



## 第二部分 测绘技术标准规范

### 测量管理体系 测量过程和测量设备的要求

代替 GB/T19022.1 - 1994 GB/T19022.2 - 2000

#### 目 次

前言

ISO 前言

引言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 总要求

5 管理职责

5.1 计量职能

5.2 以顾客为关注焦点

5.3 质量目标

5.4 管理评审

6 资源管理

6.1 人力资源

6.2 信息资源

6.3 物资资源

6.4 外部供方

7 计量确认和测量过程的实现

7.1 计量确认

7.2 测量过程

7.3 测量不确定度和溯源性

8 测量管理体系分析和改进

8.1 总则

8.2 审核和监视

8.3 不合格控制

附录 A (资料性附录) 计量确认过程概述

参考文献

## 前 言

本标准等同采用 ISO10012:2003《测量管理体系测量过程和测量设备的要求》。

本标准是 GB/T19000 族标准之一。标准中的“应”(shall)表示要求,“应当”(should)仅起指导作用。

本标准代替 GB/T19022.1-1994 和 GB/T19022.2-2000。

本标准与 GB/T19022.1-1994 和 GB/T19022.2-2000 的主要差异如下:

- 明确测量管理体系在组织中的作用,与 GB/T19001 标准协调一致;
- 明确满足计量要求是测量管理体系的根本目的;
- 体现 GB/T19000 标准所述的质量管理原则。

本标准未使用术语“检定”。当计量要求根据法律法规的要求确定时(7.2.2),计量确认与检定相同。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由中国标准化协会提出。

本标准由全国质量管理和质量保证标准化技术委员会(SAC/TC151)归口。

本标准由中国标准化协会负责起草。

本标准起草单位:中国标准化协会、国家质检总局计量司、中国计量测试学会、中国计量科学研究院、中国标准化研究院、江苏省质量技术监督局。

本标准主要起草人:陈涓、田武、王顺安、赵若江、戴润生、王为农、李仁良、黄耀文。GB/T19022-2003/ISO 10012:2003

## ISO 前 言

国际标准化组织（ISO）是由各国标准化团体（ISO 成员团体）组成的世界性的联合会。制定国际标准的工作通常由 ISO 的技术委员会完成。各成员团体若对某技术委员会确定的项目感兴趣，均有权参加该委员会的工作。与 ISO 保持联系的各国际组织（官方的或非官方的）也可参加有关工作。ISO 与国际电工委员会（IEC）在电工技术标准方面保持密切合作关系。

国际标准遵照 ISO/IEC 导则第 2 部分的规则起草。

由技术委员会通过的国际标准草案提交各成员团体投票表决，需取得至少 75% 参加表决的成员团体的同意，才能作为国际标准正式发布。

本标准中的某些内容有可能涉及一些专利权问题，对此应引起注意。ISO 不负责识别任何这样的专利权问题。

ISO10012 由 ISO/TC176/SC3 质量管理和质量保证技术委员会支持技术分委员会制定。

ISO10012：2003 取消和代替 ISO100012 - 1：1994 和 ISO10012 - 2：1997，包括对这些文件的技术性修订。

## 引 言

一个有效的测量管理体系确保测量设备和测量过程适应预期用途，它对实现产品质量目标和管理不正确测量结果的风险是重要的。测量管理体系的目标是管理由于测量设备和测量过程可能产生的不正确结果而影响该组织的产品质量的风险。用于测量管理体系的方法包括从基本的测量设备的验证到测量过程控制中统计技术的应用。

在本标准中，术语“测量过程”适用于实际的测量活动（例如在设计、检测、生产和检验中的测量活动）。

以下情况可以引用本标准：

- 顾客在规定所要求的产品时；
- 供方在规定所提供的产品时；
- 立法和执法机构；
- 测量管理体系的评定和审核。

GB/T19000 标准阐明的管理原则之一是强调过程方法。应当认为测量过程是支持该组织产品质量的特定过程，图 1 显示了适于本标准的测量管理体系模式。

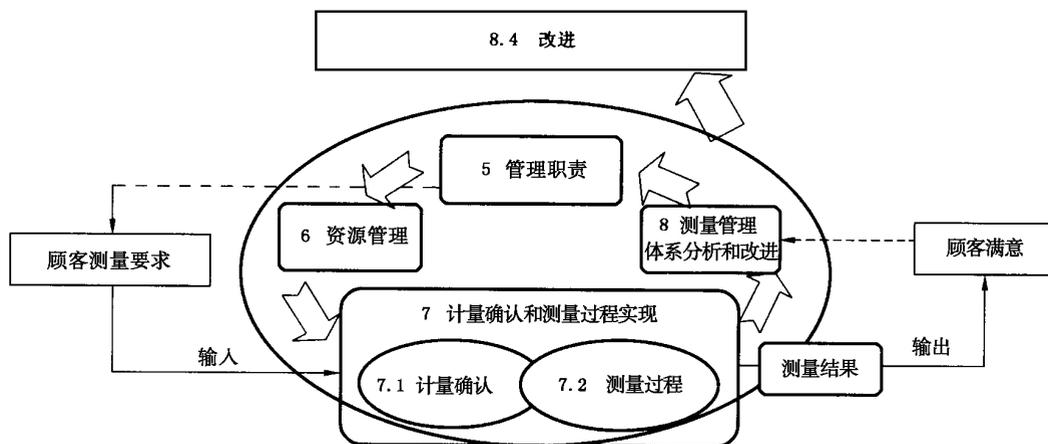


图 1 测量管理体系模式

本标准包括测量管理体系的要求和实施指南两部分，可用于改进测量活动和提高产品质量。“要求”以正体字出现。“指南”在相应的“要求”段落后面的框内，以斜体字出现。“指南”仅作为信息而不是对“要求”的增加、限制或修改。

组织有责任规定测量管理体系要求和决定所需的控制程度作为其整个管理体系的一部分。除非经过认同，本标准不拟增加、节略或代替其他标准的任何要求。

遵从本标准的要求有利于满足其他标准中规定的测量和测量过程控制的要求，例如，GB/T19001-2000 的 7.6 和 GB/T24001-1996 的 4.5.1。

## 1 范围

本标准规定了测量过程和测量设备计量确认管理的通用要求，并提供了指南，用于支持和证明符合计量要求。它规定了测量管理体系的质量管理要求，可由执行测量的组织作为整个管理体系的一部分，以确保满足计量要求。

本标准不拟作为用于证明符合 GB/T19001、GB/T24001 和任何其他标准的必要条件。相关方可以允许在认证活动中使用本标准作为满足测量管理体系要求的输入。

本标准不拟替代或增加 GB/T15481 (idt ISO/IEC17025) 标准的要求。

注：影响测量结果的具体要素由其他标准和指南规定，如测量方法的细节、人员能力和实验室间比对。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T19000 - 2000 质量管理体系 基础和术语

VIM : 1993 国际通用计量学基本术语 (BIPM、IEC、IFCC、ISO、IUPAC、IUPAP、OIML)

## 3 术语和定义

本标准应用 GB/T19000 - 2000 和 VIM : 1993 中给出的以及下述的术语和定义。

3.1 测量管理体系 measurement management system 为完成计量确认并持续控制测量过程所必需的一组相互关联或相互作用的要素。

3.2 测量过程 measurement process 确定量值的一组操作。

3.3 测量设备 measuring equipment 实现测量过程所必需的测量仪器、软件、测量标准、标准样品（标准物质）或辅助设备或它们的组合。

3.4 计量特性 metrological characteristic

能影响测量结果的可区分的特性。

注1：测量设备通常有若干个计量特性。

注2：计量特性可作为校准的对象。

3.5 计量确认 metrological confirmation

为确保测量设备符合预期使用要求所需的一组操作。

注1：计量确认通常包括：校准和验证、各种必要的调整或维修及随后的再校准、与设备预期使用的计量要求相比较以及所要求的封印和标签。

注2：只有测量设备已被证实适合于预期使用要求并形成文件，计量确认才算完。

注3：预期使用要求包括；测量范围、分辨力、最大允许误差等。

注4：计量要求通常与产品要求不同，并不在产品要求中规定。

3.6 计量职能 metrological function

## 4 总要求

测量管理体系应确保满足规定的计量要求。

### 指南

规定的计量要求从产品要求导出。测量设备和测量过程都需要这些要求。要求可表示为最大允许误差，允许不确定度，测量范围、稳定性、分辨力、环境条件或操作者技能要求。

组织应规定属本标准所确定的测量设备和测量过程，在确定测量管理体系的范围和内容时，应考虑由于不符合计量要求而带来的风险和后果。

测量管理体系由设计的测量过程控制、测量设备的计量确认（见图 2）和必要的支持过程构成。测量管理体系内的测量过程应受控（见 7.2）。测量管理体系内所有的测量设备应经确认（见 7.1）。

测量管理体系应按照组织制定的程序更改。

## 5 管理职责

### 5.1 计量职能

组织应规定计量职能。组织的最高管理者应确保必要的资源以建立和保持计量职能。

### 指南

计量职能可能是一个单独的部门或分布在整个组织中。

计量职能的管理者应建立测量管理体系，形成文件，并加以保持和持续改进其有效性。

### 5.2 以顾客为关注焦点

计量职能的管理者应确保：

- a) 确定顾客的测量要求并转化为计量要求；
- b) 测量管理体系满足顾客的计量要求；
- c) 能证明符合顾客规定的要求。

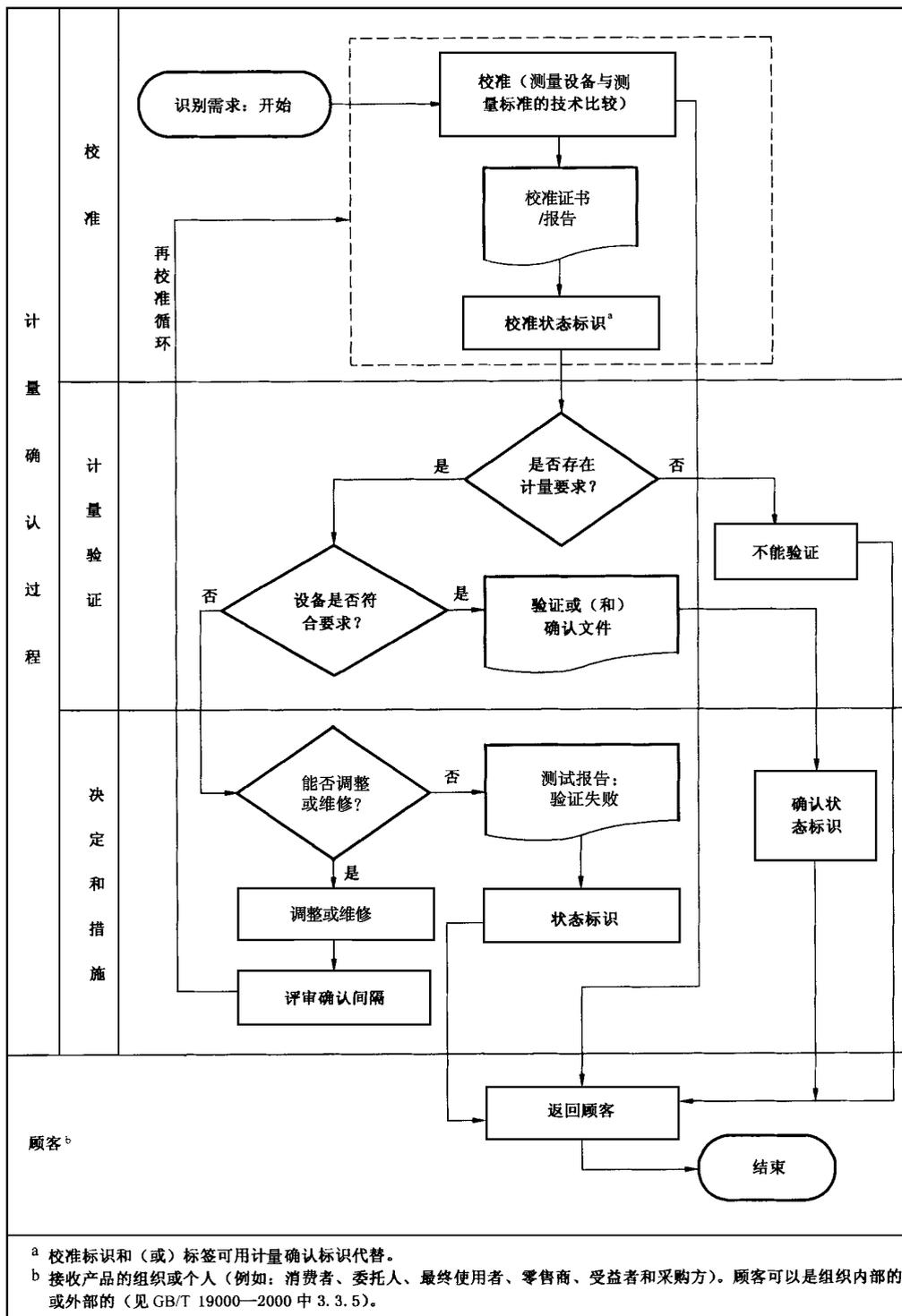
### 5.3 质量目标

计量职能的管理者应为测量管理体系规定可测量的质量目标。应规定测量过程的性能判定客观准则、程序及其控制。

### 指南

在不同的组织层次，这种质量目标的例子有：

- 不会因不正确的测量而接收合格的产品或接受不合格产品；
- 测量过程失控的发现不超过一天；
- 按照允许的时间完成所有的计量确认；
- 不存在不清晰的计量确认记录；
- 按制定的计划完成所有技术培训项目；
- 测量设备的停机时间减少到规定的百分比。



<sup>a</sup> 校准标识和(或)标签可用计量确认标识代替。

<sup>b</sup> 接收产品的组织或个人(例如:消费者、委托人、最终使用者、零售商、受益者和采购方)。顾客可以是组织内部的或外部的(见GB/T 19000—2000中3.3.5)。

图2 测量设备计量确认过程

### 5.4 管理评审

组织的最高管理者应按照计划的时间间隔系统地评审测量管理体系，以确保其持续的充分性、有效性和适宜性。最高管理者应确保评审测量管理体系所需的必要资源。计量职能的管理者应利用管理评审的结果对体系进行必要的修正，包括改进测量过程（见图8章）和评审质量目标。应记录所有的评审结果和采取的所有措施。

### 6 资源管理

#### 6.1 人力资源

6.1.1 人员的职责 计量职能的管理者应规定测量管理体系中所有人员的职责，并形成文件。指南

这些职责可用组织结构图、岗位说明书和作业指导书或程序来规定。

本标准不排除使用计量职能部门之外的专业人员。

#### 6.1.2 能力和培训

计量职能的管理者应确保测量管理体系有关人员具有，以证明的能力，以执行分配的任务。应规定所要求的专门技能。计量职能的管理者应确保提供培训以满足已识别的需要，保存培训活动的记录，评价培训的有效性并予以记录。员工应认识到他们所承担的职责，清楚他们的活动对测量管理体系有效性和产品质量的影响。

#### 指南

可通过教育、培训和经验来获得能务，并通过测试和观察其表现来证明。

当使用止在培训中的员工时，应进行充分相适宜的监督。

#### 6.2 信息资源

##### 6.2.1 程序

测量管理体系的程序应形成必要详细程度的文件，并经确认，以确保正确执行以及实施的一致性和测量结果的有效性。

制定新的程序或更改现有的程序应经授权批准并受控。程序府现行有效，需要时可获得和提供。

#### 指南

技术程序依据可以是已发布的标准测量方法或顾客、设备制造者的书面文件。

##### 5.2.2 软件

测量过程和结果计算中所用的软件应形成文件，并经识别和受控，以确保持续使用的适宜性。软件及其任何修改在启用前应进行测试和（或，确认，并经批准和存档，测试应在必要的范围内进行；以确保删量结果有效；

#### 指南

软件可以有几种形式，如固化的（内置的），可编程的或成品供应的软件包。

成品供应软件可以不要求测试。

测试可能包括；病毒检查，用户算法程序检查，或必要时为达到要求的测量结果而做的组合。

软件配置控制可帮助保持使用软件的测量过程的完整和有效。通过复制件进行存档，非观场保存或采取其他保护程序的手段，保证其可获得和必要的可追溯性。

### 6.2.3 记录

应保存测量管理体系运行所需信息的记录。应有形成文件的程序以确保记录的标识、贮存、保护、检索、保存期限和处理

#### 指南

记录的例子如确认结果、测量结果、采购、操作数据、不合格数据、顾客抱怨、培训、资格或其他支持测量过程的历史数据。

### 6.2.4 标识

应清楚地标识测量管理体系中所用的测量设备和技术程序，可以单独地或集中地标识。应有设备计量确认状态的标识。已确认用于某个特定的测量过程或某些过程的设备应清楚地标识或受控，以防止未授权使用。测量管理体系中所用的设备应与其他设备清楚地区分。

## 6.3 物资资源

### 6.3.1 测量设备

在测量管理体系中应提供并标识满足规定的计量要求所需的所有测量设备。测量设备在确认有效前应处于有效的校准状态。测量设备应在受控的或已知满足需要的环境中使用的，以确保有效的测量结果。用于监视和记录影响量的测量设备应包括在测量管理体系内。

#### 指南

由于计量要求不同，测量设备能被确认用于某些特定的测量过程，而不被确认用于其他测量过程。测量设备的计量要求可以从产品的规定要求或被校准、验证和确以的设备的规定要求中导出。

最大允许误差可通过参考测量设备制造者公布的规范或由计量职能来设定。

测量设备的校准也可以由负责计量确以的计量职能以外的组织进行。

标准样品（标准物质）的特性可满足标准的要求。

计量职能的管理者应建立、保持和使用形成文件的程序来接收、处置、搬运、贮存和发放测量设备，以防误用、错用、损坏和改变其计量特性。纳入或撤出测量管理体系中的测量设备应有处理程序。

### 6.3.2 环境

测量管理体系覆盖的测量过程有效运行所要求的环境条件应形成文件。

应监视和记录影响测量的环境条件。根据环境条件所进行的修正应予以记录并用于

测量结果。

#### 指南

影响测量结果的环境条件可包括温度，温度变化率、温度、照明、振动、尘埃量、清洁度、电磁干扰和其他因素。设备制造商为正确使用其设备，通常提供设备规范，给出测量范围、最大负载、最大负载、环境条年限制等。

#### 6.4 外部供方

计量职能的管理者应对外部供方为测量管理体系提供的产品和服务提出要求并形成文件。应根据外部供方满足文件规定要求的能力对其进行评价和选择。应规定选择、监视和评价的准则并形成文件并记录评价结果。应保存外部供方提供产品或服务的记录。

#### 指南

如果利用外部代供方进行检测或校准服务，供方应当能按实验室标准，如 GB/T15481/ISO/IEC 17025 证明其技术能力。由外部供方提供的产品和服务需按规定要求进行验证。

### 7 计量确认和测量过程的实现

#### 7.1 计量确认

##### 7.1.1 总则

应设计并实施计量确认（见图 2 和附录 A），以确保测量设备的计量特性满足测量过程的计量要求。计量确认包括测量设备校准和测量设备验证。

#### 指南

如果测量设备已处于有效的校准状态，不必重新校准；计量确认程序应当包括验证测量不确定度和（或）测量设备误差在计量要求规定的允许限内的方法。

测量设备的操作者应得到与测量设备计量确认状态有关的信息，包括所有限制和特殊要求。测量设备的计量特性应适宜其预期用途。

#### 指南

测量设备特性的例子包括；

- 测量范围；
- 偏移；
- 重复性；
- 稳定性；
- 滞后；
- 漂移；

- 影响量；
- 分辨力；
- 鉴别力（阈）；
- 误差；
- 死区。

测量设备的计量特性是影响测量不确定度的因素（见图 7.3.1），它可以与计量确认中的计量要求直接比较以实现计量确认。

应当避免使用计量特性的定性表述术语，如“测量设备所要求的准确度”。

### 7.1.2 计量确认间隔

用于确定或改变计量确认间隔的方法应用程序文件表述。计量确认间隔应经评审，必要时进行调整以确保持续符合规定的计量要求。

#### 指南

可利用以前的历史数据和先进的知识和技术确定计量确认间隔。在确定是否修改计量确认间隔时，利用测量过程统计控制技术的记录是有用的。

校准间隔可与计量确认间隔相等（见 OTML D10）每次对不合格的测量设备进行维修、调整或修改时，应评审其计量确认间隔。

### 7.1.3 设备调整控制

在经确认的测量设备上，对影响其性能的调整装置进行封印或采取其他保持措施，以防止未经授权的改变。封印或保护装置的设计和应保证一旦改变将会被发现。计量确认过程程序应包括当封印或保持装置被发现损坏、破损、转移或丢失时应采取的措施。

#### 指南

封印的要求不适用于那些不需要外部参照物而由使用者自己调整的装置，如调零装置。

防止对软件或固体进行未经授权改变所用的写保护技术应当予以特别注意。

对什么样的测量设备应当封印，对需要封印的调整或控制以及封印材料，如标签、封料、线材、油漆等诸方面的事宜通常是留给计量职能决定，计量职能在执行封印程序时应当形成文件不是所有测量设备都需要封印。

### 7.1.4 计量确认过程记录

适用时，计量确认过程的记录应注明日期并由授权人审查批准以证明结果的正确性。

应保持并可获得这些记录。

### 指南

记录最短的保存时间决定于许多因素，包括顾客的要求，法律法规要求和制造者的责任。有关测量标准的记录可能需要永久保存。

计量确认过程记录应证明每台测量设备是否满足规定的计量要求。

需要时，记录应包括：

- a) 设备制造者的表述和唯一性标识，型号、系列号等；
- b) 完成计量确认的日期；
- c) 计量确认结果；
- d) 规定的计量确认间隔；
- e) 计量确认程序的标识（见 6.2.1）；
- f) 规定的最大允许误差；
- g) 相关的环境条件和必要的修正说明；
- h) 设备校准引入的测量不确定度；
- i) 维护的详细情况，如调整、维修和修改等；
- j) 使用限制，
- k) 执行计量确认的人员标识，
- l) 对信息记录正确性负责的人员标识；
- m) 校准证书和报告以及其他相关文件的唯一性标识（如编号）；
- n) 校准结果的溯源性的证据；
- o) 预期使用的计量要求；
- p) 调整、修改或维修后的校准结果以及要求寸的调整，修改或维修前的校准结果。

### 指南

校准结果的记录应当能够证明所有测量的溯源性，而且能够在接近原来的条件下能复现校准结果。

在某些情况下，校准证书或报告中包括验证结果，用于说明设备符合（或不符合）规定要求。

记录可以是手写的，打印的或缩微胶卷，也可以是电磁记忆装置或其他数据媒质。

最大允许误差可由计量职能确定或参照测量设备制造者公布的规范规定。计量职能应确保只有经授权的人员才允许形成、修改、出具和删除记录。

## 7.2 测量过程

### 7.2.1 总则

应对作为测量管理体系组成部分的测量过程进行策划、确认、实施、形成文件和加以控制。应识别和考虑影响测量过程的影响量。

每一个测量过程的完整规范应包括所有有关设备的标识、测量程序、使用条件、操作者能力和影响测量可靠性的其他因素。测量过程控制应根据形成文件的程序进行。

### 指南

一个测量过程可能限于使用单台测量设备。

测量过程可能要求数据修正，例如由于环境条件所进行的修正。

### 7.2.2 测量过程设计

应根据顾客、组织和法律法规的要求确定计量要求。为了满足这些规定要求而设计的测量过程应形成文件，并确认有效，必要时，征得顾客同意。

对每一测量过程，应识别有关的过程要素和控制。要素和控制限的选择要与不符合规定的要求时引起的风险相称。这些过程要素和控制应包括操作者、设备、环境条件、影响量和应用方法的影响。

### 指南

在规定测量过程时，可能有必要确定；

——确保产品质量所需的测量；

——测量方法；

——规定进行测量所需要的设备；

——执行测量人员所要求的技能和资格。

可通过与其他已确认有效时过程结果比较，与其他测量方法的结果比较或通过过程特征的连续分析方法来确定有效的测量过程。

测量过程应设计成能防止出现错误的测量结果。并确保能迅速检测出存在的问题和及时采取纠正措施。

### 指南

在测量过程控制上花费的力量应与测量对组织的最终产品质量的重要性相区配。例如：高度的测量过程控制对那些包含有关键性的或复杂的测量系统，对保证生产安全测量及由于测量结果不正确会引直后续的昂贵代价的测量来说是合适的。而对关键部分的简单测量，低级别的过程控制就足够。这时过程控制程序可能就是与测量设备和应用类似的一般形式，诸如用手如工具测量机械零件。

影响量对测量过程的影响应当量化。这可能需要为此设计并进行专业的实验和调查。当不可能量化时，应当利用设备制造者提供的数据、规范和警示。

应确定和量化测量过程预期用途所要求的性能特性。

### 指南

特性的例子包括；

——测量不确定度；

——稳定性；

——最大允许误差；

——重复性；

——复现性；

操作者的技能水平。

其他特性对于某些测量过程可能是重要的。

### 7.2.3 测量过程的实现

测量过程应在设计的受控条件下实现，以满足计量要求。

受控条件应包括：

- a) 使用经确认的设备；
- b) 应用经确认有效的测量程序；
- c) 可获得所要求的信息资源；
- d) 保持所要求的环境条件；
- e) 使用具备能力的人员；
- f) 合适的结果报告方式；
- g) 按规定实施监视。

### 7.2.4 测量过程的记录

计量职能应保存记录以证明测量过程符合要求，记录内容包括：

- a) 实施的测量过程的完整表述，包括所用的全部要素（例如操作者、测量设备或核查标准）和相关的操作条件；
- b) 从测量过程控制获得的有关数据，包括有关测量不确定度信息；
- c) 根据测量过程控制数据的结果而采取的措施；
- d) 进行每个测量过程控制活动的日期；
- e) 有关验证文件的标识；
- f) 负责提供记录信息的人员标识；
- g) 人员能力（要求的和实际具备的）。

### 指南

对记录而言，测量过程控制 Q 中所用的消耗性物品，记录批号就足够了。

计量职能应确保只有授权的人员才允许形成、修改、出具和删除这些记录。

## 7.3 测量不确定度和溯源性

### 7.3.1 测量不确定度

测量管理体系覆盖的每个测量过程都应评价测量不确定度（见 5.1）。

应记录测量不确定度的评价。测量不确定度分析应在测量设备和测量过程的确认有效前完成。对所有已知的测量变化的来源应形成文件。

### 指南

在测量不确定度表述指南（GUM）中给出了用于合成不确定度要素及提供结果时所

涉及的概念和所用的方法。也可使用其他形成文件的和可接受的方法。

有可能某些测量不确定度分量与其他分量比较起来是较小的，从技术或经济方面来说仔细地确定它们是不可取的。如果是这种情况，应当记录这种决定和其理由。在所有这些情况下，为确定和记录测量不确定度所做的努力应当与测量结果对组织的最终产品的质量的重要性相匹配。确定测量不确定度的记录时可给予一个通用的陈述，并同时每个独立的测量过程所特有的变化给出说明。

测量结果的不确定度应当考虑测量设备校准的不确定度。

在分析以前的校准结果和评价几种类似的测量设备的校准结果时适当地采用统计技术有助于测量不确定度的评价。

### 7.3.2 溯源性

计量职能的管理者应确保所有测量结果都能溯源到 SI 单位标准。

对 SI 单位的溯源应通过相应基准或自然常数实现，自然常数的值与 SI 单位的关系是已知的，并被国际计量大会和国际计量委员会推荐。

在合同情况下，使用公认的标准只有在双方同意且不存在 SI 单位或不存在已被承认的自然常数时才使用。

### 指南

溯源通常是通过其本身溯源到国家测量标准的可靠的校准实验室来实现。例如，符合 CB/T15481/ISO/IEC 17025 要求的实验室可以认为是可靠的。

国家计量研究机构对国家测量标准和它们的溯源负责，包括国家测量标准保存在其他机构而不是国家计量研究机构的情况。测量结果也可通过进行该种测量的外国计量研究机构溯源。

有证标准样品（有证标准物质）可认为是参考标准。

测量结果的溯源记录应根据测量管理体系、顾客或法律法规要求的期限予以保存。

## 8 测量管理体系分析和改进

### 8.1 总则

计量职能应策划和实施所需的对测量管理体系的监视、分析和改进，以：

- a) 确保测量管理体系符合本标准；
- b) 持续改进测量管理体系。

### 8.2 审核和监视

#### 8.2.1 总则

计量职能应利用审核、监视和其他适用技术以确定测量管理体系的适宜性和有效性。

#### 8.2.2 顾客满意

计量职能应就顾客的计量要求是否已满足来监视有关顾客满意的信息。应规定获得和使用信息的方法。

#### 8.2.3 测量管理体系审核

计量职能应策划并进行测量管理体系审核，以确保其持续有效地实施和符合规定要求。审核的结果应报告给组织的管理层中受影响的部分。

应记录测量管理体系的审核结果和体系的所有更改。组织应确保立即采取行动以消除检查到的不合格及其原因。

### 指南

测量管理体系审核可以作为组织管理体系审核的一部分进行。

GB/T 19011 提供了体系审核的指南。

测量管理体系审核可由组织计量职能、合同方或第三方人员进行。审核员不应审核自己负责的区域。

### 8.2.4 测量管理体系的监视

在构成测量管理体系的各个过程中，应监视计量确认和测量过程。监视应按照形成文件的程序和确定的时间间隔进行。

监视应包括确定所用的方法，方法中包括统计技术和它们的使用范围。

通过确保迅速发现的问题和及时采取纠正措施，测量管理体系监视应能提供防止偏离要求的机制。这种监视应与不符合规定要求所产生的风险相匹配。

测量和确认过程的监视结果和采取的纠正措施应形成文件以证明测量和确认过程持续地满足文件的要求。

## 8.3 不合格控制

### 8.3.1 不合格测量管理体系

计量职能应确保发现任何不合格，并立即采取措施。

### 指南

应当标识不合格要素以防止疏忽使用。

在其施纠正措施前，可以采取临时措施（如相关工作计划）。

### 8.3.2 不合格测量过程

已知任何测量过程已产生或怀疑产生不正确的测量结果，应进行适当的标识，并停止使用直到已采取了适合的措施。

如果已识别一个不合格的测量过程，其使用者应确定潜在的后果；进行必要的纠正，并采取必要的纠正措施。

由于不合格而更改某个测量过程，在使用前应进行有效确认。

### 指南

测量过程失效，例如，由于严格查标准损坏或操作能力改变，可通过如下的过程结果的信息来揭示；

——分析控制图；

——分析趋势图

- 随后的检验；
- 实验室间比较；
- 内部审核；
- 顾客反馈。

### 8.3.3 不合格测量设备

对已确认的测量设备怀疑或已知：

- a) 损坏；
- b) 过载；
- c) 可能使其预期用途无效的故障；
- d) 产生不正确的测量结果；
- e) 超过规定的计量确认间隔；
- f) 误操作；
- g) 封印或保护装置损坏或破裂；
- h) 暴露在已有可能影响其预期用途的影响量中（如电磁场、灰尘）。

应将该设备从服务区中隔离或加以永久性标签或标志。应验证其不合格，并准备不合格报告。这类设备在消除其不合格的原因并重新确认合格之前，不能返回使用。

不能恢复其预期的计量特性的不合格测量设备，应有清楚的标志或用其他方式标识，这类设备用于其他用途完成计量确认后，应确保其改变后的状态能清楚地显示出来，并包含有使用限制的标识。

### 指南

如果对已发现不适于预期用途的设备进行调整、维修或修改是不实际的，可以选择降级和（或）改变其预期用途。降级使用时应当特别小心地使用，它可能与在外观上完全相同的设备产生混淆。这还包括多量程、多功能设备，仅对某些范围或功能做了有限的计量确认的情况。

如果在调整或维修前计量验证的结果已表明测量设备不满足计量要求，危及测量结果的正确性，设备的使用者应确定潜在的后果，并采取必要的措施。这可能包括对用该不合格测量设备测量过的产品进行重新检查。

## 8.4 改进

### 8.4.1 总则

计量职能应根据审核、管理评审和其他有关因素（如顾客反馈）策划和管理质量管理体系的持续改

进。计量职能应评审并识别改进质量管理体系的潜在机会，必要时进行修改。

### 8.4.2 纠正措施

当有关的测量管理体系要素不满足规定要求，或相应的数据资料显示不可接受的模式时，应识别原因，采取纠正措施消除这种差异。

采取的纠正和纠正措施在测量过程使用前应经过验证：

采取纠正措施的准则应形成文件。

### 8.4.3 预防措施

计量职能应确定措施以消除潜在的测量或确认不合格的原因以防止出现这种不合格。预防措施应

与潜在问题的影响程度相适应。应建立一个形成文件的程序以规定对下述各项的要求：

- a) 确定潜在不合格及其原因；
- b) 评价防止不合格发生的措施的需求；
- c) 确定和实施所需的措施；
- d) 记录所采取措施的结果；
- e) 评审所采取的预防措施。

## 附录 A

### (资料性附录)

#### 计量确认过程概述

##### A.1 引言

确认过程有两个输入（顾客的计量要求和测量设备计量特性，及一个输出，即测量设备确认状态）：

##### A.2 顾客的计量要求（CMR）

顾客的计量要求是顾客根据相应的生产过程规定的测量要求。因而取决于被测变量的规范。

CMR 包括在验证产品符合顾客规范的要求加上由生产过程控制及它的输入而产生的要求。确定并规范这些要求是顾客的职责，虽然这个过程可以由具有适宜资格的人员代表顾客完成。从事这项工作往往需要丰富的生产过程知识和计量知识。CMR 也应当考虑错误测量的风险及其对组织和业务的影响。CMR 可用最大允许误差或操作限制等方式表述。应当有足够详细的表述以便确认过程的执行者能明确决定特定的测量设备是否能根据预期用途控制、测量或监测规定的变量或量值。

例：对于一个关键操作，要求反应堆中的压力控制在 200 kPa 至 250 kPa 之间。这个要求必须转换并表述成压力测量设备的 CMR。这可能得出需要一台压力测量范围为 150 kPa 至 300 kPa，最大允许误差为 2kPa，测量不确定度为 0.3kPa（不包括与时间有关的影响）和在每个规定的时间周期的漂移不大于 0.1 kPa 的测量设备。顾客将 CMR 与设备制造者特性的特性（明显的或隐含的）比较并选择与 CMR 匹配最好的测量设备的程序。顾客可规定一个准确度为 0.5% 级、量程为 0~400 kPa 的特定供方的压力计。

##### A.3 测量设备的计量特性（MEMC）

由于 MEMC 常常是由校准（或几次校准）和（或）测试决定的，计量确认体系中的计量功能应规范并控制所有这类必要的活动，校准过程的输入是测量设备，测量标准和说明环境条件的程序。校准结果必须包括测量不确定度表述，这是一个重要的特性，因为当评价使用这种设备的测量过程的不确定度时，它是一个输入要素，校准结果在计量确认体系中可以任何合适的方式文件化，例如校准证书或校准报告（当校准是由外部完成时）或校准结果主录（当校准全部是由组织的计量功能完成时）。

测量的重要特性，例如测量不确定度，不仅取决于设备，也取决于环境、规定的测量程序，有时还有操作者的技能和经验；为此，在选择测量设备以满足要求时，考虑整个测量过程是非常重要的。虽然具体的活动可以由组织或由有合适资格的人员执行，如计量学家执行。但这方面的考虑是组织的计量功能的职责。

##### A.4 验证和计量确认

校准后，在确认设备是否能满足预期用途前，将 MEMC 与 CMR 比较。例如，测量设备读数产生的误差与 CMR 规定的最大允许误差比较。如果误差小于最大允许误差，说明设备符合要求，能够确认使用。如果误差大于最大允许误差就应采取措施消除这种

不合格，或通知顾客不能确认该设备。

这种 MEMC 与 CMR 直接比较。常常被称之为验证（见 GB/T19000 - 2000）。虽然计量确认体系坚定地依靠这种验证，但也必须包括对整个测量过程的详细考虑和评审，以确保用这种设备进行测量并决定产品是否符合顾客要求这一活动的质量。

例：按 A.2 中的例子，假如经过校准，发现在 200 kPa 时，误差为 3kPa，而校准不确定度为 0.3kPa，因此仪器不满足最大允许误差的要求。在调整后，经校准发现误差为 0.6kPa，校准过程的测量不确定度是 0.3kPa。仪器现在满足最大

允许误差要求，可以被确认能够使用（假设证明符合漂移要求的证据已经获得）。然而，仪器在提交重新确认时，应告知

仪器使用者第一次校准的结果，因为在仪器被撤出使用以进行重新校准前，在产品生产中已经过一个时期的使用，可能需要采取纠正措施。

无论是由使用者还是由计量职能进行验证，验证过程的结果可以编入验证文件，加上校准或测试证书报告，作为计量确认体系中的审核线索的一部分。确认体系的最后阶段是准备测量设备确认状态的标识，例如标签、标志等。这以后，测量设备就能够用于被确认的目的。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] ISO3534 - 1 : 1993 词汇与符号——第 1 部分 : 概率和基本术语
- [ 2 ] ISO3534 - 2 : 1993 词汇与符号——第 2 部分 : 统计质量控制
- [ 3 ] ISO5725 - 1 测量方法和结果的准确度 ( 正确度和精密度 ) ——第 1 部分 : 一般原理和定义
- [ 4 ] ISO5725 - 2 测量方法和结果的准确度 ( 正确度和精密度 ) ——第 2 部分 : 确定标准测量方法重复性和再现性的基本方法
- [ 5 ] ISO5725 - 3 测量方法和结果的准确度 ( 正确度和精密度 ) ——第 3 部分 : 标准测量方法精密度的中间测量
- [ 6 ] ISO5725 - 4 测量方法和结果的准确度 ( 正确度和精密度 ) ——第 4 部分 : 确定标准测量方法正确度的基本方法
- [ 7 ] ISO5725 - 5 测量方法和结果的准确度 ( 正确度和精密度 ) ——第 5 部分 : 确定标准测量方法精密度的可替代的方法
- [ 8 ] ISO5725 - 6 测量方法和结果的准确度 ( 正确度和精密度 ) ——第 6 部分 : 精确度值的应用实践
- [ 9 ] GB/T19001 - 2000 质量管理体系 要求
- [ 10 ] GB/T19004 - 2000 质量管理体系 业绩改进指南
- [ 11 ] GB/T19011—2003 质量和 ( 或 ) 环境管理体系审核指南
- [ 12 ] GB/T24001 - 1996 环境管理体系 规范及使用指南
- [ 13 ] GB/Z19027—2001GB/T19001 - 1994 的统计技术指南
- [ 14 ] ISO/TR13425 : 1995 在标准化和规范中选择统计方法的导则
- [ 15 ] GB/T15481—2000 检测和校准实验室能力的通用要求
- [ 16 ] GUM : 1995 测量不确定度表示指南 , BIPM、IEC、IFCC、ISO、IUPAC、IUPAP 和 OIML 联合发布
- [ 17 ] OILMD10 : 1984 用于检测实验室的测量设备的校准间隔的确定指南
-

# 数字地形图系列和基本要求

GB/T18315 - 2001

## 1 范围

本标准规定了数字地形图的分类、产品标记、构成内容和基本要求。

本标准适用于 1:500、1:1000、1:2000、和与国家基本比例尺地形图相对应的数字地形图。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 7929—1995 1:500, 1:1000, 1:2000 地形图图式

GB/T 13923—1992 国土基础信息数据分类与代码

GB/T 13989—1992 国家基本比例尺地形图分幅和编号

GB 14804—1993 1:500、1:1000、1:2000 地形图要素分类与代码

GB/T 17798—1999 地球空间数据交换格式

GB/T 1005—2000 基础地理信息数字产品数据文件命名规则

## 3 定义

数字地形图：根据地形图制图表示的要求，将地形图要素进行计算机处理后，以矢量或栅格数据方式组织、储存并可以图形方式输出的包含元数据和数据体的数字产品。

## 4 分类

### 4.1 数字地形图系列

数字地形图系列按比例尺范围分为以 1:500、1:2000、1:10 000、1:50 000、1:250 000、1:1 000 000 为主的主比例尺系列。其他比例尺数字地形图可由主比例尺数字地形图派生或直接采用临近比例尺。

### 4.2 代号

数字地形图按数据形式分类。分为矢量数字地形图和栅格数字地形图两类产品，代号分别为 DV 和 DR。

### 4.3 密级

数字地形图应包含密级要求，密级的划分按国家有关的保密规定执行。

## 5 产品标记

产品标记规定为：产品名称 + 分类代号 + 分幅编号 + 使用标准号

示例：采用本标准的分幅编号为 J50C001001 的矢量数字地形图

其产品标记为：

数字地形图 DV J50C001001 GB/T 18315 - 2001

### 6 构成

数字地形图由分幅产品和辅助文件构成，每一分幅产品由元数据、数据体和整饰数据等相关文件组成。辅助文件可包括《使用说明》等，但辅助文件不作为数字地形图产品的必备部分。元数据作为一个单独文件，用于记录数据源、数据质量、数据结构、定位参考系、产品归属等方面的信息；数据体用于记录地形图诸要素的几何位置、属性、拓扑关系等内容。《使用说明》用于帮助、解释和指导用户使用数字地形图产品，可以包括分层规定、要素编码、属性清单、特殊约定、帮助文件、版权、用户权益等内容。

### 7 基本要求

#### 7.1 定位参考系

##### 7.1.1 平面坐标系

平面坐标系采用以“1980 西安坐标系”为大地基准、高斯-克吕格投影或正轴等角割圆锥投影的平面直角坐标系，特殊情况下 1:500 ~ 1:2000 可采用独立坐标系。

##### 7.1.2 投影方式

1:1 000 000 数字地形图采用正轴等角割圆锥投影。

1:25 000 ~ 1:500 000 数字地形图采用高斯-克吕格投影，按 6°分带。

1:5 000 ~ 1:10 000 数字地形图采用高斯-克吕格投影，按 3°分带。

1:500 ~ 1:2000 数字地形图采用高斯-克吕格投影，按 3°分带。亦可选择任意经度作为中央子午线的高斯-克吕格投影。

##### 7.1.3 高程基准及深度基准

高程基准采用“1985 国家高程基准”，特殊情况下 1:500 ~ 1:2 000 可采用独立高程系。深度基准一般采用理论最低潮面。

#### 7.2 分幅与编号

1:5 000 ~ 1:1 000 000 数字地形图分幅与编号按 GB/T 13989 执行。1:500 ~ 1:2 000 数字地形图分幅与编号按 GB/T 7929 执行。

#### 7.3 特征

##### 7.3.1 矢量数字地形图

###### 7.3.1.1 分类与编码

如果数字地形图要素需要进行分类与编码，可按以下方法进行：

a) 1:500 ~ 1:2 000 数字地形图要素分类与编码按 GB 14804 执行；

b) 1:5 000 ~ 1:1 000 000 数字地形图要素分类与编码按 GB/T 13923 执行。

###### 7.3.1.2 分层

对于数字地形图，如果采用要素分层存放和管理，应遵循以下分层原则。

a) 以 7.3.1.1 规定的要素分类标准为参照，并与之相协调；

b) 根据需要，同一类要素可向下详细分层；

- c) 特殊情况下, 不同类可合并为一层;
- d) 特殊情况下, 可从不同类中各取部分要素合为一层;
- e) 注记的层属视用户需要和软件功能而定;
- f) 用于图廓整饰的内图廓线以外的所有线划、注记文本、说明、图例等和内图廓线以内的直角坐标线网、经纬线网等应独立分层;
- g) 应考虑到要素的几何特性和拓扑关系的管理;
- h) 层名应用汉字命名, 实际应用中使用层名代码, 层名代码可用拼音或英文的全称或缩写表示并可以附加使用阿拉伯数字;
- i) 分层方案应在《使用说明》和元数据文件中说明。

### 7.3.2 栅格数字地形图

#### 7.3.2.1 分辨率

如果需要输出, 则输出分辨为 250 ~ 300 dpi。扫描分辨率为 500 ~ 600 dpi。

#### 7.3.2.2 图形、色彩质量

图形应清晰, 无发糊虚断现象。如为彩图, 色彩须统一, 色值应正确。

### 7.4 符号表示

数字地形图所用的符号库中的符号应按相应比例尺的地形图图式的规定执行。特殊情况下, 使用的替代符号须在《使用说明》中说明。

### 7.5 精度要求

#### 7.5.1 位置精度

##### 7.5.1.1 平面位置精度

地物点对最近野外控制点的图上点位中误差不得大于表 1 规定。特殊困难地区地物点对最近野外控制点的图上点位中误差按地形类别放宽 0.5 倍。

表 1

mm

地形图比例尺	平地, 丘陵地	山地, 高山地
1:500 ~ 1:2 000	0.6	0.8
1:5 000 ~ 1:100 000	0.5	0.75
1:25 000 ~ 1:1 000 000 (编绘法)	用于编绘的原图应符合精度要求	

##### 7.5.1.2 高程精度

高程注记点、等高线对最近野外控制点的高程中误差不得大于表 2 规定。特殊困难地区高程中误差可按地形类别放宽 0.5 倍。

表 2

m

		平地	丘陵地	山地	高山地
1:500	记点	0.4	0.4	0.5	0.7
	等高线	0.5	0.5	0.7	1.0
1:1 000	记点	0.5	0.5	0.7	1.5
	等高线	0.7	0.7	1.0	2.0
1:2 000	记点	0.5	0.5	1.2	1.5
	等高线	0.7	0.7	1.5	2.0
1:5 000	记点	0.35	1.2	2.5	3.0
	等高线	0.5	1.5	3.0	4.0
1:10 000	记点	0.35	1.2	2.5	4.0
	等高线	0.5	1.5	3.0	6.0
1:25 000	记点	1.2	2.0	3.0	5.0
	等高线	1.5	2.5	4.0	7.0
1:50 000	记点	2.5	4.0	6.0	10.0
	等高线	3.0	5.0	8.0	14.0
1:100 000	记点	5.0	8.0	12.0	20.0
	等高线	6.0	10.0	16.0	28.0
1:100 000~1:1 000 000		用于编绘的原图应符合精度要求			

### 7.5.1.3 最大误差

本标准规定以两倍中误差为最大误差。

### 7.5.2 接边精度

7.5.2.1 在几何图形方面，相邻图幅接边地物要素在逻辑上保证无缝接边。

7.5.2.2 若要记录要素属性，在属性方面，相邻图幅接边地物要素属性应保持一致。

7.5.2.3 如果要建立要素间的拓扑关系，在拓扑关系方面，相邻图幅接边地物要素拓扑关系应保持一致。

### 7.5.3 其他精度

数字地形图产品还应满足相应比例尺产品的数据源精度、属性精度、逻辑一致性、完整性等要求。

## 7.6 基本等高距、高程记点密度

7.6.1 基本等高距（1:1 000 000 数字地形图除外）依据地形类别划分，按表 3 规定执行。一幅图内一般只采用一种基本等高距。

表 3

m

图比例尺	平地	丘陵地	山地	高山地
1:500	1.0 (0.5)	1.0	1.0	1.0
1:1 000	1.0	1.0	1.0	2.0
1:2 000	1.0	1.0	2.0 (2.5)	2.0 (2.5)
1:5 000	1.0	2.5	5.0	5.0
1:10 000	1.0	2.5	5.0	10.0
1:25 000	5 (2.5)	5	10	10
1:50 000	10 (5)	10	20	20
1:100 000	20 (10)	20	40	40
1:250 000	50	50	100	100
1:500 000	100	100	200	200

1:1 000 000 数字地形图等高距为：高度 0~2 000m，等高距为 200m，并加绘 50m 等高线；高度 2 000m 以上，等高距为 250m。

当地势十分平坦或用图需要时，基本等高距可选用括号内的数值，其高程精度通过比例换算确定。

**7.6.2 高程注记点密度**为图上每  $100\text{cm}^2$  内 8~20 个。

### 7.7 存储

数字地形图产品以分幅产品为存储单元，使用计算机能够读写的存储介质。

### 7.8 包装标志

数字地形图产品包装标志包括名称、分幅产品标记、出版单位、出版日期、版权归属、出版号、商标等内容。

### 7.9 分发格式

数字地形图产品的分发应包含元数据和数据体，元数据记录格式按国家相关标准执行，数据体记录格式按 GB/T 17798 执行。

元数据文件和数据体文件命名按 CH/T1005 执行。

## 水准仪检定装置

JJG 960 - 2001

## 1 范围

本规程适用于各种水准仪检定装置的首次检定、后续检定和使用中检验。

## 2 引用文献

JJG 425—1994《水准仪检定规程》

JB/T 7399—1994《平行光管》

JJF1059—1999《测量不确定度评定与表示》

JJF1001—1998《通用计量术语及定义》

使用本规程时，应注意使用上述文献的现行有效版本。

## 3 概述

水准仪检定装置主要性能有两个：一是具有一条成像在无穷远目标的水平方向的视准线；二是在一条视准线上从 5m 到无穷远范围内应分布不少于 5 个十字丝目标。装置的工作原理可分为两种：直接检定与比较检定。直接检定分为自动安平式和电子水泡式。自动安平式采用自动安平式平行光管，检定装置的工作原理示意图见图 1。电子水泡式采用三点互调法将作为标准的自准直仪视准轴调水平，利用安装在自准直仪上的电子水泡进行监测和读数。

比较检定时采用  $i$  角  $\leq 4''$  的高准确度水准仪的视准轴为标准，去调校作为标准的平行光管，从而产生一条临时的水平视准线。装置的工作原理示意图见图 2。

注： $i$  角是指望远镜视轴与管状水准泡轴在铅垂面内投影的平行度。

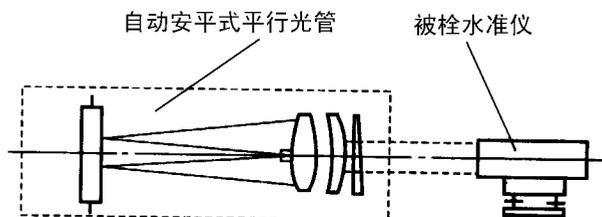


图 1

## 4 计量性能要求

水准仪检定装置分为三个等级，其计量性能如表 1 所示。

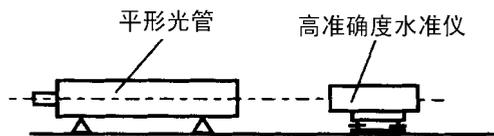


图 2

## 5 通用技术要求

5.1 新制检定装置的镀层及喷漆表面不应有碰伤和脱落现象。

表 1 计量性能要求

序号	项目		单位	一级	二级	三级
1	平行光管焦距		mm	$\geq 1000$	$\geq 500$	$\geq 500$
2	水平准线偏差		( $''$ )	$\leq 2$	$\leq 3$	$\leq 4$
3	多目标偏离准线误差		mm	$\leq 0.2$	$\leq 0.2$	$\leq 0.3$
4	微倾台	范围	( $'$ )	$\pm 8$	$\pm 8$	$\pm 8$
		示值误差	( $'$ )	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 1$
5	水平准线补偿器	范围	( $'$ )	$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 4$
		误差	( $''$ )/1'	$\leq 0.2$	$\leq 0.3$	$\leq 0.5$
6	测微器示值误差		mm	$\leq 0.15$	$\leq 0.15$	$\leq 0.15$
7	毫米刻度尺示值误差		mm	$\leq 0.02$	$\leq 0.02$	
8	被检水准仪型号			DS05	DS1	DS3
				DSZ05	DSZ1	DSZ3

注：检定双摆拉 DSZ05 水准仪的装置水平准线偏差不大于 1"。

5.2 在检定装置工作面不应有明显的锈蚀和划痕，以及影响使用的其它缺陷。

5.3 平行光管视场亮度均匀，影响像清晰，无影响读数的灰尘、霉点，镀膜不得有脱落等影响读数的其他缺陷。

5.4 检定装置上应标有名称、 $\text{MC}$  标志、制造厂名称或商标，及出厂编号等。

## 6 计量器具控制

计量器具控制包括：首次检定、后续检定和使用中检验。

### 6.1 检定条件

#### 6.1.1 检定用设备

水平准线陪检器（以下简称陪检器）、自准直仪、万能工具显微镜、平面反射镜、高准确度水准仪（DSZ05 级以上）等。

#### 6.1.2 检定环境条件

室内温度要求：常温。

室内温度变化量： $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{h}$

相对湿度： $\leq 75\%$

检定设备及被检设备应在上述条件的室内放置 24h 以上。

## 6.2 检定项目（见表 2）

### 6.3 检定方法

#### 6.3.1 外观及各部件的相互作用

目测及试验。

#### 6.3.2 平行光管

按 JB/T 7399—1994《平行光管》标准检测。

表 2 检定项目

检定项目	主要检定设备	首次检定	后续检定	使用中检验
外观及各部件的相互作用	目测及试验	+	+	+
平行光管	参照 JB/T 7399—1994《平行光管》	+	-	-
测微器示值误差	高准确度水准仪	+	-	-
刻度尺示值误差	万能工具显微镜	+	-	-
微倾台示值误差	自准直仪及平面反射镜	+	-	-
水平准线补偿误差	自准直仪	+	+	+
水平准线偏差	自准直仪及陪检器	+	+	-
多目标偏离准线误差	高准确度水准仪	+	+	-

注：“+”表示应检定；“-”表示可不检定

#### 6.3.3 测微器示值误差

检定装置的测微器是由平行玻璃板和微分筒组成，其检定方法如下：

**6.3.3.1** 调整高准确度水准仪（以下简称水准仪），使其照准被检装置自平准线光路中十字分划线目标，将平板测微器指标安置在 50 格处，水准仪测微器指标安置在起始位置。

**6.3.3.2** 调焦水准仪望远镜，使其十字分划线与自平准线光轴上  $\infty$  远目标重合。

**6.3.3.3** 再次调焦水准仪望远镜，使其自平准线 2m 目标清晰，升降和调整工作台及水准仪，使水准仪的十字分划线与准线光轴上 2m 十字目标重合。

**6.3.3.4** 重复 6.3.3.2，6.3.3.3 步骤，直到水准仪望远镜光轴与自平准线光轴完全重合。

**6.3.3.5** 调整水准仪对准 5m 目标，使两个十字线的水平线重合（若不重合可升降工作台）。

**6.3.3.6** 将被检测微器转到 50 格，同时转动水准仪测微器使水平线重合，并记录水准仪测微器读数为  $a_0$ 。

**6.3.3.7** 依次对准 70, 90, 110, 130, 150 格处，读数分别为  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ ；返测时依次对准 150, 130, 110, 90, 70, 50 格处，读数分别为  $a_5', a_4', a_3', a_2', a_1', a_0'$ 。

**6.3.3.8** 利用下列公式进行计算：

$$\delta = |A_i - (\bar{a}_i - \bar{a}_0)|_{\max} \times \text{格值} \quad (1)$$

式中： $A_i$ ——名义格值；

$\bar{a}_i$ —— $(a_i + a_i') / 2$ ；

$\bar{a}_0$ —— $(a_0 + a_0') / 2$ 。

取各测点与名义值最大差值为测微器示值误差（见附录 A 中表 A.1）。

#### 6.3.4 刻度尺示值误差

在某些水准仪检定装置中，用毫米刻度尺来检测水准仪测微器的示值误差。毫米刻度尺应采用万能工具显微镜测量其示值误差。刻度尺的量程应大于等于 10mm，测量时均匀分布 10 个测点，各点实测值与名义值之差为其偏差。取各偏差的最大差值作为刻度尺的示值误差。计算公式如下：

$$\delta = |B_i - (b_i - b_0)|_{\max} \quad (2)$$

式中  $B_i$ ——名义值；

$b_i$ ——各点测值；

$b_0$ ——初始值。

也可用扩展不确定度不大于 0.04mm ( $k=2$ ) 的其它装置进行检测。

#### 6.3.5 微倾台示值误差

采用量程为 10' 的自准直仪和平面反射镜进行检定，如图 3 所示。具体步骤如下：

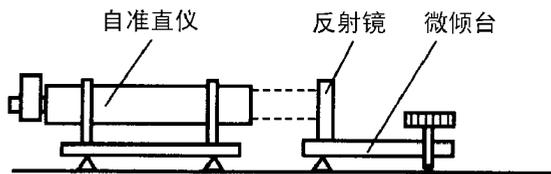


图 3

**6.3.5.1** 将平面反射镜放置在微倾台上，使反射面与倾斜回转轴平行。先将  $x$  方向的微倾手轮置 0 位，调整自准直仪使其照准反射镜。瞄准自准直仪十字像水平线，读数  $a_{左0}$ 。

**6.3.5.2** 依次左旋微倾手轮 4', 8'，读取  $a_{左1}, a_{左2}$ 。

**6.3.5.3** 微倾手轮重新置 0 位，重调自准直仪水平像位置，读取  $a_{右0}$ 。依次右旋微倾手轮 4', 8'，读取  $a_{右1}, a_{右2}$ 。

**6.3.5.4** 分别对 0 位求出差值，其差值在 1' 内即可。

**6.3.5.5** 用上述同样的方法检定  $y$  方向的微倾手轮的示值误差。

对水泡式水准仪的检定装置要求其微倾台的微倾范围应超过  $\pm 1.5^\circ$ 。

### 6.3.6 水平准线补偿误差

对于自动安平式水准仪检定装置，应采用  $0.2''$  光电自准值仪对其补偿功能进行检定，具体步骤如下：

**6.3.6.1** 把自准直仪放在升降工作台上，调整其底脚手轮，使自准直仪照准被测仪器，读取被测仪器十字像的水平读数  $b_0$ ，调整被检仪器底脚手轮，重复测量三次水平位置，取平均值为  $\bar{b}_0$ 。

**6.3.6.2** 调整被检仪器底脚手轮，分别向前、后、左、右方倾斜  $4'$ ，重复测量三次，取平均值为  $\bar{b}_{前}$ ， $\bar{b}_{后}$ ， $\bar{b}_{左}$ ， $\bar{b}_{右}$ ，对  $b_0$  求差后取其最大偏离量除以  $4'$ ，求出相对误差  $[(\prime)/1']$ 。由于自准直仪的读数系统被设定为自准直状态，当用于照准目标读数时（透射读数），读数值应乘以 2 后作为实际结果。（见附录 A 中表 A.2）。

### 6.3.7 水平准线偏差

水平准线偏差是水准仪检定装置的主要指标。检测设备采用扩展不确定度不大于  $0.2''$  ( $k=2$ ) 的陪检器和  $0.2''$  光电自准直仪（亮视场）。具体测量步骤如下：

**6.3.7.1** 将被检装置调焦手柄放在  $\infty$  位置上。

**6.3.7.2** 调整自准直仪照准被检装置，将陪检器放在自准直仪与被检装置之间，整平。

**6.3.7.3** 调整自准直仪底脚手轮，使之照准陪检器的第一工作面，读取反射像十字丝的横丝位置三次，取平均值为  $a_1$ 。将陪检器旋转  $180^\circ$ ，自准直仪照准陪检器的第二工作面，再读横丝位置三次，取平均值为  $a_2$ 。然后读取自准直仪视场中固定分划板十字丝横丝位置三次，取平均值为  $a_0$ ，根据下列公式计算出标准水平准线位置 A：

$$A = a_0 - (a_1 + a_2) / 2 \quad (3)$$

**6.3.7.4** 自准直仪固定不动，将陪检器取走，从自准直仪视场中读取水准仪检定装置在第一摆位时十字丝横丝的位置三次（透射读数），取其平均值为  $b_1$ ，将被检仪器放在第二摆位，读取横丝位置三次，取其平均值为  $b_2$ ，读取自准直仪视场中固定分划十字丝横丝三次，取平均值  $b_0$ ，根据下列公式计算出被检水平准线位置 B：

$$B = 2 [ b_0 - (b_1 + b_2) / 2 ] \quad (4)$$

**6.3.7.5** 根据下列公式计算出被检水平准线与标准水平准线的偏差值：

$$C = B - A \quad (5)$$

注：C 值符号的判定应根据所使用的自准直仪的不同读数结构而定。

**6.3.7.6** 重复测三遍，取其平均值作为该仪器的水平准线的偏差（见附录 A 中表 A.3）。

也可以采用其它方法检定水平准线偏差，其测量方法的扩展不确定度 ( $k=2$ ) 应不大于被检装置水平准线允差的  $1/3$ 。

### 6.3.8 多目标偏离准线误差

采用原理上无调焦运行差的高准确度水准仪（以下简称水准仪）作标准进行检测，具体检定步骤如下：

**6.3.8.1** 把水准仪放在检定台上，使水准仪与被检装置的光轴高度大致相同，整平，测微器严格调至 5.0 处，将水准仪调焦至无穷远处，观测被检装置目标，调整被检装置微动脚螺旋，使目标横丝与水准仪分划板十字丝重合。

**6.3.8.2** 将水准仪调至近点，观测被检装置目标，调整水准仪的高低、水平，同样使被检装置近点的目标横丝与水准仪分划板十字丝重合，如此反复上述操作，直到被检装置与水准仪远、近目标重合为止。

**6.3.8.3** 旋转水准仪调焦手轮，依次照准被检装置内 5m, 10m, 20m, 30m, 50m 目标，用水准仪的测微器读取与各测量点位置与 5m 位置的相对差值，此为一个测回。共测量两个测回，求平均值，取其最大差值作该被检装置的多目标偏离准线误差。（见附录 A 中表 A.4）。

也可用扩展不确定度（ $k=2$ ）不大于被检仪器该项指标  $1/3$  的其它装置进行检测。仲裁检定时，必须依据本规程详述的检定方法。

### 6.4 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的水准仪检定装置发给检定证书，并注明相应等级。检定不合格的装置应发给检定不合格通知书，并注明不合格项目。检定证书及检定不合格通知书的内页格式见附录 B。

### 6.5 检定周期

水准仪检定装置的检定周期应根据其稳定性、环境条件、使用频繁程度而定，最长不得超过一年半。

附录 A 计算实例<sup>①</sup>

表 A.1

测微器示值误差

格

序号	0	1	2	3	4	5	
测微器位置	50	70	90	110	130	150	
水准 仪 读 数	往测 $a_i$	99.8	79.9	60.5	40.8	21.0	0.8
	返测 $a_i'$	99.5	79.7	60.2	40.3	20.7	0.8
	平均 $\bar{a}_i$	99.6	79.8	60.4	40.6	20.8	0.8
$\bar{a}_i - \bar{a}_0$	0.0	-19.8	-39.2	59.0	78.8	-98.8	
$ A_i - (\bar{a}_i - \bar{a}_0) $	0.0	0.2	0.8	1.0	1.2	1.2	
测微器示值误差： $\delta =  A_i - (\bar{a}_i - \bar{a}_0) _{\max} \times \text{格值} = 1.2 \times 0.05 \text{mm} = 0.06 \text{mm}$							
注： $A_i$ 为名义格数。							

表 A.2

水平准线补偿误差

(")

次数	倾 斜 角				
	水平	前倾 4'	后倾 4'	左倾 4'	右倾 4'
1	24.2	24.1	24.0	24.1	24.2
2	24.0	24.3	24.2	24.2	24.4
3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.1
平均值	24.17	24.23	24.17	24.2	24.23
归零	0.00	0.06	0.00	0.03	0.06
补偿误差 = $0.06/4 \times 2 = 0.03''/1'$					

① 本实例采用 Ni002 水准仪，其测微器为 0.05mm/格

表 A.3 水平准线偏差 (")

次 数	测 算 值								
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	A	$b_0$	$b_1$	$b_2$	B	C
1	61.1	7.2	3.0	56.0	61.8	34.8	32.2	56.6	+0.6
2	61.0	7.5	2.8	55.8	61.9	34.6	32.3	57.0	+1.2
3	61.0	7.8	2.5	55.8	61.9	34.7	32.5	56.6	+0.8
水平准线偏差： $\bar{C}=0.9$									
注： $A = a_0 - (a_1 - a_2) / 2$ ； $B = 2 [b_0 - (b_1 + b_2) / 2]$ ； $C = B - A$									

表 A.4 多目标偏离准线误差 格

次 数	测 量 位 置				
	5m	10m	20m	30m	50m
I	0.0	+0.2	+0.1	+0.2	+0.2
II	0.0	+0.1	+0.1	0.0	+0.1
(I + II) / 2	0.00	+0.15	+0.10	+0.10	+0.15
多目标偏离准线误差： $  \text{最大值} - \text{最小值}   \times \text{格值} = 0.15 \times 0.05\text{mm} = 0.08\text{mm}$					

## 附录 B 检定证书和检定不合格通知书内页格式

## (一) 检定证书的内页格式

水平准线偏差：\_\_\_\_\_ "

水平准线补偿误差：\_\_\_\_\_ "/1'

多目标偏离准线误差：\_\_\_\_\_ mm

测微器示值误差：\_\_\_\_\_ "

微倾台示值误差：\_\_\_\_\_ "

刻度尺示值误差：\_\_\_\_\_ mm

平行光管：\_\_\_\_\_ 像质清晰 (或像质不清晰)

测量结果标准偏差：(水平准线偏差) \_\_\_\_\_ ”

## (二) 检定不合格通知书的内页格式

检定不合格证书内页应注明以下内容：

1. 按照本规程检定的不合格项目及具体数据。
2. 处理意见或建议。

# 城市地理信息系统设计规范

GB/T 18578 – 2001

## 1 范围

本标准规定了城市地理信息系统的设计原则、内容、方法和要求。

本标准适用于各类城市地理信息系统的总体设计和详细设计，其他地理信息系统的设计可参照本标准。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 12409—1990 地理格网

GB/T 13923—1992 国土基础信息数据分类与代码

GB/T 14395—1993 城市地理要素 城市道路、道路交叉口、街坊、市政工程管线编码结构规则

GB 14804—1993 1:500、1:1000、1:2000 地形图要素分类与代码

## 3 术语

### 3.1 城市地理信息系统 urban geographic information system, UGIS

一种运用计算机软、硬件及网络技术和计算机通信技术，实现对城市各种空间和非空间数据进行输入、存储、查询、检索、处理、分析、显示和更新等操作，以实现城市管理、辅助决策、预测和城市建设工程辅助设计为主要目标的地理信息系统。

### 3.2 系统设计 system design

为实现用户需求分析提出的系统功能所进行的各种技术设计的总称，包括总体设计、详细设计和设计审查等。它是在用户要求分析的基础上进行具体设计的过程，也是选择最佳实现方案的过程。

### 3.3 原型法 prototype method

把系统设计和开发过程作为一个迭代过程的系统设计方法。其设计原则是先确定部分要求，制定初步方案，并在较短的时间内开发出一个能满足用户基本需求的示范性系统雏形（原型），然后经用户试用，找出原型的缺点和不足，进行修改补充，再向用户演示，听取意见和修改补充，如此反复，逐渐形成一个完善的系统。原型法的基本模型如图 1 所示。

### 3.4 生命周期法 life cycle method

指系统从立项开始，经过可行性论证、需求调查和分析、设计和开发、使用和不断维护，直到最后被淘汰的整体过程。一个系统的生命周期可分为若干个阶段，每个阶段

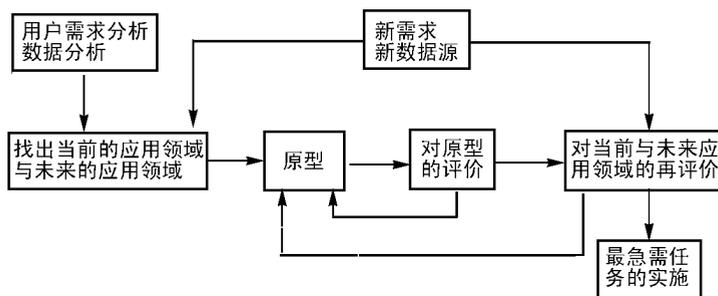


图1 原型法的基本模型

的工作均以前一个阶段的工作结果为依据，并作为下一个阶段工作的前提。

### 3.5 模块结构法 module - structured method

一种面向数据流的系统设计方法。指用一组标准的准则和图表工具确定系统有哪些组成部分，用什么方式联系在一起，从而构成最优的系统结构，将系统分为若干个模块进行设计和开发，然后将各个模块拼装而成一个完整的系统。

### 3.6 内聚度 cohesion

单个模块所执行的诸任务在功能上互相关联的程度。

### 3.7 耦合度 coupling

模块之间相互依赖的量度。

## 4 设计方法、设计原则和设计过程

### 4.1 设计方法

城市地理信息系统的设计宜采用原型法。需求分析明确时，也可使用生命周期法或模块结构法。

### 4.2 设计原则

城市地理信息系统的设计应遵循以下原则：

#### 4.2.1 面向用户的原则

——实用性：系统设计不仅要考虑技术方法与实现手段，还应考虑大数据量的存储、维护与更新，同时要考虑与现行体制相适应；

——适用性：系统结构、功能和界面应适合用户使用，操作方便、灵活；

——可扩充性：数据编码和系统功能、数据、应用领域和软硬件配置应可扩充；

——可行性：系统规模应考虑与人力、财力相适应，并具有稳定可靠的数据源和较为迫切的用户需求，以及适宜的建设周期。

#### 4.2.2 标准化、规范化原则

——系统内容、数据分类与编码、数据精度、作业规程等应采用或部分采用有关国家标准、行业标准和地方标准；

——对国家标准、行业标准和地方标准中没有包括但需规范化的内容，可补充制定临时规定。

### 4.2.3 成本效益优化原则

- 数据精度应以满足应用需求为标准；
- 选择性能价格比最优的系统配置方案；
- 合理安排工作的优先顺序；
- 先试点后大规模实施；
- 尽快使系统达到净产出的阶段。

### 4.3 设计过程

城市地理信息系统的设计过程分为用户需求分析、总体设计、详细设计和设计方案论证四个阶段。

## 5 需求分析

城市地理信息系统用户需求应在需求调查并形成用户需求报告的基础上进行，需求分析后应形成用户需求分析报告。用户需求具有随系统开发进程逐步提高的特点，用户需求调查分析应在系统设计和开发过程中反复进行。用户需求分析的主要内容如下：

- 分析直接用户、潜在用户；
- 分析数据需求、功能需求；
- 分析现有业务工作流程、数据项及其数据流程和在系统中实现的可能性；
- 为总体设计提供用户需求分析报告。

## 6 总体设计

### 6.1 总体设计任务

城市地理信息系统总体设计的任务是根据需求分析报告确定系统总体目标，规划系统的规模和建立系统的总体结构和模块间的关系，确定系统硬、软件配置，设计全局数据库/数据结构，规定系统采用的技术规范，并作出经费预算、进度安排和人员培训计划，以保证系统目标的顺利实现。

总体设计按照 4.2 提出的原则进行，最终应提出总体设计方案。

### 6.2 总体设计内容

#### 6.2.1 确定系统目标

根据可行性研究报告、用户需求调查报告和用户需求分析报告确定系统的开发意图、应用目标、应用范围、预期效益、功能和时间要求。确定的目标要求具体、明确，充分反映用户意见和要求。

#### 6.2.2 总体结构设计

##### 6.2.2.1 子系统的划分

一个城市的地理信息系统可由若干子系统组成，但必须包含一个基础地理信息子系统。专题信息子系统的多少由城市地理信息系统的目标和服务领域决定。

不同类型的城市地理信息系统具有不同的系统结构体系：

——对于城市基础地理信息系统

由地形数据库、正射影像数据库和数字高程模型数据库等组成。

——对于城市专题地理信息系统

由一个基础地理信息子系统和若干个功能性子系统组成。例如，某城市的土地开发信息系统由基础地理信息子系统、规划信息管理子系统、土地价格评估子系统、土地开发可行性分析子系统等组成。

——对于城市综合地理信息系统

由一个基础地理信息子系统和若干个专题信息子系统组成。例如，一个城市综合地理信息系统可由基础地理信息子系统、规划管理子系统、综合管网子系统、地籍管理子系统、房产子系统、交通子系统、公安子系统、人口管理子系统、旅游子系统和公共服务设施子系统等中的若干子系统组成。

#### 6.2.2.2 确定功能模块

a) 按系统功能的聚散度和耦合度、用户职能的划分、数据处理过程的相似性和数据资源的共享性，确定系统必须具备的功能模块。用矩阵形式标明用户需要的系统功能与模块之间的关系，如表 1 所示。

表 1 系统功能与模块间的关系

	模块 1	模块 2	模块 3	.....	模块 N
功能需求 1					
功能需求 2					
功能需求 3					
.....					
功能需求 M					

b) 用一览表或框图的形式说明本系统的各层模块、公用模块的划分，并扼要说明每个模块的编号、各称和基本功能。

c) 城市地理信息系统应具有以下功能：

——数据输入模块：具有图形图像输入、属性数据输入、数据导入等功能；

——数据编辑模块：具有数字化坐标修改、属性文件修改、结点检错、多边形内点检错、结点匹配和元数据修改等功能；

——数据处理模块：具有拓扑关系生成、属性文件建立（含扩充、拆分和合并）、坐标系统转换、地图投影变换和矢栅数据转换等功能；

——数据查询模块：具有按空间范围检索、按图形查属性和按属性查图形（单一条件或组合条件）等功能；

——空间分析模块：具有叠置分析、缓冲区分析、邻近分析，拓扑分析、统计分析、回归分析、聚类分析、地形因子分析和最佳路径分析等功能；

——数据输出模块：具有矢量绘图、栅格绘图、报表输出、数据导出及三维动态模拟和显示等功能。

d) 分层次给出各模块之间的控制关系。

#### 6.2.2.3 模块和子系统间的接口设计

模块和子系统是目标系统的一部分，它们相互间在功能调用、信息共享、数据传递方面存在或多或少的联系，应对调用方式、数据共享的权限作出严格的规定与设计。

### 6.2.3 软硬件配置

#### 6.2.3.1 硬件平台

##### 6.2.3.1.1 对硬件设备的需求

城市地理信息系统应包括计算机、输入设备、输出设备、数据存贮与备份设备以及网络和不间断电源等硬件设备。

##### 6.2.3.1.2 硬件选择的原则和依据

- a) 性能价格比最优，具有通用性和可升级性；
- b) 运算速度和存储容量等性能指标满足数据管理要求；
- c) 与其他硬件的兼容性、可连接性、共享性好；
- d) 与所选软件兼容性、对系统软件和应用软件的适应性好；
- e) 硬件接口丰富，网络化能力强。

##### 6.2.3.1.3 推荐硬件的型号

对推荐的设备应标明其型号、台套数、性能指标、技术优势和特殊约定等。

#### 6.2.3.2 软件平台

对于选用的各类软件，包括计算机操作系统软件、基础软件、应用软件和网络软件，均应说明其技术特点、与国内外同类产品的比较，明确阐述选择的理由，并指明所选软件的名称、生产厂家、版本号和技术要求。

##### 6.2.3.2.1 系统软件的技术要求

操作系统软件既要与所选计算机相匹配，又要支持所选地理信息系统基础软件。

##### 6.2.3.2.2 基础软件的技术要求

基础软件应满足以下技术要求：

- 具有数据采集、输入、存储与管理与输出的功能；
- 具有构建拓扑关系及空间分析功能；
- 具有良好的用户界面开发工具、支持汉字处理、具有二次开发功能；
- 具有良好的开放性、兼容性及与其他系统空间数据的可交换性；
- 性能可靠，软件技术支持服务好；
- 具有模块化或组件化和网络化能力以及较高的性能价格比。

##### 6.2.3.2.3 应用软件的技术要求

应用软件应满足以下技术要求：

- 与基础软件兼容或能以控件的方式连接；
- 实现系统的某个特殊功能。

#### 6.2.3.3 网络体系结构

网络体系结构的设计应包括以下内容：

——写明网络设计原则、技术要求、产品选型、拓扑结构、基本部件与配件、传输介质、接口、通信协议、约束条件、结构化布线方案等。

——画出网络结构图：图中标出各类服务器与客户机、交换机、路由器等的数量与

分布；

反映出局域网及其互联的情况；如采用公用网或因特网需具体指出。

——说明各个服务器/客户机的作用、配置和具体位置。

——说明拟采用的网络安全保护技术，如防火墙等，并符合国家有关安全保密的规定。

#### 6.2.3.4 软硬件系统配置

##### 6.2.3.4.1 系统配置原则

系统配置原则如下：

——满足系统规模、功能、数据容量、数据处理速度的要求；

——技术上稳定可靠；

——投资少，见效快；

——立足现在并顾及发展。

##### 6.2.3.4.2 系统配置方案

a) 根据系统规模和数据容量，提出目标系统的硬件配置方案。

b) 根据系统功能要求，提出目标系统的软件配置方案。

c) 根据系统用户和数据分布，提出网络配置方案（客户机与服务器方案、中央处理机与终端方案或它们的混合方案）。

附录 C 提供了三种不同系统规模的软硬件配置方案，供设计时参考。

#### 6.2.4 数据库设计

##### 6.2.4.1 数据库设计的要求

数据库的设计应满足以下要求：

——应对大量的数据体用非冗余结构予以定义，能为不同用户使用；

——在插入、修改和删除数据元素时，数据元素的结构、相互关系和从属性应保持不变；

——应用程序不依赖于数据库中的数据组织方法和存储位置，即数据独立；

——系统对库中数据存取进行控制，防止非法存取和有意或无意的破坏，保证数据安全；

——系统应保证数据在逻辑意义上的正确性、有效性和兼容性，应采取各种保护手段防止任何可能危及数据完整性的情况发生；

——应有一些辅助程序，用于数据库的维护、经常性数据组织和必要时的数据库恢复；

——应便于用户对数据进行独立的写入、修改、补充和删除；

——应具有不断扩充和更新的能力；

——应具有对历史数据的维护和处理的能力。

##### 6.2.4.2 数据库设计的内容

###### 6.2.4.2.1 数据量估计

a) 数据库设计时应应对每个子系统的数据库量进行估计，按表 2 所示的内容和格式并加注文字的形式进行描述。预计数据库量等于本子系统的数据总量与占空系数的乘积（实

际开销与理论开销之比，由具体项目和运行环境而定，一般取 1.5~2.5)。

表 2 子系统数据量估算表

子系统名：

实体名	数据总量 (KB)
.....	.....
.....	.....

b) 数据库设计时应根据数据的权属、维护的部门等对数据分布进行安排，并按表 3 所示的内容及格式进行描述。如数据文件名和存放位置 (本站点、局域网、广域网服务器)。

表 3 数据分布安排表

子系统名：

数据文件名	保存期限/年	存放位置		
		本站点	局域网服务器	广域网服务器

#### 6.2.4.2.2 数据库系统的选择

数据库设计时应根据系统功能要求和基础地理信息系统软件的技术要求 (见 6.2.3.2.2) 选择数据库管理系统，说明所选数据库开发商 (或公司) 名称、数据库的技术特点，并对该数据库是否满足本系统的要求进行论证。

#### 6.2.4.2.3 图形数据分层方案设计

数据库设计时应根据图形数据规定一致的层名、层号和数据内容规则。各类数据库或子数据库，应根据系统的具体情况和用户需求，采用统一的分层方案存放数据。数据分层应依据下列原则：

- 同一类数据放在同一层；
- 用户使用频率高的数据存在主要层；
- 为显示绘图或控制地名注记位置的辅助点、线、面应放在辅助层；

- 尽量减少数据冗余；
- 处理好数据与功能的关系。

#### 6.2.4.2.4 数据分类与代码设计

数据分类与代码设计应包含以下内容：

- 介绍有关的国际标准、国家标准、行业规范及其贯彻情况；
- 编制系统使用的代码表，格式和内容如表 4 所示；
- 规定制定临时分类与代码的依据和原则、格式约定、注意事项。

#### 6.2.4.2.5 逻辑结构设计

数据库的逻辑结构设计应明确确定基本数据库和数据子库的名称和数据库间数据共享的逻辑关系。

#### 6.2.4.2.6 数据库数据模型选择

数据库设计时应根据用户需求选择合适的基础数据和专题数据、图形数据和属性数据的数据组织形式，即数据模型。GIS 中常用的数据模型有关系模型和面向对象模型等。

表 4 系统使用的代码表

代码表名称	中文注释	引用本表的子系统名称
(代码表 1)		1..... 2..... ..... n.....
(代码表 2)		1..... 2..... ..... n.....
.....	.....	.....
(代码表 M)		1..... 2..... ..... n.....

#### 6.2.4.2.7 空间数据模型选择

数据库设计时应根据用户需求选择合适的基础数据和专题数据的数据存储格式：矢量形式、栅格形式、矢栅混合形式。

#### 6.2.4.2.8 数据字典的制作

数据库设计时，制作的数据字典应对空间数据、属性数据进行详细的描述和定义。

### 6.2.4.2.9 数据安全性设计

数据库设计时应确定数据分级使用权限和密钥，防止各种非法操作的措施（如加密、备份、病毒防治等），并具有异常情况下数据库的恢复功能。

### 6.2.4.3 地理定位控制

#### a) 平面坐标系

基础地理信息数据应采用 1980 年西安坐标系作为整个系统统一的控制基础。若采用独立坐标系，应确定它与 1980 西安坐标系之间的转换参数。

#### b) 高程基准

基础地理信息数据应选定一个高程基准作为整个系统的高程控制基础。如果采用独立高程系，应确定它与全国统一高程系间的高程改正参数。所有地形图以及与高程有关的多专题图和其他数据，均应归一到这个统一的高程系中。

#### c) 区域多边形控制系统

应当统一规定整个系统的区域多边形系统，并规定各种多边形区域的界线、名称、类型和代码。不同城市区域多边形的划分可以不同，其划分原则应考虑各个城市原有的习惯和数据统计单元。常用的城市分区方法有：按行政区分区，按城市管理分区（如市政管理、交通管理、邮政、环保分区）；按经济活动性质分区；按自然界线分区等。

### 6.2.4.4 属性数据指标体系

#### a) 属性数据应设计统一的标准指标体系；

b) 属性数据指标体系设计的内容包括：确定某类图形数据属性项名称、代码、类型、宽度和属性项的属性值指标（值域）；

c) 属性项设计应根据业务管理的内容和需求确定。不同城市和不同等级的用户，属性项的数量可多可少，但宜依据现有国家标准、行业标准和地方标准来确定本城市、本系统所涉及的属性项和属性值的标准分级或指标值。

### 6.2.4.5 基础地理信息数据库设计

基础地理信息数据库的设计，除满足 6.2.4.1 的要求外，可按照空间数据库技术发展状况进行设计。

基础地理信息数据库是空间型数据库。它的主要内容是城市大比例尺地形图（1:5400, 1:1000, 1:20000 等）的数据，辅之以 1:5000 和 1:10000 的地形图数据、正射影像数据、地质数据以及其他基础性的社会信息。

### 6.2.4.6 元数据库设计

设计的元数据库应对数据集进行描述和定义，包括数据集（dataset）标识信息、数据质量、数据源和处理说明、数据内容摘要、数据空间参照系统、数据分类、数据分发信息以及其他有关信息。

### 6.2.4.7 符号库设计

符号库设计包括地形图符号库的设计和专题地图符号库的设计。如果基础软件不包括符号库则需另行设计，其设计原则是：在一定的硬软件支持下，按一定比例尺要求设计符号，并将设计的符号整理后以数据库方式存入计算机，实现其数据库的管理功能。

### 6.2.4.8 模型库和方法库设计

对空间分析模型和方法的程序应建立程序库，实现其数据库的管理功能，并作为分析模块并入数据库管理系统。

### 6.2.4.9 专题信息数据库设计

专题信息数据库可以是空间型数据库，也可以是基于空间定位的关系数据库。按专题信息内容的不同，专题信息数据库又可细分为若干子库，如城市规划管理数据子库包括规划图形信息库、社会经济信息库和规划文档信息库等二级子库。子库的多少取决于本城市地理信息系统的具体目标和应用范围。

在专题信息数据库中，应根据城市特点设计统一的空间定位统计单元，并相应地在统计表中增加统计单元代码的数据项。空间定位统计单元可视不同的数据内容确定，可以是规划的格网，也可以根据一定条件划定多边形。空间定位统计单元应当是稳定的和标准化的。规则格网的统计单元应分级与编码，可按 GB 12409 的规定执行。在城市地理信息系统中用到的 1:2000、1:1000 和 1:500 比例尺地形图，在 GB 12409 中未规定格网等级和边长，可根据实际需要自行设计，建议分别采用 2.5m, 2m, 1m 或 0.5m 的格网的边长。

### 6.2.5 开发成本和效益分析

系统设计应对经费预算、开发成本和效益作出分析和评价。

#### 6.2.5.1 开发成本

城市地理信息系统的开发成本主要包括：

- 先期规划费用（可行性分析、需求分析与评估、合同性开支等）；
- 硬件购置费（计算机及其外围设备和网络等）；
- 软件购置费（系统软件、应用软件与其他附属软件）；
- 数据库开发费（数据获取、二次开发等）；
- 系统设计费、系统（功能）开发费、系统集成费；
- 系统维护更新费用（系统维护、软硬件维护、数据库更新与维护等）；
- 房屋和基础设施费（环保设备、安全和保密设备等）；
- 人才与培训费（专职人员工资、短期人员合同工资及培训费、聘请专家开支等）；
- 不可预见支出等。

#### 6.2.5.2 效益分析

效益分析应主要考虑以下两个方面：

- 直接经济效益（如提供快速、便捷、高质的数字地图和其他数据产品等，提高设计水准、管理效率、信息质量与精度等）；
- 间接经济效益（主要体现在提高办公自动化程度、决策科学性程度等）。

城市地理信息系统设计阶段应遵循“降低成本、提高效率”的原则，并按成本效益优化设计原则分项作出经费预算、分阶段投入计划和效益评价。

### 6.2.6 实施计划与人员培训

#### 6.2.6.1 实施计划

**6.2.6.1.1** 应按系统工程的方法，将系统开发分为若干实施阶段。系统实施一般可分为三个阶段进行：

第一阶段：开发统一的基础地理信息子系统和建立数据库，同时开发一两个急需的、重要的专题信息子系统（如规划管理、土地管理、市政管网等），并使系统具有数据输入、查询检索、事务处理、信息咨询、数据提供和计算机制图等一般的通用功能；

第二阶段：根据需要开发其他子系统，扩充功能和分析应用模型及功能的二次开发；

第三阶段：完善功能，实现系统集成和全市联网，最终完成目标系统的开发和建设。

**6.2.6.1.2** 系统的开发模式可分为完全自主开发、委托开发和联合开发三种模式。系统开发应根据开发单位的经费预算、人员储备和技术力量，选择合理的开发模式。当采用第二或第三种模式时，用户应自始至终参与系统开发全过程。

**6.2.6.1.3** 根据其开发阶段和开发模式制定出切实可行的开发计划（时间进度表）、资金投入计划、硬软件购置计划，确保系统在短时间内发挥经济效益和社会效益。

### 6.2.6.2 人员培训

人员应按少而精、专职与兼职相结合的原则进行配备。城市地理信息系统通常涉及的技术人员包括用户需求分析人员、项目主管、数据库主管、程序员、数据转换操作中、网络管理人员和用户等。

应根据系统规模和具体目标制定人员编制和培训计划，包括对决策层与业务人员从概念上、技术上、组织上及法律、经济上进行先导教育与培训。

## 6.3 总体设计书的编写和论证

城市地理信息系统总体设计书可按附录 A 所示的内容进行编写。附件包括用户需求调查分析报告、图形信息分类代码表、属性信息指标体系表等。

总体设计方案是系统开发的指导性文件，是详细设计和制定实施方案的依据。因此，必须按设计的先进性、完整性、可靠性、可扩展性、可移植性、合理性进行论证，并经修改后方可付诸实施。

## 7 详细设计

### 7.1 详细设计的对象

详细设计的对象为总体设计中的某个子系统。原则上每个子系统都应分别进行详细设计。

### 7.2 详细设计的任务

在满足一个城市地理信息系统总体功能的前提下，应根据总体设计规定的系统目标、阶段开发计划和总体设计规定的设计原则和要求，对各个子系统进行详细设计，以指导子系统的开发。

子系统设计以对用户需求的进一步详细调查分析为基础。子系统设计前的用户需求调查要充分利用总体设计前调查分析的结果，特别是与子系统主题相关的部分，并对用户做进一步的专题性调查，弄清用户在相应专题方面的业务情况和对系统的应用要求，并以此作为子系统设计的依据。

### 7.3 详细设计的内容

#### 7.3.1 目标设计

按系统的总目标确定本子系统的目标。

#### 7.3.2 系统结构

根据子系统的规模和功能需求，确定其逻辑结构、软硬件的类型和数量。专题子系统逻辑结构必须要有熟悉本专题业务的专业人员参与设计。

#### 7.3.3 功能模块设计

每个子系统除应具有如数据输入、图形或属性信息的查询检索、数据处理与分析、坐标变换和投影变换、图形图表显示或输出以及数据更新等通用功能外，还应针对各个不同的专题子系统，设计专题应用和辅助业务管理功能。如基础地理信息子系统应具备辅助测绘业务管理的功能，土地管理子系统应具备辅助土地管理事务处理的功能等等。每一项管理业务均要按照规范化工作流程设计出功能模块并制定开发计划。

##### 7.3.3.1 功能模块命名原则

模块的名称（即标识符）一般采用汉语拼音命名。要求有实际意义、便于理解、有规律可循。

##### 7.3.3.2 功能模块层次结构

7.3.3.2.1 对总体设计中已划分的子系统和各大模块，按高内聚度和低耦合度、功能的完整性和可修改性的原则，采用自顶向下的方法逐层分解，进一步划分为功能独立、规模适当的模块，直至叶功能模块，并如图 2 所示画出模块结构图。

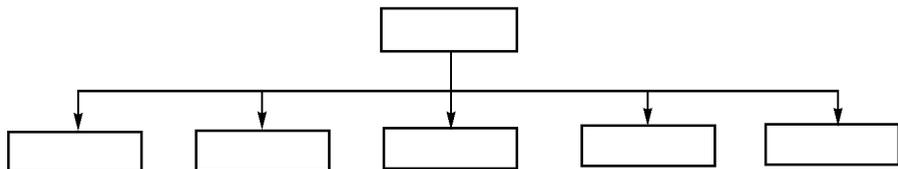


图 2 功能模块层次结构示意图

7.3.3.2.2 在每个子系统中，功能模块的编号应该是唯一的。

7.3.3.2.3 详细描述各功能模块的内容和功能，以及入口参数和出口参数。

##### 7.3.3.3 功能模块与部门的对应关系

使用表 5 所示的矩阵方式说明本子系统用户单位的各部门使用模块的情况。其中“√”表示使用了该模块。其中模块名可以是任意层次上的，建议与实际的安装相一致。

表 5 功能模块与部门的对应关系

	模块 1	模块 2	模块 3	.....	模块 N
部门 1	√	√	√		√
部门 2	√	√	√		

	模块 1	模块 2	模块 3	.....	模块 N
部门 3		√			√
.....					
部门 M			√		√

#### 7.3.3.4 子系统的外部接口

子系统的外部接口应当在统一的总体设计方案和规范标准的指导和控制下进行设计。在条件成熟时，子系统应能通过网络互联。子系统的外部接口设计应考虑以下因素：

- 采用统一的基础数据作为空间定位的公共平台；
- 与其他子系统的接口：数据/参数调用/返回情况；
- 对特殊外部设备的需求。

#### 7.3.4 硬软件配置

硬软件的配置内容如下：

- 按硬件配置原则（见 6.2.3.1）确定硬件设备的型号、数量并说明其性能指标，绘出硬件设备配置图；
- 按软件选择原则（见 6.2.3.2）确定应用软件的类型、名称、套件数并说明其性能指标；
- 制定硬软件购置计划；
- 按不同城市、不同规模系统、不同用户需求确定网络结构和功能。

#### 7.3.5 数据库设计

##### 7.3.5.1 代码设计

##### 7.3.5.1.1 图形数据分类代码

图形数据分类代码应包括基础信息和各类专题信息图形数据的分类和代码。其中，1:500、1:1 000、1:2000 的基础地理信息分类与代码按 GB 14804 的规定执行；1:5 000、1:10 000、1:50 000、1:100 000 基础地理信息分类与代码按 GB/T 13923 的规定执行，但应注意这两个标准之间分类与代码的转换关系。对各类专题数据分类与代码，凡已有国家标准或行业标准的应执行，否则应制定临时的分类与编码原则，列出临时分类代码表。

##### 7.3.5.1.2 图形数据的标识码

图形数据的标识码用于对主要实体要素的标识。道路、道路交叉口、街坊、市政工程管线的标识码应按 GB/T 14395 规定的编码结构规划，结合城市平面几何图形特点和应用习惯，首先确定定位分区代码；再分别确定各类要素实体的代码结构，进而构成这几类城市要素的标识码。其他各种城市地理要素，如宗地、地块、建筑物、公共设施等，在有关国家标准尚未发布之前，可参照 GB/T 14395 的规则编制临时标识码，并列全部标识码清单。

编制临时分类和代码应遵循城市地理信息分类和编码的原则，即科学性、系统性、

稳定性、不受比例尺限制、兼容性、完整性、可扩充性、适用性和灵活性原则，并尽量与国际相关标准接轨。

#### 7.3.5.1.3 代码表列表

可按表 6 所示的形式对一个子系统使用的代码表列表，并应指明代码数据的文档名与文档编号。

表 6 XX 子系统使用的代码表列表

代码表名称	中文注释

#### 7.3.5.2 数据组织和存储的表示

对确定的数据模型，应用 E-R 图定义实体之间的关系：

- 基数：一个实体连接另一个实体的数量关系；
- 存在性：指明关系是“任选的”，还是“强制的”；
- 依赖性：指明一个实体是否依赖于其他实体；
- 继承性：指明“父类”与“子类”的关系。

#### 7.3.5.3 安全保密措施制定

安全保密措施包括以下内容：

- 进行用户角色定义，说明各类角色的权限；
- 备份（包括安全性备份和历史备份）的要求与操作步骤；
- 规定日志文件的使用。

#### 7.3.5.4 用户界面设计

在子系统功能模块设计的基础上，应开发全汉化的菜单式用户界面。界面设计应符合人机界面设计的美学要求，对用户真正作到“友好”，具体要求为：

- 形式简洁、美观、汉化，使用户易懂、易学、易操作；
- 具备“帮助”功能，甚至语音解说功能；
- 提供系统命令揭示功能和图标菜单，相同的功能要用相同的图标显示；
- 提供系统错误检验能力、系统命令行处理能力和系统批处理能力；
- 各模块之间界面形式一致，布局合理，尽可能加大图形显示窗口。

#### 7.3.6 数据输入设计

数据输入设计的内容如下：

- 数据源的分析与选择；
- 数据采集前的预处理；
- 数据采集方式的确定；
- 数据采集技术要求和技术规定；

- 与空间参照系配准（空间参照系与系统采用的参照系保持一致）；
- 数据质量控制和检查验收规定；
- 属性项的选择、定义；
- 数据更新的技术方法；
- 数据接边处理规定。

### 7.3.7 数据输出设计

数据输出设计的内容如下：

- 确定数据输出的产品形式和要求；
- 选择符号库系统或设计符号库；
- 文本和表格设计；
- 确定数据转出的数据转换标准和格式转换的接口。

### 7.4 数据质量控制

从系统设计、数据源选择、数据采集、数据处理直至系统开发完成，均应有严格的质量控制指标和检查措施。不同子系统的质量控制指标是不同的，但必须有一系列标准用于控制。对尚未形成国家标准、行业标准、地方标准的内容，应制定暂行规定进行内部质量控制。

### 7.5 实施计划

制定的实施计划应包括以下内容：

- 列出经费投入计划；
- 列出设备购置计划；
- 列出人员培训计划；
- 分项目列出时间进度表。

### 7.6 功能模式详述

对每个功能模块应分别进行详细描述，内容如下：

- 模块编号与中文注释；
- 功能描述与性能描述；
- 说明与本模块相关的代码表与基本表；
- 输入信息参数（含参数名、中文注释、缺省值、格式）、数据文件的格式与权限、输入频度；使用的特殊输入设备；输入时使用的代码表与基本表；
- 输出信息参数（含参数名、中文注释、缺省值、格式）、数据文件格式、输出频度、报表格式样张；使用的特殊输出设备；输出时使用的代码表与基本表；
- 算法，包括计算公式与说明、某些设定的或必然的逻辑关系；
- 采用框图加文字叙述处理流程；
- 模块应用实例及说明（即调用说明）；
- 屏幕布局与说明。

### 7.7 详细设计书的编写和论证

城市地理信息系统详细设计书可按附录 B 所示的内容进行编写。详细设计方案可单独论证，也可与总体设计方案一起论证。

## 附录 A 总体设计书的编写提纲 (提示的附录)

### A1 引言

**A1.1 编写目的：**作用，预期读者。

**A1.2 编写背景：**系统名称，任务提出者，使用者，任务承接者，与其他系统的关系。

**A1.3 定义：**术语，符号规定，标准词汇，命名规范。

**A1.4 参考资料：**列出所有的参考资料，其中任务书、项目可行性论证报告和用户需求调查报告是必须的参考资料。

### A2 总体设计技术方案

**A2.1 系统目标：**开发意图，应用目标，作用范围，预期效益。

**A2.2 设计原则：**面向用户的原则，标准化原则，成本效益优化原则。

**A2.3 运行环境：**硬件平台，软件平台，网络体系结构，系统配置方案。

#### A2.4 系统结构

**A2.4.1 子系统划分：**子系统名称、系统结构图

**A2.4.2 模块设计：**模块名称、编号

**A2.5 运行环境：**硬软件选型及其依据、台件数、系统配置结构图

#### A2.6 数据库设计

**A2.6.1 数据量估计**

**A2.6.2 数据分布方案**

**A2.6.3 数据库系统选购方案：**原则、选型及其依据、套件数。

**A2.6.4 数据模型说明**

**A2.6.5 数据结构说明**

**A2.6.6 数据格式说明**

#### A2.7 代码设计

**A2.7.1 背景介绍：**国际标准、国家标准、行业标准及其贯彻情况。

**A2.7.2 制定代码表的依据、格式约定、注意事项。**

**A2.7.3 代码表列表：**代码表名称及其被引用的子系统名称，其中应特别指出需要为本系统指定的临时代码表。

**A2.8 输入设计**

**A2.9 输出设计**

**A2.10 安全保密设计**

A3 总体设计方案论证

A4 附件

项目可行性研究报告、用户需求分析报告等。

## 附录 B 详细设计书的编写提纲 (提示的附录)

B1 引言

**B1.1 编写目的：**设计对象——系统的某个子系统，作用——承上启下（基于总体设计），预期读者。

**B1.2 编写背景：**子系统名称，任务提出者和承接者，使用者，与其他子系统的关系。

**B1.3 定义：**术语，符号规定，标准词汇，命名规范。

**B1.4 参考资料：**列出所有的参考资料，其中总体设计书、项目可行性论证报告和用户需求调查报告是必须的参考资料。

B2 详细设计技术方案

**B2.1 系统目标：**开发意图，应用目标，作用范围，预期效益。

**B2.2 运行环境：**本系统所需的特殊设备和支撑软件，网络体系结构，系统配置方案。

**B2.3 系统结构**

**B2.3.1 次级子系统划分：**次级子系统名称、系统结构图。

**B2.3.2 功能模块设计：**模块名称、编号，层次，与部门的对应关系，外部接口等。

**B2.4 数据库设计**

**B2.4.1 数据量估计和数据分布方案**

**B2.4.2 数据库：**按数据库—片—层—要素—数据项进行描述。

**B2.4.3 数据模型、数据结构、数据格式说明**

**B2.5 代码设计**

**B2.5.1 代码表列表：**代码表名称及其被引用的次级子系统名称，其中应特别指出需要为本系统指定的临时代码表。

**B2.5.2 按制定代码表的依据、格式约定、注意事项（见总体设计）制定临时代码表**

**B2.6 输入设计：**数据源、数据采集方法、处理要求、数据分层。

**B2.7 输出设计：**图型、表形、数据文件格式。

B2.8 界面设计

B2.9 安全保密设计

B2.10 模块详述：按模块逐个提出设计方案。

B2.10.1 模块一（标识符）设计：功能、输入项、输出项、接口、支持软件、限制条件等。

B2.10.2 模块二……

B2.10.3 ……

B3 详细设计方案论证

单独论证或与总体设计方案一起论证。

B4 附件

## 附录 C 系统配置方案 (提示的附录)

根据城市地理信息系统的具体目标和规模，可以选择不同的具体硬软件配置方案。本附录给出城市地理信息系统的大、中、小三种配置方案的建议，供设计时参考。

### C1 较大规模的城市地理信息系统配置方案

较大规模的城市地理信息系统配置有如下特点：

- 多种操作系统并存。
- 客户/服务器结构和分布式数据库。
- 网络化。
- 具有遥感图像处理功能。
- 多媒体数据传输能力。

较大规模的城市地理信息系统配置方案如图 C1 所示。大规模系统配置：可以采用服务器（文件服务器和数据服务器）和 workstation 联网，根据数据量配置大容量磁盘或磁盘阵列，并配置手扶跟踪数字化仪或大幅面扫描仪和矢、栅绘图机等外围设备。

图注：

方框 A 是整个地理信息系统数据处理与管理的中心，以小型机、服务器为核心，带动数台 workstation 和微机，它有三方面任务：一是作为中央数据处理中心，负责整个系统的数据采集、数据管理、数据检索和数据查询；二是负责城市地理信息系统的动态维护；三是经过网络管理整个系统，并存储备份数据。

方框 B 是数据输入系统，由 workstation、微机、数字化仪、扫描仪等组成。

方框 C 代表用户组。

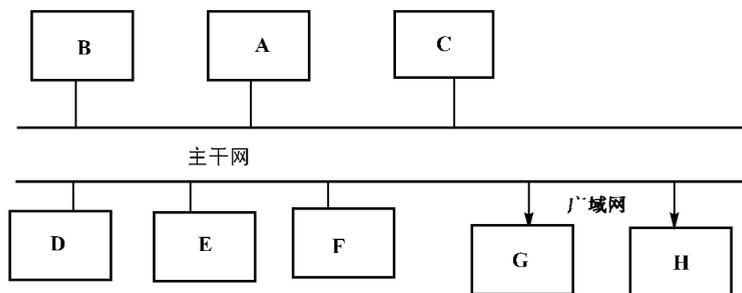


图 C1 较大规模城市地理信息系统配置方案图

方框 D 是数字图像处理系统。

方框 E 的功能是用来完成输出，由绘图机、打印机组成。

方框 F 是多媒体系统，由工作站、微机、录像机等组成。

G 和 H 表示远程广域网用户系统。

### C2 中等规模的城市地理信息系统配置方案

它不像较大规模城市地理信息系统那么庞大和复杂，一般为地理信息局域网或广域网系统。中等规模系统配置：可以用服务器与若干台微机联网。服务器配置较大容量的磁盘，并配置适当数量的手扶跟踪数字化仪或大幅面扫描仪，以及绘图机等外围设备。

其系统配置方案如图 C2 所示。

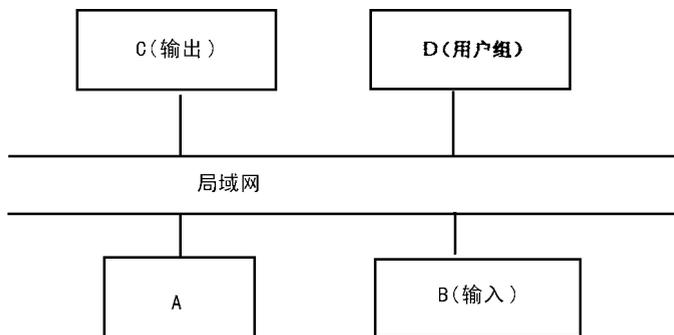


图 C2 中等规模城市地理信息系统配置方案图

图注：

方框 A 是 GIS 中央数据库及网管，它是整个城市地理信息系统的数据处理和管理的中心，由 1 台或 2 台服务器组成，其作用与图 C1 中的方框 A 类同。

方框 B 是数据输入系统。

方框 C 为输出系统。

方框 D 为用户组。

## C3 小规模城市地理信息系统的配置方案

小规模城市地理信息系统的配置方案较中等规模城市地理信息系统配置更为简单，一般为地理信息系统局域网。小规模系统配置，用一台高档微机与若干台微机联网，配置适当规模的磁盘，并根据近期或中长期的需要，配置手扶跟踪数字化仪或扫描仪，一般应配置一台绘图仪。

其系统配置方案如图 C3 所示。

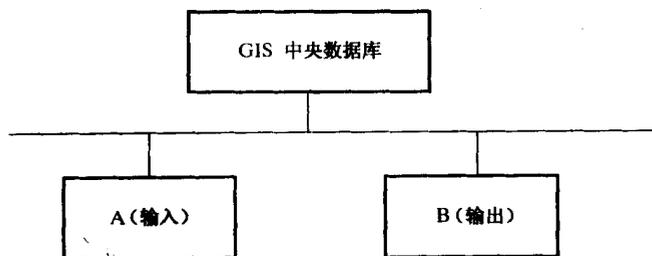


图 C3 小规模城市地理信息系统配置方案图

从图 C3 可见，小规模城市地理信息系统是最基本的城市地理信息系统，具有地理信息系统数据输入、存储、管理、分析、输出的基本功能。从网络角度看，小规模城市地理信息系统是一个局域网系统。

基础信息子系统是城市地理信息系统中其他所有子系统的公共基础，用于存储、管理和应用基础信息，为其他各个子系统提供统一的空间定位基础和专题信息的空间载体。

专题信息子系统用于存储、管理和应用某一类专题信息，各个专题信息子系统借助于统一的空间定位基础信息实现专题信息之间的配准和叠加分析处理。

# 大地天文测量规范

GB/T 17943 – 2000

## 1 范围

本标准规定了在陆地上测定天文经度、天文纬度和天文方位角的施测原则、测定方法和精度要求等。

本标准适用于一、二、三、四等大地天文测量作业。对于其他需要测定天文经度、纬度和方位角的测量作业可参照执行。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 17942 – 2000 国家三角测量规范
- GB/T 17944 – 2000 加密重力测量规范
- GB 12897 – 1991 国家一、二等水准测量规范
- CH 1001 – 1995 测绘技术总结编写规定
- CH 1002—1995 测绘产品检查验收规定
- CH 1003 – 1995 测绘产品质量评定标准
- JJG 414 – 1994 光学经纬仪计量检定规程

## 3 施测原则

### 3.1 目的与任务

**3.1.1** 大地天文测量是通过观测恒星来测定地面测站的天文经度、天文纬度和天文方位角的一种大地测量方法。

**3.1.2** 大地天文测量主要用于地面参考系定向、大地水准面形状测定、工程定向及水平测量控制网方向误差控制等。

**3.1.3** 当前大地天文测量的主要任务是：

- a) 为建立全国和区域大地水准面模型而进行垂线偏差测定；
- b) 为建立地面坐标系定向参数而进行高精度的大地天文测量；
- c) 为建立精密工程定向基准而进行天文测量。

### 3.2 坐标和时间系统

**3.2.1** 观测恒星坐标采用 FK5 系统。

**3.2.2** 极移坐标系采用 JYD1968.0 系统。极移改正时一般采用我国《地球自转参数公报》中所载的地极坐标改正数进行改正。采用其他极移坐标系时，应归算到

JYD1968.0 系统。

3.2.3 时间系统采用相对于 JYD1968.0 系统的世界时 UT1 系统。其时号改正时一般采用我国《地球自转参数公报》中所载的改正数进行改正。采用其他时间系统时应归算到相对于 JYD1968.0 系统的 UT1 系统。

3.2.4 地球椭球参数采用1980西安坐标系的椭球参数。

### 3.3 精度要求

大地天文测量各等级的最低测定中误差按表 1 规定执行：

表 1 精度要求

等级	经度, s	纬度 (")	方位角 (")
一	0.02	0.3	0.5
二	0.04	0.5	1.0
三	0.08	1.0	5.0
四	0.40	5.0	10.0

### 3.4 布点原则

3.4.1 天文测站点的布设密度应根据不同用途及其精度需要进行确定。

3.4.2 对于国家水平大地网和国家天文重力水准测量中拉普拉斯点的布设按照 GB/T 17942 和 GB/T 17944 执行。

3.4.3 天文测站点应选在视野开阔、便于联测和长期保存、地基稳固的地方。

3.4.4 方位角观测视线应远离障碍物、水域、沙漠、戈壁、沼泽地、森林、草原、水泥和柏油覆盖区等旁折光较大和影响地面目标成像质量的区域。一、二等方位角观测视线离障碍物的距离在平原地区不得小于：一等 6m，二等 4m；在山区不得小于：一等 4m，二等 2m。方位角观测视线更加远离大片障碍物。此外，确定视线高度时应考虑到植物的生长情况。

3.4.5 天文测站点上须埋设标志，一、二等天文测站点上应建造天文观测墩。标志埋设和天文墩建造按照 GB/T 17942 执行。

3.4.6 经纬度偏心观测点距中心点的距离不得大于 50m，同时不得小于中心点上标高的一倍半，并便于直接测定归心元素。方位角偏心观测点尽量设在中心点至地面目标点的方向线上而不得设在其延长线上，且偏离方向线不得大于 1m。

### 3.5 施测技术要求

3.5.1 在大地天文测量作业中应根据施测精度要求、观测条件。地理位置等情况在表 2 中选择合适的观测方法。

表 2

观测方法

序 号	观 测 方 法	适 用 等 级
1	北极星任意时角法测定方位角	1~4
2	南北星中天时角法测定方位角	3~4
3	太阳时角法测定方位角	4
4	津格尔法测定经度	1~4
5	东西星高度法测定经度	4
6	太阳高度法测定经纬度	4
7	塔尔科特法测定纬度	1~2
8	恒星高度法测定纬度	3~4
9	多星等高法同时测定经纬度	1~4

**3.5.2** 一、二等天文观测的仪器设站点的四周一般应设置观测幕，以减轻仪器受风力的影响。观测幕的顶盖应至少在观测前一小时打开，使观测幕内外温度趋于一致。

**3.5.3** 观测前应在天文墩周围修筑一合适的木质站台。当修筑站台有困难时，可沿天文墩四周挖一浅沟，以免观测员在地面走动时仪器受振动影响。当仪器置于脚架上观测时，应将仪器脚架安置在特别稳固的三个木桩上。

**3.5.4** 对于没有高程的天文点，可使用空盒气压计测定点的高程，其精度不应低于  $\pm 50\text{m}$ 。

**3.5.5** 对于需要记录观测时刻的大地天文观测，每时间段始末须收录时号，即采用“收时—观测—收时”的观测纲要。当经度观测时间段每超过 6h、纬度和方位角观测时间段每超过 8h、或观测星组每超过三组时应至少增加一次收录时号。当收时困难时，允许在收录第一个时号前一个小时内或收录最后一个时号后一小时内进行天文观测。时号收录方法见附录 A。

**3.5.6** 对于需要定向的天文观测开测前应按照附录 B 规定的方法进行仪器定向。

**3.5.7** 当进行偏心观测时，须测定归心元素。归心元素的测定见附录 C。

**3.5.8** 方位角一般应在中心点上观测。在不得已的情况下，才可以进行偏心观测。

**3.5.9** 对于需要在室内标定子午线或引测天文方位角的测量作业，可参照附录 E 执行。

**3.5.10** 方位角观测时，应选在地面照准目标成像清晰、稳定的情况下进行观测。如果地面照准目标成像模糊或跳动剧烈时不得进行观测。一、二等观测地面照准目标应为回光，且回光大小、亮度应调整均匀适当。方位角一测回观测过程中不得变动焦距。

**3.5.11** 方位角观测限差和观测条件及超限处理办法按表3执行。

表 3

方位角观测限差和条件

项目	一等	二等		三等		四等		超限处理
	DJ07	DJ07	DJ1	DJ1	DJ2	DJ1	DJ2	
目镜测微器读数互差	3g <sup>*</sup>	3g <sup>*</sup>	-					重新开始读数
测微器两次重合读数互差	1"	1"	1"	1"	3"	1"	3"	重新开始两次读数
半测回两次地面目标方向值互差	4"	4"	6"	6"	8"	6"	8"	重测半测回
半测回两次恒星方向值互差	6"	6"	6"	6"	8"	6"	8"	重测半测回
一测回地面目标 2C 互差	6"	6"	8"	8"	12"	8"	12"	重测一测回
一测回地面目标 2C 和恒星 2C 互差	10"	10"	14"	14"	20"	14"	20"	重测一测回
2C 绝对值	20"	20"	20"	20"	30"	20"	30"	重测一测回
各测回方位角互差	6"	6"	9"	9"	12"	9"	12"	重测超限测回，重测测回数不得超过总测回数的三分之一
目标高度角绝对值	1°	2°						读记照准部水准器读数加入水平轴倾斜改正
水平度盘行差	0.5"	0.5"						加入行差改正
测回数 (星数)	18	9	12	4	6	2	3	
最小时间段数	4	2	3	1	1	1	1	
每时间段最多测回数	6	5	6					
夜晚最多测回数	10	8	6					

\* g 为目镜测微器最小分格。

3.5.12 方位角观测的各测回度盘配置按下式计算：

$$C = A + G + M + S \quad \dots\dots\dots (1)$$

且：G = 180 × (i - 1) / m (取至度)

M = d × (i - 1) (取至分)

$$S = L \times (i - 0.5) / m \quad (\text{取至秒})$$

式中：A——方向概略值；

i——测回数；

m——测回数；

d——度盘分格值；

L——测微器周值。

**3.5.13** 正反天文方位角不符值不得大于：一等：±2.5"；二等：±4"。正反天文方位角不符值按下式计算：

$$\Delta\alpha = (\alpha_{12} - \alpha_{21} \pm 180^\circ) - (\lambda_1 - \lambda_2) \sin\phi_m \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：α<sub>12</sub>、α<sub>21</sub>——正反天文方位角；

λ<sub>1</sub>、λ<sub>2</sub>——两端点的天文经度；

φ<sub>m</sub>——两端点的平均天文纬度。

**3.5.14** 一、二等天文经度观测的时间段不少于：一等：3、二等：2，进行人仪差测定时，应增加一个时间段；一、二等天文纬度观测的时间段数不少于一等：2、二等：1。同时测定经纬度时按最多时段数要求执行。一个时间段观测的测回数或星对数、恒星数不得超过其平均数的三分之一。

**3.5.15** 一个测站、一个时间段、或一个星组中舍去的观测测回数或星对数、恒星数不得超过其观测数的三分之一，否则该测站、时间段或星组观测成果作废。

#### 4 人仪技术要求

##### 4.1 观测员要求

观测员应由业务水平高、技术熟练且人仪差稳定的技术人员担任，并经过专门技术培训和部门认可方能上岗。

##### 4.2 仪器配备

主要仪器配备要求见表4。

表4 仪器配备

仪 器	型 号	适用等级	技 术 要 求
经纬仪	DJ07 DJ1 DJ2	1、2 2~4 3、4	用于一等的经纬仪应配备有接触测微器或光电装置
石英钟或电子表		1~4	钟速互差不大于 $5 \times 2^{i-1} \text{ms/h}$ (i 为等级)
电子记时仪		1、2	
短波收讯机			

##### 4.3 仪器检验

**4.3.1** 对于经纬仪的检验要求按照 JJG 414 执行。对于经纬仪使用中不涉及的部件检验项目可不作检验。

**4.3.2** 对于水准器的格值和质量检验按照 GB 12897 - 1991 的附录 B20 执行。

**4.3.3** 对于经纬仪的附加装置和石英钟应进行如下检测：

- a) 望远镜目镜测微器丝距的测定（见附录 D，出测前检测一次）；
- b) 接触测微器隙动差的测定（见附录 D，每测站检测一次）；
- c) 天文钟的检测（见附录 D，出测前检测一次）。

**4.3.4** 用于测定归心元素的钢卷尺每两年送检定场检测一次。

**4.3.5** 作业中对计时仪要经常进行检测，以保证计时仪正常、可靠，出现故障应送交专门检修部门修理。

### 4.4 人仪差测定

**4.4.1** 测定一、二等天文点的观测员，每期作业前后须在测区纬度相接近的基本天文点上测定人仪差。两次人仪差测定相隔时间不应超过一年。新观测员应酌情在第一期作业中间加测一次人仪差。

**4.4.2** 人仪差和天文点的经度测定须采用同一方法并用同一仪器进行。若作业中调换仪器须重新测定人仪差。

**4.4.3** 一、二等天文测量相邻两次人仪差的变动分别不得超过  $0.04s$  和  $0.06s$ 。

**4.4.4** 测定人仪差时，不允许舍弃测定中误差合乎限差的任一组结果，且只准测一份成果。

### 4.5 仪器维护和使用

**4.5.1** 测量仪器是进行天文测量的必要工具，测量员必须精心维护和细心使用，使之经常处于完好状态，保证天文测量工作的顺利进行。仪器需定期保养，及时维修，并及时建立档案，以便记录仪器维护、检修、检定和使用情况。

#### 4.5.2 经纬仪

**4.5.2.1** 仪器装箱时的注意事项：

- a) 将仪器各部件擦拭干净；当仪器受潮后，应晾干后方可装箱；
- b) 水平轴轴颈和支架轴承，应涂上高级钟表油，并用软纸包好；
- c) 测微器、水准器等也应用软纸包扎好，并用线系紧；
- d) 仪器与箱底的固结螺旋应旋紧，其他螺旋要适当放松；
- e) 水准器的气室内要保持有一定的空气，防止水准管破裂；
- f) 仪器运输时应旋转基座护套上端的制动环，使滚珠轴承停止作用；
- g) 搬动仪器时不得握拿望远镜、度盘以及仪器基座底壳。

**4.5.2.2** 仪器运输中应注意事项：

- a) 仪器托运时，必须有专人押运，仪器箱或套箱的顶面应贴上“精密仪器”、“小心轻放”、“防潮”、“防晒”等标签，侧面标记向上的箭头等不能倒置的记号；
- b) 装车和卸车时，必须有专人在场照顾，搬抬仪器要平拿轻放，以免仪器受剧烈震动和撞击。在任何情况下，仪器都不能倒置或侧置；
- c) 利用汽车运输仪器时，仪器箱应装在车身的前部，箱底部应垫一软垫；

d) 将仪器升上或降下高标时, 必须严格检查绳索、滑车等升降工具及其系结的牢固性。在整个升、降仪器过程中, 必须由专人负责指挥, 人员分工明确, 动作协调一致, 有组织有步骤地进行。

### 4.5.2.3 仪器使用中的注意事项:

a) 安置仪器时, 须将水平轴轴颈和支架轴承擦拭干净, 轴颈和轴承可用绸布轻轻擦拭, 禁止用手握轴颈磨光部位。为防止轴颈落上灰尘, 应给轴颈加盖护罩;

b) 调整水准器气泡长度时, 切记不得剧烈抖动, 以免损坏气室隔板; 挂(跨)水准器不使用时, 应放置在仪器箱内;

c) 使用固定螺旋时, 只需旋至刚好接触时为宜, 不要固定过紧, 以免仪器受损。

### 4.5.2.4 每日观测结束后, 应进行下列工作:

a) 用毛刷拂去仪器上的灰尘。物镜和目镜的透镜如有露水, 可用镜头纸轻轻揩拭, 不得用酒精或汽油擦洗。不许用手指触摸透镜表面;

b) 将所有微动螺旋拧至螺旋中部位置。并用绸布擦拭轴颈, 且当空气潮湿时, 应涂上表油;

c) 安置在观测幕内的仪器, 每天观测结束后, 应罩上仪器套, 并须有人看管。如在高标上观测, 每天工作结束后应将仪器装箱, 盖上防雨布并绑在标架上。

### 4.5.3 天文钟

a) 领取天文钟时须细心检查, 并根据钟的档案资料, 详细了解该钟的使用经历, 作为工作时的参考。钟在使用期间必须由观测员亲自维护;

b) 迁站时电子钟内的电池应取出。钟不得托运, 须由专人随身携带, 并应特别注意防止受振和快速转动; 搬动钟时要轻拿轻放, 并应注意使钟面保持水平。

### 4.5.4 电子计时仪

计时仪应放在通风干燥的地方, 防止受潮; 随时防止灰尘或脏物落在计时器内, 平时应将计时器放在保护箱内; 使用或运输过程中防止受振; 每晚工作结束后要关闭电源。

### 4.5.5 收讯机

收讯机和电池应放在干燥通风的地方, 防止受潮, 并且要防止阳光曝晒, 迁站时机内电池应取出。雷雨天应将外接天线接地, 以防雷击。

## 5 观测方法

### 5.1 北极星任意时角法测定方位角

#### 5.1.1 第一纲要一测回观测程序如下:

a) 观测地面目标;

b) 沿顺时针方向观测北极星;

c) 沿顺时针方向第二次观测北极星;

d) 沿顺时针方向第二次观测地面目标;

e) 纵转望远镜, 沿逆时针方向重复以上操作。

#### 5.1.2 第二纲要一测回观测程序如下:

a) 观测地面目标;

- b) 沿顺时针方向观测北极星；  
 c) 纵转望远镜，沿顺时针方向第二次观测北极星；  
 d) 沿顺时针方向第二次观测地面目标；  
 e) 沿逆时针方向重复以上操作。

5.1.3 一般情况采用第一纲要，对于 DKM3 - A 经纬仪应采用第二纲要。

5.1.4 采用 DJ07 仪器观测地面目标时，用望远镜目镜测微器的移动丝照准目标三次，每次读记测微鼓读数，然后读水平度盘读数。采用其他仪器观测地面目标时，照准一次后读水平度盘读数。

5.1.5 采用 DJ07 仪器观测北极星时，先读记挂（跨）水准器读数；采用第一纲要若在 4m 以上觇标上观测时应随即将挂（跨）水准器换置 180°；用移动丝照准目标三次并每次记录瞬间的钟面时和测微鼓读数；然后读记挂（跨）水准器读数，再读水平度盘读数；采用第一纲要若在不超过 4m 的觇标上或墩标上观测时应将挂（跨）水准换置 180°。采用其他仪器观测北极星时，照准北极星记录瞬间的钟面时，然后读记照准部水准器气泡两端读数。

5.1.6 采用 DJ07 仪器一测回观测中，水准器零点变动对于 T4 仪器不得大于 2.25 格，对于 DKM3 - A 仪器不得大于 1.5 格，在 12m 以上高标上观测时对于 T4 仪器可放宽到 3.0 格，对于 DKM3 - A 仪器可放宽到 2.0 倍。

5.1.7 一测回方位角观测值按下式计算：

$$a = D_A - (M_L + M_R) / 2 \{ - (M_L - M_R) q / p + 0.16'' p \cos \phi \} \quad \dots\dots (3)$$

其中： $q = (\csc Z_R - \csc Z_L) / 2$

$$p = \csc Z_L + \csc Z_R$$

$$Z = \arccos (\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t)$$

$$M = D - \arcsin (\sin t \cos \delta / \sin Z) + V \operatorname{ctg} Z \{ \pm (m - 10) \mu \csc Z \}$$

$$t = 15 (S - \alpha)$$

式中：{ }——三、四等可不计算的项；

D——北极星半测回度盘位置观测值；

V——竖轴倾斜观测值；

$\mu$ ——测微器格值；

m——测微器读数；

$D_A$ ——地面目标一测回度盘位置观测值；

L——北极星盘左位置；

R——北极星盘右位置；

S——半测回观测北极星时刻的恒星时；

$\alpha$ ——半测回北极星的视赤径；

$\delta$ ——半测回北极星的视赤纬；

$\phi$ ——测站天文纬度（符号说明下同）。

## 5.2 南北星中天时角法测定方位角

5.2.1 观测恒星选用中天附近的南北星对，其星对应满足如下条件：

- a) 天顶距应大于  $15^\circ$ ，小于  $75^\circ$ ；
- b)  $\cos\delta/\cos Z$  一般应小于 1.5，最大不得大于 2；
- c) 一对星的  $\cos\delta/\sin\phi$  之差的绝对值小于 0.5；
- d) 所有星对的  $\cos\delta/\cos Z$  之差总和不大于 1；
- e) 相邻两星的赤径差大于 12min；
- f) 恒星距子午圈的角距应不大于  $2.5^\circ$ ；
- g) 星等不弱于 5。

**5.2.2 一测回观测程序如下：**

- a) 观测地面目标；
- b) 沿顺时针方向观测南（或北）星；
- c) 沿顺时针方向第二次观测地面目标；
- d) 纵转望远镜，沿逆时针方向重复以上操作。

**5.2.3 观测恒星时，应事先按观测量表配置经纬仪，待星进入视场后，读取照准部水准器两端读数，用十字丝竖丝照准星三次，每次照准同时读记表面时和水平度盘读数，然后再读取照准部读数。**

**5.2.4 半测回方位角观测值按下式计算：**

$$a = D_A - D + \arcsin(\sin t \cos\delta / \sin Z) - V \operatorname{ctg} Z \quad \dots\dots\dots (4)$$

其中： $Z = \arccos(\sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos t)$

$$t = 15(S - \alpha)$$

式中： $D$ ——南北星半测回度盘位置观测值；

$D_A$ ——地面半测回度盘位置观测值；

$S$ ——半测回南北星的恒星时；

$\alpha$ ——半测回南北星的视赤经；

$\delta$ ——半测回南北星的视赤纬。

**5.3 太阳时角法测定方位角**

**5.3.1 选择太阳在日出后和日落前2h内测定方位角。**

**5.3.2 一测回观测程序如下：**

- a) 照准地面目标，读记水平度盘读数；
- b) 沿顺时针方向照准太阳，使太阳影像位于竖丝的右半部分中央，用竖丝切准太阳的左边缘，连续切准两次，每次读记表面时和水平度盘读数；
- c) 纵转望远镜，沿逆时针方向照准太阳，使太阳影像位于竖丝的左半部分中央，用竖丝切准太阳的右边缘，连续切准两次，每次读记表面时和水平度盘读数；
- d) 照准地面目标，读记水平度盘读数。

**5.3.3 一测回方位角按下式计算：**

$$a = D_A - D + \operatorname{arctg}[\sin t / (\sin\phi \cos t - \operatorname{tg}\delta \cos\phi)] \quad \dots\dots\dots (5)$$

且： $t = 15(S - \alpha)$

式中： $D_A$ ——一测回地面目标度盘位置观测值；

$D$ ——一测回太阳度盘位置观测值；

- $\alpha$ ——一测回的太阳视赤经，计算方法见附录 F；
- $\delta$ ——一测回的太阳视赤纬，计算方法见附录 F；
- S——一测回的地方恒星时。

#### 5.4 津格尔法定经度

5.4.1 观测恒星选用位于同一等高圈的东星对，其星对应满足如下条件：

- a) 星对的天顶距在  $20^\circ \sim 55^\circ$  之间，特殊地区可放宽到  $60^\circ$ ；
- b) 一星对东、西星方位角分别在  $245^\circ \sim 295^\circ$  和  $65^\circ \sim 115^\circ$  范围内；
- c) 相邻两星对的时间间隔，以星对中央时刻为准应不小于 7min，采用电磁水准器可缩短至 6min；
- d) 星等一般不弱于 5 等。

5.4.2 观测限差和条件按表5执行。

表 5 津格尔法观测经度限差和条件

项目	一等	二等	三等	四等	超限处理办法
点观测星对数 $\geq$	36	24	16	3	
人仪差观测星对数 $\geq$	48	36	-	-	
每星对经度互差 $\leq, s$	0.3	0.5	0.8	1.0	舍去超限星对
竖轴倾斜变化 $\leq, 格$	6	6			校正仪器
气泡长度变化 $\leq, 格$	0.4	0.4			重新观测

5.4.3 一对星的观测程序如下：

- a) 按观测星对的平均天顶距及东（或西）星的方位角安置好经纬仪，并使横轴水准器气泡精确居中；
- b) 设置好记时设备，准备记录时刻；
- c) 待星进入视场后，一、二等天文观测要求读记横轴水准器读数。当星进入观测区后，一、二等天文观测时用移动丝跟踪平分星象记录时刻，三、四等天文观测时读记星在竖丝附近经过水平丝的时刻；
- d) 旋转照准部按上述方法观测第二颗星。

5.4.4 一组星的观测程序应按照东星、西星、西星、东星或相反的次序交替进行。

5.4.5 一对星的天文经度观测值按下式计算：

$$\lambda = \alpha + n - m \{ + \delta_u + \delta_r \} + \delta_\alpha - S_g \dots\dots\dots (6)$$

- 其中： $\alpha = (\alpha_E + \alpha_W) / 2$
- $m = \arctg ( \operatorname{tg} \delta_t \operatorname{ctg} \epsilon )$
- $n = \arcsin ( \operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \epsilon \cos m / \operatorname{sin} t )$
- $\epsilon = (\delta_W - \epsilon_E) / 2$
- $\delta = (\delta_E + \delta_W) / 2$

$$t = 15 [ (\alpha_E - \alpha_W) / 2 + (X_W - X_E) / 2 ]$$

$$\delta_u = \pm (i_W - i_E) \tau'' / (60 \cos \phi \sin A_W) \quad (\text{小分划在近物镜端时为 } + , \text{ 反之为 } -)$$

$$\delta_r = -M_x \sin Z / (2 \cos \phi \sin t_w \cos \delta_w)$$

$$\delta_\alpha = 0.021^s \cos Z$$

$$Z = \arccos (\sin \phi \sin \delta_w + \cos \phi \cos \delta_w \cos t_w)$$

$$t_w = 15 (S_g + \lambda' - \alpha_w - 2^{\min})$$

式中： $\alpha_E$ 、 $\alpha_W$ ——东西星视赤经；  
 $\delta_E$ 、 $\delta_W$ ——东西星视赤纬；  
 $X_E$ 、 $X_W$ ——东西星表面时；  
 $\phi$ ——测站纬度；  
 $\lambda'$ ——测站近似经度；  
 $\tau''$ ——水准器格值；  
 $i_E$ 、 $i_W$ ——东西星水准器左右气泡读数差；  
 $M_x$ ——接触测微器隙动差；  
 $S_g$ ——表面时刻  $(X_E + X_W) / 2$  时的格林尼治恒星时；  
 $\{ \}$ ——三、四等天文测量可不计算的改正项。

### 5.5 东西星高度法测定经度

5.5.1 采用此法进行四等天文观测时每测站至少观测的东西星对数：DJ1 为 2 对星，DJ2 为 3 对星，星对经度互差应小于 1.0s，其星对应满足如下条件：

- a) 一星对的天顶距应小于  $75^\circ$ ，且尽量相等；
- b) 东、西星方位角分别在  $240^\circ \sim 300^\circ$  和  $60^\circ \sim 120^\circ$  范围内；
- c) 星等应不弱于五等。

5.5.2 一对星观测程序如下：

- a) 按照观测东（或西）星的天顶距和方位角，安置好经纬仪，并读记气温和气压；
- b) 照准东（或西）星三次，同时每次读记表面时和竖盘读数；
- c) 纵转望远镜，操作如 b)；
- d) 读记气温和气压；
- e) 观测西（或东）星，重复以上操作。

5.5.3 一颗星的天文经度观测值按下式计算：

$$\lambda = \alpha + t - S_g \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$t = \arccos [ (\cos Z - \sin \phi \sin \delta) / (\cos \phi \cos \delta) ] / 15$$

其中： $Z = Z' + R$

式中： $\alpha$ ——恒星视赤经；  
 $\delta$ ——恒星视赤纬；  
 $Z'$ ——一颗星的天顶距平均观测值；  
 $R$ ——蒙气差改正数；  
 $S_g$ ——一颗星平均观测时刻的格林尼治恒星时；

$\phi$ ——测站纬度。

## 5.6 太阳高度法测定经度或纬度

5.6.1 选择太阳天顶距不大于  $75^\circ$  的卯酉圈附近测定经度；在子午圈左右各  $1.5h$  内测定纬度。

5.6.2 采用此法进行四等天文观测至少采用的测回数：DJ1 为 4，DJ2 为 6。测定经度时上下午时段应尽量对称。

5.6.3 一测回始末应读记气温和气压。

5.6.4 一测回观测程序如下：

a) 在盘左（或盘右）位置，使太阳影像位于视场下半部分的中央，用水平丝切准太阳的上边缘，连续切准两次，每次读记表面时和竖盘读数；

b) 纵转望远镜，使太阳位于视场上半部分的中央，用水平丝切准太阳的下边缘，连续切准两次，每次读记表面时和竖盘读数。

对于加鲁罗弗斯棱镜观测时，应使视场中四个太阳影像的交线与十字丝重合并固定棱镜位置后按上述步骤进行观测读数。

5.6.5 一测回经度、纬度按下式计算：

$$\lambda = \alpha + t - S_g \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\phi = m + n \quad \dots\dots\dots (9)$$

且  $t = \arccos [ (\cos Z - \sin\phi\sin\delta) / (\cos\phi\cos\delta) ] / 15$

$$t = 15 (S - \alpha)$$

$$m = \arctg ( \operatorname{tg}\delta / \cos t )$$

$$n = \arccos ( \cos Z \sin m / \sin\delta )$$

$$Z = Z' + R - P_0 \sin Z'$$

式中： $\alpha$ ——一测回太阳的视赤经；

$\delta$ ——一测回太阳的视赤纬；

$Z'$ ——一测回天顶距观测值；

$P_0$ ——太阳地平视差，可取为  $8.8''$ ；

$S_g$ ——一测回的格林尼治恒星时；

$S$ ——一测回地方恒星时。

## 5.7 塔尔格特法测定纬度

5.7.1 采用此法每测站用 DJ05 仪器至少观测中天时的南北星对数：一等为 10 对，二等为 6 对，其星对应满足如下条件：

a) 一星对平均天顶距小于  $40^\circ$ ；

b) 一星对南、北星天顶距之差不得超过  $16'$ ；

c) 一星对赤经之差应在  $3 \sim 15\text{min}$  之间；

d) 所有星对的南北星天顶距之差代数和不应超过  $\pm 20'$ 。

5.7.2 一对星观测程序如下：

a) 按照一星对的平均天顶距及第一颗星的方位角整置经纬仪，调整横轴水准器，使气泡居中；

b) 星进入视野后, 读记横轴水准器两端读数, 使移动丝概略平分星象, 读记目镜测微器周数, 当星依次经过五根垂直固定丝时, 沿旋进方向使移动丝精确平分星象, 同时读记测微器读数, 最后再次读记水准器读数;

c) 将仪器照准部旋转 180°, 按测第一颗星的方法, 观测第二颗星。

### 5.7.3 观测过程中注意的事项:

a) 一观测时间段内的观测程序应按照水准器在望远镜东侧、西侧、西侧、东侧……或相反次序交替进行;

b) 当发现一颗星的五次测微器读数出现递增或递减时, 应重新校正目镜测微器移动丝使其水平, 并重新进行仪器定向;

c) 望远镜倾斜变化不宜过大, 当  $(i_W - i_E)$  大于 6 时, 应重新校正仪器。一颗星观测过程中气泡长度变化不得超过 0.4 格;

d) 不允许测天顶星及用连续的三颗星组成两个观测星对。

### 5.7.4 一对星的天文纬度观测值按下式计算:

$$\phi = \delta + \Delta Z + (i_W - i_E) \tau / 4 + K \quad \dots\dots\dots (10)$$

且:  $\delta = (\delta_s + \delta_n) / 2$

$$\delta_n = \begin{cases} \delta_N & \text{(当北星不在下中天时)} \\ 180^\circ - \delta_N & \text{(当北星在下中天时)} \end{cases}$$

$$\Delta Z = \begin{cases} + (1 + 0.0175 \sec^2 Z) (M_W - M_E) r / 2 & \text{T4 仪器} \\ - (1 + 0.0175 \sec^2 Z) (M_W - M_E) r / 2 & \text{DKM3 仪器} \end{cases}$$

$$K = F_s \operatorname{tg} \delta_s + F_N \operatorname{tg} \delta_n$$

$$F = \sum f_i^2 / (20 \rho'')$$

$$Z = (\delta_s - \delta_n) / 2$$

式中:  $\delta_s$ 、 $\delta_n$ ——南北星的视赤纬;

$i_W$ 、 $i_E$ ——东西两侧时的水准器左、右气泡读数;

$M_W$ 、 $M_E$ ——东西侧时的测微器读数;

$r$ ——目镜测微器周值;

$\tau$ ——水准器格值;

$f_i$ ——第  $i$  个移动丝的丝距。

## 5.8 恒星高度法测定纬度

### 5.8.1 观测恒星选用位于中天附近的南北星对或北极星。三等观测须选用南北星。

对于测站纬度小于 15° 的地区, 不得选用北极星。观测测回数对于三等不得少于 8 测回, 四等不得少于 6 测回。南北星对应满足如下条件:

a) 天顶距应小于 70°;

b) 星对天顶距之差应小于 20°;

c) 星对的赤经之差应小于 1h;

d) 距子午圈的角距大于 3°。

### 5.8.2 一测回始末应读记气温和气压。

5.8.3 一测回观测程序如下：

- a) 按照观测恒星的天顶距和方位角安置好仪器；
- b) 照准恒星三次，同时每次读记表面时和竖盘读数；
- c) 纵转望远镜，操作如 b)。

5.8.4 半测回纬度观测值按下式计算：

$$\phi = m + n \dots\dots\dots (11)$$

且： $m = \arctg(\operatorname{tg}\delta/\operatorname{cost})$

$n = \pm \arccos(\cos Z \sin m / \sin \delta)$  (南星为 +，北星为 -)

$Z = Z' + R$

$t = 15(S - \alpha)$

式中： $\alpha$ ——半测回恒星视赤经；

$\delta$ ——半测回恒星视赤纬；

$Z'$ ——半测回天顶距观测值；

$R$ ——蒙气差改正数；

$S$ ——半测回平均观测时刻的恒星时。

5.9 多星等高法同时测定经纬度

5.9.1 观测恒星选用均匀分布在 $60^\circ$ 或 $45^\circ$ 等高圈上的恒星，其恒星距子午圈和卯酉圈的角距分别不得小于 $15^\circ$ 和 $10^\circ$ ，采用光电装置时可放宽至 $25^\circ$ 和 $15^\circ$ 。

5.9.2 一等观测时须采用 DJ05 仪器附加光电装置，并须进行迟滞差测定。对于二~四等观测时须配备 $60^\circ$ 或 $45^\circ$ 等高棱镜，并在观测前应按附录 D 对等高棱镜进行校正。

5.9.3 观测条件见表6。

表 6 多星等高法观测条件

项 目	一等	二等	三等	四等
	DJ05 光电	DJ1	DJ1 DJ2	DJ1 DJ2
最少星组数 人仪差 天文点	12	8		
	10	6	3 4	2 3
每组最少采用星数	8	12	8	6
每象限最少星数	2	2	1	1

5.9.4 一组星观测始末和气温变化时应读记气温和气压。

5.9.5 一颗星的观测程序如下：

- a) 按照观测恒星的方位角安置好仪器；
- b) 当星进入视场后，调整水平微动螺旋，使星象将从视场中央通过。对于光电装置，作好自动跟踪星象准备；
- c) 待两星象重合时记录观测时刻，或待星即将进入光栅时，读记水准器读数，并自动记录时刻，记录时刻完毕，再立即读记水准器读数。

5.9.6 一组星的观测经纬度计算方法如下：

a) 组成误差方程：

$$V_i = a_i r + b_i x + c_i y + l_i \quad \dots\dots\dots (12)$$

且： $a_i = 1$

$$r = -dZ$$

$$b_i = \cos A_i$$

$$x = -d\phi$$

$$c_i = \sin A_i$$

$$A_i = \arcsin(-\cos\delta_i \sin t_i / \sin Z_0)$$

$$y = -15 \cos\phi_0 d\lambda$$

$$l_i = Z_i - Z_0 - n + \Delta_i$$

$$Z_i = \arccos(\sin\phi_0 \sin\delta_i + \cos\phi_0 \cos\delta_i \cos t_i)$$

$$Z_0 = Z' + R$$

$$t_i = S_i - \alpha_i$$

式中： $dZ$ ——近似天顶距的改正数，(″)；

$d\phi$ ——近似纬度的改正数，(″)；

$d\lambda$ ——近似经度的改正数，(s)；

$\phi_0$ ——近似纬度；

$\alpha_i$ ——恒星视赤经；

$\delta_i$ ——恒星视赤纬；

$Z'$ ——观测天顶距， $30^\circ$ 或 $45^\circ$ ；

$R$ ——蒙气差改正数；

$n$ ——常数，一般取 $\sum(Z_i - Z_0) / n$ ，(″)；

$\Delta_i$ ——利用光电装置观测时应加的水准器改正值，(″)。

b) 组成和解算法方程式；

c) 计算一组星的经纬度观测值；

$$\phi = \phi_0 - x \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\lambda = \lambda_0 - y / (15 \cos\phi_0) \quad \dots\dots\dots (14)$$

d) 估计一组星的观测精度：

$$\mu = \sqrt{[VV]} / (n - 3) \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$m_\phi = \mu / \sqrt{P_x} \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$m_\lambda = \mu / (15 \cos\phi_0 \sqrt{P_y}) \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中： $P_x$ —— $x$ 未知数的权；

$P_y$ —— $y$ 未知数的权。

6 数据处理方法

6.1 时间计算

6.1.1 时号传播改正数按下式计算：

$$V_t = \begin{cases} d/285000 & d > 1000\text{km 时的短波时号改正} \\ \sqrt{(R\sin d^\circ)^2 + [R(1 - \cos d^\circ) + 275]^2} / 149900 & \\ d \leq 1000\text{km 时的短波时号改正} & \dots\dots\dots (18) \\ d/252000 & \text{长波时号改正} \end{cases}$$

且：d = 222.4d°

$$2d^\circ = \arccos [\sin\phi_1 \sin\phi_2 + \cos\phi_1 \cos\phi_2 \cos(\lambda_2 - \lambda_1)]$$

R = 6371

式中：d——测站距时号发播台的距离，km；

$\phi_1$ 、 $\phi_2$ ——发播台、测站纬度；

$\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ——发播台、测站经度。

6.1.2 世界时时号改正按下式计算：

$$t = t_0 + V_t + \Delta UT1 + \Delta t \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中：t——接收到时号的世界时；

$t_0$ ——时号发播的名义世界时；

$V_t$ ——时号传播改正数；

$\Delta UT1$ ——协调世界时 UT1 的近似改正数；

$\Delta t$ ——综合时号改正数，外业可不作计算。

6.1.3 由表面时按下式计算世界时：

$$t = t_1 + (X - X_1)(t_2 - t_1) / (X_2 - X_1) \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中： $t_1$ 、 $t_2$ ——两次收录时号的世界时；

$X_1$ 、 $X_2$ 、 $X$ ——两次收录时号的表面时和任意时刻的表面时。

6.1.4 儒略日数按下式进行计算：

$$J = 1721013.5 + 367Y - \text{INT}(7(Y + \text{INT}((M + 9)/12)))/4 + \text{INT}(275M/9) + D + h/24 \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中：INT——取整数函数；

Y——公元年数；

M——月份；

D——日数；

h——时间，h。

6.1.5 格林尼治恒星时按下式计算：

$$S_g = 6^h 41^m 50.54841^s + 8640184.812866^s T_U + 0.093104^s T_U^2 - 6.2^s \times 10^{-6} T_U^3 + \Delta\psi \cos\epsilon / 15 \quad \dots\dots\dots (22)$$

且： $T_U = (J_U - 2451545.0) / 36525$

式中： $J_U$ ——世界时刻所对应的儒略日数；

$\Delta\psi$ ——黄经章动，(″)；

$\epsilon$ ——黄赤交角，计算见 6.2、6.3。

格林尼治恒星时也可以从中国天文年历中查取。

6.1.6 地方恒星时按下式计算：

$$S = S_g + \lambda$$

式中： $S_g$ ——格林尼治恒星时；  
 $\lambda$ ——测站经度。

6.1.7 质心力学时可按下式计算：

$$t_D = t + \Delta T$$

式中： $t$ ——世界时；

$\Delta T$ ——质心力学时与世界时之差，可从中国天文年历中查取，或采用满足精度要求的经验拟合式计算。

6.2 恒星视位置计算

6.2.1 恒星视位置可以按照中国天文年历提供的方法查表计算，也可以按照本标准规定的方法计算。

6.2.2 恒星地心平赤道坐标按下式计算：

$$P = P_0 + R_z (-90^\circ - 15\alpha_0) R_x (\delta_0 - 90^\circ) VT - \pi'' E_B / \rho'' \quad \dots\dots (23)$$

$$\text{且：} P_0 = \begin{bmatrix} \cos\alpha_0 \cos\delta_0 \\ \sin\alpha_0 \cos\delta_0 \\ \sin\delta_0 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} 15 \cos U_\alpha^s / \rho'' \\ U_\delta'' / \rho'' \\ k \pi'' V_r / \rho'' \end{bmatrix}$$

$$T = (J_D - 2451545) / 36525$$

$$k = 21.094953$$

式中： $\alpha_0$ ——J2000 历元的恒星平赤经；

$\delta_0$ ——J2000 历元的恒星平赤纬；

$U_\alpha^s$ ——赤经自行，s/世纪；

$U_\delta''$ ——赤纬自行，(″)/世纪；

$V_r$ ——经向自行，km/s；

$\pi''$ ——恒星周年视差；

$E_B$ ——地球的太阳系质心坐标；

$R$ ——绕 X、Y、Z 轴的旋转矩阵；

$J_D$ ——力学时所对应的儒略日数。

6.2.3 进行光线变曲和光行差改正的恒星地心平赤道坐标按下式计算：

$$P_2 = (\beta^{-1} P_1 + V_B + (P_1^T V_B) V_B (1 + \beta^{-1})) / (1 + P_1^T V_B) \quad \dots\dots (24)$$

$$\text{且：} P_1 = \bar{P} + (2\mu/c^2 |E|) [ (e - (P^T e) P) / (1 + P^T e) ]$$

$$\bar{P} = P / (P^T P)^{1/2}$$

$$e = E / |E|$$

$$|E| = (E^T E)^{1/2}$$

$$V_B = E_B/c = 0.0057755E_B$$

$$\beta = (1 - V_B^T V_B)^{-1/2}$$

$$\mu/c^2 = 9.87063 \times 10^{-9}$$

式中：E——地球的日心坐标；

$E_B$ ——地球的太阳系质心坐标变率。

**6.2.4 进行岁差和章动改正后的恒星地心真赤道坐标按下式计算：**

$$P_3 = NSP_2 \dots\dots\dots (25)$$

且： $N = R_x(-\epsilon_A - \Delta\epsilon) R_z(-\Delta\psi) R_x(\epsilon_A)$

$S = R_z(-Z_A) R_r(\theta_A) R_2(-\zeta_A)$

$\epsilon_A = 84381.448'' - 46.8150''T - 0.00059T^2 - 0.001813T^3$

$\zeta_A = 2306.2181''T + 0.30188''T^2 + 0.017998''T^3$

$\theta_A = 2004.3109''T - 0.42665''T^2 - 0.041833''T^3$

$Z_A = 2306.2181''T + 1.09468''T^2 + 0.018203''T^3$

式中： $\Delta\epsilon$ ——黄赤交角章动；

$\Delta\psi$ ——黄经章动。

**6.2.5 由直角坐标计算恒星球面视位置按下式计算：**

$$\alpha = \arctg(Y/X) \dots\dots\dots (26)$$

$$\delta = \arcsin[Z / (P_3^T P_3)^{1/2}] \dots\dots\dots (27)$$

式中： $\alpha$ ——视赤经；

$\delta$ ——视赤纬；

X——X 轴坐标分量；

Y——Y 轴坐标分量；

Z——Z 轴坐标分量。

**6.3 章动计算**

**6.3.1 章动序列常数见表7。**

表 7 章动序列常数

引 数					黄 经		交 角	
$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	a	b	c	d
0	0	0	0	1	-171996	-174.2	92025	8.9
0	0	2	-2	2	-13187	-1.6	5736	-3.1
0	0	2	0	2	-2274	-0.2	977	-0.5
0	0	0	0	2	2062	0.2	-895	0.5
0	1	0	0	0	1426	-3.4	54	-0.1

## 第十篇 测绘政策法规与测绘技术标准规范选编

引 数					黄 经		交 角	
m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	a	b	c	d
1	0	0	0	0	712	0.1	-7	0.0
0	1	2	-2	2	-517	1.2	224	-0.6
0	0	2	0	1	-386	-0.4	200	0.0
1	0	2	0	2	-301	0.0	129	-0.1
0	-1	2	-2	2	217	-0.5	-95	0.3
1	0	0	-2	0	-158	0.0	-1	0.0
0	0	2	-2	1	129	0.1	-70	0.0
-1	0	2	0	2	123	0.0	-53	0.0
1	0	0	0	1	63	0.1	-33	0.0
0	0	0	2	0	63	0.0	-2	0.0
-1	0	2	2	2	-59	0.0	26	0.0
-1	0	0	0	1	-58	-0.1	32	0.0
1	0	2	0	1	-51	0.0	27	0.0
2	0	0	-2	0	48	0.0	1	0.0
-2	0	2	0	1	46	0.0	-24	0.0
0	0	2	2	2	-38	0.0	16	0.0
2	0	2	0	2	-31	0.0	13	0.0
2	0	0	0	0	29	0.0	-1	0.0
1	0	2	-2	2	29	0.0	-12	0.0
0	0	2	0	0	26	0.0	-1	0.0
0	0	2	-2	0	-22	0.0	0	0.0
-1	0	2	2	1	21	0.0	-10	0.0
0	2	0	0	0	17	-0.1	0	0.0
0	2	2	-2	2	-16	0.1	7	0.0
-1	0	0	2	1	16	0.0	-8	0.0
0	1	0	0	1	-15	0.0	9	0.0
1	0	0	-2	1	-13	0.0	7	0.0
0	-1	0	0	1	-12	0.0	6	0.0
2	0	-2	0	0	11	0.0	0	0.0
-1	0	2	2	1	-10	0.0	5	0.0

第十篇 测绘政策法规与测绘技术标准规范选编

引 数					黄 经		交 角	
m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	a	b	c	d
1	0	2	2	2	-8	0.0	3	0.0
0	-1	2	0	2	-7	0.0	3	0.0
0	0	2	2	1	-7	0.0	3	0.0
1	1	0	-2	0	-7	0.0	0	0.0
0	1	2	0	2	7	0.0	-3	0.0
-2	0	0	2	1	-6	0.0	3	0.0
0	0	0	2	1	-6	0.0	3	0.0
2	0	2	-2	2	6	0.0	-3	0.0
1	0	0	2	0	6	0.0	0	0.0
1	0	2	-2	1	6	0.0	-3	0.0
0	0	0	-2	1	-5	0.0	3	0.0
0	-1	2	-2	1	-5	0.0	3	0.0
2	0	2	0	1	-5	0.0	3	0.0
1	-1	0	0	0	5	0.0	0	0.0
1	0	0	-1	0	-4	0.0	0	0.0
0	0	0	1	0	-4	0.0	0	0.0
0	1	0	-2	0	-4	0.0	0	0.0
1	0	-2	0	0	4	0.0	0	0.0
2	0	0	-2	1	4	0.0	-2	0.0
0	1	2	-2	1	4	0.0	-2	0.0
1	1	0	0	0	-3	0.0	0	0.0
1	-1	0	-1	0	-3	0.0	0	0.0
-1	-1	2	2	2	-3	0.0	1	0.0
0	-1	2	2	2	-3	0.0	1	0.0
1	-1	2	0	2	-3	0.0	1	0.0
3	0	2	0	2	-3	0.0	1	0.0
-2	0	2	0	2	-3	0.0	1	0.0
1	0	2	0	0	3	0.0	0	0.0
-1	0	2	4	2	-2	0.0	1	0.0
1	0	0	0	2	-2	0.0	1	0.0

第十篇 测绘政策法规与测绘技术标准规范选编

引 数					黄 经		交 角	
m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	a	b	c	d
-1	0	2	-2	1	-2	0.0	1	0.0
0	-2	2	-2	1	-2	0.0	1	0.0
-2	0	0	0	1	-2	0.0	1	0.0
2	0	0	0	1	2	0.0	-1	0.0
3	0	0	0	0	2	0.0	0	0.0
1	1	2	0	2	2	0.0	-1	0.0
0	0	2	1	2	2	0.0	-1	0.0
1	0	0	2	1	-1	0.0	0	0.0
1	0	2	2	1	-1	0.0	1	0.0
1	1	0	-2	1	-1	0.0	0	0.0
0	1	0	2	0	-1	0.0	0	0.0
0	1	2	-2	0	-1	0.0	0	0.0
0	1	-2	2	0	-1	0.0	0	0.0
1	0	-2	2	0	-1	0.0	0	0.0
1	0	-2	-2	0	-1	0.0	0	0.0
1	0	2	-2	0	-1	0.0	0	0.0
1	0	0	-4	0	-1	0.0	0	0.0
2	0	0	-4	0	-1	0.0	0	0.0
0	0	2	4	2	-1	0.0	0	0.0
0	0	2	-1	2	-1	0.0	0	0.0
-2	0	2	4	2	-1	0.0	1	0.0
2	0	2	2	2	-1	0.0	0	0.0
0	-1	2	0	1	-1	0.0	0	0.0
0	0	-2	0	1	-1	0.0	0	0.0
0	0	4	-2	2	1	0.0	0	0.0
0	1	0	0	2	1	0.0	0	0.0
1	1	2	-2	2	1	0.0	-1	0.0
3	0	2	-2	2	1	0.0	0	0.0
-2	0	2	2	2	1	0.0	-1	0.0
-1	0	0	0	2	1	0.0	-1	0.0

引 数					黄 经		交 角	
m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	a	b	c	d
0	0	-2	2	1	1	0.0	0	0.0
0	1	2	0	1	1	0.0	0	0.0
-1	0	4	0	2	1	0.0	0	0.0
2	1	0	-2	0	1	0.0	0	0.0
2	0	0	2	0	1	0.0	0	0.0
2	0	2	-2	1	1	0.0	-1	0.0
2	0	-2	0	1	1	0.0	0	0.0
1	-1	0	-2	0	1	0.0	0	0.0
-1	0	0	1	1	1	0.0	0	0.0
-1	-1	0	2	1	1	0.0	0	0.0
0	1	0	1	0	1	0.0	0	0.0

6.3.2 章动基本引数按下式计算：

l = 月球平近点角  
 $= 134^{\circ}57'46.773'' + (1325^t + 198^{\circ}52'02.663'') T + 31.310''T^2 + 0.064''T^3 \dots (28)$

l' = 太阳平近点角  
 $= 357^{\circ}31'39.804'' + (99^t + 359^{\circ}03'01.224'') T - 0.577''T^2 - 0.012''T^3 \dots (29)$

F = L - Ω (式中：L = 月球平黄经)  
 $= 93^{\circ}16'18.877'' + (1342^t + 82^{\circ}01'03.137'') T - 13.257''T^2 + 0.011''T^3 \dots (30)$

D = 日月平角距  
 $= 297^{\circ}51'01.307'' + (1236^t + 307^{\circ}06'41.328'') T - 6.891''T^2 + 0.019''T^3 \dots (31)$

Ω = 月球升交点平黄经  
 $= 125^{\circ}02'40.280'' - (5^t + 134^{\circ}08'10.539'') T + 7.455''T^2 + 0.008''T^3 \dots (32)$

6.3.3 黄经和交角章动按下式计算：

$$\Delta\psi = \sum_{i=1}^{106} (a_i + b_i T) \sin H_i \dots (33)$$

$$\Delta\epsilon = \sum_{i=1}^{106} (c_i + d_i T) \cos H_i \dots (34)$$

且：H<sub>i</sub> = m<sub>1i</sub>l + m<sub>2i</sub>l' + m<sub>3i</sub>F + m<sub>4i</sub>D + m<sub>5i</sub>Ω

式中：Δψ——黄经章动；

Δε——交角章动；

a<sub>i</sub> ~ d<sub>i</sub> , m<sub>1i</sub> ~ m<sub>5i</sub>——章动序列常数。

6.4 观测计算

6.4.1 恒星天顶距观测值的蒙气差改正值按下式计算：

$$R = R_0 (1 + \alpha A + B) \dots\dots\dots (35)$$

且： $R_0 = 60.1158 \text{tg} Z' - 0.0176 \text{tg}^2 Z' - 0.0599 \text{tg}^3 Z'$

$$\alpha = 1 + 0.0012 \text{tg}^2 Z'$$

$$A = \frac{-0.00383t}{1 + 0.00367t}$$

$$B = \frac{P}{1013.25} - 1$$

式中： $Z'$ ——天顶距观测值；

$P$ ——气压观测值，hPa (mbar)；

$t$ ——气温观测值， $^{\circ}\text{C}$ 。

**6.4.2 观测值的权按下式计算：**

$$P_i = \begin{cases} 1 & \text{各组观测恒星数相同时} \\ (c/m_i)^2 & \text{其他} \end{cases} \dots\dots\dots (36)$$

式中： $c$ ——常数；

$m_i$ ——观测值的中误差。

**6.4.3 测站经纬度、方位角观测值按下式计算：**

$$X = \frac{\sum P_i X_i}{\sum P_i} \dots\dots\dots (37)$$

式中： $X_i$ ——经纬度、方位角观测值；

$P_i$ ——观测值的权。

**6.4.4 测站观测值中误差按下式计算：**

$$m_x = \sqrt{\frac{\sum P_i V_i^2}{(k-1) \sum P_i}} \dots\dots\dots (38)$$

且： $V_i = X_i - X$

式中： $k$ ——观测值个数。

**6.4.5 对于测定人仪差后的天文经度综合中误差按下式计算：**

$$M_\lambda = \sqrt{m_\lambda^2 + m_r^2 + m_\delta^2} \dots\dots\dots (39)$$

式中： $m_\lambda$ ——测站天文经度观测中误差；

$m_r$ ——人仪观测中误差；

$m_\delta$ ——人仪差变动中误差。

**6.5 观测归算**

**6.5.1 天文方位角归算改正值按下式计算：**

$$\begin{aligned} \Delta\alpha = & \rho''/S (e_s \sin\theta_s + e_p \sin\theta_p) \\ & + \rho''/a ( (e_s \sqrt{1 - e^2 \sin^2\phi}) \sin\alpha_s \text{tg}\phi + e^2/2H_p \cos^2\phi \sin 2A ) \\ & - (x \sin\lambda + y \cos\lambda) \sec\phi \dots\dots\dots (40) \end{aligned}$$

式中： $e_s$ 、 $e_p$ ——分别为测站点和照准点的偏心距；

$\theta_s$ 、 $\theta_p$ ——分别为测站点和照准点的偏心角；

S——测站标石中心点到照准标石中心点的距离；

$\alpha_S$ ——测站偏心点相对于测站中心点的天文方位角；

A——测站点到照准点的天文方位角；

$\phi$ ——测站中心点的天文纬度；

$H_p$ ——照准点的高程；

a——椭球长半径；

e——椭球第一偏心率；

x、y——地极坐标。

### 6.5.2 天文纬度归算值按下式计算：

$$\Delta\phi = \rho'' (1 - e^2 \sin^2\phi)^{3/2} / [a(1 - e^2)] e_S \cos\alpha_S - 0.171'' H \sin 2\phi + y \sin\lambda - x \cos\lambda \dots\dots (41)$$

式中： $H_s$ ——测站点高程，km。

### 6.5.3 天文经度归算值按下式计算：

$$\Delta\lambda = \rho'' \sqrt{1 - e^2 \sin^2\phi} / a e_S \sin\alpha_S \sec\phi - (x \sin\lambda + y \cos\lambda) \operatorname{tg}\phi / 15 + (d\lambda_1 + d\lambda_2) / 2 \dots\dots (42)$$

式中： $d\lambda_1$ 、 $d\lambda_2$ ——测前、测后人仪差，s。

## 7 资料整理与上交

### 7.1 成果记录

7.1.1 成果中的一切数字、文字记载应正确、清楚、格式统一。

7.1.2 野外观测的一切原始数据和记录项目，须在现场逐项记录在规定格式的载体中，严禁转抄、补记等。

7.1.3 读错或记错秒数或测微器格数时应予以重测。更正其他错误时，应将错字用一横线整齐地划去，并在上方写上正确数字或文字，不得就字改字或使用橡皮，严禁连环改动数字。超限的读数用横线划去。整测站和整页成果作废，应用斜线划去。所有更正的数字或划去的数字均应注明原因。

7.1.4 在计算机上记录的一切原始数据和计算结果应严格检查。用于计算的程序应严格调试并经审批方可使用。

7.1.5 所有记录的时间和日期均以世界时为准。

7.1.6 每时间段始末应记录天气、气温、气压、风向和风力等气象情况。若天气有较大变化时，要随时记载。

7.1.7 观测成果中除记录规定的观测数据外，还应记录诸如：观测方法、等级、使用仪器、施测单位、观测记录者、点名、点号、点的坐标高程等。根据观测需要，在手簿中应绘制偏心观测略图。注记水准器零分划位置、仪器固定丝编号等。

7.1.8 每点观测结束后，应对工作情况、工作环境、条件、发生问题和处理情况，以及经验、体会等作以记载。

### 7.2 成果整理

7.2.1 所有记录、计算和成果说明等资料均应分别装订成册（或包装成袋），并以同期项目为单位统一包装。

7.2.2 装订成册的资料应按项目、时间统一编号和编写目录，并附有检查验收意

见及有关说明。

### 7.3 技术总结、检查验收和质量评定

一期天文测量作业完成后，须按 CH 1001、CH 1002、CH 1003 进行技术总结、检查验收、质量评定。

### 7.4 上交资料

一期天文测量作业完成后，须上交下列资料：

- a) 仪器检验和常数测定等记录和计算资料；
- b) 天文观测所用的各种观测手簿、计算资料、成果表等；
- c) 天文测量布点资料；
- d) 技术设计、技术总结、检查验收报告。

## 附录 A 时号收录方法 (标准的附录)

**A1** 收录时号一般可选用陕西天文台 BPM 授时台发播的时号。

**A2** 用于天文测量的守时钟的表面时，一般用电子计时仪进行测定，对于四等天文测量可采用耳目法进行测定。

**A3** 分别测定对称于中央时号的五个时号的表面时，并求出中央时号的平均表面时。

**A4** 电子计时仪记录时表面时应记录到  $0.001s$ ，耳目法记录时应记录到  $0.1s$ 。

**A5** 中央时号的世界时计算按 6.1 执行。

## 附录 B 仪器定向方法 (标准的附录)

**B1** 一般规定

**B1.1** 通过把经纬仪的度盘零位置设置在子午方向上完成仪器定向，且定向偏差应小于  $2'$ 。

**B1.2** 仪器定向可根据观测条件利用已知方向法、北极星法、太阳法或南北星法进行定向。

**B1.3** 仪器定向所需测站近似经纬度坐标可利用已知大地坐标结果或从不小于  $1:10$  万比例尺的地图上查取。

**B2** 已知方向法

**B2.1** 利用测站和方位点的大地坐标计算出大地方位角。

**B2.2** 在测站安置经纬仪照准方位点。

**B2.3** 利用大地方位角设置好度盘位置。

**B3** 北极星法

**B3.1** 照准北极星，读记表面时  $X$ 。

**B3.2** 利用表面时和测站近似经度计算地方恒星时  $S$ 。

**B3.3** 利用测站近似纬度和地方恒星时计算北极星方位角或从《中国天文年历》中

查取。

**B3.4** 利用北极星的方位角设置度盘位置。

**B4** 太阳法

**B4.1** 分别在盘左盘右位置照准太阳，读记表面时和竖盘读数。

**B4.2** 计算平均观测时刻的力学时和太阳的天顶距（需进行蒙气差改正），从《中国天文年历》中查取平均观测时刻的太阳视赤经  $\alpha$  和视赤纬  $\delta$  或者进行计算。

**B4.3** 按下式计算太阳的方位角

$$A_N = \arccos [ (\sin\delta - \sin\phi\cos Z) / \cos\phi\sin Z ]$$

**B4.4** 利用太阳的方位角设置度盘位置。

**B5** 南北星法

**B5.1** 将经纬仪度盘零位置概略设置在子午方向上。

**B5.2** 参照5.2条分别观测南北星中天时的时刻，并计算南北星的方位角。

**B5.3** 利用南（或北）星的方位角设置度盘位置，利用北（或南）星作检查。

## 附录 C 归心元素的测定 (标准的附录)

**C1** 偏心距测定

**C1.1** 偏心距用钢卷尺往、返各丈量一次，两次结果互差，对于方位角归心应小于 5mm，对于经纬度归心应小于 20mm。

**C1.2** 为了把丈量的距离化算为平距，应测定倾斜角两测回，其互差不大于 1'，倾斜角观测与距离丈量的起止点必须一致。

**C2** 偏心角测定

**C2.1** 偏心角观测两测回，测回间度盘变化 90°，两测回结果互差应不大于 30''。

**C2.2** 根据参考方位，偏心角观测可以在偏心点或中心点上进行。

**C3** 参考方位测定

**C3.1** 参考方位尽量选用已知方向，如方位角观测结果，通过大地坐标解算的方位角。

**C3.2** 当无已知方向时，可用规定的天文方位角测量方法观测两个测回，测回间变化水平度盘 90°，两测回的结果互差不得大于 30''。

**C4** 图解归心元素测定

**C4.1** 对于在觇标上进行天文方位角观测和照准觇标的偏心观测采用图解法测定归心元素。

**C4.2** 测前测后应至少各进行一次图解归心元素测定。两次测定时间间隔超过一

个月时应增加测定次数。在观测过程中,如遇暴风雨等对觇标的稳定性发生怀疑时,须进行归心元素检测。测定正、反方位角时,测站偏心点的测后投影可作为照准点的测前投影,照准偏心点的测后投影可作为测站的测前投影。

**C4.3** 图解归心元素投影时,分别在投影面交角约为  $60^\circ$  或  $120^\circ$  的三个仪器位置上按盘左盘右位置进行投影。如因地形限制,亦可在交角约  $90^\circ$  的两个位置连续投影两次。

**C4.4** 投影误差三角形的最长边或误差四边形的长对角线不得大于  $5\text{mm}$ 。

**C4.5** 在基板上可以用“正刺”、“反刺”、“交会”的方法确定偏心点在投影纸上的位置,并在投影纸上注明方法。

**C4.6** 由投影中心向地面目标和另一固定目标描绘方向线,并测定两方向间的夹角两测回,其观测角值与描绘角值互差不大于  $2^\circ$ 。

## 附录 D 仪器检验方法 (标准的附录)

### D1 望远镜目镜测微器丝距的测定

#### D1.1 测前准备

**D1.1.1** 整置仪器水平和仪器定向(定向误差应不大于  $2'$ )。转动测微器箱,利用北极星或地面目标严密调整固定丝垂直。

**D1.1.2** 选星:在《中国天文年历》恒星视位置表中,从预定观测的恒星时刻开始,选取  $\delta < 80^\circ$  的北星,按下式计算各星上中天的时刻  $S$  和天顶距  $Z$ 。

$$S = \alpha \quad \dots\dots\dots (D1)$$

$$Z = \delta - \phi \quad \dots\dots\dots (D2)$$

#### D1.2 观测方法

**D1.2.1** 根据所选恒星中天的时刻约提前  $5\text{min}$  按其天顶距整置望远镜。

**D1.2.2** 按耳目法读记恒星经过各固定丝的表面时刻,通常以目镜西时上中天恒星首先通过的固定丝作为第一根丝。

#### D1.3 丝距的计算

**D1.3.1** 根据一颗星的观测结果,按下式计算各丝的丝距:

$$f_i' = 15\Delta S_i \cos\delta_i \quad \dots\dots\dots (D3)$$

式中:  $\Delta S_i$ ——恒星通过各丝与过中丝的恒星时之差。

**D1.3.2** 观测  $4 \sim 6$  颗星,取各星测定的同一根丝丝距  $f_i'$  的中数  $f_i$  作为某一丝距的最后值。

### D2 接触测微器隙动差的测定

**D2.1** 将望远镜安置在天顶距  $35^\circ$  的位置上,以望远镜视场内固定丝的双丝部分为

照准目标，依次旋进和旋出测微器手轮，将动丝精确置于双丝中央，并读记测微鼓读数，旋进或旋出的读数差，即为隙动差。连续测定十次为一组，每次测定隙动差应测两组。两组取中数即得隙动差  $M_x$ 。

**D2.2** 当使用的仪器固定丝网没有双丝部分时，可选择其他较清晰的固定丝为照准目标。为了减少照准误差，隙动差测定应在视场亮度良好的情况下进行，一般在测表差前以自然光为背景测定为宜。

**D2.3** 当隙动差小于  $0.005''$  和出现负值时，在表差计算中可不加此项改正。

### D3 等高棱镜校正

#### D3.1 校正准备

给经纬仪配备一准直目镜，安置整平经纬仪和等高棱镜，并对无穷远调焦。

#### D3.2 等高棱镜底面与视准轴垂直校正

启动准直目镜光源，使视场内的十字丝及其反射呈像清晰，调正棱镜板上的校正螺旋，使十字丝正反像重合。

#### D3.3 等高棱镜前棱水平校正

在等高棱镜前棱的前面正上方悬挂一细线，并将前棱整置水平后，在水银盘上倒注适量的水银；若在目镜端两条细线呈像不重合，则可调正前棱校正螺旋，使细线呈像重合后再调正等高棱镜圆水准器校正的螺旋使气泡居中。

### D4 天文钟的检测

**D4.1** 每隔  $1 \sim 5$  h 收录一次时号，共收录同一时号 11 次。

**D4.2** 按下式计算出 10 个钟速

$$W_i = (t_{i+1} - t_i) / (X_{i+1} - X_i) - 3600 \quad \dots\dots\dots (D4)$$

式中： $t_i$ ——收录时号的世界时，s；

$X_i$ ——收录时号的表面时，h。

**D4.3** 钟速互差一般不得大于  $5 \times 2^{i-1} \text{ms}$  ( $i$  为等级)。

## 附录 E 子午线标定方法 (标准的附录)

### E1 标定准备

**E1.1** 子午线标定时除准备天文观测设备外，还需准备如下设备：

- 天文观测用经纬仪的准直目镜一个；
- 带有准直目镜的 DJ1 经纬仪  $1 \sim 2$  台；
- 平面反射镜和准直平行光管一套。

**E1.2** 准直平行光管用于维持子午方向，平面反射镜用于检验子午方向变化。准直平行光管和平面镜应配备有可调节上下左右方向变化的机座。

**E1.3** 仪器检验按照第4章要求检验。

**E1.4** 在室外开阔地方选择一点 A 作为天文观测站点，在室内选择一点 B 作为子午放样测站点，且 B 点位于平面镜和准直平行光管前面，同时三者构成一直线。A、B 两点要求通视，否则应加一个过渡点。

**E1.5** 在 A、B 两点应建造仪器观测墩，在室内符合要求的位置建造固定平面镜和准直平行光管的子午基准工作台。工作台和观测墩应稳定牢靠，其高度应保证准直平行光管视准线水平。工作台的子午方向可采用适当简单方法进行放样，其精度视子午方向调节范围而定。

### E2 观测方法

**E2.1** 按二等要求测定 A 点的天文经纬度。

**E2.2** 在 A 点安置天文经纬仪，在 B 点安置准直经纬仪。通过概略观测，把准直光管视准线概略调准子午方向，并置水平。

**E2.3** 采用北极星任意时角法按一等要求在 A 点观测天文方位角。

**E2.4** 在 B 点采用同步对向观测法观测次序与 A 点对应，按一等要求测定平行光管视准线的方位角。当在 A 的经纬仪照准 B 点的经纬仪时，B 点的经纬仪同时对照准 A 点的经纬仪，同时注意相互照准后在完成观测读数前应不再移动目标。

**E2.5** 在 A、B 点同步对向观测时的经纬仪照准目标为目镜的十字丝并事先对无穷远调焦，并使各照准目标呈像清晰，在观测中一般不得调焦。

**E2.6** 观测平行光管视准线的天文方位角不得少于9个测回，测回间应变换度盘位置。各测回方位角观测值互差不得大于  $6''$ 。

**E2.7** 计算出平行光管视准线的天文方位角并加入子午收敛角改正后，观测平行光管视准线所在的度盘位置 9 个测回（不能变换度盘）。

**E2.8** 根据平行光管视准线的天文方位角和度盘位置，计算出子午方向的度盘位置，并以此调整平行光管，使其视准线水平指向子午方向后进行固定。

**E2.9** 调整好平行光管后，应反复检测其度盘位置 9 个测回，且与子午位置互差不得大于  $0.5''$ ，直至第二天仍符合检测要求。

**E2.10** 利用调整好子午方向的平行光管，把平面镜中心法线调整到与平行光管视准线重合，并固定平面镜。

## 附录 F 太阳视位置计算方法 (标准的附录)

### F1 适用范围

本标准规定了太阳视位置计算方法，适用于利用太阳进行四等天文观测时的太阳视位置计算。

### F2 太阳视黄经计算

$$\begin{aligned}
 L_0 = & 279.69019 + 36000.76892T \\
 & + (1.91946 - 0.00479T) \sin G + 0.02000 \sin 2G \\
 & + 0.00029 \sin 3G + 0.00179 \sin D \\
 & + 0.00134 \cos (299 + V + G) + 0.00154 \cos (148 + 2V - 2G) \\
 & + 0.00069 \cos (316 + 2V - 3G) + 0.00043 \cos (345 + 3V - 4G) \\
 & + 0.00028 \cos (318 + 3V - 5G) \\
 & + 0.00057 \cos (344 - 2M + 2G) + 0.00049 \cos (200 - 2M + G) \\
 & + 0.002000 \cos (180 - J + G) + 0.00072 \cos (263 - J) \\
 & + 0.00076 \cos (87 - 2J + 2G) + 0.00045 \cos (109 - 2J + G) \\
 & - 0.00479 \sin \theta - 0.00035 \sin (2L) \dots\dots\dots (F1)
 \end{aligned}$$

其中：T = {367Y - INT(7(Y + INT((M + 9)/12)))/4} + INT(275M/9)

$$+ D + h/24 - 694006.5 \} / 36525$$

$$G = 358.475 + 35999.050T$$

$$M = 319.856 + 19140.007T$$

$$D = 350.737 + 445267.110T$$

$$V = 213.208 + 58517.400T$$

$$J = 225.331 + 3034.600T$$

$$\theta = 259.133 - 1934.100T$$

$$L = 279.69019 + 36000.76892T + 0.0003T^2$$

其中：Y——年份；

M——月份；

D——日数；

h——世界时，h；

INT——取整数函数。

### F3 太阳视位置计算

$$\alpha = \arctg (\sin L_0 \cos \epsilon / \cos L_0) \dots\dots\dots (F2)$$

$$\delta = \arcsin (\sin L_0 \sin \epsilon) \dots\dots\dots (F3)$$

# 国家三角测量规范

GB/T 17942—2000

## 1 范围

本标准规定了三角测量的布设原则，基本精度指标与主要技术要求；适用于国家一、二、三、四等三角测量和区域性的三角测量，其他三角测量和导线测量亦可参照执行。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 12898—1991 国家三、四等水准测量规范

GB/T 16818—1997 中、短程光电测距规范

CH 1001—1995 测绘技术总结编写规定

CH 1002—1995 测绘产品检查验收规定

CH 1003—1995 测绘产品质量评定标准

CH/T 1004—1999 测绘技术设计规定

CH/T 2004—1999 测量外业电子记录基本规定

CH/T 2005—1999 三角测量电子记录规定

JJG 100—1994 全站型电子速测仪计量检定规程

JJG 414—1994 光学经纬仪计量检定规程

## 3 总则

### 3.1 国家三角测量的等级与布设原则

#### 3.1.1 国家三角测量的等级

国家三角测量分为一、二、三、四等，一、二等三角测量属于国家基本控制测量，三、四等三角测量属于加密控制测量。

#### 3.1.2 国家三角网的布设原则

国家三角网是国家大地控制网的重要组成部分；国家三角网的布设应遵循从整体到局部，从高级到低级分级布网的原则。

### 3.2 国家三角网的布设形式

#### 3.2.1 一等三角的布设形式

一等三角测量覆盖全国以三角锁或连续三角网的形式布设；一等三角锁应分别沿经线和纬线方向布设成锁环状，锁环的锁段全长 200km 左右，在锁环锁段的交叉处测定一等起始边，在一等起始边的两端点上加测一等天文经、纬度和一等天文方位角，并在每

锁段中央的一个三角点上测定一等天文经纬度。

以连续三角网形式布设时，每隔 200km 左右加测一条一等起始边，起始边两端加测一等天文经、纬度和一等天文方位角，并在中间部位的三角点上测定一等天文经纬度。

### 3.2.2 二等三角的布设形式

二等三角网在一等三角锁环内以连续三角网形式布设，并在二等三角网的中央部位布设一条一等起始边，在起始边的两端点上测定一等天文经、纬度和天文方位角。

在布设一等连续三角网的地方则可以不再布设二等三角网，而直接加密三等或四等三角点或三角网。

### 3.2.3 三、四等三角的布设形式

三、四等三角测量是一、二等三角锁网下的加密测量，三、四等三角网采用插点形式或连续网形式布设。

在没有二等三角网的地方，也可以在一等三角锁环内或一等三角网之下，直接布设三等或四等三角网。

## 3.3 国家三角点的密度

### 3.3.1 一等三角锁、网的边长

一等三角锁网的平均边长：山区在 25km 左右，平原在 20km 左右，受地形条件限制时，边长可在 15 ~ 45km 范围之内变动，跨越海峡、大湖等水系时，边长不受上述限制。

### 3.3.2 二等三角点的密度

二等三角网的平均边长：城市地区及部分工农业经济发达地区在 9km 左右，其他地区在 13km 左右，山区或荒漠地区可以适当放大。

### 3.3.3 三、四等三角点的密度

三、四等三角测量的边长可根据一、二等平面控制点的分布情况和实际需要而定，三等三角网的边长可在 4 ~ 10km 左右的范围内变动，四等网的边长可在 1 ~ 6km 左右的范围内变动。

## 3.4 三角测量的精度

### 3.4.1 起始边的精度

一等三角锁、网起始边的边长相对中误差不超过  $\pm 1/35$  万；

### 3.4.2 天文经度、纬度和方位角的精度

一等天文经、纬度和方位角的中误差不超过表 1 的规定。

表 1

等 级	天文经度	天文纬度	天文方位角
一等	$\pm 0''.02$	$\pm 0''.3$	$\pm 0''.5$

### 3.4.3 三角测量的精度

各等三角测量按三角形闭合角计算的测角中误差不超过表 2 的规定。

表 2

等 级	一 等	二 等	三 等	四 等
测角中误差	$\pm 0''.7$	$\pm 1''.0$	$\pm 1''.8$	$\pm 2''.5$

各等三角测量中最弱边的边长相对中误差和方位角中误差不超过表 3 的规定。

表 3

等 级	一 等	二 等	三 等	四 等
边长相对中误差	1/20 万	1/12 万	1/7 万	1/4 万
方位角中误差	$\pm 0''.9$	$\pm 1''.5$	$\pm 2''.5$	$\pm 4''.5$

### 3.5 国家三角测量的基准

#### 3.5.1 坐标系统

国家三角测量采用 1980 西安大地坐标系。

1980 西安大地坐标采用的参考椭球的基本参数值为：

长半径： $a = 6\,378\,140\text{m}$ ；

地心引力常数（含大气层） $GM = 3.986\,005 \times 10^{14}\text{m}^3/\text{s}^2$

二阶带谐系数  $J_2 = 1.082\,63 \times 10^{-3}$

地球自转角速度  $\omega = 7.292\,115 \times 10^{-5}\text{rad/s}$

#### 3.5.2 高程系统

国家三角测量的高程采用正常高系统；由 1985 国家高程基准面起算；青岛高程基准原点的高程为 72.260m。

#### 3.5.3 平面坐标系统

国家三角测量的平面坐标采用高斯—克吕格平面坐标系统。国家三角点均计算出高斯平面的六度带或三度带的平面直角坐标。

六角带或三度带的主子午线经度均由东经 3°起，分别每隔 6°或 3°划分投影带，每个投影带内以主子午线和赤道的交点作为平面直角坐标的纵、横坐标原点，主子午线的投影长度比定为 1，主子午线上各点的横坐标定为 500 000m。

### 3.6 国家三角测量的基本技术要求

#### 3.6.1 一等三角

一等三角锁采用单三角锁时，三角形应尽量接近于等边三角形，任何角不应小于 40°，采用中点多边形或大地四边形或采用三角网形式布设时，任一推算路线的传距角不得小于 30°。

一等三角锁各锁段图形权倒数之和应不超过 100，对于个别特殊困难地区由于地形限制或锁段过长时，图形权倒数之和可放宽至不超过 120。超过 120 时则应在锁段中部加测起始边。

### 3.6.2 二等三角

二等三角网和一等三角锁以连续三角网形式联接。

二等三角网中的三角形的内角不得小于  $30^\circ$ ，对地形复杂等困难地区的个别三角形内角可放宽至不小于  $25^\circ$ 。

二等三角点至起始边的距离，一般不超过 12 个三角形。

### 3.6.3 三、四等三角

三、四等三角网以连续三角网形式或插点或插网形式，在一等或二等控制点下进行加密。

三、四等三角网中任一三角形的内角都不得小于  $30^\circ$ ，受地形限制等困难地区，个别三角形内角可放宽至不小于  $25^\circ$ 。

### 3.6.4 对已有大地控制点的联测

对测区已有的一、二、三、四等大地控制网点应进行重合或联测，重合点和联测点之和不应少于三个。

## 3.7 三角点高程测量

### 3.7.1 三角点高程测量的方法

三角点的高程以水准测量或用高程导线测量或用三角高程测量方法求得。

需要用三角高程方法测定三角点高程的各级三角锁网的三角测量观测边均应对向观测垂直角，量取仪器高和觇点高，计算往返三角高程的高差，计算出各三角点的高程。

三角高程由水准点或水准联络点或符合精度要求的高程导线点起算。

### 3.7.2 三角高程测量的主要技术指标

任一三角高程点至三角高程起算点的距离，以三角高程推算边计算，不超过表 4 的规定。

表 4

三角点等级	推算边边数	平差后的三角点高程中误差, m
一等	7	$\pm 1.0$
二等	10	$\pm 0.5$
三等	5	$\pm 0.25$
四等	10	$\pm 0.20$

三角高程平差后的各级三角点高程中误差不超过表 4 的规定。

## 4 技术设计与选点

### 4.1 技术设计

#### 4.1.1 技术设计的基本要求

三角测量布测前应进行技术设计，获得三角点网的最优布设方案。技术设计书的格式、内容、要求与审批程序参照 CH/T 1004 进行。

#### 4.1.2 资料收集

技术设计前，应充分收集测区内各项有关资料进行分析研究并进行实地勘察，然后进行图上设计，编写技术设计书。

### 4.1.3 图上设计

图上设计应标绘出已有平面和高程控制点的位置和新设计的三角点位置和观测方向以及和已和平面控制网,已有高程控制网的联测方向和联测路线。

### 4.2 实地选点

#### 4.2.1 各等三角点的点位要求

a) 选定的三角点应扩展方便,计划观测方向均应通视良好,视线应超越和偏离障碍物一定的高度和距离:在山区一等不小于 4m,二等不小于 2m;在平原地区,一等不小于 6m,二等不小于 4m;三、四等方向以能保证成像清晰,便于观测为原则。

决定视线高度时,须考虑到树林和农作物高度的增长。视线应尽量避免沿斜坡或河坎旁通过。当视线通过稻田、草原、沙漠、戈壁、沼泽、湖泊、大片树林、较大城市以及工矿区时,视线高度一等不低于 8m,二等不低于 6m。

b) 三角点一般应选在便于造标和观测,埋石后标志能长期保存的制高点上,点位离开公路、铁路、河流不得少于 50m,离高压线不少于 120m。

c) 在起始边两端点及锁段中央须测定天文经纬度的三角点上,如不便进行天文观测时,应另行选定天文墩的位置。天文墩至三角点的距离应不小于该点的觇标高度,但不大于 60m,并须便于直接测定天文墩的归心元素。起始边两端点尚须测定天文方位角,为此天文墩应尽量设在起始边的方向线上,其偏差不大于 1m。

#### 4.2.2 三角点点名确定

三角点一般应以村名、山名、地名作为点名;少数民族地区应用译音;荒漠地区无法查询地名时,可根据地形特征命名或以点号表示。

新旧点重合时,一般采用旧点名,如果原来所依据的村名、山名、地名已有变更,则应在所采用的新点点名之后附上旧点名,并加括号。

同一条三角锁或同一个 1:10 万图幅的三角点中有相同点名时,须加以区别。

点名书写必须准确、正规,所用简体字一律以国务院公布的为准。

#### 4.2.3 方位点

平原地区各等级三角点根据需要可以设置方位点,方位点不少于 2 个,方位点至三角点的距离为 500~1 000m;同一三角点上两方位点方向间的夹角不应小于 60°。

方位点应选在目标明显,易于寻找,观测方便,并能长期保存的地方,方位点应设置永久性固定标志。

从三角点地面能直接看到某一三角点的觇标基底,则该三角点可作为方位点。

#### 4.2.4 三角点点之记

一、二、三、四等三角点均应按 A1 的格式填绘三角点点之记。

#### 4.2.5 旧点利用

对测区内已有的各等级水平控制点和高程控制点应尽量重合利用或进行联测。有关利用或联测情况,应在点之记和技术总结中进行详细而具体的记录和说明。

标石已部分或全部被损坏的旧点,应按新测点和旧点的最高等级的要求进行补埋或重埋。

新点为一、二等点,旧标石为二层或三层,且均完整稳固能长期保存,其标石规格

不低于本规范三、四等点的标准时，可不重埋。

新点为三、四等点，旧标石为一层且坚固完整可长期保存者，可不重埋。

凡不满足本规范要求的旧点，均须重新埋设新标石，新旧标石的标志中心应尽量重合，不允许在其附近另埋标石。

利用旧点均应按 A2.1 和 A2.2 的内容和格式填记“旧点重合利用登记表”和“旧点重新埋石记录表”，并准确量记有关尺寸。

#### 4.2.6 水准联测三角点

选点中应将设计进行水准联测的三角点的联测路线、联测点名记于点之记位置说明内，并在技术总结中说明。

### 5 三角点的标志

#### 5.1 造标埋石的基本要求

a) 各等级三角点均应建立永久性的测量标志。

b) 标石是三角点永久性的点位标志，标石中心应嵌入中心标志，中心标志代表三角点的中心位置。

c) 建造的觇标必须标形端正，标心和圆筒应与铅垂线平行，结构牢固；内架与基板结构密合；基面平整；内外架无接触。觇标的圆筒中心、回光台中心、标石中心应位于同一铅垂线上，其最大偏离以标石中心的铅垂线为准，不得超过 0.1m。

d) 一、二等观测方向的视线应离开槽柱，距离不小于 0.2m，三、四等观测方向的视线离开槽柱的距离应不小于 0.1m。

e) 应在槽柱的适当位置应用色漆注明三角点的点名、等级、建造单位、建造年月；无外架的墩标，则用红漆写在仪器墩向南的侧面上。

f) 造标埋石时应将点之记的点位说明，标石断面图的相关高度和有关数据填注清楚。

g) 造标埋石完成以后，应向当地政府办理测量标志委托保管手续。

#### 5.2 测量觇标的类型

各等级三角点上的测量觇标类型统一采用以下名称：

a) 寻常标——没有内架的木质三脚或四脚觇标；

b) 钢寻常标——没有内架的钢质三脚或四脚觇标；

c) 混凝土寻常标——用钢筋混凝土建筑的没有内架的三脚觇标；

d) 复合标——内、外架相联结的木质三脚或四脚觇标；

e) 双锥标——内、外架不相联结的木质三脚或四脚觇标；

f) 钢标——钢材制成的有内、外架的觇标；

g) 墩标——用混凝土、天然石、砖块或木材筑成的仪器墩上加设圆筒的觇标；

h) 原生树标——在森林区用原生树去掉树梢，树枝作为外架槽柱的觇标；

i) 马架标——用钢材或木材建造的高度约 1.5m 左右的内架，并架设圆筒的觇标；

j) 活动标——可以移动的钢标或木标。

#### 5.3 标石和中心标志

##### 5.3.1 标石类型

三角点的标石类型统一采用以下名称：

- a) 一、二等三角点标石；
- b) 三、四等三角点标石；
- c) 岩石地区三角点标石；
- d) 冻土地地区三角点标石；
- e) 沙漠地区三角点标石；
- f) 特殊困难地区三角点标石。

### 5.3.2 标石的材料

三角点标石一般用混凝土灌制，也可用相同规格的花岗石、青石等坚硬石料代替。

### 5.3.3 标石埋设要求

a) 盐碱地区埋设混凝土标石，须加涂沥青，以防腐蝕。

b) 在泥土松软、地下水位较高的地区或沼泽地区埋设标石时，除应尽量选择好埋石地点以外，应在盘石下边浇灌混凝土底层。

c) 埋石时，须使各层标石的标志中心严格在同一铅垂线上，其偏差不大于 3mm。并用钢卷尺量取各层标石面间的垂直距离，填记于点之记的标石断面图中，结果取至厘米。

### 5.3.4 钢管标志

钢管上端应焊接封闭，并刻划或嵌入中心标志。

钢管外壁应涂刷粘性沥青，并用布或其他材料缠绕，刷涂沥青，其厚度不少于 3mm。

钢管内应灌满混凝土，防止钢管内壁腐蚀。

### 5.3.5 中心标志

三角点标石的盘石和柱石的中央均需嵌入一个中心标志，并应安放正直，粘接牢固。

中心标志可用金属材料或瓷质材料制成，其规格标准见附录 A3.1。

以石料凿成的标石，应在盘石或柱石中心位置凿刻断面成“V”形的十字中心标志，线长约 5cm，线的上宽和深度各约为 5mm，内涂红色油漆，以代替瓷质或金属中心标志。

柱石的中心标志应稍高于柱石顶面，以便于安放水准标尺。

### 5.3.6 重埋标石

与旧有水平控制点重合需要重新埋设标石时，应通知原埋石单位或测绘管理部门。

重埋中应检查原标石的上下标石的中心标志中心是否在同一铅垂线上，当偏离值大于 3mm 时，应以最下标石的标志中心为准埋设新标石。

在保证新标石稳固的原则下，尽量使新旧上标石面在同一水平面上，在重埋过程中应量取新旧上标石面间的高差和觇标有关部位至柱石面的高度。

重埋标石面上，应用红漆标注“重埋”二字。

重埋标石后应按 A2.2 填写“旧点重新埋石记录表”。

## 6 水平角观测

### 6.1 测角仪器

#### 6.1.1 各级三角测量使用仪器观测方法和测回数

各等级三角测量水平角观测使用的仪器、观测方法和测回数按表 5 规定执行。

表 5

等级	使用仪器类型	全组合测角法方向权： $n \cdot m$	方向观测法测回数	备注
一	DJ07	36 (35)		n. 方向数 m. 测回数
	DJ1	42 (40)		
二	DJ07	24 (25)	12	
	DJ1	30 (28, 32)	15	
三	DJ07		6	
	DJ1		9	
	DJ2		12	
四	DJ07		4	
	DJ1		6	
	DJ2		9	

### 6.1.2 经纬仪的检验

水平角观测使用的经纬仪使用前应进行检验，检验项目、检验方法与限差以及检定周期，均按 JJG 414 和 JJG 100 的有关规定执行。

## 6.2 各级水平角观测的基本要求

### 6.2.1 仪器安置

观测一等三角点时，仪器应安置在仪器台上。二、三、四等三角点在寻常标下仪器安置在脚架上观测时，根据土质状况，采取打脚桩或其他措施，保证仪器有稳定的观测环境。

### 6.2.2 仪器及操作要求

a) 观测水平角应事先调整好望远镜焦距，同一测回中应保持不变；照准目标尽量不要使用垂直制动和微动螺旋；使用水平微动螺旋或目镜测微器照准目标和测微螺旋对准分划线时，其最后旋转均应使用旋进方向。

b) 在观测过程中，如发现二倍视准轴差（ $2C$ ）的绝对值 DJ07、DJ1 型仪器大于  $20''$ ，DJ2 型仪器大于  $30''$  时，本测回无效，应校正后再继续观测。

c) 观测过程中应使仪器保持水平、照准部上水准器气泡偏离中心，对于 DJ07 最大不超 1.5 格，DJ1、DJ2 最大不超过 1 格。

### 6.2.3 垂直轴倾斜改正

当照准点的垂直角一等超过  $\pm 2^\circ$ 、二等超过  $\pm 3^\circ$  时，应在观测方向值中加入垂直轴倾斜改正。在观测该方向时须读记照准部上水准器气泡位置，确定垂直轴在水平轴方向的倾斜分量，来求得方向改正值。

在同一测回中由于读数误差及其他原因而产生水准器气泡长度的变化，不能超过 0.6 格。

三、四等三角观测一般不加垂直轴倾斜改正。

#### 6.2.4 各级水平角观测的照准目标

一等三角观测照准发光标志（即回光）。

二、三、四等三角观测，照准圆筒、标心柱或其他稳固的照准标志。

#### 6.2.5 观测时间的选择和时段数的要求

各等级水平角观测均应在通视良好、成像清晰，能精确照准时进行。

a) 观测一等三角点，至少应有三个时间段，每个时间段观测的基本测回数不应超过全部基本测回数的  $2/5$ 。在一个时间段内观测任一单角的测回数不能超过其总测回数的  $1/2$ ，且不宜连续观测同一单角（重测时例外）。

对日、夜测比例一般不作要求，当视线上有较明显的旁折光影响时，要求日夜测比例在  $30\% \sim 70\%$  范围内变通，并注意选择有利的观测时间段。

b) 观测二等三角点一般不少于两个时间段，每一时间段观测的基本测回数不超过总基本测回数的  $2/3$ 。个别特殊情况下也可在一时间段测完。

c) 上午、下午、夜间各为一个时间段。

#### 6.2.6 零方向选择及方向编号

观测前应将点上方向编号，可任选一目标清晰的方向作为第一方向（即零方向），然后按顺时针方向依次编为 2、3……n。测锁时，总是将最左边的方向作为零方向。

#### 6.2.7 偏扭镜观察标志

使用 DJ07 型仪器测一等时，应在距点  $1 \sim 1.5\text{km}$  处设偏扭镜观察标志。

### 6.3 编制观测度盘表

#### 6.3.1 编制观测度盘表的原则

使用光学经纬仪观测时应使水平角观测的各测回均匀地分配在度盘和测微器的不同位置上。

a) 观测前应先编出基本度盘位置表，然后计算观测度盘位置表，确定点上观测的每一角度或方向组各测回的起始方向读数。

b) 基本度盘位置是相对于三角点上确定的第 1 方向（零方向）的度盘位置。它分别由度盘上的度刻划、分刻划和秒盘刻划三部分组成。

c) 当观测的角度或方向值其起始方向不是 1 方向，而是第 n 方向时，应将该基本度盘位置加上角度（1、n）的概略值（取到度）成为观测度盘位置。

起始方向是 1 方向的角度或方向组，其基本度盘位置就是观测度盘位置。

#### 6.3.2 方向观测法的观测度盘位置编制

a) DJ07、DJ1 型仪器第  $k$  测回的观测度盘位置的计算公式：

$$\frac{180}{m} (k-1) + i' (k-1) + \frac{i'}{2m} (k-1) + \frac{i'}{4m} \dots\dots\dots (1)$$

式中： $m$ ——按三角点等级规定的测回数；

$k$ ——测回序号（ $k = 1、2、\dots、m$ ）

$i'$ ——度盘上的最小刻划

b) DJ2 型仪器第  $k$  测回的观测度盘位置的计算公式：

$$\frac{180}{m}(k-1) + \frac{i'}{2}(k-1) + \frac{i'}{2m}(k-1) + \frac{i'}{4m} \dots\dots\dots (2)$$

随着  $k$  值的递增, 式中第二项  $\frac{i'}{2}(k-1)$  的值会达到度或大于 1 度, 则应舍去“度”, 只取该项的“分”, 当为整数时取零分。

### 6.3.3 全组合测角法观测度盘位置表的编制

#### a) 基本度盘表的编制

由测站上的方向数  $n$  计算应观测的角度数  $T = \frac{n}{2} \times (n-1)$

将全部角度分为  $\gamma$  组, 同一组中的角度不能有同名方向。该组中各角的基本度盘位置相同。

则  $n$  为奇数时,  $\gamma = n$

$n$  为偶数时,  $\gamma = (n-1)$

设  $m$  为单角的测回数, 计算得

$$\text{每测回间水平度盘变换值 } \delta = \frac{180^\circ}{m} + i'$$

$$\text{每组间水平度盘变换值 } \delta = \frac{180^\circ}{\gamma \cdot m} + i'$$

$\frac{180^\circ}{m}$  和  $\frac{180^\circ}{\gamma \cdot m}$  两项计算及逐项相加时, 均应算至  $0.1$ , 然后舍去小数取度整数编算出基本度盘位置。

式中:  $i'$  为度盘最小刻划

第一组第一测回的基本度盘位置为  $0^\circ 0'$

任一角各测回测微器整置位置按下式计算

$$\frac{i'}{2m}(k-1) + \frac{i'}{4m}$$

式中:  $k$  为测回序号 ( $k = 1, 2, \dots, m$ )

#### b) 计算观测度盘表

以选定的 1 方向为准, 观测各方向的水平方向概值, 取至整数。

将左方向不是 1 方向的观测角的基本度盘位置加上左方向概值, 即得观测度盘位置。

## 6.4 水平角及水平方向观测

### 6.4.1 全组合测角法一测回的操作程序

#### 6.4.1.1 DJ1 型仪器的操作

a) 将仪器照准左右目标, 按观测度盘表对好度盘和测微器位置 (允许  $\pm 5''$ );

b) 顺时针 (或逆时针) 方向旋转照准部一周精确照准左方目标, 用测微器使度盘对径分别重合, 读定度、分和光学测微器读数两次 (重合两次读两次数);

c) 顺时针 (或逆时针) 方向旋转照准部精确照准右方目标, 读数 (方法同 b) 条);

d) 纵转望远镜;

e) 照准右方目标，操作同 c) 条；

f) 顺时针（或逆时针）方向旋转照准部精确照准左方目标读数（方法同 b) 条）。

以上操作为一测回，每一观测时间段内顺、逆转照准部观测的测回数应大致相等。

### 6.4.1.2 DJ07 型仪器的操作

a) 将仪器照准左方目标，按观测度盘表对好度盘位置和测微器位置（允许  $\pm 5''$ ）；

b) 顺时针或逆时针方向旋转照准部一周，重新照准左方目标，首先读定水平度盘和测微器读数（重合对径分划两次读两次数），然后用主望远镜目镜测微器精确照准目标三次并读数，紧接着用偏扭观察镜目镜测微器照准标志三次并读数；

c) 顺时针或逆时针方向旋转照准部，照准右方目标，用主望远镜目镜测微器照准目标三次并读数，紧接着用偏扭镜照准标志三次并读数，然后读定度盘读数和测微器读数；

d) 纵转望远镜顺时针或逆时针方向旋转照准部重新照准右方目标，按 b) 条规定顺序进行照准和读数；

e) 顺时针或逆时针方向旋转照准部照准左方目标，按 c) 条规定顺序进行照准和读数。

以上操作为一测回，每一观测时间段内顺、逆转照准部观测的测回数应大致相等。是否使用偏扭观察镜，由观测员根据觇标扭转量的大小来决定。

### 6.4.2 方向法一测回的操作程序

a) 将仪器照准零方向（即第一方向），按观测度盘表对好度盘和测微器位置；

b) 顺时针方向旋转照准部 1~2 周后精确照准零方向，读定度、分和光学测微器读数两次（重合两次、读两次数）；

c) 顺时针方向旋转照准部，精确照准 2 方向，按 b) 条方法读数。继续顺时针方向旋转照准部依次观测 3、4…… $n$  方向，最后闭合至零方向。

d) 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 b) 条方向读数；

e) 逆时针方向旋转照准部，按上半测回观测的相反次序  $n$ ……4、3、2、观测至零方向。

以上操作为一测回，当方向数小于四个时，可不闭合至零方向。

使用 DJ07 型仪器，应将主望远镜目镜测微器置于零位，一测回的操作同上。

### 6.4.3 方向观测的分组观测

采用方向法观测，当方向数多于 6 个观测有困难时，可考虑分两组观测，每组方向数大致相等，应有两个共同方向。两组观测结果分别取中数后，共同方向之间的角值互差不得大于  $\pm 2m''$ （ $m''$  为本等级的测角中误差）。两组观测值按等权分组观测进行平差。

### 6.4.4 方向观测的补测

当方向数多于三个时，方向观测一测回中可以暂时放弃不宜观测的方向，放弃的方向数不得超过应测方向数的三分之一，补测放弃的方向可只测零方向。

### 6.4.5 关于联测的规定

a) 在已经观测过的点上第二次设站观测，应联测两个已知方向；

b) 在高等点上设站联测低等方向时，一般应联测两个高等方向。同一人在一点上观测不同等级方向时可只联测一个自己观测过的高等方向。

c) 联测两个方向时，其夹角化至同一中心的新、旧角值之差的限值为  $\pm 2\sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ 。

式中： $m_1$ 、 $m_2$  为相应新、旧成果等级规定的测角中误差。

## 6.5 水平角观测的限差和重测

### 6.5.1 全组合测角法观测限差按表 6 执行。

表 6

序号	项 目	一 等		二 等	
		DJ07	DJ1	DJ07	DJ1
1	主望远镜、偏扭观察镜目镜测微器三次读数互差	3 格		3 格	
2	光学测微器两次重合读数差	1"	1"	1"	1"
3	上、下半测回角值的差	5"	6"	5"	6"
4	同一角度各测回互差	4"	5"	4"	5"
5	直、间接角互差				
	3~4 个方向	2"5		3"	
	5~6 个方向	3"		4"	
	7 和 7 个以上方向	4"		5"	
6	三角形最大闭合差	2".5		3".5	

二等采用三方向法观测时，三方向组执行表 7 的限差，其余各项均按本表限差要求。

### 6.5.2 方向观测法限差

方向观测法限差按表 7 执行。

表 7

序号	项 目	二 等		三 等			四 等		
		DJ07	DJ1	DJ07	DJ1	DJ2	DJ07	DJ1	DJ2
1	光学测微器两次重合读数差	1"	1"	1"	1"	3"	1"	1"	3"
2	半测回归零差	5"	6"	5"	6"	8"	5"	6"	8"
3	一测回内 2C 互差	9"	9"	9"	9"	13"	9"	9"	13"
4	化归同一起始方向后，同一方向值各测回互差	5"	6"	5"	6"	9"	5"	6"	9"
5	三角形最大闭合差	3".5		7".0			9".0		

### 6.5.3 超限观测值的重测

a) 超出表 6、表 7 规定限差的完整测回都要重测。

b) 测角法重测数按应重测的基本测回数计算。重测数超过基本测回数的  $1/3$  时，应全点重新观测。

c) 方向观测法重测数按应重测的方向测回数计算。一份成果的方向测回总数为  $(n-1)m$ ， $n$  是方向数、 $m$  是测回数。当重测方向数超过方向测回总数的  $1/3$  时，本点应重新观测。

d) 测回互差超限，除明显的孤值外，一般都应对称重测该组观测值中的最大值和最小值。

e) 方向观测法一测回中，重测方向数超过  $1/3$ 、及观测三个方向有一个方向要重测，则应重测整测回。此时只按超限方向测回计算重测数。因零方向超限而全测回重测，算作  $(n-1)$  重测方向测回。

f) 方向观测重测只须联测零方向。

g) 观测的基本测回和重测测回结果均应载入记簿。每一测回（即每一度盘位置）只采用一个符合限差的结果。

h) 全组合测角法，直、间接角之间超限时可重测单角。

## 6.6 归心元素的测定

归心元素包括偏心距  $e$  和偏心角  $\theta$

### 6.6.1 测定归心元素的专用符号

a)  $e_y$ 、 $e_H$ 、 $e_r$  依次代表仪器、回光、圆筒（或标心柱）投影中心至标石投影中心的距离，称作偏心距，量至毫米；

b)  $\theta_y$ 、 $\theta_H$ 、 $\theta_r$  依次代表以仪器、回光、圆筒（或标心柱）投影中心为角顶，由偏心距方向起顺时针方向量至零方向线的角度，称为偏心角，量至  $15'$ ；

c) 当一点上有多个仪器、回光中心时，则应对投影点的偏心距和偏心角加注 1、2……等下标。如  $e_{y1}$ 、 $\theta_{r1}$ ，并分别注明各自应改正的方向。

### 6.6.2 测定归心元素的方法和要求

a) 测定归心元素一般采用图解法；使用经纬仪，在三角点周围约成  $120^\circ$ （ $60^\circ$ ）的三个方向设站，每站用盘左、右两个位置照准要投影的中心点作垂直面，分别记录到安置水平的投影用纸上，交出各中心的投影点。当某一中心的三条投影线构成示误三角形时，取其内切圆心为投影点。

b) 如因地形限制，也可在交角约  $90^\circ$  的两个方向上设站，每站连续投影两次（两次之间略微变动仪器左、右位置）。当投影线构成示误四边形时，取其对角线交点为投影点。

c) 上述投影示误三角形的最长边或示误四边形的长对角线，对于标石、仪器、回光中心的投影不得大于  $5\text{mm}$ ，对于圆筒、标心柱的投影不得大于  $10\text{mm}$ 。

d) 根据实际情况亦可采用其他严密的方法求出投影点。当投影用纸安置在仪器台上时，可以用交会等方法决定仪器或回光中心在投影纸上的位置。

e) 在投影用纸上投影交会各中心完毕后，除标石中心外，在其他各投影中心上均应描绘两个本点观测的方向，最好有一个是观测零方向。在不设站观测的三角点上测定

照准点归心元素时，必须描绘包括测站点方向在内的两个方向。若没有点上方向值时，还应观测描绘方向间的夹角一测回，记于投影用纸上取至分。

f) 各投影中心描绘的两方向间的夹角和观测值的差，当偏心距小于 0.3m 时，不应超过  $2^\circ$ ；当偏心距大于 0.3m 时，不应超过  $1^\circ$ 。

g) 一、二等三角观测时，其测站点或照准点偏心距一般不得大于 0.5m，三、四等三角观测可适当放宽。

当偏心距过大，不能用图解法测定归心元素时，可用经纬仪直接测定偏心角，二测回取至分，用解析法或直接丈量偏心距（平距）两次，两次差不得超过 10mm。

### 6.6.3 归心元素的测定次数与时间要求

a) 观测一等三角点，其测站点归心元素，应在紧接观测前后各测定一次。照准点归心元素只要求有测前、测后控制。以上两次测定归心元素间隔的时间均不得超过两个月，否则应增加测定次数。

b) 观测二等三角点时，测站点和照准点归心元素测定两次。尽量在到点设站观测前后各测定一次。

照准点归心元素测定距观测的日期：8m 和 8m 以上觇标不得超过两个月；8m 以下觇标不超过三个月。

c) 三、四等点观测，测站点和照准点归心元素一般只测定一次。投影距观测的时间不超过三个月。

d) 各等级观测，对于高标或遇天气突变等，应根据情况，及时增加测定次数。

### 6.6.4 投影偏差的限差

a) 将两次投影的仪器（或回光、圆筒）中心的投影点和从该点所描绘的同一方向线重合后，标石中心两次投影点间的距离，称作投影偏差。采用的归心元素其同一中的各次投影偏差不应超过 10mm。

b) 当控制观测所必需的数次投影，其投影偏差超过 10mm 时，经检测证实仍超限，则分别计算归心改正数。对于任一方向两次改正数的差，一、二等小于  $0''.2$  仍可取归心元素中数计算改正数，否则应考虑重测相关点的水平角。

### 6.6.5 归心元素结果的取用

测站点和照准点同一中心的各次投影，若投影偏差不超限，则归心元素一律采用取中数。

取中数时，当两次投影偏心角的差接近  $180^\circ$ （在  $150^\circ \sim 210^\circ$  左右）时，应以两次标石中心投影位置连线的中点作为标石中心投影点，量取归心元素的中数（即图解中数）。

若两次投影中有一次归心元素为零（正刺的情况），则偏心距取两次的中数，偏心角采用另一次的投影值。

## 7 大地点高程测定

### 7.1 三角高程测量

#### 7.1.1 三角高程测量测定高程的方法

三角高程测量不分等级，它是测定大地点高程的一种方法。一般都是在三角点上观测水平角期间，同时测定各方向的垂直角（即高度角）求相邻点之间的高差，推算大地

点高程。

### 7.1.2 垂直角观测的基本要求

- a) 观测垂直角的仪器，其精度应不低于 DJ2 经纬仪。
- b) 一般地区必须在地方时 10~16 点之间观测。在戈壁、沙漠等困难地区，观测时间可酌情放宽。
- c) 点上方向数较多时，应分组观测，每组包括 2~4 个方向。遇到通视条件不好，亦可单方向连续观测。
- d) 各方向垂直角观测的照准部位，按下列符号记入手簿中：

∏ ——— 圆筒上沿

入 ——— 标顶

○ ——— 回光

△ ——— 标尖

- e) 盘左、右两位置照准目标时，目标的成像应位于垂直丝左、右附近对称的位置上。
- f) 观测过程中当发现指标差的绝对值大于 30" 时，可继续观测，本测回有效，测完该测回后应即校正。

### 7.1.3 垂直角中丝法观测的操作程序

- a) 盘左（或盘右）开始，照准一组中的第一方向。用中丝切准目标；
  - b) 将垂直度盘指标水准器居中，重合度盘对径分划两次读数两次；
  - c) 依次照准第二方向……直到本组方向测完；
  - d) 纵转望远镜成盘右（或盘左）；
  - e) 按上述相反的次序照准各方向目标，观测读数，回到第一方向。
- 以上操作为一测回。

### 7.1.4 中丝法测定垂直角的测回数

各等级三角点上，每一方向按中丝法观测应测四测回。

### 7.1.5 垂直角和指标差的计算公式

计算垂直角和指标差的公式，因仪器而异，下面列出两种常用仪器的计算公式

#### a) WILDT3 仪器

$$\alpha = L - R \quad i = L + R - 180^\circ$$

#### b) WILDT2 仪器

$$\alpha = \frac{R - L - 180^\circ}{2}, \quad i = \frac{L + R + 360^\circ}{2}$$

} …………… (3)

式中： $\alpha$  为垂直角； $i$  为指标差； $L$ 、 $R$  为盘左、右垂直度盘读数。

### 7.1.6 垂直角观测的限差与重测

- a) 垂直度盘测微器两次读数的差，DJ07、DJ1 型仪器不超过 2"（等于测微仪器上 0.5 大格）；DJ2 型仪器不超过 3"。
- b) 同一方向垂直角互差不得大于 10"。

c) 指标差互差不得大于  $15''$ 。当分组观测时, 仅在一测回内的各方向间比较; 单方连续观测时, 则在连续观测的测回间比较。

根据以上比较指标差的原则, 每次观测对一个方向至少应测两测回, 或两个方向一组测一测回。

d) 超限的观测值均应重测, 最后每个方向取四个符合限差要求的测回。

### 7.1.7 丈量觇标和仪器水平轴中心至杯石上标志表面的高度

a) 量取部位: 圆筒上沿(或标顶)、标尖、回光台, 仪器台及其他观测时被照准过的部位。

仪器安置在脚架上观测时每光段开始均应量取仪器水平轴高, 并使同一观测时段内的仪器高尽量一致。

b) 司光站应量取回光中心至回光台、或仪器台的高度。特殊情况下, 则应直接量取回光中心至标石上标志面的高度。

当一点上有几个回光高度时, 应分别注明照准方向的名称。

回光站的量高记录应及时交测站转载到本点垂直角观测手簿中。

c) 量高方法。用钢卷尺以不同的两个尺段各量取一次, 读至厘米记入手簿。

d) 量高限差。两次丈量结果的差不得大于  $5\text{cm}$ 。

## 7.2 水准联络点(简称水联点)

### 7.2.1 水联点的设立

当大地点的高程难以用几何水准直接测定时, 要测设水联点, 然后再测定水联点与大地点之间的高差, 以推算出大地点的高程。

### 7.2.2 水联点至大地点间高差测定方法

a) 用电磁波测距高程导线测量时, 按 GB 12898 的规定施测。

b) 用三角高程测量时, 在水联点和三角点间对向观测垂直角, 中丝法测六测回。

### 7.2.3 水联点至三角点间的距离测定

a) 三角交会法。至少须由三个大地点双向交会, 并要求边长不超过本等级三角测量的规定, 按四等三角测量的要求观测水平角。

b) 条件困难, 水联点只能和一个三角点方向相连时, 有两种求距方法供选用。(本条方法只能在一等三角点上应用)。

参照 GB/T 16818 中的四等要求测定水联点至三角点的距离。但边长不能超过  $4\text{km}$ 。

用解析法求定水联点至三角点的距离  $D$ 。要求  $D$  不能超  $2\text{km}$ , 高差不得大于  $400\text{m}$ 。依水联点为一端点, 在与距离  $D$  接近垂直的方向布设两条辅助基线, 其长度应大于  $D/20$ 。每条辅助基线用检定过的钢卷尺作往返丈量, 读至毫米, 其长度相对误差应小于  $1/1000$ 。角度用 DJ1 型仪器测三测回, 用 DJ2 型仪器测四测回。两次解析求得的  $D$  值, 其相对误差应小于  $1/800$ 。

## 8 成果的记录、整理与验算

### 8.1 记录方式与要求

#### 8.1.1 记录方式

按记录载体分为电子记录和手簿记录两种方式、三角测量优先采用电子记录, 在不

适宜电子记录的特殊地区亦可采用手簿记录。

### 8.1.2 记录项目

a) 每一三角点应记载测站名称、等级，觇标类型。水平角观测照准点栏，测角法观测时每测回只记录方向号，照准目标；方向观测时每点第一测回应记录所观测的方向号、点名和照准目标。其余测回记方向号。

b) 每一观测时间段须记录观测日期、时间（北京时）、天气、成像，风向风力。

c) 每方向须记录方向观测值。

### 8.1.3 手簿记录要求

a) 一切外业观测值和记事项目，必须在现场直接记录。

b) 手簿一律用铅笔填写，记录的文字与数字力求清晰，整洁，不得潦草模糊。手簿中任何原始记录不得涂擦，对原始记录有错误的数字与文字，应仔细核对后以单线划去，在其上方填写更正的数字与文字，并在备考栏内注明原因。对作废的记录，亦用单线划去，并注明原因及重测结果记于何处。重测记录应加注“重测”二字。

c) 各级三角测量记录与计算的小数取位要求参照表 8 执行。

表 8

项目及等级		读 数	一测回中数	记簿计算
水平角	一、二等	0".1	0".01	0".01
	三、四等	1"	1".1	0".1
垂直角		1"	1"	

电子记录参照 CH/T 2004 和 CH/T 2005 执行。

### 8.1.4 观测记录的整理和检查

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之后，方可进行计算。

## 8.2 三角测量成果的验算

### 8.2.1 三角测量的验算项目

a) 三角形闭合差、测角中误差计算；

b) 极条件自由项及限差计算；

c) 基线条件自由项及限差计算；

d) 方位角条件自由项及限差计算；

e) 三角高程高差的验算。

### 8.2.2 三角形闭合差、测角中误差计算

a) 三角形闭合差计算公式

$$W = 180^\circ - (A + B + C) + \epsilon'' \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：W——三角形闭合差；

A、B、C——三角形三个内角；

$\epsilon''$ ——三角形球面角超。

b) 测角中误差按菲列罗公式计算

$$m''_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \dots\dots\dots (5)$$

式中： $n$ ——三角形个数；

$W$ ——三角形闭合差。

### 8.2.3 极条件自由项限差计算

a) 自由项限差计算公式

$$W_J = \pm \left( \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \sqrt{\sum \text{ctg}^2 \beta} \right) \dots\dots\dots (6)$$

式中： $m_{\beta}$ ——测角中误差；

$\beta$ ——传距角；

$\rho''$ ——206 265。

b) 极条件自由项不应超过  $\pm 2W_J$ 。二、三、四等极条件自由项，在验算过程中超出  $\pm 2W_J$ ，但不超过  $\pm 2.5W_J$  者，允许达 5%。

### 8.2.4 基线条件自由项限差

基线条件自由项限差计算公式

$$W_D = \pm 2 \sqrt{\frac{m_{\beta}^2}{\rho''^2} \sum \text{ctg}^2 \beta \left( \frac{m_{s1}}{s_1} \right)^2 + \left( \frac{m_{s2}}{s_2} \right)^2} \dots\dots\dots (7)$$

式中： $m_{\beta}$ ——测角中误差；

$\beta$ ——传距角；

$\rho''$ ——206 265；

$\frac{m_{s1}}{s_1}$ 、 $\frac{m_{s2}}{s_2}$ ——基线边长相对中误差。

### 8.2.5 方位角条件自由项限差计算

方位角条件自由项限差计算公式

$$W_F = \pm 2 \sqrt{n \cdot m_{\beta}^2 + m_{\alpha 1}^2 + m_{\alpha 2}^2} \dots\dots\dots (8)$$

式中： $n$ ——推算路线的经过的测站数；

$m_{\beta}$ ——测角中误差；

$m_{\alpha 1}$ 、 $m_{\alpha 2}$ ——起始方位角中误差。

### 8.2.6 三角高程测量验算的项目与限差

a) 同一条边由对向垂直角按本地区平均地球曲率和大气折光差改正系数  $C$  值分别计算的高差值不应超过  $\pm 0.1D$  (m) ( $D$  为边长的公里数)。

b) 用对向观测求得高差的中数、沿闭合图形各边求和，或从一个高程起算点沿三角边推算至另一个高程起算点，其闭合差不应超过  $\pm 0.05 \sqrt{\sum D_{km}^2}$  (m)。

$D$  为各高差边的边长，以 km 为单位，对向高差之差超限，但其中数能满足闭合图

形限差要求时，仍采用中数；若不满足，且其中一个单向高差能满足时，可采用单向高差。

c) 通过验算舍弃不合格成果后，每个三角点必须保证至少有三个双向或两个双向两个单向的高差成果。

### 9 成果的检查验收与上交

#### 9.1 外业成果的检查验收和质量评定

##### 9.1.1 外业成果的检查验收

三角测量任务完成后，参照 CH 1002 进行检查和验收并编写检查验收报告。

##### 9.1.2 外业成果的质量评定

三角测量成果在检查验收以后参照 CH 1003 进行质量评定。

#### 9.2 技术总结

##### 9.2.1 三角测量的技术总结

技术总结是在三角测量任务完成后，对技术设计书和技术标准执行情况、技术方案、作业方法、新技术的应用、完成质量和主要问题的处理等进行分析 and 总结。它是与测绘成果有直接关系的技术性文件，是永久保存的重要技术档案。

##### 9.2.2 技术总结的编写

技术总结参照 CH 1001 编写，并有单位主要技术负责人审核签名，方可上交。

#### 9.3 上交资料

##### 9.3.1 资料的整理与上交

经过检查验收后的三角测量成果，须清点、整理、装订成册、编制目录，开列清单，上交资料管理部门。

##### 9.3.2 上交资料的范围

- a) 技术设计书；
- b) 三角锁、网展点图；
- c) 三角点点之记；
- d) 测量标志委托保管书（两份）及批准征用土地的文件；
- e) 旧点利用记录资料；
- f) 水平角、水平方向以及垂直角（包括水联点）的观测手簿，记录磁带，磁盘和纸带；
- g) 归心投影用纸和测定的归心元素资料；
- h) 仪器检验资料；
- i) 外业成果验算资料两份；
- j) 技术总结；
- k) 验收报告。

## 附录 A 选点与埋石标准 (标准的附录)

### A1 三角点点之记

系

等三角点点之记

区(锁)

所在图幅  
(1:100000)

点号

点 名		概略经度		本点位置 说明及 交通情况	
		概略纬度			
地 类		概略高程			
土 质		水层深度			
冻结深度		解冻深度			
所在地				点 位 略 图	
最近水源及里程					
最近住所及里程					
本点之有关方向					
选点员对造埋工作的要求				实造觐标高度	实埋标石断面图
觐标类型	标石类型	觐标必需高度			类型： 圆筒上沿： 标尖： 回光台： 基板：
		基板：	圆筒：		
与旧点重合情况	旧点点名： 旧点所属锁网及等级： 施测单位： 测定年代： 觐标及标石规格，可否利用或修复：			均由上标石面量起	
本点( )测支线水准	便于联测的水准路线和点号			联测方法：	
本点( )天文点	本点向导：				



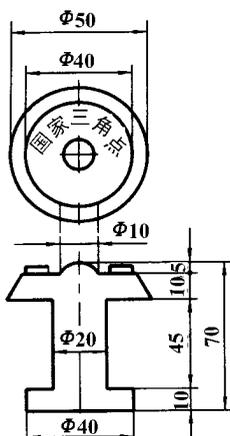
原系区名称和等级		新系区名称和等级	
旧中心标石断面图		新埋中心标石断面图	
重要事项记载	重埋标石时的投影方法		
	新旧标石中心的平面关系（以偏心元素略图表示）		
	旧标石中心的相对平面关系（即柱石、盘石中心投影元素，以略图表示）		
	新旧柱石顶面的高差：旧标石柱石顶面至新柱石顶面的高差以米为单位（旧标石低于新标石时高差为正，反之为负）		
备注			

年 月 日

### A3 三角点标石标准

#### A3.1 中心标志图

- a) 金属标志图（见图 A1）
- b) 瓷质标志图（见图 A2）



单位：mm

R—弧的曲率半径；Φ—直径

图 A1

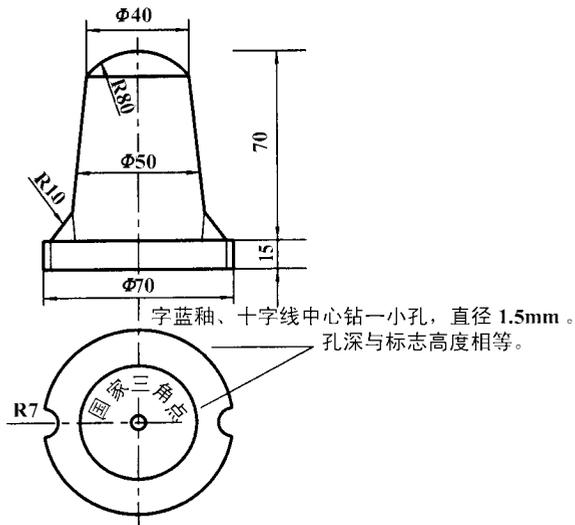
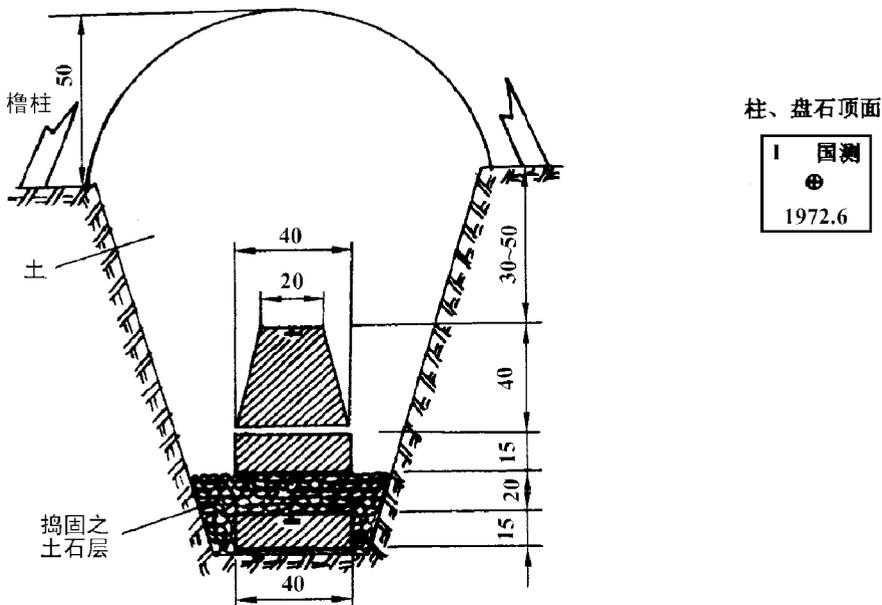


图 A2

### A3.2 标石类型及埋石图

a) 一、二等三角点中心标石埋石图 (见图 A3)

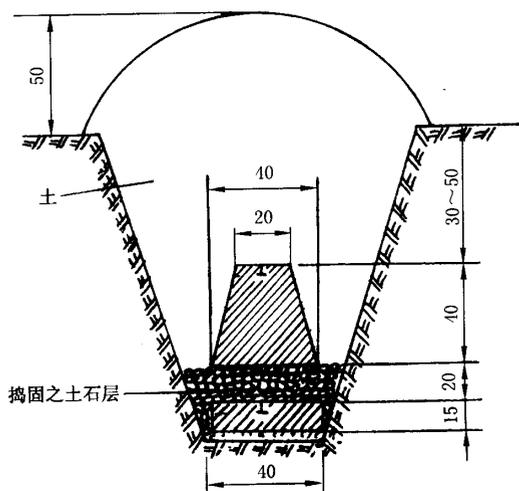


单位：cm

注：在人烟稀少的地区，柱、盘石顶面应刻划（或漆注）点号。

图 A3

b) 三、四等三角点中心标石埋石图 (见图 A4)



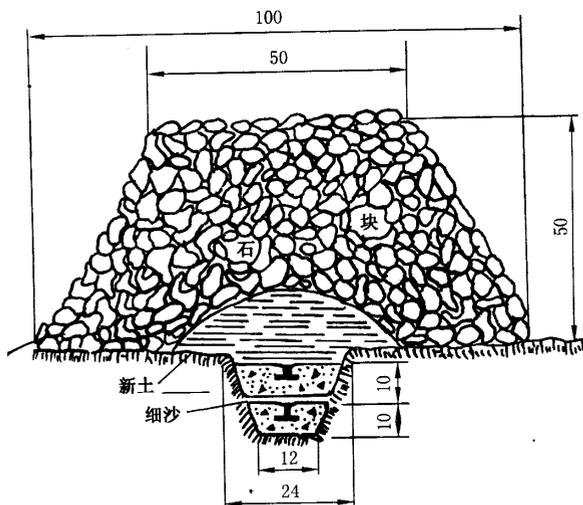
单位:cm

注：护沟与柱、盘石顶面之规格同一、二等三角点（略）。

图 A4

c) 岩石地区三角点中心标石埋石图（见图 A5）

一、二等三角点



单位:cm

图 A5

三、四等三角点，只埋一个标志，其他同一、二等三角点埋设尺寸

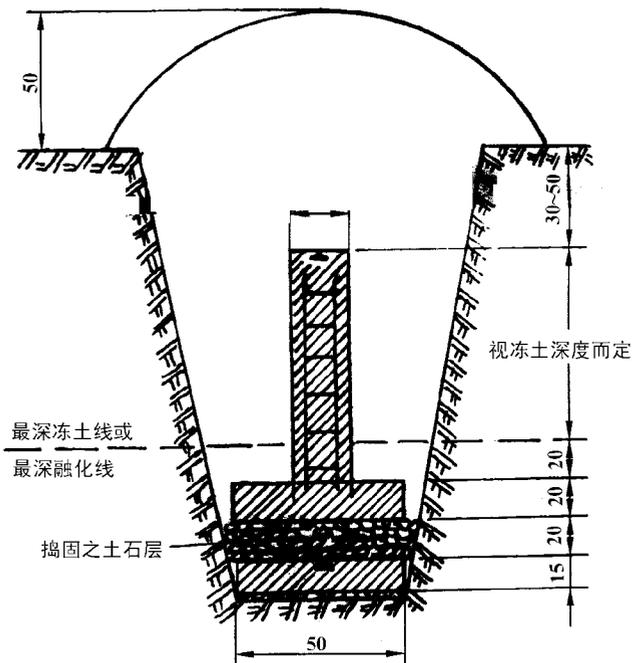
岩石地区三角点标志埋设的规定

序号	岩石面距地面之深度 m	一、二等三角点			三、四等三角点		
		岩石标志	盘石	柱石	岩石标志	盘石	柱石
1	0.0~0.4	2	-	-	1	-	-
2	0.5~0.7	1	1	-	1	1	-
3	0.8~0.9	1	-	1	1	-	1
4	1.0 以上	1	1	1	-	1	1

注

- 1 表中所列柱石和盘石的尺寸见 A3.2.1 (一、二等山地中心标石) 和 A3.2.2 (三、四等山地中心标石)。
- 2 第一种岩石地区标志埋设的外部整饰如上图, 第二、三、四种岩石地区标志埋设的外部整饰与一般三角点相同, 在放盘石或柱石时, 应先将岩石面打平, 并在其上铺一层细砂。

d) 冻土深于 0.8m 地区的一、二等三角点埋石图 (见图 A6)



单位: cm

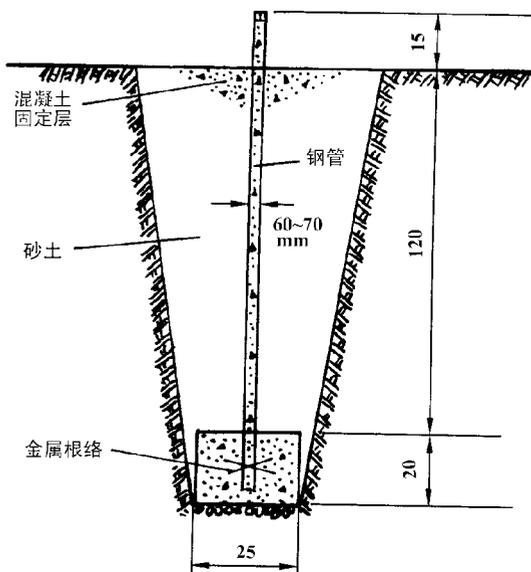
注

- 1 混凝土柱石内安钢筋三根, 浇灌时先用细铅丝将钢筋扎成三角柱件, 然后再灌混凝土。
- 2 混凝土柱石上不必加根络, 一般和基座同时浇灌。
- 3 基座亦可用一般盘石模型灌制。
- 4 在永久冻结地区, 图中的最深冻土线为最深融化线。
- 5 混凝土柱石亦可用钢管代替。

图 A6

e) 沙漠地区三角点中心标石埋石图 (见图 A7、图 A8)

固定沙丘钢管标石埋设图

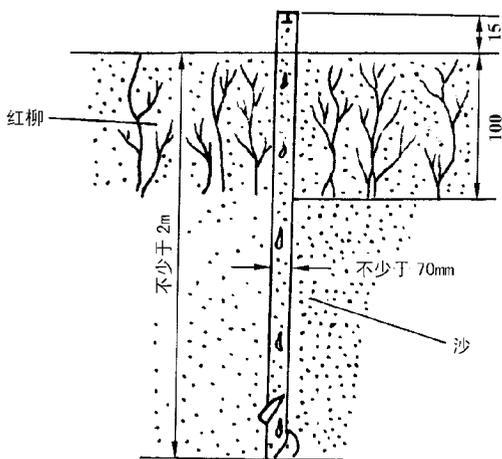


单位: cm

注: 钢管直径的大小以能安放瓷标志为原则。

图 A7

流沙丘钢管标石埋石图



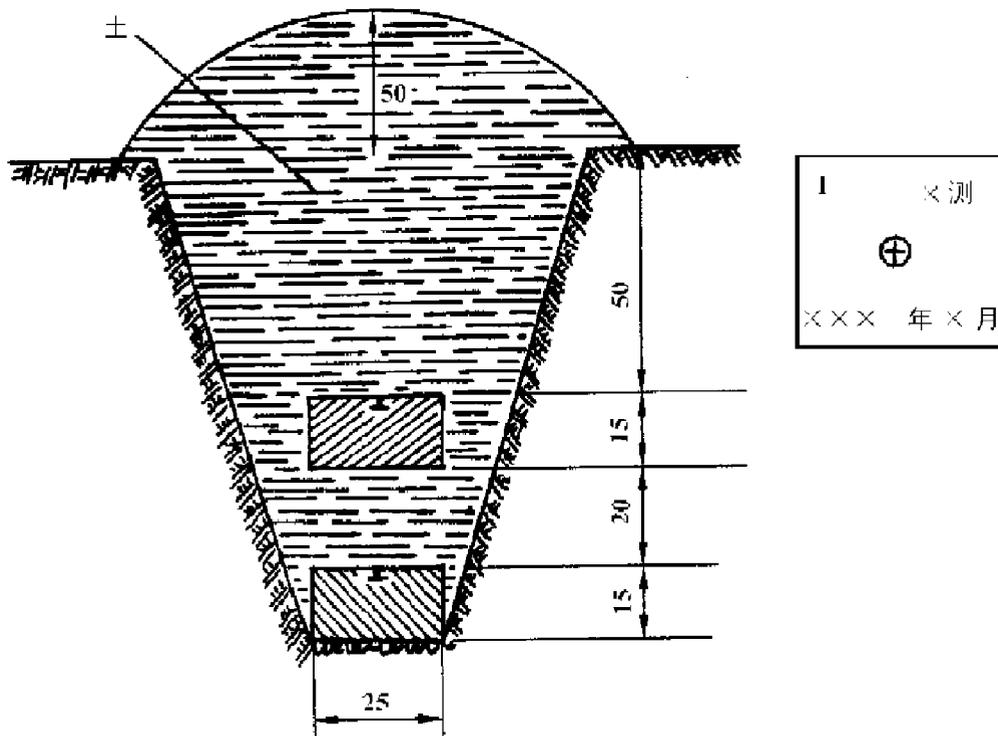
单位: cm

注: 1 螺旋钢管标石打入流沙丘后, 应用木桩和红柳围成半径不小于 0.75m 的护圈。钢管标志周围不宜加固定层。

2 当在高水位流沙地区埋设时, 钢管底端应用钢板封闭, 并在钢管外壁加涂沥青, 以防腐蚀。

图 A8

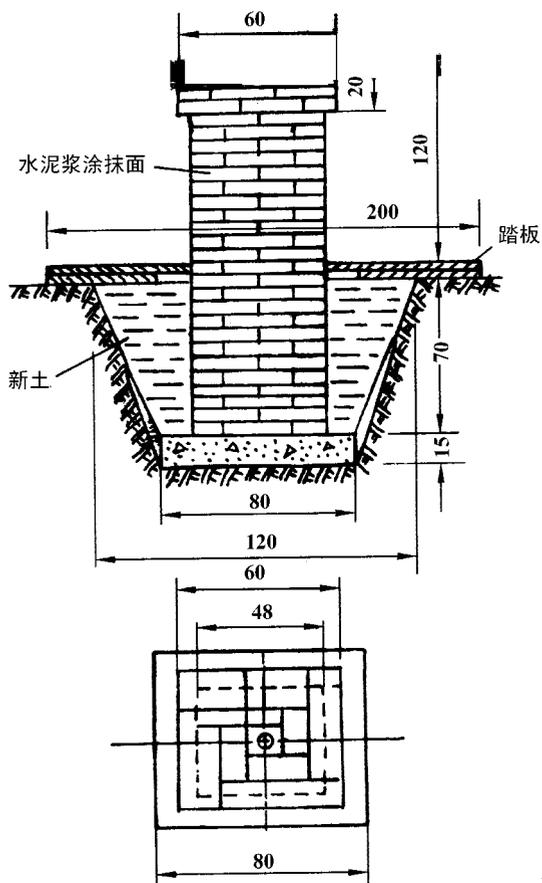
f) 特殊困难地区一、二、三、四等三角点中心标石埋石图 (见图 A9)



单位: cm

图 A9

g) 砖砌天文墩 (见图 A10)



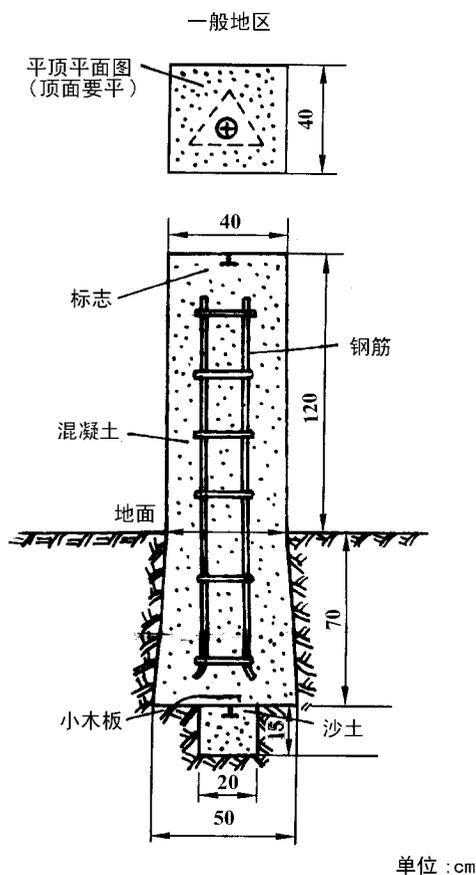
单位：cm

注：

- 1 本天文墩约需砖 450 块， $3 \times 30 \times 200$  木板 10 块，第一层 4 块，第二层 6 块。
- 2 上端边缘凸出部分亦可去掉，改为整个方柱体，顶面每边宽为 0.48m。

图 A10

h) 混凝土仪器墩 (天文墩) (见图 A11、图 A12)



注 :

- 1 天文墩若不与仪器墩合一, 可不埋盘石。
- 2 无法避免埋设于土质松软和流沙地区时, 应适当加深埋设, 并应在底层打几排木柱 (长 1 ~ 1.5m), 其上填灌约 0.2m 厚混凝土后再行灌制。流沙地区还应在其周围埋设防风树枝或采用其他措施, 以保证其稳固。

图 A11

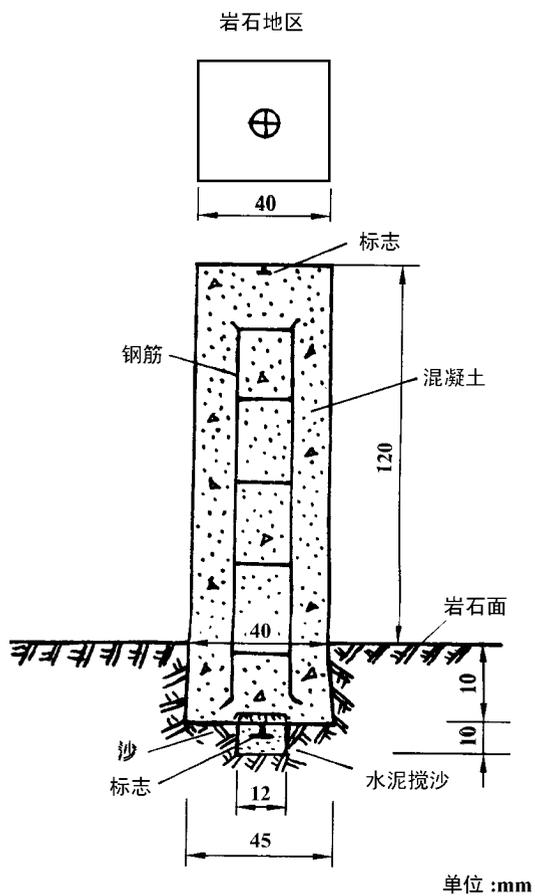
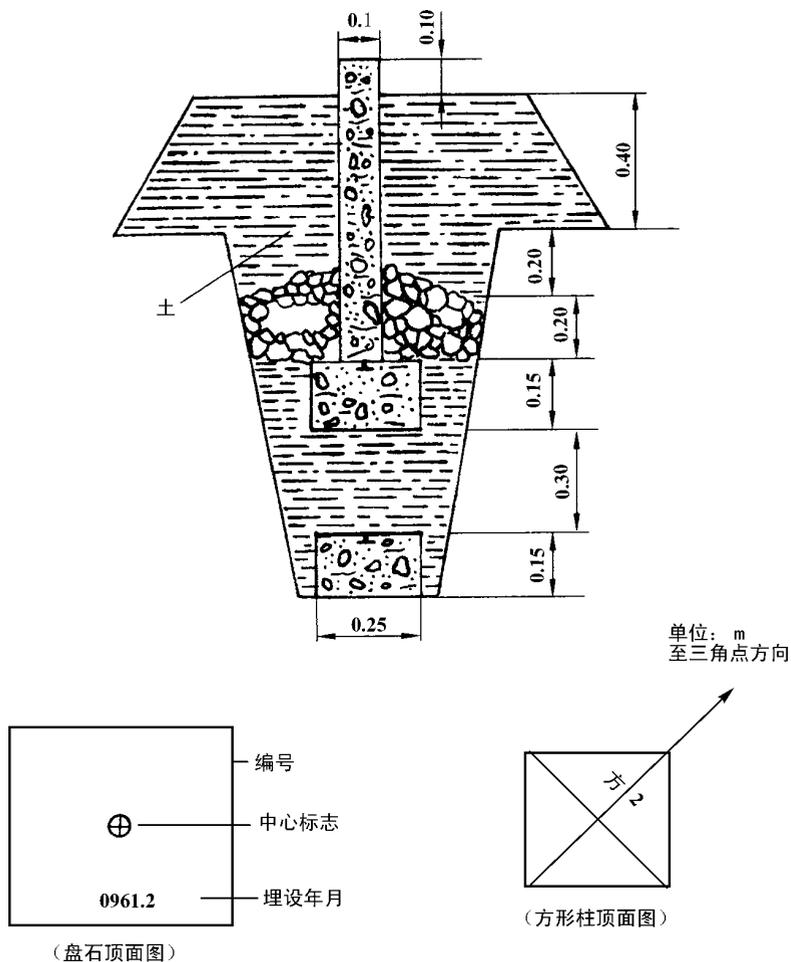


图 A12

i) 方位点埋石图 (见图 A13)



注:

- 1 盘石顶面上加刻方位点编号和埋设年月。
- 2 方形水泥柱顶面上加刻对角十字线。埋设时使对角线之一位于方位点至三角点的方向线上, 并在此对角线两侧加刻方位点编号(字头对三角点)。
- 3 方位点设于岩层上时, 按 A3.2c) 的规格埋设下标志后, 再在其上加埋方形水泥柱。

图 A13

## 附录 B 测量标志委托保管登记表 (提示的附录)

### 测量标志委托保管登记表

序 号	图幅号	点名或点号	测标种类	测标类型	等级	完成情况 (或重建、新建)	托管单位及时间	接管单位及 保管人姓名

注：此表由测量标志的建造、维修或普查单位填写、报县（市）主管单位和省、自治区、直辖市主管部门各一份。

# 加密重力测量规范

GB/T 17944—2000

## 1 范围

1.1 本标准规定了在陆地上进行加密重力测量的布测原则、精度要求、施测方法等。

1.2 本标准适用于在全国范围内进行加密重力测量，其他区域性的均匀重力测量可参照执行。

## 2 引用标准

GB 12897—1991 国家一、二等水准测量规范

GB/T 17942—2000 国家三角测量规范

GB/T 17943—2000 大地天文测量规范

CH 1001—1991 测绘技术总结编写规定

CH 1002—1995 测绘产品检查验收规定

CH 1003—1995 测绘产品质量评定标准

CH/T 1004—1999 测绘技术设计规定

CH 2001—1992 全球定位系统（GPS）测量规范

CH/T 2003—1999 国家一等重力测量规范

CH 8016—1995 全球定位系统（GPS）测量型接收机检定规程

## 3 布测原则

### 3.1 目的与任务

3.1.1 加密重力测量是为各种科学目的对有关区域在各级重力控制点的基础上加密一定的重力点所进行的重力测量。

3.1.2 加密重力测量主要用于测定地球重力场的精细结构，为大地测量学、地球物理学、地质学、地震学、海洋学和空间技术等领域所需的重力异常、垂线偏差、高程异常和空间扰动引力场等提供地球重力场数据。

3.1.3 国家加密重力测量的主要任务是：

a) 为在全国建立  $5' \times 5'$  的国家基本格网（对于个别大片重力测量空白区域的困难地区可以建立  $30' \times 30'$  格网）的数字化平均重力异常模型而进行的全面重力测量；

b) 为精化大地水准面，采用天文、重力、GPS 水准测量方法确定全国范围的高程异常值而进行的加密重力测量；

c) 为内插大地点的天文大地垂线偏差而进行的局部加密重力测量；

d) 为精密水准测量正常高系统改正而进行的局部加密重力测量。

### 3.2 采用基准

3.2.1 加密重力测量的重力基准采用“1985国家重力基本网系统”。

3.2.2 加密重力点的大地坐标采用“1980西安坐标系”；平面坐标采用高斯平面坐标系，并按六度分带。

3.2.3 加密重力点的高程系统采用正常高系统，高程基准采用“1985国家高程基准”。

3.2.4 正常椭球采用“1975国际椭球”。

### 3.3 精度要求

3.3.1 加密重力点相对于起算点的重力联测中误差不得超过 $0.60 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ ，困难地区可放宽到 $1.00 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ ；当需要联测二等重力点（包括引点）时，二等重力点相对于起算点的重力联测中误差不得超过 $0.30 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ 。

3.3.2 天文重力水准以及GPS重力水准测量的布设精度能满足以大地原点至国家最远点推算高程异常累计中误差不得超过1.0m的要求，且布设路线每条边的重力改正项的中误差不得超过 $0.020\sqrt{s} \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ （式中： $s$ ——路线边长，km）。

3.3.3 对于 $5' \times 5'$ 国家基本格网的平均空间重力异常中误差一般不应超过 $5.0 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ ，困难地区可放宽至 $10.0 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ ；对于 $30' \times 30'$ 格网的平均空间重力异常中误差一般不应超过 $3.0 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ 。

3.3.4 加密重力点的点位相对于国家天文大地点的平面点位中误差不得超过100m，相对于精度不低于国家四等水准点的高程点的中误差一般不应超过1.0m，困难地区可放宽到2.0m。

### 3.4 布点原则

3.4.1 加密重力点的布设方案应根据不同用途和重力场的特征以及不同地形类别进行确定。

3.4.2 重力异常代表误差系数是反映重力场等位面起伏变化的特征之一，是加密重力点布设方案的重要依据，空间重力异常代表误差系数按下式计算：

$$C = \Delta H / (90\sqrt{d}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： $d$ ——最小格网的边长，km；

$\Delta H$ ——最小格网中的最大高差，m。

对于 $30' \times 30'$ 格网，可划分成 $5' \times 5'$ 的分格网，分别计算出各分格网的空间重力异常代表误差系数，取平均值作为 $30' \times 30'$ 格网的空间重力异常代表误差系数。

3.4.3 地形类别与代表误差系数的对应关系按表1执行。

表 1 地形类别与代表误差系数

地形类别	代表误差系数	
	布格异常 ≤	空间异常 ≤
平原	0.5	0.5
丘陵	0.7	0.8
小山区	0.8	1.4
中山区	1.0	2.3
大山区	1.3	3.5
特大山区	1.6	5.0

3.4.4 加密重力点应尽量均匀布设在重力场特征点和已有的大地点（三角点、天文点、水准点、GPS点）上。在经济发达地区和重力场变化大的地区应尽量增大布设密度。

3.4.5 在垂线偏差变化剧烈和垂线偏差大的地区，除应在一等天文大地点上布设加密重力点外，根据内插垂线偏差的精度要求，应在天文大地点周围布设合适的加密重力点。

3.4.6 在山区沿二等和二等以上水准路线在每个水准点上应布设加密重力点。对于国家一、二等水准路线上布设加密重力点应按照 GB 12897 中的规定布设。

3.4.7 对于全面重力测量，在一般地区每  $5' \times 5'$  应布设一个加密重力点，在困难地区可适当放宽。在山区对于  $30' \times 30'$  格网进行全面重力测量的最低布点密度按表 2 执行，并均匀布设在格网不同高程的地方，且布点的平均高程值与格网平均高程互差不得大于  $\pm 200\text{m}$ 。

表 2 山区布点密度

类别	地区	布设点数			
		小山区	中山区	大山区	特大山区
一	交通方便、大地点多	6	9	12	16
二	青藏、沙漠边境等交通困难地区	6	9	9	12
三	特殊困难地区	4	6	9	9

3.4.8 天文重力水准测量应在全面重力测量的基础上进行。在天文点周围  $15' \times 15'$  的区域内应适当加密重力点。

3.4.9 GPS 重力水准测量应在全面重力测量的基础上采用 GPS 定位和 GPS 水准测量方法测定重力点的坐标和高程。

### 3.5 重力联测

3.5.1 加密重力测量的起算点为各级重力控制点。若重力基本点和一等重力控制点密度不够时，可布设二等重力点，其点位可根据加密重力测量需要确定。二等重力点的施测应根据本标准的有关规定按照 CH/T 2003 中的一等重力测量相应规定执行。

3.5.2 重力测线应形成闭合或附合路线，即从高级重力控制点或者待定点出发，测定若干点后再返回起始点，或者从一高级重力控制点出发附合到另一高级重力控制点上，且闭合或者附合时间对于二等重力测量一般不应超过 36h，困难地区可放宽到 48h；加密重力测量一般不应超过 60h，困难地区可放宽到 84h。

3.5.3 二等联测起算点为重力基本点、一等重力点或其引点。二等联测的附合路线和闭合环路线中的二等重力点数不得超过 4 个，在支测路线中允许支测 2 个二等重力点。一般情况下，二等联测应尽量采用三程循环法，即  $A-B-A$ ， $B-A-B$  作为两条测线计算。当零漂稳定时，允许在困难地区个别二等测线中加测加密重力点。

3.5.4 重力联测的仪器数和合格段差数按表3执行。

表 3 仪器和段差数

等 级	LCR 型重力仪		其 他 仪 器	
	仪器数	段差数	仪器数	段差数
二等	1	2	2	4
加密	1	1	2	2

3.5.5 当联测中误差超限时，应舍去分群的超限段差观测值，并补测相应段差；舍去的段差数不得超过总段差数的三分之一，否则应重测整条测线。

### 3.6 技术设计

加密重力测量布测前必须进行技术设计。技术设计要求、内容和审批程序按照 CH/T 1004 执行。

## 4 重力仪的技术要求

### 4.1 重力仪的选用

二等重力点及加密重力点的重力联测可以采用石英弹簧重力仪（如：ZSM、Worden）或金属弹簧重力仪（如：LCR）。

### 4.2 重力仪的检验与调整

4.2.1 重力联测作业前及作业期间至少每隔一个月按规定项目进行一次检验与调整。

4.2.2 对于 LCR 型重力仪的检验与调整按 CH/T 2003 执行。

4.2.3 对于石英弹簧重力仪须进行如下检验与调整：

- 面板位置的检查与调整（见附录 A）；
- 纵、横水准器的检验与调整（见附录 A）；
- 亮线灵敏度的检验与调整（见附录 A）；

d) 测量范围的调整 (见附录 A)。

### 4.3 重力仪格值标定

4.3.1 对于新出厂和经过修理的重力仪须进行格值标定。用于作业的重力仪每两年应进行一次格值标定。

4.3.2 格值标定场一般应采用国家级重力基线场。对于 LCR-G 型重力仪必须在国家基本 (准) 点间或国家级长重力基线场进行比例因子标定, 并采用飞机作为运输工具。

4.3.3 允许在国家短基线场上对 LCR-G 型重力仪的比例因子进行检测, 当检测结果与以前的标定结果互差与比例因子之比值不大于  $2 \times 10^{-4}$  时, 可以不进行标定而采用以前的标定结果。

4.3.4 重力仪格值标定条件按表 4 执行。

表 4 格值标定条件

条 件	LCR-G 重力仪	LCR-D 重力仪	其他重力仪
段差数	2, 检测时为 4	6	8
段差互差 $\leq$	$0.04 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$	0.04 格	2 格
相对中误差 $\leq$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$
超限处理	重测	补测不得超过 2 个段差	补测不得超过 2 个段差

4.3.5 格值或比例因子按下式计算:

$$C = C' \times \Delta G / \Delta g \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $C'$ ——近似格值或比例因子;

$\Delta G$ ——测段已知重力差;

$\Delta g$ ——重力段差平均观测值, 重力段差计算按 7.1 执行。

4.3.6 格值或比例因子测定相对中误差按下式计算:

$$m_C / C = m_{\Delta} / \Delta g \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $m_{\Delta}$ ——重力联测中误差, 计算按 7.1.6 执行;

$\Delta g$ ——重力段差平均观测值。

### 4.4 重力仪的性能试验

4.4.1 对于新出厂和每年作业前的重力仪须进行性能试验, 并要求在重力仪的检验与调整之后进行。

#### 4.4.2 静态试验

4.4.2.1 试验应在无外界干扰、地基稳定、温度变化小的室内进行。

4.4.2.2 每间隔 30min 读一次数, 连续观测 16h 以上。在观测过程中, LCR 型重力仪应保持在松摆状态。

4.4.2.3 读数加固体潮改正后, 绘制静态零漂曲线。

#### 4.4.3 动态试验

4.4.3.1 试验应在重力差不小于 $50 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ 的 A、B 两点间按往返对称观测法进行，且不少于三个往返。

4.4.3.2 按照 7.1 要求进行计算，并分别计算出各台重力仪的联测中误差，以及按下式计算出每台重力仪之间的一致性中误差：

$$m = \sqrt{[VV] / (n - 1)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： $V$ ——某台重力仪的平均重力段差与各台重力仪平均重力段差之差；

$n$ ——重力仪台数。

4.4.3.3 仪器间的一致性中误差必须达到仪器所用最高等级的重力点联测精度的要求。

## 4.5 重力仪的维护

4.5.1 建立严格的重力仪交接手续，明确责任，对重力仪的安全负责。

4.5.2 重力仪入库时要擦拭干净，附件齐全，存放中要注意防潮。

4.5.3 重力仪长途运输时要采取防震措施，并有专人负责，杜绝意外事故。

4.5.4 使用重力仪时动作要轻、稳，严禁碰撞。

4.5.5 禁止将重力仪大角度倾斜或卧置，严禁在松摆情况下搬运 LCR 型重力仪。

4.5.6 遇有重力仪粘摆时，可用手指轻击面板，禁止用工具敲击面板。

4.5.7 重力仪发生故障时，应仔细分析原因，细心排除，不允许盲目拆卸。排除一般故障时应由有经验的操作人员进行。重大故障必须送回大队，并附有详细报告。

## 5 重力观测

### 5.1 观测前的准备

5.1.1 LCR 型重力仪的测前准备：

- a) 必须在 24h 前给仪器通电恒温，给电池充电；
- b) 至少在观测前 30min 切断充电电源，换上电池电源；
- c) 检查仪器的光学读数系统、水准器及照明是否正常；
- d) 静放的仪器必须运动 5min 后方可观测；
- e) 各种工具及有关资料、函件是否齐全。

5.1.2 石英弹簧重力仪的测前准备：

- a) 检查各工作系统是否正常；
- b) 根据测线的安排，估算各待定点与起测点的概略重力差，调好起测点的仪器读数，尽量避免在测线中调测程。

### 5.2 观测程序

5.2.1 LCR 型仪器的观测程序：

- a) 清理场地，消除不安全因素；
- b) 安置底盘和仪器。将仪器小心地从仪器箱中提出，轻置在底盘上，并使仪器的横水准器和磁北方向平行；
- c) 精确整平仪器；
- d) 松摆，并将亮线调到读数线附近；

- e) 读数：一般应该在松摆 5min 后按下面程序进行读数，并使读数轮沿同一方向归零：
  - 1) 顺时针（或逆时针）转动读数轮，使亮线精确对准读数线（或使检流计、数字电压表归零），读取计数器和读数轮读数；
  - 2) 反方向转动读数轮半圈，再顺时针（或逆时针）转动读数轮归零，读取第二次读数；
  - 3) 重复上面操作，读取第三次读数。
- f) 每次读数后，立即记录读数和时时间，时间记录至整分；
- g) 锁摆并把仪器装箱；
- h) 检查手簿记录；
- i) 观测结束。

### 5.2.2 石英弹簧重力仪的观测程序：

- a) 安置底盘；
- b) 整平仪器；
- c) 顺时针方向旋转读数轮使亮线精确对准零线，读取读数轮读数；
- d) 反方向转动读数轮一圈，再顺时针旋转读数轮使亮线精确归零，读取第二次、第三次读数；
- e) 检查纵、横水准器是否居中，若偏离大于 0.2 格，则重新整平仪器、读数；
- f) 每次读数后，立即记录读数和时时间，时间记至整分；
- g) 检查手簿记录并把仪器装箱；
- h) 观测结束。

### 5.3 观测中的注意事项

5.3.1 观测过程中的各项操作必须谨慎，严禁碰撞仪器。

5.3.2 仪器安置在底盘上以后，观测员不得离开，以防意外。

5.3.3 LCR 型重力仪观测中，读数轮转动一圈以上时必须先锁摆。禁止在松摆时挪动仪器。

5.3.4 LCR 型重力仪在工作过程中必须保持连续恒温，不得断电，如需要更换电池，至少在观测前 30min 更换。

5.3.5 一测线中，除石英弹簧重力仪的测程外，其余均不得进行调整。

5.3.6 石英弹簧重力仪在读数时应尽量避免计数器的极限位置。

5.3.7 测线中仪器静放 3h 以上时，必须在静放前后读数，按静态零漂计算。

5.3.8 测线闭合观测前，若发现读错、记错或仪器受到猛烈震动时，应返回前一站重测，按静态零漂计算。

5.3.9 测站上应注意仪器的防晒、防淋。

### 5.4 观测要求

5.4.1 在控制点上观测时仪器应置于标志中心，多台仪器同时观测时应靠近标志中心。

5.4.2 在加密点上作重复观测或检查观测时，仪器应置于同一位置且同一高度上。

5.4.3 加密点在各类三角点或水准点上观测而仪器不能置于标石上时，可以在标石旁观测，但必须在记录中注明仪器至标石的高度。

5.4.4 测站上各类仪器的读数均估读到 0.1 格，三次读数的互差不得大于 0.5 格。若超过限差可补测一次，仍超限时，需重新整平仪器后重测。

## 6 坐标和高程测定

### 6.1 一般规定

6.1.1 各类重力点均须测定坐标和高程。

6.1.2 坐标测定一般可采用如下方法：

- a) 图上量测法；
- b) 交会法；
- c) 导线法；
- d) 锁网形法；
- e) GPS 定位法。

6.1.3 高程测定一般可采用如下方法：

- a) 高程导线法；
- b) 独立交会点高程法；
- c) GPS 水准法。

6.1.4 观测仪器可采用 DJ2、DJ6 型经纬仪和 II、III 级测距仪，以及相应的全站型电子测距仪或精度不低于  $10\text{mm} + 3 \times 10^{-6}D$  的 GPS 定位接收机。

6.1.5 坐标和高程测定中除按本标准规定外，其他诸如观测方法，以及对观测仪器的检验等均按第 2 章中引用的相应标准执行。

6.1.6 坐标和高程测定的限差按表 5 执行。

表 5 坐标和高程测量限差

类别	限差名称	限 差		备 注
		DJ2	DJ6	
水平角观测	测回数	1	2	
	半测回归零差	12"	24"	
	2C 变动范围	18"	36"	
	各测回同方向较差	12"	24"	
	三角形闭合差	60"		
	导线起算点新旧角较差	30"		
垂直角观测	测回数	2	4	
	指标差之差	15"	24"	
	各测回垂直角较差	10"	15"	

续表

类别	限差名称	限差		备注
		DJ2	DJ6	
测距	测回数	2		
	测距相对精度	1/20 000		
坐标计算	点位闭合差, m	5		$n$ 为方位角的传递次数
	方位角闭合差	$20''\sqrt{n}$		
	导线全长相对闭合差	1/15 000		
高程计算	往返高差较差, m	$0.14\sqrt{D}$		$D$ 为往返测边长 km
	独立点最大高程较差, m	2		
	高程闭合差, m	$0.1\sqrt{L}$		$L$ 为路线长度 km

6.1.7 坐标高程点分为三级。一级点的起算控制点为国家三角点和国家水准点,其他各级点均可在高一级点控制基础上进行布测。所有锁网形坐标点、附和或闭合导线坐标高程点、GPS点均可作为一、二、三级点,交会坐标点、独立高程点可作为二、三级点、支导线坐标高程点只可作为三级点。交会坐标点和独立高程点不得作为锁网形点和导线坐标高程点的起算控制点。

## 6.2 图上量测法

6.2.1 图上量测坐标所采用的地形图其比例尺一般不应小于1:5万,特殊地区可放宽到1:10万。

6.2.2 重力点应选择在图上可靠、明显的地面目标和地物点上。点位的判别和坐标量测应有第二人检查,两人量测结果互差不大于图上0.3mm。

6.2.3 地形图上量测坐标的部位不应有褶皱。

## 6.3 交会法

6.3.1 交会法坐标测定可采用四个已知点的后方交会、三个已知点的前方交会和侧方交会,即观测三个角的单三角形。

6.3.2 各种交会点的交会角不应小于 $30^\circ$ 或大于 $150^\circ$ ;困难时,个别交会角不得小于 $20^\circ$ 或大于 $160^\circ$ 。后方交会点不得位于三个已知构成的圆周附近,即两个交会角与所对已知角之和不得在 $170^\circ \sim 190^\circ$ 之间。

## 6.4 导线法

6.4.1 导线布设一般采用附和导线形式,在大地点稀少的地区可按闭合导线或支导线形式布设。导线边长用电磁波测距仪测定。

6.4.2 在导线起闭点上一般应联测两个已知方向,两已知方向之间的新旧角比较不得超过 $30''$ ,困难时也可只测一个已知方向。

6.4.3 导线测量一般应与高程导线测量同时进行,其导线的图形条件与高程导线要求一致。

6.5 锁网形法

6.5.1 锁网形应起始于两点，闭合于两点，困难时也可起始于一点闭合于另一点。

6.5.2 锁网中的三角形个数不得超过 15 个。全长不得超过 150km。

6.5.3 锁网中的三角形图形条件应满足 6.3.2 的要求。

6.6 GPS 定位和 GPS 水准法

6.6.1 GPS 定位可采用 GPS 静态载波相位定位或快速静态定位方法。定位精度不得低于 E 级的精度要求。

6.6.2 对于 15 ~ 30km 的基线边观测时段长度不得小于 10min；小于 15km 的基线边不得小于 5min。

6.6.3 WGS84 坐标系与 1980 西安坐标系的坐标转换可采用精度不低于 5m 的转换参数或在 GPS 网中至少联测三个国家天文大地点以便进行坐标转换。

6.6.4 在 GPS 网中须均匀联测一定数量的国家水准点，其水准点的布设密度一般应满足表 6 的要求。对于困难地区的水准点可放宽到 2 倍。

表 6 GPS 网中水准点的布设密度

地形类别	平原	丘陵	小山区	中山区	高山区	特大山区
间距, km	100	90	80	65	50	40
最少点数	6	6	5	4	3	3

6.6.5 GPS 网应尽量与附近的国家级 GPS 网点进行联测。

6.7 高程导线和独立高程法

6.7.1 高程导线应尽量布设成附合路线，困难地区也可布设成闭合路线或支导线。

6.7.2 高程导线全长不得超过 60km，边长不得超过 3km。支导线从起始点起算允许发展两条边。

6.7.3 独立高程应有两个起算点的一个对向一个单向，或三个起算点的三个单向垂直角测定。高程导线的垂直角应对向观测。

6.7.4 支导线、独立点的边长不应超过 10km。困难时，个别边长可放宽至 15km，边长放宽过的独立点不得作为起算控制点。

7 数据处理

7.1 测线计算

7.1.1 测站观测值的固体潮改正按下式计算：

$$\begin{aligned} \delta t = & -1.16 [ 165.17 F ( B ) ( C / r )^3 ( \cos^2 Z - 1/3 ) \\ & + 1.37 F^2 ( B ) ( C / r )^4 \cos Z ( 5 \cos^2 Z - 3 ) \\ & + 76.08 F ( B ) ( C_s / r_s )^3 ( \cos^2 Z_s - 1/3 ) ] + 4.83 \\ & - 15.73 \sin^2 \phi + 1.59 \sin^4 \phi \dots\dots\dots ( 5 ) \end{aligned}$$

且： $F ( B ) = 0.998 327 + 0.001 67 \cos 2B$

$\phi = \text{tg}^{-1} ( 0. 993 306 \text{tg} B )$

式中： $\delta t$ ——固体潮改正值， $10^{-8}\text{ms}^{-2}$ ；

$B$ ——测站大地纬度（精确到角分）；

$C$ 、 $C_s$ ——分别为地心至月心和至日心的平均距离， $\text{km}$ ；

$r$ 、 $r_s$ ——分别为地心至月心和至日心的距离， $\text{km}$ ；

$Z$ 、 $Z_s$ ——分别为测站点对月亮和对太阳的地心天顶距。

7.1.2 测站观测值的仪器高改正按下式计算：

$$\delta h = 0.3086h \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中： $\delta h$ ——仪器高改正值， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$h$ ——测站点的仪器高， $\text{m}$ 。

7.1.3 测站观测归算值按下式计算：

$$g' = RC + \delta t \times 10^{-3} + \delta h$$

式中： $g'$ ——测站观测归算值， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$R$ ——测站观测值，格或  $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$C$ ——格值，或比例因子。

7.1.4 测站观测归算值按下式进行零漂改正计算：

$$g_i = g_i' + K(t_i - t_A) \quad \dots\dots\dots (7)$$

且：
$$K = \frac{(G_B - G_A) - (g_B' - g_A') - \sum (g_D' - g_C')}{(t_B - t_A) - \sum (t_D - t_C)}$$

式中： $G_A$ 、 $G_B$ ——测线始、末点已知重力值， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$g_A'$ 、 $g_B'$ 、 $g_i'$ ——测站始、末、待定点观测归算值， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$g_C'$ 、 $g_D'$ ——各静调点的始、末观测归算值， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_i$ ——测线始、末、待定点的观测时间；

$t_C$ 、 $t_D$ ——各静调点的始、末观测时间。

7.1.5 重力段差和测线各待定点重力值按下式计算：

$$G_i = G_A + \Delta g_i \quad \dots\dots\dots (8)$$

且：
$$\Delta g_i = g_i - g_A$$

式中： $\Delta g_i$ ——重力段差， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$G_i$ ——待定点重力值， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ 。

7.1.6 重力联测中误差按下式计算：

$$m_\Delta = \sqrt{[VV] / [n(n-1)]} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中： $V$ ——重力段差与平均值之差， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$n$ ——段差个数。

当段差数为 1 时， $m_\Delta$ 用重力闭合差的二分之一来计算。

7.1.7 重力点的重力值中误差按下式计算：

$$m_g = \sqrt{m_0^2 + m_\Delta^2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中： $m_0$ ——起算控制点的重力值中误差， $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ；

$m_{\Delta}$ ——重力联测中误差,  $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ 。

## 7.2 重力异常计算

7.2.1 重力异常计算中的正常重力按下式计算:

$$\gamma_0 = 978\ 032.68 (1 + 0.005\ 302\ 4\sin^2 B - 0.000\ 005\ 8\sin^2 2B)$$

式中:  $B$ ——计算点的大地纬度。

7.2.2 空间异常按下式计算:

$$\Delta g_h = G - \gamma_0 + [0.308\ 6 (1 + 0.000\ 7\cos 2B) - 0.72 \times 10^{-7} H] H \dots\dots (11)$$

式中:  $G$ ——计算点的实测重力值,  $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ;

$\gamma_0$ ——计算点在正常椭球面上的正常重力值,  $10^{-5}\text{ms}^{-2}$ ;

$H$ ——计算点的正常高,  $\text{m}$ 。

7.2.3 布格异常按下式计算:

$$\Delta g_B = \Delta g_h - 0.111\ 6H \dots\dots\dots (12)$$

## 8 资料整理与上交

### 8.1 成果记录

8.1.1 成果中的一切数字、文字记载应正确、清楚、整齐、格式统一。

8.1.2 野外观测的一切原始数据和记录项目, 须在现场逐项完整地记录在规定格式的载体中, 严禁转抄和补记。

8.1.3 凡在成果中更正错误时, 应将错字用一横线整齐地划去, 并在上方写上正确数字或文字, 不得就字改字或使用橡皮, 严禁连环改动数字。超限的读数用横线划去。整测站和赖页成果作废, 应用红铅笔斜线划去(由左上方至右下方), 并注明原因。观测记录的点名、测微读数、观测时间不得更改。对记错 12h 的观测时间和 LCR 型重力仪的标尺错误读数允许更改一次。

8.1.4 在计算机上记录的一切原始数据和计算结果应严格检查。用于计算的程序应严格调试并经审批方可使用。

### 8.2 成果整理

8.2.1 所有的记录、计算和成果说明等资料均应分别装订成册(或包装成袋), 并以同期项目为单位统一包装。

8.2.2 装订成册的资料应按项目、时间统一编号和编写目录, 并附有检查验收意见以及有关说明。

8.2.3 重力成果表按附录 B 规定的格式进行整理。

### 8.3 检查验收、质量评定和技术总结

重力测量作业完成后, 应按照 CH 1003、CH 1002、CH 1001 要求进行检查验收、质量评定和技术总结。

### 8.4 上交资料

重力测量作业完成后须上交下列资料:

- a) 仪器检验和仪器调整、比例因子测定等记录和计算资料;
- b) 各种观测手簿、计算手簿、精度计算, 重力成果表、计算程序说明等资料;

- c) 重力点点之记，委托保管书；
- d) 地形平均高求定和地形类别确定资料；
- e) 坐标、高程测定资料及量测坐标的地形图；
- f) 技术设计、技术总结、检查验收报告。

## 附录 A 石英弹簧重力仪的检验与调整方法 (标准的附录)

### A1 面板位置的检验与调整

重力仪面板位置按如下步骤进行检验与调整：

a) 将仪器整置水平；

b) 顺（逆）时针转动纵水准器的脚螺旋，使仪器向前（或向后）倾斜（对观测者而言），同时观察横气泡的移动方向；

c) 若横气泡向左（或向右）移动，则将仪器主体部分与外壳脱离并顺时针（或逆时针）方向转动一角度，再将仪器主体部分安装好；

d) 重复 a) ~ c) 的步骤，直至顺时针或逆时针方向转动纵水准器的脚螺旋时，横气泡均居中为止。

### A2 纵、横水准器的检验与调整

**A2.1** 出测前对仪器进行全面检查和调整时，采用测定气泡曲线的方法，其步骤如下（以纵水准器为例）：

a) 绘制一个直径约 5cm 的圆度盘，将圆周分成 16 等份，以任一分划为零，沿顺时针方向标上 +1 ~ +8，沿逆时针方向标上 -1 ~ -8 等字样，把圆度盘粘在纵水准器脚螺旋上，使脚螺旋中心与圆度盘中心重合；

b) 将仪器整置水平，在纵水准器脚螺旋上正对圆度盘零刻划处作一固定标志；

c) 按顺序分别读出纵向脚螺旋在度盘各个刻划位置时仪器相应的读数；

d) 以仪器倾角（纵脚螺旋的圆度盘刻划）为横坐标，仪器相应的读数为纵坐标，绘出仪器读数与仪器倾角的关系曲线——气泡曲线；

e) 将纵脚螺旋上的固定标志对准气泡曲线上仪器读数的极大值相对应的圆度盘刻划处，调节纵水准器的调节螺丝，使气泡居中。

横水准器的检查与调整步骤与纵水准器基本相同，不同点在于：在任选一个横水准器脚螺旋粘贴圆度盘，并做好固定标志后，在测定气泡曲线的过程中，不允许动另一个横脚螺旋；同时，每改变一次横脚螺旋的刻度以后，必须将纵水准器调居中后方可读数。

检验与调整中的注意事项如下：

a) 在测定气泡曲线的过程中，须沿同一方向旋转脚螺旋，以消除脚螺旋隙动差的影响；

b) 气泡调节以后，须进行复查；

c) 纵气泡曲线往往不能测出一条完整的对称曲线，主要是仪器灵敏度与纵向倾角有关，当倾角增大到某个限度时，仪器零敏度会趋向无穷大而无法读数。

**A2.2 野外作业中要定期按如下操作步骤检查纵、横气泡，现以横气泡为例：**

a) 将仪器整置水平，旋转计数器使亮线与零线重合。

b) 旋转横水准器的脚螺旋，使横水准气泡向左（或向右）移动一格，观察亮线移动的方向；然后再旋转横水准器的脚螺旋，使横水准器向右（或向左）移动两格（即偏离居中位置一格），再观察亮线的移动方向。当移动横气泡时应始终保持纵气泡居中。

c) 当横水准气泡向左和向右偏离时，若亮线均由零线向左移动，则横水准器位置正确。若横水准气泡向左和向右偏离时，亮线向不同方向移动，则应调节横水准器。

d) 调整的方法：逐渐旋转横水准器脚螺旋，使亮线逐渐向右移动至最大距离，并不再向右移动，此时调节横水准器的校正螺丝，使横气泡居中。

e) 校正后再按 a) ~ d) 步骤进行复查，直至横水准气泡向左和向右偏离时，亮线均向左移动，并两次向左移动的距离相等。

f) 纵水准器的检查、调整参照以上步骤进行。

### A3 重力仪亮线灵敏度的检查与调整

#### A3.1 检查方法：

将仪器整平，分别读取亮线与零线重合时的计数器读数  $S_0$  和亮线与零线左、右一大格刻划重合时的计数器读数  $S_{0+1}$ 、 $S_{0-1}$ ，并进行记录。按下式计算灵敏度：

$$S_0 - S_{0+1} \text{ 或 } S_{0-1} - S_0$$

重力仪亮线的灵敏度在 16 ~ 20 格时，表示灵敏度合适。当小于 16 格时，灵敏度偏高；大于 20 格时灵敏度偏低。偏高或偏低均应进行调整。

#### A3.2 调整方法：

a) 将仪器整平，使亮线与零线重合；

b) 如需提高（或降低）灵敏度时，将目镜相对面板顺时针（或逆时针）方向旋转  $30^\circ \sim 60^\circ$  的角度，此时亮线与零线必然交叉；

c) 目镜座不动，相对目镜座转动目镜筒，使亮线与零线平行。此时零线的位置改变；

d) 重新调整纵水准器，使新零位和水平位置一致；

e) 重新检查亮线灵敏度，若仍不符合要求，则重复 a) ~ d) 的步骤再次调节，直至符合要求为止。

### A4 重力仪测量范围的调整

重力仪的测量范围按如下步骤进行调整：

a) 将仪器整平，把计数器的读数调到所需要的读数位置上；

b) 打开测程调节孔的孔塞，按下面的方向转动测程调节连杆，把亮线调到零线附近：

1) 当亮线在零线的右边时，逆时针方向转动调节连杆；

2) 当亮线在零线的左边时，顺时针方向转动调节连杆；

3) 转动调节连杆时，注意使其稳定；

c) 读取一组读数后，将仪器提起晃动几下，再重新调平仪器并读数，当两次读数

之差在允许范围之内时，表明仪器已稳定，即可投入工作。

### 附录 B 重力成果表格式（标准的附录）

点 名	点 号	图幅号	$B/X$	$m_s$	$G$	备 注 (包括资料来源,改正说明等)
			$L/Y$		$m_g$	
			$h$	$m_h$		

编制者：

检查者：

日期：

## 测量设备的质量保证

### 第 2 部分：测量过程控制指南

GB/T 19022.2 - 2000 idt ISO 10012 - 2 : 1997

#### 1 范围

1.1 本标准包括了可用于供方为以预期准确度所进行的测量提供进一步质量保证的建议，还包括实施这些建议的说明。

1.2 本标准也可作为质量管理指南或供方和顾客之间协议要求的文件来使用。

1.3 本标准适用于测量过程，它涉及到在 GB/T 19022.1 中未覆盖的可能影响测量结果的各要素，如测量程序、人员等。

1.4 本标准适用于：

——用测量证明符合规定要求的组织；

——在运行的质量体系（包括满足 GB/T 19001、GB/T 19002 和 GB/T 19003 要求的质量体系）中，由测量结果证明符合规定要求的供方。

#### 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 6583—1994 质量管理和质量保证 术语 (idt ISO 8402 : 1994)

GB/T 19022.1—1994 测量设备的质量保证要求 第 1 部分：测量设备的计量确认体系 (idt ISO 10012 - 1 : 1992)

#### 3 定义

本标准采用 GB/T 6583—1994 (idt ISO 8402 : 1994) 中的定义及下述定义。其中大部分定义选自《国际通用计量学基本术语》(VIM)。另一些选自 GB/T 19022.1—1994 (idt ISO 10012 - 1 : 1992)，在术语后面的括号内给出了所引用的有关文件和条款号。这些定义有助于理解本标准所使用的概念，因此不需要查看很多其他文件。

3.1 测量准确度 accuracy of measurement (VIM, 3.5)

测量结果与被测量真值之间的一致程度。

注

1 “准确度”是一个定性概念。

2 不要用术语“精密度”代替“准确度”。

3.2 (测量仪器的)调整 adjustment (of a measuring instrument) (VIM, 4.30)

使测量仪器性能进入适于使用状态的操作。

注 3：调整可以是自动的、半自动的或手动的。

### 3.3 校准 calibration (VIM, 6.11)

在规定条件下，为确定测量仪器或测量系统所指示的量值，或实物量具或参考物质所代表的量值，与对应的由标准所复现的量值之间关系的一组操作。

注

4 校准结果既可赋予被测量以示值，又可确定示值的修正值。

5 校准也可确定其他计量特性，如影响量的作用。

6 校准结果可以记录在校准证书或校准报告中。

### 3.4 核查标准 check standard

为了对某个测量过程进行控制，通过对该过程的测量来收集数据所使用的测量设备、产品或其他物体。

注

7 另见 VIM：6.7 注 2。

8 核查标准应仅作为核查标准使用。

9 附录 A 中给出了核查标准使用的综述。

### 3.5 测量过程控制 control of measurement processes

监控并分析来自测量过程的数据，并采取纠正措施，以便使测量过程连续地保持在规定的要求之内。

注 10：测量过程控制可包括采用核查标准、控制图或其他等效方法。

3.6 (测量仪器的) 允许误差限 limits of permissible error (of a measuring instrument) (VIM, 5.21)

(测量仪器的) 最大允许误差 maximum permissible error (of a measuring instrument)

对给定的测量仪器，规范、规程等所允许的误差极限值。

### 3.7 被测量 measurand (VIM, 2.6)

作为测量对象的特定量。

例：给定的水样品在 20℃ 时的蒸气压力。

注 11：对被测量的详细描述，可要求包括对其他有关量（如时间、温度和压力）做出说明。

### 3.8 测量 measurement (VIM, 2.1)

以确定量值为目的的一组操作。

注 12：操作可以是自动地进行的。

### 3.9 测量程序 measurement procedure (VIM, 2.5)

进行特定测量时所用的，根据给定的测量方法具体叙述的一组操作。

注 13：测量程序（有时被称为测量方法）通常记录在文件中，并且足够详细，以使操作者在进行测量时不再需要补充资料。

### 3.10 测量过程 measurement process

进行测量的一组彼此相关的资源、活动和影响量。

注

14 有关的资源包括测量设备、测量程序、操作者。

15 “影响量”是对测量有影响的全部因素，如那些由环境引起的可控或不可控、受控或不受控

的因素，这些因素增加了测量过程的可变性或偏差。

16 可见 GB/T 6583—1994 (idt ISO 8402:1994) 定义 1.2 (过程)。

17 一个测量过程可有不同的测量形式，如：

- a) 不同的操作者使用普通的测量设备，在一般的工厂环境下，按照日常使用的方法或程序所进行的测量；
- b) 校准实验室中受过培训的技术人员，用带有温控油槽、参考标准电阻器、比较器和其他辅助设备组成的测量系统按照详细的程序为了校准标准电阻器所进行的测量；
- c) 其他类型的测量。

18 一个测量过程可以仅使用一台测量仪器。

### 3.11 测量设备 measuring equipment (由 GB/T 19022.1—1994, 3.2 改写)

测量仪器、测量标准、参考物质、辅助设备以及进行测量所必需的资料的总称。

注

19 这个术语包括在检验和试验中及在校准中使用的测量仪器。

20 在本标准中，术语“测量设备”包括了“测量仪器”和“测量标准”，而“参考物质”则是“测量标准”的一种。

### 3.12 测量仪器 measuring instrument (VIM, 4.1)

单独地或连同辅助设备一起用以进行测量的器具。

### 3.13 计量确认 metrological confirmation (GB/T 19022.1—1994, 3.1)

为确保测量设备处于满足预期使用要求的状态所需要的一组操作。

注

21 计量确认一般包括首先是校准，必要的调整或修理，随后的再校准，以及所要求的封缄和标签。

22 在本标准中，本术语简称为“确认”。

### 3.14 质量审核 quality audit (GB/T 6583—1994, 4.9)

确定质量活动和有关结果是否符合计划的安排，以及这些安排是否有效地实施并适合于达到预定目标的、有系统的、独立的检查。

注

23 质量审核一般用于(但不限于)对质量体系或其要素、过程、产品或服务的审核。上述这些审核通常称为“质量体系审核”、“过程质量审核”、“产品质量审核”和“服务质量审核”。

24 质量审核应由与被审核领域无直接责任的人员进行，但最好在有关人员的配合下进行。

25 质量审核的一个目的是评价是否需要采取改进或纠正措施。审核不能和旨在进行过程控制或产品验收的“质量监督”或“检验”相混淆。

26 质量审核可以是内部或外部的目的而进行。

### 3.15 (显示装置的)分辨力 resolution (of a displaying device) (VIM, 5.12)

显示装置能有效辨别的最小的示值差。

注

27 对于数字式显示装置，这就是当变化一个末位有效数字时其示值的变化。

28 此概念亦适用于记录式装置。

### 3.16 稳定性 stability (VIM, 5.15)

测量仪器保持其计量特性随时间恒定的能力。

注

29 若稳定性不是对时间而是对其他量而言,则应该明确说明。

30 稳定性可以用几种方式定量表示,例如:

——用计量特性变化某个规定的量所经过的时间;

——用计量特性经规定的时间所发生的变化。

### 3.17 溯源性 traceability (VIM, 6.10)

通过一条具有规定不确定度的不间断的比较链,使测量结果或测量标准的值能够与规定的参考标准,通常是与国家测量标准或国际测量标准联系起来特性。

注

31 此概念常用形容词“可溯源的”表述。

32 这条不间断的比较链称为溯源链。

### 3.18 测量不确定度 uncertainty of measurement (VIM, 3.9)

表征合理地赋予被测量之值的分散性,与测量结果相联系的参数。

注

33 此参数可以是诸如标准偏差或其倍数,或说明了置信水准的区间的半宽度。

34 测量不确定度由多个分量组成。其中一些分量可用测量列结果的统计分布估算,并用实验标准偏差表征。另一些分量则可用基于经验或其他信息的假定概率分布估算,也可用标准偏差表征。

35 测量结果应理解为被测量之值的最佳估计,而所有的不确定度分量均贡献给了分散性,包括那些由系统效应引起的(如与修正值和参考测量标准有关的)分量。

36 本定义与《测量不确定度表示法指南》中所述等同,该指南详述了其基本原理(见 2.2.4 和附录 D)。

### 3.19 验证 verification (GB/T 6583—1994, 2.17)

通过检查和提供客观证据表明规定要求已经满足的认可。

注

37 在设计和开发中,验证是指对某项规定活动的结果进行检查的过程,以确定该项活动对规定要求的合格情况。

38 “验证过的”一词用来表示相应的状况。

## 4 建议

### 4.1 总则

供方应为测量过程及其控制建立目标实施准则和程序并形成文件。这些文件应规定哪些测量过程要执行本标准条款。

供方应确保所有程序均适合于其目的,尤其程序应包含足够的信息以确保其正确的实施,并保证前后应用的一致及有效的测量结果。

程序应能迅速发现超过规定的允许偏差极限的偏差并及时地纠正。

需要时,参与测量和测量过程控制的人员应能获得这些程序。

〔说明〕

程序可以按已出版的测量过程控制标准编写，但不一定受其限制。程序的详略程度应与测量和测量过程控制的复杂程度相适应。

对于供方和顾客来说，对所有测量过程进行同等控制是不经济的。供方和顾客应研究分析复杂的测量过程，并就过程中哪些部分是关键的和适于应用本标准的要求达成共识。

#### 4.2 文件

供方应将实施本标准中每条建议的方法形成文件，这些文件应是供方质量管理体系的组成部分。文件应规定在每个测量过程中使用哪些设备（包括计算机硬件和软件）。文件还应规定职责的分配和所采取的措施。测量过程所要求的内容也应形成文件。

〔说明〕

文件可包括，例如：

- 测量仪器规范；
- 测量程序；
- 操作规程；
- 确认报告；
- 验证报告；
- 测量不确定度的估算；
- 允许误差极限；
- 所使用的计算机程序的细节和（或）清单。

注 39：所使用的“文件”一词是广义的，它覆盖了所有记录和表达信息的方式。

#### 4.3 测量过程

对测量过程的预期用途所要求的特性应予以表征。

〔说明〕

仪器、设备或方法的特性包括，例如：

- 使用的不稳定性；
- 稳定性；
- 量程；
- 分辨力；
- 重复性；
- 复现性；
- 操作者的技能水平。

对某些测量过程，可能还有其他一些重要特性。

测量过程及其文件的保持应考虑测量中的各种修正，设备的使用条件（包括环境条件）等等，这是为达到要求的特性所必需的。

供方应详细地规定每一个受控的测量过程并形成文件。这样一个测量过程的完整规

范应包括全部有关设备的识别、测量程序、测量软件、使用条件、操作者的能力及所有影响测量可靠性的其他因素。

〔说明〕

一个测量过程可能只限于使用单独一台测量仪器。

本标准主要拟通过核查标准的使用来实现测量过程控制。

#### 4.4 测量过程的建立和设计

供方应根据顾客的需要确定测量过程的不确定度限值和功能要求。为满足这些要求而设计的测量过程应全部形成文件，必要时，应与顾客达成协议。这对于供方新建的测量过程和（或）不能得到足够的相关过程资料的情况下尤为重要。

〔说明〕

应识别所有影响达到测量过程要求的影响量。影响量对测量过程的影响应加以量化。为此，可能需要设计并进行特定的试验或研究。当不可能做到这一点时，应使用由仪器（或设备）厂商提供的资料、规范和警示。

#### 4.5 计量确认体系

为了正确完成测量过程，所有重要的测量设备应按照 GB/T 19022.1 进行确认。

为控制测量过程，通过使用核查标准收集到的信息，可有助于确定 GB/T 19022.1 中要求的校准间隔。

#### 4.6 测量过程控制体系

为了充分保证测量过程是在要求的不确定度限值之内进行，供方应实施测量过程控制体系。这个体系应考虑任何不符合规定要求的风险，这些风险是已经明确的并可接受的。供方应能向顾客证明已经达到了所要求的性能。

当供方根据测量过程控制体系产生的数据做出决策时，应遵照形成文件的程序。

#### 4.7 测量过程控制的数据分析

对每一个受控的测量过程，供方应识别需分析的测量过程要素，并为这些要素确定适当的控制限。

〔说明〕

例如：对于测量阻抗的过程，可以选择电阻作为需分析的要素。

选择要素和控制限时，应做到保持所要求的测量准确度，并与不符合规定要求的风险相适应。这些要素包括操作者、设备、周围环境、影响量、使用的方法等等的影响。

供方应通过文件说明未包括在规定过程之内的、已知的测量变化来源，并将这些对不确定度的影响以及如何计入测量不确定度的方法形成文件。

〔说明〕

不同组的过程变量可导致显著性水平不同的测量过程（见 ISO 5725）。这种统计学上的显著差异是否存在应写入文件。对测量过程来说，利用这种文件可估算出总的测量不确定度的一部分。

例 1. 工作标准的变化或漂移能够通过趋势图或其他等效方法来量化。

例 2. 测量过程的操作人员的不同组合或环境条件的不同可构成显著性水平不同的测量过程。

#### 4.8 测量过程的监督

测量过程控制应按照形成文件的程序进行，并应采用公认的过程控制原则。

通过一个或多个被测量的值监测受控的测量过程，这些量值应在所使用的测量过程的量值范围内”。

应记录所获得的结果。

〔说明〕

使用带有控制图的核查标准能客观地表明符合本建议。控制图因显示了实际的特性因而方便了审核，但也可用等效的数字方法。其他的监督方法只有建立在公认的过程控制原则上才可采用。

为判断某个测量过程是否处于受控状态，可使用控制图或其他等效方法分析该核查标准的一系列测量值。

注：核查标准和控制图的使用不可能识别测量过程中产生的所有误差。

#### 4.9 监督间隔

供方应通过程序或其他方法将过程的核查间隔形成文件。

〔说明〕

开始时，核查的频率应是高的，但当测量过程的可信度提高以后，如果表明合适，可降低核查频率。（见 ISO 8258：1991，10.4）

#### 4.10 受控测量过程的失控

当发现某个相关的测量过程参数超过规定的控制限，或当一系列核查数据显示出不能接受的图形，供方应确认该测量过程是否处在受控状态，如失控应采取纠正措施，以使测量过程回到受控状态。

供方应将采取纠正措施的准则形成文件。

当测量过程控制体系表明不能满足所规定的测量过程要求时，供方应采取必要的纠正措施，并将这些措施形成文件。

〔说明〕

当计划的执行没有达到规定的目标时，可以采取纠正措施，这些措施包括：

- 缩短一个或多个测量过程的核查间隔或这些过程中所用仪器的确认间隔；
- 修理或淘汰不稳定或不可靠的仪器；
- 延长测量时间；
- 降低测量设备在确认时可接受的不确定度（即提高对测量设备所要求的准确度）；
- 增加被核查的影响量的数量；
- 提高操作人员的能力。

#### 4.11 测量过程的验证

为证明测量过程持续符合协议（规定的）要求，供方应将作为验证对象的测量过程监督的结果和由此而产生的纠正措施形成文件。

每个测量过程的验证文件应确保溯源性，并在规定的测量不确定度之内。

〔说明〕

关于测量标准的溯源性见 GB/T 19022.1—1994，4.15

#### 4.12 测量过程的验证标识

应明显地标识出经验证的测量过程要素，可单独标识也可以将若干个要素一起标识。

为了表明所确认的仪器或设备仅用于某个特定的或若干个测量过程，应在该仪器或设备上用标签或其他方式清楚标明。当仪器用于生产控制，也用于核查标准的测量时，这一标明特别重要。

#### 4.13 测量过程控制记录

供方应保存足够的记录以证明其符合测量过程控制体系的要求，包括：

——对实施的测量过程控制体系完整的表述，包括全部特有的要素，例如操作者、任何特有的测量设备或使用的核查标准及相关的操作条件；

〔说明〕

对于在测量过程控制中使用的消耗品可适当按批标识。

- 从测量过程控制体系得到的有关资料，包括有关测量不确定度的信息；
- 由测量过程控制数据的计算结果而采取的任何措施；
- 按供方监督和验证计划所进行的每个测量过程控制活动的日期；
- 有关验证和其他文件的标识；
- 为记录负责提供信息的人的标识；
- 人员的资格（要求的和已达到的）。

供方应保持明确的形式文件的程序，以保存（包括保存期）和保护记录。应确定并记载记录保存的期限。

#### 4.14 人员

供方应确保所有承担测量过程控制工作的人员都具有适宜的资格，经过培训、具有经验和能力并受到监督管理。供方应对从事测量过程控制的人员的相应资格、培训、经验、能力和监督管理的要求做出规定，并确保他们符合这些要求。

#### 4.15 测量过程控制体系的定期审核与评审

供方应对测量过程控制体系进行或安排进行定期和系统的质量审核，以确保其持续有效地执行并符合本标准要求。根据测量过程控制体系的质量审核结果和其他相关因素，如顾客意见，供方在必要时应评审并改进测量过程控制体系。

用于测量过程控制体系的质量审核与评审的计划和程序应形成文件。应记录质量审核、评审和随后的所有纠正措施的实施情况。

#### 〔说明〕

测量过程控制体系的失控，例如核查标准质量的降低或操作者能力的改变，可以通过过程后的迹象揭示出来，例如：

- 控制图的分析；
- 随后的检验；
- 实验室间的比对；
- 顾客投诉。

## 附录 A 综 述

### (提示的附录)

#### A1 总则

本附录简述了将测量作为一个连续过程而不是单个事件来进行控制。它重点表述了核查标准的使用。由于测量过程控制是一种比较新的对测量进行控制的途径,因此附录 B 给出了文献目录,这些参考文献虽然还不够详尽,但表述了测量过程控制的基本理论,有助于解决问题和提高产品质量。

到目前为止,在大量的文献中一直把测量过程控制写成“测量保证”。

为协助本标准使用者理解本附录中提出的一些概念,给出下列附加定义。

**A1.1 (测量仪器的) 偏移** bias (of a measuring instrument) (VIM, 5.25)  
测量仪器示值的系统误差。

注 1: 测量仪器的偏移通常用适当次数重复测量的示值误差的平均来估计。

**A1.2 (量的) 约定真值** conventional true value (of a quantity) (VIM, 1.20)

对于给定目的具有适当不确定度的、赋予特定量的值,有时该值是约定采用的。

例: a) 在给定地点,取由参考标准复现而赋予该量的值作为约定真值;

b) 常数委员会 (CODATA) 1986 年推荐的阿伏加德罗常数值  $N_A: 6.022\ 136\ 7 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

**A1.3 修正因子** correction factor (VIM, 3.16)

为补偿系统误差而与未修正测量结果相乘的数字因子。

注 2: 由于系统误差不能完全获知,因此这种补偿并不完全。

**A1.4 测量仪器的 (示值) 误差** error (of indication) of a measuring instrument (VIM, 5.20)

测量仪器示值与对应输入量的真值之差。

注

3 由于真值不能确定,实际上用的是约定真值。

4 此概念主要应用于与参考标准相比较的仪器。

5 就实物量具而言,示值就是赋予它的值。

**A1.5 影响量** influence quantity (VIM, 2.7)

不是被测量但对测量结果有影响的量。

例: a) 用来测量长度的千分尺的温度;

b) 交流电位差幅值测量中的频率;

c) 人体血液样品血红蛋白浓度测量中胆红素的浓度。

**A1.6 精密度** precision (ISO 3534 - 1:1993, 3.14)

在规定条件下，相互独立的测试结果之间的一致程度。

注

- 6 精密度仅与随机误差的分布有关，而与被测量的真值或其他设定值无关。
- 7 测量的精密度通常被表示为不精确的程度，被计算为测试结果的标准偏差。一个比较大的标准偏差反映较低的精密度。
- 8 “互相独立的测试结果”意思是对相同的或类似的测试对象以某种不受任何先前结果影响的方式获得的结果。精密度的量的大小主要取决于规定的条件。重要性和复现性条件都是特定的一些极限规定条件。

**A1.7 (量的)真值** true value (of a quantity) (VIM, 1.19)

与给定的特定量的定义一致的值。

注

- 9 量的真值只有通过完善的测量才有可能获得。
- 10 真值按其本性是不确定的。
- 11 与给定的特定量定义一致的值不一定只有一个。

## A2 核查标准的使用

**A2.1** 核查标准是与通过受控测量过程进行测量的被测物相似的某种装置。人们通过对预期稳定的核查标准进行定期的测量，并绘制数据控制图来获得一个或多个测量不确定度的 A 类估算。当某个核查标准的测量平均值与先前确认的标准值不同时，人们应该怀疑这个测量过程已存在明显的偏移，应通过检验来确定这个偏移是否严重。对这种检验已有严格的统计检验方法。必要时，应清除或补偿任何偏移。

**A2.2** 核查标准不一定是单个物体，例如，两个标准之间的差值，在被限定的特殊情况下，可作为核查标准使用，因此核查标准的定义应建立在尽可能广的范围内（见 3.4）。

**A2.3** 核查标准应通过独立于被控过程的另一个过程来测量或校准，这个过程比所要控制的过程更精密。然而，即使没有如此的独立性和（或）如此高的精密度，核查标准仍然能够对控制测量过程提供有用的帮助。如果获得的结果是被用于评估受控测量过程的偏移，并且要评定修正值所引起的不确定度影响，那么核查标准的独立测量或校准的溯源性就很重要了。

**A2.4** 当获得数据后，可在图上简单标出它们的位置，或正式绘成控制图。它除了能识别意外的短期偏差或过程变化外，还可以识别出长期的趋势。如果核查标准的测量值随时间变化，那么人们应该断定，不是核查标准有变化，就是测量过程有变化，或两者都有。这种情况下，在找出变化的原因并重新进行统计控制之前，测量过程的可信度很难确定。

**A2.5** 特别应提到的是，当随时间变化的情况可预知时，便可实现随某个时间而变化的统计控制。

如果对核查标准的测量表明可能处在一种失控状态，那么应重复测量。为处理单项测量值超出规定的控制限，正规的控制图法制定了明确的规则（见 A4）。

对某个被确认的失控状态应加以标识和纠正。

**A2.6** 有许多不同类型的变量控制图可应用于控制测量过程。平均值（ $\bar{X}$ ）图和极

差 ( $R$ ) 图特别有用。只有当某个过程输出的平均值 ( $\bar{X}$  图) 和它的变化性 ( $R$  图) 处于受控状态时, 这个过程的输出才是受控的。也就是当标绘的值在极限之内, 而任何极限以外的点 (离群值) 都有正当的统计学理由, 过程才是受控的。如果不是这样, 就表明测量过程有变化, 并应调查和研究变化的原因。

A2.7 一些供方喜欢使用累积和 (CUSUM) 图, 而不用  $\bar{X}$  图和  $R$  图。累积和图通常更适用于以较高的可信度检测出受控测量过程的微小变化。

A2.8 有时, 用样本标准差  $S$  代替极差形成  $S$  图。可是,  $R$  图更适用过程变量的测量, 因为当样本量很小时, 对过程变量的估计, 使用极差比标准差更好。从统计学来看, 当有效观测多于 10 次时, 标准差才能比较准确的反映实际状态。可是, 通常由于时间和成本的原因, 观测的次数一般都比较少。

### A3 测量过程的监测频次

A3.1 对测量过程来说, 应注意确保核查标准测量的次数是适宜的。应充分地调查和了解时间对测量过程的潜在影响。有时, 为获得一项核查测量的必要观测值, 要用几小时到几天的时间。时间太短可能会引起重大的“组间”变化, 它妨碍了统计控制的建立。

A3.2 核查标准测量的次数主要取决于四个因素:

- 控制的数量;
- 要求保证的程度;
- 测量不确定度的临界程度;
- 过程的稳定性。

在正常情况下, 对于一个新的过程和 (或) 一个新的核查标准, 人们要频繁地测量这个核查标准。一旦获得经验, 并且表明过程是稳定的, 而且处于统计控制状态, 通常能够把核查标准的测量间隔延长。

A3.3 当然, 核查标准测量及测量的频次, 应该象测量过程的所有其他重要要求那样由程序来做出规定。完善的、影响因素少的测量过程比其他测量过程需要的核查标准测量次数要少。在一个工作日内或一周内, 随机地选取时间对一个核查标准进行一次测量就足够了。如果核查标准测量不是与未知被测量的每次测量一起进行, 则应确保这种测量在随机时间进行。例如, 总是在每天的同一时间进行的某种测量, 可能会掩盖组间的随机误差。仅对核查标准测量而言, 所有条件不变, 也许会得出一样的结果。

A3.4 然而, 有些不太重要的测量过程, 不必保证核查标准测量和使用控制图。

### A4 控制限的监控

所有利用核查标准获得的数据, 应及时进行计算, 并标绘在图上。该图应由一个独立人员 (即不进行该测量的人) 定期监控和评定。当监控利用核查标准获得的结果时, 重要的是要考虑所有数据。这样的监控和评定应该是现实可行的。例如, 如果测量过程的不确定度控制限被规定得太窄, 则可能经常出现过程超限的迹象。可是, 对于一个完善的过程, 如果过程发生变化, 最好是去研究它, 而不是重新计算不确定度控制限并将它放宽。依据设定为  $\pm 2$  倍标准偏差的控制限 (通常称为“警戒限”), 可统计预测在二

到三倍标准偏差范围内时而出现的“离群值”。这样的某个点出现并不一定意味着过程是失控的。当观察到一个离群值时，正规的程序应该是重复进行核查标准测量。如果后来的点落在警戒限以内，这个过程仍然是受控的。应定期调查离群值发生的频率，并识别其可能的原因。如果由于未知原因造成的离群值出现的次数比统计预测的要频繁，此时过程已发生变化，并应重新评定。

## 附录 B 文献目录

### (提示的附录)

- [ 1 ] ISO 3534 - 1 : 1993 统计学 词汇与符号 第 1 部分：概率与通用统计学术语
- [ 2 ] ISO 3534 - 2 : 1993 统计学 词汇与符号 第 2 部分：统计质量控制
- [ 3 ] ISO 3534 - 3—<sup>①</sup> 统计学 词汇与符号 第 3 部分：实验设计
- [ 4 ] ISO 5725 - 1 : 1994 测量方法和结果的（正确度和精密度）准确度 第 1 部分：通用原理与定义
- [ 5 ] ISO 5725 - 2 : 1994 测量方法和结果的（正确度和精密度）准确度 第 2 部分：确定标准测量方法的重复性与复现性的基本方法
- [ 6 ] ISO 5725 - 3 : 1994 测量方法和结果的（正确度和精密度）准确度 第 3 部分：标准测量方法精密度的中值测量
- [ 7 ] ISO 5725 - 4 : 1994 测量方法和结果的（正确度和精密度）准确度 第 4 部分：确定标准测量方法的正确度的基本方法
- [ 8 ] ISO 5725 - 5 : —<sup>②</sup> 测量方法和结果的（正确度和精密度）准确度 第 5 部分：确定标准测量方法精密度的替代方法
- [ 9 ] ISO 5725 - 6 : 1994 测量方法和结果的（正确度和精密度）准确度 第 6 部分：准确值的实际使用
- [ 10 ] ISO 7870 : 1993 控制图 通用指南和引言
- [ 11 ] ISO 7873 : 1993 有警戒限的算术平均值控制图
- [ 12 ] ISO 7966 : 1993 验收控制图
- [ 13 ] ISO 8258 : 1991 常规控制图
- [ 14 ] GB/T 19000.1—1994—ISO 9000 - 1 : 1994 质量管理和质量保证标准 第 1 部分：选择和使用指南
- [ 15 ] GB/T 19001—1994—ISO 9001 : 1994 质量体系 设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式
- [ 16 ] GB/T 19002—1994—ISO 9002 : 1994 质量体系 生产、安装和服务的质量保

<sup>①</sup> 待发布。(ISO 3534 - 3 : 1985 的修订版)

<sup>②</sup> 待发布。

证模式

- [ 17 ] GB/T 19003—1994—ISO 9003 : 1994 质量体系 最终检验和试验的质量保证模式
- [ 18 ] GB/T 19004.1—1994—ISO 9004 - 1 : 1994 质量管理和质量体系要素 第 1 部分：指南
- [ 19 ] GB/T 19021.1—1993—ISO 10011 - 1 : 1990 质量体系审核指南 审核
- [ 20 ] ISO 第 30 号指南：1992 关于标准物质的术语及其定义
- [ 21 ] ISO 第 33 号指南：1989 有证标准物质的使用
- [ 22 ] 国际通用计量学基本术语 ( VIM ) 1993 BIPM/IEC/IFCC/ISO/OIML/IUPAC/IUPAP
- [ 23 ] 测量不确定度表达指南 ( GUM ) 1995 BIPM/IEC/IFCC/ISO/OIML/IUPAC/IUPAP
- [ 24 ] Eisenhart, C. 仪器校准系统的精密度与准确度的实际评价, 国家标准局研究杂志《工程学与测量仪器》1963 年 4 月 ~ 6 月
- [ 25 ] Shewhart, W. A 《产品质量的经济控制》Van Nostrand Company, New Jersey, 1931 ( 由美国标准质量委员会质量出版社重新出版, Milwaukee, WI, USA, 1980 )
- [ 26 ] Cameron, J. M. 《测量保证》, NBSIR77—1240, 国家标准局, Washington, DC, USA, 1977 年 4 月
- [ 27 ] 《ASTM 数据表达和控制图分析手册》第 6 版, ASTM 手册丛书, MNL7—专业技术出版物修订版, 美国试验与材料协会, Philadelphia. 1990
- [ 28 ] 国际法制计量组织 ( OIML ) 第 16 号国际文件 P 《计量控制保证原理》
- [ 29 ] David, H. A. 《顺序统计法》, John Wiley, New York, 1981
- [ 30 ] Kotz, S. , Johnson, N. L. ( 编辑 ) 《统计科学百科全书》Wiley Interscience, New York, 第 2 册 ( 1982 ) 和第 7 册 ( 1986 )
- [ 31 ] Oakland, J. S. , Followell, R. F. 《统计过程控制》, 第 2 版, Heinemann Newnes, London, 1990

## 中、短程光电测距规范

GB/T 16818—1997

## 1 范围

本规范适用于二、三、四等大地测量、城市测量、工程测量（包括施工测量）的各等级、等外级平面控制网以及地形控制测量等中、短程光电测距工作，不涉及控制网的布设问题。其他精度光电测距可参照执行。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

JJG 703—90 光电测距仪

CH 8001—90 光电测距仪检定规范

## 3 符号

 $D'$ ——观测距离，m； $D$ ——经各项修正后的测量斜距，m； $D_0$ ——直线弦长，m； $D_1$ ——水平距离或参考椭球面上的弦长，m； $D_2$ ——水平距离或参考椭球面上的弧长，m； $k$ ——折光系数（ $\approx 0.13$ ）； $r$ ——地球半径，m， $r$ 经常用平均地球半径  $r_m$  来代替； $H_1$ 、 $H_2$ ——测点参考椭球高程，m；椭球高程是以正常高程代替。

## 4 基本要求

中、短程光电测距是指用测程为 15km 以内的光电测距仪（简称测距仪）的距离测量。光电测距仪按测程分类，分为中、短、长程。测程在 3km 以内的为短程测距仪，测程 3km 至 15km 的为中程测距仪，测程大于 15km 的为长程测距仪。

按测距仪出厂标称精度的绝对值，归算到 1km 的测距标准偏差计算，精度分为四级（见表 1）。

表 1 测距仪的精度分级

精度等级	测距标准偏差
I	$ m_D  \leq 2\text{mm}$
II	$2\text{mm} <  m_D  \leq 5\text{mm}$
III	$5\text{mm} <  m_D  \leq 10\text{mm}$
IV (等外级)	$10\text{mm} <  m_D $

测距仪出厂标称精度表达式 (1) 为：

$$m_D = \pm (A + B \times D) \dots\dots\dots (1)$$

式中：A——标称精度固定误差，mm；

B——标称精度比例误差系数，mm/km；

## 5 距离测量的条件和准备

5.1 根据测距等级精度要求，应使用同等精度或高等级精度的测距仪。

5.2 仪器的检验和要求。

5.2.1 测距仪的检验。按 JJG 703—90 执行。其中用于大于 1km 起始边测量的仪器应在 1km 以上的基线上多段比较进行检查，达到相应起始边精度要求。

5.2.2 与测距配套使用的其他计量仪表，如经纬仪、干湿温度表、气压表、钢卷尺等，应按其相应的检定规程检定。具有完备的检定资料。

不同等级的测距仪要求所使用的干、湿温度表、气压表的技术要求如表 2 所示。

表 2 气象仪表的技术要求

最小读数 测距仪精度等级	气象仪表	
	干、湿温度表 ℃	气 压 表 hPa
I	0.2	0.5
II、III	0.5	1
IV	1	2

5.2.3 与测距仪配套使用的对中装置，其对中精度要求如表 3 所示。

表 3

对中装置精度要求

mm

测距仪精度等级	对中精度要求
I	$\leq 0.2$ 强制对中器或精密光学对中器
II	$\leq 1$ 光学对中器
III、IV	$\leq 2$ 对中杆或锤球

### 5.3 点位和测线要求

**5.3.1** 测距所使用的点位应有明显的对中标志或强制对中器接口，点位稳定牢固、容易保存。对于永久性标志应在基岩上或冰土以下埋设地面标石或观测墩。对于临时性点位的稳定性，要求其受外界影响的变化应在其使用期内优于所要求的测距精度的五分之一。

**5.3.2** 设计平面控制网的起始边、导线边或其他测距边长时，应顾及所使用测距仪的最佳使用条件和最佳测程。

**5.3.3** 测线应高出地面或障碍物 1.3m 以上，根据测线地貌、地物状况确定仪器的安置高度。

**5.3.4** 测线或其延长线上不应有永久性反光物体。应避免测线与高压（35kV 以上）输电线平行。无法避免时应离开输电线 2m 以上距离。

**5.3.5** 测线应避免通过吸热、散热相差较大的地区。如城镇、湖泊、河流和沟谷等。若无法避免时，应将测线提高到 2m 以上，并选择有利的观测时间，使在两端点量测的气象数据对整个测线有较好的代表性。

**5.3.6** 布设的各测点周围不应有交变电磁场影响，特别是高频电磁场影响。

**5.3.7** 永久性的点位标志和观测墩的埋设，结合所使用测距仪的对中方式按三角测量和导线测量规范、比长基线测量规范的有关条款要求执行。

**5.3.8** 测距两 endpoint 的高差不宜过大，应满足下述规定：

a. 若测距两 endpoint 的高差是用对向三角高程方法测定，则高差的限值按式（2）计算：

$$h \leq \frac{8D'}{q} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：h——测距两端的高差，m；

q——测距要求的相对中误差分母的数值。

b. 若测距两 endpoint 的高差是用等级水准测量测定的，除了考虑所用测距仪的最大俯仰角外，其高差的大小不受限制。

### 5.4 测距前的资料准备

**5.4.1** 根据设计任务书收集测区的地形图、选点图以及有关的交通、气象等资料。

**5.4.2** 收集完整的测距仪和气象仪表的检定资料，维修和故障处理的记录资料等。

## 6 距离测量

### 6.1 观测时间的选择

**6.1.1** 观测时间的选择,应根据测距精度的要求和所用测距仪的精度等级,测点所处地形、地物及当时所处季节、天气情况、大气透明度等因素来进行。

**6.1.2** 各等级边测距应在最佳观测时间段内进行,即在空气温度垂直变化梯度为零的时刻前后一小时内进行。一般选择在测区日出后 0.5h 至 2.5h 和日落前 2.5h 至 0.5h 的时间段内进行观测。当使用测距仪的精度优于所要求的测距精度时,观测时间段可向中天方向适当延长。但在晴天或少云时,不应在正午和午夜前后 1h 内进行测量。

**6.1.3** 对于精密测距,除严格按最佳时间段测距外,还应上午和下午对称观测。各等级边的往返测量可以是上、下午时段也可以是不同白天的时段。

**6.1.4** 全阴天、有微风时,可以全天观测,尽量避开正午和午夜前后 1h 之内的时间。

**6.1.5** 对等外各级控制边长的测距,无须严格限制观测时间。

**6.1.6** 雷雨前后、大雾、大风(四级以上),雨、雪天气和能见度很差时,不应进行距离测量。

### 6.2 距离测量

**6.2.1** 检查点位是否稳固,正确安置仪器,量取测距仪高度。保证充足的仪器预热时间,特别是具有恒温装置的测距仪达到恒温后方可工作。

**6.2.2** 安置反射镜。安置时应精确对中,整平并对准测站。按仪器站的指令操作及时读取和报告气象元素和镜高。

**6.2.3** 量取测距仪和反射镜高度各两次,读至毫米,各取平均值。

**6.2.4** 严格按照仪器操作程序作业,输入应输入的各种数据,轻轻操作各键,以防破坏正确的安置状态。

**6.2.5** 测距作业中应注意事项:

a. 保证仪器周围大气流通良好,避免将仪器置于代表性误差较大的环境中作业(如建筑物、帐篷内等)。晴天作业时应给测距仪、气象仪表打伞遮阳。

b. 严禁测距仪或反射镜在对向太阳的情况下作业。

c. 仪器测距时应暂停无线通话,以免干扰。

d. 仪器测距时,避免有另外的反光体位于测线或测线延长线上,避免有物体在测线上晃动,或人在测线上走动。

e. 仪器安置后,仪器站和反射镜站不准离人,应时时注意仪器的工作状态和周围环境的变化。风大时,仪器和反射镜要有保护措施。

### 6.3 气象元素的测定

**6.3.1** 气象元素包括:气温、气压和空气绝对湿度(水蒸汽压);绝对湿度是通过测定空气的干温和湿温后计算而取得。

**6.3.2** 干、湿温度表应稳妥安置在高于测距仪和反射镜并通风良好的迎风处,防止日晒和其他热辐射的影响。湿球适量加蒸馏水,通风 2min 后方可读数。读数时应面对迎风、扶手远离温度传感头处,屏住呼吸,平视快速取得干、湿温度。风力大于三级时要加防风罩。

气压表应稳妥地平置于仪器附近的遮阳处,注意:温度、气压读数应为仪器表示值

加修正值。

**6.3.3** 根据测距仪精度、地物地貌状况、测边所用时间、气象状态来确定采集气象元素模式。

a. 使用一级仪器测量相对精度优于五十万分之一的距离时，应在每条边观测始末、两端点（必要时加测中间点）测定大气温度、湿度和气压值并求其平均值作为测线气象代表值；

b. 对于二至四等级起始边、导线边应在测线两端同时测定大气温度和气压值，求其平均值。在每次测距时间超过 2min 时，还应在观测时间始、末各测定一次大气温度和气压值并求其平均值。若在 500m 以内较平坦的地区、地表覆盖较为一致，又有风的情况下，可以单端（测站）测定气温和气压值；

c. 对于等外级别控制边，一般每边一次，测站单端测定大气温度和气压值。但在地形地物复杂，高差较大，距离大于 1km 时也应两端测取大气温度和气压值并求其平均值；

d. 对于工作频率在微波段的测距仪，距离测量中都应测定大气温度。

e. 对于输入气象元素值自行改正的测距仪，应将上述采集的气象元素平均值输入仪器后进行测距。但是，当气象元素值发生变化时（干、湿温度大于 1℃、气压大于 2hPa），应立即输入新值，再测距离。

#### 6.4 距离测量的技术要求

**6.4.1** 距离测量时所用的测距仪主要配件如反射镜、支架、基座应和检定所用的一致。一般不得换用。对于等外级测距，可更换主要配件，但常数误差应在测量精度允许范围内。

**6.4.2** 距离测量的技术要求见表 4。

表 4

距离测量技术要求

等 级	使用测距仪精度等级	每边测回数		
		往测	返测	备 注
二等	I、II	4	4	或用不同时间段代替往返测
三等	I	2	2	
	II、III	4	4	
四等	I、II	2	2	
	III	4	4	
等外	I、II、III	2		
	IV	4		

注

① 一测回是指整置仪器照准目标一次、读取数据五个。

② 时间段是指完成一距离测量和往测或返测的时间段，如上午、下午或不同白天。

6.4.3 各级精度测距仪观测结果较差限值，见表 5：

表 5 各级精度较差限值 mm

测距仪精度等级	一测回读数间较差限值	测回间较差限值	往返测或时间段内较差限值
I	2	3	$\sqrt{2} (A + B \times D \times 10^{-6})$
II	5	7	
III	10	15	
IV	20	30	

注

- ①往返测较差，应将斜距化算到同一水平面上，方可进行比较。
- ②  $(A + B \times D \times 10^{-6})$  为测距仪标称精度。

6.4.4 采用三角测量确定高程差，进行倾斜修正，对向观测时，高差之差应满足式 (3) 的要求：

$$\Delta h < 0.1D' \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3)$$

式中： $\Delta h$ ——往返观测的高差之差，m；

垂直角测定中误差的要求按式 (4) 计算：

$$m_{\alpha} = \frac{\sqrt{2}}{5q \sin \alpha} \rho \dots\dots\dots (4)$$

式中： $\rho$ ——206265"；

$m_{\alpha}$ ——垂直角的测角中误差；

$\alpha$ ——垂直角；

$q$ ——测距要求的相对中误差的分母值。

以上式计算的垂直角测角中误差为引数，使用仪器、观测方法及测回数，应符合表 6 的规定。

表 6 仪器、观测方法及测回数规定

测角中误差 测回 数 观测方法	5" ~ 10"	10" ~ 30"		大于 30"
	DJ2	DJ2	DJ6	DJ6
中丝法	2	2	2	2
三丝法	1	1	1	1

6.5 偏心观测的要求

6.5.1 距离测量时，一般不作偏心观测，若必须进行偏心观测时，则要测定归心

元素。最大偏心距离不得超过 5m。

**6.5.2** 在标上观测时，用经纬仪盘左、盘右进行投影测定仪器归心元素，三个投影面交角约为  $60^\circ$  或  $120^\circ$ 。如因地形限制也可在交角约为  $90^\circ$  的两个位置上连续投影 2 次（2 次之间要稍改变仪器位置）。

**6.5.3** 在投影纸上，除标石中心外，其他各投影中心均应描绘两个观测方向，其中一个最好是观测零方向。描绘方向与观测方向角度之差应小于  $2^\circ$ 。

**6.5.4** 距离测量后，测定归心元素 1 次，角度元素量至  $15'$ ，长度元素应量至毫米，投影示误差三角形边长，不超过 5mm。

**6.5.5** 地面上进行大偏心观测时，应用经检定过的钢尺量取偏心距 2 次，量至毫米，可取其中数。偏心角测两测回，较差应小于或等于  $10'$ 。

### 6.6 成果记录的要求

#### 6.6.1 采用手工记簿方式的要求

**6.6.1.1** 原始观测数据和记录项目，必须现场记录在测量手簿上，严禁撕毁手簿中的任何一页。

**6.6.1.2** 现场记录数字和文字书写应准确、清楚、记错处应整齐划去，在上方另记正确的数字和文字，严禁涂擦。对超限或其他原因划去的成果应注明原因和重测成果所在的页数。书写的文字、符号和计量单位均应符合国家颁布的有关标准。

**6.6.1.3** 在现场距离测量中，每测回要记全数一次，厘米和厘米以下的数值不得更改。米和分米读数，在同一距离的往返测量中，只能更改一次。

#### 6.6.2 采用电子记簿方式的要求

**6.6.2.1** 电子记簿的要素和项目、限差等应符合距离测量的技术要求。

**6.6.2.2** 数据处理程序、输出（打印）格式应经过有关技术管理部门审核、备案、批准后方可使用。

**6.6.2.3** 每次距离测量的数据输出（打印）格式中应有：时间、网点名（地名）、往返测号、仪器型号及编号、高差、原始距离读数、气象元素读数、最后的斜距和平距等项目。

**6.6.3** 对于具有大容量数据贮存、处理和通讯功能的仪器，除了精心操作外，还详细记录现场输入的各种数据，包括时间、网点名、标志序号、网点标志情况等。所存测量数据，应当天在测区录制，以防数据丢失，易于挽救。

### 6.7 观测成果的重测和取舍

**6.7.1** 凡超出表 5 所列限差的观测成果，均应进行重新测量。

**6.7.2** 当一测回中读数较差超限时，可重测 2 个读数，然后去掉大小孤立值，再取平均。重测超限时，整测回应重新观测。若反复超限，应分析原因，改日再测。

**6.7.3** 当测回间较差超限时，若两两分群，该时段应重测；若只有一孤立值，则重测一测回。重测量不能过半。否则重测整时段的所有测回。

**6.7.4** 往、返（或不同时段）较差超限时，应分析原因后，重测单方向的距离，若重测还是超限，重测往、返两个方向的距离。

7 距离计算

7.1 各项距离修正值的计算

7.1.1 气象修正值的计算：

$$\Delta D_{ni} = D' (n_o - n_i) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (5)$$

式中： $\Delta D_{ni}$ ——气象修正值，mm；

$n_o$ ——仪器气象参考点的群折射率；

$n_i$ ——测量时气象条件下实际群折射率。

其中： $(n_o - 1) = (287.604 + \frac{3 \times 1.6288}{\lambda^2} + \frac{5 \times 0.0136}{\lambda^4}) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (6)$

$$(n_i - 1) = (n_g - 1) \frac{273.16P}{(273.16 + t) \times 1013.25} - \frac{11.27 \times 10^{-6}}{273.16 + t} \times e \dots\dots (7)$$

式中： $\lambda$ ——测距光源真空中波长， $\mu\text{m}$ ；

$n_g$ ——标准大气条件下光的群折射率；

$t$ ——气温， $^{\circ}\text{C}$ ；

$P$ ——气压，hPa；

$e$ ——水蒸气压，hPa；

其中： $e = E - c (t - t') P \dots\dots\dots (8)$

$$E = 10^{[a t' / (b + t')] + 0.7858} \dots\dots\dots (9)$$

式中： $t$ ——干球温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t'$ ——湿球温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$P$ ——气压，hPa；

$E$ ——饱和水蒸气压，hPa；

a、b、c——系数，其取值如表 7。

表 7 系数值

系 数	湿球未结冰	湿球结冰
a	7.5	9.5
b	237.3	265.5
c	0.000 662	0.000 583

根据不同的测距精度要求，可使用仪器说明书给出的气象改正公式和采集相应的气象元素或直接输入仪器或另行计算。

7.1.2 折光系数改正的计算：

$$\Delta D_{n2} = - (k - k^2) \frac{D^3}{12r^2} \dots\dots\dots (10)$$

式中： $\Delta D_{n2}$ ——折光改正值，m；

注：10km 以上的距离作此项改正。

7.1.3 精测频率变化距离修正值的计算：

$$\Delta D_f = \frac{f_0 - f}{f_0} \cdot \bar{D}' \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中： $\Delta D_f$ ——频率变化距离修正值，m；  
 $\bar{D}'$ ——显示斜距的平均值，m；  
 $f_0$ ——测距仪标称精测频率，Hz；  
 $f$ ——测距仪实际精测频率，Hz。

注：f 精测的频率值由检定书给出。

7.1.4 周期误差修正值的计算：

$$\Delta D_A = A \sin \left[ \phi_0 + \frac{2D'}{\lambda} \times 360 \right] \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中： $\Delta D_A$ ——周期误差修正值，mm；  
 $A$ ——周期误差的振幅，mm；  
 $\phi_0$ ——周期误差的初相角，(°)；  
 $\lambda$ ——测距仪精测调制波长，m。

注：周期误差的振幅 A，初相角  $\phi_0$  由检定证书中给出。若周期误差的振幅 A 大于测距中误差绝对值的  $\sqrt{2}$  倍时，应进行此项改正。

对于脉冲式测距仪不进行此项改正。

7.1.5 测距仪加常数和乘常数修正值的计算：

$$\text{加常数修正值：} \Delta D_K = K \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{乘常数修正值：} \Delta D_R = R \cdot D' \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：K——测距仪的加常数，mm；  
 $R$ ——测距仪的乘常数，mm/km。

注：测距仪的加、乘常数是由测定多条已知距离，经过频率、气象、周期误差修正后计算出来的。其值由检定证书给出。

在测距仪检定中，若距离进行了频率改正后，多段归算结果，乘常数  $|R| > 1 \times 10^{-6}$ ，应首先检查气象元素取样是否正确，测频和公式应用是否有误，若以上正常，应在不同基线段或不同基线场上进行比测。测试结果和上述结果一致时，所测乘常数有效。频率和乘常数改正同时进行。

若距离进行频率改正后，归算结果，乘常数  $|R| < 1 \times 10^{-6}$ ，则只进行频率或乘常数单项改正。

7.1.6 经过气象、频率、周期误差、加常数、乘常数修正后的斜距，才能归算为水平（或参考椭球面上）距离。

7.2 测量距离的几何改正

7.2.1 偏心设站测量的归心修正值计算：

a) 当偏心距离  $W \leq 0.3\text{m}$  时，按下式计算：

$$\Delta D_W = -W \cdot \cos\theta - W' \cdot \cos\theta' \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：W——测站的偏心距；

$\theta$ ——测站的偏心角，即测站偏心距与观测方向的夹角；

$W'$ ——镜站的偏心距；

$\theta'$ ——镜站的偏心角，即镜站偏心距与观测方向的夹角。

b) 当偏距  $W > 0.3\text{m}$  的大偏心观测时，水平距离的计算公式：

$$D_0 = \sqrt{D_W^2 + W^2 - 2D_W W \cos\theta} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中： $W$ ——观测站的偏心距， $\text{m}$ ；

$\theta$ ——观测站的偏心角；

$D_W$ ——偏心观测的水平距离。

7.2.2 经过各项修正以后，测量距离  $D$  化算为水平距离或化算到参考椭圆面上的公式如下：

a) 对于  $3\text{km}$  以内的短距离，用两端点间高差计算水平距离公式：

$$D_1 = \sqrt{D^2 - \Delta H^2} \quad \dots\dots\dots (17)$$

b) 对于  $3\text{km}$  以上测量距离  $D$ ，首先化算为两端点间的直线弦长  $D_0$ ，其公式为：

$$D_0 = D - k^2 \frac{D^3}{24r^2} \quad \dots\dots\dots (18)$$

对于中、短程距离 ( $D < 15\text{km}$ ) 此项可以忽略， $D_0 \approx D$ ；再将两点间的直线弦长  $D_0$  化算到参考椭圆面上的弦长  $D_1$ ，其公式为：

$$D_1 = \sqrt{\frac{D_0^2 - (H_2 - H_1)^2}{(1 + H_1/r)(1 + H_2/r)}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

将参考椭圆面上的弦长化算为参考椭圆面上的弧长，其公式为：

$$D_2 = D_1 + \frac{D_1^3}{24r^2} \quad \dots\dots\dots (20)$$

上面各式中椭圆高程是以正常高高程代替；正常高高程可以从水准测量或三角高程测量中获得。椭圆高程在高等级大地测量中才应用，而在低等级或短程测量中椭圆高程和正常高高程之间差别可以忽略不计。

7.2.3 用测量天顶距将距离化算到参考椭圆面上。

a) 先将测量距离化算为直线弦长。对于中、短程 ( $< 15\text{km}$ ) 距离，该项改正可忽略，测量距离近似等于直线弦长。

b) 将直线弦长 (即斜距) 进行倾斜改正，化为水平距离，其公式为：

$$D_{H1} = D_0 \sin Z_1 - \frac{D_0^2 (2 - k)}{4r} \sin 2Z_1 \quad \dots\dots\dots (21)$$

c) 将  $D_{H1}$  改算到参考椭圆上的弦长：

$$D_1 = D_{H1} (1 - H_1/r) \quad \dots\dots\dots (22)$$

d) 将参考椭圆上的直线弦长化算为弧长其公式为：

$$D_2 = D_1 + D_1^3/24r^2 \quad \dots\dots\dots (23)$$

以上各式中：

$D_{H1}$ ——测点  $P_1$  至  $P_2$  处的水平距离， $\text{m}$ ；

$Z_1$ ——测点  $P_1$  处的天顶距, ( $^\circ$ );

$H_1$ ——测点  $P_1$  的正常高高程,  $m$ 。

### 7.2.4 利用观测天顶距和斜距计算高差公式:

#### a) 单向观测

$$H_2 - H_1 = D_0 \cos Z_1 + \frac{(1-k)}{2r} (D_0 \sin Z_1)^2 \dots\dots\dots (24)$$

#### b) 对向观测

$$H_2 - H_1 = D_0/2 (\cos Z_{12} - \cos Z_{21}) \dots\dots\dots (25)$$

上两式中:

$Z_{12}$ —— $P_1$  到  $P_2$  测点的天顶距, ( $^\circ$ );

$Z_{21}$ —— $P_2$  到  $P_1$  测点的天顶距, ( $^\circ$ )。

### 7.2.5 参考椭球面上长度 $D_1$ 归算到高斯平面上的长度 $D_g$ 按下式计算:

$$D_g = D_1 [ 1 + \frac{y_m^2}{2r_m^2} + \frac{(\Delta y)^2}{24r_m^2} ] \dots\dots\dots (26)$$

式中:  $\Delta y$ ——测线两端点横坐标差,  $\Delta y = y_j - y_i$ ;

$y_m$ ——测线两端点横坐标之平均值,  $y_m = 1/2 (y_j + y_i)$ ,  $m$ ;

$r_m$ ——参考椭球上测线中点的平均地球半径,  $m$ 。

### 7.2.6 水平距离化算到其他任意高程面上的长度, 按下式计算:

$$D_s = D_1 (1 - H'_m/r_A) \dots\dots\dots (27)$$

式中:  $D_s$ ——任意高程面上的距离,  $m$ ;

$H'_m$ ——该水平距离两 endpoint 到任意高程面的高程平均值,  $m$ ;

$r_A$ ——法截线的曲率半径,  $m$ 。

其中:  $r_A = \sqrt{NM} (1 - \frac{1}{2} e'^2 \cos^2 \beta_m \cos 2\alpha)$

式中:  $M$ 、 $N$ ——分别为测距边中点的子午圈和卯酉圈曲率半径,  $m$ ;

$e'$ ——所采用的椭球偏心率;

$\beta$ ——测距边中点纬度,  $^\circ$ ;

$\alpha$ ——测距边的方位角,  $^\circ$ 。

## 7.3 测量距离的精度评定

### 7.3.1 单向观测距离的精度评定

根据测距仪器精度、测距时安置、使用和环境条件, 分析测距误差源的大小估算测距精度。

测距中误差公式采用经验公式:

$$m_0 = \pm (A + B \times D) \dots\dots\dots (28)$$

式中:  $A$ ——固定误差,  $mm$ ;

$B$ ——比例误差系数,  $mm/km$ ;

其中:  $A = [ m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2 ]^{1/2}$

$$B = [m_6^2 + m_7^2 + m_8^2 + m_5^2]^{1/2}$$

- 式中： $m_1^2$ ——加常数测定误差，由检定证书中给出；  
 $m_2^2$ ——相位均匀性误差，由检定证书中给出；  
 $m_3^2$ ——周期误差测定中误差，由检定部门给出；  
 $m_4^2$ ——对中误差，由采用的对中方式决定，参考表 3；  
 $m_5^2$ ——每一距离观测结果的算术平均值的中误差，用下式计算：

$$m_5^2 = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}} \dots\dots\dots (29)$$

- 式中：V——每次读数与读数中数之差；  
n——读数次数；  
 $m_6^2$ ——乘常数测定中误差，由检定部门给出；  
 $m_7^2$ ——折射率计算公式误差，一般取值为  $0.2 \times 10^{-6}$ ；  
 $m_8^2$ ——精测频率的漂移和测定相对中误差；  
 $m_5^2$ ——气象代表性误差，与大气状况和测线通过的地形、地表覆盖物有关，经验取值如表 8。

表 8 气象代表性误差经验取值表 mm/km

气象代表性情况	一端测气象	两端测气象
较好	1.0	$1/\sqrt{2}$
中等	1.5	$1.5/\sqrt{2}$
较差	2.0	$2/\sqrt{2}$

### 7.3.2 对向观测距离的精度评定

a) 一次测量的中误差，用下式计算：

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[d_F d_F]}{2n}} \dots\dots\dots (30)$$

b) 对向观测的平均值中误差，用下式计算：

$$m_d = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d_F d_F]}{n}} \dots\dots\dots (31)$$

c) 相对中误差：

$$\frac{m_d}{\bar{D}_1} = \frac{1}{\bar{D}_1/m_d} \dots\dots\dots (32)$$

- 以上式中： $d_F$ ——化算到同一高程面的每对水平距离之差，mm；  
n——对向观测差值的个数， $n \geq 4$ ；  
 $\bar{D}_1$ ——水平距离的平均值。

### 8 测距资料的整理与上交

**8.1** 为便于测距资料长期保存和使用，应计算准确，注明了，格式统一，整齐美观，装订成册。

**8.2** 整理后上交资料应包括下列内容：

a. 施测任务书：填写施测单位、作业时间、人员名单和重大事件记载和人员、仪器事故等，其格式如附录 A（提示的附录）。

b. 测量分布略图，其格式如附录 B（提示的附录）。

c. 作业要求登记表：内容有执行标准名称和编号，测距作业技术要求（包括电子记簿程序），其格式如附录 C（提示的附录）。

d. 观测手簿，其格式如附录 D（提示的附录），或电子外业记录的原始记录打印成果及其复印件，贴于手簿上。或数据记录软盘及其打印件。

e. 观测成果及精度统计表，其格式如附录 E（提示的附录）。

f. 测距仪和气象仪表的检定证书或其复印件。

g. 验收报告，其格式如附录 F（提示的附录）。

### 9 测距仪的维护和保养

**9.1** 测距仪在使用、运输、贮存中应注意防潮、防尘、防雨和防日晒。一般不宜在 40℃ 以上高温和 -15℃ 以下低温的环境中使用和贮存。

**9.2** 使用期间，严防雨淋。若被少量淋湿，应立即用干净的软布擦干。并在使用后放置通风处晾吹一段时间，方可装箱存放。

**9.3** 每次使用后，应对箱体和仪器用软布擦拭、除尘、除潮、取下内部电池，检查配备件是否齐全。

**9.4** 仪器贮存时，应放置在通风良好、干燥阴凉的地方，贮箱内放置防潮防霉剂。对于长期存放的仪器，应定期（最长不超过一月）通电（半小时以上）驱潮、维护、保养，同时检查仪器工作是否正常。

**9.5** 测距仪的专用蓄电池贮存时应按其说明书处理。对于常用的镍镉蓄电池，必须充足电存放，并且在存放期间定期充电。

**9.6** 不宜使用强挥发性的溶液或其他有机溶剂清洁仪器。一般使用无水乙醇和乙醚（6:4）混合液，用脱脂棉签擦洗。

**9.7** 在使用中，严禁非维修人员拆卸仪器各个部件和任意调整不应调整的部件。

## 附 录 A 施测任务书 (提示的附录)

### 施 测 任 务 书

施测单位		技术负责人	
作业时间	至		
测区名称			
作业人员姓名		作业中担任职务	

## 附录 B 测量分布略图 (提示的附录)

### 测量分布略图

测量距离分布略图  
(说明标石类型)

## 附录 C 技术要求登记表 (提示的附录)

技 术 要 求 登 记 表

执行规范名称、版号			
作业技术要求			
电子 记簿 和 成果 计算 机 处 理	通用记簿程序版号		
	通用成果处理程序版号		
	自编记簿和处理程序附贴		
备注			

## 附 录 D 测距手簿格式 (提示的附录)

### 测 距 手 簿

网名 \_\_\_\_\_ 边名 \_\_\_\_\_ 日期 \_\_\_\_\_  
 仪器名 \_\_\_\_\_ 天气 \_\_\_\_\_ 观测者 \_\_\_\_\_  
 仪器号 \_\_\_\_\_ 风向力 \_\_\_\_\_ 记录者 \_\_\_\_\_

高程	测站员		仪器高			测量时间	始时间		
	镜站点		棱镜高				末时间		
第 测回	距离观测			气象观测					
						干 温	温 湿	气压, hPa	
			测前	测站					
				镜站					
			测后	测站					
		镜站							
中数				中数					
第 测回						干 温	湿 温	气压, hPa	
			测前	测站					
				镜站					
			测后	测站					
				镜站					
中数				中数					
垂直角观测									
觐 点	盘左读数	盘右读数	指标差		垂直角		觐标高		
水平距离计算									
测回中数	气象修正	频率修正	常数修正	倾斜修正	归心修正	修正后水平距离			

## 附录 E 精度估算 (提示的附录)

### 精度估算

测网名 \_\_\_\_\_ 仪器型号 \_\_\_\_\_ 整理日期 \_\_\_\_\_  
 观测者 \_\_\_\_\_ 检查者 \_\_\_\_\_ 验收者 \_\_\_\_\_

序 号	起止点名	高 差 m	垂直角 °	改正后水平距离 m	一次测量 中误差	测距中误差	测距相对 中误差

附录 F 验收报告  
(提示的附录)

验收报告

年 月 日  
(单位盖章)

## 短程光电测距仪

GB/T 14267—93

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了短程相位式光电测距仪的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则，仪器的包装、标志、运输和贮存。

本标准适用于测程在 5km 以内的相位式光电测距仪的设计、生产、试验和检验。

## 2 引用标准

GB 2421 ~ 2424 电工电子产品基本环境试验规程

GB 6587.1 电子测量仪器 环境试验总纲

GB 5080 设备可靠性试验

GB 4857.1 运输包装件基本试验 总则

GB 191 包装贮运图示标志

## 3 产品分类

## 3.1 产品分级

按测距标准偏差分为三级，见表 1。测距标准偏差按公式 (1) 计算。

$$m_D = \pm (A + B \cdot D \cdot 10^{-6}) \dots\dots\dots (1)$$

式中： $m_D$ ——测距标准偏差，mm；

A——固定误差，mm；

B——比例误差系数；

D——被测距离值，mm。

表 1

测距标准偏差绝对值 $ m_D $ ，mm	测距仪的等级
$ m_D  \leq (3 + 2 \cdot D \cdot 10^{-6})$	I
$(3 + 2 \cdot D \cdot 10^{-6}) <  m_D  \leq (5 + 5 \cdot D \cdot 10^{-6})$	II
$(5 + 5 \cdot D \cdot 10^{-6}) <  m_D  \leq (10 + 10 \cdot D \cdot 10^{-6})$	III

测程 0.5km 的测距仪，按 1km 计。

## 3.2 产品系列划分

产品系列按表 2 规定划分。

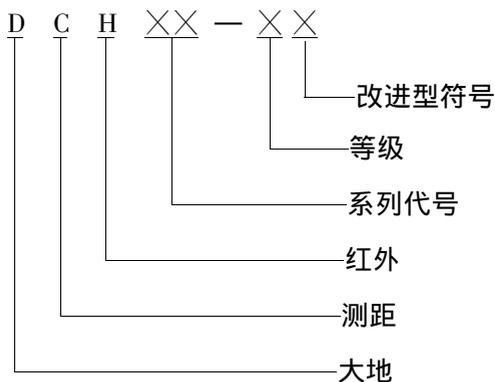
表 2

系列代号	05	1	2	3	5
最长测程, m	500	1 000	2 000	3 000	5 000
最短测程, m	≤5	≤5	≤10	≤15	≤20

表中最长测程是指在大气标准能见度为 23.5km 的条件下, 能满足测距标准偏差要求的最长测量距离。

### 3.3 产品型号

产品的型号按下列所示形式编写。



### 3.4 基本参数

基本参数见表 3。

表 3

序号	名称	符号	单位	等级		
				I	II	III
1	固定误差	A	mm	≤3	≤5	≤10
2	比例误差系数	B		≤2	≤5	≤10
3	读数最小示值	D	mm	1	1	1~10
4	测程			见表 2		
5	使用温度范围	T	℃	-10~+40		
6	工作电压		V	≤12		
7	俯仰范围	α	(°)	-30~+30		
8	功耗		W	≤8		
9	可靠性	MTBF	h	≤1 200		

## 4 技术要求

### 4.1 外观质量

测距仪及配套件的外表应无擦伤、划痕、脱漆、脱皮镀层，光学件的表面无霉斑，镀膜无损伤。按键及插接件的接头接触应良好。

### 4.2 发射、接收和视准轴三轴关系正确性

发射、接收两光轴与视准轴不平行度不大于  $30''$ 。

### 4.3 读数稳定性

测距的读数稳定性以内符合标准偏差表示，Ⅰ级测距仪优于  $\pm 1.0\text{mm}$ ，Ⅱ级测距仪优于  $\pm 1.5\text{mm}$ ，Ⅲ级测距仪优于  $\pm 3.0\text{mm}$ 。

### 4.4 调制光束相位均匀性

在  $50 \sim 100\text{m}$  的距离上，偏调  $1.5'$  范围内测距读数最大较差Ⅰ级测距仪优于  $\pm 2\text{mm}$ ，Ⅱ级测距仪优于  $\pm 4\text{mm}$ ，Ⅲ级测距仪优于  $\pm 6\text{mm}$ 。

### 4.5 周期误差正弦波幅值

周期误差的正弦波幅值：Ⅰ级测距仪优于  $\pm 1.7\text{mm}$ ，Ⅱ级测距仪优于  $\pm 2.8\text{mm}$ ，Ⅲ级测距仪优于  $\pm 5.5\text{mm}$ 。

### 4.6 幅相误差

测距仪在限定的可测光强范围内，光强信号变化值引起距离值的最大较差值Ⅰ级测距仪优于  $2.5\text{mm}$ ，Ⅱ级测距仪优于  $4.0\text{mm}$ ，Ⅲ级测距仪优于  $8.0\text{mm}$ 。

### 4.7 电压变化引起的测距误差

测距仪在额定工作电压  $10\%$  的范围内，电压变化时在同一距离上的测距读数应能满足读数稳定性的要求。

### 4.8 仪器测程

仪器的测程应符合表 2 的要求。

### 4.9 测距标准偏差综合评定

用六段法的观测值按解析法求得的加常数修正原观测值后作为新观测值，再用比较法进行综合精度评定，求得的 A、B 值应符合表 1 的要求。

### 4.10 仪器使用温度范围

仪器使用温度范围应满足表 3 的要求。

### 4.11 频率稳定度（温度变化时）

精测频率在使用温度范围内，温度变化时要相对稳定，Ⅰ级测距仪应优于  $\pm 1.5 \times 10^{-6}$ ；Ⅱ级测距仪应优于  $\pm 3 \times 10^{-6}$ ；Ⅲ级测距仪应优于  $\pm 6 \times 10^{-6}$ 。

### 4.12 运输贮存

仪器贮存应符合 GB 4857 有关规定，其中贮存温度为  $-40^\circ\text{C}$  和  $+55^\circ\text{C}$ ，恢复常温后，仪器工作正常，读数稳定性符合 4.3 要求。

### 4.13 连续冲击

仪器带内包装能经受频率为每分钟  $60 \sim 80$  次，以  $98\text{m/s}^2$  ( $10\text{g}$ ) 的重力加速度进行  $1\,000$  次冲击试验，试验后仪器工作正常，读数稳定性符合 4.3 要求。

### 4.14 跌落要求

仪器在包装状态，在高度为 30cm 自由跌落四次后，工作正常，读数稳定性符合 4.3 要求。

#### 4.15 仪器可靠性

平均无故障工作时间符合表 3 中可靠性的规定。

### 5 试验方法

#### 5.1 外观质量

用目视法按 4.1 要求检查仪器的外观质量。

#### 5.2 发射、接收和视准轴三轴关系正确性

##### 5.2.1 试验设备

选择一段通视良好，外界因素影响较小的 100~200m 的测线。

##### 5.2.2 试验程序

按作业中的要求，在测线的两端分别安置仪器和反射棱镜，并找到光强最大的位置，此时望远镜的十字线应与反射棱镜的照准标志重合（对同轴仪器则照准反光棱镜中心），否则应进行调试（调试方法按仪器说明书的办法）。

#### 5.3 读数稳定性

##### 5.3.1 试验设备

选择 30m 左右环境条件良好的一段距离。

##### 5.3.2 试验程序

在选定的距离上，按常规测距方法，安置仪器和反射棱镜，准确地用电照准或光照准进行测距，一次照准读取 30 个距离值。

##### 5.3.3 试验结果的计算和评定

一次读数的标准偏差  $m_s$

$$m_s = \pm \sqrt{[VV] / (n-1)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$V_i = D_i - D \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：D——30 次距离观测值的平均值，m；

$D_i$ ——第  $i$  次的距离观测值，m；

$n$ ——读数的次数。

#### 5.4 调制光束相位均匀性

##### 5.4.1 试验设备

a. 选择一段长 50~100m 的测线；

b. 反射棱镜 1 块。

##### 5.4.2 试验程序

在选定的场地上，将测距仪和反射棱镜分别安置在测线的两端，用光照准或电照准对准中心进行测距，读数四次，取平均值作为中心值，并读出经纬仪的水平度盘和垂直度盘的方向值，然后分别按顺序上、下、左、右微动仪器，每次偏移 0.5' 读数 4 次，其偏调范围为  $\pm 1.5'$ 。

根据观测结果，求出各偏调点与中心点的距离平均值之差。

### 5.5 周期误差正弦波幅值 $A_E$

#### 5.5.1 试验设备

周期误差测试平台，其长度不小于“测尺”长度，将平台按测尺长度等分 20~40 段，各段距离的标准偏差应优于  $\pm 0.2\text{mm}$ ，任意两点距离的测距标准偏差应优于  $\pm 0.5\text{mm}$ 。设备布置详见图 1。

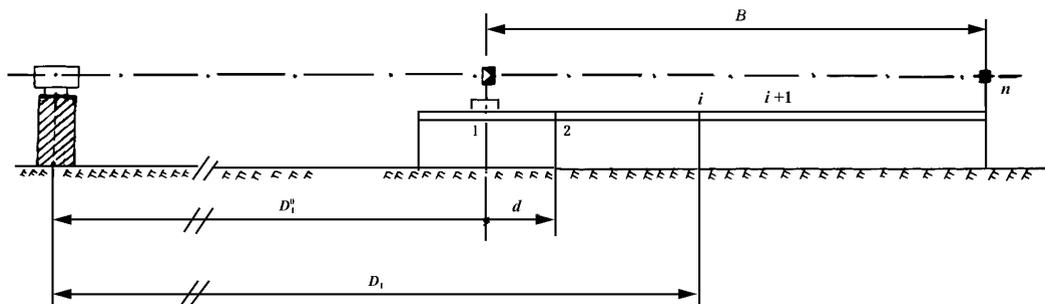


图 1 检验周期误差的平台示意图

#### 5.5.2 试验程序

测距仪安置于平台轴线的延长线距平台 20~80m 的墩位上，仪器与棱镜等高，分别测得至平台上置镜点的距离，每个距离读数四次取其平均值，记录格式可参照附录 A 中的表 A1。

#### 5.5.3 试验结果的计算和评定

周期误差正弦波幅值用公式 (4) 计算：

$$A_E = \pm \sqrt{X^2 + Y^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

周期误差初相角用公式 (5) 计算：

$$\phi_0 = \arctg (Y/X) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： $X = - [ 2 \sum_{i=1}^n ( - \sin\phi_{Di} \cdot L_i ) ] / n$ ；

$Y = - [ 2 \sum_{i=1}^n ( - \cos\phi_{Di} \cdot L_i ) ] / n$ ；

$\phi_{Di}^0 = [ D_i^0 / L_s ] \times 360^\circ$ ；

$\Delta\phi = ( d / L_s ) \times 360^\circ$ ；

$\phi_{Di}^0 = \phi_{Di}^0 + ( i - 1 ) \Delta\phi$ ；

$L_i = D_i^0 + ( i - 1 ) d - D_i$ ；

$D_i$ ——测站至第  $i$  点的距离观测值，m；

$L_s$ ——精“测尺”长，m；

$D_i^0$ ——测站距最近测点的观测值，m；

$d$ ——平台分段间隔距离值，m；

$i = 1、2、3、\dots\dots\dots$ ；

$n$ ——观测距离的个数；

$\phi_{D_1}$ ——测站至第一点的初相角，(°)；

$\phi_{D_i}$ ——观测距离  $D_i$ 对应的相位角，(°)；

$\phi_0$ ——周期误差起始相位角，(°)；

$A_E$ ——测距仪周期误差正弦波幅值，mm。

## 5.6 幅相误差

### 5.6.1 试验设备

模拟减光器：模拟减光器应均匀减光，以保证在调整光强过程中不产生附加相位不均匀误差。

### 5.6.2 试验程序

在气象条件稳定的情况下，选择适当的距离安置反射棱镜，先照准反射棱镜中心（或觇标中心）读一测回（照准一次，读数四次），然后人为的在仪器允许的光强范围内，改变光强，检查光强变化对测距结果的影响。

a. 对有手动可调光强装置的仪器，可在仪器允许测距的光强范围内在光强上、下限值和中间点各观测一测回，从最小光强变化到最大光强，算出各测回平均值的最大较差；

b. 对只有自动减光装置的仪器，在发射物镜前安放模拟减光器，按手动减光装置的仪器进行试验。

## 5.7 电压变化引起的测距误差

### 5.7.1 试验设备

a. 电压连续可调的输出电流大于测距仪耗电峰值电流的稳压电源一台；

b. 准确度不低于 2.5 级的直流电压表一台；

c. 专用连接电缆一根。

### 5.7.2 试验程序

在室内选取一适当的距离，按测距要求安置仪器和反射棱镜，并接稳压电源供电，按 4.7 规定的电压试验范围，由最低点开始每次变动 0.2V，观测一测回，算出各测回的较差。按式（2）求得一次读数的标准偏差。

## 5.8 仪器测程的检验

### 5.8.1 试验设备

在野外选择受外界因素影响较小的与标称测程相应的已知距离。

### 5.8.2 试验程序

a. 利用最佳观测时间，在选定的测线两端，分别安置仪器和相应个数的反射棱镜，然后按作业要求进行测距，每条边观测 4 个测回取平均值，加入气象、仪器常数和倾斜修正，再与已知距离进行比较；

b. 在仪器规定的最短测程的已知距离上进行测距，观测 4 个测回取平均值，经加常数修正后，与已知距离进行比较。

## 5.9 测距标准偏差综合评定的试验

5.9.1 试验设备

a. 总长为 500 ~ 2000m，分段数不少于六段的基线，其相对精度应优于百万分之一，如图 2 所示；

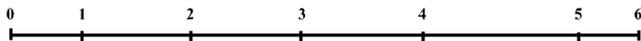


图 2

b. 温度计一支，准确度为 ± 0.2℃；

c. 气压计一只，准确度为 ± 1hPa。

5.9.2 试验程序

将经过频率校准后的仪器，在图 2 所示的基线上，用六段全组合观测方法测距（测距顺序见表 4）每边读数四次。

表 4

镜 站 测 站	1	2	3	4	5	6
0	0—1	0—2	0—3	0—4	0—5	0—6
1		1—2	1—3	1—4	1—5	1—6
2			2—3	2—4	2—5	2—6
3				3—4	3—5	3—6
4					4—5	4—6
5						5—6

5.9.3 试验结果的计算与评定

a. 加常数计算

将观测的 21 条组合边的平均值，经气象、倾斜修正后，按六段解析法计算加常数 C（参照附录 B）。

b. 测距标准偏差 A、B 值的计算

将每条边的四次观测值分别进行加常数修正后，采用与基线值直接比较的方法按式（6）和式（7）（8）计算每条边的测距标准偏差  $m_{ij}$  和 A、B 值。

$$m_{ij} = \pm \sqrt{[\Delta\Delta]} / 4 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$B = \{ (D_{ij} \cdot \bar{D})(m_{ij} - \bar{m}) \} / \{ (D_{ij} - \bar{D})^2 \} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$A = \bar{m} - B \cdot \bar{D} \quad \dots\dots\dots (8)$$

上三式中： $\bar{D} = \{ D_{ij} \} / n, m$ ；

$\bar{m} = \{ m_{ij} \} / n, mm$ ；

$\Delta_i = D_{ijk} - D^0, mm$ ；

$D_{ijk}$ ——序号为  $ij$  的边，经修正后的第  $k$  次观测值， $m$ ；

$D_{ij}^0$ ——序号为  $ij$  的基线值， $m$ ；

$ij$ ——全组合边的序号；

$D_{ij}$ ——序号为  $ij$  的边长平均值经气象、倾斜、加常数修正后的距离， $m$ ；

$n$ ——观测边数。

## 5.10 使用温度范围试验

### 5.10.1 试验设备

a. 高、低温试验室（箱），温控范围大于测距仪的使用温度范围，温控精度优于  $\pm 3^\circ\text{C}$ ；

b. 温度计 2 支，准确度优于  $\pm 1^\circ\text{C}$ ；

c. 已知距离 1 条以上。

### 5.10.2 试验条件

升温速率不大于  $1^\circ\text{C}/\text{min}$ ，在各温度点上保温时间为 3h。

### 5.10.3 试验程序

将测距仪和反射棱镜分别安置在固定距离两端，在额定工作温度  $-10^\circ\text{C}$ ， $+20^\circ\text{C}$  和  $+40^\circ\text{C}$  三个温度点进行测距。每个温度点上测距时读数 4 次。

### 5.10.4 试验结果的计算和评定

将每个工作温度点所测得的距离值取平均值后，与已知距离进行比较，计算其互差。不得超过  $|\sqrt{2}A|$ （ $A$  为固定误差）。

## 5.11 频率稳定度（温度变化时）

### 5.11.1 试验设备

a. 光电测频装置一套：量程大于  $50\text{MHz}$ ，测频精度优于  $1 \times 10^{-7}$ ；

b. 温度计，准确度优于  $\pm 1^\circ\text{C}$ ；

c. 高低温试验箱：温控范围在  $-20 \sim +50^\circ\text{C}$ ，温控准确度优于  $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

### 5.11.2 试验程序

在测距仪的使用环境温度范围内，每隔  $10^\circ\text{C}$  为一个测温点，每点保温 1h，然后测定频率 4 次，并记录测试结果。

### 5.11.3 试验结果的计算与评定

将每个测温点的 4 次读数取平均值，用下式进行计算

$$S_T = (f_0 - f_T) / f_0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中： $S_T$ ——频率稳定度（温度变化时）；

$f_0$ ——仪器的标称频率值， $\text{Hz}$ ；

$f_T$ ——温度  $T$  时的实测频率值， $\text{Hz}$ 。

## 5.12 运输贮存试验

### 5.12.1 试验设备

温度范围  $-40 \sim +55^\circ\text{C}$  的高低温试验室（箱）。

### 5.12.2 试验程序

包装好的仪器分别置于  $-40^{\circ}\text{C}$  和  $+55^{\circ}\text{C}$  的环境中，保温 8h，恢复常温后仪器工作正常，读数稳定性符合 4.12 的要求。

### 5.13 连续冲击试验

#### 5.13.1 试验设备

连续冲击台。

#### 5.13.2 试验程序

将带内包装箱的仪器，固定在连续冲击台上，用每分钟 40 ~ 80 次的频率， $98\text{m/s}^2$  ( $10\text{g}$ ) 的重力加速度连续冲击 1 000 次，冲击结束后，符合 4.13 的要求。

### 5.14 跌落试验

按 4.14 的要求进行试验，试验后仪器功能正常，测距标准偏差符合 4.9 的要求。

### 5.15 仪器可靠性试验

#### 5.15.1 试验设备

a. 稳压电源：电压稳定，连续工作可调，输出功率大于测距仪功耗，按产品抽样数确定台数；

b. 在高温 ( $+40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ) 低温 ( $0^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ) 的控制室 (箱) 内选择一段固定距离，周围环境无明显的干扰源。

#### 5.15.2 试验条件

a. 抽样：在合格产品中，参照附录 C (参考件) 中表 C1 抽取样品数  $n$ ；

b. 确定试验方案；采用定时截尾试验方法，规定生产方风险和使用方风险均为 10%，按 GB 5080 的规定，参考附录 C (参考件) 表 C2 中选定试验方案；

c. 累积试验时间  $T_k$  按式 (10) 估算

$$T_k = m_l \times D_m \cdot T_l \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中： $m_l$ ——MTBF 假设值的下限值；

$D_m$ ——鉴别比，是 MTBF 假设值的上限；

$T_l$ ——截尾时间。

$m_l$ 、 $D_m$ 、 $T_l$  值可从附录 C (参考件) 中查得。

#### 5.15.3 试验程序

按测距要求，将仪器和反射棱镜分别安置在所选固定距离的两端，分别在低温 ( $0^{\circ}\text{C}$ ) 常温 ( $+15 \sim +30^{\circ}\text{C}$ ) 和高温 ( $+40^{\circ}\text{C}$ ) 条件下，仪器连续运转，每隔 24h 测试一次，并详细记录测试结果和测试过程中出现的失效数  $r$ 。

每台受试产品的试验时间不得少于受试产品平均试验时间的 1/2。

每台受试产品在高、低温条件下的试验时间均不得少于受试产品平均试验时间的 15%。

#### 5.15.4 试验结果的计算与评定

a. 累积试验时间  $T^*$  按式 (11) 计算

$$T^* = \sum_1^m t_m \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中： $t_m$ ——到判定点时，受试产品中第  $m$  号受试产品的累积试验时间；

$m$ ——受试产品的序号。

b. MTBF 试验的观测值  $m$  按式 (12) 计算

$$\hat{m} = T^* / r \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中： $T^*$ ——累积试验时间；

$r$ ——实际出现的失效数。

c. MTBF 的置信下限  $m_L$  按式 (13) 计算

$$m_L = M \cdot \hat{m} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中： $M$ ——由  $r$  值从表 C3 中查得的单边下限系数；

$\hat{m}$ ——可靠性试验的观测值。

当失效数为零时，则  $m_L = T^* / 2.3$

计算举例见附录 C。

## 6 检验规则

### 6.1 出厂检验

新出厂的仪器必须按表 5 所列内容逐项检验，合格后方能达到出厂要求；如有不合格的项目，应查明原因，排除故障后重新进行该项目的检验，合格后方能出厂。

表 5

序 号	检 验 内 容	对应技术条件条款
1	外观质量	4.1
2	发射、接收和视准轴三轴关系正确性	4.2
3	周期误差正弦波幅值	4.5
4	幅相误差	4.6
5	调制光束相位均匀性	4.4
6	读数稳定性	4.3
7	电压变化引起的测距误差	4.7
8	测距标准偏差综合评定	4.9
9	仪器量程	4.8

### 6.2 型式检验

属于下列情况之一，必须进行基本技术参数的全部检验。

- a. 新老产品转产及技术鉴定；
- b. 正式投产的产品，如结构，材料、工艺有较大改变时；
- c. 停产两年以上，重新投产时，或连续生产三周年后的第一批产品；
- d. 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

型式检验一般在出厂合格的仪器中任意抽三台仪器，按表 6 中项目进行检验。

表 6

序 号	检 验 内 容	对应技术条件条款
1	仪器使用温度范围试验	4.10
2	频率稳定度试验（温度变化时）	4.11
3	运输贮存试验	4.12
4	连续冲击试验	4.13
5	跌落试验	4.14
6	可靠性试验	4.15

## 7 标志、包装、运输和贮存

### 7.1 标志

#### 7.1.1 产品标志

- a. 制造厂名或商标；
- b. 产品名称和型号；
- c. 出厂编号和制造日期。

#### 7.1.2 包装标志

按 GB 191 有关规定执行。

### 7.2 包装

7.2.1 仪器的包装按 GB 4857 有关规定执行。并按防潮、防霉包装类型。

7.2.2 包装箱结构应能保证仪器在箱内稳固，并装有专用防震设施，能经受一般的运输颠簸。

7.2.3 包装箱应有一定的密封度和可靠的防潮层及妥善的填充物。

7.3 包装箱内应有仪器的随带文件。

- a. 产品合格证；
- b. 产品说明书；
- c. 装箱单，随机备件清单；
- d. 产品质量意见征求书。

### 7.4 运输与贮存

按 GB 4857 有关规定执行。





表 3

读数稳定性观测记录

仪器型号

No

日期： 年 月 日

序号	读数 $D_i$ m	$D_i - D$ mm	序号	读数 $D_i$ m	$D_i - D$ mm	序号	读数 $D_i$ m	$D_i - D$ mm
1			11			21		
2			12			22		
3			13			23		
4			14			24		
5			15			25		
6			16			26		
7			17			27		
8			18			28		
9			19			29		
10			20			30		

$$D = \sum_{i=1}^{30} D_i / 30$$

$$\{VV\} = \sum_{i=1}^{30} (D_i - D)^2$$

$$m_{\text{内}} = \pm \sqrt{\{VV\} / 29}$$

观测者：

记录者：

检查者：

## 附录 B 六段解析法解算加常数 C (参考件)

根据间接观测平差原理，采用权系数求加常数 C。

因为采用六段全组合观测方法，其权系数  $Q_{ij}$  是固定值，如表 B1。

表 B1 六段解析法 Q 值表

j	Q <sub>1j</sub>	Q <sub>2j</sub>	Q <sub>3j</sub>	Q <sub>4j</sub>	Q <sub>5j</sub>	Q <sub>6j</sub>	Q <sub>7j</sub>
1	0.200 00	0.057 14	0.114 29	0.171 43	0.228 57	0.285 71	0.342 86
2	0.057 14	0.302 04	0.175 51	0.191 84	0.208 16	0.224 49	0.240 82
3	0.114 29	0.175 51	0.351 02	0.240 82	0.273 47	0.306 12	0.338 78
4	0.171 43	0.191 84	0.240 82	0.432 65	0.338 78	0.387 76	0.436 73
5	0.228 57	0.208 16	0.273 47	0.338 78	0.546 94	0.469 39	0.534 69
6	0.285 71	0.224 49	0.306 12	0.387 76	0.469 39	0.693 88	0.632 65
7	0.342 86	0.240 82	0.338 78	0.436 73	0.534 69	0.632 65	0.873 47

$$\left. \begin{aligned}
 C &= AQ_{11} + BQ_{12} + CQ_{13} + DQ_{14} + EQ_{15} + FQ_{16} + GQ_{17} \\
 V_{01}^0 &= AQ_{21} + BQ_{22} + CQ_{23} + DQ_{24} + EQ_{25} + FQ_{26} + GQ_{27} \\
 V_{02}^0 &= AQ_{31} + BQ_{32} + CQ_{33} + DQ_{34} + EQ_{35} + FQ_{36} + GQ_{37} \\
 V_{03}^0 &= AQ_{41} + BQ_{42} + CQ_{43} + DQ_{44} + EQ_{45} + FQ_{46} + GQ_{47} \\
 V_{04}^0 &= AQ_{51} + BQ_{52} + CQ_{53} + DQ_{54} + EQ_{55} + FQ_{56} + GQ_{57} \\
 V_{05}^0 &= AQ_{61} + BQ_{62} + CQ_{63} + DQ_{64} + EQ_{65} + FQ_{66} + GQ_{67} \\
 V_{06}^0 &= AQ_{71} + BQ_{72} + CQ_{73} + DQ_{74} + EQ_{75} + FQ_{76} + GQ_{77}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (B1)$$

式中：A = [aL] = -|L|

B = [bL] = L<sub>01</sub> - L<sub>12</sub> - L<sub>13</sub> - L<sub>14</sub> - L<sub>15</sub> - L<sub>16</sub>

C = [cL] = L<sub>02</sub> + L<sub>12</sub> - L<sub>23</sub> - L<sub>24</sub> - L<sub>25</sub> - L<sub>26</sub>

D = [dL] = L<sub>03</sub> + L<sub>13</sub> + L<sub>23</sub> - L<sub>34</sub> - L<sub>35</sub> - L<sub>36</sub>

E = [eL] = L<sub>04</sub> + L<sub>14</sub> + L<sub>24</sub> + L<sub>34</sub> - L<sub>45</sub> - L<sub>46</sub>

F = [fL] = L<sub>05</sub> + L<sub>15</sub> + L<sub>25</sub> + L<sub>35</sub> + L<sub>45</sub> - L<sub>56</sub>

G = [gL] = L<sub>06</sub> + L<sub>16</sub> + L<sub>26</sub> + L<sub>36</sub> + L<sub>46</sub> + L<sub>56</sub>

$L_{ij} = D_{ij}^0 - D_{ij} \dots\dots\dots (B2)$

式中： $D_{ij}^0$ ——第  $ij$  边的近似值， $m$ ；  
 $D_{ij}$ ——第  $ij$  边的观测值， $m$ ；  
 $ij$ ——全组合边的序号。

$$B = \{ (D_{ij} \cdot \bar{D})(m_{ij} - \bar{m}) \} / \{ (D_{ij} - \bar{D})^2 \} \quad \dots\dots\dots (B3)$$

$$A = \bar{m} - B \cdot \bar{D} \quad \dots\dots\dots (B4)$$

式中： $\bar{D} = \{ D_{ij} \} / n$

$\bar{m} = \{ m_{ij} \} / n$

$D_{ij}$ ——第  $ij$  条边的平均值，经气象、倾斜、加常数修正后的距离， $m$ ；

$n$ ——观测边数；

$ij$ ——全组合边的序号。

## 附 录 C 仪器可靠性试验查用表及举例 (参考件)

表 C1 可靠性试验抽样规定

批 量 总 台 数	抽 样 台 数
4 ~ 16	3
17 ~ 52	5
53 ~ 96	8
97 ~ 200	13
200 台以上	20

表 C2 试验方法选定表

方 案 编 号	方 案 的 特 征			截 止 时 间 ( $m_0$ 的 倍 数)	截 尾 失 效 数 $r$	实 际 风 险	
	标 称 值 ,%		$D_m$			$m = m_0$	$m = m_1$
	$\alpha$	$\beta$				$\alpha, (')$	$\beta, (')$
5:2	10	10	2.0	9.4	14	9.6	10.6
5:3	10	10	3.0	3.1	6	9.4	9.9
5:4	10	10	5.0	1.1	3	10.0	8.3

注： $\alpha$ ——生产方风险，实际的  $m = m_0$  时产品被拒收的概率；  
 $\beta$ ——使用方风险，当实际的  $m = m_1$  时产品被接收的概率；  
 $m_0$ ——指定的可接受的平均无故障工作时间；  
 $m_1$ ——不可接受的平均无故障工作时间；  
 $D_m$ ——平均无故障工作时间鉴别比，即  $D_m = m_0/m_1$ 。

本表抄于 GB 5080.7 表 12 定时（定数）截尾试验方案。

表 C3  $C_1$  的  $C_v$  按实际失效数查用表

失效数 r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_1$	0.257	0.376	0.449	0.500	0.539	0.570	0.595	0.616	0.634	0.649
$C_v$	9.491	3.761	2.772	2.293	2.055	1.904	1.797	1.718	1.657	1.607
失效数 r	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$C_1$	0.633	0.675	0.686	0.690	0.705	0.713	0.720	0.727	0.734	0.740
$C_v$	1.567	1.553	1.504	1.478	1.456	1.437	1.419	1.404	1.390	1.377

本表抄于 ZBY 320 表 3。

### 举例

某批产品总数为 50 台，查表 C1，得到抽样数  $n = 5$ ，从表 C2 中选用 5:4 方案，按式 (10) 估算累积试验时间  $T_k$ 。

$$T_k = 1.1 \times 5 \times 1\ 200 = 6\ 600\text{h}$$

每台产品的平均受试时间为  $T_k/n = 1\ 320\text{h}$

每台产品的高、低温受试时间均不得少于 185h。

假设：试验过程中出现过两次失效，即  $r = 2$ ，截尾时间，按式 (11) 计算的累积试验时间是 660h。

按式 (12) 计算观测值： $m = 3\ 303\text{h}$

查表 C3 得  $M = 0.376$

按式 (13) 计算 MTBF 的置信下限  $m_L$ ：

$$m_L = 1238.6\text{h}$$

计算结果符合 4.15 的要求。