^2 + 0.0088 S_D^4(\mathrm{m}) \end{aligned}\right\} \tag{85}$$

式中 S_D ——地物点的最大视距（km）；

α——地面倾斜角。

根据本规范的情况，可将主要地物的视距误差公式视为适合于城市建筑区和平地、丘陵地的情况，次要地物的视距误差公式视为适合于山地、高山地等情况，按（85）式计算出视距中误差如表 20。

表 20 测图的视距中误差的综合统计

m_j（m） / S_D（m） / α	40	60	80	100	120	150	180	200
0°	0.19	0.23	0.27	0.32	0.38	0.48	0.59	0.67
6°	0.20	0.23	0.28	0.34	0.40	0.50	0.62	0.71
15°	0.22	0.28	0.34	0.41	0.49	0.62	0.75	0.85
25°	0.27	0.36	0.46	0.57	0.68	0.85	1.03	1.15

注：表中 0°、6°按（85）式中上式计算；15°、25°按（85）式下式计算。

根据本规范各种比例尺及最大视距，城市建筑区和平地、丘陵地地面倾斜角按 6°计算；山地、高山地地面倾斜角按 15°计算，由此算出地物点视距中误差列于表 21。

表 21 地物点的视距中误差（图上 mm）

m_j 比例尺 / 地区类别	1∶500	1∶1000	1∶2000
城市建筑区与平地、丘陵地	±0.20（量距）	±0.28	±0.25
山地、高山地	±0.62	±0.49	±0.42

3）地物点的方向中误差 m_t 包括：测板安置误差、照准误差及

画线误差等，其式为：

$$m_l = \frac{m''_r}{\rho''} \cdot S \tag{86}$$

式中 m''_r—— 测绘地物点的方向中误差（″）；

S——测定地物点的图上最大视距长度。

其中 m_r 随视距的增大而减小，但视距大到一定限度后，其减小的速度就缓慢下来，因此，对于大比例尺测图所规定的视距范围来说，目前国内大多数取用 $m_r = \pm 6'$。按（86）式结合本规范的视距长度计算得表 22。

表 22 地物点的方向中误差（图上 mm）

S	140	120	100	80	75
m_l	±0.24	±0.21	±0.17	±0.14	±0.13

4）由比例尺确定长度及刺点中误差 m_c 包括比例尺刻划中误差、对点中误差和截取中误差，即

$$m_c = \sqrt{m_k^2 + m_d^2 + m_q^2} \tag{87}$$

式中 m_k 为比例尺分划的刻划中误差，不大于±0.1mm；m_d 为测站一端对点中误差，取±0.1mm；m_q 为截取线段的中误差，由于使用聚脂薄膜取代了裱板图纸测图，不再用卡规和复式比例尺在聚脂薄膜上截距刺点，而是直接用铅笔取点，因此各地普遍反映截取误差较大，取 m_q 为＋0.15mm。将上述数值代入（87）式得 $m_c = \pm 0.21$mm。

综上所述，将各项中误差数值代入（84）式算出用图根点直接测绘的地物点点位中误差如表 23。

表 23 用图根点直接测绘的地物点的点位中误差（图上 mm）

比例尺 / m_W / 地区类别	1∶500	1∶1000	1∶2000
城市建筑区与平地、丘陵地	0.39（量距）	0.43	0.40
山地、高山地和设站施测困难的旧街坊内部	0.73	0.61	0.54

下面再分析由增补的测站点测定的地物点点位中误差，误差源中测站点点位中误差 m_z 取代了（84）式中的 m_t，即

$$m_W = \sqrt{m_z^2 + m_j^2 + m_{zf}^2 + m_c^2} \tag{88}$$

测站点点位中误差，本规范仅分析最常采用的图解支点的情况，这种方法增补的测站点精度也是较差的，测站点点位中误差 m_z 包括图根点点位中误差 m_t、测站点至地物点的量距（或视距）中误差 m_{zj}，方向中误差 m_{zf} 和由比例尺确定长度及刺点中误差 m_{zc}，其式为：

$$m_z = \sqrt{m_t^2 + m_{zj}^2 + m_{zf}^2 + m_{zc}^2} \tag{89}$$

其中 m_t 仍为 0.2mm。

测站点用皮尺量距允许的最大长度，1∶500、1∶1000 和 1∶2000测图分别为 50、100、160m，量距相对中误差按 1/800 计算；采用视距要求往返观测，视距精度为 $\frac{1}{300\sqrt{2}} \approx \frac{1}{400}$，1∶1000 和1∶2000测图图解支点的最大视距长度分别为 70 和 120m。由此计算出各种比例尺测站点点位中误差如表 24。

表 24　各种比例尺测站点的点位中误差（图上 mm）

中误差 / 项目 / 比例尺	m_t	m_{zj}		m_{zf}		m_{zc}	m_z	
		实量	视距	实量	视距		实量	视距
1∶500	0.2	0.125	—	0.17	—	0.21	0.36	—
1∶1000		0.125	0.175	0.17	0.12		0.36	0.36
1∶2000		0.10	0.15	0.14	0.10		0.34	0.34

然后再按（88）式计算由增补测站点测绘的地物点点位中误差如表 25。

表 25　由增补测站点测绘的地物点点位中误差（图上 mm）

m_W 比例尺 / 地区类别	1∶500	1∶1000	1∶2000
城市建筑区与平地、丘陵地	0.49（量距）	0.52	0.49
山地、高山地和设站施测困难的旧街坊内部	0.79	0.68	0.61

按从图根点直接测定和由增补测站点测定的地物点分别占总数的75%和25%计，则最后算出地物点点位中误差如表26。

表26　地物点点位中误差的计算值（图上mm）

m_W 比例尺 / 地区类别	1∶500	1∶1000	1∶2000
城市建筑区与平地、丘陵地	0.42（最距）	0.45	0.43
山地、高山地和设站施测困难的旧街坊内部	0.74	0.63	0.56

上海市在1981年1∶500地形图检测报告中按由图根点测定、由测站点测定和装测三种情况，理论推算和检测地物点点位中误差结果如表27。

表27　上海市1∶500测图的地物点点位中误差（图上mm）

m_W 类别 / 项目	由图根点测定	由测站点测定	装　测
理论推算结果	0.43	0.50	0.68
检测结果	0.45	0.62	0.78

综上所述，本规范规定地物点平面精度以地物点相对于邻近图根点的点位中误差不得超过图上0.5mm，山地、高山地与设站施测困难的旧街坊内部不得超过图上0.75mm是合适的。

4　同一些国家地形图基本精度指标相比较

为了明了本规范制定的地形图基本精度指标的水平，编写组收集了原苏联、英国、日本、原东德、美国等一些国家地形图基本精度指标，作了分析比较，说明本规范所制订的地形图基本精度指标接近国外20世纪80年代的水平。是既符合我国国情又接近国际水平的。

关于地物点点位中误差与间距中误差的关系，本条规定城市建筑区和平地、丘陵地的地物点相对于邻近图根点的点位中误差

不得超过图上 0.5mm，邻近地物点间距中误差不得超过图上 0.4mm，这是很必要的，因为城市建筑区大比例尺地形图上各种高层建筑物和各种地物点都很密集，相对位置牵制性很强，这就要求各地物点之间相对位置误差要满足规划、设计部门的需要。另外，检查地形图平面位置的精度，目前常采用钢尺实量一定数量各邻近地物点的间距，用间距中误差来衡量，这种方法比起设站检测来，要方便得多，且经济适用。那么地物点点位中误差和间距中误差究竟是个什么关系呢？[苏] В·И·盖尔儒拉在《工业建设中的测量工作》一书中的推导（我国测量界也有类似推导，可见黄懋胥编著的《工业厂区现状图测量》一书的 9～10 页），地物点的间距（边长）中误差即等于地物点的点位中误差。但根据这次十个城市 1∶500 比例尺地形图平面精度检测综合报告所提供的数据和北京市测绘处多次检测的统计资料证明，间距中误差比点位中误差要小一些，可能是因为，大部分邻近地物点为相应的同一测站所施测，其间距中误差不受测站点和测板定向误差的影响。1981 年十个城市共检测了 54 幅 1∶500 地形图，有 2490 个地物点，1708 个间距，统计结果：地物点点位中误差为 0.54mm，地物点间距中误差为 0.39mm，前者为后者的 1.38 倍。现将各单位检测统计结果列于表 28。

由表 28 知，各单位检测统计结果，地物点点位中误差与间距中误差的比值在 1.13～1.50 倍之间，平均为 1.31 倍。点位中误差规定为 0.5（0.75）mm，间距中误差规定为 0.4（0.6）mm，其比值为 1.25 倍，与检测统计结果是极接近的。如果按本规范规定的作业方法严格执行，地物点的点位中误差 0.5（0.75）mm 和地物点间距中误差 0.4（0.6）mm 是应该同时满足的。

4.1.9 本次修订对原规范“城市建筑区和平坦地区铺装路面高程注记点相对于邻近图根点的高程中误差为±0.07m”的规定，改为“城市建筑区和基本等高距为 0.5m 的平坦地区，其高程注记点相对于邻近图根点的高程中误差不得大于±0.15m；其它地区地形图高程精度以等高线插求点的高程中误差来衡量”。

表 28　点位中误差和间距中误差关系的检测统计结果

检测时间及城市	比例尺	检测幅数	点数	点位中误差 m_p (mm)	间距个数	间距中误差 m_d (mm)	比值 $m_p : m_d$	备注
1962 年北京	1∶500	10	634	0.43	554	0.29	1.48	
1963 年北京	1∶2000	3	680	0.20	340	0.16	1.25	
1963 年清华			52	0.47	52	0.38	1.24	
1973 年北京	1∶500	6	704	0.40	475	0.35	1.21	铅笔原图
1981 年北京	1∶500	2	106	0.50	75	0.42	1.19	
1981 年广州	1∶500	6	540	0.54	544	0.41	1.32	
1981 年天津	1∶500	7	200	0.64	200	0.45	1.42	
1981 年西安	1∶500	6	89	0.49	100	0.35	1.40	
1981 年武汉	1∶500	2	160	0.54	123	0.41	1.32	
1981 年沈阳	1∶500	3	102	0.52	102	0.46	1.13	
1981 年重庆	1∶500	2	142	0.45	40	0.30	1.50	
总　和		47	3267		2583			
平　均				0.47		0.36	1.31	

随着科技进步，大面积的航测数字化成图技术，已为各生产单位所采用，为了适应这一新技术的广泛应用，把±0.07m 的规定修改为±0.15m 的指标是必要的和可行的。20 世纪 80 年代以来大量生产实践检测成果也表明修改这项规定，成图质量是可靠的，经济是合理的，并大大提高了生产效率。

关于等高线插求点的高程精度问题，地形图等高线插求点的高程中误差，是以等高线插求点的高程相对于邻近图根点的高程中误差来衡量的。本规范采用《工程测量规范》GB　50026—93 编制组收集的 27 项工程的数据处理的经验公式来推求等高线的插求点的高程中误差 M_P：

$$M_P = \frac{1}{4}H + 0.8 \times 10^{-3} M \operatorname{tg}\alpha(\mathrm{m}) \qquad (90)$$

式中　H——基本等高距；

M——测图比例尺分母；

α——地面倾斜角。

计算结果与规范采用值见表 29。

表 29　等高线插求点高程中误差的计算和取用值

地形类别	1∶500			1∶1000			1∶2000			M_P 取用值（等高距）
	H（m）	M_P 计算值		H（m）	M_P 计算值		H（m）	M_P 计算值		
		（m）	（等高距）		（m）	（等高距）		（m）	（等高距）	
平　地（2°以下）	0.5	0.14	0.28	0.5	0.15	0.31	0.5	0.18	0.36	1/3
							1	0.31	0.31	
丘陵地（2°～6°）	0.5	0.17	0.33	0.5	0.21	0.42	1	0.42	0.42	1/2
				1	0.33	0.33				
山　地（6°～25°）	0.5	0.31	0.62	1	0.62	0.62	2	1.25	0.62	2/3
	1	0.44	0.44							
高山地（25°以上）	1	0.65	0.65	1	1.05	1.05	2	2.1	1.05	1
				2	1.30	0.65				

注：高山地的 M_P，其地面倾斜角是按 45°计算的。

4.2　图根控制测量

4.2.2　由于 GPS 定位技术发展很快，对于图根控制测量势必成为一个应用方面，因此本条增加“图根点亦可采用 GPS 测量方法布设，……”的规定。

4.2.3　图根点密度的规定，是根据各种比例尺测图的最大视距长度来估算的，其估算公式如下：

$$\text{每幅图图根点点数} = K \times \frac{\text{每幅图的实地面积}}{(1.5 \times \text{最大视距})^2}$$

式中 K 为布点不均匀系数，由于作业人员的经验不同，K 值可能差别很大，本规范是采用 $K = 1.5$ 左右进行计算的，并化算为点数/km²，其计算值和取用值列于表 30。

表 30　图根点的密度

比例尺	每幅图的实地面积（km²）		K 的取值	每幅图图根点点数		点数/km²	
	正方形分幅	矩形分幅		正方形分幅	矩形分幅	计算值	取用值
1∶2000	1	0.8	1.35	15	12	15	15
1∶1000	0.25	0.2	1.55	12	9.6	48	50
1∶500	0.0625	0.05	1.63	9.24	7.4	148	150

地形复杂、隐蔽以及城市建筑区，应以满足测图需要并结合具体情况加大密度。当采用数字化成图，图根点的密度可放宽（见本规范第 8.2.1 条第 3 款）。

4.2.5 线形锁最弱点的点位中误差 M 和三角形个数 n 有如下的关系：

$$M = \frac{m_\beta'' \cdot L}{\mu \times 10^6}\sqrt{\frac{(n+1)^2+20}{72(n+1)}(R_P+4.43)} \qquad (91)$$

式中 m_β''——测角中误差；

L——两高级点间之距离；

R_P——三角形图形强度系数 R 的平均值，即 $\Sigma R/n$，以对数第六位为单位。

用上式推算三角形个数 n，当 $m_\beta''=\pm 20''$，$R_P=15$，$L=1000\text{mm}$（图上），$M=0.1\text{mm}$（图上）时，通过解二次方程得 $n\approx 15$，考虑到图根三角锁允许两次附合以及图形不直伸等，故本规范规定线形锁三角形个数不应超过 12 个。

图根点最大边长的确定，应能满足不同测站测图时，以最大视距测得的地形点衔接为原则。

设 A、B、C 为图根控制点，P 为正三角形 ABC 的中心，AP 为最大视距，令 $AP=1$，则 $AB=AC=BC=\sqrt{3}=1.7$。所以规范规定图根三角锁（网）的平均边长不宜超过测图最大视距的 1.7 倍。

采用交会法布点时，根据理论计算、分析，当交会角在 30°～150°之间，交会误差为最小。

4.2.7 关于图根导线测量的技术要求，根据导线的相对闭合差 $\frac{1}{T}$ 与附合导线长度 L 有如下关系：

$$\frac{1}{T}=\frac{f}{L}=\frac{2KM_z}{L} \qquad (92)$$

式中 K 为比例系数，取 $K=\sqrt{7}$，M_z 为导线中点平差后的点

位中误差，取 $0.1M$（mm）（M 为测图比例尺分母，下同），导线绝对闭合差 $f=2\sqrt{7}\times 0.1M=0.53M$（mm），图根附合导线长度为 $1.0M$（m），则

$$\frac{1}{T}=\frac{0.53M}{1.0M\times 10^3}=\frac{1}{1890}\approx\frac{1}{2000}$$

当进行 1∶500 和 1∶1000 比例尺测图时，图根导线长度分别为 500m 和 1000m，尚感太短，故本规范第 4.2.7 条第 2 款中规定可放长至 1.5 倍，但其绝对闭合差不应超过图上 0.5mm。

当导线长度短于附合导线规定长度的 1/3 时，此时若继续采用按相对闭合差不大于 1/2000 来衡量，则将有很大一部分短导线达不到要求，但若按绝对闭合差不大于图上 0.5mm 来衡量又显得过宽，故规范规定其绝对闭合差不应大于图上 0.3mm。

图根导线测角中误差的估算公式由（43）式及有关公式可以导出：

$$m_u=\frac{m_\beta''}{\rho''}\cdot S\sqrt{\frac{n(n+1)(n+2)}{12}}=4m_{u(m)}=4\cdot\frac{M_Z}{\sqrt{4}}$$

则

$$m''_\beta=\frac{2\rho''M_Z}{n\cdot S}\sqrt{\frac{12n}{(n+1)(n+2)}}$$

其中 $n\cdot S=L$，上式化为：

$$m''_\beta=\frac{2\rho''M_Z}{L}\sqrt{\frac{12n}{(n+1)(n+2)}}\qquad(93)$$

式中 n 为导线边数，将 M_Z、L 及 n 相应数值代入上式进行估算。根据估算结果，本规范确定图根导线测角中误差为 $\pm 30''$，导线方位角闭合差则不应大于 $\pm 60''\sqrt{n}$（n 为测站数），对于短边导线以及困难地区不再放宽，是合理的。它既能满足图根导线的精度要求，又能比较灵活地适用于全国大、中、小城市和各类地区的作业，在保证质量的前提下减少超限返工，从而提高了经济效益。但当1∶500、1∶1000 测图的图根导线长度分别放长至 750m、1500m 时，此时导线测角中误差应为 $\pm 20''$，导线方位角闭合差则

不应大于$\pm 40''\sqrt{n}$。

同理，当采用图根光电测距导线布设时，附合导线长度可分别放长至900m、1800m和3000m，但导线测角中误差应为$\pm 20''$，导线相对闭合差不应大于1/4000。

4.2.8 钢尺是图根钢尺量距导线长度丈量的主要工具，为此必须对钢尺长度的正确性进行检定。在量距作业中应按规定对丈量的边长，进行尺长、温度和倾斜改正，以确保导线的精度要求。

4.2.9 当局部地区图根点密度不足时，可在等级控制点或一次附合图根点上，采用光电测距极坐标法布点加密。其点位中误差不应大于图上0.1mm要求，极坐标法的边长D可按下式估算：

$$m_p = \sqrt{m_D^2 + \left(\frac{m_\beta''}{\rho''} \cdot D\right)^2} = D\sqrt{\left(\frac{m_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta''}{\rho''}\right)^2}$$

$$D = \frac{m_p}{\sqrt{\left(\frac{m_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta''}{\rho''}\right)^2}} \tag{94}$$

式中 m_p——极坐标点点位中误差，按图上0.1mm为限；

$\frac{m_D}{D}$——测距边相对中误差，以1/10000计；

m_β''——测角中误差，以$\pm 20''$计。

表31 光电测距极坐标法边长的估算与取用值（m）

测图比例尺	极坐标点点位中误差	最大边长	
		估算值	取用值
1∶500	0.05	359	200
1∶1000	0.10	718	400
1∶2000	0.20	1436	800

从表31估算结果表明取用值仅为估算值的56%，主要考虑到图幅的长度，不管是正方形分幅还是矩形分幅图幅最长为图上50cm，最大边长取用值为图上40cm已经够用，因为由图根点测碎部时，按测距或视距的最大长度足可以测至图幅外。若取用值过长，则测到了邻幅图上，失去了定向点反而带来了麻烦。同时考

虑到表注 1“边长不宜超过定向边长的三倍”规定，该取用值也较适当。在作业中为了防止粗差产生，规定了联测两个已知方向，测距 1 测回，同时不应在此点上再发展，以及一幅图内不得超过图根点总数的 30%，在条件许可时宜采用双极坐标测量等是必要的。

4.2.10 由于城市建筑密集，很多地方又不通行，在进行地形测量时，当受地形限制图根导线无法闭合的情况下，需布设支导线。为了适合用经纬仪测角、用钢尺量距或光电测距仪测距，乃至采用全站仪测量，本条规定，可布不多于四条边，长度不超过附合导线规定长度 1/2，最大边长不应超过规定平均边长 2 倍的支导线。

大家知道，有 n 条边、总长为 L 的直伸等边支导张端点的纵向误差 m_t、横向误差 m_u 和总的点位误差 M_D 为：

$$\left.\begin{aligned} m_t &= \sqrt{nm_s^2 + \lambda^2 L^2} \\ m_u &= \frac{m_\beta''}{\rho''} L \sqrt{\frac{(n+1)(2n+1)}{6n}} \\ M_D &= \sqrt{m_t^2 + m_u^2} \end{aligned}\right\} \tag{95}$$

采用等影响原则，即 $m_t = m_u$，则

$$M_D = \sqrt{2m_u^2} = \frac{m_\beta''}{\rho''} L \sqrt{\frac{(n+1)(2n+1)}{3n}} \tag{96}$$

图根附合导线用 DJ_6 级仪器观测一测回的测角中误差为 $\pm 30''$，图根支导线按左、右角各观测一测回的测角中误差则为 $m_\beta'' = \pm\frac{30''}{\sqrt{2}} = \pm 21.2''$，$M_D$ 为 $0.1M$（mm），在公式（96）中 L、n 均为未知数，不可能同时求得，因此可以先假设 L 和 n，然后再反求 M_D 不超过 $0.1M$（mm），即可确定图根支导线长度和边数。估算结果，边长 $n \leqslant 4$，长度 $L \leqslant \frac{1}{2}$ 规定的附合导线长度。

导线测站圆周角闭合差的限差 $\Delta_c = 2m_\beta'' = 2 \times 21.2'' = \pm$

42.4″，取为±40″。

4.2.14 图根水准测量技术要求是根据本规范第4.1.6条的规定。图根点相对于图根起算点的高程中误差，不得大于测图基本等高距的1/10。城市1∶500地形图，最大等高距为0.5m，即不应大于±50mm。图根水准附合路线的长度按下式估算：

$$M_Z = \frac{1}{2} M_W \sqrt{L}$$

则

$$L = \frac{4M_Z^2}{M_W^2} \tag{97}$$

式中 L——图根水准附合路线或闭合环线的长度（km）；

M_Z——图根水准路线最弱点（中点）高程中误差（mm）；

M_W——图根水准测量每千米高差中误差，以±20mm计。

考虑到应留有一定的精度储备，附合路线中最弱点高程中误差，不取用±50mm，而是以±30mm估算，则图根水准附合路线或闭合环线的长度不得超过8km，结点间路线长度不应超过附合路线长度的0.7倍，故取用6km，支线长度不得超过4km。

图根水准路线闭合差随着山地陡峭程度的不同而有所放宽，当山地每千米超过16站时，不应超过 $\pm 12\sqrt{n}$（mm），若每千米为18站时，则允许的闭合差相当于 $\pm 50\sqrt{L}$（mm），而每千米为25站时，则允许的闭合差相当于 $\pm 60\sqrt{L}$（mm）。

本条补充了图根水准测量起闭高程控制点的等级，近几年来，有些单位根据《工程测量规范》GB 50026布设五等水准，城市市政工程测量中，按图根水准测量精度施测的中平测量是起闭于基平测量的高程控制点上的，基平测量或五等水准的精度要求均为 $\pm 30\sqrt{L}$（mm），因此规范规定“图根水准测量应起闭不低于基平测量的高程控制点上”。同时，规范还补充了“对起闭于一个水准点的闭合环，必须先行检测该点高程的正确性”，这是为杜绝高程抄错、水准点变动或用错等采取的有力措施。

4.2.15 图根光电测距三角高程测量，根据很多生产实践的数据统计表明，光电测距三角高程导线的实测精度，能够代替平坦地

区图根水准测量。同时本条增加了光电测距极坐标法图根点高程的测定方法，即其垂直角可单向观测 2 测回，而光电测距三角高程导线应对向观测 1 测回。

4.3 测图前的准备

4.3.1～4.3.4 测图前的准备工作是地形测图的重要环节，是保证测图工作质量的最基本要求和顺利进行的重要措施，必须加以重视。由于数字化成图计算机的色笔在绘制方格网时其粗度不能保证不超过 0.1mm，因此将原规范此项规定去掉。测图使用的仪器和工具，包括经纬仪、水准仪和测距仪的检验与校正，在前面第 2、3 章中已经叙述，大平板仪和测斜仪等虽未作规定或详细规定，但也应进行一些必要的检验与校正，以保持仪器的良好状态。

4.4 测站点的增补

4.4.1 原规范本条中的“图解支导线”，容易使人误解，以为可以连续支出数点，这次改为“图解支点”。图解支点的含义即由图根点上向某方向只能支出一个测站点，使其意思明确单一。

4.4.2 图解交会点的精度低于解析点，约为图上 0.2～0.3mm，因此交会出现的示误三角形内切圆直径不宜过大，本规范规定小于 0.4mm 是适宜的。图解后方交会，1∶500 和 1∶1000 测图不让用，因其精度比图解前方、测方交会更差，且容易出现危险圆问题。

4.4.3 由于目前测图已采用具有测距功能的平板仪，因此本规范表 4.4.3 中“测量方法”一栏在原规范“实量”唯一的方法上，又增加采取“测距”的方法。

4.4.4 增补的测站点高程精度要低于图根点，但应高于高程注记点的精度，因此图解支点往返测高差较差不得超过 1/7 等高距；图解交会点的高程较差：平地不应超过 1/5 等高距，丘陵地不应超过 1/3 等高距，本规范这样规定是适宜的，生产实践证明也是可行的。

4.5 地形图测绘方法及要求

4.5.1 由于测绘技术的迅速发展，关于地形图的测绘方法，本条在原规范的基础上增加了“全站仪数字化成图法”，以适应新技术的推广应用。施测碎部点的方法，也可因地制宜。

4.5.2 设站时的检核，原规范未对经纬仪作出规定，本次修订补充规定为“经纬仪测绘时其角度检测值与原角值之差，不应大于2′”，仪器对中偏差，也改为一律“不应大于图上0.05mm”，这样规定，更简洁全面。

4.5.3 对于1∶500测图，由于丘陵地在等高距、地区分类和地物点点位中误差的要求方面，都与建筑区平地是一致的，因此对地物点距离量取的方法和最大长度也应一致，为此将原规范表4.5.3中1∶500测图地物点视距长度40m予以取消，改为按表注1的要求执行。另外修订后的表4.5.3增加了测距最大长度，并规定若采用数字化成图或按坐标展点成图，地物点测距的最大长度可分别放长至300m、500m、800m，这样即可适应数字化成图的要求了。

4.5.5 高程注记点的间距规定丘陵地区宜为图上3cm左右，根据地形类别的平陡和地貌变化的复杂程度，可适当放宽或加密。对于山地的地貌特征点和城市建筑区显示高程的重要地点，都应测注高程注记点，以保证成图的质量。

4.5.6 目前，大多数城市建筑区的地形图只测注高程注记点，而不绘等高线，另外，建筑物内、稻田、池塘等也不绘等高线，因此，本规范规定“城市建筑区和不便于绘等高线的地方，可不绘等高线”。

4.6 地形图测绘内容及取舍

4.6.1 由于国家《1∶500 1∶1000 1∶2000地形图图式》GB/T 7929修订后将地物要素的分类和名称作了较大的变动，因此本规范亦随之作了相应的修改。

由于我国幅员辽阔，地物地貌形态各异，随着城市建设事业的发展，新的设施越来越多，现行的地形图图式已就地形图的各项要素的表示方法和取舍标准，逐条有一个简要说明，为了不使规范条文过于繁琐，并给作业单位在技术管理上有较多的主动性，因此本节各条写得比较原则。

4.6.2 测量控制点符号的表示，由于图式中平面控制点只有三角点、小三角点、导线点、图根点等之分，而目前由于测绘技术的发展，规范中有边角组合网点，三、四等导线点、GPS 网点等，它们属于哪一类？因此本条规定，各等平面控制点，包括各等三角点、边角组合网点、三、四等导线点和各等 GPS 网点都用三角形符号表示；除导线点外的各级平面控制点，包括一、二级小三角点，一、二级边角组合网点，一、二级 GPS 网点均用小三角点符号表示；而一、二、三级导线点则用导线符号表示。

4.6.3 关于房屋轮廓以墙基角为准还是以屋檐为准，近几年来引起了一些讨论，本规范最终规定仍以墙基外角为准。因为城市规划定线拨地、建筑物与红线及各类管线的间距，建筑物与已有建筑物的间距，都是以房屋的墙基角、墙面为准进行设计的，如果改成以屋檐为准，规划部门和用图单位将难以接受。由于地物要素类别的变化，此条中增加了对垣栅的测绘规定。

4.6.4 工矿建（构）筑物及其它设施是国家 1996 年实施的新图式中首次命名的一类地物要素，它包含了矿山开采、地质勘探、工业、农业、科学、文教、卫生、体育设施和公共设施等，是原图式中工矿企业建筑物和公共设施、独立地物以及居民地一部分，因此其测绘要求按依比例尺表示和不依比例尺表示分别作出规定。

4.6.5 随着城市建设的现代化，城市道路向立体化、高速化发展，各种立交桥、高架道路和高速公路逐年增多，因此本条补充了对这些设施的测绘规定，高速公路中的中央分隔带按说应表示，但测绘起来很困难（两侧有栅栏或围墙）和冒着极大的危险（时有报道穿黄马甲的清扫工人和行人被车撞死），因此本规范规定“中

央分隔带视用图需要表示”。并且此条随着“道路”改为“交通”，而增加对桥梁、码头等有关测绘规定。

4.6.6 本条在原规范的基础上进行了一些调整和补充，按架空缆线、管道分款编写，显得更明确，更有针对性。

4.6.7 本条取消了池塘测绘水涯线的规定，增加了“当水涯线与陡坎线在图上投影距离小于 1mm 时以陡坎线符号表示”的规定，对于沟渠用单线表示的图上宽度也根据国家图式的修改而修改。

4.6.10 由于国家新图式中取消了“经济作物地”，将“药材”、“甘蔗”、“麻类”等归于“其它园地”，对于“旱地”又没有详细说明，因此本条作了一些补充。

4.6.11 自然地理名称，因各城市都成立有地名办公室，陆续出版了《地名录》，因此有法定名称的应以法定名称为准，故规范予以补充。

4.6.12 关于地形图上各种要素的配合表示，国家图式规定“为了保证地图各要素的清晰，各符号间距离不应小于 0.3mm。在符号密集、相距很近的情况下，允许将符号尺寸缩小 1/3 描绘，或移动次要符号”。而原规范规定“次要地物移位 0.2mm”或“两符号间隔 0.2mm”。本次规范修订为求取统一，将“0.2mm”改为“0.3mm”。原规范本条一、二款内容稍有重复，修订时将重复词句予以去掉。关于第 7 款也作了某些修改，将“按图式绘制”改为“在相应一侧不间断地绘出”，将“以线状地物中心为界”改作“以线状地物中心或河流主航道为界”等。

4.7 地形图的修测

4.7.1 城市地形图的修测是保持地形图的现势性，满足城市用图急需的必要手段，地形图的修测或更新是一个重要问题，从某种意义上来讲，保持地形图的现势性，甚至比稍微提高地形图精度更为重要。本节的修测方法适用于局部地区，大面积地形图更新还靠大比例尺航测成图。采用数字化成图技术进行地形图的修测或更新工作时，其技术要求可按第 8 章有关规定执行。

4.8 地形图的拼接和检查

4.8.1～4.8.4 地形图测绘工作结束后，每幅图都应与相邻图幅进行图边拼接与整幅图的检查，检查内容按第 4.8.3 条的规定执行，确保成图质量无误后方可提交第 4.8.4 条所列的资料。

5 城市航空摄影测量

5.1 一般规定

5.1.1 城市基本地形图，无论是采用平板仪测图还是航测成图，都是为城市规划、设计、管理服务的。因此从用图考虑，成图精度应统一指标。

本次规范的修订是在《城市测量规范》CJJ8--85的基础上进行的。原《城市测量规范》对1：1000、1：2000航测成图内容进行了规定，本次修订增加了1：500比例尺航测成图的内容，同时城市航测成图方法在原综合法和精密立体测图仪基础上增加了数字化测图（解析测图仪测图、机助立体坐标量测仪测图）方法。并将“精密立体测图仪”统一改为“模拟测图仪”。

5.1.2 航测成图精度指标的确定：地物点相对于邻近野外控制点平面点位中误差，平地、丘陵地为图上0.5mm，山地、高山地为图上0.75mm；相对于邻近野外控制点的高程中误差，取消原规范铺装地面高程注记点±0.07m的规定，高程注记点高程中误差改为建筑区与0.5m等高距的平坦地区应满足±0.15m的要求，其余地区的高程精度根据地形类别与等高距的不同，用相应等高线插求点高程中误差精度限值来衡量。邻近地物点间距中误差图上±0.4mm保持不变。

城市大比例尺航测成图技术自《城市测量规范》CJJ8—85颁布使用以来，至今已有十多年，随着城市航测成图技术的不断发展，目前大比例尺航测成图技术的应用正以很快的速度在国内得到推广普及。原《城市测量规范》对航测成图规定“适用于1：1000、1：2000航测成图”的原则，随着我国1：500航测成图技术的突破，这条原则已成为历史。在修订本规范过程中，规范编写组向

全国各城市勘测部门发出调研函，从返回的调研报告中显示出，绝大部分城市的1∶500航测成图达到图上0.5mm的精度要求，建设部1992年6月在沈阳召开的“全国城市航测大比例尺机助成图评比会”上17个城市航测单位使用各自的仪器定向成图，并打印出地物点坐标，经与真值相比，结果所有参加者的检验数据，均达到1∶500图上±0.4mm左右的精度，这些事实雄辩地证实1∶500航测成图技术是精确可靠的。

城市1∶500航测成图技术，因涉及难度较大的房檐改正（尽管1∶1000、1∶2000航测成图在这方面的影响并不太突出），且这项改正的差异，对成图最终精度又起到决定性作用。但随着航测成图技术、手段的提高（例如加密技术、数字化成图技术、野外电子手簿等）可以弥补此项带来的影响。根据对我国各地城市测量单位实际情况调研及理论推导证明，按目前的实际作业情况，在平地、丘陵地采用区域网加密，平面点位加密精度达到图上0.35mm是可行的。本次修订规范规定1∶500、1∶1000、1∶2000航测成图点位加密精度，平地、丘陵地应满足图上±0.35mm的指标。

航测成图高程精度取决于摄影比例尺、航高、像片质量以及使用的成图仪器和作业员的切准精度。根据全国各城市单位现阶段实际情况与理论证明，目前高程加密精度，平地、丘陵地可以达到$H/4500$水平；最终成图的高程精度，平地、丘陵地可以达到$H/3000$水平。所以本次规范修订规定建筑区与0.5m等高距的平坦地区宜测平面位置，高程注记点与等高线应野外测绘；其余地区可以采用平高区域网加密，在模拟测图仪、解析测图仪和机助立体坐标量测仪上测定。

5.1.3 随着大比例尺航测成图技术的不断发展，本次规范修订在原《城市测量规范》采用模拟测图仪和综合法成图的基础上，又增添了解析测图仪和机助立体坐标量测仪成图两种方法。对于综合法成图，黑龙江城市规划勘测设计研究院的《城市综合法高分带成图的研究》表明，当航片采用底点归心时，可以进行高分带

成图，所以本次修订规范取消了分带纠正不宜超过三带的规定；事实上，对于城市密集地区 1∶500 地形图，采用综合法成图，难于满足平面精度要求，即使是建筑区 1∶1000 航测综合法成图，如不采取一些充分必要的诸如测定建筑物高度等措施，其平面精度稳定性很难保证，顾及到各单位设备条件，本次修订规范对此仅限定成图精度，而对成图方法不予以强求统一。

为满足城市规划、设计及管理各部门的需要，本次修订规范增加了正射影像图制作的内容。正射影像图可以作为城市基本地形图的补充，本规范未将其列入城市基本图中。

5.2 对航摄资料的要求

5.2.1 航摄比例尺选择的正确与否，直接影响成图的平面和高程精度，因此航摄比例尺的确定，即测图放大倍数的控制，应由成图的平面和高程预期精度来进行估算。现结合我国目前作业的实际水平，并考虑对航测成图精度起主要影响的各种因素，对全能仪上航测成图精度进行估算，并提出估算测图放大倍数的关系式。

1 航测成图平面精度的估算与平面放大倍数的选择

图上地物点的点位中误差 m_s 主要有以下误差来源：

1）像控点点位中误差 m_1：与平板仪测图的图根点规定相同，即 $m_1 \leqslant 0.1\text{mm}$（图上）；

2）房檐改绘中误差 m_2：其中包括房檐尺寸量取误差 0.1mm（图上）和展绘误差 0.1mm（图上），所以取 $m_2 \leqslant 0.15\text{mm}$（图上）；

3）图纸套合与清绘误差 m_3：$m_3 \leqslant 0.15\text{mm}$；

4）加密点点位中误差 $m_4(m_{s_j})$：通常规定其中误差限值应小于 $m_s/\sqrt{2}$ 倍，即 $m_{s_j} = m_4 \leqslant m_s/\sqrt{2}$；

5）航摄分解力影响平面位置中误差 m_5：航摄分解力 R 决定像片最小量测单元 I_r，$I_r = 1/(2\sqrt{2}R)$，其中 $1/R = 1/R_o + 1/R_n$，R_o 和 R_n 分别为航摄仪物镜的分解力和底

片乳剂分解力，$R_0=40$线/mm，$R_n=90$线/mm，则$R=28$线/mm，而$I_r=0.0126$mm。航摄分解力引起模型平面位置的最小量测值为$\delta_s=I_r\cdot K_s$（K_s为平面测图放大倍数），即为航摄分解力误差，因此$m_5=\delta_s=\pm 0.0126K_s$(mm)；

6）内部定向中误差m_6：为因像片主点偏心ΔS引起的平面位移误差，可按

$$m_6=\pm\frac{m_{\Delta s}}{f_k}\cdot\Delta h\cdot K_s$$

式中 $m_{\Delta s}$——像片主点偏心ΔS的中误差；

Δh——像对平均高差；

f_k——航摄仪焦距。

7）平面定向中误差m_7：平面定向误差由加密点偶然误差、影像的偶然变形误差、定向点的判读和照准中误差、图板展点误差及绘图桌上的传动误差引起，即

$$m_7=\pm\frac{1}{\sqrt{4}}\cdot\sqrt{(0.7m_4)^2+(0.025K_s)^2+(\Phi/2\cdot K_s)^2+0.1^2+0.1^2}$$

其中Φ为测标直径，$\Phi=0.06$mm，则

$$m_7=\pm\frac{1}{2}\sqrt{(0.7m_4)^2+(0.04K_s)^2+0.02}\,(\text{mm})$$

8）测图中切准引起平面位置中误差m_8：

$$m_8=\pm\frac{\Phi}{2}K_s$$

令$\Phi=0.06$mm(测标直径)，则$m_8=\pm 0.03K_s$；

9）仪器传动中误差m_9：$m_9\leqslant 0.1$mm；

10）展点中误差m_{10}：$m_{10}\leqslant 0.1$mm。

综合上述各项误差的影响，当考虑房檐改绘误差的影响时，则：

$$m_s^2=m_1^2+m_2^2+\cdots\cdots+m_{10}^2$$

$$=0.08+1.12m_{sj}^2+[0.00146+(\frac{m_{\Delta s}}{f_k}\Delta h)^2]\cdot K_s^2 \quad (98)$$

当不考虑房檐改绘误差的影响时，则：

$$m_s^2=m_1^2+m_3^2+\cdots\cdots+m_{10}^2$$

$$=0.0575+1.12m_{sj}^2+[0.00146+(\frac{m_{\Delta s}}{f_k}\Delta h)^2]\cdot K_s^2 \quad (99)$$

由此可见，平面测图放大倍数决定于航摄质量、航摄仪焦距、仪器作业精度、加密精度和测区的地形条件等因素，作业单位应根据具体情况做出合理选择。

平地、丘陵地平面点位中误差限差为图上0.5mm，山地、高山地平面点位中误差限差为图上0.75mm，则加密点中误差 m_{sj} 的限值为：

平地、丘陵地：$m_{sj}\leqslant 0.35$mm；

山地、高山地：$m_{sj}\leqslant 0.5$mm。

像片归心误差 $m_{\Delta s}$，本规范规定 $m_{\Delta s}\leqslant 0.05$mm。

Δh 为像对平均高差，平地可取10m，丘陵地取40m，山地取100m，高山地取180m。

根据 $m_{sj}=\pm 0.35$mm、± 0.5mm 和(99)式可计算出1∶500各种地形类别平面图测图放大倍数 K_s 限值如表32。

表32　1∶500平面测图放大倍数 K_s 值

测图倍数 K_s / 焦距（mm） \ 地形类别	平地、丘陵地	山　地	高山地
87.5	4.6	6.9	4.3
115	5.5	8.0	5.4
152	5.9	9.5	6.7
210	6.0	10.5	8.2
305	6.0	11.5	10.0

当考虑到房檐改绘误差时，平地、丘陵地 K_s 的限值比上表小大约1.0，山地、高山区 K_s 的限值比上表小大约0.5。

平面测图放大倍数的选择除考虑上述因素外，还须考虑到加密技术水平。现在我国加密点平面点位中误差其加密技术指标：平地、丘陵地可以达到归化至像片上 0.05mm，山地、高山地可以达到 0.07mm。因此，综合考虑表 32 与现阶段加密技术水平，1∶500 平面测图放大倍数：平地、丘陵地不宜大于 6 倍，山地、高山地不宜大于 7 倍。

2　航测成图的高程精度估算与航高、测图放大倍数的选择

等高线插求点的高程中误差 m_h 主要有以下几个误差来源：

1）像控点高程中误差 m_1：与平板仪测图的图根点规定相同，即 $m_1 \leqslant H_d/10 = 0.1H_d$（$H_d$ 为测图的基本等高距）；

2）加密点的高程中误差 $m_2(m_{hj})$：通常规定为不大于等高线插求点的 $1/\sqrt{2}$，即

$$m_{hj} = m_2 \leqslant m_h/\sqrt{2}$$

3）主距安置误差引起的高程中误差 m_3：

$$m_3 = \frac{\Delta f}{f_k}\Delta h$$

式中　Δh——像对内平均高差；

f_k——摄影机焦距；

Δf——主距安置误差。

4）像对归心引起高程中误差 m_4：

$$m_4 = \sqrt{2}\,\frac{m_{\Delta s}}{b_p}\Delta h$$

式中　b_p——像对基线长度。

5）仪器定向中误差 m_5：包括主距安置误差、像片归心引起的高程误差、加密点偶然误差影响、切准误差和读数误差，即

$$m_5 = \frac{1}{\sqrt{4}}\cdot$$

$$\sqrt{\left(\frac{\Delta f}{f_K}\Delta h\right)^2 + \left(2\,\frac{m_{\Delta s}}{b_p}\Delta h\right)^2 + \left(0.7\,\frac{H}{b_p}m_{\Delta p}\right)^2 + \left(\frac{H}{b_p}m_{\Delta p}\right)^2 + m_d^2}$$

式中 Δf—— 主距按置误差，宜取 0.02mm；

H—— 摄影相对航高；

$m_{\Delta p}$—— 测标切准引起左右视差中误差，宜取 $m_{\Delta p}=\sqrt{2}\cdot I_r=0.018\text{mm}$；

m_d—— 高程计数器读数中误差，仪器型号不同，则 m_d 值不同，这里 m_d 可暂取 0.01m。

6）测绘动态中误差 m_6：包括不同坡度平面位置误差对高程的影响、切准误差与读数误差。

$$m_6=\sqrt{\left[\left(\frac{H}{f_K}m_q+\frac{H}{f_K}m_{\Delta p}\right)\operatorname{tg}\beta\right]^2+\left(\frac{H}{b_p}m_{\Delta p}\right)^2+m_d^2}$$

式中 m_q—— 上下视差；

β—— 地面坡度，平地、丘陵地可取 5°，山地取 15°，高山地取 30°。

综合上述各项误差的影响，得等高线高程中误差 m'_h 为：

$$m_h'=\sqrt{m_1^2-m_2^2+m_3^2+m_4^2+m_5^2+m_6^2}$$

等高线插求点的高程中误差 m_h 为：

$$m_h=\sqrt{0.67m_h'^2+m_7^2}$$

式中 m_7 为地形概括误差，取 $m_7^2=0.25m_h^{2\prime}$

$$m_h=0.96m_h'$$

为了计算上的方便，取 $m_h=m_h'$，即

$$m_h=\sqrt{m_1^2+m_2^2+m_3^2+m_4^2+m_5^2+m_6^2}$$

所以，

$$m_h^2=0.01H_d^2+1.1225m_{hj}^2+1.25\left(\frac{\Delta f}{f_k}\Delta h\right)^2+2.5\left(\frac{m_{\Delta s}}{b_p}\Delta h\right)^2$$
$$+1.25\left(\frac{H}{b_p}m_{\Delta p}\right)^2+\left[\left(\frac{H}{f_k}m_q+\frac{H}{f_k}m_{\Delta p}\right)\operatorname{tg}\beta\right]^2+1.25m_\beta^2$$

采用内业加密时，$m_{hj}=m_2\leqslant\frac{m_h}{\sqrt{2}}$，其关系式为：

$$m_h^2 = 0.01H_d^2 + 1.1225\left(\frac{m_h}{\sqrt{2}}\right)^2 + 1.25\left(\frac{\Delta f}{f_k}\Delta h\right)^2 + 2.5\left(\frac{m_{\Delta s}}{b_p}\Delta h\right)^2 + 1.25\left(\frac{H}{b_p}m_{\Delta p}\right)^2 + \left[\left(\frac{H}{f_k}m_q + \frac{H}{f_k}m_{\Delta p}\right)\mathrm{tg}\beta\right]^2 + 1.25m_d^2 \tag{100}$$

采用全野外高程像控点时，其关系式为：

$$m_h^2 = 0.011225H_d^2 + 1.25\left(\frac{\Delta f}{f_k}\Delta h\right)^2 + 2.5\left(\frac{m_{\Delta s}}{b_p}\Delta h\right)^2 + 1.25\left(\frac{H}{b_p}m_{\Delta p}\right)^2 + \left[\left(\frac{H}{f_k}m_q + \frac{H}{f_k}m_{\Delta p}\right)\mathrm{tg}\beta\right]^2 + 1.25m_d^2 \tag{101}$$

m_q 宜取 0.025mm。由上面两公式可得出各种地形类别的航高 H 限值关系式：

平地

采用平高区域网加密时：

$$H \leqslant 50b_p\sqrt{0.43875m_h^2 - 0.01H_d^2 - 0.625b_p^{-2} - 0.05f_k^{-2} - 1.25m_d^2}$$

采用全野外高程像控点时：

$$H \leqslant 50b_p\sqrt{m_h^2 - 0.011225H_d^2 - 0.625b_p^{-2} - 0.05f_k^{-2} - 1.25m_d^2}$$

丘陵地

采用平高区域网加密时：

$$H \leqslant 50b_p\sqrt{0.43875m_h^2 - 0.01H_d^2 - 10b_p^{-2} - 0.8f_k^{-2} - 1.25m_d^2}$$

采用全野外高程像控点时：

$$H \leqslant 50b_p\sqrt{m_h^2 - 0.011225H_d^2 - 10b_p^{-2} - 0.8f_k^{-2} - 1.25m_d^2}$$

山地

采用平高区域网加密时：

$$H \leqslant (\sqrt{0.000405 b_p^{-2} + 0.000132 f_k^{-2}})^{-1} \cdot \sqrt{0.43875 m_h^2 - 0.01 H_d^2 - 62.5 b_p^{-2} - 5 f_k^{-2} - 1.25 m_d^2}$$

采用全野外高程像控点时：

$$H \leqslant (\sqrt{0.000405 b_p^{-2} + 0.000132 f_k^{-2}})^{-1} \cdot \sqrt{m_h^2 - 0.011225 H_d^2 - 62.5 b_p^{-2} - 5 f_k^{-2} - 1.25 m_d^2}$$

高山地

采用平高区域网加密时：

$$H \leqslant (\sqrt{0.000405 b_p^{-2} + 0.00062 f_k^{-2}})^{-1} \cdot \sqrt{0.43875 m_h^2 - 0.01 H_d^2 - 202.5 b_p^{-2} - 16.2 f_k^{-2} - 1.25 m_d^2}$$

采用全野外高程像控点时：

$$H \leqslant (\sqrt{0.000405 b_p^{-2} + 0.00062 f_k^{-2}})^{-1} \cdot \sqrt{m_h^2 - 0.011225 H_d^2 - 202.5 b_p^{-2} - 16.2 f_k^{-2} - 1.25 m_d^2}$$

上面各公式中像对基线长 b_p 的取值，18×18 像幅，宜取 60mm，23×23 像幅，宜取 85mm。

在选择航高 H 时，除了要考虑上述因素，同时还要考虑加密点高程精度对航高的限值要求。平高区域网加密对航高 H 的限值可用下列公式表示：

$$\left.\begin{array}{ll} \text{平地、丘陵地} & H \leqslant \dfrac{m_{hj} \cdot b_p}{1.22 m_{\Delta p}} \\ \text{山地，高山地} & H \leqslant \dfrac{m_{hj} \cdot b_p}{1.44 m_{\Delta p}} \end{array}\right\} \quad (102)$$

综合以上两情况，便可得到各种地形类别、等高距、成图比例尺的航高 H 的限值。

求得航高 H 后，即可估算高程测图的放大倍数 K_h：

$$K_h = \frac{H}{f_k \cdot M} \quad (103)$$

式中　M——测图比例尺分母。

选择测图放大倍数和航高时，应综合考虑平面精度与高程精度对航高 H 与测图放大倍数 K 的影响：

当 $K_h > K_s$，　　则 $K = K_s$；

当 $K_A < K_s$，　　则 $K = K_h$；

$$K = \frac{M_p}{M} \tag{104}$$

式中　M_p——航摄像片比例尺分母。

表 33　1∶500 成图 23×23 像幅航高 H 与高程测图放大倍数 K_h 限值

成图比例尺		1∶500				
地形类别		平　地	丘陵地	山　　地		高山地
基本等高距（m）		0.5	0.5	0.5	1	1
焦距 152 (mm)	H(m)	*610	650	750	1470	1960
	K_h	*8.0	8.5	9.8	19.3	25.7
焦距 210 (mm)	H(m)	*610	650	750	1470	1960
	K_h	*5.8	6.2	7.1	14.0	18.6
焦距 305 (mm)	H(m)	*610	650	750	1470	1960
	K_h	*4.0	4.2	4.9	9.6	12.8

注：表中带 * 号项为像控点高程全野外，其余项为平高区域网加密。

表 34　1∶500 成图 23×23 像幅航高 H 与测图放大倍数 K 限值

成图比例尺		1∶500				
地形类别		平　地	丘陵地	山　　地		高山地
基本等高距（m）		0.5	0.5	0.5	1	1
焦距 152 (mm)	H(m)	*450	450	540		
	K	*5.9	5.9	7.0		
焦距 210 (mm)	H(m)	*610	630	740	740	740
	K	*5.8	6.0	7.0	7.0	7.0
焦距 305 (mm)	H(m)	**920	650	750	1070	1070
	K	**6.0	4.2	4.9	7.0	7.0

注：表中带 * 号项为像控点高程全野外，** 号项为等高线与高程注记点野外测绘；其余项像控点高程为平高区域网加密；像控点平面位置均为区域网加密。

测图放大倍数 K 应同时满足平面和高程的精度要求。测图放大倍数在 1∶500 成图时，平地、丘陵地不宜大于 6 倍，山地、高山地不宜大于 7 倍；1∶1000 成图时，平地、丘陵地不宜大于 4 倍，山地、高山地宜为 4～6 倍；1∶2000 成图时，平地、丘陵地不宜大于 4 倍，山地、高山地宜为 3.5～6 倍。

1∶500、1∶1000、1∶2000 成图像控点平面位置均可采用平高或平面区域网加密。

航测成图精度与像片比例尺、航高有密切关系。因此航摄比例尺、航高的选择应根据成图比例尺、图幅大小、像幅大小、布点方案、测区地形和仪器装备以及航测成图、加密技术水平等情况进行合理选择。

23×23 像幅成图时，建筑区和 0.5m 等高距平坦地区，宜野外测绘高程注记点和等高线（当航高满足一定值时，可用全野外高程像控点在模拟测图仪、解析测图仪、机助立体坐标量测仪上测定高程注记点与等高线）。除 0.5m 等高距平坦地区之外，其余地区均可采用平高区域网加密，在模拟测图仪、机助立体坐标量测仪、解析测图仪上测绘高程。

18×18 像幅成图时，1m 等高距丘陵地、山地、高山地可采用平高区域网加密，在模拟测图仪、机助立体坐标量测仪、解析测图仪上测绘高程注记点与等高线；0.5m 等高距平坦地区与建筑区应野外测绘高程注记点与等高线；1m 等高距平坦地区和 0.5m 等高距丘陵地、山地可以采用全野外高程像控点。

5.2.2 对飞行质量的要求是为了保证成图的基本要求，应按有关规定做好航摄方案的选择和验收工作。当航摄比例尺大于1∶4000时。旋偏角不宜大于 10°（最大不应大于 12°，且不得连续超过三片）的规定，主要是考虑到目前航摄飞行的具体困难，如在低空摄影时，受气象状况的影响较大，不易稳定，故略放宽一些。

5.2.3 本条规定了对摄影质量的要求。因测图放大倍数较大，影像位移的问题较显著，由于飞机航速 W 和曝光时间 t 引起的像点位移 δ，其大小可按下式计算：

$$\delta = \frac{W \cdot t}{M_p} \tag{105}$$

式中 M_p ——航摄比例尺分母。

如当 $W = 300\text{km/h}, t = \text{s}/300. M_p = 8000$ 时，δ 为 0.035mm，在综合法成图时相当于图上 0.14mm，在模拟测图仪等仪器上测图时，位移处于航线方向，还将影响高程量测精度，因此规范规定，影像位移不应大于像片上 0.03mm，应根据允许的影像位移，选择合理的航速和曝光时间。航摄时，宜采用像移补偿装置的航摄仪。

5.3 像控点的布设

5.3.2 为了减少外业工作量，宜采用内业加密的方法，如不能达到规范规定的精度要求时，应采用全野外布点方案，以保证最后的成图精度。

5.3.3 关于区域网布点，目前大多采用航带法和独立模型法区域网布点。规范规定的平面区域网和平高区域网的布点方案，是根据理论估算并结合一些单位的试验总结和经验确定的。理论估算采用独立模型法的区域网精度估算公式(见《摄影测量原理》 王之卓著)，当平高控制点跨度为 4 时，平面加密精度估算公式为：

$$\delta_s = \delta_{sm}(0.83 + 0.02n_s) \tag{106}$$

式中 n_s —— 区域网航线数；

δ_{sm}—— 单模型的平面中误差，根据现今加密水平 δ_{sm} 宜取归化到像片上 0.05 ～ 0.07mm。

对于采用航带法区域网加密程序，平高控制点旁向跨度应根据测图放大倍数适当减少 1～2 条航线。

高程加密精度估算公式采用下式：

$$\delta_z = \delta_{zm}(0.34 + 0.22i) \tag{107}$$

式中 i—— 航向高程控制点跨度；

δ_{zm}—— 单模型的高程中误差，δ_{zm} 宜取 $\frac{H}{b_p}m_{\Delta p}$，$m_{\Delta p} = \sqrt{2}I_t = 0.018\text{mm}$。

本规范规定，航向高程控制点跨度 i：平地、丘陵地不得大于4，山地、高山地不得大于5。

5.4 像控点测量

5.4.1 为了提高加密精度，航摄前宜在区域网设计点位上和已有控制点位上布设地面标志，较长较宽的河流外业要提供水位成果，以供内业加密时水系平差。

设标前应与航摄单位联系，按飞行设计图和像控点布设方案确定标志位置。标志的形状应根据地面点位特征和地形条件确定，宜在三翼、十字和圆形等标志中选用。标志宽度应相当于地面的辨认精度。标志的颜色对衬影的反差越大，标志影像的判读性就越好。因此在植被覆盖的地面上以白色标志为好，水淹地、植被稀少的沙土地，以无光泽标志为好，或在白色标志上涂以黑边衬托，标志取材可因地制宜。

5.4.2 像控点的目标判定和选刺的准确程度直接影响内业的加密精度，因此要强调刺点检查，略图和说明要将目标的细部特征表示和表达清楚，不能有模棱两可的解释。

由于像片比例尺较大，小路和田埂等线状地物相交或拐角的影像能否作为明显目标，要根据地面的分辨率确定，其实地尺寸 G 可按下式计算：

$$G = \frac{H}{f_k R} = \frac{M_p}{R}(\text{mm}) \tag{108}$$

式中 H—— 航高；

f_k—— 航摄仪焦距；

R—— 地面的分辨率；

M_p—— 航摄比例尺分母。

当 $R=28$ 线/mm，$M_p=8000$ 时，则 $G=0.28$m，即像片上为 0.04mm。

规范规定的实地辨认精度是根据上述数据和像片比例尺计算而得。

5.4.3 像控点的精度、施测方法基本上与平板仪测图的图根点相同，在本章中不另行规定。但由于图根点密度和像控点的密度及布设各有不同特点，像控点的间隔较大，因此像控点联测图形的边长宜放长一些。必要时应进行精度估算，以确定相应的布网和施测要求。像控点布设要考虑今后地形图修测的需要，保留一定的埋石点位。

5.5 野外调绘

5.5.1 过去，大多采用野外像片调绘，目前很多单位则以先航测内业判读测图，然后到野外对航测内业所成线划图进行补测、调绘方法为主，不用“像片”调绘，而是用“航内图”调绘，因此将原规范本节的标题“像片调绘”改为“野外调绘”。

野外调绘是航测成图过程的一道重要工序，必须熟练掌握像片判读方法，作业时要严肃认真，杜绝差错，严格按照规范的有关规定执行。以前有些部门采用先像片调绘（包括室内判读调绘）后成图方法，这种方法适合于变化不大、改正较少的地区，对于密集复杂的建筑区，这种方法粗差率较高，难以满足成图要求，因此大多数单位对密集复杂的建筑区成图采用先测后调的方法。这些方法各单位都取得了一定的经验。本规范不强调调绘方式，但应注意有些调绘内容在室内判读难以解决，如一些独立地物、工业设施、各种说明注记和新增地物等。因此，必须强调野外检查补调，并根据测区的具体情况编写补充规定。无论采取什么方式调绘，都必须满足本规范的基本要求。

5.5.3 调绘内容、综合取舍和图式运用应按本规范第4章执行。因调绘片无固定比例尺，故航摄后新增地物或被遮盖地物的补测，不允许按地物的影像相关位置在像片上调绘，补测应根据已有明显地物点量测相关尺寸，采用交会作图等方法。小面积补测可绘草图，标明相关尺寸，较大的面积应采用平板仪设站并依规定比例尺进行测绘。测站可用有影像的明显地物点或交会法确定。调绘片上要圈出补测范围，并加以编号以便查对，必要时应利用内

业测绘的原图到外业去直接进行补测。

5.5.4 屋檐和其它被阴影遮盖的路宽、河宽和比高的量注是调绘的重要内容之一。城市规划设计在考虑红线位置或有关设计间距时，都是以建筑物底部轮廓线为准，而航摄像片上常常只能看到顶部影像，不进行屋檐宽度等项改正将会产生系统的位置误差。因此规范规定调绘时必须对每幢房屋的屋檐实际宽度用红色数字调注房屋的相应边上，以便内业测图时改正。

建筑物的屋檐宽度难以直接量取时，应量取建筑物的长宽或量取建筑物与相邻地物的间距确定屋檐宽度，并作相应检核。

被阴影遮盖的道路、河宽以及一些陡坎、堤坎，在模型上由于影像不清晰难以切准，需要外业调绘注其宽度或比高，供内业测图时描绘、校核。

5.6 晒印像片与电算加密

5.6.1 供加密和测绘作业用的感光材料目前主要采用涤纶软片，玻璃干板已遭淘汰，涤纶片的伸缩系数应小于 0.0003，厚度常取用 0.1～0.12mm 的规格。这些规定值均为保证立体量测精度的必要指标。

为了不降低航摄底片的分辨力，提高量测精度，对其乳剂分辨力不应低于 70 线/mm。

药膜配方宜采用感光材料工厂介绍的配套药方，以适应感光材料的性能。

接触晒像不宜降低航摄底片的质量，同时不应产生附加的影像变形。应保证影像色调一致、反差适中、影像层次清楚，应正确选用感光片的乳剂规格，药液配方、曝光时间和冲洗时间。为此应注意如下事项：

1 放置感光片时要注意使片基的机械方向与航摄底片的机械方向互相垂直，以抵消片基和航摄底片在两方向上伸缩不一致的部分影响。

2 曝光时压力要均匀，防止因底片未压平而造成的影像模糊

和移位。

3　药液温度要严格控制，不能图快而进行高温处理，致使药膜变形。定影和水洗时间要适当，过长可能使药膜起泡或部分脱落而变形，过短会造成药膜变色。

4　晾干时要先擦去水珠，然后放置通风的室内晾干，以防变形。

5　放置感光片时要注意将框标影像晒印完整和清晰，以保证主点归心正确。

6　应注意模拟测图仪等仪器的测标点是亮测标还是黑测标，对底片上过黑过亮要适当处理，有条件时应采用电子印像机晒像。

5.6.2　加密点选刺要求进行下列说明：

1　由于像片比例尺小于成图比例尺 3～7 倍，对转刺误差影响较大，为减小这种误差的影响，要求观测时根据点位说明，放大略图和刺孔按影像辨认点位，这样有助于提高观测精度。

2　内业加密点的选刺，其位置、数量应根据作业要求而定。

量测定向时，目前宜采用解析框标定向，也可采用方位线和辅助点定向。

标准点（或连接点），采用电算加密时，每个像对最少需选刺六个标准点，以供定向和模型连接用。位于方位线之上的 3、4 点和位于方位线之下的 5、6 点，应选在旁向重叠的中线附近，离方位线不得小于 5cm（23×23 像幅）和 3.5cm（18×18 像幅），离通过像主点且垂直于方位线的直线不宜大于 1cm，特殊情况也不得大于 1.5cm。如果旁向重叠过大，不能满足上述要求时，则需分别选点；如果主点点位清晰，选刺后易于量测（即主点不是落在水域、阴影、陡坡和峭壁上），像对中央的 1、2 点，可选在主点上，否则应在离主点 1cm 的范围内另选标准点。

5.6.3　像点坐标量测的限差规定，现逐项进行理论分析如下：

1 单人观测两次读数的较差

1）正常人眼观察点状目标的双眼视力，其视差分辨力约为 30″，明视距离处的分辨力为：

$$\Delta D = \pm \frac{D^2}{b_p} \cdot \Delta r = \pm \frac{(250)^2}{65} \cdot \frac{30''}{\rho''} = \pm 0.14\text{mm}$$

式中 D —— 明视距离(mm)；

b_p—— 像片基线(mm)；

Δr—— 视差分辨力。

由观察误差引起左右视差较的误差 $d_{\Delta p}$，即横向距离误差可用下式计算：

$$d_{\Delta p} = \frac{b_p}{D} \cdot \Delta D = \pm D \cdot \Delta r = \pm 250 \cdot \frac{30''}{\rho''} = \pm 0.04\text{mm}$$

若放大倍数对精度的提高以 4 倍为限，即 $\pm 0.04/4 = \pm 0.01$mm。

2）仪器视差螺旋隙动差所引起的偶然中误差约为 ± 0.002mm。

综合上述两项误差影响而得的视差读数中误差为：

$$\pm \sqrt{(0.01)^2 + (0.002)^2} = \pm 0.01\text{mm}$$

故单人观测一测回两次视差读数较差应为：

$$\pm 2\sqrt{2} \cdot 0.01 = \pm 0.028 \approx \pm 0.03mm$$

经验证明，上下视差和左右视差的量测情况相同。

3)坐标读数误差还包括在立体坐标量测仪上坐标读数的中误差，约为± 0.01mm，因此可得单人一测回两次坐标读数较差应为：

$$2\sqrt{2} \cdot \sqrt{(0.01)^2 + (0.01)^2} = 0.04\text{mm}$$

2 两人对测读数的较差

1）两人用两台仪器观测时，读数误差主要包括像片归心误差、像片定向误差，像片影像分解力引起的读数误差以及仪器观测误差等因素，在严格操作的情况下，其综合影响约为± 0.015mm，因此，两人对测视差读数较差应为：

$$2\sqrt{2} \cdot 0.015 = 0.04\text{mm}。$$

2）两人对测两次坐标读数的较差为：

$$2\sqrt{2}\cdot\sqrt{(0.01)^2+(0.015)^2}=0.05\text{mm}$$

3　模型连接点的坐标读数较差限值

连接点在前后两像对内的坐标量测，其误差影响因素与上述两人对测坐标读数的情况是相同的，因此，其坐标读数较差值亦为：

$$2\sqrt{2}\cdot\sqrt{(0.01)^2+(0.015)^2}=0.05\text{mm}$$

5.6.4　加密点计算按相应款进行下列说明：

2　像片应片片量测，片片进行变形改正，底片变形改正，应根据像片上框标位置的不同而采用不同的改正方法，并要求程序能填写改正后的焦距，或利用有关数据对焦距进行改正。

3　计算的各项限差规定分析说明如下：

1）相对定向后定向点、检查点残余上下视差的限差

相对定向时按最小二乘法在6点上配赋，定向点残余上下视差限差：

立体坐标量测仪≤0.02mm；

解析测图仪≤0.005mm。

关于多余检查点上的残差限值，宜与定向点上残差相同，但考虑到多余检查点处于最弱点位置，同时又受定向点上偶然和系统误差的影响，故规定检查点上上下视差放宽 $\sqrt{2}$ 倍：

立体坐标量测仪≤0.03mm；

解析测图仪≤0.008mm。

2）模型连接的平面和高程限差

模型连接的平面和高程误差，综合了相对定向和模型量测的误差影响，考虑平面位置受 X 和 Y 两方向影响，而高程模型连接差只受 X 方向影响，故限差值可按下列公式计算：

立体坐标量测仪

$$\Delta S\leqslant\sqrt{2}\cdot 0.05M_p\leqslant 0.08M_p(\text{mm}) \tag{109}$$

$$\Delta Z\leqslant 0.05M_p\cdot f_k/b_p(\text{mm}) \tag{110}$$

解析测图仪

$$\Delta S \leqslant \sqrt{2} \cdot 0.04M_p \leqslant 0.06M_p(\text{mm}) \tag{111}$$

$$\Delta Z \leqslant 0.04M_p \cdot f_k/b_p(\text{mm}) \tag{112}$$

3）航线网或区域网平差后，定向点的平面和高程残余误差不得超过中误差的 0.75 倍。这样可保证残差的中误差绝大多数不超过加密点中误差的一半。

航测网或区域网经过大地平差后，多余野外控制点的不符值规定不得超过加密点中误差的 1.25 倍。实践证明，这样规定保证了加密的精度充分可靠。

相邻区域网间公共加密点较差宜为加密点中误差的 2 倍。区域网内部公共加密点较差应小于相邻区域网间公共加密点较差，这主要是考虑区域网内部公共加密点较差受像控点本身误差与内业观测像控点误差影响较小是一个平差系统，故本规范规定区域网内部公共点较差为加密点中误差的 1.6 倍。这样规定是为使加密点上出现大误差的概率趋近于零，以便充分保证成图的精度。

5.6.5 内业加密点的中误差统计分析说明如下：

在多余野外控制点较多的情况下，其中误差可按下式计算：

$$M_r = \pm\sqrt{\frac{[\Delta r\Delta r]}{n_p}} \tag{113}$$

式中 Δr 为多余野外控制点上的不符值，n_p 为参加统计的点数。应用此公式不应将定向点加入统计。

按公式加密点的较差统计中误差，根据误差理论应按下式计算：

$$M_c = \pm\sqrt{\frac{[d_c d_c]}{4n_p}}$$

式中 d_c 为公共点较差，n_p 为参加统计的公共点数。但从各作业单位的实践看，应用此公式计算的 M_c 比 M_r 数值小，不能反映加密精度的实际状况。因此改为经验公式如下：

$$M_c = \pm\sqrt{\frac{[d_c d_c]}{3n_p}} \tag{114}$$

5.7 综合法测图

5.7.1 像片纠正成图地物点点位中误差的估算理论分析如下：

1 因纠正点位误差引起的像点平均点位中误差。因纠正点位误差引起的像点点位中误差包括：

1）纠正点内业加密的点位中误差为图上 0.35mm；

2）纠正点转刺误差不宜超过 0.1mm，因纠正放大倍数不宜超过 4 倍，规定不得超过图上 0.4mm，取其中误差为图上 0.3mm；

3）纠正对点误差，规定不宜超过图上 0.4mm，取其中误差为图上 0.3mm；

4）纠正点的展点误差，规定不得超过 0.1mm；

5）在同一带的高差内，投影差规定不得超过 0.4mm、取其中误差为 0.2mm；

6）模片套合误差影响，规定不得超过 0.1mm。

综合上述各项误差，可得到因纠正点位误差而引起的像点点位中误差：

$$m_0 = \sqrt{0.35^2 + 0.3^2 + 0.3^2 + 0.2^2 + 0.1^2 + 0.1^2} = 0.6\text{mm}$$

根据纠正点误差，对像片上各点影响的平均点位中误差，当采用 5 点隔片纠正时，其平均点位中误差为 m_j。

$$m_j = 0.67m_0 = 0.4\text{mm}$$

2 像片图测图时，还应考虑下列各项误差：

1）由于在一带内，一些像点未改正投影差而产生的投影差改正值的误差为 0.2mm；

2）房檐宽度量取误差为图上 0.1mm；

3）像点分辨与线划描绘误差规定不得超过 0.15mm。

由于上述各项误差的影响，成图的地物点点位中误差 m_s 为：

$$m_s = \sqrt{0.4^2 + 0.2^2 + 0.1^2 + 0.15^2} = 0.48\text{mm}$$

3 分带纠正光学镶嵌成图的地物点点位中误差：

当采用分带纠正时，纠正点上产生的误差还包括分带时的投影差，改正误差约为 0.15mm，故纠正点误差对像点影响的平均误差应为：

$$m_i' = \sqrt{0.4^2 + 0.15^2} = 0.42\text{mm}$$

此外还有转带时产生的移位误差，取 0.1mm，最后可得分带纠正光学镶嵌成图的地物点点位中误差为：

$$m_s = \sqrt{0.42^2 + 0.2^2 + 0.1^2 + 0.15^2 + 0.1^2} = 0.51\text{mm}$$

5.7.3 关于纠正对点限差的规定。在纠正对点时，主要产生下列几项误差：

1 内业加密的点位中误差，按规定不得超过图上 0.35mm，相邻点位误差大多带有系统性，对点时主要为偶然误差部分的影响，宜取 0.25mm；

2 像片转刺误差取 0.3mm；

3 图板展点误差取 0.1mm；

4 投影差改正误差取 0.1mm。

综合上述影响求得纠正点点位中误差为 0.42mm。

纠正对点的误差配赋原则是要求各纠正点上对点误差为最小，配赋后纠正点位误差 Δ 可近似视为各纠正点位误差 Δ_i 的平均值（$i = 0,1,2,3,4$，其中 0 为中心点，1～4 为四角纠正点）。即 $\Delta = (\Delta_0 + \cdots\cdots\Delta_4)/5$，将上式化为中误差，取 2 倍中误差为限差，可求得对点误差的限差为 0.38mm，故规范规定纠正点对点误差，不宜超过 0.4mm，个别最大不应超过 0.5mm。

5.7.4 关于纠正晒像工作中的纠正作业方法，根据城市勘测单位的实践经验，采用图廓模片套晒的作业方法时，模片应选择伸缩性小，厚薄均匀的涤纶片基（或刻图膜），并在片基的黑膜上或刻图膜上刻绘图廓线，同时于图廓四角处，各向图外延长约 2cm，于 1cm 处开 1cm 小窗，以便在纠正晒像之前于明室用放大镜观察，使之与透点图上相应图廓延长线套合，然后在仪器下纠正对点和套晒图廓，这样做比通常采用的纠正晒像后再用透点图在像片图

上透刺图廓的方法易于保证精度。膜片的变形必须经常检查，发现超出规定的图廓误差时应重新制作。

纠正作业时，宜用缩放、旋转和倾斜三个动作进行纠正对点，如不重合再根据情况进行纵向离心。当航摄底片不均匀变形较大或地形倾斜较大，纠正对点达不到 0.4mm 的精度，经检查又无其它错误时，可进行横向离心。

5.7.6 分带纠正时，像片上要有近似的等高线作为分带纠正的依据，近似等高线可根据旧图取得或进行立体量测确定。在纠正仪上进行分带纠正，当分带数没超过三带时，可用主点代替底点归心；当分带数超过三带时，必须用底点归心；对点与纠正相同，第一带纠正以改正投影差的点位为依据，由一带转到另一带时，要改变缩放系数，方法是先计算改变纠正仪镜头高度安置值 Δd，然后平移图板使底点的投影位置与图板上的相应位置重合，接着便可晒像。采用光学镶嵌时，各带按顺序操作，直至全幅曝光完毕。光学镶嵌操作难度较大，必须十分仔细才能保证精度。

5.7.7 像片图测图应使用经过纠正的固定比例尺像片图，要求影像清晰，色调均匀，反差适当，不宜过黑。也可以用放大片先做外业调绘，把能够描绘的要素（如建筑物投影差和屋檐改正等）在像片图上描绘好，然后再进行外业测绘。

测图的高程控制和高程注记点的测定，可在外业调绘时或测图时进行。

影像模糊和新增的地物，按平板仪测图方法设站补测时，测站点位置不允许只利用几个明显地物点采用图解导线的方法确定。

投影差的改正方法有：投影差改正尺、改正图表和分量盘等。但是无论采用何种方法，都不能超过规范关于投影差和屋檐宽度综合改正误差不得大于图上 0.25mm 的规定。

离底点较远的建筑物，投影差改正值较大，误差影响显著，所以对改正后建筑物的间距及其长宽应在外业检查校核。

5.8 模拟测图仪测图

5.8.1 模型比例尺的选择，首先以像对内最大最小相对航高与使用仪器最大最小投影高度，按

$$\left.\begin{aligned} M_{m\max} &= H_{\min}/Z_{\min} \\ M_{m\min} &= H_{\max}/Z_{\max} \end{aligned}\right\} \tag{115}$$

分别求出模型比例尺 $1/M_m$ 的范围，然后在满足下列条件的前提下，选取较大的模型比例尺：

1 查表求得的高程齿轮组，应是仪器所配有的；

2 按转换为成图比例尺仪座比求得的绘图桌齿轮组，亦应是仪器所具有的。宜选择较大的模型比例尺的目的是为提高模型量测精度，减少传动误差。

采用模拟测图仪成图时，应注意使像控点的布设和测图范围在绘图桌（测绘台）的有效面积（行程）之内。

5.8.2 装片归心误差计算式为：

$$\Delta S = \frac{d_s \cdot f_k}{\Delta h \cdot K} \quad 或 \quad \Delta S = \frac{d_h \cdot b_p}{\Delta h \cdot \sqrt{2}} \tag{116}$$

式中 b_p—— 像片基线；

Δh—— 像对内的高差；

K—— 放大倍数，即 M_p/M；

f_k—— 焦距。

d_s 与 d_h 分别为归心误差引起的平面和高程量测误差。

装片归心的精度要求较高，它对 d_s 的影响应小于图上 0.1mm，对 dh 的影响应小于 1/10 等高距。像对内地形起伏越大，归心精度越应提高。所以作业时应通过观察放大镜，使框标标志严格对准承片盘标志。考虑到既保证精度而实际作业又能达到，规范规定对准标志的偶然误差不宜大于 0.05mm。应当注意到，山地、高山地归心作业时较平地、丘陵地要求更严格，宜小于 0.03mm，否则摄影比例尺应大一些才能满足测图精度要求。

主距安置误差 $d_{\Delta h}$ 可按下式计算：

$$d_{\Delta h} = \frac{\Delta f}{f_k} \cdot \Delta h \tag{117}$$

式中 Δf—— 主距总的安置误差；

Δh—— 像对平均高差。

从上式知，当焦距短、高差大时将产生较大的高程误差。主距安置误差宜规定为：特宽角±0.02mm；宽角±0.03mm；常角±0.06mm。因此，规范要求应对每片进行变形测定，将改正后的主距值安置到仪器投影仪上，对于 Topocart B 型仪器应分别安置 f_x' 和 f_y'，以求得较好的安置精度。

5.8.6 绝对定向的平面和高程限差理论分析如下：

1 平面定向的残差由如下误差累积而成：

1）加密点点位中误差。此项误差包含有系统及偶然两种，对点时主要为偶然误差，系统误差对平面定向可不考虑，偶然误差可视为加密点点位中误差的 0.7 倍，故取：

平地、丘陵地 $m_{s_1} = 0.25\text{mm}$

山地、高山地 $m_{s_1} = 0.35\text{mm}$

2）影像的偶然变形。此项误差在像片上为 0.025～0.03mm，乘以成图放大倍数最大值 6 倍，即

$$m_{s_2} = 0.18\text{mm}$$

3）定向点的判读和照准中误差 m_{s_3}。$m_{s_3} = 0.03 \cdot K(\text{mm})$（$K$ 为成图放大倍数）；即 $m_{s_3} = 0.18\text{mm}$；

4）图板展点误差 $m_{s_4} = 0.1\text{mm}$；

5）绘图桌的传动误差 $m_{s_5} = 0.1\text{mm}$。

综合上述误差绝对定向的平面限差 m_{sd} 为：

平地、丘陵地

$$m_{sd} = \sqrt{m_{s_1}^2 + m_{s_2}^2 + m_{s_3}^2 + m_{s_4}^2 + m_{s_5}^2} = 0.38\text{mm} \approx 0.4\text{mm}$$

山地、高山地

$$m_{sd}=\sqrt{m_{s_1}^2+m_{s_2}^2+m_{s_3}^2+m_{s_4}^2+m_{s_5}^2}=0.46\text{mm}\approx 0.5\text{mm}$$

模型经四点定向配赋后，残差的中误差为上列数值的 $1/\sqrt{4}$，而对点限差以二倍中误差计，故定向点限差仍为上列数值。故规范规定绝对定向平地、丘陵地平面限差为图上 0.4mm；山地、高山地平面限差为图上 0.5mm。

全野外布点时，虽定向点中误差较小，但其点位选刺精度较内业差些，实践证明加密点实际定向效果尚好。由于两者无明显的差别，因此全野外点的限差不做另外规定，与上述相同。

2 高程定向残差包括：

1）加密定向点偶然中误差约为加密点高程中误差的 0.7 倍，即：

$$m_{h_1}=\pm 0.7m_{hf}(\text{m})$$

当全野外定向点时，m_{h_1} 为 1/10 等高距。

2）主距安置误差引起高程中误差为：

$$m_{h_2}=\pm\frac{\Delta f}{f_k}\Delta h(\text{m})$$

3）像片归心误差引起高程中误差为：

$$m_{h_3}=\pm\frac{2\Delta S}{b_p}\Delta h(\text{m})$$

4）高程量测误差为：

$$m_{h_4}=\pm\frac{H}{b_p}m_{\Delta\varphi}(\text{m})$$

5）高程分划尺读数误差：$m_{h_5}=\pm 0.01\sim\pm 0.1\text{ m}$

综合上述各项影响，高程定向配赋后残差限差 m_{hd} 为：

$$m_{hd}=\sqrt{m_{h_1}^2+m_{h_2}^2+m_{h_3}^2+m_{h_4}^2+m_{h_5}^2}(\text{m})$$

高程定向残差与像片分辨力、加密点高程误差、主距安置误差、像片归心误差、高程分划尺读数误差有直接关系。根据 m_{hd} 公式可计算出 m_{hd} 具体数值。为了满足高程量测精度，规范规定高程

定向限差不宜超过相应等高线插求点高程中误差的 $1/\sqrt{2}$ 倍，个别情况不得超过等高线插求点高程中误差。根据计算出的 m_h 限差的数值大都可以满足规范要求。应当注意的是对于 0.5m 等高距测区采用小于 0.05m 读数误差的高程分划尺为宜。

5.9 解析测图仪测图

5.9.1 解析测图仪是一种全能摄影测量仪器。它不受摄影焦距、像片倾斜角、像片重叠度、基线长度、高差、摄影比例尺与成图比例尺之间比例等方面的机械限制。适用于各种地形测区的测图。解析测图仪测图前，应充分做好准备工作。

5.9.3 相对定向上下视差限差的规定。相对定向时，一个模型内宜采用消除 6 个标准点上的上下视差，来解算相对定向元素，建立立体模型。程序可以根据多余点上下视差参加平差计算，采用近似值逐次趋近的计算方法，所以计算精度是很高的。实际作业中，各点的上下视差大都不超过 0.005mm，最大不超过 0.008mm。所以规范规定相对定向各点的残余上下视差不应大于 0.008mm。

5.9.4 绝对定向限差的规定。解析测图仪是通过模型上已知定向点建立误差方程式，求解外方位元素，由于通过严密的数学公式计算，多次迭代，计算误差可忽略不计。根据实践，目前解析测图仪平面测图精度均高于模拟测图仪平面测图精度，因此本规范对解析测图仪绝对定向的平面对点误差作出不同规定，平地、丘陵地不宜大于图上 0.2mm，最大不应大于图上 0.3mm；山地、高山地不宜大于图上 0.3mm，最大不应大于图上 0.4mm。

5.10 机助立体坐标量测仪测图

5.10.1 机助测图现在城市勘测部门已是普遍采用的方法，它是一种由立体坐标量测仪采集像点坐标数据，通过接口将数据传输到计算机中，计算机自动计算大地坐标并进行数据记录、计算和输出，可在计算机上进行图形编辑，并通过数控绘图桌进行脱机

（或联机）绘制地形图的一种方法。它比较适用于平地、丘陵地地区的测图。采用机助测图前，也应充分做好准备工作。

5.10.2 内定向方法有框标定向、辅助点定向。采用框标定向精度优于辅助点定向的精度。由于现在像片框标大小为 0.06mm，框标定向时偏差不应大于 1/3 测标大小，所以规定框标量测误差不得大于 0.02mm。辅助点定向时，由于采用模片刺主点，如果工作不仔细将造成较大的归心误差，所以要求刺主点位置应非常仔细，并且归心误差不得大于 0.05mm 要求。当像片左右视差与上下视差超出仪器 p、q 量测范围，可采取偏心一定值归心方法，但偏心值应加以改正。当关机后重新测图时，两次归心定向偏差要求均不得大于 0.02mm，否则应重新进行定向计算。

5.10.5 采用机助立体坐标量测仪测绘地物、地貌时，为防止上下视差对观测的切准和测图精度产生影响，规范规定每个碎部点上上下视差不应大于 0.05mm。

由三角网法构网自动绘制等高线时，如果高程点和高程注记点的位置分布不合理、密度不够，高程值出现粗差将造成等高线的失真变形和错误，因此，规范规定采集高程点和高程注记点时密度与分布应符合本规范第 4.5.5 条的规定，并严格避免高程值粗差的出现。为了测区边界处等高线的走向正确合理，规范同时规定测区边界处应至少测出两排以上高程点。

5.11 正射影像图

5.11.1 正射影像图宜用于城市宏观设计规划、城市资源调查等方面，为了保证影像图质量，便于实际使用，规范规定正射影像图比例尺不宜大于 1∶1000。

5.11.2 因为每一种正射投影仪的性能指标是不同的，它对图幅内的地面坡度或高差有相应的限制。一级正射投影仪如奥波同厂生产的 Z_2 微分纠正仪，配备的缝隙头（即缝隙长）有 16、12、8、4、2mm 几种规格，宽 0.2mm，扫描速度分别有 50、40、30、20、10、5mm/s，有统计资料表明，这种仪器当图幅内的高差大于

$2f \cdot M$ 时，即发生停机。威尔特厂生产的 OR_1 的缝隙长度有 15、14、13、12、10、9、7、6、4、3mm 等规格，宽 0.1mm，这种仪器对地面坡度的限值：焦距分别为 88、152、210mm 时，能准确改正的最大坡度角分别为 18°、29°、38°。上述仪器有较高的作业精度和灵活的作业方法，所以可适用于丘陵地、山地和高山地；而零级精度的仪器只适用于平地、起伏不大的丘陵地。因此制作正射影像图时，应根据测区地形情况（坡度、高差等）、成图比例尺合理选择相应的正射投影仪。

5.11.4 在已建立的立体模型上采集断面数据时，测标切准模型表面的精度直接影响正射像片的平面精度，根据投影差公式：

$$\delta_R = \frac{R}{H} \cdot \Delta h \tag{118}$$

式中 δ_R—— 高程切准误差引起图上的投影差；

Δh—— 高程切准误差；

R—— 图上最大辐射距。

设断面高程的切准误差引起图上平面位置误差为 0.2mm，R 取 350mm，则得断面高程切准误差 Δh 限差公式为：

$$\Delta h = \frac{H}{1750} \tag{119}$$

5.11.5 正射投影仪纠正的要求对应规范条文各项说明如下：

1 根据经验，本规范对正射影像图扫描用的透明正片的要求作出了具体规定，其数据与摄影处理中透明正片稍有不同，原因是制作影像图时，航摄底片的最大黑度宜在 1.4～1.8 之间，底片太黑将不能用于微分纠正；而用于制作正射影像图的负片又是由航摄底片先制成正片后得到的。因此，本规范对透明正片提出满足制作正射影像图的负片应有不同的黑度和密度差要求。作业时如正片 D_{max} 大于 1.1，就很难保证正射影像图的负片层次清晰，因而透明正片的最大密度 D_{max} 应控制在 1.1 以内。另外，平均密度对正射投影扫描时间长短影响也很大，因此也应注意密度的平均值不宜过大。

2　正射投影仪平面定向残差与模拟测图仪前三项基本相同，而制作正射影像图的像片放大倍数平地、丘陵地不宜超过4倍；山地、高山地不宜超过6倍。因此规范规定平面定向点位置残差，平地、丘陵地不得大于图上0.3mm；山地、高山地不得大于图上0.5mm。

3　根据缝隙纠正原理，假设缝隙中，切准点无切准误差，那么只有切准点处才得到理论上的正确纠正，而在缝隙的其它点上均存在由于地形坡度影响产生的变形。因此，在扫描的面积范围内，一定的地形坡度，不同的正射投影仪，应选择一定的缝隙长度，把影像位移限制在规范规定的范围内。

零级正射投影仪微分纠正不顾及缝隙内的地面横向坡度，即不进行缝隙内的地面横向坡度改正。若把缝隙内地面模型视为等倾斜面，则由缝隙内地面横向坡度引起的影像横向位移 d_x 为：

$$d_x = \frac{l_s}{2} \cdot \frac{X}{Z_m} \cdot \mathrm{tg}\theta_x \tag{120}$$

$$l_s = \frac{2 \cdot Z_m \cdot d_x}{X \cdot \mathrm{tg}\theta_x} \tag{121}$$

式中　l_s—— 缝隙长度(mm)；

d_x—— 图上影像 x 方向位移(mm)；

Z_m—— 模型点投影高度(mm)；

X—— 图上扫描点 x 方向的最大坐标(mm)；

θ_x—— 地面坡度 x 方向的分量(°)。

上式若以像片坐标表示则：

$$l_s = \frac{2 \cdot f \cdot d_x}{X \cdot \mathrm{tg}\theta_x} \tag{122}$$

一级正射投影仪微分纠正将缝隙内地面横向起伏按等倾斜面进行坡度改正。若把缝隙内地面模型视为二次曲面，通过等倾斜面改正后的剩余高差引起的影像横向位移为：

$$d_x = \frac{l_s}{4} \cdot \frac{X}{Z_m} \cdot \mathrm{tg}\theta_x \tag{123}$$

$$l_s = \frac{4 \cdot Z_m \cdot d_x}{X \cdot \mathrm{tg}\theta_x} \tag{124}$$

上式若以像片坐标表示则：

$$l_s = \frac{4 \cdot f \cdot d_x}{X \cdot \mathrm{tg}\theta_x} \tag{125}$$

式（120）和式（123）分别为经零级和一级正射投影仪纠正后由剩余高差引起的影像横向位移的表达公式。把影像横向位移控制在平地、丘陵地不应大于图上 0.2mm；山地、高山地不应大于图上 0.4mm。根据坡度角 θ_x 的大小来适当选择缝隙长度 l_s。

制作正射影像图时，只考虑采用 1∶1000、1∶2000 比例尺。23×23 像幅航摄仪焦距可采用 152mm 或 210mm，X 最大值取 100mm，18×18 像幅航摄仪焦距可采用 115mm 或 210mm，X 最大值取 80mm，用式（122）和式（125）可求出不同坡度应选择的缝隙长度值。同时应注意到各地地貌形态不一，选择缝隙长度时应按照公式根据具体情况而定。

4　扫描缝隙是窄长形的遮光板，投影光线在缝隙内对感光材料曝光晒像。虽然缝隙长度比宽度大得多，但缝隙宽度不能为零，在晒像时，因地形起伏的影响，会降低影像的分辨力。

正射像片在扫描过程中，因缝隙宽度 b_s 与地形坡度引进的影像分辨力 R_y 的关系式为：

$$b_s = \frac{1 - \mathrm{tg}\beta_y \cdot \mathrm{tg}\theta_y}{2 \cdot R_y \cdot \mathrm{tg}\beta_y \cdot \mathrm{tg}\theta_y} \tag{126}$$

其中 β_y 为投影光线与铅垂方向的夹角。

为了提高正射像片的影像分辨力，宜选择窄缝隙进行作业。

由于复制后的正射像片，要求影像的分辨力不低于 5～6 线/mm，用原始负片复制像片经摄影处理后影像分辨力损失 30%，因此要求原始负片的影像分辨力不低于 8 线/mm。根据高反差影像分辨力传递的经验公式：

$$\frac{1}{R_y^2} = \frac{1}{R_z^2} - \left(\frac{1}{R_s^2} + \frac{1}{R_p^2} + \frac{1}{R_i^2}\right) \tag{127}$$

式中　R_z—— 原始负片分辨力；

R_s—— 航摄仪的分辨力，宜取 $R_s \geqslant 20$ 线 /mm；

R_p—— 正射负片乳剂分辨力，宜取 $R_p \geqslant 150$ 线 /mm；

R_i—— 仪器投影系统分辨力，仪器不同 R_i 不同，宜取 $R_i \geqslant$ 45 线 /mm。

所以 R_y 应大于 9 线/mm。因此规范规定因地形起伏和缝隙宽度影响的单项影像分辨力不应低于 9 线/mm。

按公式（127），在保证影像分辨力符合要求的前提下，根据地形坡度角 θ_y 选择合适的缝隙宽度 b_s 进行作业。

5.11.6 正射影像图接边限差规定的说明如下：

1 带与带接边差其主要误差来源包括：断面高程切准误差引进的影像平面位移、缝隙内地形坡度引起的影像平面位移。综合两项误差的影响可得各带边缘的投影差，而带与带接边差为 2 倍带边投影差。所以规范规定带与带接边差限差为：平地、丘陵地不宜大于 0.3mm，个别最大不得大于 0.6mm；山地、高山地不宜大于 0.5mm，个别最大不得大于 1.0mm。

2 幅与幅接边差的主要误差来源为断面高程切准误差引起的影像平面位移、缝隙内地形坡度引起的影像平面位移、模型平面定向残差、图廓点误差、仪器误差等。以不宜超过地物点平面中误差的 2 倍，个别最大不应超过地物点平面中误差的 $2\sqrt{2}$ 倍。故规范规定幅与幅接边差的限差为：平地、丘陵地不宜大于 1.0mm，个别最大不得大于 1.4mm；山地、高山地不宜大于 1.5mm，最大不得大于 2.0mm。

6 城市地籍测量

6.1 一般规定

6.1.1 开展城市地籍测量，宜在城市先行开展基本图测绘和规划定线拨地测量的情况下进行的，因此在符合精度要求和经过核实的前提下，应充分利用与地籍测量密切相关的既有成果，保证城市测量成果的统一一致，避免重复测量和矛盾的发生。

6.1.2 城市地籍图的比例尺可因地制宜选用1∶500或1∶1000，繁华地区、建筑物密集地区和有特殊需要的地区应选用1∶500，其他地区可采用1∶1000。

6.1.3 城市地籍测量的基本单元是一宗地。城市地籍测量主要为城市土地管理服务，地籍权属调查除受土地管理部门委托外，不能越俎代庖，理应执行土地管理部门确定的点位及其有关规定。

6.1.4 城市地籍图的分幅和编号，应按城市地形测量的规定执行，这是为保障城市地理信息资料的统一和规范化，为建立城市地理信息系统奠定良好的基础。

6.2 地籍权属调查资料的核实

6.2.1 地籍权属调查资料的核实，是进行地籍测量前必要的准备工作，是为防止由于点位、资料的差错而使测量出现质量问题。

6.2.3 本条规定了地籍权属调查核实工作的内容、程序与注意事项。

6.3 地籍平面控制测量

6.3.1 地籍平面控制测量，应在城市平面控制网之下进行加密，以保证城市坐标系统的统一和控制成果的共享。由于近几年来，

GPS 测量的应用，因此在传统的导线、三角网等布设形式外，又增加了 GPS 测量方法。图根平面控制测量方法只能用于二类地区的布测。

6.3.2 本规范第 6.4.4 条将测定界址点的精度要求分成两类（级），因此，地籍导线的主要技术要求应根据界址点的精度而定。无论一类、二类地区，导线都只能布设两级，减少控制层次，以期提高最低一级控制网的精度。

6.4 地籍要素测量

6.4.1 本条中“其他重要的界标”系指和界址点、线和行政区域境界有关的具有境界意义的地物，例如：墙柱、栅栏、栏杆、篱笆、铁丝网、道路、树、桩、河沟、渠等。行政区域境界包括：国界，省（自治区、直辖市）界，地级市（州、盟）界，县（市、旗、市区）界，乡（镇）界。地籍区以市行政建制区的街道办事处或镇（乡）的行政区域范围为基础划定，当地籍区的范围过大时，在地籍区范围内可以街坊为基础再划分为若干地籍子区。

6.4.2 地籍要素的测量方法，过去分为解析法、部分解析法和图解法三种，有些规范还分航空摄影测量法和编绘法，由于单纯的图解法、航空摄影测量法和编绘法达不到本规范界址点测定的精度要求，因此予以取消。解析法所获取的是界址点和主要地物点的解析坐标数据；部分解析法主要针对城市旧街坊，即街坊外围界址点和街坊内部便于设站施测的界址点采用解析法，而街坊内部设站施测困难的地籍要素可丈量数据进行装绘，装绘采用几何作图方法虽仍属于图解法，但一是在外围有解析坐标点的控制之下，误差进行了合理配赋；二是其面积的量算可用几何要素解析法求得，其精度要高于单纯的图解法。只有在外围呈曲线的界线如地类界，才可采用图解法测绘。

6.4.3 本条意在使规划拨地测量和地籍测量融为一体，避免重复测量，使拨地测量的成果能得到充分有效的利用，防止出现两套坐标的矛盾发生。

6.4.4 参考现行行业标准《地籍测绘规范》CH 5002 和《城镇地籍调查规程》，根据本章的适用范围未包括农村居民区的情况，将界址点测定的精度要求定为两类，即一类地区界址点点位中误差和间距中误差均为±5cm，二类地区均为±10cm，如此规定使与上述两个标准不致出现大的矛盾。

6.4.5 地籍分幅图的精度要求按地籍要素测量方法的不同而有所区别，解析法（数字化）成图，因全部界址点、主要地物点均用坐标展绘，实测坐标的界址点、地物点相对于邻近控制点的点位中误差（包括测定误差和展绘误差）以图上 0.2mm 计，故其间距中误差不应大于图上 0.3mm（$0.2\times\sqrt{2}=0.28<0.3$mm），则用解析法成图的地籍图的精度明显优于相同比例尺的地形图。未测坐标的地物点（包括装绘和图解测绘）的图上点位中误差和间距中误差，与城市基本地形图的精度要求相同。

6.4.7 地籍图的绘制精度，前两项展绘限差同本规范第 4.3.3 条的规定，第三项的展点限差同本规范第 9.2.5 条的规定，其他解析坐标点的展点限差则按第三项限差放宽一倍。

6.5 面积量算

6.5.1 本条规定了面积量算的方法及各种量算方法适用于何种情况。

6.5.2 采用规范条文中（6.5.2）式计算宗地面积时，界址点必须按顺时针方向顺序编号。若界址点按逆时针方向顺序编号，则（6.5.2）式中 Y_{i+1} 与 Y_{i-1} 或 X_{i-1} 与 X_{i+1} 应互换位置。

6.5.3 实测要素求积法比某些规范称之为“实地量距法”的含义要广，如矩形、三角形可量边计算面积，但三角形量三边计算面积比较麻烦，在实地量三角形的高也不容易，若量两边并测其夹角就方便简单得多。有些图形如平行四边形、任意四边形对角线被挡不能量，则可根据实地情况量边测角，不能拘泥于光是量距。

6.5.4 图解法量算面积的方法很多，由于方格法、网点法、平行线法量算精度较差，本规范不予采用。光电测积法分数字化仪计

算面积和电子扫描计算面积两类，有光电面积量测仪、密度分割仪等。图解法宜适用于较大的面积量算。

6.5.5 外业采用部分解析法施测，其中装绘部分的某些宗地，若采用实测要素求积法计算的面积，则应不参加误差的分配。

6.6 资料整理、检查验收与成果提交

6.6.1 检查、验收是地籍测量成果、成图质量把关的重要环节，必须高度重视。作业小组应严格自检、互检，确保成果无误，各级质量检查、验收人员应各负其责，加强质量管理。

6.7 变更地籍测量

6.7.1 由于城市土地和土地上建筑物的买卖、交换、继承、分割、合并、征拨、转让、赠送、租赁、抵押而产生所有权和使用权的变更，其中分割与合并应在土地管理部门进行变更地籍调查的基础上，进行界址变更地籍测量。其他权属的变更，应按土地管理部门的规定执行。

6.7.2 本条规定了变更地籍测量的对象和需要进行的工作内容与程序。

6.7.10 地籍图修测的主要内容，应反映地籍要素现状的变更，重点包括界址点、线的变更和界标地物的增减和变更；行政境界以及地类界等范围的变更；建筑物、构筑物的增减变更以及建筑物结构、层数的变更；道路、广场、绿地、水域等范围的变更；地理名称、单位名称、门牌号码的变更等。

7 城市工程测量

7.1 一般规定

7.1.1 原规范中，本章与其他章写法不大一致，其他章第一节均为“一般规定”，而本章每节都有一个“一般规定”。这次修订，为了使整本规范格调一致，取消了各节的“一般规定”，而将各节带有共性的内容，集中于本节中。本章的适用范围，从大的方面作了规定，至于适用于哪些工程和工程建设的哪个阶段，各节将有进一步具体规定。对于城市工程测量的作用也作了简要阐述。

7.1.2 城市工程测量采用何种坐标和高程系统，总的来说，与城市规划建设有密切关系的工程测量，如定线和拨地测量、市政公用的地下管线现状测量和地下普通建（构）筑工程现状测量等，肯定应采用当地城市统一的坐标和高程系统。至于工程测图则涉及一个“一测多用”问题，对于这个问题的处理，应根据不同情况具体分析，区别对待。如果工程图为工矿区竣工总平面图或现状图，当比例尺为1∶500～1∶2000，精度要求近于或高于城市基本图，而且施测面积较大时，宜采用当地城市统一的坐标与高程系统，并按城市基本图的规格分幅，测绘内容除满足本专业的需要外，还宜满足城市基本图的各项规定。但如工程测图面积较小或为一次性的专用图，即为工程设计专门测的地形图，一旦新建筑物建成后，地物、地貌面目全非，原来的图失去了继续使用的价值，对于这种图不要限制过严，可采用假定的坐标和高程系统，其他以满足设计需要为准。

7.1.3 在城市工程测量中，其作业方法可分为解析法和图解法两种。无论按给定条件测设，还是根据实地地物测量其细部坐标和高程，只要是提供的测量成果为解析数据，这种测量方法即称为

解析法。如果只是根据图上的相对关系将点位测设于实地，或将实地地物用平板仪测绘成图，最终提供的测量成果是实地点位或地形图，而没有解析数据，则这种测量方法称为图解法。解析法具有精度高、不受现场通视与否和有无地物的限制，桩点丢失可按坐标重新补钉，是提供数字化成图和建立城市地理信息系统的良好基础等特点，某些精度要求较高的城市工程测量采用解析法势在必行，而图解法难以为继故被删除。

市政工程线路中线测量提到的现场选线法，它是公路定线常用的一种方法，不需要纸上定线，而是设计人员同测量人员相结合，根据既定的技术标准，结合地形、地质等条件，在现场反复比较，并利用一些简易仪具直接选定线路中线位置。此种方法是区别于纸上定线实地测设而言的，根据它是否联测了坐标，而分别归入解析法和图解法。

7.1.4 城市工程测图比例尺的选择与工程性质、测区大小、建筑密度和不同设计阶段的用途有关，工程规划设计、线路工程方案比较、大型厂址的选定、计算水库容积及汇水面积等，可选用1∶5000或1∶10000；工程初步设计或工程施工图设计、厂区新建与郊区普通工程设计用图等，可选用1∶1000或1∶2000；工程施工图设计、城区工程设计、厂区扩建与厂矿区竣工总平面图，以及独立建筑物设计等，可选用1∶500；小型桥、涵、闸、坝、厂、站、所、场址与洞口、路口工程设计，以及独立建筑物的改建工程等，可选用1∶200或1∶100。

7.2 定线、拨地测量

7.2.1 定线、拨地测量是城市规划阶段的两项主要测量工作，是配合和保证城市规划建设正确实施的基础工作与重要环节。根据《中华人民共和国城市规划法》的规定，城市规划区内的土地利用和各项建设必须符合城市规划，服从规划管理，因建设需要申请用地的，必须持有关批准文件，向城市规划行政主管部门申请定点，并由该部门核定其用地位置和界限，提供规划设计条件，核

发建设用地规划许可证。因此定线、拨地测量必须按照城市规划行政主管部门下达的定线、拨地设计条件进行。

7.2.2 关于定线、拨地测量的精度要求，规划部门至今提不出有理有据的具体数值来，因此从规划需要方面来讲，还摸不准说不清。从地籍测量要求的界址点精度而言，目前，我国有关地籍测量的规范、规程均规定：一级界址点相对于邻近控制点的点位中误差不应大于 5cm。解析法拨地测量界址点的精度与地籍测量一级界址点的精度应视为同等，因此其点位中误差亦不应大于 5cm。

同时，根据生产实践经验，过去定线，拨地钉桩常发生丢失，以后重新布设导线进行补钉，往往发现原钉桩原来埋在下面，补钉桩与原钉桩两点位之差，小到 1～2cm，大到 15cm 左右，根据较差限差等于中误差的 $2\sqrt{2}$ 倍的道理，不难反求出点位中误差约为 5cm。

7.2.3 定线导线虽基本上套用三级导线的规定，但因有些规划道路尚未成形，埋石后容易丢失，故可不埋石。又因其不是基本控制，因此在钢尺量距的拉力要求和两次丈量较差的相对误差方面，有所适当放宽。定线导线基本上采用三级导线的技术要求是合适的，理由有二，其一，1995 年《城市测量规范》（草案）就是这样规定的："城市街坊道路管网的放样工作……所加密各控制点的精度、不得低于三级导线测量"。当时一些城市采用了，40 多年来实践证明是完全能够满足规划精度要求的。事实上，规划道路网与等级导线网的关系是相当密切的，已有等级导线的道路，道路中线可不再实定；实定中线的道路，其中线点位可与等级导线点结合，使其不出现两套点位，以免造成矛盾和混乱。其二，根据一些城市干道网密度的统计，大部分城市现状干道间距大于 1km，三级导线的总长为 1.2～1.5km，同时还规定可适当有条件地超长，因此基本上可以满足道路定线的实际需要。

拨地导线的技术要求低于定线而高于图根，与地籍导线也是一致的。在原规范条文的基础上，增加了拨地光电测距导线的主要技术要求，以及当附合导线边数超过 12 条时，应适当提高测角

精度的规定。

由于第2章中，对于四等以下网中最弱点的点位中误差，取消了10cm的规定，因此本章中也相应地删去了有关内容。

7.2.4 定线、拨地距离测量分为未知距离（包括导线边长）的测量和已知长度的测设与校核，对于前者可采用光电测距、钢尺往返或单程双次丈量等方法；对于后者也可采用光电测距与钢尺丈量相结合的方法，即长距离用光电测距，短距离用钢尺丈量。距离测设也可先用光电测距测出一段略短于测设长度的距离，再用钢尺测设剩余长度。此条比原规范增加了光电测距的技术要求。

7.2.5 对定线测量作下列说明：

1 城市道路网是一个城市的基本骨架和动脉，它是在编制城市总体规划时确定的，对于城市现代化建设有着十分重要的作用，因此，其定线测量的层次应高于其他规划测量和市政工程测量，起着控制作用，是城市规划建设正确实施的切实保证。

2 解析实钉法适用于通视条件较好或尚未建立各级导线网地区的规划道路，以及其他线路工程的定线测量。解析拨定法则适用于已布测各级导线网的地区、通视条件不好的道路和规划道路群的定线测量。

3 实定中线的规划道路，由于误差已经过调整，精度高，统一以中线桩点作为拨地或其他工程定位放线的基准，整体关系较协调，矛盾少。有等级导线点的规划道路，拨地时须由三个等级导线点拨定道路中线点并验直，由于全线误差未经过调整，故精度稍次。未实定中线又无等级导线点的未成形规划道路，由于无统一的基准线控制，每一块临路拨地都得布设一条导线来拨定，相邻拨地误差较大，因此要求所布设的导线应提高一级，按定线导线的精度要求施测，以减少误差。

7.2.6 对拨地测量作下列说明：

1 拨地界桩除条文中所述的用途外，因其点位精度完全能够满足地籍测量界址点的精度要求，故可在经过调查核实确认无误的情况下加以充分利用，避免重复测量。另外，对于目前城市超

大面积的建筑用地，如住宅小区的兴建，房地产的开发等，布测建筑方格网等进行控制，这应是建筑施工单位的测量任务，本章暂不考虑纳入建筑施工测量的内容。

2　拨地测量解析实钉法适用于通视条件较好的拨地；而解析拨定法则适用于通视困难的现场、范围较大的用地、实地无规划路中线桩或无相邻原有拨地界桩、以及地物稀少的地区。

3　此款是对在两已知点间进行内分时，为避免量距误差累积，提高内分点的精度，而采取的一种必要规定。

4～6　这几款均为进行拨地定桩时，所应遵守的基本原则和具体测设方法。值得强调的是，界桩的指示桩绝不能钉在用地边线的延长线上，临路界桩的指示桩宜钉在临路的用地边线上。指示桩与应钉桩位的距离应越近越好，宜为整米数或整分米数。

7.2.7　建筑物定位测量工作，主要由建筑施工单位承担，但有个别城市不进行拨地测量，而是根据城市规划行政主管部门下达的某工程的建筑总平面图，以及与规划道路或指定建筑物的相对关系，对每一幢建筑物四角进行定位，将主轴线桩（简称角桩）测设到地面上，作为基础放样和细部放样的依据。由于这项工作不是绝大多数城市测绘单位经常性的测量任务，因此本条只原则性的提一下。验线测量则是为了加强对临规划路建筑物的施工管理，在施工单位进行放线开槽后，城市规划行政主管部门在必要时下达验线条件，对建筑物的放线进行检验，以保证建筑物符合规划设计要求。由于验线测量方法简单，可以按照拨地测量方法进行，因此也不再作详细规定。

7.2.8　定线、拨地中的校核测量分角度校核、边长校核和坐标校核，其限差规定分别说明如下：

1　角度校核限差。这个问题涉及到定线、拨地的方位角中误差，由于多种因素，目前尚未推导出估算公式，只能按统计的实际资料作为根据。统计了北京市100条主干道定线的108个检测角与条件角较差计算得出的角度检测中误差为±11″，以二倍中误差作为限差得±22″，考虑到北京市原定线导线比本节相应导线的

主要技术要求均提高0.3～0.6倍，即比值为1.3～1.6，故主干道此项限差取为±30″。

又统计了北京市100条次干道与支路定线的119个检测角中误差为±20.6″，则限差为±41.2″，考虑到比值关系和很少超限的情况，次干道与支路此项限差取为±50″。

拨地图形内角的校核，根据北京市133件拨地182个检测角的统计分析，计算得检测角中误差为±22.8″，则限差为±45.6″，考虑到比值关系拨地此项限差取为±60″。

2　边长校核限差。实量边与条件边之差的限差，同样目前尚未推导出理论估算公式来。根据北京市100件定线中的105条实量边与条件边的较差，化算为每百米较差，计算得每百米的距离中误差为±8.7mm，以二倍中误差作为限差为±17.4mm，相对误差为1/5800。考虑到比值关系定线此项限差则取为1/4000。

又根据北京市133件拨地中88条实量边与条件边的较差，统计出每百米距离中误差为±15mm，则限差为±30mm，相对误差为1/3300。考虑到比值关系拨地此项限差取为1/2500。

3　坐标校核限差。根据北京市约40件拨地中100个校核坐标与条件坐标的较差，计算得每点的点位误差计：20mm以下的占76个，20～35mm的占21个，35～50mm的占3个。统计得到点位中误差为17mm，限差即为34mm，考虑到比值关系此项限差取为5cm。

对于在城市规划上具有特别重要意义的地物点，能设站的如古城门门中，应纳入导线内以不低于一级导线的精度来测定其坐标；不能设站的如塔尖、尖顶纪念碑等，则应由城市等级平面控制点用前方交会法测定两组坐标，取其平均值。一般的定线、拨地地物点坐标的测定，则可分别在定线、拨地导线两个测站上采用极坐标法，或至少在三个测站上采用前方交会法，测定两组坐标取其平均值。这样做的目的，主要是通过校核确保正确无误，同时也可提高精度。另外原规范条文经修订后取消了图解法。

7.2.9　计算工作，如采用袖珍计算器计算，应一人计算，一人检

算；如采用编有电算程序的计算机计算，应打印出输入数据并进行校核，则可不必进行两次独立计算。定线、拨地计算的方位角，可计算至秒，但若根据条件坐标反算的和直线段较长的方位角，宜计算至 0.1″，以避免产生不必要的矛盾。

建立图档是十分必要的。由于规划管理人员一时的疏忽大意，有时误将一块用地先后划拨给了两个单位或造成部分重叠，有时甚至侵占了规划道路等，将定线、拨地成果展绘注记于 1∶1000 或 1∶2000 地形图上，可以及时发现此类错误，以便迅速纠正，避免造成严重后果或不良影响。有条件的城市，应建立定线、拨地图形数据库系统。

7.3 城市工程测图

7.3.1 市政工程测图既属于城市工程测图范畴，又是市政工程测量的一个组成部分，其归并到哪一节均未尝不可，考虑到与测图的共性较多，因此放在本节中更为合适。

7.3.2 目前全国城市局部重复测绘的现象比较严重，不重视充分利用城市现有各种地形图图纸资料，一味地追求重新测绘，这是一种极大的浪费。本条对充分利用现有图纸的各种情况提出了一些具体措施和方法，希望引起足够重视。

7.3.3 小面积工程测图为了增大图面便于设计而采用大于 1∶500比例尺，以 1∶200 和1∶100居多，精度方面如没有较高要求，可按 1∶500 测图精度要求施测。如精度要求较高时，可适当提高导线精度，采用全站型仪器或小平板与水准仪加钢尺的方法施测，若需绘等高线，可选择 0.2m 的等高距。

7.3.4 这一条牵涉一个一测多用问题，对于一测多用问题，应根据不同情况具体分析，区别对待。如果工程图为一次性的专用图，就是为工程设计专门测的图，一旦新建筑物建成后，地物、地貌面目全非，原来的图失去了实用价值，对于这种图不要限制过严，在坐标系统、高程系统、图幅分幅、测绘内容与精度要求等方面，以满足设计需要为准。如果工程图为工矿区竣工总平面图或现状

图，当比例尺为1∶500～1∶2000，精度要求与城市基本地形图相近，而且施测面积较大时，则应采用当地城市统一的坐标与高程系统，并且按照城市基本地形图的规格分幅，测绘内容除满足本专业的需要外，还宜满足城本基本地形图的各项规定。

7.3.5 近几年来，城市测绘单位拓宽领域也接受了一些工矿区现状图的测绘任务，对于细部测量的要求，根据调研结果，多数单位是执行《工程测量规范》GB50026的规定，因此本规范在细部点位置中误差，以及两相邻细部坐标点间反算距离与实地丈量距离的较差，均与《工程测量规范》取相同的精度指标。但细部点高程，过去是采用水准仪施测精度较高，目前则较多采用全站仪以测距三角高程测量，仪器高量取误差较大，为考查其精度，北京市测绘设计研究院DGJ系统试验组用N3水准仪实测了98个细部点高程，并以此为准与全站仪所测的作比较，求得高程中误差为±26.78mm，取用为±3cm。故将原来主要和次要建筑物、构筑物细部点的高程中误差±2cm和±3cm，分别放宽为±3cm和±4cm。

关于细部点选取的要求，与《工程测量规范》基本上是一致的，但在个别用词上稍有差别，如地下电缆分采用管块埋没和直埋两种方式，管块埋设归入“地下管（沟）道”一类，直埋的称为“地下直埋电缆”为宜。另外“公路”类改为“厂外公路、厂内道路”更为确切。

因细部点坐标与界址点坐标的测定精度相同，故其施测方法也应与界址点的一致，考虑到光学经纬仪与电子经纬仪的区别，在规定测角测回数与测距长度时，与《工程测量规范》略有不同。

7.3.7 对水下地形测量按相应款作下列说明：

2 测深点点位中误差是在参考国内一些现行国家标准和行业标准（点位中误差为图上1.25～2.00mm）的基础上制定的。

3 测深仪具的适用范围与测深点深度中误差是相关的。大都认为，测深杆适用于水深0～5m且流速不大的浅水区，其较差为0.2～0.3m；用测深锤测深，在流速不大、水深小于20m的情况

下，其较差为0.3～0.5m；测深仪适用水深2m以上水流较急的水域，因为0～2m记录纸上零线与回声线混在一起难以判别，为了避免发生错判，故定为2m以上。另外，测深水域遇有水草、海底树林时，不得使用测深仪，因这时反射的回波深度是水草、树林顶部，而不是水底。在电压转速正常的情况下，测深仪测深精度为水深的1～2%。根据较差为$2\sqrt{2}$倍中误差的道理，则测深点深度中误差取用了规范条文中表7.3.7-1的数值。

4　根据实践经验及有关资料，测船因风浪引起的颠簸程度，取决于风浪的强弱和测船的抗风性能，应由测深仪记录纸上回声线反应出的起伏变化来定。当变化不大时，可量取波形起伏的中数为水深读数，对测深精度影响不大，此时尚可继续作业。而当测深仪在正常工作，记录纸上出现有0.4～0.5m的锯齿形变化时，实际水面浪高将超出其值1～2倍，此时船身剧烈摇摆，换能器随测船摇动而改变着入水深度，直接产生更大的深度误差，并往往伴随出现锯齿形回声线，以至无法判别水深。按内河和海上船舶的抗风能力，规定在内陆水域和海域当测深仪正常工作时，回声线分别在记录纸上出现大于0.3m和0.5m的起伏变化，宜暂停作业。采用测深锤、测深杆作业时，测深获得的是绳、杆的水下读数，因风浪引起的水面起伏的大小，将直接影响到测深的成精度。

5　水下地形测量不能像陆地那样按地形变化选择地性点，所以测点密度较大。多数水下地貌垂直于岸线的横向变化远大于平行岸线的纵向变化，因此断面间距应大于测点间距。根据一些作业单位多年的实践经验，顾及到图面的负载量，规定断面间距和测点间距分别宜为图上2cm和1cm。为适应水下地形变化和工程用图需要的不同，可根据具体情况，适当加密或放宽断面和测点的密度。

6　当水域开阔平坦、水位变化极小时，可在近岸水边打入木桩，使其与水面齐平，然后用水准测量方法直接测定桩顶高程，即为水面高程。当水面涌浪较大，应设立水尺观测水位，取波峰波

谷读数的平均值作为水面高。水尺应设在受风浪、壅水、回流影响较小，又不易遭到碰撞，且有代表性的地方，若一支水尺不能保证测出测深期最高与最低水位时，应设立阶梯形水尺组。当测区内水位坡降较大，应分段设立水尺进行水位观测。在水尺附近宜设立2个不低于用本规范第7.4.3条第2款基平测量施测的临时水准点，以便随时用图根水准测量的精度接测水尺零点高程或水面高程；或以不低于图根水准测量的精度布设附合路线直接测定水尺零点高程或水面高程。

水位观测应与测深工作同时进行。实际工作中采用定时观测水位，内陆水域应使两次观测时间间隔内水位变化小于0.1m；受潮汐影响的河段和海域的坡降不是固定的，涨潮时下游水位高上游低，退潮时上游水位高下游低，急涨、急退时坡降大，而平流时水面几乎成水平状态，因此观测潮位的时间间隔要短，规定宜每隔10min观测一次。根据观测的水位按时间内插求得测深时的工作水位。

7　测深仪工作电压与额定电压、实际转速与规定转速之差的变动范围，应以仪器说明书（鉴定书）为依据。正常工作电压与额定电压之差，直流电源不应超过10%，交流电源不应超过5%；实际转速与规定转速之差不应超过1%。超过规定时，应进行调整或改正。电压与转速调整后，应分别在深、浅水处作停泊与航行检查，如有误差，应绘制误差曲线图进行水深改正。

8　测深点定位的方法很多，六分仪后方交会法因精度较低而渐被淘汰，本规范删去此法，而增加GPS动态定位法，水下声学定位方法在我国尚处于起步试用阶段，故暂未纳入。对于某测区具体采用什么方法，应根据水域情况（水深、流速和面积大小）、测图比例尺和设备条件综合考虑确定。

对于在测站上施测过程中定向点方向的检查精度，由于在水域作业者看不见水下地形，各种因素影响测量误差相应增大，为了控制误差不致过大，因此比陆地测量规定得稍高一点是有利的。

9　由于测深点定位方法淘汰了六分仪后方交会法，而适用于该定位方法的圆弧格网法，三杆分度仪法两种内业展绘方法，因此也相应被删去。“机助成图法”改为“数字化成图法”。

10　水下地形等深(高)线插求点高程中误差 m_i 按下式计算：

$$m_i = \sqrt{0.67[m_H^2 + (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2)M^2\mathrm{tg}^2\tau + m_4^2] + m_4^2} \tag{128}$$

式中　m_H—— 测深点高程中误差，包括测深点深度中误差与水面高程中误差，测深点深度中误差取 ± 0.15m(即取 10m 以内水深的中误差)，水面高程中误差为 ± 0.05m，则 $m_H^2 = 0.15^2 + 0.05^2 = 0.025$；

m_1—— 测深点位置中误差，取为图上 1.5mm；

m_2—— 等深(高)线内插和勾绘中误差，取为图上 0.5mm；

m_3—— 等深(高)线描绘跑线中误差，取为图上 0.2mm；

m_4—— 等深(高)线概括中误差，取为等深距的 1/5；

M—— 测图比例尺分母；

τ—— 水底地形倾角。

将上述各项误差的取值代入（128）式得：

$$m_i = \sqrt{0.67[0.025 + 2.54 \times 10^{-6}M^2\mathrm{tg}^2\tau + m_4^2] + m_4^2} \tag{129}$$

按不同测图比例尺，水底地形倾角和等深距（与陆上地形测量等高距均取一致）代入（129）式计算得表 35。

由表 35 与本规范表 4.1.9 进行比较可以看出以下问题：一是陆上地形测量等高线插求点高程中误差，不分比例尺和等高距，仅按地形类别规定统一的指标，简明易记，便于掌握；而表 35 中同时按比例尺、等深距和水底地形倾角规定精度指标，繁琐多样，不易掌握。二是两个表存在不合理的情况，作业者看不见水下地形，受水深、流速和设备等影响，定位、测深误差大，等深（高）线插求点高程中误差理应比陆地等高线插求点高程中误差指标要宽，而表 35 中有一部分指标与陆上地形相等，个别反而要严。为

了解决上述问题，经研究决定，水下地形等深（高）线插求点高程中误差按陆地等高线插求点高程中误差规定的指标放宽一个档次，即四类水底地形倾角的高程中误差指标分别定为1/2、2/3、1、$1\frac{1}{2}$（等深距）。对作业困难和要求不高的测区，还可放宽至1.5倍。

表35　水下地形等深（高）线插求点高程中误差

比例尺	等深距（m）	等深（高）线插求点高程中误差（m）			
		0°～2°	2°～6°	6°～25°	25°～45°
1∶500	0.5	0.18（1/2）	0.20（1/2）	0.36（1）	
	1.0	—	—	0.42（1/2）	0.72（1）
1∶1000	0.5	0.19（1/2）	0.23（1/2）	—	
	1.0	—	0.32（1/3）	0.68（3/4）	1.35（$1\frac{1}{2}$）
	2.0				1.42（1）
1∶2000	0.5	0.21（1/2）	—	—	
	1.0	0.30（1/3）	0.40（1/2）	—	—
	2.0	—	—	1.34（3/4）	2.69（$1\frac{1}{2}$）

注：表中括号内的数字为相当于计算值以等深距为单位的取值。

7.3.8　对市政工程测图作下列说明：

1　市政工程工点地形图（即小面积块状工程地形图）和带状地形图的比例尺，应根据所需精度、幅面大小、图面负荷与经济合理等因素综合考虑选用。线路纵、横断面图比例尺的选用规定本可放入本规范第7.4.9条中，但考虑其与线路带状地形图比例尺关系密切，放在本规范表7.3.8中比较有利，因本节亦有桥址纵断面图、河床横断面的内容，以避免不必要的割裂与重复。

2　带状图的分幅（段）设计，主要是为了便于测绘、晒印、设计和使用。带状图过长卷成又大又重的一卷，打开和卷起都很费事，但如果过短，势必增加测绘和接图的工作量。因此线路转角较大的均在转角点处分段，长直线的分段则不宜超过5m。

3　此款内容是新增加的。道路工程带状图的测绘是很普遍

的，在线路带状图中也是具有代表性的，条文中主要就测绘特点和要求作了一些具体规定。

4　此款内容也是新增的。我国城市道路立交桥的建设近十多年来发展很快，因此有必要纳入立交桥桥址图测绘的内容。立交桥桥址图的测绘主要为设计立交桥和匝道的位置提供地形资料，同时为改、扩建地下管线提供依据和安全保障。

5　跨河桥按其长度可分为特大桥、大桥、中桥和小桥，其划分标准为：桥长在500m以上为特大桥；100～500m为大桥；20～100m为中桥；20m以下为小桥。桥址地形图比例尺根据河宽而定，桥长在50m以下时可选用1∶200或1∶500；桥长在100m左右时用1∶500；桥长在200m以上时选用1∶1000或1∶2000。原规范条文中主要就测绘范围作了规定，而忽略了某些测绘内容，这次修订特予以补上。

6　桥址纵断面图是表示桥梁中线位置现有河床的地形变化，用以设计桥梁孔跨、墩台高度、净空和导流建筑物。加测河床横断面，是为了计算洪水流量。

7　桥址纵断面水上部分的测量与线路纵断面测量相同，应在进行线路纵断面测量时一次完成，可按本规范第7.4.8条第1款规定执行。河床横断面水上部分的测量可按线路横断面测量的要求施测。

8　本款指的是临近水域靠抽取地表水或排放污水的自来水厂、泵站和污水处理厂，靠抽取地下水源的自来水厂、泵站不包括在内。

9　施测方格高程图，是在测完施测范围内地物点和现状路边线后，以设计施工中线或现状路中线为基线，根据比例尺大小、地面平坦程度和精度要求来确定方格网间隔，依照几何作图方法将方格网绘于图纸上，并根据实地的基线桩将方格网放样到实地上，各方格交点上做临时标记，用水准仪测定各方格网交点的高程，以厘米为单位注记在图上相应方格网交点的右上方。

7.4 市政工程测量

7.4.1 本节内容主要纳入了普通的市政工程勘测设计阶段的通用性测绘工作，对于条文中所述大型的或城市少有的工程测量项目，多数为专业部门所承担，各种工程的施工测量，内容相当繁杂，城市测绘单位也极少参与，所以条文中包含的工程项目能满足绝大多数城市测绘单位的需要。

7.4.2 市政工程导线测量的主要技术要求与原规范规定比较，有些变化。本次规范修订，取消了四等以下平面控制网中最弱点点位中误差不得超过10cm的精度指标，拨地导线虽不属基本控制，但因与地籍测量相适应也取消了10cm的精度指标，因此导线长度受到了一定限制。考虑到市政工程线路测量的需要，施测1：1000比例尺带状图的主要线路附合导线长度，可按导线最弱点相对于起算点的点位中误差不得大于图上0.1mm进行估算，故对条文的规定作了一些修改。山地线路原规范未规定导线长度，主要是受交通部部标准《公路路线勘测规程》JTJ 061的影响。本次修订，凡在规划市区和郊县城镇范围内的线路，仍然要规定导线长度，考虑到山地线路施测带状图通常采用最大比例尺为1：2000，以及考虑到数字化测图与困难地区放宽要求的需要，山地线路附合导线长度，导线绝对闭合差和相对闭合差均按10cm的精度指标计算。另外，随着高速公路和高架路工程的迅速发展，规范对其导线测量的技术要求也作了具体规定。

7.4.3 对市政工程线路水准测量的相应款做下列说明：

1 市政工程线路水准测量（即基平测量）是工程设计阶段中重要的控制测量工作之一，它为测绘专用地形图、纵横断面图及调查重要高程点的高程提供依据，同时又是施工时高程放样的基础，其水准点的位置应能满足工程施工放样的需要。

2 在市政工程中，以重力自流管道对高程控制的要求为最高。当自流管道的设计坡度为0.5‰时，即每千米的设计高差为0.5m，为保证设计坡度施工放样的精度要求，在设计、施工阶段

的测量误差按1/10计，即为±5cm/km。根据武汉测绘学院工测系1960年对城市排水管网精度要求的分析，其结论为：当排水管道管径大于1500mm、坡度小于0.5‰时，其工程水准测量的精度需采用四等水准；而普通的市政工程可以采用稍低于四等水准的精度要求。本规范采用了介于四等水准和图根水准之间的±30$\sqrt{L}$（mm）的精度指标（某些规范称为五等或等外水准），即线路的基平测量按此精度施测，中平测量再按图根水准的精度施测，这样既满足了一般市政工程线路水准测量的实际需要，又不存在同级附合的不合理情况。

市政工程线路的基平测量可采用水准测量和光电测距三角高程测量两种方法。原规范只规定了采用水准测量方法和附合路线闭合差，本次修订，对仪器与标尺的类型、视线长度、观测方法进行了补充，更明确更完善了。光电测距三角高程测量是新增加的方法，基主要技术要求参照了《工程测量规范》关于五等光电测距三角高程测量的规定。

4 关于跨河水准测量测回高差间较差的规定，其限值按下式进行计算：

$$dH_t = 4 \cdot M_\Delta \sqrt{n_0 \cdot S} \tag{130}$$

式中 dH_t——跨河水准测量测回高差间较差的限值(mm)；

M_Δ——相应水准测量等级所规定的每千米高差中数的偶然中误差(mm)；

n_0——单测回(用同一仪器设于两岸各观测一次，称为一单测回)的测回数；

S——跨河视线长度(km)。

对于普通市政工程的基平测量来说，M_Δ=±7.5mm，n_0=2，则 dH_t=±42$\sqrt{S}$（mm），取为±40$\sqrt{S}$（mm）。

7.4.4 中线桩是线路中线位置的标志，应妥善加以保护，特别是对线路各主要中线桩位，应采用条文所述一些有效的保护措施，以便施工时交桩，即使遭受破坏，也能较容易地恢复桩位。

7.4.5 市政工程中有代表性的道路工程线路带状地形图的样图见图 9。

7.4.7 对线路中线测量的相应款作下列说明：

1 删去了“堤防、驳岸沿河岸线进行”这句话，因驳岸、防洪墙等沿岸线进行，但较宽的防洪堤仍是沿线路中线进行的，容易使人误解。轴线桩号换算为中线里程，应根据直线部分分段移轴、中线等距移轴与不等距移轴等不同情况分别处理，中线等距移轴与不等距移轴又分为交点上不设曲线和设置曲线两种情况，可按照《城市测量手册》810～814 页的关系式进行换算。

4 直线段上的中桩间距，地形平坦地区宜为 50m，地形起伏大的地区可采用 20m；曲线段上的中桩间距，平坦地区曲线半径大于 800m 时，可为 40m；山区公路当曲线半径为 30～60m，缓和曲线长度为 30～50m 时，不应大于 10m，当曲线半径和缓和曲线长度小于 30m 或用回头曲线时，不应大于 5m。

5 由于测量分段，局部改线或量距错误等原因造成中线里程不连续，即称为中线断链。有断链即应进行条文所述的断链处理。

6 中桩桩位的测量限差，根据城市线路的主次和地形的起伏而异，主要线路多集中于市区，次要线路则分布于市区、卫星城镇和郊区，上述线路大多处于平原、丘陵，山地线路多在远郊山区，因此对不同类别的线路精度要求是有区别的。城市测量多年的实践证明，这些限差是不难达到的。

曲线测设的纵向闭合差，主要由总偏角的测角误差、切线长和弦长的丈量误差等构成，总偏角的测角误差将使计算的各项曲线要素产生同向误差，导致这种误差在曲线测设中互相抵消。切线和弦长丈量时的系统误差在纵向闭合差中影响甚微，偶然误差是影响纵向闭合差的主要因素。主要线路曲线测设的纵向相对闭合差定为 1/2000 是比较容易达到的，次要线路和山地线路亦有放宽，也是不难达到的。

曲线横向闭合差，主要由偏角法的拨角误差、切线长和弦长的丈量误差以及置镜点的对点误差等构成。由于城市主要线路大

都选用大于不设超高的平曲线半径，半径大，曲线不长，因此曲线横向闭合差是能够不超过 5cm 的。次要线路和山地线路随着曲线半径的递减和曲线长度的增加，曲线横向闭合差虽可能增大，但对于 7.5cm 和 10cm 限差也是不易超过的。更何况光电测距仪在目前已得到广泛应用，采用极坐标法是可以提高曲线测设精度的。

7 为了决定桥梁三角网的测量精度，应首先进行桥梁中线长度的精度估算，通常有按桥式和桥长估算两种，文献资料及施工单位多按桥长来决定桥中线的精度，即桥长小于 200m，最大相对误差不应大于 1/5000；桥长为 200～500m，最大相对误差不应大于 1/10000，取最大相对误差的1/2，即为相对中误差。按桥长估算对于钢筋混凝土梁及短跨的简支梁比较适用，连续梁及长跨简支梁宜按各桥式估算公式进行估算。

桥中线相对中误差的桥长估算公式如下：

$$\frac{m_D}{D}=\sqrt{\left(\frac{m_b}{b}\right)^2+\left(\frac{m_\beta''}{\mu\cdot 10^6}\right)^2\frac{1}{P}} \tag{131}$$

而基线相对中误差为：

$$\frac{m_b}{b}=\sqrt{\left(\frac{m_D}{D}\right)^2-\left(\frac{m_\beta''}{\mu\cdot 10^6}\right)^2\frac{1}{P}} \tag{132}$$

式中 m_β''—— 测角中误差；

$\frac{1}{P}$—— 桥中线的图形权倒数；

μ——0.4343，为常用对数的模。

桥梁三角测量的测角技术要求可套用本规范一、二级小三角测量，不另行规定。由于常见大、中桥梁控制网多系简单图形，双三角与单四边形有两条基线，其$\frac{m_b}{b}$与m_β''不符合关系式$\frac{m_b}{b}=\frac{m_\beta''}{\sqrt{2}\rho''}$，故基线条件不参加平差。对于连续梁及长跨（64m 以上）简支钢桁梁，可按照下列公式估算桥中线长度的精度：

单联（跨）：$m_d=\pm\frac{1}{2}\sqrt{n(\Delta l)^2+2\delta^2}$ (133)

多联（跨）等联（跨）：$m_D = \pm m_d \sqrt{N}$ (134)

多联（跨）不等联（跨）：$m_D = \pm \sqrt{(m_{d1})^2 + (m_{d2})^2 + \cdots\cdots}$ (135)

上述各式均以 mm 为单位。

式中 m_d—— 单跨桥中线中误差；

m_D—— 多联（跨）桥中线中误差；

N—— 联（跨）数；

n—— 每联（跨）节间数；

Δl—— 节间拼装限差（2mm）；

δ—— 支座安装限差（5mm）；

$\frac{1}{2}$—— 联中误差为最大误差的$\frac{1}{2}$；

$\sqrt{\ }$ 中的 2—— 每一跨有两个墩。

7.4.8 对纵、横断面测量的相应款作下列说明：

1 纵断面测量是在基平测量和中线测量的基础上进行的，根据基平测量所留设的工程水准点，从一个水准点沿中桩逐桩按图根水准的精度要求施测桩位的地面高程至下一个水准点，逐点进行闭合，因此纵断面测量亦称中平测量。这样做可以一举数得，一方面检测了工程水准点，又沿中桩施测了地面高程，同时还检查了里程桩号。

2 横断面测量是测量垂直于线路中线方向的地面起伏情况，并按一定比例绘制成横断面图。横断面的宽度通常为路基设计宽度的 2～3 倍，一般测至填挖边线以外，城市道路应测至两侧建筑物。横断面的密度应视两侧的地形变化作适当增减，通常平原地区的道路工程和地下管线工程，如果地势平坦或工程面狭窄，可不施测横断面，而以中桩的地面高程代表两侧地形即可。河道横断面测量应以岸上轴线桩为起算点，测绘河道两岸、防洪堤、水涯线、河底地形变化点及洪水位的高程等。

5 横断面的测量方法有光电测距仪法、水准仪法、经纬仪视

距法等，可根据横向地形变化大小、精度要求和仪器条件选用。城市建筑区和平坦地区，目前多采用水准仪法。

7.4.9 对内业成图资料整理的相应款作下列说明：

2 纵断面图是反映中平测量成果的最直观的图件，是进行线路竖向设计的主要依据。纵断面图包括图头、注记、展线和图尾四部分。图头应根据道路、给水管、排水管、河、沟、明渠等不同工程绘制不同格式的图标，图标最上部的注顶范围，指的是有关重要线路交叉跨越处、水准点与设计施工所依据的各种调查测量资料，宜以指线形式注记于图纸顶部，故称注顶。图尾应绘制角标和图戳。道路工程纵断面图的样图见图 10。

3 横断面图可采用现场和室内两种绘制方法。现场绘制是在现场一边测量，一边根据测量的数据展绘，它可以省去繁琐记录，并能在现场进行核对及减少内业工作量等，因此当野外天气条件许可时，应坚持现场绘制。道路工程横断面图的样图见图 11。

7.5 地下管线现状测量

7.5.1 原规范本节标题为“地下管线竣工测量”，竣工测量是指工程完工后至交付使用前，即竣工验收时对工程进行的测量工作，显然已有管线的普查测量不属于竣工测量，故改标题为“地下管线现状测量”较合适，因现状测量既包括已有管线的普查测量，又包括新埋设管线的竣工测量。

为了与建筑行业名词术语相统一，将原规范中的“上水”、“下水”分别改称为“给水”、“排水”。近几年来随着科技的发展和社会的进步，地下管线的种类又有所增加，发展了液化石油气和天然气，它们与原有的煤气统称为燃气，电信类中又增加了有线电视，电力类也宜分为供电、路灯和电车。

7.5.2 对于普查测量和委托项目的测量范围，本条提供了宜测的区域，如有特殊要求扩大了测量范围，应在任务书中加以规定。

7.5.3 本条规定了综合地下管线图所应选用的比例尺，以及简明

地介绍了以带状地形图作为基础图的绘制方法。

7.5.4 随着城市现代化建设的发展，城市地下管线密如蛛网，城市地面、地下的用地日趋紧张，测量精度将会提出越来越高的要求，图解法精度难以为继，故予以淘汰。当进行地下管线现状测量时应优先考虑在管线未复土前采用解析法，以适应当前数字化成图的需要。某些城市过去一直采用图解法，近几年为形势所迫转而改用解析法，前段图解法成果因精度低尽付东流，如采用重新挖找测量，则人力、物力、财力、时间耗费极为可观，不得已采用地下管线探测仪进行探测，其精度也明显低于解析法，因此解析法采用得越早越好、越有成效。

7.5.5 地下管线现状测量的精度要求按直接测解析坐标和高程的管线点、探查和探测管线点和综合地下管线图测绘三种精度要求分别说明如下：

1 本款规定了直接测解析坐标和高程的管线点的点位中误差和高程中误差。管线点的点位中误差是指裸露的管线中心点和检修井井盖中心等测点相对于邻近解析控制点而言的，管线测点的坐标大多数采用极坐标法施测，按传统的经纬仪测角钢尺量距的情况来说，测角误差包括仪器对中、照准、读数误差，前后视目标的对中误差，起算方位角误差等，按 DJ_6 级仪器观测一测回的测角中误差以±90″计。钢尺量距误差包括尺长、温度、倾斜未改正及拉力、读数等误差，按量距长度不超过 50m 双次丈量实际相对中误差以 1/2000 计。另外，还有一个取点误差，主要是目估取管道中心（尤其是取大管径的弯管中心）或检修井井盖中心不准，还有弯曲管线的概括误差，特别是直埋电缆下线后在沟道中呈蛇曲状，但多取沟道中心作为管线中心，其误差可想而知，此项中误差按 3cm 考虑，则管线测点的点位中误差 m_p 估算得：

$$m_p = \sqrt{\left(\frac{90'' \times 5000}{206265''}\right)^2 + \left(\frac{5000}{2000}\right)^2 + 3^2} = 4.5\text{cm}$$

本规范取用为 5cm。

管线点的高程中误差是指裸露的管线的管外顶或管内底高程

以及检修井井沿的高程测点相对于邻近高程控制点而言的，管线测点的高程大多数采用图根水准路线将测点作为转点或用中视法施测，目前实施地下管线数字化成图的单位，则采用光电测距三角高程方法由高程控制点单向测定，光电测距三角高程导线的精度已能替代四等水准和图根水准测量的精度，测定管线细部点高程应不成问题。采用光电测距三角高程方法测定管线点的高程中误差按下式（大气折光的影响忽略不计）计算：

$$m_h = \pm\sqrt{\left(\frac{D}{\cos^2\alpha_V}\cdot\frac{m''_{\alpha_V}}{\rho''}\right)^2 + (\mathrm{tg}\alpha_V\cdot m_D)^2 + m_i^2 + m_v^2} \quad (136)$$

式中 D—— 测距水平距离；

α_V—— 垂直角观测值；

m_{α_V}—— 垂直角测角中误差；

m_D—— 测距中误差；

m_i—— 仪器高量取中误差；

m_v—— 棱镜高量取中误差。

本规范在第 7.5.10 条第 3 款中规定测距长度不应超过 150m，即 $D=150$m；垂直角按平地、丘陵和山地城市的平均值，取为 $\alpha_V=5°$，垂直角采用半站仪观测一测回或用全站仪观测半测回，取 $m_{\alpha_V}=\pm30''$；m_D 按 ±10mm 计，m_i、m_v 均按 ±10mm 计。将这些数值代入（136）式得：

$$m_h = \pm 26.2\text{mm}$$

取用为 ±3cm，这种理论估算与第 7.3.5 条用 N3 水准仪实测全站仪所测的细部点高程的检验精度结果也是一致的。

2 地下管线探查的平面位置限差和埋深限差，以及探测管线点的坐标中误差和高程中误差的规定，是与《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 中第 2.0.5.1 款与第 2.0.5.3 款完全一致的。

3 综合地下管线图的平面精度，根据资料分析，采用解析法的各项垂距中误差如表 36。

表 36　解析法综合地下管线图的各项垂距中误差（图上 mm）

项　　目	1∶500	1∶1000	1∶2000
管线与邻近建筑物垂距中误差	±0.47	±0.40	±0.38
两相邻平行管线的垂距中误差	±0.44	±0.33	±0.30
管线与规划路中线的垂距中误差	±0.35	±0.29	±0.27

表列数值未考虑地物的修测误差、管线的拼接误差等，若适当顾及，则各项垂距中误差规定不应大于图上±0.5mm。

地下管线图上探测点位中误差的规定同《城市地下管线探测技术规程》CJJ　61 中第 2.0.5.4 款一致。

7.5.6　进行地下管线测量，应有一定的取舍标准，如果不管何种管线、不分管径大小一律全测，则测量工作量相当大，图面不堪重负。因此应根据城市现代化建设的发展程度，地下管线的多少与疏密来决定取舍。本规范表 7.5.6 仅提供宜选用的取舍标准。

7.5.7　测绘带状地形图的宽度，规定规划道路以测出两侧第一排建筑物或红线外 20m 为宜，这主要是藉以明了地下管线与地物的相互位置关系，有地面地物参照，一方面可以校核展绘于图上的管线位置是否正确，同时又可根据地面地物来查找地下管线。

7.5.8　地下管线的平面控制应按本规范第 4.2.7 条图根光电测距导线和图根钢尺量距导线第 4.2.10 条图根支导线的技术要求施测。高程控制则应按第 4.2.14 条图根水准测量和第 4.2.15 条图根光电测距三角高程导线的技术要求施测。宜采用光电测距三维导线施测效率更高，测导线和测管线可以同时进行，也可以分开进行。

7.5.9　地下管线调查十分重要，必须弄清各条管线的来龙去脉，才能保证提供一整套完整准确的图纸资料。下面分收集核实资料、管线点编号、实地调查项目和方法分别说明如下：

1　地下管线必须进行实地调查，主要是为了核实资料或获取第一手资料，有资料但实地上没有的，应在工作图上将其消去；资

料不符合实地情况或有错误的，应进行更改修正；无资料但实地上存在并符合所取标准的，需增补到工作图上。对于直接实测的管线、用探测仪探测的管线和根据资料图上示意的管线，由于这三种方法精度或准确度不同，因此建议在图上应区别展示。

2 管线点的编号，本款推荐了一种较科学的方法供选用，也可以继续沿用各单位原有的编号方法。

3 调查项目在原规范的基础上，增加了“化学性质”这一项，并将流向、压力、电压、化学性质通统纳入“传输物质特征”一栏，主要是利于安全作业。如排水管污水脏物，淤积严重而产生大量沼气，其主要成份为甲烷，并含有二氧化碳、氮等，可燃、能窒息人死亡。工业管道中的传输物质多种多样，有些对人体有毒害，对于氧、氢、乙炔等有确定意义的传输物质可不写明化学性质，而对一些罕见的化工原料，如“林德气”是一种将干馏煤气中的一氧化碳去掉后的气体，如果不注明其化学性质，就使人不知是什么东西。

燃气管道的压力 P 分为：

低压　$P \leqslant 5\text{kPa}$；

中压　$5\text{kPa} < P \leqslant 0.4\text{MPa}$；

高压　$0.4\text{MPa} < P \leqslant 1.6\text{MPa}$。

电力电缆的电压 V 分为：

低压　$V \leqslant 1\text{kV}$；

中压　$1\text{kV} < V \leqslant 110\text{kV}$；

高压　$V > 110\text{kV}$。

工业压力管道的压力 P 分为：

低压　$P \leqslant 1.6\text{MPa}$；

中压　$1.6\text{MPa} < P \leqslant 10\text{MPa}$；

高压　$P > 10\text{MPa}$。

4 采用不下井调查可解决问题的，则宜不下井。下井调查应特别注意下井人员和行人、车辆的安全。事前可到有关单位调查了解，尤其对年久淤塞的污水井和对人可能有毒害的化工井，思

想上必须对人身安全问题高度重视，采取有效措施，防患于未然，切不可麻痹大意，掉以轻心。

7.5.10 采用极坐标法测定管线点坐标，有些规范对测定细部点坐标规定用 DJ_6 级仪器可只测半测回，本规范考虑测半测回如读错记错很难当场发现，以后展图发现但管线已复土填埋，再挖开测量很费事，为了保证现场有校核不出错，因此规定观测一测回。出于同样的原因，钢尺量距应双次丈量，测高程宜将管线点作为转点。若采用全站仪观测、电子手簿记录和数字化成图，因不会读错记错，故水平角和垂直角均可观测半测回。另外，本次修订取消了图解法，同时，本规范不主张量注埋深，一是埋深随路面的加厚处理而变化，图上注记不会及时变化或不变化，极大地影响了管线的高程精度；二是并非量埋深的地方都有路面高程，更增加了管线高程的不准。而测量管线点的高程，则可不受路面高低变化的影响。

7.5.11 综合地下管线图的绘制，也取消了图解法的内容。原规范中的扯旗形式是图解法的注记方法，它采用横断面的方式逐条管线顺序注记，不能准确反映管径或断面、高程或埋深的变化，因此也随着图解法一并删去。解析法综合地下管线带状图的样图见图 12。

7.6 地下普通建（构）筑工程现状测量

7.6.1 由于近几年地下人防工程除改建利用外已无大的发展，而过街地道、地下商场、地下停车场等则逐年增多，为适应新情况的需要，精简了前者并增加了后者的测量内容，将原规范此节标题“地下人防工程竣工测量”改为“地下普通建（构）筑工程现状测量”，称为“普通”是与地下铁道和城市过江隧道这些特殊精密工程相区别。“竣工测量”改“现状测量”见第 7.5.1 条的说明。示位测量是指兴建楼房时，为了保存和充分利用下面原有的人防工程，同时为确保楼房本身的安全，多采用打钢筋混凝土桩加固地基基础，设计人员为防止打桩穿透或挤垮人防通道的事故发生，

而要求测量人员提供建筑范围内 1∶500 或 1∶200 比例尺人防工程的现状图和将人防通道的位置、形状准确放样到地面上，并补测地面新增地物和高程，以保证正确设计桩位和指示施工，这项测量工作简称为示位测量。

7.6.2 地下人防工程的普查测量，宜在规划路、广场范围以内或虽属上述范围以外但埋深超过 5m 的，要求采用解析法施测，这样基本上与地下管线普查测量的精度要求相适应，以利于城市规划、设计的使用。

7.6.3 进行地下人防工程的普查测量，首先应到各街道办事处联系，收集管片内人防通道网示意图，了解各出入口、竖井所在地点及其他有关事宜。然后进行现场踏勘，有示意图的需核对、修改与补充，无示意图的应于现场绘出草图。

7.6.4 经纬仪导线的布设方法，首先应视需要与否，如示位测量必须先布设经过附近出入口或竖井旁以及需地面放样地点的地上导线，再布设地下导线测绘所需范围的人防通道。其次要看导线是否超长，如果超长可先布设地上导线，再布设地下导线，普查测量可布设地下多结点导线网，使导线精度均匀并可缩短导线长度。其他情况则可直接布设自地上经由地下再地上的导线，以减少控制层次。

7.6.5 地下附合导线和支导线测量主要技术要求的规定，根据第 4.2.7 条和第 4.2.10 条的说明可知，(92) 式中 L 与 T 是成正比的，必须先确定一个，另一个才能确定下来，如果导线的精度梯度按 1.5～2 来考虑，将地下导线的相对闭合差定为 1/1000，则按 (92) 式计算的附合导线长度，1∶500 成图区计算值为 265m，取用为 300m；1∶1000 成图区的计算值为 530m，取用为 500m，其取用值偏小主要是考虑与 1∶500 成图区的导线测角中误差取得一致。按 (93) 式来估算人防工程地下附合导线的测角中误差，根据 71 条人防工程地下导线 1686 条边的统计结果，导线平均边长为 25m，则 1∶500 成图区导线边数为 12，测角中误差估算值为 ±61.2″；1∶1000 成图区导线边数为 20，测角中误差估算值为

±59.5″。测角中误差均取用为±45″，取用值偏小主要是为导线超长或平均边长更短而留有余地，事实上，在71条人防工程地下导线中，超过300m的有50条占70.4%，平均边长短于25m的有44条占62%。导线超长时的绝对闭合差，1∶500和1∶1000成图区，本来分别不应超过0.26m和0.53m，考虑到人防工程地下导线边短测角量距误差大的不利条件，而分别放宽至0.3m和0.6m。

人防工程地下支导线的长度和测站圆周角闭合差的规定，前已述及地下导线用DJ_6级仪器观测一测回的测角中误差取±45″，对支导线按左、右角各观测一测回的测角中误差为：

$$m''_\beta = \pm \frac{45''}{\sqrt{2}} = \pm 31.8''$$

则测站圆周角闭合差：

$$\Delta_c = 2m''_\beta = \pm 63.6''$$

取用为±60″。考虑到人防通道曲折起伏边短等困难情况，通道未连通的地段只能布设支导线施测，因此只规定了支导线的长度，而不同时规定边数。如果支导线超长，应适当增加测角的测回数，有陀螺经纬仪的单位，也可在支导线2/3处加测陀螺经纬仪方位角，用以提高横向精度。

7.6.6 由于地上、地下温差大，尤其是盛夏与严冬温差最大可达20多度，因此很有必要按地上尺段与地下尺段分别进行温度改正。

7.6.7 由于地下普通建（构）筑工程出入口坡度大，有时甚至需要盘旋回环，地下通道又多曲折起伏，视线短，站数明显增多，因此按山区图根水准测量的精度要求进行地下水准测量是合理的。

7.6.8 由于地上、地下温差大的特殊情况，作出如此规定是为了对测量仪器的防霉、防雾、防锈采取的一种防护措施。

7.6.9 地下人防工程现状测量按相应款说明如下：

1 地道是指平原地区和市区，利用一定深度的自然地层防护，利用斜梯、竖井出入的工事；坑道是指在山地利用山体的自然防护层提高抗力，利用直切的平口深入山体的工事；掘开式工

事是指用掘开地面将工事构筑于地下然后回填的方法施工，且其上部没有较坚固楼房的工事。

2　为满足设计急需的小面积（一两栋楼的范围）人防工程现状测量，即前面提到的示位测量，当拟建楼房距原有楼房很近，且根据原有楼房进行放线时，应测量原有楼房楼角的坐标，并展绘到地形图上以修正楼角的位置。在建筑场地周围地形有变化或有新增地物，应修测补测，精度要求较高的，应测地物点细部坐标，地面上拟建位置处也应补测几个地面高程。无1∶500基本地形图的地区，应地面、地下一起测绘。

5　重叠的与立交的通道采用上实下虚画法，应根据不同情况正确处理。上下部分重叠的两条通道，重叠部分如果上窄下宽，上面通道投影位置尽落在下面通道内，则上下通道边线均画实线；如果上宽下窄，下面通道被上面通道全部遮住了，则上面的画实线，下面的画虚线，下面的一侧边线被遮住，则一侧边线画虚线；如果上下立体交叉，则下面被上面遮住的通道边线应画虚线。

顶面材料可分钢筋混凝土（简称砼）、普通粘土砖（简称砖）、条石或岩石（简称石）、三合土（简称土）。结构可分拱顶（简称拱）、平顶（简称平）。

6　1∶500地下人防工程现状图的样图见图13（样图中有细点部分表示底图上涂了浅颜色，以便能清晰地区分地上和地下建筑物）。

7.6.10　地下建筑的出入口，过街地道多为阶梯（按需要分出行人走的梯级和推自行车的斜坡），个别的建有残疾人无障碍车道（缓斜坡）；地下商场为楼梯、滚梯、电梯与斜坡；地下停车场则为斜坡。地下建筑的出入口可区分情况按图式中地下建筑物的地表出入口、楼梯（加“滚”字即为滚梯）等符号表示。

地下建筑分几层的，可将第一层测量成果展绘在地形二底图上，其他几层的平面图用另外的薄膜绘制，以共有的出入口和方格网为准进行套合。

8 数字化成图

8.1 一般规定

8.1.1 目前，数字化成图的数据来源只有本规范规定的四种，随着科技的发展，数据来源也将会变化。

8.1.2 本条的规定是基于数字化成图的经验总结。用户使用的软件系统不同，成图的工序和内容则有所差别，但主要的工序是一致的。

8.1.3 数字化成图的实质就是解析法测图。每一个实测点，都有相对应的坐标。由此，数字化成果应包括：图及其相应的数据文件、图形文件与拓扑信息，便于对成果的管理，并为用户提供优质、多用途的产品。

8.1.5 对数字化成图难以绘制的符号，如悬崖、假山、坡坎等，可作适当的修改或简化。如沼泽、菜地等面状符号，可以用地类界加汉字注记表示。这样可使图更加清晰，重点突出，方便用户，又可节省工作量，提高工效。

8.1.6 目前，特征代码设计各行其是，从代码位数看，最少是2位数，最多达38位数，这对数字化成图标准化很不利。基于数字化成图的现状与生产实践的经验，规定了代码设计应遵循的原则。

8.1.7 计算机、绘图仪是数字化成图的基本设备。在选配硬件设备时，用户可根据目标、财力来配置硬件。

8.1.8 数字化成图运行的软件环境有两部分，其一是工具软件，包括操作系统、编辑系统。这部分软件是由计算机生产厂家提供的，也是社会上通用的软件系统；其二是测量专业数字化成图应用软件，这部分软件多是测绘人员设计的。

8.2 数据采集

8.2.1 野外测量采集数据是数字化成图主要的数据来源。其内容包括：图根测量、细部测量、地籍和管线等专业测量。

自动化采集系统与半自动化采集系统的主要区别在于：前者是采用全站仪（包括：电子经纬仪、光电测距仪、电子手簿）或电子平板（包括：电子经纬仪、光电测距仪、便携机或袖珍机及其相应软件），它能将水平角、垂直角、距离等观测值自动存贮于电子手簿或便携机、袖珍机，提高工效，降低出错率，但所用设备价格昂贵；而后者是采用光学经纬仪、光电测距仪、记录器，或者是电子经纬仪，但不带自动记录的设备，采集数据时，依靠人工将观测数据键入记录器。因此，它工效较低，出错率也较前者大，但设备价格较便宜，许多用户还配置这种装置。

图根控制测量的方法、技术指标要求与本规范第4章的规定相同。而数字化成图所配置的硬件系统，其精度高于人工测图的硬件配置，故数字化成图的图根点密度可适当放宽。根据细部点测量最大长度的规定，本规范表8.2.1的规定可以满足数据采集的要求。

采集的数据不但用于成地形图，同时用于成地籍图、管线图，故测站设置的精度要兼顾后两项的要求。

各测绘单位所采用的数据采集方法、软件性能不尽相同，故对测站草图绘制的要求也不可能完全一致。草图宜包括如下项目：测区号、测站点号、仪器高、测量日期、觇点号、代码、汉字注记等。

8.2.3 原图数字化采集数据，是数字化成图数据来源之一，主要用于图纸更新、修测，也是航测数字化成图的一个工序。在建立地图数据库时，它是数据录入的重要手段。

当前数字化仪有两类：扫描数字化仪与跟踪数字化仪。扫描数字化仪速度快，将图形信息转化为点阵信息，通过矢量化后形成矢量信息，使用扫描数字化仪进行原图数字化，精度稍低。使

用跟踪数字化仪进行原图数字化，速度稍慢，但精度高。用户可根据具体情况选用合适的作业方式。数字化仪的主要技术指标是指：幅面、分辨率、综合误差、十字丝宽度等。

原图数字化软件系统设计者很多，其功能也不可能完全相同，这里只提出原图数字化软件系统的基本要求。

原图的好坏将直接影响数字化图的精度，对原图资料的要求，取决于用户对成图的精度要求。

原图数字化的工艺流程是：准备工作、图纸定向、数据采集。各单位所使用的仪器与软件系统不尽相同，故采集数据的方法也略有差异。原图数字化采集数据所用的特征代码宜与其它手段采集数据所用的代码一致，使软件系统更具有通用性。

图纸定向的检查主要顾及到三个误差来源：原图的综合误差0.2mm；原图纸的变形误差0.2mm；数字化的综合误差0.1mm，故数字化坐标值与理论值较差限差定为0.3mm。

数字化后图形回放的精度取决于两项：原图数字化的综合误差0.1mm；绘图仪绘图的综合误差0.15mm，故规定图形回放点位中误差不应大于0.2mm。

数据文件是原图数字化阶段性成果，要求用不同手段采集数据所生成的数据文件格式应一致或便于互相转换，就可以为数据处理提供标准的数据文件。

8.2.4 各测绘单位积累了大量的测量资料，如控制网资料、解析法测量的坐标以及通过调查收集的各种有关信息，按规定格式输入计算机，编辑生成数据文件。这种方法常用于地籍测量、管线测量数字化成图，也是地形测量的数据补充。

8.3 数据处理与图形处理

8.3.1 数据处理是数字化成图主要工序之一。其目的是将用不同方法采集的数据进行转换、分类、计算、编辑，为图形处理提供必要的绘图信息数据文件。

8.3.2 数据通讯是将电子手簿中的数据传送到计算机，生成原始

数据文件。数据转是将不同格式的原始数据文件进行转换，使之成为标准格式的数据文件。数据编辑是将所有测点的坐标按其属性进行排列，建立起绘图信息数据文件。

8.3.3 数据处理的成果是数字化成图的阶段性成果。

8.3.6 图形处理软件系统及其功能要求有：

图廓整饰软件。它有标准图廓与非标准图廓（管线图图廓有时是任意多边形组成的）的整饰功能；

绘制线状符号软件。它有余部处理功能，即对两个测点之间的间距不等于图形符号的整数倍所做的调节处理。经过余部处理所绘制的图形，不但符合图式要求，而且美观。在施测曲线时，不可能无限制加密测点，为了能绘制光滑曲线，在编写曲线绘制软件时，应选用合理的数学模式，使软件具有内插、曲线拟合功能，绘制的曲线光滑并满足精度要求；

绘制面状符号软件。应具有直角图形误差调整功能；

绘制等高线软件。数字化成图绘制等高线通常有两种方法，其一是网格法，它适用于小比例尺测图；其二是三角网法，它较适用于大比例尺测图；

绘制独立性地物符号软件。在图形编辑时，宜应用符号菜单绘制；

图幅剪裁软件。数字化成图在数据采集时，并不受图幅的限制，数据文件可大可小，大的数据文件可能包含几幅图的数据，图形处理时，应有图幅剪裁软件，可根据成图的需要，自动剪裁图幅。

8.3.7 图形处理的成果是图形文件。它应便于使用、便于编辑、便于管理，同时，图形文件与数据文件应保持一一对应的关系，以便为建立图形数据库奠定基础。此外，要求图形文件兼容性要好，便于互相转换，各单位的成果可以共享，向标准化、规范化发展。

8.4 地形图绘制和验收

8.4.1 数控绘图仪有两种：平台式绘图仪与滚筒式绘图仪。用户

可根据成图的要求选用适宜的绘图仪。

8.4.2 数字化成图提交的成果有：图、表格资料、数据文件软盘。条件较好的单位，可建立图形数据库，加强对成果的管理。

8.5 地籍测量数字化成图

8.5.1 地籍测量数字化成图是把用各种手段采集的地籍数据输入计算机，经过数据处理、图形处理，生成图、地籍数据集、地籍簿册等文件，在绘图仪、打印机等设备上输出为产品。

8.5.2 软件系统功能的强弱将直接影响成图的质量与工效，本条的规定是根据地籍测量的具体情况而制定的。

8.5.4 界址点、主要地物点间的边长或距离，应采用两点坐标反算，反算距离与实地丈量数据的较差应符合本规范第 7.3.6 条第 4 款的规定。

8.5.7 地籍修测的目的是保证地籍成果（地籍数据集、地籍簿册、地籍图）的现势性与一致性。

8.6 地下管线测量数字化成图

8.6.1 管线大部分埋设在地下，同时管线测量要求精度高，故应采用解析法。地下管线测量数字化成图的数据来源是：野外测量、管线调查以及已有测量资料的收集。

地下管线图有两种：一是沿线路走向的带状图。除了测绘管线诸要素外，还要测绘管线两侧一定宽度内的地物；二是分幅图，通常是测绘小区的管线图，并将管线图套绘在地形图上，成为管线分幅图。

8.6.2 管线的种类很多，在进行数据采集时，除了使用原特征代码外，还应增设管线种类、符号、流向、压力等代码。

8.6.3 管线干线较长，且是沿着道路敷设的，其方向经常改变，为了适应这一特点，其软件系统应具有任意多边形开窗与旋转的功能。

8.6.4 地下管线测量的部分数据是不能直接施测的，需到实地进

行调查，并将调查取得的数据填入管线调查表中。在数字化成图前，应将调查资料输入计算机，生成管线调查数据文件。

8.6.6 管线调查数据文件与管线测量数据文件都是绘制管线图的重要数据，而这两个文件取得的方法是不同的，由此在绘制管线图之前，应将这两个文件进行编辑，生成管线数据文件。

8.6.7 绘制管线图软件系统与地形图软件系统是相互独立的，由这两个软件系统处理后，分别生成管线图形文件与地形图图形文件。如果欲绘制管线带状图或分幅图，应将管线图插入相应的地形图中，最后输出管线带状图或分幅图。

9 城市地图制图

9.1 一般规定

9.1.1 随着城市地图制图的迅速发展和计算机技术的广泛应用，城市地图制图的概念、内容和生产工艺发生了变化。修订后的规范明确了城市地图制图主要是城市基本地形图和城市专题地图的制图，公开发行的城市交通旅游图是一种示意性质的图，数学精度要求不高，故本章规定对于这类图的制图仅供参考。制图手段除了传统的制图工艺以外，增加了计算机制图，本章的标题也因此更名为“城市地图制图”。

9.1.2 将原来的“其他图种”改为“专题地图”，目的是强调专题地图的绘制同样应按本规范有关规定执行。

9.1.3 实测原图是城市地形图的基础，有些城市考虑铅笔实测原图今后需进行修测，故不进行着墨，而只做映绘使用。

9.1.4 地形图通过复照缩小或放大一倍复制成图，只能作为临时的工程图或参考图使用。因缩小一倍后，精度虽有提高，但地物未经过综合取舍，线划、符号和注记字体变细变小，使用起来不很方便。而放大一倍图，图上地物轮廓、符号等和误差均放大一倍，因此只能降级使用。

9.1.5 聚脂薄膜的表面处理，可在球磨机上打毛，进行喷砂打毛和涂布化学涂层三种方法。热处理可在温度均匀的烘箱里热烘和在热蒸汽中加热处理，烘箱温度应控制在80℃左右。

9.1.6 刻图膜片种类较多，使用较普遍的是合成树脂刻图膜和钛白刻图膜。刻图膜应具有膜层均匀而密实，光学密度大，无砂眼和龟裂等；膜层附着力好，与片基结合牢固；刻绘性能良好，膜层硬软适度，刻绘时呈粉末状脱落；膜层色调对刻图人员视力损

伤小等质量要求。

9.2 质量要求

9.2.1 此条长度误差规定与本规范第4.3.3条规定是一致的，保证了绘制地形图图廓的精度。

9.2.3 原规范第7.2.3条和第7.2.4条内容相近，故将其归纳成一条三款。而且原条文中“均应保持其轮廓位置、中心线、中心点的几何精度”中“中心线”、“中心点”的用词也不够准确，根据国家现行地形图图式将其改为“定位线”和“定位点”，使其确切。

9.2.5 编绘底图主要采用照相转绘法，镶嵌拼帖的具体作业方案则有大版拼贴法、蓝图拼贴法和拼晒蓝图法等，本条对拼贴的各项限差作了规定。

9.3 原图着墨、映绘、清绘与刻绘

9.3.1 传统绘图采用的原图着墨、映绘和清绘的作业方法现仍在使用，故旧称沿用不变，其具体含义分别是：在实测原图的铅笔线上着墨的称原图着墨；使用透明材料蒙绘的称映绘；在晒制的蓝图上着墨的称清绘；使用刻图膜刻制的称刻绘。过去个别规范使用“描绘”一词，意义含混，不能固定于一种绘图作业，故不予采用。

9.3.5 因国家地形图图式的变动，本条对于各类地物要素的划分和名称也做了相应的修改。考虑到原规范第7.3.12条与本条内容有重复，因此在增加第13款后删去原第7.3.12条。

9.3.6 原规范规定注记、线划和字位间隔应保持0.2mm，但国家图式规定：“为了保证地图各要素的清晰，各符号间的距离不应小于0.3mm”，为了统一，故本规范均将“0.2mm”改为“0.3mm”，以后同此内容的修改，不再说明。

9.3.7 关于房屋晕线方向的画法，原规范有“或与房屋轮廓线成45°角”的规定，即当房屋轮廓线与南图廓线成45°或接近45°角时，

其晕线方向与房屋轮廓线平行于南图廓线时的晕线方向则成45°或接近45°，偏转方向过大在一幅图中极易引起不协调的感觉。因此，修订后规范改为“晕线方向应适当偏转，偏转角不宜大于15°”。

9.3.9 关于道路网的绘制，在本条第1款中增加了“大车路、乡村路符号，其虚线绘在光辉部，实线绘在暗影部”的内容，这是图式中关于符号绘制方向和配置的一条重要原则。

9.3.11 关于境界线的绘制改动较大，国境线的绘制增加了“各种注记均应注在本国界内，不得压盖国界符号”的规定。原规范第二、三款有些重复，将原第二款改成了现第2款的内容，现第3款也加了一句话“境界线以线状地物为界时，应按……”，这样既明确又不重复。

9.4 地图编绘

9.4.1 修订后的规范比较突出了专题地图的编绘，进一步明确了地图编绘的含义，无论地形图或专题地图的编绘，都必须以实测大比例尺地形图或城市基本地形图为基础。

9.4.5 对于编绘图的作业程序进行了局部的调整和文字上的修改，并增加了检查验收一项。

9.4.6 随着专题地图在城市地图制图中比重的逐渐增大，规范新增了这一条，强调编绘多色专题地图必须制作彩色样图和编写简要的制印说明。

9.5 计算机制图

9.5.1 本条列出的计算机制图工艺，是根据当前我国部分城市测绘单位应用计算机技术已经开展的地图制图的项目。

9.5.2 计算机制图的基本设备，各单位可根据实际情况置备。彩色电子出版系统以及系统中的激光照排机价格较昂贵，可根据经济实力购置。

9.5.4 专题地图计算机制图和地形图计算机制图不同，专题地

图，尤其是大型地图作品或地图集的编绘至今没有现成的图式符号和标准规范作依据，因此事先必须编写好技术方案，明确编图方法和制定编图生产工艺。

9.5.5 编制地理底图是编制专题地图必不可少的一项工作，规范明确了编制地理底图的基本地理要素及其综合取舍的原则。

9.5.6 专题地图的图例符号和颜色宜由作者根据地图的性质和用途自行设计，但对有些已经习惯了的和地形图一致或相似的图例符号和颜色，应尽可能选用。

9.5.7 专题地图大都需要印刷出版，因此在进行计算机制图时就应全面考虑下一步制印的工艺，尤其是实现计算机制图制印一体化后，传统的制印工序已经消失，制图输出的是直接供印刷用的四色挂网软片，更需要考虑制印的一些基本规定，如套合规矩、裁切线、拼接线等都必须在编图时设计好。

10 城市地图制印

10.1 一般规定

10.1.1 近十几年来，有些城市应用了影像图，修订后本规范在第5章中也增加了“正射影像图”的内容，因此在本条城市地图制印图种中，相应增加了“影像图”。条文中“其它图种和图集”包括专题地图、地图集（册）和城市交通旅游图等。

10.1.2 原规范仅阐述了城市建设用图（即地形图）的制印特点，不够全面，因此补充了专题地图和城市交通旅游图的制印特点，以便合理地选用制印方法。近几年，减色和四色印刷工艺在多色地图和叠色较多的图种印刷中得到了应用，因此本条增加了该项新工艺。

10.1.4 此条是新增的内容，在现行国家标准《地图印刷规范》GB/T 14511中早有明确规定，这对于履行地图印刷审批程序、打击盗版现象、规范地图市场是十分必要的。

10.1.5 本条是根据《地图印刷规范》GB/T 14511进行修改、补充的。增加了对线划、注记密度和灰雾度的规定，同时增加了对分色参考图与彩色样图的检查规定。

10.1.6 近几年来，由于制版生产软片化、打孔定位和预涂感光版（PS版）得到广泛应用，因此应以这些新技术和新工艺作业为基础，成图质量应符合规范规定的基本要求。

10.2 复照、拷贝

10.2.1 复照以胶片化取代了玻璃板，从而采用打孔定位法取代了规矩线目测对点法。同时，本节增加了拷贝新工艺，因此本条也相应增加了对拷贝质量要求的规定。

10.2.2　本条对复照的操作方法，因胶片化和打孔定位而增加了有关规定，删去了湿版和干版照相的旧工艺。而对拷贝的操作规定，则是完全新增的。

10.3　晒版

10.3.1　由于制版过程实现了胶片化，因此本节删去了铬胶翻版、平凹版制版等旧工艺，将“晒锌版”改为“晒版”，在晒版质量要求中删去了套晒的精度要求，通过晒版测控条以3%以上的小网点不应丢失，90%以下的网点不应糊版的要求来控制晒版质量。

10.3.2　删去了烤版、晒版的操作条件，增加了晒制PS版的操作方法。

10.4　修版

10.4.1　本条删去了原规范“修涂淡蓝阳版的普染范围线，偏离不得超过0.1mm”的规定。

10.5　打样、胶印

10.5.1　有些单位使用打样机少量印图，为了避免内容重复，因此将打样、胶印合并为一节。

10.6　晒图、静电复印

10.6.1　城市建设用图的制印具有比例尺大、图幅多、高质量低印数、快速复制供图和现势性强等特点，单纯采用平版印刷，是不能满足城市供图要求的，当前城市主要供图手段仍然是采用晒图和静电复印，特别是中小城市测绘单位无平版印刷设备，尽管这两种方法确有不足之处，但短时间内还不会迅速改变。今后在条件具备时，应采用先进的快速复制方法。