

中华人民共和国交通行业标准

公路摄影测量规范

Specifications for highway photogrammetry

JTJ 065—97

主编单位：交通部第二公路勘察设计院

批准部门：中华人民共和国交通部

施行日期：1997年10月1日

关于发布《公路摄影测量规范》的通知

交公路发〔1997〕247号

各省、自治区交通厅,北京、重庆市交通局,上海市市政工程管理
局,天津市市政工程局,部属公路设计、施工、科研、监督、监理单位,
公路院校:

现批准发布《公路摄影测量规范》(编号JTJ 065—97),作为行
业标准,自1997年10月1日起施行。

《公路摄影测量规范》由交通部第二公路勘察设计院主编,由
人民交通出版社出版。希望各单位在实践中注意积累资料,总结经
验,及时将发现的问题和修改意见函告交通部第二公路勘察设
计院,以便修订时参考。

中华人民共和国交通部

一九九七年五月四日

前 言

按照交公路发(1994)1265号、(1995)1150号下达的1994~1995年度工作计划,交通部第二公路勘察设计院承担了《公路摄影测量规范》的编制工作,并成立了《公路摄影测量规范》编制小组。

编制小组在完成编制大纲的基础上,先后对公路勘察行业及相关其他行业的现状进行了调研,广泛收集了有关资料,并对编制工作进行了明确分工。

为确定技术指标,编制小组深入分析、整理了已有成果资料,并结合公路测设行业的特点,进行了充分的试验,技术指标取中等偏上的水平;对经过实践检验行之有效的新技术、新方法,放在优先考虑的地位。本规范在满足公路测设需要的同时,尽可能与国家标准靠齐,注意与其他行业的技术标准相协调。

在编制过程中,充分吸收了各方面专家的意见和建议,使本规范更加完善。

本规范共分七章、十二个附录和一个附加说明。这七章分别是:总则、术语、航空摄影、航测外业、航测内业、地面摄影测量、数字地面模型。本规范编入了GPS测量、数字测图、数字地面模型、光电测距高程导线代替水准测量、遥感影像图等现代测绘新技术内容。

为使本规范更好地适应我国公路建设事业发展的需要,请各单位在实践中注意积累资料,不断总结经验,及时将发现的问题和修改意见函告交通部第二公路勘察设计院(地址:湖北省武汉市鹦鹉大道388号,邮编:430052),以供修订时参考。

主编单位:交通部第二公路勘察设计院

主要起草人:陈楚江 邓 涛 王守彬 王文超 胡爱华 孙焕元

1 总则

1.0.1 为适应公路建设发展的需要,及时、准确地为公路工程勘察设计提供多种的测绘资料,保证其成果、成图的质量,制订本规范。

1.0.2 本规范包括公路航空摄影、航测外业、航测内业、地面摄影测量、数字地面模型五部分内容。

本规范是用摄影测量方法测绘公路工程1:500、1:1000、1:2000、1:5000比例尺地形图、影像图或数字产品作业的依据。

1.0.3 在执行摄影测量工作前,应了解委托方对测绘工作的技术要求,进行现场踏勘,并应搜集、分析、评价和利用已有合格资料,制定经济合理的技术方案,编写技术设计书。工作中,应加强外业、内业的质量检核。工作结束后,做好资料整理并编写技术报告书或说明书。

1.0.4 坐标系统采用1980西安坐标系,高程系统采用1985国家高程基准。当收集上述系统的大地点、水准点有困难时,可采用1954年北京坐标系、1956年黄海高程系。局部重点工程或小测区可采用独立系统;有条件时,应与国家系统联测。

平面控制采用高斯—克吕格投影,按3°分带或任意经度作为中央子午线计算平面直角坐标。投影面可采用1985国家高程基准、测区抵偿高程面或测区平均高程面。投影面的选择应使长度变形值不大于25mm/km。

1.0.5 地形图的分幅应沿公路路线走向自由分幅。图幅采用正方形或矩形,其基本规格为500mm×500mm或500mm×400mm。

图幅编号一律沿公路路线自起点开始顺序编号,序号前应冠以工程名称。

1.0.6 地形类别的划分按表1.0.6规定执行。

表 1.0.6 地形类别划分

地形类别	平原	微丘	重丘	山岭
地面坡度(°)	<2	2~6	6~25	>25
地面高差(m)	<20	20~80	80~200	>200

注:表中数据系指测图范围中的大部分地面坡度或高差而言;地面坡度与高差有矛盾时,以地面坡度为主。

1.0.7 基本等高距根据地形类别和用图需要按表1.0.7选用。

表 1.0.7 基本等高距 (m)

基本等高距 比例尺	地形类别			
	平原	微丘	重丘	山岭
1:500	0.5(1.0)	1.0(0.5)	1.0	1.0
1:1000	0.5(1.0)	1.0	1.0	2.0
1:2000	1.0	1.0	2.0	2.0
1:5000	1.0	2.0	5.0	5.0

注:表中括号内数据依用图需要选用。

当基本等高距不能显示地貌时,应加绘半距等高线。

平原地区根据用图需要可不绘等高线,仅用高程注记点表示。

1.0.8 符号及注记应符合现行的《1:500 1:1000 1:2000地形图图式》、《1:5000 1:10000地形图图式》的规定。

1.0.9 高程注记点宜选在明显地物点或地形点上,依据地形类别及地物点和地形点的多少,其密度为图上0.01m²内10~15个。

1.0.10 地形图精度

地物点相对于最近野外平面控制点或平高控制点的平面位置中误差在图上应小于表 1.0.10-1 的规定。

表 1.0.10-1 地物点平面位置中误差 (mm)

地形类别	平原、微丘	重丘、山岭
地物点平面位置中误差	0.6	0.8

注：困难地区(如林区、阴影覆盖隐蔽区等)可放宽 50%。

等高线相对于最近高程控制点的高程中误差应小于表 1.0.10-2 的规定。

表 1.0.10-2 等高线高程中误差 (m)

地形类别	平原	微丘	重丘	山岭
等高线高程中误差	$\frac{1}{2}H_d$	$\frac{2}{3}H_d$	$\frac{2}{3}H_d$	H_d

注：① H_d 表示基本等高距(m)；

② 困难地区(如林区、阴影覆盖隐蔽区等)可放宽 50%。

高程注记点相对于最近高程控制点高程中误差按表 1.0.10-2 规定的 0.7 倍执行。

1.0.11 摄影测量以中误差作为衡量精度的指标,两倍中误差作为极限误差。

1.0.12 摄影及测绘仪器、设备、工具应定期检校,作业时应处于正常工作状态。

1.0.13 测绘中采用的计算机应用软件应通过有关部门的认可。

2 术语

2.0.1 摄影

2.0.1.1 像幅 picture format

成像面积的大小,一般为像场的内接四边形。

2.0.1.2 航空摄影比例尺 aerial photo scale

摄影仪焦距与摄影航高之比。

2.0.1.3 路线方案走廊 route plan corridor

用于路线方案技术性比选和设计的带状区域。

2.0.1.4 航空摄影带宽 aerial photographic width

覆盖路线方案走廊的摄影宽度。

2.0.1.5 摄影基线 photographic baseline

相邻两摄影中心的距离。

2.0.1.6 摄影航高 photographic flying height

飞机相对于摄区平均基准面的高度。

2.0.2 航测外业

2.0.2.1 立体像对 stereopair

相邻摄影中心摄取的具有一定重叠影像的一对像片。

2.0.2.2 明显地物点 outstanding point

地面上能准确定位且在像片上可准确判读的人工或自然点。

2.0.2.3 野外像片控制点 field photo control point

满足像片条件在实地测量的平面或高程控制点,是内业加密和测图的依据。它分为平面控制点、高程控制点、平高控制点三种,平面控制点仅测定其平面坐标;高程控制点仅测定其高程;平高控制点必须测定其平面坐标及高程。

2.0.2.4 像片调绘 photograph annotation

持像片至现场或在室内参照野外典型调查所获得的样片和各种资料,与影像比较对照,将在地图上需要表示的地貌和地物要素描绘和注记在像片上。

2.0.3 航测内业

2.0.3.1 定向点 orientation point

用于定向的标志点或明显的地物点。

2.0.3.2 影像图 image map

航空摄影像片或航空航天遥感影像经纠正后的产品。

2.0.3.3 解析空中三角测量 analyticalaerotriangulation

利用像点、摄站点、物点成像的几何关系解析计算像片方位元素、物点坐标的摄影测量理论和方法。

2.0.3.4 机助测图 computer-aided mapping

利用计算机及外围设备和相应软件,进行地图信息的采集、存贮、处理、管理、显示、绘图和制版的技术与方法。

2.0.3.5 数字测图 digital mapping

实现数字地图的设计、生产、管理与应用的技术与方法。

2.0.4 数字地面模型

2.0.4.1 数字地面模型 (DTM) digital terrestrial model

地形表面形态等多种信息的数字表示。

2.0.4.2 数据采集 data collection

将空间位置信息和属性信息转换为数字信息的过程。

2.0.4.3 内插 interpolation

根据一系列数据点上的某些信息来求出位于这些点范围内的其他点信息。

3 航空摄影

3.1 一般规定

3.1.1 航摄仪

3.1.1.1 公路航空摄影应尽量选用性能先进的航摄仪。结合摄区的地形情况和成图精度要求,合理选择镜头焦距。

3.1.1.2 航摄仪的基本性能要求

(1) 像幅:230 mm×230 mm。

(2) 焦距:特宽角 $f_k=(87.5\pm 3.5)$ mm;

宽 角 $f_k=(152.0\pm 3)$ mm;

中 角 $f_k=(210.0\pm 5)$ mm;

常 角 $f_k=(305.0\pm 3)$ mm。

(3) 物镜镜头分解力:中心部分不低于50 Lp/mm(每毫米50线对);边缘不低于20 Lp/mm(每毫米20线对)。

(4) 物镜径向畸变差在像片有效使用范围内大部分应小于0.015 mm,局部最大可为0.02 mm;特宽角物镜最大畸变差可为0.03 mm。

(5) 各色滤色镜齐全;暗盒压平质量良好。

3.1.2 摄影材料和复制摄影材料

3.1.2.1 航摄软片

(1) 公路航空摄影宜选用黑白全色软片;当有特殊要求时,可选用彩色或彩红外软片。

(2) 航摄软片的基本性能要求:

① 软片的乳剂分解力应不低于 85 Lp/mm(每毫米 85 线对)。

② 软片的不均匀变形率应小于 3/10 000。

③ 片基厚度不小于 0.1 mm(涤纶)或 0.13 mm(三醋酸)。

④ 外观平整光滑,无裂口,无毛刺。

3.1.2.2 印像纸和复制摄影材料

(1) 航摄底片的反差是选择复制摄影材料的依据,反差大的底片应选择软性或中性复制材料;反之应选择硬性复制材料。

(2) 印像纸的不均匀变形率应小于 3/1 000。

(3) 其他复制摄影材料的不均匀变形率应小于 1.5/10 000。

3.1.3 航摄比例尺

3.1.3.1 航摄比例尺的选择应以公路各测设阶段所用地形图的比例尺及相应精度要求为依据,结合摄区的地形条件、成图方法及所用仪器的性能诸因素综合考虑。

3.1.3.2 航摄比例尺分母与成图比例尺分母之比,以 4~6 为宜。特大工程、病害路段以及有特殊要求的工程,应根据摄区的地形条件,合理选择航摄比例尺。

3.2 航摄质量

3.2.1 飞行质量

3.2.1.1 像片重叠度

(1) 同一航带的航向重叠宜为 60%~65%,个别最大可为 75%,最小可为 56%。

(2) 相邻航带的旁向重叠宜为 30%~35%,最小可为 15%。

3.2.1.2 像片倾角应小于 2°,个别最大可为 4°。

3.2.1.3 旋偏角

(1) 航摄比例尺小于或等于 1:8 000,旋偏角应小于 6°,最大可为 8°。

(2) 航摄比例尺大于 1:8 000 且小于 1:4 000,旋偏角应小于 8°,最大可为 10°。

(3) 航摄比例尺大于或等于 1:4 000,旋偏角应小于 10°,最大可为 12°。

(4) 同一摄影分区内,达到或接近最大旋偏角的像片不得连续超过三片。

3.2.1.4 航高差

(1) 同一航带上相邻像片的航高差应小于 20 m。

(2) 同一航带上最大航高与最小航高之差应小于 30 m。

3.2.1.5 航线的弯曲度应小于 3%。

3.2.1.6 分区的摄影覆盖范围

(1) 沿路线走廊的纵向覆盖,航带两端应各超出分区范围一条基线以上。

(2) 路线走廊的横向覆盖,应尽可能满足设计要求,航迹线偏移应小于像幅的 10%。

3.2.1.7 关于漏洞补摄的规定

(1) 漏洞的补摄宜采用与原摄影时同类型的航摄仪及时补摄。

(2) 补摄应按原设计要求进行。

(3) 依补摄范围进行摄影覆盖,纵向覆盖超出漏洞外一条基线以上。

3.2.2 摄影质量

3.2.2.1 对航摄季节和航摄时间的要求

宜根据路线所经地域的地理纬度、气候条件以及太阳高度角及其对地形、地物照射产生的阴影倍数选择最佳的航摄季节和时间,以保证摄影质量。平原微丘区,太阳高度角应大于 20°,阴影应小于 3 倍;重丘山岭区,太阳高度角应大于 45°,阴影应小于 1 倍;地形高差特大或陡峭的山区,航摄时间应控制在地方时正午前后 1 h 之内。

3.2.2.2 底片密度

(1) 底片的灰雾密度应小于0.2。

(2) 底片最大密度应在1.4~1.8之间,极个别的可为2.0;底片最小密度至少应比灰雾密度大0.2。

(3) 底片的密度差宜为1.0左右;最大密度差应小于1.4,最小密度差应大于0.6。

3.2.2.3 因飞机地速产生的最大像点位移在底片上应小于0.06 mm。其值按式(3.2.2)计算。

$$\delta = T \frac{v}{m} \times 10^3 \quad (3.2.2)$$

式中: δ ——像点位移量,mm;

T ——曝光时间,s;

v ——飞机地速,m/s;

m ——最高地形点的航摄比例尺分母。

3.2.3 表观质量

3.2.3.1 底片上的框标及其他各类注记标志应清晰、齐全、完整。

3.2.3.2 底片上不应有云、云影、划痕、斑痕、折伤、脱胶等缺陷;当发现有上述缺陷且对成图有影响时,应予以补摄。

3.2.3.3 航摄像片索引图、透明正片、像片等航摄复制品,应影像清晰,不得有划痕、斑痕、折裂、脱胶等缺陷。

3.3 航带设计

3.3.1 公路航摄的特点

公路航空摄影是以路线走向为导向,连续布设若干个首尾相接的航摄分区覆盖全部路线方案走廊的带状摄影。各航摄分区的设置宜首选单航带摄影;当路线弯曲过大或遇到需要加大摄影宽度的地段(如大桥、特大桥、大型互通式立交、多方案密集分布等)时,可布设多航带摄影。

3.3.2 航带设计用图及资料

3.3.2.1 航带设计用图宜采用1:50 000地形图;当航摄比例尺大于1:6 000或小面积块状摄影时宜采用1:25 000或1:10 000地形图。

3.3.2.2 航带设计应以公路规划任务书、公路工程可行性研究报告、公路勘测任务书等技术文件为依据。

3.3.3 航摄范围

3.3.3.1 依据有关技术资料在航带设计用图上标注出路线方案线(含各比较方案线)或方案走廊带范围及有特殊要求的航摄区域范围。

3.3.3.2 公路路线的航摄范围以路线方案线(含各比较方案线)控制,两侧各超出方案线的距离应大于500 m;当给出路线方案走廊带范围时,两侧各超出走廊带范围线的距离应大于300 m。

3.3.3.3 路线起、终点处,航摄范围应沿纵向各向外延伸2~3条摄影基线。

3.3.3.4 大桥、特大桥的航摄范围

(1) 测绘桥址总平面图时,上游长度为洪水泛滥宽度的2倍,下游为1倍,顺桥轴方向为历史最高洪水位以上2 m~5 m或洪水泛滥线以外50 m。对分汊河流、宽滩河流、冲积漫流和泥石流地区可视实际情况决定。

(2) 测绘桥址地形图时,上游长度为桥长的2倍,下游为1倍,顺桥轴方向为历史最高洪水位以上2 m或洪水泛滥线以外50 m。对分汊河流、宽滩河流、冲积漫流和泥石流地区可视设计需要决定。

3.3.3.5 大型互通式立交及服务区、管理区等,航摄范围应超出其区域范围每边500 m以上。

3.3.3.6 短于1 000 m的隧道视同路线方案走廊处理;1 000 m以上隧道的航摄范围以隧道方案线控制,两侧各超出方案线的距离应大于700 m。

3.3.4 航摄分区的划分与组合

3.3.4.1 航摄分区的划分应以路线方案的平面线形变化和纵断面地形高差变化为依据确定。

3.3.4.2 在满足航摄范围要求的基础上,优先选用单航带形式布设航摄分区。

3.3.4.3 航摄分区内的地形高差不得超过如下规定:

(1) 当航摄比例尺小于1:8 000时,应小于1/4摄影航高。

(2) 当航摄比例尺大于或等于1:8 000时,应小于1/6摄影航高。

3.3.4.4 航摄分区接头的部分不应产生绝对漏洞或相对漏洞,其重叠部分至少具有两条以上摄影基线。在地形困难地区,分区的结合部宜设置在地形较好地段,以利于像片连测时作业。

3.3.4.5 航摄分区的长度不应短于6.0 km并宜布设为规则矩形。

3.3.4.6 不同航带数在设计用图上的总宽度采用式(3.3.4)计算。

$$d_j = l \frac{m}{M} [1 + (j-1)(1-q_s)] \times 10^{-3} \quad (j=1,2,\dots) \quad (3.3.4)$$

式中: d_j —— j 条航带在设计用图上总的覆盖宽度, m;

l ——像幅尺寸, mm;

m ——航摄比例尺分母;

M ——设计用图比例尺分母;

j ——航带数;

q_s ——相对于平均基准面上的旁向重叠度, %。

3.3.5 航带设计成果资料的统计与计算

3.3.5.1 统计各航摄分区的图上宽度、图上长度以及航带数。

3.3.5.2 计算每个航摄分区的摄影面积及整个摄区的摄影总面积:

(1) 每个航摄分区的摄影面积按式(3.3.5-1)计算。

$$A_i = S_{xi} S_{yi} M^2 \times 10^{-6} \quad (3.3.5-1)$$

式中: A_i ——第 i 个分区的摄影面积, km²;

S_{xi} ——第 i 个分区的图上长度, m;

S_{yi} ——第 i 个分区的图上宽度, m。

当多航带分区中航带长不等时,应依不同航带数分段计算再取和。

(2) 计算整个摄区的摄影总面积。

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \quad (3.3.5-2)$$

式中: A ——整个摄区的摄影总面积, km²;

n ——摄影分区总数。

3.3.5.3 计算每个航摄分区的基本像片数及整个摄区的基本像片总数。

(1) 各分区的航摄基线长按式(3.3.5-3)计算。

$$B_{xi} = ml(1-q_n) \times 10^{-3} \quad (3.3.5-3)$$

式中: B_{xi} ——第 i 个分区航摄基线长, m;

q_n ——第 i 个分区的航向重叠度, %。

(2) 各分区的基本像片数按式(3.3.5-4)计算。

$$C_i = \sum_{j=1}^{j_i} \left(\frac{S_{xj} M}{B_i} + 3 \right) \quad (3.3.5-4)$$

式中: C_i ——第 i 个分区航摄基本像片数;

S_{xj} ——第 i 个分区第 j 条航带的图上长度, m;

j_i ——第 i 个分区的航带数;

$\left(\frac{S_{ij}M}{B_i}+3\right)$ ——表示以航带为单位,向上取整。

(3) 计算整个摄区的基本像片总数。

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (3.3.5-5)$$

式中: C ——整个摄区的基本像片总数。

3.3.6 航带设计应提交的成果资料

3.3.6.1 航带设计成果资料是编制航摄计划书、签订航摄合同和向有关单位报送航摄申请的必备文件。

3.3.6.2 航带设计成果资料包括以下内容:

(1) 公路路线方案地理位置图。图中以经纬度标注出航摄空域范围。

(2) 航带设计略图。图中以适当比例尺绘制摄区1:50 000(或1:25 000、1:10 000)地形图图幅结合图,注明图号,在结合图中概略标出各航摄分区范围并标注分区号。

(3) 航带设计采用的航摄比例尺、设计用图比例尺、航摄仪像幅尺寸、航片的航向及旁向重叠度等基本参数。

(4) 航带设计的路线名称、路线总长、航摄分区数,各航摄分区的航带数及航带长、航摄面积和基本像片数,整个摄区的航带总数及航带总长、航摄总面积和基本像片总数。

3.4 航摄单位应提交的成果资料

3.4.1 航摄单位应按航摄合同中规定的种类、数量向用户单位提交航摄成果资料。成果中有质量指标的,应符合本规范相关条款的规定。

3.4.2 航摄单位应提交的成果资料包括以下内容:

1. 航摄实施情况报告书。
2. 航摄仪检定数据。
3. 航摄成果的移交清单及质量状况记录。
4. 航摄底片。
5. 航摄像片索引图。
6. 航摄像片。

4 航测外业

4.1 一般规定

4.1.1 像控点布设

4.1.1.1 像控点宜布设在航向三片重叠范围内和旁向重叠中线附近,使布设的控制点能尽量公用。分别布点时,控制范围在像片上所裂开的垂直距离不应大于10 mm;当条件受限制时不应大于20 mm。

4.1.1.2 像控点距像片边缘应大于15 mm,离方位线的距离应大于45 mm。

4.1.1.3 位于自由边的像控点连线应能控制住测图范围。

4.1.2 基础控制测量

4.1.2.1 平面控制测量四等以下各等级的最弱点相对于起算点点位中误差应根据测图比例尺的大小来确定:1:500地形图不超过0.05 m;1:1 000、1:2 000、1:5 000地形图不超过0.10 m。

4.1.2.2 高程控制测量可采用水准测量和光电测距高程导线测量方法。四等高程控制的最弱点相对于起算点的高程中误差不大于0.04 m。

4.1.2.3 控制测量应根据仪器设备、测区情况和具体要求,布设5"级小三角点、导线点、GPS点和四等水准点、五等水准点作为像片控制测量的基础。在满足公路带状航测成图要求的前提下,其密度尽量兼顾公路测设的需要。

4.1.3 像片控制测量

平面控制点和平面控制点对最近基础控制点的平面位置中误差不应超过地物点平面位置中误差的1/5。

高程控制点和平高控制点对最近基础控制点的高程中误差不应超过基本等高距的1/10。

4.1.4 像片调绘

4.1.4.1 调绘必须判读准确,描绘清楚,图式符号运用正确。

4.1.4.2 调绘片宜采用放大片进行,放大倍数宜为航摄比例尺的2~3倍。

4.1.4.3 地物、地貌的综合取舍以满足公路勘测设计的需要为前提,以既适应图面允许荷载量又保持实地特征为原则。

4.1.4.4 像片调绘可采取先野外判读调查,后室内清绘;也可采取先室内判读、清绘,后野外检核和调查,再室内修改和补充清绘的方法。对像片上各种明显的、依比例尺表示的地物,可只作性质、数量说明,其位置、形状以内业测图为准。

4.2 像控点的布设

4.2.1 全野外布点

4.2.1.1 像片平面图的全野外布点

每张隔号像片测绘范围内布设四个平高点,如图4.2.1-1所示。

4.2.1.2 立体成图的全野外布点

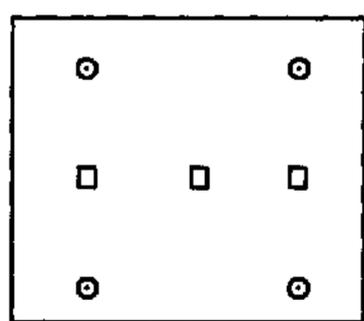
立体成图时,每个立体像对测绘范围内应布设四个平高点。当航摄比例尺小于4倍成图比例尺时,为内业测图的需要,应适当增加图幅定向点或在像主点附近增设一个平高控制点,如图4.2.1-2所示。当平面控制点由内业加密得出时,图4.2.1-2中的平高控制点改为高程控制点。

4.2.1.3 点位要求

点位在像片的位置除满足一般规定外,还必须满足下列要求:

(1) 点位偏离通过像主点且垂直于方位线的直线的距离不大于10 mm;困难时个别点位可不大于15 mm。

(2) 对于控制线路方案的重点工程地段,如越岭隧道、垭口、高架桥、大中桥、互通式立交及重大不良地质地段等,可按专业需要增测像控点。



⊙——平高点 □——像主点

图4.2.1-1 像片平面图的全野外布点

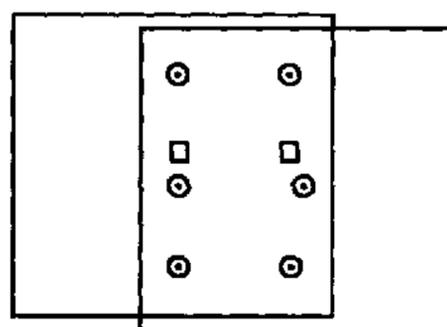


图4.2.1-2 立体成图的全野外布点

4.2.2 单航带布点

4.2.2.1 单航带布点采用按航带每一分段六点法进行,如图4.2.2所示。当加密设备或程序有特殊要求时,应加设野外平高控制点。

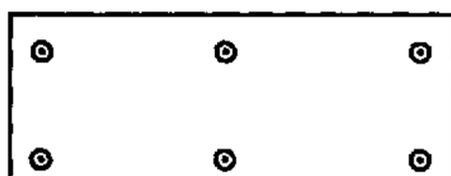


图4.2.2 单航带六点法布点

4.2.2.2 航带首末端点间的间隔基线数参照附录C执行。两端的上下两点宜选在通过像主点且垂直于方位线的直线上,相互偏离不应超过1/2条基线;中央一对点宜选在两端控制点的中间,左右偏离不应超过一条基线,并避免上下两点同时往一侧偏离。

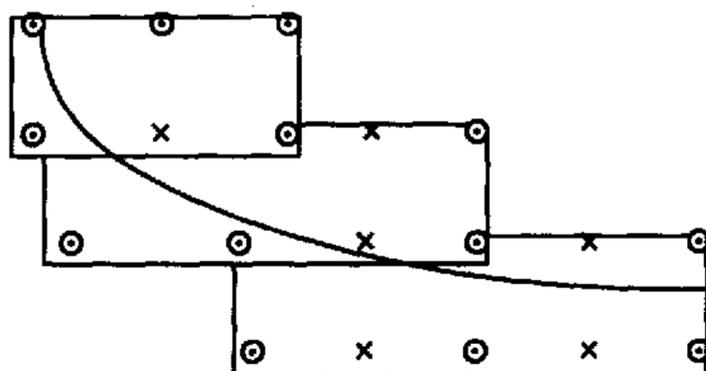
4.2.3 航带区域网布点

4.2.3.1 当航带数为两条以上时,宜采用航带区域网布点。不论平面网或平高网,其航带跨度应符合表4.2.3的规定。控制点间基线数与单航带相同,并应保证区域四周至少有6~9个平高点。

4.2.3.2 当受路线比较方案、互通位置等影响时,可采用不规则区域网布点。凸出处应布设平高点;当凹角点与凸角点之间距离超过两条基线时,在凹角处也应布设平高点,如图4.2.3所示。

表 4.2.3 航带区域网允许的最大航带跨度

比 例 尺	1 : 500	1 : 1 000	1 : 2 000	1 : 5 000
航带数(条)	4~5	4~5	5~6	5~6



x —— 高程控制点 ——— 公路路线

图 4.2.3 不规则区域网布点

4.2.4 特殊情况的布点

4.2.4.1 航摄分区接合处像控点应布设在航带重叠接合处,尽量使其公用。如不能满足公用要求,则应分别布点。

4.2.4.2 当遇到像主点、标准点位落水,但落水范围的大小和位置不影响立体模型连接时,可视为正常航带布点;否则落水像对应进行全野外布点。

4.2.4.3 海湾、岛屿、湖泊地区宜按全野外法布点,控制点位以能最大限度控制测绘面积为原则。

4.3 基础控制测量

4.3.1 选点与埋石

4.3.1.1 各等级基础平高控制点位置的选定应根据路线方案走向和航摄像片连测的需要进行综合考虑,点位宜按路线起点至终点方向顺序编号。

4.3.1.2 控制点位置的选定与埋石应符合下列要求:

- (1) 平面控制点点位宜沿路线布设,距路线中心线距离宜在50 m~300 m范围内。
- (2) 测站、测线应避开高压线等强磁场以及散热塔、散热池、烟囱等发热体的干扰。
- (3) 相邻点之间通视良好,观测视线超越或旁离障碍物应在1.5 m以上。
- (4) 控制点应便于发展和寻找。
- (5) 点位标石应能较长期保存并埋设在土质坚实或稳固的建筑物上。

4.3.1.3 各等级基础控制点标石的规格及埋设应遵照附录D的要求执行;距路线中心线300 m以外的基础控制点可按附录D中的临时控制点测量标志的要求埋设。

4.3.2 平面控制测量

4.3.2.1 GPS 测量

- (1) GPS 测量的主要技术要求应符合表4.3.2-1的规定。

表 4.3.2-1 GPS 测量主要技术要求

等级	卫星数	边长(km)	接收机标称精度	卫星高度角(°)	PDOP	最弱点相对点位中误差(m)	最弱边相对中误差
四等	≥4	0.5~8	10 mm+3 ppm	15	≤8	0.05	1/40 000
一级	≥4	0.3~6	10 mm+5 ppm	15	≤8	0.10	1/20 000

(2) GPS 网应根据航测像控点测量和公路勘测的要求、测区中大地点的分布、作业时卫星状况、预期达到的精度、成果的可靠性以及效率综合考虑,按照优化的原则组织实施和布设。

(3) GPS 网可按静态定位和快速静态定位模式观测,可采用附和线路形式以及菱状网、鱼状网、大地四边形等形式,观测时间应根据仪器精度、星历质量及基线边的长度等条件来综合考虑。

(4) GPS 网应与附近高等级控制点联测以便作约束平差,联测点的总数不得少于 3 个。

(5) GPS 观测记录可参照附录 F 的要求执行。

4.3.2.2 光电测距导线测量

(1) 光电测距导线测量的主要技术要求应符合表 4.3.2-2 的规定。

表 4.3.2-2 光电测距导线测量的主要技术要求

等级	附和导线长度(km)	边长(km)	测角中误差(")	每边测距中误差(mm)	导线全长相对中误差	水平角测回数			方位角闭合差(")
						DJ ₁	DJ ₂	DJ ₃	
四等	20	1~2	±2.5	±18	1/35 000	4	6	—	±5√n
一级	10	0.3~1	±5.0	±15	1/14 000	—	2	4	±10√n
二级	6	0.3~1	±8.0	±15	1/10 000	—	1	2	±16√n

注: n 为测站数。

(2) 光电测距导线应尽量布设成直伸形状,相邻边长比不宜超过 1:3。附和导线长度超过表 4.3.2-2 的要求时可布设成结点网形,结合与结点间、结点与高级点间的导线长度不应超过表 4.3.2-2 规定长度的 0.7 倍。

4.3.2.3 水平角观测

(1) 水平角观测宜采用全圆方向观测法,方向数多于 3 个时需归零;多于 7 个时需分组,每组方向数应尽量相等,并采用同一起始方向。观测各测回应均匀地分配在度盘和测微器的不同位置上。

(2) 水平角观测限差的要求应符合表 4.3.2-3 的规定。

表 4.3.2-3 方向观测法的各项限差

经纬仪型号	光学测微器两次读数差(")	半测回归零差(")	一测回内 2C 互差(")	同一方向值各测回互差(")
DJ ₁	1	6	9	6
DJ ₂	3	8	13	9
DJ ₃	—	18	—	24

注:当照准方向的垂直角超过 ±3° 时,该方向的 2C 互差可按同一观测时间段内相邻测回进行比较。

(3) 观测中 2C 互差或测回差超限应采用同一零方向重测超限方向;归零差、起始方向 2C 互差超限或测回中重测方向数超过总方向数的 1/3 时应重测整个测回;当重测测回数超过总测回数的 1/3 时应重测该站。

(4) 因测点圆周角闭合差、方位角闭合差、基线条件和方位角条件不能满足要求时,应进行认真分析,择取有关测站整站重测。

4.3.2.4 边长测量及其改化

(1) 边长测量

① 边长测量应采用相应精度的光电测距仪完成。光电测距仪的精度按每公里测距中误差划分为三级,如表 4.3.2-4 所列。

表 4.3.2-4 测距仪精度等级

每公里测距中误差 M_D (mm)	测距仪精度等级
$M_D \leq 5$	I
$5 < M_D \leq 10$	II
$10 < M_D \leq 20$	III

② 每次作业前应根据实际需要和仪器情况对其主要项目进行检验。

③ 测距应在大气稳定和成像清晰条件下完成,雨、雪、大风天气不宜作业;观测时不宜与太阳呈小角度观测,严禁将测距头对准太阳。

④ 测距边每测回读数 4 次,各次读数较差应小于 10 mm,单程测回间较差应小于 15 mm;归化同一起算面上边长往返观测较差不得大于 $2M_D$ 。

⑤ 测线气象观测时,温度读至 0.5 C,气压读至 100 Pa。

(2) 边长改化

① 测距边经气象、加常数和乘常数等项改正后,测距仪与反光镜在平均高程面上的水平距离按式(4.3.2-1)计算。

$$D_p = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (4.3.2-1)$$

式中: D_p ——测距边在两端点平均高程面上的投影长度, m;

S ——经各项改正后的斜距, m;

h ——仪器与反光镜之间的高差, m。

② 利用垂直角和斜距计算水平距离

$$D_p = S \cos \alpha \quad (4.3.2-2)$$

式中: α ——经地球曲率和大气折光改正后的垂直角。

(3) 边长归算改化

水平距离可根据工程需要进行归算和投影改化。

① 归算至测区平均高程面上的长度

$$D = D_p \left(1 - \frac{H_m - H_p}{R_A + H_p} \right) \quad (4.3.2-3)$$

式中: D ——测距边在测区平均高程面上的长度, m;

H_m ——测距边两端的平均高程, m;

H_p ——测区平均高程, m;

R_A ——测距边参考椭球面法截弧的曲率半径, m。

② 归算至参考椭球面上的长度

$$D_1 = D_p \left(1 - \frac{H_m + h_m}{R_A + h_m + H_m} \right) \quad (4.3.2-4)$$

式中: D_1 ——测距边归算至参考椭球面上的长度, m;

h_m ——测距边所在地区大地水准面相对参考椭球面的高度, m。

③ 改化至高斯投影面上的长度

$$D_2 = D_1 \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \quad (4.3.2-5)$$

式中: y_m ——测距边两端点近似横坐标的平均值, m;

R_m ——参考椭球面在测距边中点的平均曲率半径,m。

4.3.3 高程控制测量

4.3.3.1 水准测量

(1) 水准测量的精度及标志埋设的密度除能满足像片高程控制测量外,还应兼顾路线及其构筑物的高程控制。

(2) 各等级水准测量的观测应符合表 4.3.3-1 的规定。

表 4.3.3-1 各等级水准测量的观测要求

等级	附和长度(km)		最大视线长度(m)	前后视距较差(m)	前后视累计差(m)	视线高度(m)	红黑面读数差(mm)	红黑面高差较差(mm)	检测差(mm)
四等	30		100	3	10	0.3	3	5	5
五等	平原、微丘	12	100	—	—	0.2	—	—	6
	重丘、山岭	20							

注: 结点路线长度不得超过附和路线长度的 0.7 倍。

(3) 各等级水准测量主要技术指标应符合表 4.3.3-2 的规定。

表 4.3.3-2 水准测量主要精度要求

(mm)

等级	往返测较差	平原微丘闭合差	重丘山岭闭合差	M_{Δ}	M_w
四等	$\pm 20 \sqrt{L}$	$\pm 20 \sqrt{L}$	$\pm 25 \sqrt{L}$	± 6.0	± 10
五等	$\pm 30 \sqrt{L}$	$\pm 30 \sqrt{L}$	$\pm 45 \sqrt{L}$	± 7.5	± 15

注: L ——水准路线的长度,以 km 计;

M_{Δ} ——每公里水准测量偶然中误差;

M_w ——每公里水准测量全中误差。

(4) 水准测量作业结束后,每条水准路线应按测段往、返高差的不符值计算 M_{Δ} 。当水准网环数超过 20 个时,还应按环线闭合差计算 M_w 。当 M_{Δ} 和 M_w 不符合表 4.3.3-2 规定时,应对较大闭合差的路线进行重测。

M_{Δ} 和 M_w 按式(4.3.3-1)、(4.3.3-2)计算。

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{R} \right]} \quad (4.3.3-1)$$

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{F} \right]} \quad (4.3.3-2)$$

式中: Δ ——测段往返高差的不符值,mm;

R ——测段长度,km;

n ——测段数;

W ——水准路线经正常位水准面不平行性等各项改正后的环线闭合差,mm;

N ——水准环数;

F ——水准环线周长,km。

(5) 水准测量支线应进行往返测或单程双转点法观测,各测段测站数应为偶数。

4.3.3.2 光电测距高程导线测量

(1) 在水准测量确有困难的山岳地带、沼泽、水网发达地区及植被覆盖异常茂密地区,四等水准和五等水准可用光电测距高程导线测量。

(2) 高程导线视线长度宜小于700 m,最长不超过1 000 m;视线垂直角不宜超过15°;视线高度和离开障碍物的距离应大于1.5 m。

(3) 光电测距高程导线可采用每点设站对向观测和隔点设站单程双观测。隔点设站单程双测时,前后视线长度之差不得超过100 m。

(4) 斜距和垂直角的往返观测应在成像清晰、信号稳定时进行。斜距观测两测回(每测回照准一次,读数四数),各次读数互差和测回中数之间的互差为10 mm 和15 mm。每站量取气温、气压值,读数应符合本规范第4.3.2条的有关规定。

(5) 仪器高、觇标高应在测前测后各量一次,读至毫米,两次测量互差不得超过2 mm。

(6) 光电测距高程导线测量的主要技术要求应符合表4.3.3-3的规定。

表 4.3.3-3 光电测距高程导线测量的技术要求 (mm)

等级	观测方法	两测站对向观测高差不符值	两照准点间两次观测高差不符值	附和路线或环线闭合差		检测已测测段高差的差
				平原微丘	重丘山岭	
四等	每点设站	$\pm 45 \sqrt{D}$	—	$\pm 20 \sqrt{L}$	$\pm 25 \sqrt{L}$	$\pm 30 \sqrt{L}$
	隔点设站	—	$\pm 14 \sqrt{D}$			
五等	每点设站	$\pm 60 \sqrt{D}$	—	$\pm 30 \sqrt{L}$	$\pm 45 \sqrt{L}$	
	隔点设站	—	$\pm 20 \sqrt{D}$			

注:表中D为测站间或照准点间观测的水平距离;L为高程导线长度,均以km为单位。

(7) 光电测距高程导线垂直角观测的技术要求应符合表4.3.3-4的要求。

表 4.3.3-4 垂直角观测的技术要求

等级	仪器类型	中丝法测回数	各测回垂直角较差(″)	指标差互差(″)
四等	J ₂	4	±5	±5
五等	J ₂	2	±7.5	±7.5
	J ₆	4	±15	±15

4.3.3.3 三角高程路线测量

(1) 在山岭重丘区可采用三角高程测量方法来确定控制点的高程,三角高程路线的起闭点应为不低于五等水准联测的高程点。

(2) 三角高程路线测量的技术要求应符合表4.3.3-5的规定。

表 4.3.3-5 三角高程路线测量技术要求

平均边长(km)	高程路线长度(km)	路线全长高程闭合差(m)	往返测高差较差(m)	垂直角测回数(中丝法)		各测回垂直角较差及同一测站指标差较差(″)	
				DJ ₂	DJ ₆	DJ ₂	DJ ₆
0.5~1.0	30	$0.05 \sqrt{[SS]}$	0.1S	DJ ₂	DJ ₆	DJ ₂	DJ ₆
				2	4	15	24

注:S为边长,以km计,小于1 km按1 km计。

4.4 像片控制测量

4.4.1 像片控制点的选刺

4.4.1.1 像片平面控制点应选在明显地物点上,实地判点精度为图上0.1 mm。在地物稀少地区,点位目标也可选在线状地物的端点或点状地物的中心;弧形及不固定的地物不得作为刺点目标。刺点误差和

刺孔直径不得大于0.1 mm,且应刺透,不得有双孔。

4.4.1.2 像片高程控制点的点位目标应选刺在高程变化较小的地方,以线状地物交点和平山头为宜,不应选在狭沟、尖山头或高程变化急剧的斜坡上。当点位刺在高于地面的地物顶部时,应量注顶部与地面的比高。

4.4.1.3 像片平高控制点的点位目标应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求。

4.4.2 像片控制点的整饰

4.4.2.1 像控点选定后应统一编号,同一测区不得重号。

4.4.2.2 刺有像控点的刺点片在像片正面做直径为7 mm的圆圈整饰,并注记点名。

4.4.2.3 像片反面用铅笔在现场详细绘制点位略图,注上点名或点号,简要说明刺点位置和比高、刺点者、检查者或对刺者及刺点日期。文字说明中指示方位时,宜用上下左右。

4.4.2.4 控制像片仅整饰刺点片。航带间公用的点只在相邻航带的主片上转标,并注上点号和说明刺在哪一片上。当借用相邻测区的像片控制点时,必须转刺并按前述规定格式整饰。

4.4.3 像片控制点的平面测量宜采用导线、交会法、GPS测量等方法。

4.4.3.1 光电测距导线测量

(1) 光电测距附和导线和支导线的技术要求应符合表4.4.3-1的规定。

表 4.4.3-1 光电测距附和导线和支导线的技术要求

导线类别	导线全长 (图上 mm)		水平角测回数		方位角 闭合差(")	导线闭合差 (图上 mm)	距离往返测 较差(mm)
			DJ ₂	DJ ₆			
附和导线	平原微丘	3 500	1	2	$\pm 24 \sqrt{n}$	0.5	—
	重丘山岭	4 500	1	2	$\pm 24 \sqrt{n}$	0.7	—
支导线	900		1	2	—	—	3(A+BD)

注: n——转折角个数;

A——测距仪标称精度中的固定误差,mm;

B——测距仪标称精度中的比例误差,mm/km;

D——测距边的长度,km。

(2) 钢尺量距附和导线和支导线的技术要求应符合表4.4.3-2的规定。

表 4.4.3-2 钢尺量距附和导线和支导线的技术要求

导线类别	导线全长 (图上 mm)		水平角测回数		方位角 闭合差(")	导线闭合差 (图上 mm)	两次量距较差
			DJ ₂	DJ ₆			
附和导线	1 500		1	2	$\pm 30 \sqrt{n}$	0.5	1/2 000
支导线	400		1	2	—	—	1/2 000

(3) 支导线不得超过三条导线边,水平角宜观测左、右角各一测回,边长须进行两次独立观测。

4.4.3.2 交会法

(1) 交会法包括前方交会、侧方交会、后方交会和单三角形,交会角应在30°~150°之间。

(2) 后方交会($\alpha+\beta+C$)不应在160°~200°之间,折叠图形($\gamma-\delta$)不应小于20°。平原微丘区交会边长宜小于图上600 mm,重丘山岭区交会边长宜小于图上800 mm。各种交会须采用两组图形计算,平原微丘区交会点坐标之差不得超过图上0.2 mm;重丘山岭区交会点不得超过图上0.3 mm。

4.4.3.3 GPS测量

(1) GPS观测时间及采样间隔视星历质量、像控点至基础控制点的距离、定位模式以及接收机的性能等条件综合确定。

(2) 当像控点与基础控制点的差分向量所组成的图形为单三角形时,宜采用两测段观测以增加检核条件。

4.4.4 像片控制点的高程测量

4.4.4.1 高程控制点的测定应根据地形条件采用测图水准、光电测距高程导线、三角高程路线、独立交会高程点以及GPS水准测量等方法。

4.4.4.2 测图水准主要用于高差不大的平原微丘地区,起闭于水准点、经水准联测的三角点。观测时前后视距应尽量相等,视距不得超过200 m。路线全长和闭合差应符合本规范表4.4.4的规定。

4.4.4.3 光电测距高程导线和三角高程路线的垂直角必须对向观测,直返觇高差较差应不大于 $0.04 S_m$ (S 以百米为单位);路线全长和闭合差应符合本规范表4.4.4的规定。

4.4.4.4 独立交会高程点适用于1:1 000、1:2 000、1:5 000比例尺航测成图地区,采用三个单觇高程平均值,交会边长与高程较差应符合本规范表4.4.4的规定。

4.4.4.5 GPS水准测量

(1) 公路带状区域GPS像片控制点的高程宜采用曲面或曲线拟合,以求得GPS像片控制点的正常高程。

(2) 联测的已知水准点宜均匀地分布在带状区域的周边,联测的点数宜大于总数的1/5,最少应为6个。

(3) 拟合所得GPS正常高应进行充分检核。

4.4.4.6 在同一测区可视具体情况灵活地交替使用上述各种方法进行像片控制点高程测量。

表 4.4.4 像控点高程测量的精度要求

等高距 (m)		0.5	1.0	2.0	5.0
测图水准	附和路线长(km)	5	20	30	60
	高程闭合差(m)	0.2	0.4	0.8	2.0
光电测距高程导线	附和路线长(km)	5	20	30	60
	高程闭合差(m)	0.2	0.4	0.8	2.0
三角高程路线	附和路线长(km)	—	8	20	40
	高程闭合差(m)	—	0.4	0.8	2.0
独立交会高程点	边长(km)	—	2	2	5
	高程较差(m)	—	0.3	0.5	1.0
GPS水准法	基线长(km)	—	6	6	10
	两侧段高程较差(m)	—	0.15	0.30	0.70

4.5 像片调绘

4.5.1 调绘像片通常采用隔号像片,调绘范围应根据测图范围来确定。为使调绘范围界线避开复杂地形,个别调绘像片可以出现连号。在调绘面积线以外,应注明邻接像片号。为避免调绘漏洞,相邻调绘片接边时,右边、下边画为直线,左边、上边接边线根据邻片立体转绘;无接边处应注明“自由图边”。

4.5.2 方位物应调绘。对于方位物过多的地区或彼此相距很近时,应分清主次,次要的可移位表示,但移位后的地物、地貌相关位置不得改变。

4.5.3 房屋、窑洞、厂矿、学校以及文物古迹等建筑物应调绘。房屋调绘至屋檐滴水线;距路线100 m外的成片毗连房屋内侧的凸凹在图上小于1.0 mm的、小块空院和空场在图上小于25 mm²的以及在图上

小于1.0 mm的次要巷道和死胡同等均可进行综合取舍,但大块空地应当绘出。无毗连的房屋应逐个调绘并对房屋的建筑材料和层数进行注记。

4.5.4 地面、地下及架空管线均需表示,并注记输送物质。

4.5.5 永久性的电力线、通讯线、地下电缆均需表示。电杆、铁塔如能在像片上判出,则以立体判读为准。但在野外需区分出高压线、低压线或通讯线,并在其转折处标明每条线路的走向。对于电杆位置不清的像片,除了标明其走向和逐个判刺电杆位置外,还需量出至相邻电杆的距离,以利内业精确定位。

4.5.6 河流、湖泊等的水涯线宜绘在摄影时的水位处。池塘的水涯线与岸边线在图上距离小于1 mm时,水涯线绘在岸边线位置上;水渠、贮水池的水涯线则以坎沿为准。水中和岸边的附属要素应调绘齐全,河流和沟渠还须标明流向。堤坝、河流、沟渠等在图上宽度大于1 mm时,应用双线表示。缺水地区的井和泉应表示。

4.5.7 铁路、公路、大车路、渡口、人烟稀少地区的小路、桥涵、隧道等均应调绘。对于等级公路,应注明公路的等级、路基和路面的宽度以及铺面材料。以双线表示的道路。当其边线不明显时,须调注路宽和路的一侧至明显地物点的距离。

4.5.8 路堤、路堑、冲沟、陡坎、梯田坎等不能用等高线表示的天然或人工地貌元素均应以相应符号调绘于像片上,其比高在1 m以上时可在内业立体测图时予以测注;但在阴影覆盖的沟谷和隐蔽地区仍由外业量注。

4.5.9 农田、植被等各种地类界均应调绘。对于大面积的成片分布的植被,调绘时可在像片内用文字作简注说明。在密林灌木丛地区,应调绘平均树高,并且在平均树高有变化的地方分别量注,以供内业立体测图时改正。多种植被混生于同一范围内时,只选择其主要的表示。

4.5.10 境界只调绘县(旗)以上行政区界。除了通过实地调查外,亦可利用当地准确测绘的行政区划图。

4.5.11 地理名称注记应参照当地地名资料,调查核实,正确注记,其内容包括居民地、道路、桥梁、市镇街巷、工矿企业、机关学校、医院、农(林)场、大型文化教育建筑、名胜古迹以及山岭、沟谷、河流、湖泊、港口等名称。

4.5.12 对航摄后拆除的建筑物应在像片上划除。

4.6 外业成果整理上交

4.6.1 外业成果的检查验收应根据各作业方法的各工序按有关规定进行,其目的是保证测绘成果符合现行规范、图式和技术设计书的要求,满足公路测设用图的需要。

4.6.2 上交的成果须经上级业务主管部门检查验收后方能供下一工序使用;上交的成果必须准确、清楚和齐全。

4.6.3 上交成果的主要资料包括:控制像片、调绘像片、观测手簿或原始观测数据磁盘、计算手簿、检查验收意见书、技术总结。

4.6.4 计算手簿的主要内容:封面、目录、控制点及像控点联测略图、起始点成果、控制点成果、其他有关计算资料及成果、点之记、技术总结、封底。

5 航测内业

5.1 一般规定

5.1.1 航测成图可采用精密立体测图仪、模拟立体测图仪机助系统、解析测图仪测图。条件许可时,可采用全数字测图系统测图。

5.1.2 内业加密点相对于最近野外控制点的平面和高程中误差不得大于表5.1.2-1和表5.1.2-2的规定。当平原、微丘区加密精度不能满足表5.1.2-2的精度要求时,应采用全野外布点。

表 5.1.2-1 内业加密点的平面位置中误差(图上 mm)

地形类型	平原、微丘	重丘、山岭
平面位置中误差	0.4	0.55

表 5.1.2-2 内业加密点的高程中误差 (m)

比例尺	地形类别	基本等高距	高程中误差
1:500	平原	0.5(1.0)	0.10(0.20)
	微丘	1.0(0.5)	0.30(0.15)
	重丘	1.0	0.35
	山岭	1.0	0.55
1:1000	平原	0.5(1.0)	0.15(0.25)
	微丘	1.0	0.35
	重丘	1.0	0.50
	山岭	2.0	1.0
1:2000	平原	1.0	0.25
	微丘	1.0	0.35
	重丘	2.0	0.80
	山岭	2.0	1.20
1:5000	平原	1.0	0.30
	微丘	2.0	0.70
	重丘	5.0	2.00
	山岭	5.0	3.0

5.2 解析空中三角测量

5.2.1 转点与选点

5.2.1.1 野外控制点一般不转刺,但要转标。需要转刺时,必须依据野外控制片上的刺孔、点位略图及点位说明综合判断,准确转刺。

5.2.1.2 转、刺点应在立体转点仪上进行,其刺孔的直径和转刺的误差均不得大于0.06 mm。

5.2.1.3 加密点的选点要求

(1) 加密本身需要的连接点,标准点位为1、3、5、2、4、6,如图5.2.1-1所示。1、2点选在距像主点10 mm范围内的明显地物点上;3、4、5、6点宜与测图定向点一致,其离方位线的距离应大致相等且大于45 mm,并应在过主点且垂直于方位线的直线与旁向重叠中线的交点10 mm的范围内选取明显点。

(2) 当旁向重叠过大,连接点距离方位线小于规定的要求时,应分别选点;当旁向重叠过小,在重叠中线处选点难以保证量测精度时,可分别选点,但两点至旁向重叠中线的距离之和不得大于15 mm。

(3) 点位距像片边缘应大于15 mm,离各类标志距离应大于1 mm。

(4) 区域网平差时,当相邻航带像片重叠错位,点位不能达到六片公用时,应分别选点,互相转刺,如图5.2.1-2示。

(5) 航带沿河道、山谷布设时,应注意标准点间的高差,以避免出现相对定向不定性。

5.2.1.4 像对内点位刺孔只准刺一次,2、4、6点刺在右像片上,其余刺在左片上;刺出的点位应进行整饰。

5.2.1.5 加密点在同一测段或同一区域网中应统一编号,并注记于测绘面积外。点号要求不颠倒、不遗

漏、不重号。

5.2.1.6 加密时,宜加入湖面、水库水面、GPS 测量等辅助数据进行联合平差处理。

5.2.1.7 为便于成果的分析整理,根据像片上点的相对位置标绘出航带略图和区域网略图。

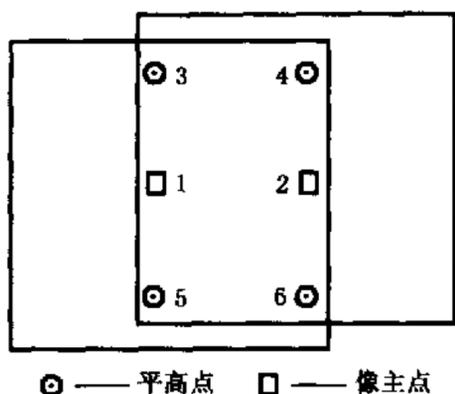


图 5.2.1-1 加密点的标准点位

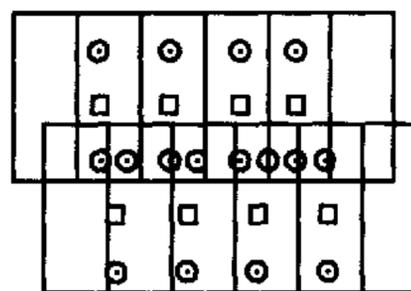


图 5.2.1-2 像片旁向重叠错位时连接点的选刺

5.2.2 像点坐标宜采用精密坐标量测仪、解析测图仪等进行量测。

5.2.3 作业中各项限差的要求

5.2.3.1 相对定向

采用解析测图仪作业时,平原、微丘区残余上、下视差应小于 0.005 mm,重丘、山岭区应小于 0.008 mm。

采用精密立体坐标量测仪时,平原、微丘区标准点残余上下视差应小于 0.02 mm,重丘、山岭区应小于 0.03 mm;平原、微丘区检查点残余上下视差应小于 0.03 mm,重丘、山岭区应小于 0.04 mm。

5.2.3.2 模型连接较差

采用精密立体坐标量测仪时,模型连接较差:

$$\begin{aligned} \Delta S &\leq 0.08m \times 10^{-3} \\ \Delta Z &\leq 0.05 \frac{mf}{b} \times 10^{-3} \end{aligned} \quad (5.2.3-1)$$

采用解析测图仪时,模型连接较差:

$$\begin{aligned} \Delta S &\leq 0.06m \times 10^{-3} \\ \Delta Z &\leq 0.04 \frac{mf}{b} \times 10^{-3} \end{aligned} \quad (5.2.3-2)$$

式中: ΔS ——平面位置较差, m;

ΔZ ——高程较差, m;

m ——像片比例尺分母;

f ——航摄仪主距, mm;

b ——像片基线长度, mm。

5.2.3.3 绝对定向后,基本定向点残差为加密点中误差的 0.75 倍,多余控制点的不符值为加密点中误差的 1.25 倍,公共点的较差为加密点中误差的 2.0 倍。

5.2.4 加密点的中误差按航带网或区域网进行估算。

$$\begin{aligned} m_c &= \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \\ m_p &= \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \end{aligned} \quad (5.2.4)$$

式中: m_c ——控制点中误差, m;

m_p ——公共点中误差, m;

Δ ——控制点的不符值, m;

d ——公共点较差, m;

n ——评定精度的点数。

5.2.5 加密成果要求清晰、齐全,装订整齐,签署完备。对作业中重大技术处理要求有记录。

5.3 影像图

5.3.1 影像图分为概略纠正的影像图、纠正影像图(像片平面图、正射影像图)及影像地形图。其影像可分为可见光全色黑白航空像片、可见光真彩色航空像片、假彩色红外航空像片、黑白红外航空像片、卫星图像等。

概略纠正的影像图主要用于工程可行性研究阶段,表现路线的总体方案和区域地质、地貌、地表变化及经济状况。

纠正影像图主要用于初步设计阶段,表现路线的平面线形设计方案和桥、隧、互通的平面总体设计方案。

影像地形图可作为路线平、纵、横方案设计和施工图设计的依据。

5.3.2 概略纠正的影像图或纠正像片宜以相应比例尺地形图作为底图对像片进行比例尺概略归化,采用裱板切割镶嵌或以片为单位的方法制作。

比例尺概略归化时应控制路线走廊内主要地物影像位移和变形。

5.3.3 平原地区宜采用纠正镶嵌方法编制像片平面图,丘陵地、山岭地宜采用正射投影仪编制正射影像图。有条件时,可采用数字纠正制作正射影像图。

5.3.4 卫星图像用于公路工程地质遥感判释,主要为公路路线方案提供遥感地质资料。

5.3.4.1 比例尺根据各公路路线地理、地质条件宜采用1:50万、1:20万、1:10万或1:5万的不同波段或假彩色合成的图像。

5.3.4.2 在公路沿线地理条件复杂地区以及桥涵、隧道等重大构造物地段,宜采用适当比例尺的红外航空摄影或远红外扫描图像。

5.3.5 纠正镶嵌时,各项限差应小于表5.3.5的规定。

表 5.3.5 纠正镶嵌限差规定

项 目	底片刺点误差	纠正对点	镶嵌、切割线重叠、裂缝	片与片、带与带接边差
限差(mm)	0.08	0.6	0.2	1.2

5.3.6 在纠正点控制的像片应用面积内,当高差符合式(5.3.6)时,不分带纠正;否则,应进行分带纠正。分带纠正的带数不宜超过3带。

$$\Delta h \leq 0.001 \frac{f_k}{r} M \quad (5.3.6)$$

式中: Δh ——纠正点控制的像片应用面积内高差, m;

f_k ——航摄影主距, mm;

r ——辐射中心至最远纠正点的距离, mm;

M ——成图比例尺分母。

5.3.7 片与片间镶嵌切割时,应选在像片上纠正点连线附近,偏离不得大于10 mm;带与带间切割线应以分带线为依据,切割线应通过接边误差小、色调大致相同的地方,尽量避免通过重要地物。切割线与线状地物交角宜正交,不宜沿河流、道路等处切割;切割线要光滑,粘贴要牢固。

5.3.8 正射影像的数据采集,平原、微丘宜采用断面方式,山岭、重丘宜采用等高线方式。无论采用那种方式,等高线和地形特征点均应测绘在底图上。

采集格网点或断面点间的密度相对于正射影像图上的间距不得大于15 mm。此外在路堤、路堑、路肩、沟心、坎上、坎下等变坡处,应采集特征点。

沿等高线采集数据,同一等高线上点间距在正射影像图上:平原、微丘不得大于10 mm,重丘不得大于7 mm,山岭不得大于5 mm。

5.3.9 正射影像扫描作业中,基本扫描片的平面定向误差合理配赋后,相对于像片平面不得大于0.03 mm。

5.3.10 正射影像地形图表示的等高线较稀疏时,可直接在正射影像底图上套绘等高线、高程注记点、地理名称及坐标格网,用套合曝光晒印成正射影像地形图。

5.4 精密立体测图仪测图

5.4.1 准备工作

5.4.1.1 根据仪器的X、Y、Z的行程范围以及摄影航高选择模型比例尺;当有几种模型比例尺都能满足以上要求时,宜选择大的一种比例尺。模型比例尺的计算公式为

$$M = \frac{H}{Z} \quad (5.4.1-1)$$

式中: M ——模型比例尺分母;

H ——相对航高,m;

Z ——仪器上相应航高,m。

5.4.1.2 计算概略模型基线 b_s

$$b_s = \frac{m}{M} b \quad (5.4.1-2)$$

式中: b ——像片基线长度,mm;

m ——像片比例尺的分母。

5.4.1.3 安置改正后的主距值,读数取至0.01 mm。并做到逐片改正,逐片安置。

5.4.2 定向

5.4.2.1 内定向

内定向时,当像片的框标与承片玻璃上的框标线不能重合时,应予以合理配赋,其误差不得大于0.05 mm。

5.4.2.2 相对定向

根据不同类别仪器可采用连续像对相对定向方法和单独像对相对定向方法,六个定向点应在标准位置附近选用最能显示上下视差的地方。定向点的残余上下视差不得大于0.02 mm,且配赋到最佳状态;主点附近不应有残余上下视差。当上下视差过大,应检查内定向及像片晒印压平的情况。

5.4.2.3 绝对定向

当进行模型比例尺的归化和高程置平后,平面定向误差:平原、微丘区宜小于图上0.4 mm,最大为0.5 mm;重丘、山岭区宜小于0.5 mm,最大为0.6 mm。高程定向误差应小于加密点的高程中误差;平原、微丘区全野外布点时,高程误差应小于0.3 m。平面、高程残差的配赋要合理,其残差之和应趋近于零;较大残差宜配赋在远离测图范围的定向点上。

5.4.3 测绘地物、地貌

5.4.3.1 测绘范围宜在定向点连线以内,最大不得超过像片上定向点连线外10 mm。

5.4.3.2 地物与地貌要素应在外业调绘的基础上,通过立体测图仪仔细辨认测绘。测绘的次序可按居民地、道路、水系、地貌、土壤植被依次进行,原则上是外业定性、内业定位。路线附近100 m内的居民地不宜综合取舍。

5.4.3.3 在测绘依比例尺表示的符号时,应以测标中心切准轮廓线或拐角打点连线;在测绘不依比例尺表示的符号时,应以其定位点或定位线确定。测绘等高线时,要用测标立体切准模型描绘。先绘计曲线,再绘首曲线,当首曲线不能显示出地貌特征或平坦地区首曲线在图上间隔大于50 mm时,应加绘间曲线。在等倾斜地段,当相邻两计曲线间距离在图上小于5 mm时,可只测绘计曲线,首曲线可以插绘或不绘。

5.4.3.4 对于线路、地质、水文各专业所需的专用点,路线附近的沟心、谷底、鞍部、山顶、变坡处、坎顶、

坎底、道路交叉及不能用等高线表示出地貌特征的地区,主要河流、湖泊及较大水塘的水边均应测注高程注记点。高程注记点应切读两次,读数较差在测制1:500地形图时宜小于0.1m,取中数注至0.01m;其他比例尺测图读数较差宜小于0.3m,取中数注至0.1m。

5.4.3.5 有植被覆盖的地表,当只能沿植被表面描绘时,应加植被高度改正。等高线描绘完后进行地形总貌检查。

5.4.3.6 测绘地物、地貌时,应在仪器上与已测图边进行接边。像对间的地物接边差最大为地物点中误差的两倍,等高线接边差不应大于一个基本等高距。当接边差在限差以内时,各改一半,可绘在差值的1/2处;超限时应查明原因,作出处理。

5.4.3.7 每像对测完后,必须检查才能从仪器上取下。每幅图测完后,应认真进行自检和互检。图历表要填写完整并签名。

5.5 解析测图仪测图

5.5.1 逐个输入测图作业所需参数。

5.5.2 内定向时,透明正片的X方向大致平行于仪器的X方向,框标坐标量测误差不得大于0.02mm。

5.5.3 相对定向后各点的残余上下视差不得大于0.008mm。

5.5.4 绝对定向后,平面坐标误差在平原、微丘区宜为图上0.2mm,最大为图上0.3mm;重丘、山岭区宜为图上0.3mm,最大为0.4mm。平原、微丘区全野外布点高程定向误差宜为0.2m,其余不得超过加密点高程中误差的0.75倍。

5.5.5 图板定向的平面坐标误差与绝对定向后的平面坐标误差相同。

5.5.6 根据各种绘图符号的代码测绘地物、地貌,并将其数据存盘。凡图面上人工修改的地物、地貌,必须同步地在相应文件中进行修改。测绘地物、地貌及接边的要求应符合本规范第5.4.3条的规定。

5.6 原图清绘

5.6.1 图廓线、坐标格网以及各类控制点清绘时应严格通过展点针孔,连接偏差不大于0.1mm。

5.6.2 各类地物元素的线划、符号中心位置偏移不得大于0.2mm,各类符号间隔不宜小于0.3mm。

5.6.3 各种线划、符号规格应符合图式要求;各种文字、数字注记应正确、合理,不得压盖重要地物地貌。

5.6.4 图幅接边应按坐标格网或定向点进行,其地物平面位置和等高线接边误差宜小于表1.0.10-1和表1.0.10-2所列中误差的2倍,最大为2.5倍。

5.6.5 测绘的个别地物、地貌有明显不合理时,可作适当修饰。

5.7 数字测图

5.7.1 数字测图的数据采集可采用立体坐标量测仪机助系统、模拟立体测图仪机助系统、解析测图仪系统、全数字化测图系统。

5.7.2 测绘成果的图形文件格式宜采用DXF(或DWG)格式或ASCII格式。

5.7.3 测绘地物地貌及接边应符合本规范第5.4.3条的规定。

5.7.4 数字测图的编码可采用各数字测图系统现有的编码系统,但必须具备转换成标准地物编码的手段和能力。

5.7.5 地物符号库、线型符号库和汉字库必须按规定的图形符号和制图标准建立。

5.7.6 图形编辑应符合下列要求:

5.7.6.1 地形图的各种符号、数字及文字注记位置恰当,不得与重要地物、地貌重叠,并应以图形方式存贮于地形图文件相应的层中。

5.7.6.2 在交互式编辑等高线、水系等线状地物时,必须采用“捕捉”功能,曲线接头处应光滑圆顺。

5.7.6.3 凡图面上人工修改的地物、地貌,必须同步地在图形文件中作相应的修改。

5.7.6.4 地类界、行政区划等封闭图形必须作闭合检查。

5.7.7 绘图输出时,数控绘图机平面误差应符合本规范第5.5.4条的有关规定。成果输出格式应符合

图例的要求,线条应均匀光滑。

5.7.8 应提交的成果资料:作业像片、测图说明、数据磁盘、地形图硬拷贝、检测成果及技术总结。

5.8 成果的检查验收与资料上交

5.8.1 检查验收

内业成果成图的检查分两级进行:

首级检查为各工序内的过程检查、仪上自查、各工序间资料交接时的自检和互检。对极个别未达到精度要求的应做细致分析,查找原因;必要时重新上仪器补测或返工重做,解决不了的应报上一级处理。工序内检查情况逐项记入图历簿中。

第二级检查为基层单位检查。在工序检查的基础上采用重点抽样方式进行,包括对各工序作业过程检查和上仪器检查。上仪器检查应使用原作业片;单位检查应作出质量评价(优、良、可、不合格),检查结果记录于图历簿中。

5.8.2 资料上交

航测内业提交的成果成图资料应齐全,数据准确,字迹清楚。其种类包括:

5.8.2.1 像片类:控制刺点片,野外调绘片,作业涤纶正片。

5.8.2.2 资料类:航测外业控制测量及像片联测成果,电算加密成果,图幅设计资料,路线方案资料,图历簿,检查记录,技术设计书,技术总结文件等。

5.8.2.3 图纸类:地形原图,影像图(含影像地形图),清绘原图,路线方案及控制导线图,加密点位略图,分幅略图等。

6 地面摄影测量

6.1 一般规定

6.1.1 地面摄影测量的主要目的是测绘公路设计用的1:500、1:1000、1:2000大比例尺地形图,适用于重丘、山岭区及隐蔽地区局部重点工程的测绘。

6.1.2 摄影经纬仪作业检校项目应符合下列规定:

6.1.2.1 k 、 ω 水准气泡应严格检校。

6.1.2.2 摄影镜箱主光轴与望远镜视准轴及水平度盘零位应一致。

6.1.2.3 像片压片装置应可靠。

6.1.2.4 摄影机标准框距应准确测定。

6.1.2.5 摄影镜箱及暗盒应不漏光。

6.1.2.6 摄影镜箱的内方位元素应定期作出检定。

6.1.3 摄影底片应根据摄影仪的规格以及工程要求选用相应的摄影软片或干板片。

6.2 测站点的布设及摄影控制

6.2.1 地面摄影控制点的布设

6.2.1.1 摄影纵距的最大值应符合表6.2.1的规定。

表 6.2.1 摄影纵距的最大值 (m)

测图比例尺 \ 摄影焦距(mm)	300	200	160	100	60
1:500	750	500	400	250	150
1:1000	1500	1000	800	500	300
1:2000	3000	2000	1600	1000	600

6.2.1.2 摄影基线长度与最大摄影纵距和最小摄影纵距应符合式(6.2.1-1)的规定。

$$\frac{Y_{\max}}{15} \leq \frac{B}{\cos\Phi} \leq \frac{Y_{\min}}{4} \quad (6.2.1-1)$$

式中：\$B\$——摄影基线长度，m；

\$Y_{max}\$——最大摄影纵距，m；

\$Y_{min}\$——最小摄影纵距，m；

\$\Phi\$——摄影基线的偏角。

6.2.1.3 对于1:2 000比例尺测图，摄影基线长度应符合式(6.2.1-2)的规定。

$$\frac{B}{\cos\Phi} \geq \frac{Y_{max}}{20} \quad (6.2.1-2)$$

式中：\$\Phi\$——等偏或交向摄影的基线偏角。

6.2.2 摄影方式宜采用正直摄影，也可采用等倾摄影或交向摄影。

6.2.3 地面摄影测量物方控制的坐标系统可采用国家统一的大地坐标系，也可采用独立坐标系。

6.2.4 控制测量的点位中误差不宜大于总误差的1/3。

6.2.5 地面摄影基线

6.2.5.1 摄影基线端点间应通视良好，摄影方向附近无摄影障碍。

6.2.5.2 相邻摄影像对间应避免近景的衔接漏洞。

6.2.5.3 基线端点应选在视野开阔处，左右两摄站应尽量等高且相互通视。

6.2.5.4 基线长度测定的相对中误差不应大于1/2 000；基线端点间的高差中误差不应大于图上0.04 mm，仪器高测量读至毫米。

6.2.5.5 联测基线或主光轴方位时，测角中误差不应大于20"。

6.2.6 像控点的布设与测定。

6.2.6.1 每一像对的重叠范围内至少应有三个控制点，其中一个近点，两个远点，远点应位于像对的左右边缘。

6.2.6.2 像控点的标志可采用人工标志或天然标志，标志的大小在像片上宜为0.05 mm；标志的颜色应与背景的颜色呈强反差。

6.2.6.3 像控点测定的精度相对于邻近高级控制点的点位中误差，平原、微丘区不应大于图上0.1 mm，重丘、山岭区不应大于图上0.15 mm；像控点相对于邻近高级控制点的高程中误差不应大于等高距的1/10。

6.2.7 人工标志可采用胶合板制作成附录I所示的形式，其尺寸按式(6.2.7)计算。

$$L = Y \frac{l}{f} \quad (6.2.7)$$

式中：\$L\$——标志尺寸，m；

\$Y\$——摄影纵距，m；

\$l\$——标志在像片上相应尺寸，mm；

\$f\$——摄影机的焦距，mm。

6.3 摄影及摄影处理

6.3.1 摄影前应检查布设的各类物方控制点标志；对不合规定的标志，应按规定重新布置。摄影机、摄影感光材料、摄影处理设备和药液均应处于正常工作状态。

6.3.2 正式摄影前应进行试摄和冲洗试验，以确定曝光时间和摄影处理工艺。

6.3.3 摄影时应注意：

6.3.3.1 \$k\$ 和 \$\omega\$ 水准管气泡偏离值不应大于1/2格。

6.3.3.2 严禁镜头直接对准太阳和逆光摄影。

6.3.3.3 质量不合格的像对，应重新补摄。

6.3.3.4 摄影时应认真记录摄影方式、仪器高等基本测站信息。

6.4 像片调绘

- 6.4.1 像片远影处的隐蔽地物、坑穴或低凹地应仔细辨认,必要时应附加草图。
- 6.4.2 控制点或重要地物的底部被遮而判别不准时,应实量其高度并在像片背面说明实量时的特征位置。
- 6.4.3 通讯线、电力线的转折点应实地刺点或标明,地类界应实地绘出。
- 6.4.4 除上述规定外,还应符合本规范第4.5节的规定。
- 6.5 测图
- 6.5.1 测图可在解析测图仪、精密立体测图仪或地面摄影测量专用的立体测图仪上完成。
- 6.5.2 像控点及外业需测绘的范围应展绘在图纸上,像控点的展点误差不得大于0.1 mm。
- 6.5.3 加密像控点时,加密的像控点对于邻近图根点的平面点位中误差和高程中误差应符合本规范表5.1.2-1和5.1.2-2的规定。
- 6.5.4 当精度要求较高时,应量测底片的框标距;根据理论框标距计算主距安置值,主距安置的误差不得大于0.01 mm。
- 6.5.5 底片(干板)上四个框标点对准承片玻璃上四条框标线,其对准误差不得大于0.05 mm;采用解析测图仪测图时,内定向残余误差不得大于0.025 mm。
- 6.5.6 相对定向完成后,残余上下视差应符合下列要求:
- 6.5.6.1 解析测图仪测图,残余上下视差应小于0.008 mm。
- 6.5.6.2 其他仪器测图,主点附近不应有残余上下视差,其他点的残余上下视差应小于0.025 mm。
- 6.5.7 绝对定向时,定向误差应合理配赋;其误差应符合本规范第5.4.2条和第5.5.4条的有关规定。
- 6.5.8 在立体像对上的测绘范围不得大于控制点图上连线外10 mm。
- 6.5.9 测绘地物、地貌应符合本规范第5.4.3条的规定。
- 6.5.10 测图完毕后,应到实地检查和补测漏洞。
- 6.5.11 提交的成果资料包括:内业测图定向手簿、地形原图、技术总结和检查验收报告。

7 数字地面模型

7.1 一般规定

- 7.1.1 公路数字地面模型包括原始地面数据获取、数据预处理、数据管理、构筑地表模型和DTM成果应用等功能,应能根据公路设计及CAD的要求完成任意点或断面的地面高程计算,等高线生成,距离、坡度、面积、体积的量算以及路线带状平面图、地形透视图的制图作业等。
- 7.1.2 作业前按公路等级和设计阶段对地形处理的要求,确定建立DTM所采用的数据获取手段、方式、采样点密度、构网模型、应用成果内容以及与路线CAD的接口方式等,并制定出作业技术设计书。
- 7.1.3 利用地形图数字化获取的数据和通过二次插值方式生成的数据所构成的数字地面模型不宜用于公路施工图设计阶段。

7.2 数据获取

7.2.1 原始地面数据的采集以摄影测量方式为宜,也可通过对原有地形图数字化、野外地面实测或利用已有地图数据库数据等手段获取。

7.2.2 数据源

7.2.2.1 摄影测量:宜采用带数字记录装置的模拟测图设备、解析测图仪或数字摄影测量工作站等,作业要求应符合本规范第5章的有关规定。

7.2.2.2 地形图数字化:宜采用手扶跟踪数字化仪或扫描仪。

(1) 扫描仪获取的栅格数据应进行噪声消除、矢量化和高程安置等处理。

(2) 地形图数字化时应进行图纸定向、变形改正和比例尺归化等作业。每图幅内的定向点不宜少于5个且应分布均匀,定向点的点位误差应小于图上0.35 mm。

(3) 数字化底图应采用图形清晰、平整、无褶皱的原因,其图廓、方格网长度误差应满足公路设计用

图要求。

7.2.2.3 野外实测：宜采用全站仪或光电测距仪和电子手簿，作业方式与记录格式应符合现行《大比例尺地形图机助制图规范》的规定。

7.2.2.4 地图数据库数据：应考虑数据库中数据的来源、内容、性质、适用比例尺及精度等。

7.2.3 数据采集以影像对、地形图图幅或按公路设计桩号以公里数为单元进行，数据记录以米为单位，小数取位根据采样记录设备的不同宜取至小数点后2~3位。

7.2.4 数据采集形式

数据采集形式宜根据公路设计要求、采集设备条件等进行合理安排。原始数据可按下列结构形式或它们之间的组合形式获取：

7.2.4.1 按规则格网形式采集网格交点的高程{Z}及起算点坐标{X₀、Y₀}。

7.2.4.2 采集任意离散点的平面坐标及高程{X、Y、Z}。

7.2.4.3 按断面形式采集离散点的平面坐标及高程{X、Y、Z}。

7.2.4.4 沿等高线采集线串的平面坐标{X、Y}，并给定每一独立线串的高程Z。

7.2.4.5 沿地形特征线采集线串的平面坐标及高程{X、Y、Z}。

7.2.4.6 采集地物点的平面坐标及高程{X、Y、Z}。

7.2.5 地形、地物数据均应赋与特征信息码。采样过程中的编码可引用采集设备中原有的编码格式，但应具有转换为符合现行《1:500、1:1000、1:2000地形图要素分类与代码》规定的的能力。

7.2.6 数据文件

7.2.6.1 原始采样数据以ASCII码记录为宜，每采样单位内的数据按地形、地物分文件存放，每一原始数据文件的记录数宜少于30000个。

7.2.6.2 采样数据文件名宜包含工程名称和采样单位编号。

7.2.6.3 采样数据说明文件的内容包括：

(1) 基本说明：工程名称、采样范围及其接边关系、平面及高程坐标系统、中央子午线、比例尺、采样方式及数据来源等。

(2) 附加说明：数据采样日期、单位、作业员、仪器说明以及记录格式和地物编码的补充规定等。

7.2.7 利用摄影测量或地形图数字化采集数据点时，可按距离或时间方式进行动态连续采样；地物点、地形特征线或其他精度要求较高的数据点宜采用静态单点采样方式。

7.2.8 采样点密度

7.2.8.1 采样点平均间距按式(7.2.8)确定。

$$D = \text{INT} \left(\frac{\sqrt{A}}{\sqrt{n-1}} \right) \quad (7.2.8)$$

式中：D——采样点平均间距，m；

A——采样面积，m²；

n——采样点数。

7.2.8.2 采样点平均密度或间距应符合表7.2.8的规定。

表 7.2.8 采样点间距 (m)

比例尺		地形类别			
		1:500	1:1000	1:2000	1:5000
野外实测	平原微丘	10	20	40	--
	重丘山岭	10	20	40	--

续表 7.2.8

采样方式 \ 地形类别		比例尺			
		1:500	1:1000	1:2000	1:5000
摄影测量 地形图数字化	平原微丘	5	10	20	50
	重丘山岭	2	5	10	30

7.2.8.3 数据点采样应适应地形变化均匀取点;不同地形交界处的点位密度应由稀到密或由密到稀,逐渐过渡。

7.2.8.4 沿地形特征线采集数据时,应加密采样间隔,注意按地形变化取点,不得遗漏变坡点和地形特征点。

7.2.9 每采样单位内应采集一定数量的检查点,其数量宜为采样点数的10%。对各种采样设备,检查点均应按静态单点采样方式取点,并切准读数两次后取平均值。检查点文件单独存放。

7.2.10 利用摄影资料采集数据或地形图数字化时,应联机绘制采样导引图;野外数据采集时,应实地绘制测区草图。

7.2.11 汉字信息编码应符合现行《信息交换用汉字编码字符集基本集》的规定。

7.3 数据编辑和预处理

7.3.1 数据录入、交换与存贮

7.3.1.1 数据录入以联机处理、计算机间通讯、电子手簿与计算机通讯方式进行数据交换为宜,亦可采用磁介质方式进行数据交换,少量的或需补充的数据可采用人工键入。

7.3.1.2 计算机通讯或磁介质输入的数据文件应进行字符检校;人工键入计算机的数据应与打印记录作校核,及时改正错码、误码,补入遗漏数据。

7.3.1.3 原始采集数据应作备份并归档保存。

7.3.2 数据编辑

7.3.2.1 对原始采样数据应进行粗差检查,包括对数据的查询、增添、删除、修改等。可采用计算机自动挑错或人机交互挑错,也可采用DTM绘制略图后按图形方式进行编辑和查错。

7.3.2.2 建筑物、街区、道路、场地等规则地物应作垂直性、平行性或闭合性等检查和处理。

7.3.3 数据预处理包括对不同数据源所获取的各种数据进行坐标统一归算、数据分类、统一格式与编码、数据文件的综合、分割和接边处理等,并按数据类别进行数据规格化管理或建立数据库。

7.3.4 数据管理宜采用分区格网管理模式。

7.3.4.1 分区方向按设计路线总体走向分为大地X或Y方向;分区的区段长度以1000m为宜。

7.3.4.2 管理格网的边长宜取为5m或10m的整倍数,且平均每一格网内宜有20~30个数据点。

7.3.4.3 分区格网管理信息按本规范附录J执行。

7.4 数据处理模型

7.4.1 公路数字地面模型系统可采用离散点模型、三角网模型、矩形格网模型、线串模型中的一种或几种模型构筑地表数学模型。

7.4.2 各种地表数学模型在进行数据处理时均应考虑地形特征线、断裂线和地物的处理。

7.4.3 野外实测数据或按静态单点方式采样的摄影测量数据宜采用三角网模型;以等高线和地形特征线为主要采集形式的数据宜采用线串模型;以断面点或离散点为主要采集形式的数据宜采用离散点模型;按规则格网采集的原始数据可采用矩形格网模型。

7.4.4 离散点模型

7.4.4.1 待定点的高程内插宜采用二次多项式移动曲面拟合法计算;原始采样点位分布不均或插值参考点位不足时,可采用按距离加权平均法计算。

7.4.4.2 插值参考点采用动态圆搜索,参考点的选取和删除应符合下述规定:

- (1) 在以待定点为圆心的动态圆内选取8~20个点。
- (2) 插值参考点应均匀分布在以待定点为原点的平面直角坐标系的四个象限内,每象限宜为2~5个点。
- (3) 剔除动态搜索圆中与待定点不在地形特征线同一侧的数据点。

7.4.5 三角网模型

7.4.5.1 构网原则

- (1) 构网时优先考虑将地形特征线、空白区域外边缘线和作业范围外缘线作为三角形的边。
- (2) 所有三角形均不得相交和重复。
- (3) 三角形的三个内角均以锐角为宜。
- (4) 空白区域内部和作业边缘区域外部不构成三角形网络。

7.4.5.2 待定点高程内插按本规范附录K执行。

7.4.6 矩形格网模型

7.4.6.1 矩形格网模型构网时,格网间距不宜超过本规范表7.2.8规定的采样点平均间距的一半,其格网节点的高程可利用其他模型内插计算获取。

7.4.6.2 待定点的高程内插宜采用双线性多项式计算。

7.4.7 线串模型

7.4.7.1 线串数据由等高线、地物线、地形特征线串及高程注记点组成。

7.4.7.2 待定点的高程插值采用十字型线性插值法计算;当十字型断面不与任何线串相交时,可采用邻近点按距离加权平均法或建立局部三角形插值确定待定点高程。

7.4.8 各种数字地面模型确定待定点高程时,均应对畸义性插值结果进行探测与修正。

7.5 DTM 成果应用

7.5.1 公路数字地面模型的成果应用包括设计路线的纵、横断面地面线的插值计算,面积、体积计算,路线带状地形图、地形透视图等图形绘制等。

7.5.2 纵、横断面插值

7.5.2.1 各种地面模型生成公路纵、横断面地面线时均可采用等间距插点法,并能根据设计需要加桩。中桩桩距应符合表7.5.2的规定。

7.5.2.2 利用三角网模型、矩形格网模型或线串模型生成横断面地面线时,宜通过求取横断面线段与各相交格网边线或线串交点的方法获得;其他模型可按表7.5.2规定的间距采用等间距逐点插值法生成。

表 7.5.2 纵、横断面插值间距 (m)

设计阶段		中桩桩距	横断面取点间距
初步设计	方案比选	20~50	5~10
	优化设计	10~30	2~5
施工图设计		5~20	1~2

7.5.2.3 横断面计算宽度宜按公路设计等级和设计阶段的要求确定,但对各等级公路,其值每侧距设计中心线均不得小于50m。

7.5.3 利用DTM插值方法为制作正射影像图生成的地形断面间隔按式(7.5.3)确定。

$$\Delta = WM \times 10^{-3} \quad (7.5.3)$$

式中: Δ ——断面间隔, m;

W ——制作正射影像图所确定的扫描缝隙长度, mm;

M ——制作正射影像图成图比例尺分母。

7.5.4 DTM 地形图

7.5.4.1 地形图等高线可通过三角网模型或矩形格网模型进行等值线自动追踪生成。

7.5.4.2 图形文件中,绘图数据应分层存放。分层参照表 7.5.4 执行。

表 7.5.4 DTM 数据分层

层号	分层内容	层号	分层内容
1	测量控制点	6	境界
2	居民地和垣栅	7	地貌和土质
3	道路及附属设施	8	植被
4	管线及附属设施	9	注记
5	水系及附属设施	10	公路设计要素

7.5.5 生成的各种图形应能进行交互图形编辑,包括图形的显示、增补、修改、删除、平移、旋转、注记和接边等;能按层进行编辑和层的叠加、剪裁及消隐等操作。对图形数据的修改只限于非测量数据。

7.5.6 其他应用

7.5.6.1 体积可按平均断面法计算,并分别累计挖、填方体积。

7.5.6.2 地形透视图或鸟瞰图的内插点的间隔宜为 10 m~15 m,其前后景隐藏线的判别栅的栅距宜为图上 2 mm。

7.5.6.3 地形坡度可采用矩形格网模型或三角网模型按坡元平面计算其坡度、坡向和斜坡面积。

7.6 上交资料与产品质量

7.6.1 DTM 作业后的上交资料包括:原始采样资料、记录及检查手簿、技术设计书、数据采集的要求精度和实际精度评价、采集数据说明文件、属性数据的分类编码、DTM 产品成果及记录格式说明、产品质量评价及技术总结等。

7.6.2 DTM 产品质量以属性描述质量和数据处理精度衡量,可采用随机抽样法抽取样本进行质量评定。

7.6.3 数据文件、记录格式及数据说明文件应齐全完整,清晰正确;数据输入、输出格式满足 CAD 要求;DTM 应用成果对地形、地貌描述准确,地表属性表示恰当。

7.6.4 数据处理精度包括基础数据、高程处理精度和接边精度。

7.6.4.1 引用的各种类型、各级控制点等基础数据应准确无误。

7.6.4.2 DTM 高程误差包含数据采集误差和高程内插处理误差。DTM 高程中误差可利用对检查点进行插值计算后获得的高程较差按式(7.6.4)计算得到。

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta H_i \Delta H_i]}{n-1}} \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (7.6.4)$$

式中: m ——DTM 高程中误差, m;

ΔH_i ——检查点高程与插值高程较差, m;

n ——检查点点数。

7.6.4.3 相对于不同的数据源的 DTM 高程中误差分别为:

(1) 以摄影测量为数据源生成的 DTM 对邻近高程控制点的高程中误差不得大于表 7.6.4-1 的规定。

表 7.6.4-1 摄影测量数据的DTM 高程精度

地形类别	中误差 (m)	地形类别	中误差 (m)
平原区	$0.3\%_0 H$	重丘区	$1.0\%_0 H$
微丘区	$0.7\%_0 H$	山岭区	$2.0\%_0 H$

注：① H ——平均摄影航高，m；

② 困难地区与山岭区同。

(2) 以地形图数字化为数据源生成的DTM 对邻近高程控制点的高程中误差不宜超过原图等高距的1/2；两根计曲线在图上小于4 mm 时，不超过原图等高距的2/3。

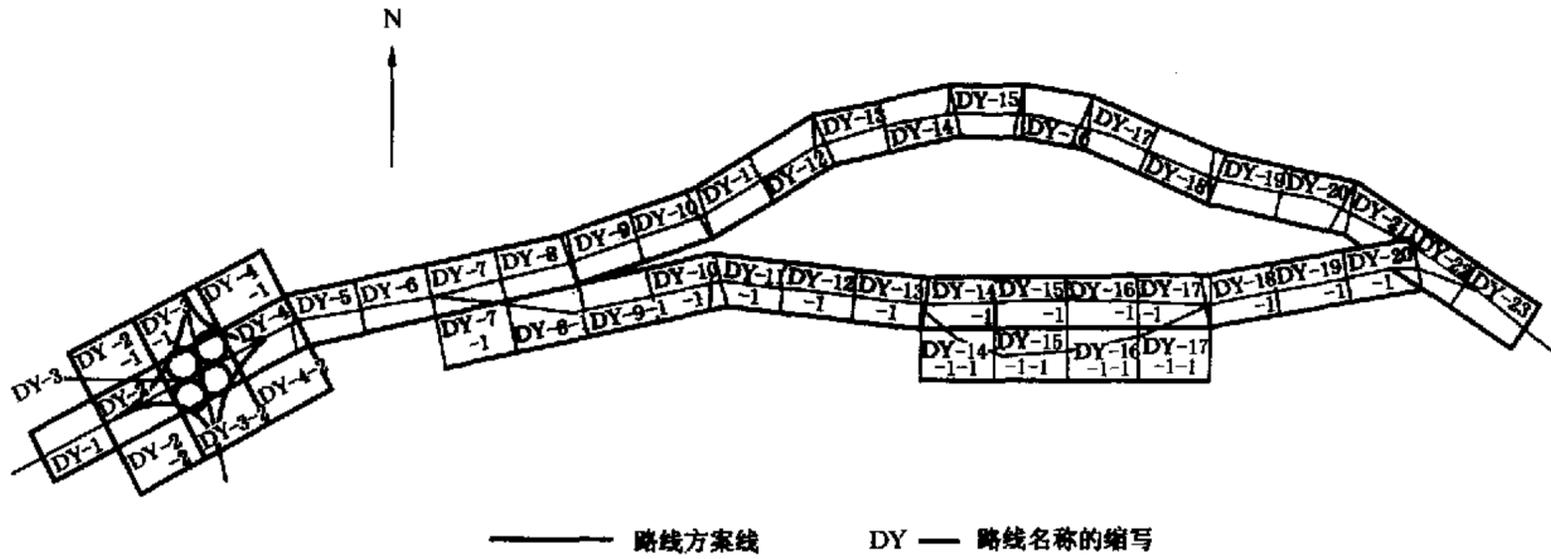
(3) 野外实测数据生成的DTM 相对于最近高程控制点的高程中误差不得大于表7.6.4-2 的规定。

表 7.6.4-2 野外实测数据的DTM 高程精度

地形类别	中误差 (m)	地形类别	中误差 (m)
平原区	0.2	重丘区	0.5
微丘区	0.4	山岭区	0.7

7.6.4.4 各分区DTM 接边时，不应出现漏洞、重叠，其起始结尾坐标数据应吻合，接边误差不得大于高程插值中误差的两倍。满足精度要求范围内的接边误差，可在编辑时予以修正。

附录A 公路带状地形图分幅示例



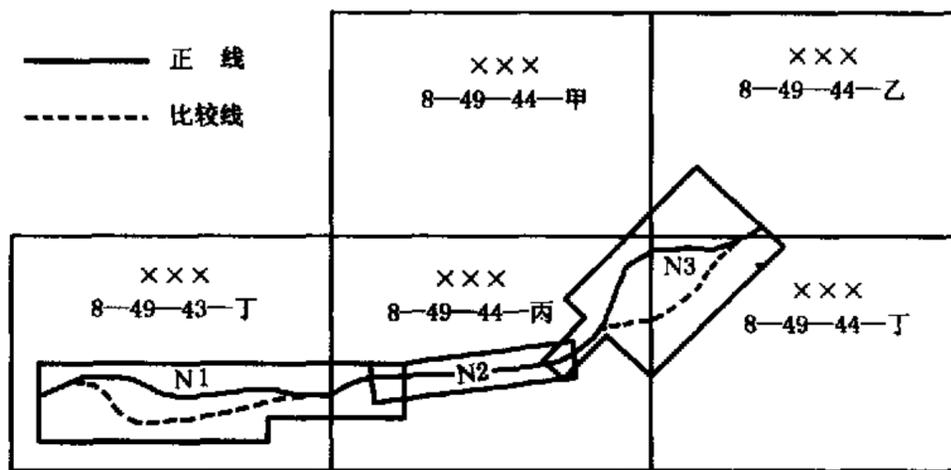
图A 公路带状地形图分幅

附录B 公路航摄航带设计示例

××公路××段航带设计

1. 设计基本参数
 - 航摄像片比例尺 1:10000
 - 设计用图比例尺 1:50000
 - 航向重叠度 60%
 - 旁向重叠度 30%

2. 航带设计略图



3. 航带设计成果表

分区	航带数	航带长(km)	摄影面积(km ²)	基本像片数
N1	3	26.0(1,2)	5.5×13.5=74.25	31×2
		13.5 (3)	3.9×12.5=48.75	17
N2	1	12.5	2.3×12.5=28.75	16
N3	4	16.5(1,3,4)	7.1×16.5=117.15	20×3
		20.5 (2)	2.3×4.0=9.2	25
合计	8	148.0	278.1	180

附录C 航带网段布点首尾端点间的间隔基线数

C.0.1 1:500成图航带网段布点首尾端点间的间隔基线数(如表C.0.1所列)

表C.0.1 1:500成图航带网段布点首尾端点间的间隔基线数

航摄比例尺 \ 地形等级 焦距		平原	微丘	重丘	山岭
		2 000	305	$\frac{10}{*(4)}$	$\frac{10}{*(10)}$
2 500	305	$\frac{8}{*(*)}$	$\frac{8}{*(8)}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{12}{8}$
3 000	305	$\frac{6}{*(*)}$	$\frac{6}{*(4)}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{10}{6}$

注：分子为平面控制点间隔基线数，分母为高程控制点间隔基线数，带括号的数值为等高距1.0m时的高程控制点的间隔基线数，括号外的数值为等高距0.5m时的高程控制点的间隔基线数。*表示全野外布点。表C.0.2、C.0.3、C.0.4同此。

C.0.2 1:1 000成图航带网段布点首尾端点间的间隔基线数(如表C.0.2所列)

表C.0.2 1:1 000成图航带网段布点首尾端点间的间隔基线数

航摄比例尺 \ 地形等级 焦距		平原	微丘	重丘	山岭
		4 000	152	$\frac{8}{*(4)}$	$\frac{8}{*(8)}$
210	$\frac{8}{*}$		$\frac{8}{6}$	$\frac{12}{12}$	$\frac{12}{16}$
5 000	152	$\frac{6}{*(*)}$	$\frac{6}{*(4)}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{10}{16}$
	210	$\frac{6}{*}$	$\frac{6}{*}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{12}$
6 000	152	$\frac{*}{*(*)}$	$\frac{*}{*(*)}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{8}{14}$
	210	$\frac{4}{*}$	$\frac{4}{*}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{10}$

C.0.3 1:2 000成图航带网段布点首尾端点间的间隔基线数(如表C.0.3所列)

表C.0.3 1:2 000成图航带网段布点首尾端点间的间隔基线数

航摄比例尺 \ 地形等级 焦距		平原	微丘	重丘	山岭
		8 000	152	$\frac{8}{*}$	$\frac{8}{*}$
210	$\frac{8}{*}$		$\frac{8}{*}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{12}{12}$
10 000	152	$\frac{6}{*}$	$\frac{6}{*}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{10}$
	210	$\frac{6}{*}$	$\frac{6}{*}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{10}{8}$
12 000	152	$\frac{*}{*}$	$\frac{*}{*}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{8}{8}$
	210	$\frac{4}{*}$	$\frac{4}{*}$	$\frac{6}{*}$	$\frac{6}{6}$

C.0.4 1:5 000 成图航带网段布点首尾端点间的间隔基线数(如表C.0.4 所列)

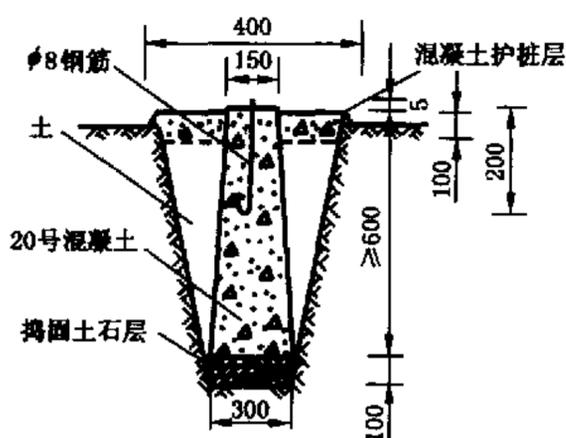
表C.0.4 1:5000 成图航带网段布点首尾端点间的间隔基线数

航摄比例尺 焦距		地形等级			
		平原	微丘	重丘	山岭
20 000	152	$\frac{8}{*}$	$\frac{8}{*}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{12}{12}$
	210	$\frac{8}{*}$	$\frac{8}{*}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{12}{12}$
25 000	152	$\frac{6}{*}$	$\frac{6}{*}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{10}$
	210	$\frac{6}{*}$	$\frac{6}{*}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{10}{8}$
30 000	152	$\frac{*}{*}$	$\frac{*}{*}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{8}{8}$
	210	$\frac{4}{*}$	$\frac{4}{*}$	$\frac{6}{*}$	$\frac{6}{6}$

附录D 埋石与规格

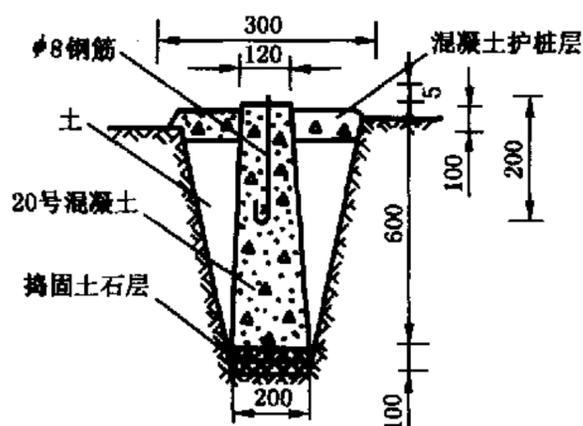
D.0.1 平面控制点埋石与规格

D.0.1.1 三、四等平面控制点标石埋设见附图D.0.1-1。



图D.0.1-1 三、四等平面控制点标石与埋设(单位:mm)

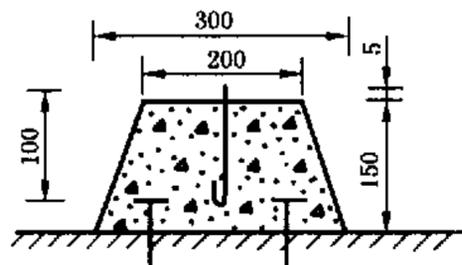
D.0.1.2 一、二级平面控制点标石埋设见附图D.0.1-2。



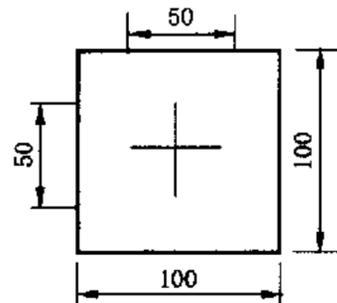
图D.0.1-2 一、二级平面控制点标石与埋设(单位:mm)

D.0.1.3 建筑物上各等级平面控制点标石埋设见附图D.0.1-3。

D.0.1.4 岩石上各等级平面控制点标石埋设见附图D.0.1-4。



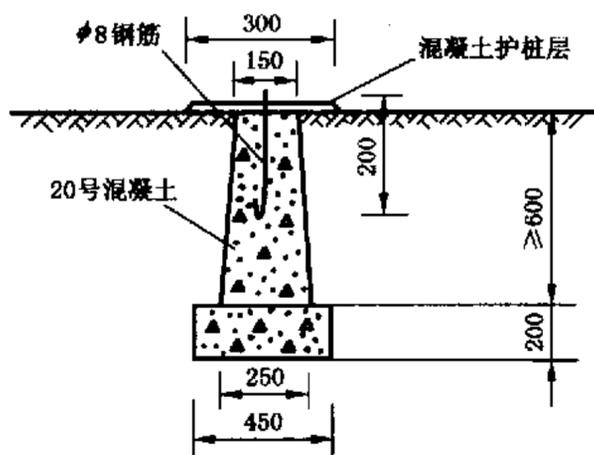
图D.0.1-3 建筑物上各等级平面控制点标石与埋设(单位:mm)



图D.0.1-4 岩石上各等级平面控制点标石凿设(单位:mm)

D.0.2 水准点埋石与规格

水准点埋石与规格见附图D.0.2。



图D.0.2 三、四等水准点埋石与规格(单位:mm)

注:① 冻土地区埋设深度,底座应在冻土深度线以下;

② 特殊路段(沙漠、软基等),如采用其他水准点标志,可参照国家有关规范执行。

D.0.3 临时控制测量标志

临时控制测量标志为50 mm×50 mm×250 mm(~350 mm)的木质方桩,方桩应打入地下与地面平齐,并在方桩顶面钉小钉和书写点名,以示点位。

附录E 等级控制点点之记示例

GPS 点 之 记

工程路线名称:当宜一级汽车专用公路

点 名	GPS16	等 级	IV	概略坐标	B: 30°50' L: 111°45' H=116.2m		
所在地	湖北当阳市玉阳镇合意大队合意小学			地 类	微 丘	土 质	粘 土

点位说明:

由当阳市乘车沿国道318至宜昌方向途经三国度假村时,右转向玉泉寺方向前行约300m下车,路南有一小学,点位位于小学东北角一水池边的小独立土堆上。

点位略图:



续上表

点 名	GPS16	等 级	IV	概略坐标	B: 30°50' L: 111°45' H=116.2m		
所在地	湖北当阳市玉阳镇合意大队合意小学			地 类	微 丘	土 质	粘 土
选点及埋石情况				标石断面图:			
单 位	交通部第二公路勘察设计院						
选点员	王守彬						
埋石员	徐 升						
保管员	周良华						
调制员	王文超						
日 期	1996年8月7日						
连 测	等 级	IV					
坐 标	方 法	GPS 测量					
连 测	等 级	IV					
高 程	方 法	水准测量					
通 视	GPS04			单位:mm			
点 名							
备 注							

附录F 公路GPS观测记录格式

公路GPS外业观测记录

仪器类型及编号:

观测日期: 年 月 日 观测者: 检查者:

序 号	测站号 (地名)	时段号	作业时间	天 线 高(m)		
				次 数	测 前	测 后
1			关 机	1		
			开 机	2		
			有效作 业时间	3		
			均值			
2			关 机	1		
			开 机	2		
			有效作 业时间	3		
			均值			
3			关 机	1		
			开 机	2		
			有效作 业时间	3		
			均值			
4			关 机	1		
			开 机	2		
			有效作 业时间	3		
			均值			

作业单位: _____

附录G 控制片的整饰格式

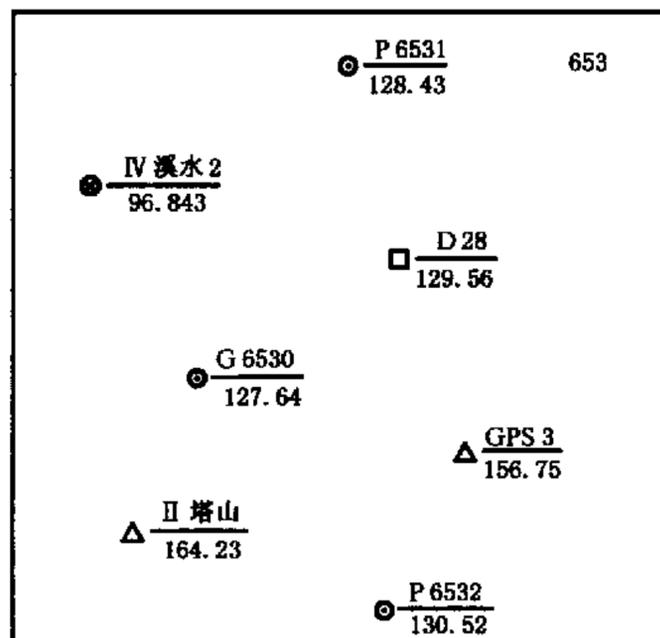
G.0.1 控制片正面整饰编号和注记

G.0.1.1 像控点编号宜使用航摄时像片编号并在尾数加注1、2字样,以区别该点为像片的上排点还是下排点。

G.0.1.2 能准确刺出的三角点、导线点以边长为7 mm的三角形、正方形实线符号整饰,概刺点用相应虚线符号整饰;平高点、高程点、水准点以直径为7 mm的圆圈(水准点中间加“×”符号)整饰;GPS点以边长为7 mm的三角形内加圆圈符号表示。

G.0.1.3 点名、点号及高程注记要求采用黑色正规字体。

G.0.1.4 正面的整饰格式如附图G.0.1所示。



图G.0.1 控制片正面的整饰格式图

G.0.2 控制片反面的整饰格式

G.0.2.1 像片反面整饰应采用黑色铅笔,符号和方位标定与正面相同。

G.0.2.2 在刺点点名或点号近旁写出刺点文字说明。文字说明要简明,不能含混不清;书写字体要正规。

G.0.2.3 刺点点位旁应绘制点位略图,绘图范围为20 mm×20 mm,略图方位与实地对应。点位附近有高差变化的,应加绘断面图并注明比高,比高量注至0.1m。

G.0.2.4 不能准确刺出的三角点、导线点、水准点、高程点宜在像片反面绘制草图,并用文字说明其位置和高程情况。

G.0.2.5 刺点者和检查者须签注姓名和日期。

G.0.2.6 反面的整饰格式应符合图G.0.2的规定。

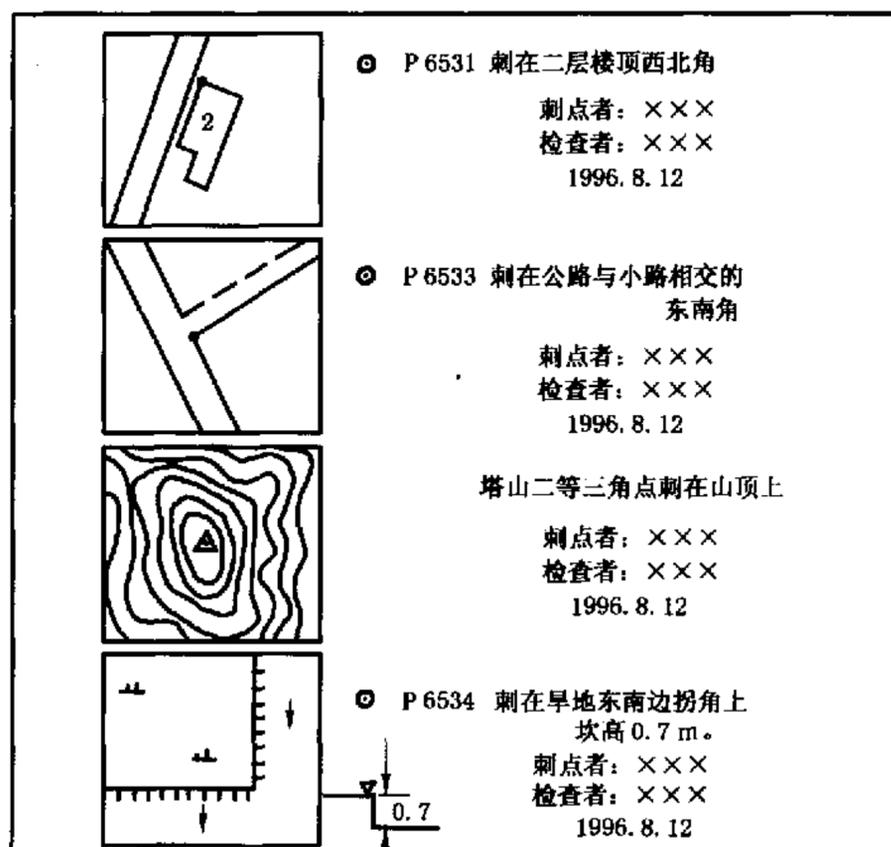


图 G.0.2 控制片反面的整饰格式

附录 H 调绘片的整饰格式

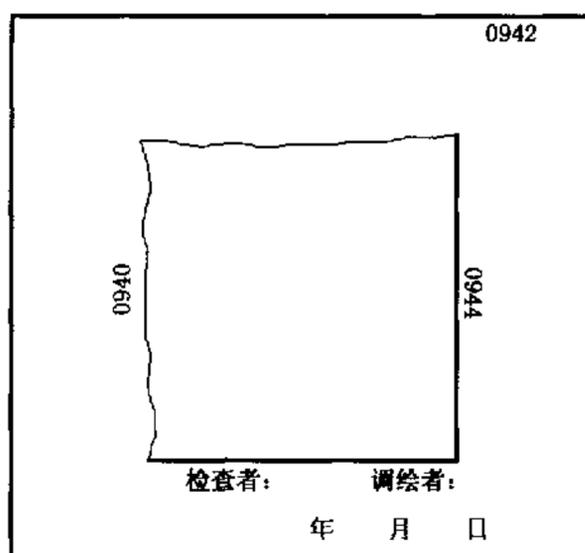
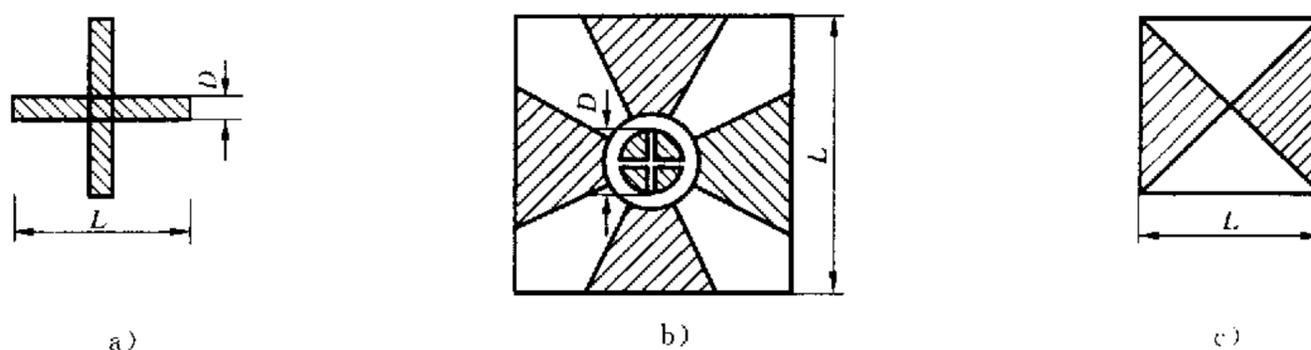


图 H 调绘片的整饰格式

- H.0.1 调绘片的像片号注于调绘片右上角。
- H.0.2 调绘面积界线用黑色标绘。
- H.0.3 接边线右边、下边为直线；左边、上边若与邻片接边应为曲线，无接边时应为直线。线外须注明接边像片号。
- H.0.4 调绘内容整饰按图式符号规定执行，如图 H 所示。
- H.0.5 调绘者、检查者均须签名并注明日期。

附录I 地面摄影测量人工标志形状

人工摄影测量的标志形状可参照附图I。



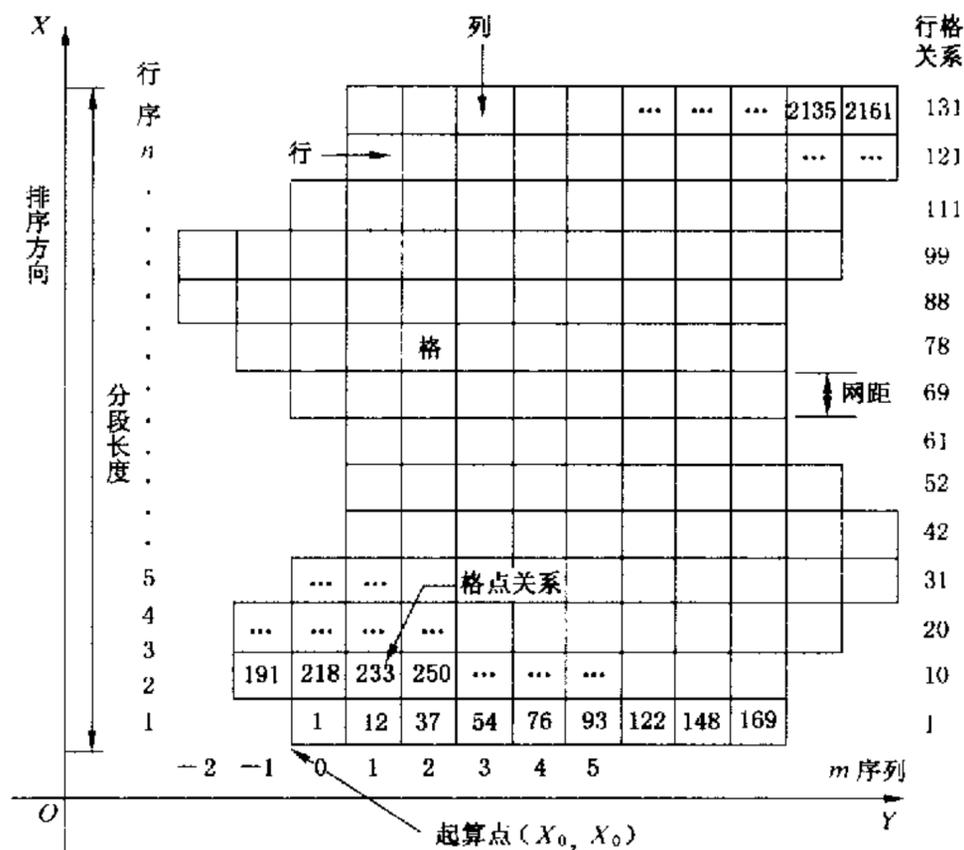
注：L为标志的尺寸(m)；D为标志的最小宽度或圆形标志的直径(m)。

图I 地面摄影测量人工标志

附录J 数字地面模型数据点格网管理模式

J.0.1 数据点管理格网内容

- J.0.1.1 排序方向：大地 X 或 Y 方向(例：“X”)。
- J.0.1.2 分段长度和格网间距(例：1 000m, 50m)。
- J.0.1.3 格网起算点 X_0, Y_0 值(例：1 288 500.000, 486 700.000)。
- J.0.1.4 行序：按排序方向计每行的序数(例：1, 2, 3, …… , n)。



图J 数据格网管理模式

- J.0.1.5 列序：垂直于排序方向相对于起算点计的每列序数(例：-2, -1, 0, 1, …… , m)。
- J.0.1.6 格序：格网排列顺序(例：1, 2, 3, ……)。
- J.0.1.7 点序：数据点排列顺序(例：1, 2, 3, ……)。

J. 0. 1. 8 行格关系:记每行首格格序(例:1,10,20,31,42,……)。

J. 0. 1. 9 格点关系:记每格第一点的点序(例:1,12,37,54……)。

J. 0. 2 数据点格网管理模式见附图J。

附录K 数字地面模型插值计算公式

K. 0. 1 二次多项式移动曲面插值公式

$$Z = [1 \quad X \quad X^2] \begin{bmatrix} F & E & C \\ D & B & 0 \\ A & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ Y \\ Y^2 \end{bmatrix} P_i \quad (\text{K. 0. 1-1})$$

当选取的插值参考点数少于6个时,去掉二次项后公式为:

$$Z = [1 \quad X] \begin{bmatrix} F & E \\ D & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ Y \end{bmatrix} P_i \quad (\text{K. 0. 1-2})$$

$$P_i = \frac{k}{d_i^2} \quad (\text{K. 0. 1-3})$$

式中: X, Y ——以待定点为原点的平面坐标, m ;

Z ——待定点高程, m ;

$A \sim F$ ——内插曲面参数;

P_i ——内插误差方程的权;

d_i ——待定点至参考点的距离, m ;

k ——仅值调配系数:地面实测点取5~10,地形特征点取2~5,其余取1。

K. 0. 2 三角形插值公式

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z & 1 \\ X_a & Y_a & Z_a & 1 \\ X_b & Y_b & Z_b & 1 \\ X_c & Y_c & Z_c & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (\text{K. 0. 2})$$

式中: X, Y ——待定点的平面坐标, m ;

$(X_a, Y_a, Z_a), (X_b, Y_b, Z_b), (X_c, Y_c, Z_c)$ ——三角形各顶点的三维坐标, m 。

K. 0. 3 矩形格网双线性插值公式

$$Z = \frac{Z_a(L-X)(L-Y) + Z_bX(L-Y) + Z_cXY + Z_d(L-X)Y}{L^2} \quad (\text{K. 0. 3})$$

式中: L ——矩形格网边长, m ;

Z_a, Z_b, Z_c, Z_d ——格网四个角点的高程, m 。

K. 0. 4 按距离加权平均插值公式

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Z_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (\text{K. 0. 4})$$

式中: P_i ——权因子,按式(K. 0. 1-3)确定;

Z_i ——参考点高程, m 。

K. 0. 5 十字型断面插值公式

$$Z = Z_1 P_1 + Z_2 P_2 \quad (\text{K. 0. 5-1})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{当 } n_1 > 2, n_2 > 2 \text{ 时 } P_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad P_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \\ \text{当 } n_1 \leq 2, n_2 > 2 \text{ 时 } P_1 = 0 \quad P_2 = 1 \\ \text{当 } n_1 > 2, n_2 \leq 2 \text{ 时 } P_1 = 1 \quad P_2 = 0 \\ \text{当 } n_1 \leq 2, n_2 \leq 2 \text{ 时 } P_1 = 0 \quad P_2 = 0 \end{array} \right. \quad (\text{K. 0. 5-2})$$

式中： $Z_1、Z_2$ ——分别为十字两断面上线性内插的待定点高程，m；

$P_1、P_2$ ——分别为十字两断面上按插值参考点数确定的权；

$n_1、n_2$ ——分别为十字两断面与线串的交点数。

附录L 本规范用词说明

一、本规范条文要求执行的严格程度的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词用词采用“必须”；反面词用词采用“严禁”。

2. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词用词采用“应”；反面词用词采用“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用词：

正面词用词采用“宜”或“可”；反面词用词采用“不宜”。

二、条文中指明应按其他有关标准、规范的规定执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……要求或规定”；非必须按所指的标准、规范或其他规定执行的写法为：“可参照……”

三、条文中指明引用本规范中其他条文规定的写法为：“应符合本规范第×.×.×条的规定”或“应按本规范第×.×.×条的规定采用”。

附件 公路摄影测量规范

JTJ 065—97

条文说明

1 总则

1.0.1 本规范的目的。对共性通用内容加以规定,以便规范更好地为公路勘察设计服务。

1.0.2 本规范适用范围。规范包括航空摄影测量和地面摄影测量,其覆盖作业范围包括一般的线画地形图、影像图、数字化产品等。比例尺覆盖:航空摄影测量为1:500~1:5000,地面摄影测量为1:500~1:2000;地面摄影测量仅限于公路局部重点工程测绘和不及补摄的航摄漏洞的补测。本规范适用于公路工程勘察设计的初测、定测或一次定测。

1.0.4 平面坐标系统和高程系统应采用最新的资料,即平面系统采用1980西安坐标系,高程系统采用1985国家高程基准。当收集上述资料有困难时,可采用1954年北京坐标系和1956年黄海高程系。有条件时,宜将原有系统分别换算成1980西安坐标系和1985国家高程基准。

公路工程建设的局部重点工程,如大中桥、隧道、互通立交等以及小于路线长度30 km的小测区可采用独立坐标系;有条件时,应与全线或国家坐标系统联测,并采用整体平差方法进行严密平差,以便全线联结的一致顺畅。

本规范提出了投影长度变形值不大于25 mm/km的要求,即相对误差为1/40000,这样的长度变形能满足公路建设中施工放样测量精度不低于1/20000的要求。选择坐标系统时,在投影长度变形值不大于25 mm/km的原则下,还可采用高斯正形投影3°带或任意带平面直角坐标系统,投影面可采用1985国家高程基准、抵偿高程面或测区平均高程面。

1.0.5 地形图沿公路路线走向按基本图幅分幅,图幅分幅先以公路推荐线为主,然后进行比较线分幅。不同的路线以不同的图幅标号,一个工程采用一个工程名。

规范中规定了基本图幅规格为500 mm×500 mm或500 mm×400 mm;在个别地段,允许出现超过基本图幅规格,如500 mm×600 mm。

1.0.6 地形类别的划分。考虑到公路勘察的实际,将地形类别划分为平原、微丘、重丘、山岭四类。划分的标准主要是依地面坡度,同时参照《工程勘察收费标准》困难类别因素中地形条件。《工程勘察收费标准》规定:比高在20 m以内的小丘陵地为Ⅰ类,比高在21~80 m的大丘陵地为Ⅱ类,比高在81~150 m的山地为Ⅲ类,比高在150 m以上的山地为Ⅳ类。规范中依据地面高差的情况对地形类别进行了划分;当地面坡度与高差有矛盾时,以地面坡度划分为主。

1.0.7 基本等高距的选择。根据地形类别对基本等高距作出了规定,同时以等高线高程中误差的经验公式验算:

$$m_c = \frac{1}{4} H_d + \frac{0.8M}{1000} \operatorname{tg} \alpha \quad (1.0.7)$$

式中: H_d ——基本等高距,m;

M ——测图比例尺;

α ——地面坡度(°)。

在常用坡度,等高线的高程中误差均不应大于1/2等高距;在较大的坡段,也不大于一个等高距。

等高距的选择。在缓坡地1:1000~1:5000比例尺,多取等高距为比例尺分母的1/2000,山岭地为1/1000,1:500比例尺最小等高距为0.5 m,这种规格能保持等高距名义值不致有较大出入。

规范中还考虑到等高线不宜过密,规格也不宜过多。为更好地表示地形地貌特征,在1:500平原、微丘区和1:1000平原地区提供了两种基本等高距,在技术设计中依用图需要选择使用。

1.0.9 高程注记点。为了保证高程注记点的精度,其点位宜选择在明显地物或地形点上;密度要求应为图上25 mm~30 mm,因而规范中规定图上每0.01 m²面积内应有10~15个注记号。

1.0.10 地形图精度

地物点平面位置精度与国家规范一致,考虑到仪器设备性能的提高,达到这样的精度不会有困难。

在立体测图中,可能出现的主要高程误差有:

a. 加密点高程中误差,其对模型内各点影响的平均高程中误差 m_1 :

$$m_1 = 0.65 \times \frac{1}{\sqrt{2}} m_c \quad (1.0.10-1)$$

式中: m_c ——等高线高程中误差, m。

当全野外布点时,其影响值为 m_1 :

$$m_1 = 0.65 \times \frac{1}{10} H_d \quad (1.0.10-2)$$

式中: H_d ——基本等高距, m。

b. 模型高程定向残差,其对模型内各点影响的平均高程中误差 m_2 :

$$m_2 = 0.65 \times \frac{1}{2} m_r \quad (1.0.10-3)$$

式中: m_r ——高程注记点中误差, m。

c. 视差量测误差,其对模型内各点影响的平均高程中误差 m_3 :

$$m_3 = 1.21 \times \frac{H}{b} m_q \quad (1.0.10-4)$$

式中: H ——航高, m;

b ——摄影基线, mm;

m_q ——视差量测误差, mm。

对 230 mm × 230 mm 像幅, b 的取值:平原、微丘区为 85 mm,重丘区为 80 mm,山岭区为 70 mm, m_q 对精测仪宽角、特宽角取 0.025 mm,常角取 0.02 mm;对解析测图仪取 0.01 mm。

d. 测等高线动态误差的影响 m_4 :

平原、微丘为 0.1 m;重丘、山岭为 0.15 m。

综合上述误差影响,可得表 1.0.10。

表 1.0.10 立体测图高程误差估算

比例尺	地形类别	全野外		加 密		与基本等高距之比	
		A	B	A	B	A	B
1:500	平原	0.22	0.16			0.44	0.32
	微丘			0.30	0.26	0.30	0.26
	重丘			0.39	0.35	0.39	0.35
	山岭			0.52	0.48	0.52	0.48
1:1 000	平原	0.21	0.16			0.42	0.32
	微丘			0.36	0.33	0.36	0.33
	重丘			0.43	0.36	0.43	0.36
	山岭			0.96	0.92	0.48	0.46
1:2 000	平原			0.37	0.24	0.37	0.24
	微丘			0.41	0.30	0.41	0.30
	重丘			0.82	0.66	0.41	0.33
	山岭			1.09	0.95	0.55	0.48
1:5 000	平原			0.84	0.45	0.50	0.30
	微丘			0.98	0.63	0.49	0.32
	重丘			2.02	1.62	0.40	0.32
	山岭			2.71	2.34	0.54	0.47

注:表中 A 中数值为精密立体测图仪高程误差估值, B 中数值为解析测图仪高程误差估值。

平坦地区,对地物精度要求严格,这主要与拆迁征地有关。土石方工程数量,纵坡设计、通道、给排水设计等主要与高程精度有关。

从表1.0.10知,在缓坡地段,等高线的误差不大于 $H_a/2$,在较大坡段不大于 $H_a/1/2$ 或1个等高距,也是多数规范沿用的规定。

规范制定的等高线高程中误差将保证85%~90%以上的误差小于上述要求。对于解析测图仪达到表1.0.10-2的规定不会有困难;对于模拟测图仪,合理选择航高,作业中采取相应措施,亦可达到规范中表1.0.10-2的规定。考虑到地面坡度的影响,坡度大的地区达到规范中表1.0.10-2的规定亦是可能的。

1.0.11 摄影测量以两倍中误差作为极限误差;超过极限误差的可能性为5%,这是合理的。

1.0.13 测绘中采用的计算机应用软件应通过测绘有关部门的认可,这样可保证测绘成果的可靠性、正确性。

3 航空摄影

3.1 一般规定

3.1.1 航摄仪

公路航摄尽量选择性能先进的航摄仪,是出于以下考虑:我国目前主要使用180 mm×180 mm和230 mm×230 mm两种像幅的航摄仪,其中230 mm×230 mm像幅的航摄仪较180 mm×180 mm像幅的航摄仪性能先进,它的镜头分解力高、像场大,像片的利用率高,相同比例尺摄影要比180 mm×180 mm多出50 mm覆盖实地的宽度,对公路线形工程特别适用;在航带布设上,回旋余地大,大部分路段可以采用单航带摄影完成,经济效益好,技术操作简单,所以线形工程航摄应首选230 mm×230 mm像幅的航摄仪。

在选择航摄仪镜头焦距时,应根据摄区的地形情况和成图精度要求综合考虑;在保证飞机最低安全高度和避免摄影死角的前提下,尽量选用短焦距镜头进行航空摄影。

其他各项对航摄仪物镜的性能要求与国家标准《1:500 1:1000 1:2000比例尺地形图航空摄影规范》所列要求相同。

3.1.2 摄影材料和复制摄影材料

公路航摄对摄影底片和复制材料没有特殊的要求和限制,所列各条均为最基本的性能要求,与国家标准一致。

3.1.3 航摄比例尺

3.1.3.2 航摄比例尺分母与成图比例尺分母之比以4~6倍为宜,此值与国家标准《1:500 1:1000 1:2000大比例尺地形图航空摄影规范》一致。

3.2 航摄质量

3.2.1 飞行质量

本条中的1~5项对像片重叠度、倾角、旋偏角、航高差、航线弯曲度等各项的要求限差取与国家规范相同。

3.2.1.6 分区的摄影覆盖范围

(1) 沿路线走廊的纵向覆盖要求航带两端各超出分区范围一条基线以上,保证分区接头部位的搭接宽度,避免产生漏洞。

(2) 路线走廊的横向覆盖应尽量满足设计要求;航迹线偏移应小于像幅的10%,这是对飞行时航迹线偏移提出的比较严格的要求,以保证路线走廊带范围完全包含在像片的有效范围之内。

3.2.2 摄影质量

摄影质量各条、款、项均取与国家规范一致。

3.3 航带设计

3.3.1 公路航摄的特点

公路航空摄影的特点是带状摄影;以路线走向为导向,连续布设若干个首尾相接的航摄分区覆盖整个路线方案走廊;各航摄分区的设置宜首选单航带摄影。当路线弯曲过大或遇到需要加大摄影宽度的地段(如大桥、特大桥、大型互通式立交、多方案密集分布等)时,才布设多航带摄影。当路线比较顺直,走廊带宽度不太宽时,一般单航带摄影足以满足需要,如航摄比例尺1:10 000,像幅230 mm×230 mm,那么有效覆盖宽度达2.0 km,两侧各去掉500 m 预留成图范围,像片中央地带仍有1.0 km 宽度可做方案的技术性比选,一般情况是可以满足测设需要的。

3.3.2 航带设计用图及资料

3.3.2.1 航带设计用图分两种情况处理:一般情况采用1:50 000 地形图,这是结合公路工程一般用图习惯和线状长距离的特点,也结合摄影比例尺一般小于1:8 000 的特点确定的。另一种情况是,当遇到特殊地段,如大型构造物、大型互通式立交等需要大比例尺航摄时,宜采用1:25 000 或1:10 000 地形图做航带设计用图。国家规范在摄影比例尺大于1:10 000 时分两档处理,一是大于1:4 000 时,一般应采用1:10 000 地形图;当小于1:4 000 大于1:10 000 时,一般应采用1:25 000 或1:10 000 地形图。本规范从公路航摄特点考虑,取摄影比例尺大于1:6 000 一档,以及为特殊工程服务小面积块状摄影时宜采用1:25 000 或1:10 000 地形图做航带设计用图。

3.3.2.2 公路规划任务书、公路工程可行性研究报告、公路勘测任务书等技术文件是航带设计的依据,应收集齐全。对路线方案的技术参数,如各方案线转角点概略坐标、曲线半径、方案通过的重要控制点均应收集,为航带设计做准备。

3.3.3 航摄范围

3.3.3.1 依据有关技术资料在航带设计用图上标注出路线方案线(包括各比较线方案)或方案走廊带范围以及有特殊要求的区域范围。这部分工作是航带设计的基础工作,应认真仔细地进行,不能遗漏方案线。对有特殊要求的区域如大型构造物、大型互通式立交等应按相应指导性文件并征询设计人员的意见,在图上标注出需测绘地形图的范围。

3.3.3.2 路线部分的航摄范围以方案线(含各比较方案)控制,方案线两侧每侧应大于500 m;当给出走廊带范围时,两侧各超出走廊带范围线应大于300 m。在路线初测阶段,主要是方案比选,要有足够的走廊宽度做技术性比较以选出最经济合理的方案,这也是公路勘测设计引入航测手段的一种策略性的考虑。做航摄范围框定时,必须考虑路线方案做技术性比选的必然性,两侧应留有一定的余地。本规范考虑到一般成图宽度为路线每侧300 m,并留有200 m 的余地,可供方案技术性比选时扩宽成图范围使用。

3.3.3.3 路线起、终点处的航摄范围沿纵向各向外延伸2~3 条基线,这是为路线设计做接线处理时预留的余地。

3.3.3.4、3.3.3.5、3.3.3.6 各款均是对有特殊范围要求的区域如何进行航摄范围框画的规定,包括大桥、特大桥、大型互通式立交、长大隧道等。在航摄阶段,这些大型构造物的位置均未严格确定,在勘测设计阶段都将进行各种方案比选,航摄范围均周边外延一定宽度为方案比选留有余地。

3.3.4 航摄分区的划分与组合

航摄分区的划分以路线平面线形、摄区地形高差、航摄范围以及避免分区过短等几个因素综合考虑,并且优先选用单航带形式布设航摄分区,这也体现了公路航摄的特点。关于避免出现短于6.0 km 长的分区,一是因为分区过短将增加飞机转弯次数和空飞时间,二是航测外控布点时造成外控点之间跨度缩短、外业工作浪费。结合以往经验,一般摄影比例尺为1:8 000~1:10 000,像幅230 mm×230 mm,摄影基线为730 m~920 m 左右,航带网法布点一个网段的基线跨度约为5.8 km~7.3 km,本规范取低限6.0 km 做为航带设计时的一个约束条件。

遵照以上几条约束条件,分区划分与航带设计同步进行。一般用不同宽度的模片,以路线走向为导向,以航摄范围为控制,优化布设首尾相接的航摄分区覆盖全部路线方案走廊,并顺序编号。不同宽度的模片代表着不同航带数摄影在设计用图上的覆盖宽度。

3.3.5 航带设计成果资料的统计与计算

航带设计资料的统计计算是在航摄分区已经划定的基础上以分区为单位进行。统计计算出各航摄分区的航带数、航带长、摄影面积和基本像片数以及整个摄区的航带总数、航带总长、摄影总面积和基本像片总数。

在计算摄影面积时,各分区未计入多航带摄影时旁向重叠部分重复摄影的面积,整个摄区的摄影面积未扣除各分区接头部位互相搭接的区域面积。

各分区的基本像片数以及整个摄区的基本像片总数是航摄单位提供像片时的最基本数目。

3.3.6 航带设计应提交的成果资料

航带设计成果资料是编制航摄计划书、签订航摄合同和向有关单位报送航摄申请的必备文件之一,本规范列出的各项内容是结合公路航摄的特点且在目前是委托民航、军航等飞行单位航摄的基本状况而提出的。当条件成熟,本系统有航摄能力时,航摄技术设计就不单单是航带设计,还应包括飞行技术设计、摄影技术设计、飞行保障、通讯保障、航摄仪检定、摄影处理等多项内容,在目前状况下,这部分工作由飞行单位完成,所以本规范未列出。

3.4 航摄单位应提交的成果资料

本节所列的各条均是航摄单位向用户单位应提交的必要的成果资料。其中航摄像片,用户可根据需要并经双方协商,要求提供接触印像片、放大像片和涤纶正片或其中的一两种。当有特殊要求时,应在合同中明确规定。

航摄单位提交的成果中有质量指标的,如航摄底片、航摄像片等,其材料质量、摄影质量和飞行质量均应符合本规范相关条款的规定。在成果移交时,应做验收检查;对质量不合格的成果提出处理意见,采取补救措施,必要时返工重新航摄。

4 航测外业

4.1 一般规定

4.1.2 基础控制测量

4.1.2.1 控制点的测量精度和密度在满足像片控制联测的同时应尽量兼顾公路测设的需要,以达“一测多用”的目的。

平面控制测量四等以下各等级的最弱点相对于起算点点位中误差是根据测图精度及公路一般建筑物放样精度规定出来的。对于1:2 000、1:5 000比例尺地形图,单纯为测图目的布设的控制点,其精度相对于临近控制点只要不超过图上0.10 m即可;但这一要求不能兼顾公路路线的勘测放线,因此,规定1:1 000、1:2 000、1:5 000地形图不超过0.10 m,实践表明这一精度是可以达到的。

4.1.3 像片控制测量

规范是根据误差分配原则和生产实际能达到的精度提出的。

误差分配原则:1)前工序的作业成果对后一工序影响很小;2)最后总精度一定达到要求。航外工作是航内工作的前工序,所以在考虑航外允许误差时,也根据此分配原则。

像片平面控制点精度,以往均定为不超过图上0.1 mm,这在中小比例尺成图中是容易达到的,但大比例尺成图就不容易了。所以规范规定为像片平面控制点的点位中误差为1/5成图精度,即:平原、微丘为图上0.12 mm,重丘、山岭为图上0.16 mm,占地物点总误差20%。

像片高程控制点的精度随着布点方法、地形类别、等高距、比例尺等不同而有所差别。直接供内业加密时,按航外高程控制点误差占1/3总误差计算。

4.1.4 公路航测大比例尺成图的调绘,如果按照传统的调绘方法,按图式要求将地形要素在像片上一定位,内业成图以“调绘为准”,成果检查以“调绘片为依据”,这样做外业工期长。公路航测调绘工作主要是解决一个定性的问题,在像片上对各类地形、地物要素关键是作性质、数量、名称及相互关系的说明,调绘片仅作为内业定位的参考,不能作为内业定位的依据。

4.2 像控点的布设

4.2.2 单航带布点

4.2.2.1 在C-120上加密时,PAT-M加密程序需要在航带的首端输入两个野外像控点及一个图解点(即在1:50 000或1:10 000地形图上图解得到的坐标及高程),为了满足加密程序的这一要求及提高单航带加密精度,实际工作中,在航带的首端布设三个像控点。

4.2.2.2 关于航带段首末端点间的间隔基线数估算,是根据王之卓、李德仁、郑肇葆教授提出的精度估算公式(4.2.2-1)、(4.2.2-2)、(4.2.2-3)、(4.2.2-4),将成图时允许加密点的精度(以地面的比例表示)分别代入以上几式,以反求航带段端点间基线数。

$$\text{常角} \quad M_s = \pm 276m_q \sqrt{n^3 + 20.5n + 35} \quad (4.2.2-1)$$

$$\text{中角} \quad M_s = \pm 0.239 \frac{H}{f} m_q \sqrt{n^3 + 85n + 52} \quad (4.2.2-2)$$

$$\text{宽角} \quad M_s = \pm 0.239 \frac{H}{f} m_q \sqrt{n^3 + 30n + 52} \quad (4.2.2-3)$$

$$M_z = \pm \frac{H}{8b} m_q \sqrt{n^3 + 12n + 95} \quad (4.2.2-4)$$

式中: M_s ——加密点的平面中误差, m;

M_z ——加密点的高程中误差, m;

H ——相对航高, m;

b ——像片基线长度, mm;

m_q ——视差量测的单位数中误差, mm;

n ——航向相邻控制点间的基线数。

f ——摄影主距, mm。

平原、微丘区 $b=85$ mm, 重丘 $b=80$ mm, 山岭 $b=70$ mm。 m_q 对于宽角、特宽角取 0.025 mm, 对于常角取 0.02 mm。

公路航测多采用单航带摄影, M_s 、 M_z 为单航带加密最弱点处的平面和高程中误差。

4.3 基础控制测量

4.3.1 选石与埋石

各等级基础控制点的选定应根据路线方案走向和像片连测的需要进行; 点位宜按起终点方向顺序编号, 实地离路线方案中线不得小于 50 m, 以便控制点能较长时间保存。

4.3.2 平面控制测量

4.3.2.1 GPS 测量

GPS 测量不局限于定位模式, 重点在于采用 GPS 测量的一般要求, 如图形强度因子(PDOP)、卫星高度角等。结合公路测量, 参考传统测量方法的精度要求, 对 GPS 定位测量的基线长度及其精度作了与传统方法精度相当的规定。

关于 GPS 网与附近高等级地面控制点联测以便作约束平差问题, 其联测点数不得小于 3 个是从 WGS-84 坐标系与路线控制测量坐标系转换需要出发, 至少要 3 个联结点, 才能求得 7 个转换参数。

对于 GPS 网点间通视要求没作明确的规定, 目前应用 GPS 进行路线四等控制测量加密, 每隔 8~10 km 设置一对点, 这一对点之间距不应小于 500 m 并要求相互通视, 以便于常规测量方法进行控制联测。

4.3.2.2 光电测距导线测量

公路导线一般可视为直伸附合导线。为了便于推导, 假设导线边之间的夹角均为 180° , 导线总长为 D , 平均边长为 S , 由测角误差和测边误差所造成的导线纵横向误差分别为:

$$m_1 = \sqrt{n} m_s$$

$$m_u = \frac{Dm_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{n+3}{12}} \quad (4.3.2-1)$$

由误差传播定律可得导线终点点位总误差为：

$$M = \pm \sqrt{m_{Dn}^2 + \left(\frac{m_\beta D}{\rho}\right)^2 \frac{n+3}{12}} \quad (4.3.2-2)$$

取两倍作为极限误差，导线全长相对中误差为：

$$\frac{1}{T} = \frac{2M}{D} \quad (4.3.2-3)$$

根据上述公式可计算出不同等级导线测量的主要技术指标，如表 4.3.2-1 所列。

表 4.3.2-1 不同等级导线测量的主要技术指标

等级	导线长度(km)	平均边长(km)	测角中误差(")	每边测距中误差(mm)	导线全长相对中误差
四等	20	2.0	±2.5	±18	1/38 662
一级	10	0.5	±5.0	±15	1/14 609
二级	6	0.5	±8.0	±15	1/10 322

关于结点间、结点与高级点间的导线长度，是从较常用的导线网形出发，当最弱点的中误差与单一附和导线最弱点位中误差近似相等时，各环节段的长度以附和导线长度为单位，经计算求得图形的结点间、结点与高级点间长度约 0.5~0.75 倍，本规范取 0.70 倍。

4.3.2.3 水平角观测

水平角各测回均匀分布在度盘分划的各个位置，其目的是为了清除光学经纬仪度盘的分划误差对测角的影响。观测时方向数少于 3 个时，观测时间短，不归零对观测精度影响不大，若要求归零，反而增加了野外工作量。当观测方向总数超过 7 个时，由于方向数多了，观测时间较长，气象等观测条件变化较大，不容易使各项限差满足要求，因此要求分组观测。

当照准方向垂直角超过 3° 时，该方向的 2C 互差可按同一观测时间段内相邻测回进行比较。根据仪器视准轴误差(C)和横轴误差(i)对同一方向盘左观测值减盘右观测值的影响为：

$$L-R = \frac{2C}{\cos\alpha} + 2itg\alpha \quad (4.3.2-4)$$

当垂直角 $\alpha=0$ 时， $L-R=2C$ ，即只有当视线水平时， $L-R$ 才等于 2 倍的照准差，因此，2C 的较差受垂直角的影响为：

$$\begin{aligned} \Delta 2C &= \left(\frac{2C}{\cos\alpha_1} + 2itg\alpha_1 \right) - \left(\frac{2C}{\cos\alpha_2} + 2itg\alpha_2 \right) \\ &= 2C \left(\frac{1}{\cos\alpha_1} - \frac{1}{\cos\alpha_2} \right) + 2i(tg\alpha_1 - tg\alpha_2) \\ &\approx C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} + 2itg\Delta\alpha \end{aligned} \quad (4.3.2-5)$$

对于 DJ₂ 型经纬仪，2C 可校正到小于 30"，即 $C \leq 15''$ ，当 $\alpha_1 = 10^\circ$ 时， $\alpha_2 = 0^\circ$ 时， $C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} = 0.46$ 。可见，此值与 2C 较差限差 13" 相比是较小时，因此，上式 2itg $\Delta\alpha$ 是影响 2C 较差变化的主项。

对于 DJ₂ 型仪器，一般要求 $i \leq 15''$ ；但由于 DJ₂ 型仪器水平轴不便于外业校正，所以若 i 角较大时，也得用于外业。

i 角对 2C 较差的影响见下表。

表 4.3.2-2 i 角对 2C 较差的影响(")

$\frac{2i \operatorname{tg} \Delta \alpha}{i}$	$\Delta \alpha$	5°	10°	15°	20°
15"		2.6	5.3	8.0	10.9
20"		3.5	7.1	10.7	14.6

显然, 2C 较差受仪器 i 角及观测垂直角影响较大, 对于 i 角较大或较小情形, 限差有时还显得不够合理。因此, 规范规定, 当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时, 该方向的 2C 较差可按相邻测回进行比较。

4.3.3 高程控制测量

4.3.3.1 水准测量

水准测量精度及埋设密度以满足像片高程控制测量为主, 适当兼顾路线及其构筑物的高程控制, 因此, 对于水准点埋设密度在此不作明确的具体规定。附和水准路线的长度是以首级水准网或水准路线中互为最远点之间的高差中误差不应超过 ± 40 mm 的精度指标推算出来的, 由线路中某点高差中误差相对起算点而言的关系式:

$$m_{hi} = M_w \sqrt{\Sigma D_i} \quad (4.3.3-1)$$

当 $m_{hi} = 40$ mm, $M_w = 10$ mm 时, 得 $\Sigma D_i = 16$ km, 此时水准路线全长规定为 30 km。

水准测量由于受地球曲率的影响, 对于一条水准路线, 则:

$$\Delta h_{AB} = \Sigma \left\{ \frac{1}{2R} (S_2 - S_1)(S_2 + S_1) \right\} \quad (4.3.3-2)$$

式中: S_2 ——后视;

S_1 ——前视。

设每测站 $S_2 + S_1$ 相等, 有

$$\Delta h_{AB} = \frac{1}{2R} (S_2 + S_1) \Sigma (S_2 - S_1) \quad (4.3.3-3)$$

在实际测量中对 $\Sigma (S_2 - S_1)$ 加以限制, 使 Δh_{AB} 不致过大, 以有效地控制地球曲率对水准测量的影响。当 $S_2 + S_1 = 200$ m, $\Sigma (S_2 - S_1) \leq 10$ m 时, $\Delta h_{AB} \leq 0.16$ mm, 以普通水准测量对成果的精度要求而言, 这样的误差可以忽略。

4.3.3.2 光电测距高程导线测量

由于公路建设经常穿越山丘地带、沼泽、水网发达及植被覆盖异常茂密的地区, 在这些地方采用几何水准测量效率低并相当困难, 本规范规定在这些困难地区可用光电测距高程导线测量代替四、五等水准测量。

光电测距高程导线测量的附和长度不作具体规定, 但最大不应超过几何水准测量相应的附和长度要求。光电测距高程导线测量各项误差分析:

光电测距往返高差中误差的计算公式为:

$$m_h = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sin \alpha m_D)^2 + \left(D \cos \frac{m''_\alpha}{\rho''} \right)^2 + \left(\frac{D^2}{2R} m_k \right)^2 + m_i^2 + m_v^2 \right]} \quad (4.3.3-4)$$

(1) 测距误差: m_D 对高程的影响与垂直角 α 的大小有关, 由于中、短程光电测距精度高 ($m_D = (5 + 5 \text{ppm} \cdot D)$), 因此它对高程精度的影响很小。

(2) 测角误差: 垂直角观测误差对高差的影响随边长 D 的增大而增大。为削弱其影响, 一方面控制边长不要过长, 规范规定不超过 1 km; 二是增加垂直角观测测回数, 提高测角精度, 使 m_α 在 2" 之内进行四等高程控制是完全可行的。

(3) 大气折光影响的误差: 垂直角与边长采用对向观测或隔站观测, 而且又在尽可能短的时间内进行, 大气折光系数的变化是相当小的, 可以说对向观测垂直角和边长可以很好的抵消大气折光的影响。

(4) 量高误差: 作业时用量测杆量取仪器高和觇标高各两次至 1 mm, 取中数后 $m_i = m_v = 2$ mm 是可

以做到的。

综合上述误差影响,电磁波高程导线测量代替四、五等水准测量是完全可以达到的。

4.4 像片控制测量

4.4.1 像片控制点的选刺

4.4.1.1 像控点的选刺是提高成图精度的重要一环,本规范强调了像控点应选在相邻像片上影像清晰、近于直角的线状地物的交点或地物拐角上。但在海滨或水网地区,有些在像片上位置和刺点目标良好的点位,到实地去选刺时,发现目标已不存在,这是因为受潮汐及人为因素的影响,故需特别注意。

4.4.2 像片控制点的整饰

4.4.2.3 像控点的整饰常采取以点位略图和说明为主、刺点为辅的判刺法。点位略图和说明十分重要,要求在现场完成,不允许事后补绘。

4.4.3 像片控制测量主要结合现代测绘技术的发展,制定了有关导线、交会法及GPS测量等方法的技术要求。对于传统的线形锁、钢尺量距导线等传统方法不作具体要求,根据实际需要可参考国家有关测量规范进行作业。

4.4.3.3 GPS测量

GPS观测时间跟观测时星历质量、像控点至基础控制点的距离、定位模式以及接收机的性能等条件有关,观测条件良好时,采用静态定位、快速静态定位以及实时定位(RTK)所需时间都各不相同,应根据解算和检核基线向量的需要来确定。

像控点与基础控制点的差分向量所组成的图形为单三角形时可采用同时段二测段观测较差作为检核条件。

4.4.4 像片控制点的高程测量

GPS测量具有三维定位能力,除精确测定平面坐标之外,还可精确测定其大地高程。在测区地球重力场模型精确建立或已知足够的重力测量数据,或结合已知水准点资料,就可精确地将大地高转换为我国采用的正常高系统。像片控制点采用GPS水准测量的方法就是采用GPS定位技术求得像片控制点的大地高,然后采用几何水准测量方法联测适量GPS控制点,通过联测点正常高与大地高的差值来拟合待测像控点的正常高。据武汉测绘科技大学试验资料,利用GPS进行高程测量的多次结果(包括××山岭地),高程点位中误差均在±50mm以内。××市勘测设计院布设的××城市GPS控制网的高程精度达到三等。交通部第二公路勘察设计院近几年来在××国道主干线等高速公路勘测中也大规模地应用了GPS测量技术进行路线控制测量、航测外控测量及重点工程的控制测量,利用GPS在××线某路段的高程测量精度达到了±39.1mm;利用GPS测量在××一级汽车专用公路的像控点高程控制测量的拟合精度达到±18.7mm等,拟合出的高程经与水准测量高程相比较其值均达到了像控点高程控制测量精度的要求。

采用GPS水准法测量出的像控点的高程完全能够满足1:2000地形图成图时高程控制点相对于最近基础控制点的高程中误差不应超过基本等高距的1/10的要求。

GPS高程测量采用二测段高程较差的方法来提高成果的可靠性。

4.5 像片调绘

4.5.3 像片房屋调绘以房檐滴水线为准,这是根据公路航测的特点而制定的。因为公路设计用图往往时间紧、任务急,如进行房檐改正的话,势必投入大量的人力、物力,且成图周期加长。对于路线方案所经居民区的房屋,可在路线初步设计经济调查时予以实地丈量进行改正。

由于内业成图时主要根据立体影像进行调绘,调绘片仅作为内业定位的参考,故对路线100m外成片毗连房屋及其他地物的综合取舍指标订得宽一些。

4.5.4,4.5.5 这两条所包括的内容在像片上的影像信息不是很明显,且对公路设计又有直接的关系,属野外调绘的重点。

5 航测内业

5.1 一般规定

5.1.2 规范中规定内业加密点对最近野外控制点的平面和高程中误差分别不大于地物点平面位置中误差的 $1/\sqrt{2}$ 和等高线高程中误差的 $1/\sqrt{3}$ 规范中规定的具体数值即是以此原则进行计算并凑整后的值,这样规定对像片纠正、微分纠正和立体成图均能保证成图的最终精度,能满足公路勘察设计的要求。

5.2 解析空中三角测量

5.2.1 转点与选点

5.2.1.1 野外控制点只转标不转刺,作业中依据像片上野外刺孔、绘制的详细点位略图和说明,在室内作出影像判断,这样可减少由于转刺带来的刺孔偏差。

5.2.1.3 加密点的选点要求

(4) 区域网平差时,由于用于公路勘察设计的航片比例尺较大,公路在困难地区穿行等使得在飞行过程中很难保证像片能在六度重叠内选点。为保证区域内像片连接及构网,很有必要将像片重叠处选取双点,使其旁向连接。双点连接也可增加内业加密的可靠性。

5.2.1.4 为了不致出现过多的孔位,影响立体观测,规定一个点位只刺孔一次,且刺于位于过主点垂直于方位线的像片上。

5.2.1.6 加入湖面、水库水面、GPS 测量等辅助数据可以提高加密的精度及成果的可靠性。

5.2.3 作业中的各项限差要求

5.2.3.2 模型连接较差采用式(5.2.3-1)、(5.2.3-2)估算:

$$m_s = \pm 1.66 m m_q \times 10^{-3} \quad (5.2.3-1)$$

$$m_h = \pm 1.21 \frac{mf}{b} m_q \times 10^{-3} \quad (5.2.3-2)$$

式中: m_s ——平面位置中误差, m;

m_h ——高程中误差, m;

m ——像片比例尺分母;

m_q ——上下视差量测中误差, mm;

f ——航摄影主距, mm;

b ——像片基线长度, mm。

精密立体测图仪对于宽角、特宽角 $m_q = 0.025$ mm, 常角 $m_q = 0.02$ mm; 解析测图仪 $m_q = 0.01$ mm, 取两倍中误差作为限差, 由此推得模型连接允许的较差。

5.2.4 当采用同精度独立的真误差计算中误差时, 采用(5.2.4-1)计算。

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (5.2.4-1)$$

当采用两次观测值较差数 d 计算中误差时, d 的权为观测值的权的 $1/2$, 采用式(5.2.4-2)计算。

$$m = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (5.2.4-2)$$

式(5.2.4-1)、(5.2.4-2)中: Δ ——真误差, m;

d ——观测值较差, m;

n ——观测的点数;

m ——中误差, m。

5.3 影像图

5.3.1 影像图的分类。规范中影像图的影像分为可见光全色黑白航空像片、可见光真彩色航空像片、假

彩色红外航空像片、黑白红外航空像片、卫星图像(如陆地卫星 MSS、TM 图像, SPOT 卫星图像等)。在公路勘察设计中,不同的阶段对影像图的需求是不一致的。在工程可行性研究阶段,主要表现总体方案,区域地质、地貌及经济状况,这阶段用粗略的像片图即可,即将航摄像片简单拼接,概略比例尺归化,不必像片精确纠正,即使在重丘、山岭地亦如此。在初测阶段及定测阶段,主要是作方案比选及在优选的方案基础上进行施工图设计,要求影像图准确,在这个阶段,要求像片平面图及正射影像图。

影像地形图是像片平面图或正射影像图加带等高线,它与常规地形图相同,可以直接用于公路设计。

5.3.4 在公路沿线地理条件复杂地区,桥涵、隧道等重大构造物地段,采用适当比例尺的红外航空摄影或远红外扫描图像,可以分析不良地质现象对重大构造地物的影响,以便为设计方案的确定提供依据。

5.3.5 纠正镶嵌时,底片刺点中误差为 0.04 mm,纠正对点中误差为 0.3 mm,切割线、重叠、裂缝中误差为 0.1 mm,片与片、带与带接边中误差按像片纠正时综合法成图的地物平面位置中误差不超过 0.6 mm 考虑,本规范中所列数据以两倍中误差为其限差。

5.3.6 当高差在一定比例尺成图上引起的投影差小于 1 mm 时,不分带纠正;当高差超限时,应分带纠正,每带由高差引起的投影差亦应小于 1 mm。

5.4 精密立体测图仪测图

5.4.2 装片时像片归心误差按式(5.4.2)计算:

$$\delta_r \leq \frac{\delta_h}{\sqrt{2}h} b \quad (5.4.2)$$

式中: δ_r ——装片归心偶然误差,mm;

h ——像对内高差,设其为 $H/4$,m;

δ_h ——归心误差产生的高差误差,设为 $H/3\ 000$,m;

b ——像片基线长,mm。

设 $b=80$ mm,则 $\delta_r \leq 0.075$ mm。

由此可见,仪器的装片归心精度要求较高,它是测图工序中关键的第一步。如果这一步没做好的话,相对定向工作无法进行,故在实际作业中应使框标标志严格对准像片盘的相应标志。当像片上具有机械和光学两种框标标志时,应使用光学框标标志归心。在有些情况下,当像片的框标与承片玻璃上的框标线不能重合时,应将其配赋到最佳状况。

5.4.3 内业测绘地物、地貌时,主要是通过立体测图仪对像片上已有的影像进行精确定位,调绘片仅只作为内业定位的参考;当发现调绘片有错时及时进行修正并在背面进行说明。

5.7 数字测图

5.7.1 数字测图系统。数字测图系统繁多,有些是将立体坐标量测仪、机械模拟测图仪联机改造,使之具有数据采集与记录能力;有些是解析测图仪;目前出现了全数字化测图系统。总之,具有数据采集并具有对采集数据进行编辑能力的设备均可作为数字测图系统。

5.7.2 成果图形文件格式有多种,如 DXF 或(DWG)、DGN,还有 TIF 等,为便于公路 CAD 使用,规范推荐了 DXF(或 DWG)格式,这种格式在 Microstation 及 AutoCAD 中通用。另外,考虑到一些成果便于阅读、调用及修改,规范中还推荐了 ASCII 格式。

5.7.4 不同的数据采集系统的编码体系不尽一致,但为了统一标准及转换到其他编码体系,规范中规定须具备转换编码的手段与能力。

5.7.6 图形编辑。图形编辑是数字测图的重要环节。在编辑中应对各种注记及地物进行编辑,并存放于不同的层中。在编辑中应注意线条的光滑性,注意修改与存放同步,注意各种闭合图形的检查,更为重要的是各种数据应当备份。

6 地面摄影测量

6.1 一般规定

6.1.1 地面摄影测量适用范围。由于地面摄影测量的高程精度高,在公路工程建设中适用于陡峭的山区、高山区以及桥、隧地址图的摄影测量;另外因航空摄影测量安全航高的限制,航摄比例尺不可能摄得较大,为测绘更大比例尺地形图,地面摄影测量弥补了它的不足。

6.2 摄站点的布设及摄影控制

6.2.1 地面摄影控制点的布设

6.2.1.1 摄影纵距最大值的规定

(1) 本规范规定的数值,根据摄影经纬仪和测图仪的性能以及摄影作业的基本情况,依据理论公式作如下分析:

$$\frac{m_y}{Y} = \frac{Y}{Bf} M_p \tag{6.2.1-1}$$

式中: Y ——以左摄影站为原点的测点空间纵坐标;

B ——摄影基线长;

m_p ——左右视差的中误差;

m_y ——由于观测 m_p 引起的 Y 距的中误差。

式(6.2.1-1)说明,当 P 的量测精度不变时, Y 距的误差 m_y 与 Y 的平方成正比,与基线长 B 和摄影经纬仪的焦距 f 成反比。因而在一定程度下,增长基线长度和摄影机焦距,将会提高 Y 的精度。

如果 Y 距的允许相对中误差为 $\frac{1}{1000} m_p = 0.01 \text{ mm}$, $f = 200 \text{ mm}$ 时,代入式(6.2.1-1)可得 $Y = 20B$ 。同样当摄影机焦距 f 为 300 mm 、 200 mm 、 160 mm 、 100 mm 、 60 mm ,测图比例尺为 $1:500$ 、 $1:1000$ 、 $1:2000$ 时,其允许 Y 方向的平面点位中误差 m_y (实地)分别为 0.5 m 、 1 m 、 2 m 、 5 m ,代入式(6.2.1-1),即得本规范中各摄影纵距的最大值。

为求立体模型内平均的 $m_{y\text{平均}}$,即:

$$m_{y\text{平均}} = \frac{m_p}{Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}} = \int_{Y_{\text{min}}}^{Y_{\text{max}}} 0.05Y dy \tag{6.2.1-2}$$

积分上式以 $Y_{\text{max}} = 10B$, $Y_{\text{min}} = 4B$ 代入并整理后得:

$$m_{y\text{平均}} = 0.035Y m_p \tag{6.2.1-3}$$

根据本规范所规定的纵距最大值分别代入式(6.2.1-3),已能满足本规范提出的图上地物点的点位中误差 $\pm 0.8 \text{ mm}$ 的要求。

(2) 从提高成图效率出发考虑。所谓成图效率,实际就是一个像对能测多大面积图的问题。下面讨论一个立体像对成图的面积,如图 6.2.1,它决定于仪器像场角的大小和纵距 Y 的大小。

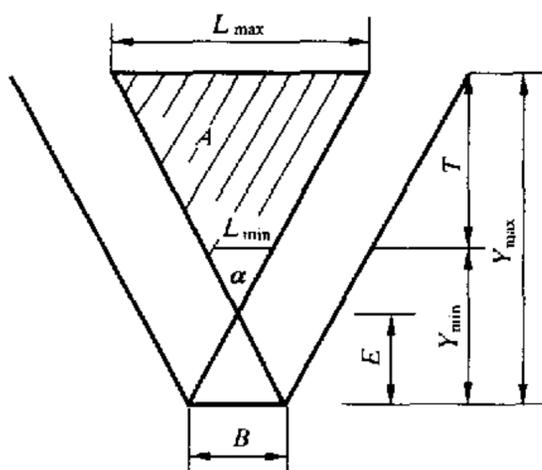


图 6.2.1 立体像对成图面积

设 $f=200\text{ mm}$, 此时有效像场角 $\alpha=33^\circ\sim 50^\circ$, 取 $\alpha=50^\circ$, 则:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx 0.5$$

$$T = Y_{\max} - Y_{\min}$$

$$L_{\max} = 2(Y_{\max} - E) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$L_{\min} = 2(Y_{\min} - E) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

所摄面积:

$$A = \frac{1}{2}(L_{\max} - L_{\min})T \quad (6.2.1-4)$$

$$\text{而 } E = \frac{B}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \approx \frac{B}{2} \operatorname{ctg} 25^\circ \approx B$$

将 L_{\max} 、 L_{\min} 、 T 及 E 值代入式(6.2.1-4)得:

$$A = 0.5(Y_{\max} - Y_{\min})(Y_{\max} + Y_{\min} - 2B) \quad (6.2.1-5)$$

式中: A ——像对摄取有效面积, m^2 。

本规范中规定当摄影机 $f=200\text{ mm}$ 时, 测图纵距 $Y_{\max}=M$ 、 $Y_{\min}=0.4M$ 、 $B=0.1M$, 代入式(6.2.1-5), 则:

$$A = 0.36M^2 \quad (6.2.1-6)$$

式中: M ——测图比例尺分母。

对于 1:1 000 测图而言, 像对重叠面积(即测图范围)在一幅图以上; 对于 1:500、1:2 000 不难看出, 也趋于最佳的成图范围。

综合上述理由, 可见本规范规定的摄影基线长度与最大、最小摄影纵距的关系式应为:

$$\frac{Y_{\max}}{15} \leq \frac{B}{\cos \phi} \leq \frac{Y_{\min}}{4} \quad (6.2.1-7)$$

式(6.2.1-7)是比较合理的。

6.4 像片调绘

6.4.1 地面摄影时, 由于摄影的方式受地形、地物的遮挡较大, 故对远景处的隐蔽地物、坑穴或低凹地应附加草图或说明。

6.5 测图

6.5.3 过去认为地面摄影测量成图的高程精度比航测成图高, 因而模型的绝对定向高程不符值比航测规定得严一些, 这次制定规范时作了适当调整, 与航测统一为一个指标。

7 数字地面模型

7.1 一般规定

7.1.1 数字地面模型 DTM 是现代测绘技术发展的产物, 它起源于利用航空摄影测量对地面信息的数字化获取, 并最早在公路计算机辅助设计(CAD)中得以应用。数字地面模型是通过对一组代表地面特征空间分布及属性的离散数值点阵, 以建立数学模型的方法, 来描述有限范围内连续的地表特性的一种地形表示手段。在公路勘察设计领域的应用中, DTM 可自动完成对地面信息的数值计算和图形处理, 包括任意点高程计算、纵横断面计算与绘图、体积计算、地形图、地貌透视图、路线带状平面图绘制、正射影像图制作等。

DTM 系统包含三个主要部分: 地面数据获取、建立数学模型和成果应用。从这一意义上讲, DTM 一定程度上扩展摄影测量概念, 超出了传统意义上的摄影测量范畴。但从目前国家或地区地理信息数据库 GIS 的建立以及大量的 DTM 应用实践来看, 摄影测量技术仍是地面原始数据获取最主要且最有效的

手段,另外,新近发展起来的数字摄影测量DPS技术已与DTM密不可分;另一方面,DTM系统又是联接公路CAD与测量技术之间必要的环节。因此,将“数字地面模型”部分作为《公路摄影测量规范》独立的一章是必要的,具有较好的现实和发展意义。

目前计算机硬、软件及外部设备的发展极为迅速,难以对计算机技术的发展趋势作出十分准确的预测,从规范的作用期限而言,不便对DTM系统需配置的基本硬、软件作出硬性的规定。可以肯定,目前主流的计算机工作站、PC机以及今后NC机(网络计算机)均已具备了足够的数字和图形处理能力,一般均可满足DTM系统的要求。各种外部设备,包括打印机、绘图仪、数字化仪、扫描仪等情况类似,本规范中均未对此作出规定;但外部输入、输出设备应作必要的检验,以确保其图形成果质量满足设计用图需要。

7.1.2 DTM作业中的原始数据采样方式、点位密度、构网模型、应用成果内容及其与路线CAD的接口方式等均是DTM系统中一些影响后续成果质量和生产作业的主要因素,作业前应对此予以充分重视,并以技术设计书的形式作出明确的规定。

7.1.3 地形图数字化或二次插值获得的数据必然比其原始资料具有一定的精度损失,在此基础上建立的DTM原则上应降低一等精度使用,一般不宜用作于对施工图设计进行地形处理。

7.2 数据获取

7.2.1 摄影测量是迄今各种DTM系统应用中最主要的数据获取手段,其速度快,精度均匀,能大量获取数据且地形细部表现能力强。由于现阶段国内公路勘察设计中应用航测技术,尤其是航测数字化产品的能力还不够充分,因此在公路DTM应用中,大面积数据一般利用原有地形图数字化获取,并通过野外实测补充局部重点数据。这一采集数据手段是可行的,且今后估计将会继续大量存在。因此规范中除摄影测量方法外,亦编制了采用其他方式获取地面数据的一些规定,包括野外实测、原有地形图的数字化以及利用已有地图数据库或GIS系统中的有效数据等,这几种方法获取的数据可在等精度且满足公路设计要求条件下综合使用,互为补充。

7.2.2 数据源。DTM需以大量的地面数据为基础,因此规范中不主张采用手工数据记录方式,以避免产生人为错误反而使DTM的精度和效率降低。一般情况下均应采用电子记录装置自动记录数据。对机械模拟式航测设备可对其实施半解析化改造而达到这一要求;对局部的或少量需更改、补充的数据可采取手工数据记录,但需严格校对。

已有地形图的数字化可通过数字化仪或扫描仪完成,应对原图进行必要的检查,确定其是否满足设计用图需要。另外需对图纸进行变形改正和比例尺规化等操作。

通过野外地面实测进行数据采集时,一般均可按机助制图方式进行作业。国家技术监督局对此制定了《大比例尺地形图机助制图规范》,一般情况下均可参照执行。

关于地图数据库的已有数据:目前某些地区尤其是大中城市及其附近地区,已建立起了大比例尺的区域地图数据库或GIS系统。据调查,这些数据来源不一,精度也不一定完全一致,因此对于其中可用的地形数据在考虑其精度、内容及适用性和可操作性后,亦可采用。

7.2.3 数据采集单位的划分考虑了生产作业安排和公路勘察习惯。

7.2.4 根据实践经验,数据获取的形式主要取决于工程计算的精度要求和取点记录、存贮的方便;数据采样的好坏将直接影响到工程的计算结果,而无论采用何种数学模型描述地面,均无法弥补由于采样造成的精度损失。规范中所提出的6种数据获取形式是公路DTM系统中采用的几种主要数据采集形式。

比较而言,按规则格网采集数据最为简单方便,只需记录每一节点的高程 Z 及起算点坐标 (X_0, Y_0) ,无需判别地形,避免了人的主观影响,采用摄影测量作业时还可实现自动化取点;但这一采样方式会遗漏某些地形特征点,从而降低精度,接边也较困难。按断面采样与此类似。上述缺点可采用渐近采样法予以弥补,但对采样设备或控制计算机的要求较高。

按离散点采样的优势是数据量少、点位特征好、精度亦较高,采点方式类似于野外平板仪测图,可适用于各种数据源;其不足的是人为主观因素影响较大,自动化程度低。

按等高线采样获取线串点,则有下列优点:

(1) 不必预先确定格网,不存在接边麻烦。

(2) 地形图数字化时,可充分利用地形图上的各种有效信息;航测作业时遇到像片上的阴影、伤痕等部位,可利用地理精度对离散点挑错。

(3) 由等高线构成了完整而易见的全部地形,能确保特征点(沟、峰、谷、鞍等)的齐全。

(4) 地形图与DTM同时生成,即刻可进行公路设计和CAD作业。

(5) 采样方式与常规测图相仿,作业员乐意接受,也易于推广。

7.2.5 对大比例尺地形图的地形、地物的属性编码,国家测绘部门已有了较详细的规定(见《1:500 1:1000 1:2000地形图要素分类与代码》),本规范中不再另行编制和说明。

7.2.6 原始采样数据文件以ASCII码记录是为了便于各种系统均能通用;规定以采样单位按地形、地物分类存放、文件记录长度限制以及文件名和数据说明文件等都是为了有利于对数据的检核、管理、保存和避免大的损失。

数据文件记录长度规定为不宜超过30000个,是因为某些16位计算机上的DTM系统或字处理软件中采用的计数器常采用整常数,其最大记数值为 $2^{15}-1$,即32767,考虑一定的余留量后取整,即规定每一文件最大记录不宜超过30000个;另一方面此规定也是为了在某一文件遭到破坏后避免更多的损失。

7.2.8 现代DTM研究表明,DTM的处理精度很大程度上是取决于采样点的密度、精度及其合理性与特征代表性,而各种内插方法在考虑对特性线的处理后,其精度差别较小。应该认为,采样间隔涉及到地面模型的精度要求、测图比例尺、地形类别、特征及采样设备和记录装置的容量和处理速度等方面。一般情况下,数字模型的精度要求越高,点的密度要求越大;地形越复杂,为正确反映地形特征,也要求有较大的点位密度。另一方面,由于计算机内外存容量总是有限的,在数据的存贮和处理速度等方面总是希望点数少些较好。

综合考虑上述情况后,规范中对采用摄影测量和地形图数字化时规定的采样点密度,在一般地区是按 $M/100$ (M 为比例尺分母)或相应比例尺的图上每10mm一点为参考值考虑的,重丘山岭地区加密一倍;野外实测采点则与一般平板测图野外跑尺类同。

7.2.9 检查点用于数据采样和DTM处理精度分析和控制。

7.3 数据编辑和预处理

7.3.1 对数据传输方面的规定均是为了保证数据交换的正确性。

7.3.2 数字地面模型必须保证每个原始地面点的正确性,否则,插值处理时会出现“大脉冲”现象,所以挑错是一项必要的而且是仔细的工作。数据点的挑错可采用人工方法、人机交互方法或图形编辑方法。人机交互方式剔除粗差是一种简便可行的方法,其工作程序是将每一采样数据点作为未知数进行内插原理计算,并与采样点高程值比较,对于大于2或3倍先验中误差的采样点可假定为可能的粗差点,然后人工确定其正确性。这一方法只适用于独立的粗差点,对于一定面积范围内整体数据出现的错误,则采用图形编辑方法较为合适。

规则地物在几何图形上有其内在规律性,而在采样过程中必然会带有某种误差,这将影响这些地物的正确表示。规范中要求对这些地物作必要的规格化处理,通常可用平差或几何纠正等方法予以自动改正。

7.3.3 数据编辑和预处理的工作是将那些分别采样的数据文件进行统一坐标换算、格式与编码标准的统一、数据校核、剔除粗差、文件及记录的归类、合并、接边处理等。

7.3.4 数据管理模式。公路设计一般呈带状分布,因此需要有适合于这一分布特点的数据管理模式。以设计路线主体方向、按一定距离进行分区的格网式数据管理模式是较适应于公路设计特点的。以每公里为一分段长度亦是基于公路设计特点考虑的。

DTM插值计算总是希望能有较快的速度,而内插过程中搜索插值参考点需要较多的时间,因此,希望能在待定点所在的管理格网内或至多不超过其相邻8个格网内,一次就能确定所有的参考点而无

需再扩大搜索范围,如图7.3.4所示。管理格网的边长 D_x 在DTM系统中一般均按采样点平均密度自动计算,它与采样点间距 ΔD 和点数 n 之间有如下关系式:

$$D_x = \sqrt{n} \Delta D$$

按规范要求每一管理网内平均管理约20~30个数据点,则 D_x 约为5倍。按1:2 000山岭区采点要求, ΔD 为10 m,则管理网边长取50 m,基本上与实际工作经验相吻合,在数据管理的方便性和数据查寻速度之间是一个较均衡的值。

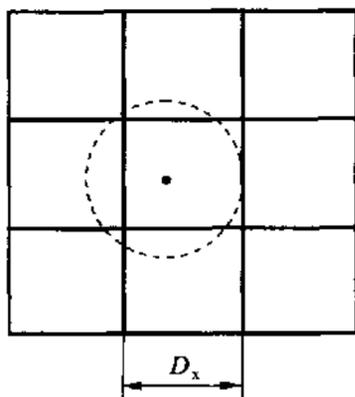


图7.3.4 点的搜索

7.4 数据处理模型

7.4.1 目前已有多种数字模型的建立及其插值方法在研究和生产中得以应用,应该说,每一种模型或插值方法都有其一定的优势或某种地形适应能力。规范中不宜强调具体使用何种模型,仅列出了几种成熟的且在公路DTM或CAD系统常用的数学模型供选择,公路DTM可采用其中的一种或几种模型以适应不同的数据采样方式或地形特征。

规范中列出了所述的几种模型的构网及插值要求和方法,并在附录中提供了相应的计算公式及定权值方法,基本上是考虑以数学概念清晰,公式简洁,并具有必须的精度和一定的计算速度为主。几种模型各自的特点见表7.4.1。

表7.4.1 几种模型的特点及适用范围

DTM模型	特 点	适 用 范 围
离散点模型	无需构网,精度高,粗差探测能力强,处理断裂线的能力一般,能处理大量数据,计算速度较慢	适合公路最终方案计算,适用于面积大、点位密的航测数据建立模型
三角网模型	精度高,速度快,效率高,容易处理断裂线和地物,需构网处理;大量数据时构网较困难,对采样点位合理性及精度要求较高	适合于最终方案计算,适宜于数量少、点位特征好的静态采样或野外实测数据建立模型,特别是工点区域
矩形网模型	一般属二次插值模型,精度较低,速度快,构网容易,计算简单,断裂线处理较为困难	适合于公路初步设计方案比选,具有平面等值点插补功能
线串模型	需要重新加工,精度高,速度快,断裂线处理容易	适用于沿等高线等线串采集的数据建立模型,在公路设计中有较广泛的适用性

7.5 DTM 成果应用

7.5.1 DTM在公路设计及CAD中有多种用途,规范中对几种常用的应用成果进行了规定。

7.5.2 公路纵、横断面地面线涉及到工程土石方量,因此应真实地表示地面形态。三角网模型、格网模型和线串模型能处理断面线与地形结构线的交点,因此宜采用结构线交点确定的方法更合理地表示断面形态;其他模型可按等间距法确定,本规范中对纵、横断面的插值间距的规定是参考《公路勘察规程》中的有关要求提出的。

不同等级的公路对横断面计算要求的宽度不同,需要根据公路设计要求确定;在未作明确规定时,横断面计算宽度每侧均不宜小于50 m,这是一个公路设计经验指标。

7.5.4 DTM 地形图。利用数字地面模型生成的等高线地形图无疑带有一定的机械性,肯定不如人工描绘的地形图对地貌描述得生动,因此,规范中亦只是要求适当对地表现象有所描述,基本能正确合理地表示地貌特征。

图形文件中按数据类型分层存放,有利于图形的编辑修改和管理。

7.5.5 较完善的DTM系统在生成图形时总是依托于某种图形支撑环境,如AutoCAD、MicroStation系统等,这些图形软件本身即具备有较强大的制图和图形编辑能力,因此需要考虑的是应该将这类软件作必要的二次开发,使之扩充更丰富的地形图、地貌透视图等DTM应用功能。因此在此基础上的图形编辑,规范中要求不可对原始测量数据进行修改。

7.6 上交资料与产品质量

7.6.1 生成DTM数字产品与传统方法生成地形图线画产品一样,应具备完整的生产过程及其质量检查记录。规范中规定了上交资料的内容。

7.6.4 DTM产品质量用属性质量和数据处理质量来衡量。关于属性质量,目前还没有某种可靠的量化指标,因此规范中主要以定性指标加以规定。对高程处理精度标准主要引用了参考文献《数字地面模型》中的结论。

以摄影测量数据建立DTM的精度评价,国际摄影测量与遥感学会曾在第十四次大会上组织八个国家的十四家单位进行过大规模的试验,本规范中引用了这次实验的结论,其结论如下:

(1) 平缓地区数字高程模型的高程均方根差为0.2%~0.4%航高,山区为1.0%~2.0%航高;最大误差为均方根差的4~8倍。

(2) 粗差出现率为0%~3%,其中值为0.5%。地形复杂程度,包括地表起伏和覆盖物占有面积等因素,会影响粗差出现率,但与粗差大小无关。

(3) 未滤波误差在长距离(400 m)量程内出现相关。经置平处理后,相关的距离量程可缩短为40 m~60 m。

(4) 误差中含有明显的系统误差成分,探讨其原因是航测法建立数字高程模型的重要课题之一。

(5) 数字高程模型精度的提高与参考点密度有关,还与在采点和内插运算中有否利用断裂线有关。在因加采断裂线支撑点而增大采点密度的情况下,难以区分是增大密度导致精度改善,还是点位地貌特征所起的作用。

(6) 当参考点密度相等时,由定点静态采样建立的数字高程模型精度高于动态采样的精度。

摄影测量采集数据时,一般应尽量利用摄影资料所能达到的精度,本规范中亦引用了航高作为评定航测数据DTM精度的概念;从地面实测获取的数据,其DTM精度指标与野外实测散点精度一致;地形图数据建立的DTM精度是相对于原始地形图的。

规范中对DTM高程精度的评定是利用检查点的内插值与实测值的较差来计算的;DTM高程中误差包含有数据采样误差和高程插值处理误差。