



中华人民共和国国家标准

GB/T 18341—2021

代替 GB/T 18341—2001

地质矿产勘查测量规范

Specifications of survey for geological and mineral resources exploration

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 3

 4.1 一般规定 3

 4.2 坐标系统和高程基准 3

 4.3 地形图基本要求 3

5 平面控制测量 4

 5.1 一般规定 4

 5.2 导线测量 5

 5.3 全球导航卫星系统(GNSS)测量 15

6 高程控制测量..... 21

 6.1 一般规定 21

 6.2 设计、选点、埋石 22

 6.3 水准测量 22

 6.4 电磁波测距高程导线测量 25

 6.5 GNSS 高程控制测量 26

 6.6 三角高程测量 27

 6.7 跨越障碍物的高程测量 28

 6.8 高程成果的检验和计算 29

7 地形测量..... 30

 7.1 一般规定 30

 7.2 图根测量 30

 7.3 测站点增补 33

 7.4 数字测图 34

 7.5 地形图测绘内容 34

 7.6 地形图修测 37

 7.7 地形图的拼接和检查 38

8 航空摄影测量..... 38

 8.1 一般规定 38

 8.2 航摄资料要求 38

 8.3 像片控制点布设 39

8.4	像片控制点测量	40
8.5	像片调绘	42
8.6	空中三角测量	43
8.7	数字高程模型(DEM)生产	43
8.8	数字正射影像图(DOM)生产	45
8.9	数字线划图(DLG)生产	45
8.10	低空摄影测量	46
9	地质勘探工程测量	49
9.1	一般规定	49
9.2	地形简测图测绘	51
9.3	勘探网测量	51
9.4	勘探线剖面测量	52
9.5	勘探坑道测量	54
9.6	定位测量	58
9.7	矿区勘界测量	59
10	地图编制	60
10.1	一般规定	60
10.2	地形图编绘	61
10.3	地理底图编绘	61
10.4	影像地理底图编绘	62
10.5	专题地图编绘	62
11	测绘资料整理与验收	62
11.1	观测成果记录与整理	62
11.2	检查验收	63
11.3	上交资料项目	63
11.4	数据提交要求	64
附录 A (规范性)	大地坐标系地球椭球基本参数	66
附录 B (规范性)	各等级平面控制点标志、标石及埋设规格	67
附录 C (资料性)	控制点点之记	73
附录 D (规范性)	方向观测法度盘配置表	76
附录 E (资料性)	GNSS 数据采集手簿	77
附录 F (规范性)	水准点标志、标石及埋设规格	79
附录 G (规范性)	水准测量观测记录内容与格式	82
附录 H (资料性)	地质勘探网(线)设计图(示例)	83
附录 I (资料性)	剖面测量成果(示例)	87
附录 J (资料性)	勘探线上工程点偏离距、投影距的计算(示例)	89
附录 K (资料性)	勘探线端点距勘探线与方格网交点距离的计算(示例)	90



附录 L (资料性) 剖面图的绘制 91

附录 M (资料性) 坑道连接测量..... 94

附录 N (资料性) 竖井高程传递 96

附录 O (资料性) 坑道测量平面图(示例) 98

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 18341—2001《地质矿产勘查测量规范》，与 GB/T 18341—2001 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了“术语”，删除了“地图复制”（见第3章，2001年版的第10章）；
- 修改了“总则”“平面控制测量”“高程控制测量”“地形测量”“航空摄影测量”“地质勘探工程测量”“地图编制”“测绘资料的整理与验收”等内容（见第4章～第11章，2001年版的第3章～第9章、第11章）；
- “平面控制测量”中删除了三角测量和边角组合测量技术方法，全球定位系统（GPS）测量扩展为 GNSS 测量，并增加了实时动态测量（RTK）、连续运行卫星定位参考系统（CORS）、精密单点定位（PPP）控制测量方法；“高程控制测量”中增加了 GNSS 高程测量（见 5.3、6.5，2001年版的 4.2.2、4.2.4、4.6、4.7.4、4.7.5、5.6、5.9.3）；
- “地形测量”中删除了三角锁、角度交会等方法布设图根点测量，删除了平板仪测图，增加了 RTK 平面和高程测量（见 7.1、7.2、7.3，2001年版的 6.1、6.2、6.3、6.4）；
- “航空摄影测量”中删除了精密立体测图仪、解析测图仪和机助立体坐标测量仪测图方法，增加了低空摄影测量，增加了数字高程模型、数字线划图和正射影像图制作，修改了像片调绘的内容（见 8.7、8.8、8.9、8.10，2001年版的 7.1～7.11）；
- “地质勘探工程测量”中删除了平板仪测图和光学经纬仪的使用要求，增加了 RTK 地形简测图的作业方法及要求（见 9.2，2001年版的 8.2）；
- “地图编制”删除了原图清绘、计算机制图内容，保留了“地图编绘”的相关内容，增加了地理底图编绘、影像地理底图编绘、专题地图编绘内容（见 10.1～10.5，2001年版的 9.1～9.4）；
- “测绘资料的整理与验收”中，针对规范技术方法的增删做了相应的变化，并增加了“数据提交要求”（见 11.3、11.4，2001年版的 11.3）。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口。

本文件起草单位：山东省地质测绘院、云南省地矿测绘院、湖南省地质测绘院、内蒙古自治区地质测绘院、青海省地矿测绘院、北京华星勘查新技术有限公司、山东省地质调查院、福建省地质测绘院、广东省地质测绘院。

本文件主要起草人：潘宝玉、杨润书、范存国、刘嘉、宋明春、王国文、于晖、马景金、殷兴青、傅文祥、王兴国、田京祥、张西恩、许传新、李国庭、刘同文、刘军、谢建春、张杏清、谢荣安、董景利、王德强、赵德良、谢晓峰、刘昊、李泺。

本文件于 2001 年首次发布，本次为第一次修订。

地质矿产勘查测量规范

1 范围

本文件规定了地质矿产勘查中平面控制测量、高程控制测量、地形测量、航空摄影测量、地质勘探工程测量、地图编制和测绘资料整理与验收的术语定义和基本要求。

本文件适用于地质矿产勘查专业进行控制测量、1:1 000~1:5 000 比例尺地形测量、地质勘探工程测量,并可供矿山设计及生产利用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅注日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 7931 1:500 1:1 000 1:2 000 地形图航空摄影测量外业规范
- GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范
- GB/T 13923 基础地理信息要素分类与代码
- GB/T 13977 1:5 000 1:10 000 地形图航空摄影测量外业规范
- GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号
- GB/T 16818 中、短程光电测距规范
- GB/T 17798 地理空间数据交换格式
- GB/T 19710 地理信息 元数据
- GB/T 20257.1 国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1 000 1:2 000 地形图图式
- GB/T 20257.2 国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5 000 1:10 000 地形图图式
- GB/T 23236 数字航空摄影测量 空中三角测量规范
- GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

全球导航卫星系统测量控制网 **global navigation satellite system survey control network**

GNSS 控制网 **GNSS control network**

使用全球导航卫星定位技术建设的测量控制网。

3.2

连续运行卫星定位参考系统 **continuously operating reference station system**

CORS 系统 **CORS system**

由多个连续运行的 GNSS-CORS 站及计算机网络、通信网络等组成,用于提供不同精度、多种方式定位服务的信息系统。

3.3

GNSS 高程测量 GNSS height survey

利用 GNSS 技术测得的大地高,结合测量点的高程异常值,获得该点的正常高。

3.4

实时动态测量 real time kinematic; RTK

利用全球卫星导航定位技术与数据通信技术相结合的载波相位实时动态差分定位技术,实时提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果。

3.5

单基准站 RTK 测量 single reference station for RTK surveying

只通过一个基准站,并通过数据通信技术接收基准站发布的载波相位差分改正参数进行的 RTK 测量。

3.6

网络 RTK 测量 network RTK

在一定区域内建立多个基准站,对该地区构成网状覆盖,并进行连续跟踪观测,通过这些站点组成卫星定位观测值的网络解算,获得覆盖该地区 and 某时间段内的 RTK 改正参数,用于对该区域 RTK 用户进行实时 RTK 改正的定位方式。

3.7

精密单点定位 precise point positioning; PPP

利用全球若干 GNSS 地面跟踪站的观测数据计算出的精密卫星轨道和卫星钟差,对单台 GNSS 接收机所采集的相位和伪距观测值进行定位解算。

3.8

低空摄影测量 low-altitude photogrammetry

采用 2 000 万像素以上框幅式小像幅数码相机和超轻型飞行平台或无人驾驶飞行平台进行的相对航高低于 2 000 m 的大比例尺航空摄影测量工作。

3.9

像对 stereo pair

从不同摄站获取的具有一定的重叠度、能够构成立体模型的一对影像。

注:像对是立体像对的简称。

3.10

地形简测图 topographic map of brief survey

具有与国家基本比例尺地形图相同的数学基础和图示表达方式,但制图精度要求低、要素综合尺度大、仅用于满足无适用地形图区域开展大比例尺地质填图需要的地形图。

3.11

地质勘探工程测量 prospecting engineering survey

为地质勘探工程的设计、布设、施工和地质点定位等所进行的,为地质勘查、地质勘探工程设计、实地定位及定线、指导掘进、编制地质报告和资源储量估算等提供资料的各种测量工作。

3.12

勘探基线 prospecting base line

在勘探工作中,根据矿体和地形状况在实地选定某一基点及其至某一方向的线段。

3.13

勘探线 line of exploration section

勘探工程布置在一组与矿体走向基本垂直的铅垂勘探剖面内,从而在地表构成一组相互平行(有时

也不平行)的直线。

3.14

勘探网 exploration grid

勘探工程布置在两组不同方向勘探线的交点上,构成网状的工程总体布置方式。

3.15

勘探坑道 exploratory tunnel

在勘探矿床时,为了揭露、追索和圈定矿体以及研究矿体地质所掘进的地下坑道。

注:地下勘探坑道按其空间位置不同分为水平、倾斜、垂直勘探坑道。

4 总则

4.1 一般规定

4.1.1 本文件取 2 倍中误差为最大误差。

4.1.2 在满足本文件成果成图精度的前提下,应首选对环境影响较小的技术方法,可采用本文件未列入的新技术、新方法,但应在技术设计中明确规定。

4.1.3 测量工作开始前,应根据任务要求,充分收集、分析测区有关资料,进行必要的现场踏勘,制定合理的技术方案。作业过程中应加强内、外业的质量检查。工作结束后应及时组织对成果、成图的检查验收,并做好测绘成果的资料整理和归档工作。

4.1.4 技术设计书应包含任务概述、作业区自然地理概况和已有资料情况、引用文件、成果主要技术指标和规格、技术设计方案、进度安排和经费预算、相关附录等内容。

4.1.5 技术总结通常由概述、技术设计执行情况、成果质量说明和评价、上交和归档的成果(或产品)及其资料清单四部分组成。

4.2 坐标系统和高程基准

4.2.1 平面坐标系采用 2000 国家大地坐标系,其参考椭球基本参数应符合附录 A 的要求。困难地区,当周围没有可供联测的国家坐标系控制点时,可采用全球卫星定位技术建立独立坐标系。

4.2.2 高程控制采用 1985 国家高程基准。困难地区可暂用独立高程系,当采用独立高程系时,应尽量与国家高程基准联测。

4.3 地形图基本要求

4.3.1 地形图分幅和编号

地形图分幅和编号应遵循以下规则:

- 地形图按 50 cm×50 cm 或 40 cm×50 cm 的正方形或矩形分幅;
- 地形图图幅以图廓西南角纵、横坐标值千米数编号,取至 0.1 km,如 4151.0—556.5;
- 带状或小面积测区,可在测区内按一定顺序进行编号;
- 1:5 000 比例尺测图面积大于 50 km² 时,其图幅的分幅和编号执行 GB/T 13989 的规定。

4.3.2 地形类别

地形图的地形类别按图幅范围内绝大部分的地面倾角划分,规定见表 1。

表 1 地形类别

单位为度

地形类别	平地	丘陵地	山地	高山地
地面倾角	<2	$2\sim6$	$6\sim25$	>25

4.3.3 基本等高距

基本等高距依据地形类别划分,规定见表 2。

一幅图内一般只采用一种基本等高距;当基本等高距不能显示地貌特征时,应加测间曲线,必要时可再加测助曲线。

表 2 基本等高距

单位为米

比例尺	平地	丘陵地	山地	高山地
1 : 1 000	0.5	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	2.0(2.5)	5.0	5.0
注:当所测制的基本比例尺地形图需缩小编绘时,可以使用表中括号内的基本等高距。				

4.3.4 地形图精度

4.3.4.1 图上地物点相对于邻近控制点的平面位置中误差,平地、丘陵地不超过图上 0.6 mm;山地、高山地不超过图上 0.8 mm。

4.3.4.2 图上等高线插求高程点相对于邻近控制点的高程中误差应符合表 3 的规定。当采用 0.5 m 等高距时,高程中误差不应超过 ± 0.25 m。

表 3 图上等高线插求高程点高程中误差限差

单位为米

地形类别	平地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差	$\leq 1/3 \times H$	$\leq 1/2 \times H$	$\leq 2/3 \times H$	$\leq 1 \times H$
注: H 为基本等高距。				

4.3.4.3 困难地区(大面积的森林、沙漠、戈壁、沼泽等)地物点的平面位置中误差按 4.3.4.1 放宽 0.5 倍,高程中误差按表 3 放宽 0.5 倍。特别困难地区,无法按本文件规定的正常方法施测时,其成图精度及施测方法可结合测区具体情况拟定技术规定,报上级主管部门批准后实施。

5 平面控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 平面控制网可采用 GNSS 控制测量和导线测量。测量方法的选择应根据测区面积、测图比例

尺、矿区发展远景及环境保护要求等因地制宜,做到技术可行、绿色环保、经济合理、确保质量。

5.1.2 平面控制网的设计,应充分搜集和分析有关资料,采用野外踏勘和图上设计相结合的方法,制定出经济、合理的布网方案。对有特殊要求的工程施工控制网,应在考虑起始数据精度的基础上,进行工程控制网的优化设计。

5.1.3 平面控制网的布设应遵循从整体到局部、分级布网的原则。其等级的划分,一般依次为三、四等和一、二级。各等级平面控制网,根据矿区的规模均可作为首级控制网。加密网视具体情况,可逐级加密布网、越级布网或同级扩展。

5.1.4 三、四等平面控制网中最弱相邻点的相对点位中误差应不超过±5 cm;一、二级平面控制网中最弱点相对于起算点的点位中误差应不超过±5 cm。

5.1.5 平面控制点的密度应保持在图上 500 mm~1 000 mm 的间隔内有一个点,且应能全面控制测区的范围。

5.1.6 三、四等控制网的平差计算应采用严密平差法,一、二级平面控制网可采用简易平差法。当一、二级平面控制网作为测区首级控制时,应采用严密平差法。

控制网的平差计算应采用功能齐全、经鉴定或工程验证过的程序。计算时,应对输入的数据进行认真核对。打印输出的平差成果应包括起算数据、方向表、边长、坐标、方向(或边长)改正数、单位权中误差、点位中误差、相对点位误差椭圆参数、边长相对中误差和方向中误差。

5.2 导线测量

5.2.1 导线和导线网的主要技术要求

5.2.1.1 各级导线的主要技术指标应符合表 4 的规定。

表 4 各级导线的主要技术指标

等级	导线长度 km	平均边长 km	每边测距 相对中误差	测角中误差 (")	导线全长 相对闭合差
三等	≤30	4	≤1/120 000	±1.8	≤1/60 000
四等	≤20	2	≤1/80 000	±2.5	≤1/40 000
一级	≤10	1	≤1/40 000	±5.0	≤1/20 000
二级	≤5	0.5	≤1/20 000	±10.0	≤1/10 000

5.2.1.2 各等级导线网的布设应符合下列要求:

- a) 导线宜布设成直伸等边形状,相邻边长之比不应超过 1 : 3。导线网用作首级控制时,宜布设成多边形格网;作为加密网时,可布设成单一附和导线、单结点或多结点导线网等形式。
- b) 导线网中结点与高级点间或结点与结点间的路线长度,不应大于表 4 导线长度的 0.7 倍。导线边数不应大于 10 条。
- c) 加密的一、二级导线,可布设无定向导线,无定向导线宜组成结点网。

5.2.2 选点、埋石

5.2.2.1 选点时应充分利用已有点位,并顾及点位分布均匀、构网图形良好。

5.2.2.2 各等级平面控制点的位置应符合下列基本要求:

- a) 相邻点之间应通视良好,观测视线距地面障碍物的距离,三、四等网应在 1.5 m 以上,一、二级网应在 0.5 m 以上,并保证成像清晰、便于观测;

- b) 点位应选在土质坚实的地方或坚固稳定的建筑物顶面上,便于埋设标石、标志和观测,并能永久保存;
- c) 三、四等点应取村名、山名、地名作为点名,并应于实地调查确定。一、二级点的点名可采用编号方法。

5.2.2.3 控制点应按附录 B 的要求埋设永久性标石(标志)。控制点标石一般用混凝土灌制,有条件的地区也可用相同规格的坚硬石料代替。

三、四等点一般埋设双层标石,困难地区可埋设单层标石。在较发达地区,控制点密度较大,新建四等控制点也可埋设经加固的单层标石。与旧点重合的控制点,应尽量利用原标石,若原标石只有一层,但坚固完整者,可直接利用。

一、二级点一般埋设单层标石,位于铺装路面上的一、二级点,可采用其他能长期保存、坚固稳定的标志代替埋设标石、标志。

5.2.2.4 控制点的标石埋设应符合下列要求:

- a) 埋设双层标石时,两层标志中心应严格地在同一铅垂线中,最大偏差不应大于 3 mm,并应精确量取各层标志面间的垂直距离(取至厘米)。
- b) 重埋标石时,要确保所埋设新标石的标志中心与原标志中心在同一铅垂线中,偏差不应超过 3 mm,并精确量算出新、旧标志面之间的高差(取至厘米),重埋情况应通知原埋石单位。
- c) 在控制点标石的柱石和盘石顶面中央均嵌入一个瓷质或金属标志,标志需安放端正,粘接牢固。
- d) 埋设标石时,应将坑底填以砂石,捣固夯实,然后埋下盘石和柱石。标石埋稳后,周围的土应夯实,以防标石倾斜和位移。

5.2.2.5 各等级控制点埋石结束后,均应绘制较详细的点之记。各等级点之记绘制规格参见附录 C。

5.2.3 水平角观测

5.2.3.1 各等级导线水平角观测的技术要求应符合表 5 的规定。

表 5 各等级导线水平角观测的技术要求

等级	测回数			$\Delta_{\text{限}}$ (")	方位角闭合差限差 (")
	J_1	J_2	J_6		
三等	10	12	—	3.5	$3.6\sqrt{n}$
四等	6	10	—	5.0	$5\sqrt{n}$
一级	—	4	6	10.0	$10\sqrt{n}$
二级	—	2	4	20.0	$20\sqrt{n}$

注: n 为测站数; $\Delta_{\text{限}} = [\text{左角}]_{\text{中}} + [\text{右角}]_{\text{中}} - 360^\circ$ 。

5.2.3.2 在观测时应以奇数测回和偶数测回(各为总测回数的一半)分别观测导线前进方向的左角和右角。观测右角时,仍以左角起始方向为准变换度盘位置。

5.2.3.3 导线点观测方向多于两个时,应按方向观测法观测。

5.2.3.4 水平方向观测的技术要求及方向法观测的各项限差应符合表 6 的规定。当照准方向的垂直角度超过 $\pm 3^\circ$ 时,该方向的 $2c$ 互差可按同一时段内的相邻测回进行比较,其限差按表 6 执行。按此方法比较应在手簿中注明。

表 6 水平方向观测的技术要求及方向法观测的各项限差

项目	三等		四等		一级		二级	
	J ₁	J ₂	J ₁	J ₂	J ₂	J ₆	J ₂	J ₆
半测回归零限差/(″)	6	8	6	8	12	24	12	24
一测回内 2c 互差限差/(″)	9	13	9	13	13	—	13	—
同一方向值各测回互差限差/(″)	6	9	6	9	12	24	12	24

5.2.3.5 用于水平方向观测的仪器应进行下列项目检校：

- a) 照准部水准器的检校；
- b) 光学对点器的检校；
- c) 视准轴误差(2c)的测定；
- d) 水平轴不垂直于垂直轴之差的测定；
- e) 照准部旋转时仪器底座位移而产生的系统误差的检验；
- f) 补偿器补偿范围的测定；
- g) 补偿器补偿精度的测定。

5.2.3.6 水平方向观测前的准备工作应符合下列要求：

- a) 在土质松软的地面观测时，应采取打脚桩或其他措施，保证脚架稳固；
- b) 整置仪器，按选点图找好观测方向，辨认照准目标附近的地形特征，并检查视线旁离障碍物的距离是否合乎要求；
- c) 方向观测要选择一个距离适中、通视良好、成像清晰的方向作为零方向；
- d) 水平方向各测回间应将度盘位置变换一个角度，其计算公式如式(1)：

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m}(j-1) + i(j-1) + \frac{\omega}{m}\left(j - \frac{1}{2}\right) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- σ —— 度盘位置；
- m —— 测回数；
- j —— 测回序号(j=1,2,.....m)；
- i —— 水平度盘最小间隔分划值。J₁ 型为 4′, J₂ 型为 10′；
- ω —— 测微器格数。J₁ 型为 60 格, J₂ 型为 600″。

- e) 一、二级导线点水平方向观测时，度盘变换位置可按式(2)计算：

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m}(j-1) + i(j-1) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- σ —— 度盘位置；
- m —— 测回数；
- j —— 测回序号(j=1,2,.....m)；
- i —— 水平度盘最小间隔分划值。J₁ 型为 4′, J₂ 型为 10′。

5.2.3.7 各等级水平方向观测均应在通视良好，成像清晰稳定时进行。晴天的日出、日落和中午前后，若成像模糊或跳动剧烈时不应进行观测。全部测回可以在一个时间段内完成。

5.2.3.8 观测开始前，应根据观测目标调整好望远镜的焦距，在一个测回内要保持不变。

5.2.3.9 水平方向观测采用方向观测法。当方向数不多于 3 个时,可不归零。方向观测法一测回的操作程序如下:

- a) 将仪器照准零方向目标,按附录 D 观测度盘表配置度盘;
- b) 顺时针方向旋转照准部 1 周~2 周后精确照准零方向目标进行水平读数;
- c) 顺时针方向旋转照准部,精确照准 2 方向目标读数;顺时针方向旋转照准部依次进行 3、4、…、 n 方向的观测,最后闭合至零方向;
- d) 纵转望远镜,逆时针方向旋转照准部 1 周~2 周后,精确照准零方向目标进行水平读数;
- e) 逆时针方向旋转照准部,按上半测回观测的相反次序依次观测至零方向。

5.2.3.10 在观测过程中,仪器不应受日光直射,气泡中心位置偏离整置中心不应超过 1 格。当气泡位置偏离接近 1 格时,应在测回间重新整置仪器。有纵轴倾斜传感器校正的全站仪可不受此限。

5.2.3.11 观测时仪器转动应平稳、匀称。用望远镜垂直丝精确照准目标时,应将目标置于水平丝附近,照准各方向目标应在相同位置。使用微动螺旋照准目标时,最后旋动螺旋的方向应为旋进。

5.2.3.12 当方向总数超过 7 个时,应分两组观测。每组方向数应大致相等,且要包括两个共同方向(其中一个为共同零方向)。两组观测的两个共同方向间的角值互差不应超过本等级测角中误差的两倍。两组观测结果分别取中数。分组观测的最后结果按等权进行测站平差。

5.2.3.13 当观测方向多于 3 个,在观测过程中若个别方向目标不清晰时,可先放弃,待清晰时补测,一测回中放弃的方向数不应超过方向总数的 $1/3$ 。放弃方向补测时,可只联测零方向。放弃方向的补测,应在原基本测回测完后进行。如全部基本测回测完,有的方向尚未观测过,对这些方向的观测,则应按分组观测处理。

5.2.3.14 三、四等导线观测,当垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时,每测回应重新整置仪器,使水准气泡居中,或者在观测过程中读定水准器,加入垂直轴倾斜改正。

5.2.3.15 在高等点上设站观测低等方向时,应联测两个高等方向,且宜是与低等方向构成图形的高等方向。在已经观测过的点上第二次设站观测时,应联测两个已测方向。一个点上同时或同人不同时进行不同等级观测时,如能确保照准的高等方向正确无误,则在低等观测时可只联测一个通视良好、成像清晰的高等方向。联测高等方向夹角的观测值和原观测值(查不到原观测成果,则可用坐标反算值)之差不应超过: $\pm 2\sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ (式中 m_1 、 m_2 为相应的新、旧成果等级规定的测角中误差)。

5.2.3.16 水平方向观测成果的重测和取舍要求:

- a) 凡超出本文件规定限差的结果,应进行重测。重测测回应在基本测回完成后进行。
- b) 因对错度盘、测错方向、读记错误、上半测回归零差超限、碰动仪器、气泡偏离过大或其他原因而放弃未测完的测回,均可立即重新观测、而不算做重测测回。
- c) 因 2c 互差或各测回方向值互差超限时,应重测超限方向并测零方向。因测回互差超限而重测时,除明显孤值外,原则上应重测观测结果中最大和最小值的测回。
- d) 零方向的 2c 较差或下半测回的归零差超限,该测回应重测。方向观测法一测回中,重测方向数超过所测方向总数的 $1/3$ 时(包括观测三个方向有一个方向重测),该测回应重测。
- e) 在一个测站上,基本测回重测的方向测回数超过全部方向测回数的 $1/3$ 时,应整站重测。
- f) 方向观测法重测数的计算:在基本测回观测结果中,重测一个方向,算作一个方向测回;一测回中有两个方向重测,算做两个方向测回;因零方向超限而全测回重测,算做 $(n-1)$ 个方向测回。一份成果的全部方向测回总数为 $(n-1) \cdot m$ (式中 n 为该站方向总数, m 为测回数)。
- g) 方向重测时只需联测零方向。
- h) 基本测回结果和重测测回结果,应载入手簿。重测测回与基本测回结果不取中数,每一测回只采用一个符合限差的结果。

- i) 因方位角条件自由项超限而重测时,应进行认真分析,择取有关测站整站重测。
- j) 水平方向观测记录及计算取位应符合表 7 的规定。

表 7 水平方向观测记录及计算取位

等级	仪器	读数	和或中数 (")	记簿计算 (")	测回中数 (")	方位角闭合差 (")
三、四等	J ₁	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	J ₂	1				
一、二级	J ₂	1	1	1	1	1
	J ₆	6				

5.2.4 距离测量

- 5.2.4.1 各等级平面控制网的边长,均采用相应精度的电磁波测距仪测定。
- 5.2.4.2 测距仪的精度分级,依测距仪出厂时的标称精度,按 1 km 测距中误差划分为两级:

- I 级: $m_D \leq 5 \text{ mm}$
- II 级: $5 \text{ mm} < m_D \leq 10 \text{ mm}$

测距中误差 m_D 按式(3)计算:

$$m_D = \pm (a + b \cdot D) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- m_D ——每 1 km 测距中误差,单位为毫米(mm);
- a ——标称精度中的固定误差,单位为毫米(mm);
- b ——标称精度中的比例误差系数,单位为毫米每千米(mm/ km);
- D ——测距边长度,单位为千米(km)。

5.2.4.3 新购置的测距仪需作下列检视:

- a) 仪器的附件、配件是否齐全,有无损坏、霉变、变形现象;
- b) 仪器的各个旋钮、按钮是否灵活、有效;
- c) 按仪器说明书规定的操作步骤,通电检查仪器的功能。

5.2.4.4 新购置的或经过修理的测距仪,需作下列检验:

- a) 幅相误差的检验;
- b) 周期误差的检验;
- c) 精测频率的检验;
- d) 内部符合精度的检验;
- e) 加常数和乘常数的测定;
- f) 反射棱镜常数的测定;
- g) 测程的检验。



5.2.4.5 测距仪附件及气象仪表需作下列检验:

- a) 光学对点器的检校;
- b) 对中杆的检校;
- c) 气象仪表的检校。

5.2.4.6 仪器的测角部分应按 5.2.3.5 的规定项目进行检验。

5.2.4.7 各等级边长测量的主要技术要求应符合表 8 的规定。

表 8 各等级边长测量的主要技术要求

导线网等级	仪器等级	时间段	每一时间段测回数	备注
三、四等	I、II	2	4	当四等导线边长小于 2 km 时， 可观测一个时间段
一、二级	I、II	1	2	
注 1：用往返测量代替不同时间段测量。时间段指上午、下午、夜间和不同的白天。				
注 2：一测回指照准目标一次，读数四次。自定取平均值的仪器，每进行一次平均值测量为一测回。				

5.2.4.8 各级测距仪观测结果的各项较差，不应大于表 9 的规定。不同时间段(或往返)测量的较差，应将斜距化算到同一高程面上进行比较。

表 9 各级测距仪观测结果的各项较差限差

单位为毫米

仪器等级	一测回读数较差	测回间较差	不同时间段或往返较差
I	5	7	$\sqrt{2}(a+b \cdot D)$
II	10	15	

5.2.4.9 气象数据的测定应符合表 10 的规定。

表 10 气象数据的测定要求

等级	最小读数		测定时间	气象数据的取用
	温度/℃	气压/Pa		
三、四等网边长	0.2	50(或 0.5 mmHg)	一测站同时间段观测的始末	测边两端平均值
一、二级网边长	0.5	100(或 1 mmHg)	每边观测的开始	测站端的数据

5.2.4.10 利用天顶距计算高差和平距时，三、四等网边长和天顶距应对向观测，一、二级网可在一端测定边长和天顶距。天顶距观测应符合 6.6 的规定。

5.2.4.11 观测时间的选择应符合下列规定：

- 应在大气稳定、成像清晰的气象条件下观测，晴天日出后与日落前半小时内不宜观测，中午可根据地区、季节和气象情况留有适当的间歇时间；
- 在雷雨前后、大雾、大风、雨雪天气及大气透明度很差的情况下不应作业。

5.2.4.12 距离测量作业应符合下列规定：

- 测距前应先检查电池电压是否符合要求。测距仪应有一定的预热时间，使之与外界温度相适应。观测时，应用“电照准”获得最佳回光信号。
- 晴天作业时应给仪器打伞遮阳，主要电子附件也应避免曝晒。严禁将仪器照准头对向太阳，亦不宜顺光、逆光观测。在顺光观测时，当阳光与测线夹角小于 30°时，也应给棱镜打伞遮光。
- 应按仪器性能及距离选用棱镜组合，作业时使用的棱镜宜与检验时使用的棱镜一致。
- 仪器和棱镜应严格对中，仪器及棱镜高量至毫米。
- 测距时，应暂停无线电通话。仪器和棱镜架设后，应有专人管护。

5.2.4.13 气象元素的测定应符合下列要求：

- a) 测距前,应先打开干湿温度表和气压表,使其与周围温度一致;
- b) 气压表应放置水平,防止曝晒,读数前要轻轻敲击气压表盖,防止指针搁滞;
- c) 温度表应悬挂在与测距视线同高、不受阳光辐射影响且通风良好的地方。自动通风干湿温度表和手摇干湿温度表应按规定的要求正确使用。

5.2.4.14 观测成果的重测和取舍要求:

- a) 凡超出表 9 限差的观测成果,均须重测;
- b) 当一测回中读数较差超限时,可重测一个读数,若重测后读数较差仍超限,该测回重测;
- c) 测回间较差超限时,应重测一测回,若重测后仍超限,该时间段重测;
- d) 不同时间段(或往返测)较差超限时,应重测一个时间段的全部测回。

5.2.5 导线测量数据处理

5.2.5.1 测距仪观测的斜距 S ,应进行气象改正、加常数改正、乘常数改正、周期误差改正及仪器说明书中规定的其他改正,求得改正后的倾斜距离 S_0 。进行加常数、乘常数及气象改正时,可按测边的精度要求和测距仪的性能在仪器中预置改正或计算改正。自动进行气象改正的测距仪,在进行三、四等边长测量时,如果气象改正系统精度低于 $D \times 10^{-6}$,应采用计算方法改正。

- a) 气象改正数按式(4)计算:

$$\Delta D_n = (n_0 - n) \cdot S \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- ΔD_n ——气象改正数,单位为米(m);
- n_0 ——仪器气象参考点的群折射率;
- n ——作业时气象条件下的群折射率;
- S ——距离观测值,单位为米(m)。

气象改正数也可利用仪器说明书中提供的精确公式、计算图表或计算盘进行计算。

- b) 周期误差改正数按式(5)计算:

$$\Delta D_A = A \sin\left(\varphi_0 + \frac{2S}{\lambda} \times 360^\circ\right) \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- ΔD_A ——周期误差改正数,单位为毫米(mm);
- A ——周期误差振幅,单位为毫米(mm);
- φ_0 ——周期误差的初相角,单位为度($^\circ$);
- S ——距离观测值,单位为米(m);
- λ ——测距仪精测调制频率波长,单位为米(m)。

当 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。

- c) 测距仪加常数和乘常数改正数按式(6)、式(7)计算:

加常数改正数:

$$\Delta D_c = C \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- ΔD_c ——测距仪加常数改正数,单位为毫米(mm);
- C ——测距仪的加常数,单位为毫米(mm)。

乘常数改正数:

$$\Delta D_R = R_c \cdot S \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

ΔD_R ——测距仪乘常数改正数,单位为毫米(mm);

R_c ——测距仪的乘常数,单位为毫米每千米(mm/km);

S ——距离观测值,单位为千米(km)。

5.2.5.2 测距边水平距离 D 可利用测边两端点间的高差或天顶距计算:

- a) 利用测距仪中心与反光镜中心的高差 h 计算,见式(8):

$$D = \sqrt{S_0^2 - h^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

D ——测距边水平距离,单位为米(m);

S_0 ——经各项改正后的斜距,单位为米(m);

h ——测距仪中心与反光镜中心的高差,单位为米(m)。

- b) 边长往返测量时,可利用各相应的天顶距按式(9)进行平距计算,然后取平均数。利用单方向的天顶距 Z 计算:

$$D = S_0 \cdot \sin(Z - \Delta Z'') \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\Delta Z'' = \frac{(1 - k) \cdot S_0 \cdot \sin z}{2R} \times \rho''$$

式中:

D ——测距边水平距离,单位为米(m);

S_0 ——经各项改正后的斜距,单位为米(m);

Z ——天顶距,单位为度(°);

$\Delta Z''$ ——天顶距球气差改正值,单位为秒(");

k ——当地的大气折光系数;

R ——测区地球平均曲率半径,单位为米(m);

ρ'' ——常数,206 265"。

5.2.5.3 当观测数据中含有偏心观测成果时,应进行归心改正计算:

- a) 当偏心距 $e \leq 0.4$ m 时,按式(10)计算:

$$D = D_e - e_1 \cdot \cos \theta_1 - e_2 \cos \theta_2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

D ——测距边水平距离,单位为米(m);

D_e ——偏心观测的水平边长;单位为米(m);

e_1 ——测站的偏心距;单位为米(m);

θ_1 ——测站的偏心角;单位为度(°);

e_2 ——镜站的偏心距;单位为米(m);

θ_2 ——镜站的偏心角,单位为度(°)。

- b) 当偏心距 $e > 0.4$ m 时,按式(11)计算:

$$D = \sqrt{D_e^2 + e^2 - 2D_e \cdot e \cdot \cos \theta} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

D ——测距边水平距离,单位为米(m);

D_e ——偏心观测的水平边长;单位为米(m);

e ——测站的偏心距;单位为米(m);

θ ——测站的偏心角,单位为度($^{\circ}$)。

5.2.5.4 测距边水平距离 D 投影至参考椭球面的计算:

a) 三、四等及一级网边长按式(12)计算:

$$D_0 = D - \frac{H_m + h_m}{R_A + H_m + h_m} \cdot D \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

D_0 ——测距边水平距离 D 投影至参考椭球面的边长,单位为米(m);

D ——测距边水平距离,单位为米(m);

H_m ——测距边高出大地水准面的平均高程,单位为米(m);

h_m ——测距边所在的大地水准面高出参考椭球面的高度(由全国高程异常图上查取),单位为米(m);

R_A ——沿测线方向参考椭球面法截弧的曲率半径,按式(13)计算,单位为米(m);

$$R_A = R_m \left(1 - \frac{e'^2}{2} \cdot \cos^2 B \cdot \cos 2A \right) \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

R_m ——参考椭球面测距边中点的平均曲率半径,单位为米(m);

e' ——参考椭球的第二偏心率;

B ——测距边中点大地纬度,单位为度($^{\circ}$);

A ——测距边的大地方位角,单位为度($^{\circ}$)。

b) 二级网边长可以用式(14)计算:

$$D_0 = D - \frac{H_m + h_m}{R_m} \cdot D \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

D_0 ——测距边水平距离 D 投影至参考椭球面的边长,单位为米(m);

D ——测距边水平距离,单位为米(m);

H_m ——测距边高出大地水准面的平均高程,单位为米(m);

h_m ——测距边所在的大地水准面高出参考椭球面的高度(由全国高程异常图上查取),单位为米(m);

R_m ——参考椭球面上测边中点或测区中心处的平均曲率半径,单位为米(m)。

5.2.5.5 归算到任意高程面的边长按式(15)计算:

$$D_s = D - \frac{H_m - H_0}{R_A + H_m} \cdot D \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

D_s ——测距边水平距离归算到任意高程面的边长,单位为米(m);

D ——测距边水平距离,单位为米(m);

H_m ——测距边高出大地水准面的平均高程,单位为米(m);

H_0 ——边长归算高程面的高程,单位为米(m);

R_m ——任意高程面上测边中点的平均曲率半径,单位为米(m)。

二级网边长归算时可以用 R_m 代替 $(R_A + H_m)$ 。

5.2.5.6 归算到高斯平面上的边长按式(16)计算:

$$D_G = D_0 + \frac{Y_m^2}{2R_m^2} \cdot D_0 \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中:

D_G ——归算到高斯平面上的边长,单位为米(m);

D_0 ——测距边水平距离 D 投影至参考椭球面的边长,单位为米(m);

Y_m ——测边两端点近似横坐标中数,单位为米(m);

R_m ——参考椭球面上测边中心的平均曲率半径,单位为米(m)。

5.2.5.7 各等级边长可按仪器标称精度公式(3)计算测距中误差,进行一般精度衡量,单向观测的边长进行较精确的精度评定,按 GB/T 16818 有关条款执行;对向观测的边长精度评定按式(17)~式(19)计算。

a) 一次测量的观测值中误差计算:

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

m_0 ——一次测量的观测值中误差,单位为毫米(mm);

d ——化算至同一高程面的对向观测边水平距离之差,单位为毫米(mm);

n ——对向观测差值的个数。

b) 对向观测平均值的中误差计算:

$$m_D = \pm \frac{m_0}{\sqrt{2}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

m_D ——对向观测平均值的中误差,单位为毫米(mm);

m_0 ——一次测量的观测值中误差,单位为毫米(mm);

d ——化算至同一高程面的对向观测边水平距离之差,单位为毫米(mm);

n ——对向观测差值的个数。

c) 边长相对中误差计算:

$$\frac{1}{T} = \frac{m_D}{D} = \frac{1}{D/m_D} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

T ——边长相对中误差分母;

m_D ——对向观测平均值的中误差,单位为毫米(mm);

D ——测距边水平距离,单位为米(m)。

5.2.5.8 导线网水平角观测测角中误差应符合表 4 的规定。测角中误差可按下列两种方法计算:

a) 根据测站圆周角闭合差计算测角中误差,见式(20):

$$m_\beta'' = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

m_β'' ——测角中误差,单位为秒(");

Δ ——测站圆周角闭合差,单位为秒(");

n —— Δ 的个数。

b) 根据导线方位角闭合差计算测角中误差,见式(21):

$$m_\beta'' = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_\beta f_\beta'}{n} \right]} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中：

- m''_{β} ——测角中误差,单位为秒(");
- f_{β} ——附和导线或闭合导线环的方位角闭合差,单位为秒(");
- N —— f_{β} 的个数;
- n ——计算 f_{β} 时的测站数。

5.2.5.9 方位角条件自由项的限差,按式(22)计算：

$$W_{f_j} = \pm 2 \sqrt{n \cdot m''_{\beta}^2 + m''_{a1}^2 + m''_{a2}^2} \dots\dots\dots (22)$$

式中：

- $W_{方}$ ——方位角条件自由项的限差,单位为秒(");
- n ——推算路线所经过的测站数;
- m''_{β} ——测角中误差,单位为秒(");
- $m''_{a1}、m''_{a2}$ ——起始方位角中误差,单位为秒(")。

5.2.5.10 图形条件自由项的限差,按式(23)计算：

$$W_{图} = \pm 2 m''_{\beta} \sqrt{n} \dots\dots\dots (23)$$

式中：

- $W_{图}$ ——图形条件自由项的限差,单位为秒(");
- m''_{β} ——相应等级导线规定的测角中误差,单位为秒(");
- n ——闭合图形的内角个数。

5.3 全球导航卫星系统(GNSS)测量

5.3.1 精度分级

5.3.1.1 GNSS 控制网按相邻点间的距离和点位精度要求划分为三、四等和一级、二级。RTK 平面控制测量按精度划分为一级、二级。RTK 测量控制点不应作为测区首级控制。

5.3.1.2 各等级 GNSS 控制网相邻点间弦长精度按式(24)表示：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- σ ——标准差(即基线向量的弦长中误差),单位为毫米(mm);
- a ——固定误差,单位为毫米(mm);
- b ——比例误差系数,单位为毫米每千米(mm/km);
- d ——相邻点间距离,单位为千米(km)。

5.3.1.3 各等级 GNSS 控制网的主要技术指标应符合表 11 的规定。



表 11 各等级 GNSS 控制网的主要技术指标

等级	平均边长 km	固定误差 a mm	比例误差系数 b mm/km	最弱边相对中误差
三等	8	≤5	≤2	1/80 000
四等	5	≤10	≤5	1/45 000
一级	2	≤10	≤5	1/20 000

表 11 各等级 GNSS 控制网的主要技术指标 (续)

等级	平均边长 km	固定误差 a mm	比例误差系数 b mm/km	最弱边相对中误差
二级	<1	≤10	≤5	1/10 000
注: a 表示固定误差; b 表示比例误差系数。				

5.3.2 布网原则

5.3.2.1 GNSS 控制网的布设应根据测区实际需要、技术条件和成果资料、预期达到的精度、测区自然地理及交通状况等,按照优化设计原则进行。在 CORS 系统覆盖的区域,可不进行控制测量,直接用 CORS 系统进行地形图测量或地质工程测量。

5.3.2.2 GNSS 控制网宜由一个或若干个异步观测环构成,也可采用附和线路的形式构成。各等级 GNSS 控制网中每个异步环或附和线路中的边数应符合表 12 的规定。

表 12 各等级 GNSS 控制网中每个异步环或附和线路中的边数要求

等级	三等	四等	一级	二级
异步环或附和线路的边数/条	≤8	≤10	≤10	≤10

5.3.2.3 三、四等网相邻点最小边长不宜小于平均边长的 $1/2$,最大边长不宜超过平均边长的 2 倍。一、二级网最大边长可在平均边长的基础上放宽 1 倍,当边长小于 200 m 时,边长中误差应小于 ±2 cm。

5.3.2.4 GNSS 控制网的点与点之间不要求通视,但为方便常规测量方法加密时应用,每点至少有一个以上通视方向(包括与同等级以上国家控制点通视)。

5.3.2.5 布设 GNSS 控制网时,应联测附近已有的国家 GNSS 控制点和高等级平面控制点,联测点数一般不应少于 3 个,困难地区不应少于 2 个,并应均匀分布于网内。附近有 CORS 系统的,提供的观测数据可作为各等级 GNSS 控制网点的起算依据。

5.3.2.6 RTK 平面控制测量可采用单基准站 RTK 测量和网络 RTK 测量两种方法进行。在有条件采用网络 RTK 测量的区域,宜优先采用网络 RTK 测量。

5.3.2.7 在特别困难地区,可采用精密单点定位 (PPP) 方法来测定起算点的起算数据。

5.3.3 选点、埋石



5.3.3.1 点位应选在视野开阔、便于安置接收设备和操作的地方,视场内障碍物的高度角不宜大于 15° 。

5.3.3.2 点位应远离大功率无线电发射源(如电台、电视台、微波站等),其距离不应小于 200 m;远离高压输电线,其距离不应小于 50 m。

5.3.3.3 点位附近不应有强烈干扰接收卫星信号的物体,并应尽量避开大面积水域。

5.3.3.4 点位应选在基础稳定、利于长期保存、交通方便、施测安全以及便于用其他测量手段进行扩展和联测的地方。

5.3.3.5 GNSS 点按相应等级埋设标石。GNSS 点的埋石应符合 5.2.2.4 的要求。

5.3.3.6 对符合要求的已有控制点,经检查点位稳定可靠的,宜充分利用。

5.3.4 数据采集与记录

5.3.4.1 各等级 GNSS 控制网的数据采集应选用双频或单频 GNSS 接收机,其标称精度应不低于表 11 的规定;同步数据采集的接收机数,三、四等应不少于 4 台,一、二级应不少于 3 台。

5.3.4.2 数据采集使用的 GNSS 接收机应送相应的仪器检定机构检定合格方能使用。对于常规检验项目,作业人员应经常进行校准。

5.3.4.3 各等级 GNSS 测量作业的主要技术要求应符合表 13 的规定。在低纬度地区不宜采用快速静态模式进行数据采集。

表 13 各等级 GNSS 测量作业的主要技术要求

项 目	数据采集模式	等 级			
		三等	四等	一级	二级
卫星高度角/(°)	静态	≥15	≥15	≥15	≥15
	快速静态	—	—	≥15	≥15
有效数据采集同类卫星数/个	静态	≥4	≥4	≥4	≥4
	快速静态	—	—	≥5	≥5
平均重复设站数/次	静态	≥2.0	≥1.6	≥1.6	≥1.6
	快速静态	—	—	≥1.6	≥1.6
时段长度/min	静态	≥60	≥45	≥45	≥45
	快速静态	—	—	≥15	≥15
采样间隔/s	静态	10~30	10~30	10~30	10~30
	快速静态	—	—	5~15	5~15
PDOP 值	静态	<6	<6	<6	<6
	快速静态	—	—	<8	<8

5.3.4.4 天线安置需严格对中,对中误差不大于 2 mm。天线高应在每时段数据采集前后各量取一次,量至毫米,两次量高较差不应超过±3 mm,取平均值作为最后天线高。

5.3.4.5 各数据采集小组应确保各 GNSS 站数据采集时间同步。

5.3.4.6 数据采集手簿应现场记录各项数据,且应连续编印页码并装订成册,不应缺损。GNSS 数据采集手簿格式参见附录 E。

5.3.4.7 将接收机内存数据文件转存到其他介质上时,不应进行任何删除或修改,严禁对所采集的原始数据实施重新加工。

5.3.4.8 外业工作结束后,应及时对基线解算质量进行检核(检核的项目和限值见 5.3.5),当发现有成果超限时,应分析原因后对有关站点重新采集数据。平差计算时,重新采集的成果与原成果不取中数,只采用符合限差的结果。

5.3.4.9 RTK 测量时,GNSS 卫星状况应符合表 14 的规定。

表 14 GNSS 卫星状况的基本要求

观测窗口状态	15°以上的卫星个数	PDOP 值
良好	≥ 6	< 4
可用	5	< 6
不可用	< 5	≥ 6

5.3.4.10 RTK 平面控制测量宜选用固定误差不超过 10 mm,比例误差系数不超过 2 mm/km 的双频接收机。

5.3.4.11 RTK 平面控制点测量的主要技术要求应符合表 15 的规定。

表 15 RTK 平面控制点测量的主要技术要求

等级	相邻点间 平均边长 m	点位中误差 cm	边长相对中误差	起算点等级	与基准站间的距离 km	测回数
一级	1 500	± 5	$\leq 1/20\,000$	四等及以上	≤ 5	≥ 4
二级	800	± 5	$\leq 1/10\,000$	一级及以上	≤ 5	≥ 3
注 1: 网络 RTK 测量可不受起算点等级、流动站到单基准站间距离的限制。 注 2: 相邻点间距离小于该等级平均边长的 1/2 时,边长较差不大于 2 cm。 注 3: 点位中误差指控制点相对于最近基准站的误差。						

5.3.4.12 经度、纬度记录取位应到 0.000 01",平面坐标记录取位到 0.001 m,天线高量至 0.001 m。

5.3.4.13 坐标系转换参数应符合下列规定:

- 已有转换参数时,可直接输入;
- 已有 3 个以上同时具有地心和参心坐标系的高等级控制点成果时,可直接将坐标输入数据采集器,求解转换参数;
- 已有 3 个以上参心坐标系的控制点成果时,可采用直接输入参心坐标,在控制点上采集地心坐标,求解转换参数;
- 计算转换参数的控制点应分布均匀,且能控制整个测区;
- 平面坐标转换的残差绝对值应不超过 2 cm。

5.3.4.14 RTK 平面控制点测量基准站的设置应符合下列规定:

- 自设基准站应设置在高等级控制点上;
- 基准站的卫星截止高度角设置不应低于 10°;
- 选择无线电台通信方法时,数据传输工作频率应按约定的频率进行设置;
- 应正确设置随机软件中相应的仪器类型、电台类型、电台频率、天线类型、数据端口、蓝牙端口等设备参数;
- 应正确输入基准站坐标、数据单位、尺度因子、投影参数和坐标转换参数等有关参数;
- 基准站数据采集手簿格式参见附录 E。

5.3.4.15 RTK 平面控制点测量流动站的设置应符合下列规定:

- 观测开始前应对仪器进行初始化,并得到固定解。当时间超过 5 min 仍不能获得固定解时,宜断开通信链路,再次进行初始化;
- 开始作业或重新设置基准站后,应至少在一个已知点上进行检核,平面坐标分量较差不应大于

7 cm;

- c) 测回间应对仪器重新进行初始化,测回间的时间间隔应大于 60 s;
- d) 流动站测量时应采用三脚架对中、整平,每测回采集历元数不少于 20 个,采样间隔 2 s~5 s,各历元采集的平面坐标分量较差不应大于 4 cm,取平均值作为一测回的结果;
- e) 测回间的平面坐标分量较差不应超过 2 cm,取各测回结果的平均值作为最终观测成果。

5.3.4.16 RTK 控制测量外业数据采集记录采用仪器存贮设备,记录项目及输出成果包括下列内容:

- a) 转换参考点的点名(号)、转换参数、残差;
- b) 基准站、流动站的点名(号)、天线高、数据采集时间;
- c) 基准站发送给流动站的基准站地心坐标、地心坐标的增量;
- d) 流动站的平面和高程收敛精度;
- e) 流动站的地心坐标、平面和高程成果。

采用网络 RTK 时,a)~d)项可根据项目要求内容提供。

5.3.4.17 精密单点定位(PPP)数据采集应不少于 2 个时段,时段间隔应不小于 2 h,时段长应不少于 60 min,数据采样间隔为 10 s~30 s。同类卫星数不少于 5 颗,PDOP 值不大于 4,卫星高度角大于 15°。

5.3.5 GNSS 观测数据处理

5.3.5.1 GNSS 控制网基线解算可采用随机软件或商用软件解算;控制网平差计算应采用经权威机构认定的平差计算软件。

5.3.5.2 基线向量解算应注意以下问题:

- a) 当使用不同型号的接收机共同作业时,应将所采集数据转换成标准格式后,再进行基线解算;
- b) 同一时段采集的数据剔除率不宜大于 20%,否则应分析原因后重新采集有关数据;
- c) 可采用多基线解或单基线解;
- d) 数据采集值应加入对流层延迟修正。对流层延迟修正模型中的气象元素可采用标准气象元素;
- e) 基线解算采用双差固定解;
- f) 处理结果中应包括相对定位坐标及其方差阵、基线及其方差-协方差阵等平差所需的元素。

5.3.5.3 采用同一种数学模型解算的基线,网中任何一个三边同步环闭合差应满足式(25)~式(29)的规定:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma \dots\dots\dots (25)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma \dots\dots\dots (26)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{3}}{5} \sigma \dots\dots\dots (27)$$

$$W_s \leq \frac{3}{5} \sigma \dots\dots\dots (28)$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \dots\dots\dots (29)$$

式中:

- W_x ——X 坐标分量闭合差;单位为毫米(mm);
- σ ——标准差(即基线向量的弦长中误差),单位为毫米(mm);
- W_y ——Y 坐标分量闭合差;单位为毫米(mm);

W_Z —— Z 坐标分量闭合差;单位为毫米(mm);

W_S —— 环闭合差;单位为毫米(mm)。

5.3.5.4 异步环或附和线路坐标闭合差应满足式(30)~式(34)的规定:

$$W_X \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad \dots\dots\dots (30)$$

$$W_Y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad \dots\dots\dots (31)$$

$$W_Z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad \dots\dots\dots (32)$$

$$W_S \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$W_S = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

W_X —— X 坐标分量闭合差;单位为毫米(mm);

n —— 闭合环边数;

σ —— 标准差(即基线向量的弦长中误差),单位为毫米(mm);

W_Y —— Y 坐标分量闭合差;单位为毫米(mm);

W_Z —— Z 坐标分量闭合差;单位为毫米(mm);

W_S —— 环闭合差;单位为毫米(mm)。

5.3.5.5 复测基线的长度较差应满足式(35)的规定:

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad \dots\dots\dots (35)$$

式中:

d_s —— 复测基线的长度较差,单位为毫米(mm);

σ —— 标准差(即基线向量的弦长中误差),单位为毫米(mm)。

5.3.5.6 数据检核中,当重复基线、同步环、异步环或附和路线中的基线较差超限时,应舍弃超限基线后重新检核,直至合格。但每个点应有不少于 2 条合格基线,否则需要重测、补测。

5.3.5.7 用 RTK 测量的控制点应进行 100% 的内业检查和不少于 10% 的外业检测,外业检测可采用相应等级的 GNSS 静态测量检测,也可采用常规方法进行边长、角度测量等方法检核。RTK 平面控制点检测结果应符合表 16 的规定。

表 16 RTK 平面控制点检测要求

等级	边长检核		角度检核		坐标检核
	测距中误差 mm	边长较差的 相对中误差	测角中误差 (")	角度较差限差 (")	坐标较差中误差 cm
一级	$\leq \pm 15$	$\leq 1/14\ 000$	$\leq \pm 5$	≤ 14	$\leq \pm 5$
二级	$\leq \pm 15$	$\leq 1/7\ 000$	$\leq \pm 10$	≤ 24	$\leq \pm 5$

5.3.5.8 基线向量各项质量检核符合要求后,宜采用独立基线组成 GNSS 空间向量网,三维基线向量及其相应方差-协方差阵作为观测信息,并确定一个点的地心系三维坐标为起算,进行无约束平差。无约束平差应提供三维坐标、基线向量、改正数和精度信息。在无约束平差中,基线向量各分量的改正数绝对值应符合式(36)~式(38)规定:

$$V_{\Delta X} \leq 3\sigma \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$V_{\Delta Y} \leq 3\sigma \quad \dots\dots\dots (37)$$

$$V_{\Delta Z} \leq 3\sigma \quad \dots\dots\dots (38)$$

式中：

$V_{\Delta X}$ 、 $V_{\Delta Y}$ 、 $V_{\Delta Z}$ ——基线分量的改正数绝对值；单位为毫米(mm)；
 σ ——标准差(即基线向量的弦长中误差)，单位为毫米(mm)。

5.3.5.9 在无约束平差确定的有效观测值基础上，在国家坐标系或勘查区独立坐标系内进行二维约束平差。约束平差的精度应符合最弱点点位中误差和最弱边相对中误差的规定。约束平差中，基线向量的改正数与无约束平差结果的同名基线相应改正数的较差应符合式(39)～式(41)的规定。

$$dV_{\Delta X} \leq 2\sigma \qquad \qquad \qquad \dots\dots\dots (39)$$
$$dV_{\Delta Y} \leq 2\sigma \qquad \qquad \qquad \dots\dots\dots (40)$$
$$dV_{\Delta Z} \leq 2\sigma \qquad \qquad \qquad \dots\dots\dots (41)$$

式中：

$dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$ ——同一基线约束平差基线分量的改正数与无约束平差基线分量的改正数的较差；单位为毫米(mm)；
 σ ——标准差(即基线向量的弦长中误差)，单位为毫米(mm)。

5.3.5.10 精密单点定位(PPP)的三维坐标成果解算，应采用经权威机构认定的软件进行。每个时段解算结果的平面位置较差不超过 0.5 m，大地高较差不超过 0.7 m。

6 高程控制测量

6.1 一般规定

- 6.1.1 测区的高程基本控制应为三、四等水准或四等电磁波测距高程导线。小面积测区且无发展远景时，亦可布设等外水准和等外电磁波测距高程导线。当利用 GNSS 进行高程控制测量时，经计算分析符合四等或等外水准测量精度要求的，可代替相应等级的水准测量。
- 6.1.2 各等级高程控制网(水准网、电磁波测距高程导线、GNSS 高程测量)最弱点高程中误差，相对于起始点不应超过±0.05 m。
- 6.1.3 各等级控制点高程中误差不应超过±1/20 等高距；当采用 0.5 m 等高距时，不应超过±1/10 等高距。
- 6.1.4 测区的基本高程控制，应与测区范围相适应，满足加密需要，并与国家水准点联测。当测区甚小且无发展远景、又距国家水准点甚远时，可不联测。
- 6.1.5 各等级水准、电磁波测距高程导线的技术指标不应超过表 17、表 18 的规定。

表 17 各等级水准、电磁波测距高程导线的技术指标(一)

单位为千米

等级	闭(附)合线路长度	结点线长	支线长度
三等水准	200	140	50
四等水准、四等电磁波测距高程导线	80	60	15
等外水准、等外电磁波测距高程导线	35	25	10

表 18 各等级水准、电磁波测距高程导线的技术指标(二)

单位为毫米

等级	检测已测测段 高差之差	往返测高差、环线或附和路线闭合差	
		一般地区	山区
三等水准	$20\sqrt{L}$	$12\sqrt{L}$	$15\sqrt{L}$
四等水准、四等电磁波测距高程导线	$30\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$25\sqrt{L}$
等外水准、等外电磁波测距高程导线	—	$35\sqrt{L}$	$50\sqrt{L}$
注：L 为路线长度，单位为千米(km)。			

6.1.6 当采用水准支线引测高程时，引测路线的观测等级应高于测区的基本高程控制等级，起算点应进行检测。水准支线的路线长度可按表 17 的规定放长 0.5 倍。

6.1.7 本文件所列的四等水准与四等电磁波测距高程导线、等外水准与等外电磁波测距高程导线，允许同等级混合使用，但在同一测段中只能使用一种方法。

6.1.8 水准点的间距应保持为 2 km~6 km，测区外可适当放宽到 4 km~8 km。

6.1.9 三、四等水准测量应使用精度不低于 S3 型水准仪；等外水准测量应使用精度不低于 S10 型水准仪。

四等和等外电磁波测距高程导线测量应使用不低于 II 级电磁波测距仪及 J2 型经纬仪，也可使用精度相应的全站仪。

6.2 设计、选点、埋石

6.2.1 水准路线的布设形式，应满足高程加密、地形测图、地勘工程测量的要求。一般可在高等点间布设单一路线、高程网或支线，特殊情况下基本高程控制网也可根据引测的高程点布设独立水准网。

6.2.2 水准点、电磁波测距高程导线点的点位，应距铁路不少于 50 m，应距公路不少于 20 m，且地面基础应坚固稳定，以便于观测和长期保存。

6.2.3 水准点标石的规格应符合附录 F 的要求。等外水准点一般不需要埋石。水准线路中的各级控制点标石，均可利用为同等级的水准点标石。

6.2.4 山地、荒漠地埋设水准点标石应挖掘护沟、堆土，并埋设指示盘。

6.2.5 埋设三、四等水准点标石，应详细填写水准点点之记，实地量测点位至方位物点的距离。

6.2.6 GNSS 高程控制测量点的点位除符合上述要求外，还应满足 5.3.3 的有关规定。

6.3 水准测量

6.3.1 水准仪及水准标尺检验

6.3.1.1 新购或经过大修的水准仪要进行全面检验，其项目为：

- 检视水准仪及脚架的完好性；
- 望远镜光学性能的检验；
- 圆水准器和符合水准器水准轴一致性的检验；自动安平水准仪补偿性能与安平精度的检验；
- 符合水准器分划值及符合精度的测定；
- 倾斜螺旋效用正确性和分划值的测定；
- 十字丝的正确性及视距常数的测定；

- g) 光学测微器分划值及使用正确性的测定；
- h) 调焦透镜运行正确性的测定；
- i) 视准轴与水准轴相互关系的检验；自动安平水准仪视准轴位置正确性的检验。

对于电子水准仪应进行 a)、b)、h)、i)项检验或测定,以及 c)中“自动安平水准仪补偿性能与安平精度的检验”、f)中“十字丝的正确性”的检验或测定。

6.3.1.2 使用新的标尺应进行下列项目的检验：

- a) 检视水准标尺是否牢固无损；
- b) 标尺水准器的检查及校正；
- c) 标尺弯曲差的测定；
- d) 一对标尺零点不等差及基辅分划常数差的测定；
- e) 水准标尺每米真长的测定；
- f) 水准标尺分米刻划误差的测定。

对于因瓦条码水准标尺,应进行 a)、b)、e)项检验或测定,以及 d)中“一对标尺零点不等差”的测定。

6.3.1.3 每期作业前,三、四等水准按 6.3.1.1 中 a)、c)、g)、i)四项检查水准仪,按 6.3.1.2 中 a)、b)、d)、e)四项检查水准标尺。等外水准只进行 6.3.1.1 中 i)项、6.3.1.2 中 e)项检查。

6.3.2 水准测量

- 6.3.2.1 三、四等水准观测应在标石稳定后进行,观测时应成像稳定清晰,避免阳光直接曝晒仪器。
- 6.3.2.2 开始观测的第一周内,每天作业前应检校“i”角,待“i”角稳定后可每隔 15 天检校一次。补偿式自动安平水准仪的视准轴位置正确性应每天检验一次。
- 6.3.2.3 三等水准使用中丝法往返观测或单程双转点法观测,四等及等外水准用中丝法单程观测,水准支线应往返观测。
- 6.3.2.4 三等水准观测每站照准标尺的顺序为后、前、前、后,四等及等外为后、后、前、前。
- 6.3.2.5 工作间歇应在固定水准点上结束观测,也可以间歇在三个固定木桩或两个固定的岩石点上。间歇后应进行检测,高差之差不应超过表 19 的规定。

表 19 水准观测的技术指标

单位为毫米

等级		限差			
		基辅(红黑)分划 常数差	基辅(红黑)分划 高差之差	左右路线转点差	间歇点高差之差
三等	光学测微器法	1.0	1.5	3.0	3.0
	中丝法	2.0	3.0		
四等		3.0	5.0	5.0	5.0
等外		4.0	6.0	6.0	6.0

- 6.3.2.6 临时水准点应在手簿中编号,各项观测要求与一般水准点相同。
- 6.3.2.7 观测前,应使仪器和标尺的温度与外界温度一致。观测时,应使用白色测伞遮蔽阳光。迁站时,宜罩以白色仪器罩。
- 6.3.2.8 在连续各测站上安置水准仪的三角架时,应使其中两脚与水准路线的方向平行,第三脚应轮换置于路线方向的左侧与右侧。

6.3.2.9 观测的视线长度和高度应符合表 20 的规定,不应将尺台放进沟渠或坑洼中以满足视线高的要求。当使用电子水准仪时,视线长度应小于仪器标称测距范围。

表 20 各等级水准观测的视线长度和高度要求

单位为米

等级	视线长度		前后视距差	每站的前后视距累计差	视线高度
	仪器类型	视距			
三等	DS ₃	≤75	≤2.0	≤5.0	三丝能读数
	DS ₁ , DS _{0.5}	≤100			
四等	DS ₃	≤100	≤3.0	≤10.0	三丝能读数
	DS ₁ , DS _{0.5}	≤150			
等外	DS ₃	≤120	≤10.0	≤50.0	—
	DS ₁₀	≤80			

6.3.2.10 当使用电子水准仪观测时,标尺被外物遮盖率不应大于望远镜视场内标尺截距的 30%。

6.3.2.11 三等水准观测同一站不准许两次调焦,转动仪器倾斜螺旋或测微鼓时最后应为旋进方向。

6.3.2.12 每一测段中测站数应为偶数,由往测转入返测时,两标尺应互调位置,并重新整置仪器。

6.3.2.13 三等水准测站至标尺的距离应上下丝读数,四等及等外可直读视距。

6.3.2.14 水准观测的技术指标应符合表 19 的规定。

6.3.2.15 水准观测使用电子计算器记录时,水准记录的程序应具备下列功能:

- 每项数据输入后,能按观测限差进行核算,显示超限数据,提示作业员调整或重测;
- 能识别往、返向及奇、偶站编号,进行往测或返测记录;
- 能做观测间歇检查记录,独立地对第一或第二检查站进行检查及合并检查;
- 能做退站处理,做上下标志记录和做短跨距渡河水准记录;
- 能够打印成果或生成文本文件。

6.3.2.16 等外水准使用的程序功能,至少应包括 6.3.2.15 中的 a)、c)、e) 三项。

6.3.2.17 水准测量记录,应按附录 G 规定打印装订成册。无打印装置时,可抄录计算器显示的各项信息,填写在手簿相应位置上。

6.3.2.18 水准观测成果的重测和取舍按下列规定:

- 凡超出表 18、表 19、表 20 限差规定的结果,均应进行重测;
- 测站观测限差(表 19、表 20)超限时,可随即重测;
- 测段往返闭合差超限时,先就可靠性较小的测段进行重测。若重测结果与同方向原测结果比较未超限,且取中数后和反向原测结果比较也未超限,则可取中数为该单程成果,否则取用重测结果。

6.3.2.19 水准观测、计算取位应符合表 21 的规定。

表 21 水准观测、计算取位要求

单位为毫米

等级	测站读数	往返测高差总和	往返测高差中数	正高、尺长改正数	高程
三等	0.1	0.1	0.1	0.1	1

表 21 水准观测、计算取位要求（续）

单位为毫米

等级	测站读数	往返测高差总和	往返测高差中数	正高、尺长改正数	高程
四等	1	1	1	1	1
等外	1	1	1	1	10

6.4 电磁波测距高程导线测量

6.4.1 一般要求

- 6.4.1.1 电磁波测距高程导线的边长测量应符合同等级导线的测边要求。
- 6.4.1.2 电磁波测距高程导线的路线长度、往返测高差较差及路线闭合差按表 17、表 18 执行。
- 6.4.1.3 天顶距观测应采用觇牌为照准目标，用 J₂ 型经纬仪按中丝法观测（测回数按表 22 的规定执行），两次读数差不应大于 3″，天顶距测回差和指标差较差均不应大于 6″。
- 6.4.1.4 电磁波测距高程导线的视线长度及观测测回数应符合表 22 的规定。

表 22 电磁波测距高程导线的视线长度及观测测回数要求

等级	作业方法	视线长度				最大倾角 (°)	观测测回数
		m					
		一般地区		山区			
		平均	最大	平均	最大		
四等	复觇	400	600	800	1 300	15	4
等外	单觇	400	600	1 000	1 400	15	2
	复觇	600	900	1 300	2 000	15	2

6.4.2 单觇电磁波测距高程导线观测

- 6.4.2.1 仪器设置在前后反光镜中间，仪器站和镜站的距离应符合表 22 中视线长度的规定。
根据测距头安置在经纬仪上的结构形式和反光镜与觇板是否倾斜，对其所产生的测距头和反光镜偏心，应在测距中分别进行偏心改正。
- 6.4.2.2 在测段两 endpoint 或联测的控制点上，应使用经过检验的量测杆精密量取觇点高两次，读至毫米，丈量较差不应超过 ±2 mm。当使用照准杆安置反光镜观测时，应保证观测过程中觇板高的变动不超过 ±2 mm，照准杆应树立在牢固的尺垫上。
- 6.4.2.3 电磁波测距高程导线的布设，在高级点间加密或成闭合环时，可单程观测，支线采用往返测。
- 6.4.2.4 每测段的测站数应为偶数。由往测转入返测时，前后镜站应调换位置并重新整置仪器。
- 6.4.2.5 当测距仪视线和经纬仪视线不平行时，应按式(42)进行高差改正：

$$\Delta h = e \cdot \cos Z$$
$$e = (i_2 - i_1) - (l_2 - l_1)$$

.....(42)

式中：
Δh ——测距仪视线和经纬仪视线不平行时的高差改正值，单位为米(m)；

- e ——测站的偏心距;单位为米(m);
- Z ——天顶距,单位为度(°);
- i_2, i_1 ——测距仪、经纬仪中心高度,单位为米(m);
- l_2, l_1 ——反光镜、照准觇板中心高度,单位为米(m)。

6.4.2.6 单觇板高程导线每站高差按式(43)计算:

$$h = S_{\text{前}} \cdot \cos Z_{\text{前}} - S_{\text{后}} \cdot \cos Z_{\text{后}} + \frac{1-k}{2R} [(S_{\text{前}} \cdot \sin Z_{\text{前}})^2 - (S_{\text{后}} \cdot \sin Z_{\text{后}})^2] \quad \dots\dots\dots (43)$$

式中:

- h ——单觇板高程导线每站高差,单位为米(m);
- S ——高程导线边的倾斜距离,单位为米(m);
- Z ——天顶距,单位为度(°);
- k ——大气折光系数;
- R ——测区地球平均曲率半径,单位为米(m)。

6.4.3 复觇电磁波测距高程导线测量

6.4.3.1 复觇电磁波测距高程导线,每站应精确地丈量觇板高和仪器高。当中间各站不需要推算高程时,中间各站的觇板高、仪器高可由基座面测量,量高两次,读至 1 mm,两次较差不大于 2 mm。在不便于量取仪器高和觇板高时,可采用测角解析法计算觇板高和仪器高。

6.4.3.2 等外复觇电磁波测距高程导线,边长只进行往测(或返测),但天顶距应往返观测。

6.4.3.3 直返觇高差不符值,四等不应超过 ± 45 mm,等外不应超过 ± 70 mm。

6.5 GNSS 高程控制测量

6.5.1 GNSS 高程控制测量可用于四等、等外两个精度等级。RTK 高程测量可用于等外高程控制测量。

6.5.2 若测区内有高精度、高分辨率的似大地水准面精化成果,应利用似大地水准面精化成果。利用似大地水准面精化成果时,大地高起算点数一般不少于 3 点,困难情况下不应少于 2 点。

6.5.3 GNSS 高程控制测量布网可与平面控制测量布网同步进行,并应考虑联测必要的高等级水准点或高程点。GNSS 高程控制测量的主要技术指标不应超过表 23 规定。

表 23 GNSS 高程控制测量的主要技术要求

单位为厘米

等级	内符合中误差	高程中误差	起算等级
四等	± 3.0	± 5.0	三等以上
等外	± 4.0	± 7.0	四等以上

6.5.4 采用拟合方法时,GNSS 高程点联测根据地形及测区面积大小等不同情况区别处理,平地、低丘地区面积在 100 km^2 以内的测区,应联测 4~5 个高等级水准点或高程点;面积在 100 km^2 以上的测区,应联测 6~10 个高等级水准点或高程点。测区面积增大或地形起伏较大时,或测区形状为条带状时,联测已知高程点的数量也要相应增加。

6.5.5 所有 GNSS 高程点均应构成网、闭合环或附和路线,并应有 2 个以上的已知高程点作为检查。

已知高程点应均匀分布在测区的周边和中央。若测区为带状地形,已知高程点应分布在测区的两端和中部。

6.5.6 GNSS 高程控制测量可与平面控制测量同步进行,四等 GNSS 高程控制测量数据采集按三等平面 GNSS 控制测量的技术要求执行,等外 GNSS 高程控制测量数据采集按四等平面 GNSS 控制测量的技术要求执行。GNSS 大地高测量的技术指标不应超过表 24 规定。

表 24 GNSS 大地高测量的技术要求

单位为厘米

精度等级	大地高中误差
四等	±2
等外	±3

6.5.7 GNSS 高程控制、RTK 高程控制点测量数据采集宜选用高程标称固定误差不超过±20 mm,比例误差系数不超过 2mm/km 的双频接收机。

6.5.8 GNSS 高程控制测量的外业数据采集与记录,应符合 5.3.4 的有关规定。RTK 高程控制点测量的数据采集可与 RTK 平面测量同步进行,RTK 高程控制点测量主要技术要求应符合表 25 的规定。

6.5.9 RTK 高程控制点测量基准站的技术要求,按照 5.3.4.14 执行。

6.5.10 RTK 高程控制点测量流动站的技术要求,按照 5.3.4.15 中的 a)、d) 执行外,还应按照下列要求执行:

- a) RTK 高程控制点测量设置高程收敛精度不应大于 3 cm;
- b) 流动站测量时应采用三脚架对中、整平,每测回采集历元数不少于 20 个,采样间隔 2 s~5 s,各历元采集的高程较差不应大于 4 cm;
- c) 各历元取中数作为一测回结果,各测回取平均值作为最终结果;
- d) RTK 高程控制点测量主要技术要求应符合表 25 规定。

表 25 RTK 高程控制点测量主要技术要求

大地高中误差 cm	与基准站的距离 km	观测测回数	起算点等级
±3	≤5	≥3	四等以上
注 1: 大地高中误差指测量点大地高相对于最近基准站的误差。			
注 2: 在网络有效服务范围内,网络 RTK 高程测量可不受流动站至基准站距离的限制。			

6.6 三角高程测量

6.6.1 三角高程路线布设,宜在平面控制网的基础上布设成高程导线附和路线、闭合环线或结点网。三角高程网中起算点不应少于两点,当测区较小或联测困难时也可为一点。高程控制的起算点宜布设在三角高程控制网的两端或周边。

6.6.2 三角高程网中任意一点距最近高程控制点的间隔边数及单一附和路线的边数应不超过表 26 的规定。

表 26 三角高程网中任一点距最近高程控制点的间隔边数及单一附和路线的边数要求

等高距 m	相应平均边长高程网(或单一符合路线)之最大边数 条							
	1.0 km	2.0 km	3.0 km	4.0 km	5.0 km	6.0 km	7.0 km	8.0 km
1	8	4	2	1	—	—	—	—
2(2.5)	—	10	6	4	3	2	1	—
5	—	16	10	9	8	7	6	5

6.6.3 三角高程网中各边的天顶距均应往返观测。

6.6.4 天顶距观测应选择最有利时间,应接近中午时间进行。

6.6.5 天顶距观测可分组进行,在通视条件不佳或气象条件不利时,也可单一方向观测。

6.6.6 在一个测区,由不同方向照准同一点的部位应尽量一致,照准部位及量取高度应记录在观测手簿中。

6.6.7 天顶距观测的技术指标应符合表 27 的规定。

表 27 天顶距观测技术要求

项目		限差			
		三、四等		一、二级	
		J ₁	J ₂	J ₂	J ₆
测回数	中丝法	4	4	2	4
	三丝法	—	2	1	2
指标变化差/(″)		≤15		≤15	≤24
天顶距测回差/(″)		≤10		≤15	≤24
注：指标差变化按同丝、同测回、同组比较。					

6.6.8 天顶距观测程序:

- 在盘左位置,将望远镜依次照准各目标,进行天顶距读数。
- 由最后一个方向纵转望远镜,反方向依次照准各目标,进行天顶距读数,完成一测回。
- 盘左、盘右照准应将目标置于望远镜垂直丝的对称位置。用三丝法观测时,三丝的盘左、盘右照准次序均按上、中、下丝次序进行。
- 照准目标使用垂直微动螺旋和光学测微器螺旋最后应为旋进方向。

6.6.9 觇标高、仪器高量取两次,读数至 5 mm,两次较差不大于 10 mm 时取中数使用。

6.6.10 外业观测成果取舍及重测应符合下列要求:

- 中丝法超限,用中丝法补测;
- 三丝法一根丝超限,可用中丝法补测;
- 三丝法两根丝超限,用三丝法补测一测回;
- 补测成果不取中数,只取用补测成果。

6.7 跨越障碍物的高程测量

跨河水准测量按 GB/T 12898 要求进行。当视线长度不超过相应等级电磁波测距高程导线边长

时,可采用复觇电磁波测距高程导线方法施测。

6.8 高程成果的检验和计算

6.8.1 三角高程项目验算

- 6.8.1.1 同一条边直返觇板高差不符值不应超过 $0.1\text{ m}\times S$ (S 为边长, km)。
- 6.8.1.2 用双向高差中数按闭合图形、附和路线计算的闭合差,不应超过 $0.05\text{ m}\times\sqrt{S_i^2}$ (S_i 为各边边长, km)。
- 6.8.1.3 由两个单方向推算的高程不符值,不应超过 $0.07\text{ m}\times\sqrt{S_1^2+S_2^2}$ (S_1 、 S_2 为推算边长, km)。

6.8.2 水准网平差计算

- 6.8.2.1 三、四等水准平差前应进行尺长改正和正常水准面不平行改正;在有条件的高原山区,三等水准可加入重力异常改正。
- 6.8.2.2 水准网平差,以距离倒数为权;在山地、高山地也可以测站数倒数为权。
- 6.8.2.3 水准网平差可以采用条件平差、间接平差或附有条件的间接平差方法。等外水准可采用简易平差法。
- 6.8.2.4 水准网平差应绘制平差图,图上应包括平差所需的数据。平差计算完后应编写高程计算说明。

6.8.3 GNSS 高程平差计算

- 6.8.3.1 采用似大地水准面精化成果时,应对 GNSS 高程网的大地高进行约束平差计算,且应以 2000 国家大地坐标系的成果为起算进行三维约束平差计算,或以具有较高精度大地高的控制点为起算进行高程约束平差计算,求得 GNSS 高程网点的精确大地高。不同等级平面控制网可合并为相同高程精度等级的一个网进行大地高高程约束平差。
- 6.8.3.2 根据高等级水准点(或已知高程点)的分布情况及相应等级的精度要求,GNSS 高程控制点的计算可采用数学拟合方法、似大地水准面精化模型内插等方法获取。
- 6.8.3.3 GNSS 高程控制点采用数学拟合方法计算时,测区面积较大时可分区进行高程拟合,带状测区较长时可分段进行高程拟合。在各分区(段)衔接处应有一定数量的重合点。
- 6.8.3.4 GNSS 高程控制点或 RTK 高程控制点的高程外业检测点数不少于 10%(最少不少于 2 个点),检测可采用相应等级的水准测量、高程导线测量等方法。GNSS 或 RTK 检测高差较差应不超过表 28 的规定,可作为相应等级的水准高程使用。

表 28 GNSS 或 RTK 检测高差较差要求

等级	检测较差 mm
四等	$\pm 30\sqrt{L}$
等外	$\pm 50\sqrt{L}$
注 1: L 为检测路线长度,以 km 为单位,不足 1 km 时按 1 km 计算。	
注 2: 检测较差在山地、高山地可放宽至 1.5 倍。	

6.8.4 三角高程网平差计算

三角高程网一般以边长的平方倒数为权进行平差计算。平差计算结果中应给出单位权中误差和全

区每千米高程测量中误差。

7 地形测量

7.1 一般规定

7.1.1 1:1 000、1:2 000、1:5 000 比例尺地形图应清晰易读,地物地貌表示和符号运用正确,各项要素测绘齐全,综合取舍恰当,着重表示与地质勘查有关的地物、地貌特征。

7.1.2 图根点是测制地形图和进行地质勘探工程测量的依据。图根点的布设应利于地形测图和地质勘探工程测量使用。

7.1.3 图根点相对于邻近高等级控制点的平面位置中误差应不超过图上 ± 0.1 mm;相对于邻近高等级控制点的高程中误差不应超过 $\pm 1/10$ 等高距。

7.1.4 图根点平面位置测量宜在高等级控制点下,采用 RTK 测量、导线测量和电磁波测距极坐标法等方法施测。

7.1.5 图根点高程测量宜在各等高级控制点下,采用等外水准测量、RTK 测量、测距三角高程测量等方法施测。

7.2 图根测量

7.2.1 图根点密度

图根点的密度应根据测图比例尺和地形条件确定,平坦开阔地区每平方千米内 1:1 000 比例尺测图不少于 16 点,1:2 000、1:5 000 比例尺每幅图不少于 4 点,并应均匀分布。地形复杂、隐蔽地区,图根点的密度以能满足测图和地质勘探工程测量需要为原则。

7.2.2 图根埋石点数量

图根埋石点的数量(包括等级控制点),1:1 000、1:2 000、1:5 000 比例尺每幅图分别不少于 1、2、3 点,在一个测区范围内至少埋设 3 个永久性标石。在勘探区,埋石点的数量应适当增加。

7.2.3 图根点选点和埋石

7.2.3.1 图根点应选在通视良好、便于测图的位置上,并埋设木桩或标石,标石及埋设规格应符合附录 B 的要求。

7.2.3.2 标石应埋在一级图根点上,并至少与 1 个相邻的埋石点通视。

7.2.3.3 图根点点号在同一测区中应统一编号。

7.2.4 图根点的平面测量

7.2.4.1 当采用 RTK 测量方法施测图根点时,可采用网络 RTK 和单基准站 RTK 两种方式,在已建立 CORS 系统网的地区,宜优先采用网络 RTK 测量方式。

7.2.4.2 采用 RTK 测量方法时,流动站观测时应采用三角架对中、整平,同一点位观测次数应不少于 2 次,每次观测历元数应大于 20 个,各次观测之间应重新初始化;平面测量各次测量点位较差不应大于图上 0.1 mm,高程测量各次测量高程较差不应大于 $1/10$ 基本等高距,符合限差要求取中数作为该点的最终成果。

7.2.4.3 采用单基准站 RTK 测量方法布设图根点时,流动站与基准站的距离不应大于 7 km。

7.2.4.4 采用导线测量方法布设图根点宜采用附和路线、结点网等方式。图根导线附和展线不宜超过

两次,困难地区少量的点可以附合三次。

7.2.4.5 图根附合导线的技术要求应符合表 29 的规定。

表 29 图根附合导线技术要求

边长测定方法	测图比例尺	导线最大长度 m	导线最大相对闭合差	角度最大闭合差 (")
电磁波测距	1 : 1 000	≤1 500	≤1/4 000	±40√ <i>n</i>
	1 : 2 000	≤3 000		
	1 : 5 000	≤6 000		
注 1: 图根导线网结点与基本控制点、结点与结点,以及二级导线长度均不应超过附合导线全长的 0.7 倍。				
注 2: <i>n</i> 为折角数。				

7.2.4.6 图根导线的边长一般采用电磁波测距仪测定。

7.2.4.7 电磁波测距仪测定导线边和极坐标点的边长时观测一测回(两次读数),其读数较差不应大于 10 mm。

7.2.4.8 电磁波测距边长应加入下列改正:

- a) 当测距边长的加、乘常数改正数和气象改正数的综合影响大于边长的 1/10 000 时,应进行改正计算(气象数据可采用每天作业时间的平均值);
- b) 边长的水平距离按公式(44)计算:

$$D = S \cdot \sin Z \dots\dots\dots (44)$$

式中:

- D* ——测距边水平距离,单位为米(m);
- S* ——测距边倾斜距离,单位为米(m);
- Z* ——天顶距,单位为度(°)。

当测边、测角视线不平行时,应将观测的天顶距改化为测距仪光轴方向的天顶距计算。

7.2.4.9 图根点边长归化到高斯平面的长度改正值超过边长 1/10 000 时,应加投影改正。

7.2.4.10 图根点水平角观测的技术指标应不超过表 30 的规定。

表 30 图根点水平角观测技术要求

项 目	限 差	
	J ₆	J ₁₅
测回数	1	2
半测回归零差限差/(″)	±24	±45
两个半测回同一方向归零后的较差限差/(″)	±36	—
测回较差限差/(″)	—	±45
测角中误差限差/(″)	±20	
方位角、多边形闭合差限差/(″)	±40√ <i>n</i>	
注： <i>n</i> 为折角数。		

7.2.4.11 采用电磁波测距极坐标法布设图根点时,水平角可采用方向法观测一测回,或用两个已知方

向,各测半测回。极坐标法布设图根点的边长,1:1 000 比例尺测图不应大于 500 m,1:2 000 比例尺不大于 1 000 m,1:5 000 比例尺不大于 1 500 m。极坐标法的测站应联测两个已知方向,或以两个已知方向分别观测其方向角。

7.2.4.12 电磁波测距极坐标点用两次测边、测角分别计算的两组坐标较差不应大于 $M/10\ 000$ 。式中 M 为测图比例尺分母。

7.2.4.13 电磁波测距极坐标点应与 1~2 个相邻图根点通视,在相邻测站衔接地段应注意极坐标点的检核。

7.2.4.14 电磁波测距极坐标点一般不发展新点,但在困难地区且具有检查条件时可再发展一次。

7.2.5 图根点高程测量

7.2.5.1 图根水准可采用水准标尺单面中丝一次读数,估读至毫米,单程观测,观测时仪器应尽量安置在前后标尺的中间,水准仪 i 角应不超过 $\pm 25''$ 。

图根水准的技术指标不应超过表 31 的规定。

表 31 图根水准技术要求

路线长度 km	路线闭合差 mm	视线长度 m	前后视距累计差 m
10	$\pm 40\sqrt{L}$	150	50
注: L 为路线长度。			

7.2.5.2 采用测距三角高程测量时,三角高程路线各边均应对向观测天顶距,仪器高、觇标高测量至厘米。路线长度应符合表 32 的规定。

表 32 三角高程路线长度

单位为千米

测图比例尺	1:1 000	1:2 000	1:5 000
路线最大长度	2.0	4.0	10.0

7.2.5.3 天顶距观测的技术要求应符合或不超过表 33 的规定。

表 33 天顶距观测技术要求

项 目	限 差	
	J_6	J_{15}
测回数	1	2
天顶距测回较差和指标差之差的限差/($''$)	± 24	± 45

7.2.5.4 电磁波测距极坐标点高程,应由两个不同觇标高度分别测出的天顶距推算。

7.2.5.5 图根点高程计算应符合下列要求:

- 计算三角高程时,地球曲率差和折光差大于 0.01 m 时应加改正;
- 对向观测直返觇板高差较差不应大于 $0.04 \times D$ (D 为边长,以百米为单位),当 D 小于 300 m 时按 300 m 计算;

c) 三角高程路线闭合差不应超过表 34 的规定。

表 34 三角高程闭合差

单位为米

测图等高距	1.0	2.0(2.5)	5.0
高程路线闭合差	±0.3	±0.6	±0.8

电磁波测距极坐标点两组高程较差不应大于 1/10 等高距。

三角高程路线闭合差按边长成比例配赋。

7.2.5.6 采用 RTK 测量方式时,图根点高程的测定,通过流动站测得的大地高减去流动站的高程异常获得。高程异常可以采用数学拟合方法、似大地水准面精化模型内插等方法获得,也可以在测区现场通过点校正的方法获取。

7.3 测站点增补

7.3.1 地形图测绘应充分利用各等级控制点、图根点作为测站点,当测站点密度不能满足测图需要时,以 RTK 测量、电磁波测距附和导线、支导线、电磁波测距极坐标法补充。

测站点相对于图根点的平面位置中误差应不超过图上±0.15 mm,高程中误差不应大于 1/7 等高距。

7.3.2 电磁波测距附和导线技术指标应符合或不超过表 35 的规定。

表 35 电磁波测距附和导线技术要求

测图比例尺	导线全长 m	导线全长 相对闭合差	方位角闭合差 (")	高程闭合差 m
1 : 1 000	≤700	≤1/2 000	±60√ <i>n</i>	±1/3× <i>H</i>
1 : 2 000	≤1 500			
1 : 5 000	≤3 000			
注: <i>n</i> 为导线的折角数, <i>H</i> 为基本等高距。				

7.3.3 电磁波测距支导线应往返观测,其技术指标应符合或不超过表 36 的规定。

表 36 电磁波测距支导线技术指标

测图比例尺	支导线全长 m	边数 条	往返距离较差	往返高程较差 m
1 : 1 000	≤300	≤3	±1/2 000	±1/10× <i>H</i>
1 : 2 000	≤600			
1 : 5 000	≤1 200			
注: <i>H</i> 为基本等高距。				

7.3.4 在等级控制点、图根点上补充电磁波测距极坐标支点时,应以两个已知点方向分别测定或改变镜高测定其坐标和高程。当两次测得坐标和高程较差 1 : 1 000、1 : 2 000 比例尺不超过±10 cm; 1 : 5 000比例尺不超过±20 cm 时,取其平均值。对高山地区上述较差可放宽一倍。

7.4 数字测图

7.4.1 数字测图可采用 RTK、全站仪、三维激光扫描仪等符合精度要求的仪器在野外直接采集数据,并通过电子记录器或电子存储介质记录,经过计算机及测图软件处理而形成电子图形及有关数据。

7.4.2 数字测图软件应经过技术主管部门批准或通过技术鉴定后方可使用。用于记录观测数据的电子记录器或电子存储介质须性能稳定、安全可靠。

7.4.3 外业数据采集:

- a) 外业数据采集所用的软件及电子记录器,应能输入测区、测站信息,可进行测站检核、偏心改正,能自动记录或手工输入地形点的编号、三维坐标及地形码,所有记录均可显示、查询,并能对非测量数据进行编辑或修改。
- b) 数字测图时,仪器应精确对准测站点,连接好电子记录器或计算机。先以较远的已知点定向,再用其他已知点进行检核,其坐标和高程较差同 7.3.4 要求。
- c) 地形点主要采用极坐标法测定,在山区可采用交会法测定,在居民区也可采用量边推算等方法。
- d) 地形图上高程注记点的密度为每平方分米 5 点~15 点,在地形破碎、地物密集的地区应适当增加。注记点应尽量选取明显地物、地貌特征点并兼顾分布均匀,高程注记至 0.1 m。对于反映地貌特征的山脊线、山谷线、山顶与鞍部应重点测绘,用于构成地面高程模型三角网的高程点应选取在地形变换处,并与地貌特征线、点搭配适当。
- e) 根据测图软件需要,可设专人绘制草图。草图的内容应包含所有观测点和勘丈、推算点的位置、点号,以及各点之间连线、符号和注记。
- f) 相邻测站测绘衔接处,应施测一些重合点,通过坐标、高程较差进行检查。

7.4.4 内业图形编辑:

- a) 外业数据采集后,应及时对数据进行检查并转储到计算机或磁盘中,妥善保管。
- b) 根据草图上各点的点号、位置、连线情况,编辑成各种具有地形码和属性码的点状、线状和面状图块或图素文件。地形码应采用 GB/T 13923 中相应的代码,若采用非标准编码时,应经计算机处理后,转换成符合 GB/T 13923 规定的地形图要素的代码。
- c) 地形图上的等高线,应根据草图上的高程点及地性线进行合理构网并生成,对不合理的等高线应作局部修正。
- d) 根据各种图块或图像生成图形,对照草图进行分层编辑,在屏幕上进行内业浏览、检查,并作修改。内业检查后,可加绘各种符号与注记、生成地形图。
- e) 文字、数字注记的字体、大小应符合 GB/T 20257.1、GB/T 20257.2 的要求。
- f) 绘制出地形图,应到实地巡视检查。对于电子平板类的测图软件,应在现场巡视检查。

7.4.5 数字地形图的外业检查可采用与外业数据采集时相同的作业方法检测部分地物点和高程点,其平面和高程精度应符合 4.3.4 的规定。

7.4.6 出图前应进行图廓内容整饰,并根据要求进行标准分幅或自由分幅。

7.4.7 地形图测绘应建立元数据文件。地形图元数据应能全面、正确反映每幅地形图的生产过程及其相关信息,详细记载所在图幅的数学基础、数据分层、图幅接边、成图质量、主要问题处理情况以及生产者和产品归属等内容。具体内容宜参照 GB/T 19710 执行。

7.5 地形图测绘内容

7.5.1 地形图应表示的内容

地形图测绘内容应包括定位基础、地质工程点、水系、居民地及设施、交通、管线、境界与政区、地貌、

植被与土质、注记等要素,并应着重表示与地质相关的要素。

7.5.2 定位基础

7.5.2.1 定位基础包括各类型、各等级控制点,在地形图上以相应符号表示。非埋石的图根点根据需要表示,测站点图上不表示。

7.5.2.2 居民地内的控制点如影响居民地或街区形状,其点名、高程可省略。控制点与烟囱、水塔等地物重合而地物不能依比例尺表示时,只绘其独立符号,控制点符号可省略,按图式规定进行注记。

7.5.3 地质工程点

7.5.3.1 各类地质工程点(如钻孔、探井、探槽、坑口等)应准确测绘并按相应符号表示,坑口以小矿井符号表示,并加注“探”字。

7.5.3.2 与地质工作有关的矿井井口、废弃的井口、峒口、采掘场等应注意表示。

7.5.4 居民地及设施

7.5.4.1 居民地、工矿企业建筑物和公共设施的外轮廓应测绘准确,房屋外轮廓以墙基为准。地形图中应能反映建筑物和设施的内容、性质、分布情况。

7.5.4.2 街区式居民地在显示外轮廓特征的前提下,凸凹部分在图上小于 1 mm 时可进行综合。内部应反映居民地内通行情况及建筑密度,区分主要街道、次要街巷。房屋间距在图上小于 1.5 mm 可综合。空场地可根据用图需要决定综合程度。

7.5.4.3 散列式居民地或行列式居民地的测绘应反映房屋的疏密程度和特征,不应综合成一片。

7.5.4.4 地物稀少地区,具有方位意义的破坏房屋应予表示。

7.5.4.5 1:2 000、1:5 000 比例尺测图不区分房屋的建筑材料及层数。

7.5.4.6 城墙、围墙、栅栏、篱笆、铁丝网根据其性质、结构、类型予以表示。

1:5 000 比例尺测图,围墙高在 1.5 m 以上,栅栏、铁丝网、篱笆高在 1 m 以上,长度大于图上 5 mm 的应表示。

7.5.5 独立地物

7.5.5.1 各类独立地物是标定方向、确定位置的重要标志,应准确测绘。

7.5.5.2 凡地物轮廓,在图上尺寸大于符号规定的,依比例尺表示,并配置符号。小于符号尺寸的,用不依比例尺符号准确地表示其定位点或定位线。

7.5.6 交通

7.5.6.1 测绘道路应位置准确、等级分明、取舍恰当、线段曲直和交叉位置反映真实。

1:1 000 测图铁路依比例尺表示铁轨轨迹位置,1:2 000、1:5 000 测图测绘铁路中心位置,用不依比例尺符号表示。电气化铁路应测出电杆(铁塔)的位置。

公路按其技术等级分别用高速公路、等级公路(1 级~4 级)、等外公路按实地状况测绘并注记技术等级代码。高速公路、等级公路应注记道路编号、铺面宽度。

7.5.6.2 1:1 000、1:2 000 比例尺测图时,乡村路及乡村路以上等级的道路均须表示。在道路网稠密地区,次要和临时性的小路可适当取舍;在人烟稀少、通行困难、地物稀疏地区的小路均须表示。

1:5 000 比例尺测图时,大车路以上等级的道路均应测绘,大车路、乡村路密集地区,允许将次要的适当舍去。人行小路视地质矿产勘查工作需要适当取舍,并应能反映出实地道路网疏密程度。

7.5.6.3 依比例尺表示的公路及其他双线道路,按真实宽度以相应比例尺测绘,当道路边线凹凸不规则

时,取平均宽度表示。

7.5.6.4 道路的表示应注意与居民地的联系,除街区式外,通过居民地时不应中断。道路等级的变换点应是集镇、农场、居民地、道路交叉的地方。

7.5.6.5 铁路与公路或其他道路在同一平面相交时,铁路符号不应中断,另一道路符号中断。道路立体交叉时应绘以相应的桥梁符号,并配合路堤路堑表示。

7.5.6.6 铁路、公路的附属建筑设施,如车站、桥梁、涵洞、隧道入口、路堤、路堑、里程碑均应测绘。1:1 000、1:2 000 比例尺测图时,大车路的路堤、路堑、桥梁、涵洞也应表示。

7.5.6.7 铁路轨顶、公路中心及交叉处、桥面等应测注高程,路堤、路堑也应适当测注高程或比高。

7.5.7 管线

7.5.7.1 1:1 000、1:2 000 比例尺测图时,固定的电力线、通信线均须表示,电杆、铁塔位置实测。电力线分为输电线、配电线,并以相应的符号表示。

7.5.7.2 1:5 000 比例尺地形图上一般只表示 6.6 kV 以上的高压线。通信线在地物密集地区一般只表示县级以上的线路,地物稀少地区固定线路亦应表示,只准确测绘线路的转折点。

7.5.7.3 城市建筑区的电力线、通信线可不连线,但应在杆架处绘出线路方向。

7.5.7.4 沿公路、铁路、主要堤两侧的电力线、通信线,1:5 000 比例尺测图时离开其路、堤中心线不超过图上 5 mm 时可不表示,但在其分岔、转折处应绘一段符号以示走向。

7.5.7.5 地面上的、架空的管线均须表示,并分类注记其输送物质,临时性的管线不表示。

7.5.8 水系

7.5.8.1 水系的测绘应主次分明、构成系统主要建筑物如水闸、水坝、输水槽、溢洪道等均应表示并测注高程。

7.5.8.2 海岸线以高潮线为准,干出滩应按规定绘出堆积物和海滨植被。

7.5.8.3 河流、湖泊、水库、溪流、运河的水涯线一般以测图时的水位测定,若水位与常水位相差过大,也可根据需要按常水位测定。

7.5.8.4 1:5 000、1:2 000 比例尺测图时,人工沟渠水流宽度在图上超过 0.5 mm(1:1 000 比例尺超过 1 mm)时用双线描绘,小于 0.5 mm(1:1 000 比例尺小于 1 mm)时用单线表示,水涯线绘至沟渠内侧的上边缘。

7.5.8.5 水泉、水井、池塘应全部测绘在图上,在水网地区或泉、井、池塘密度很大时,1:5 000 比例尺测图可按实际需要进行适当取舍。池塘一般只能取舍,不能综合。泉、井应测注高程。

7.5.9 境界与政区

7.5.9.1 在图上须绘出县和县以上行政区划界线,乡、镇、国营农场、国营牧场、国营林场以及自然保护区界线按需要测绘。

7.5.9.2 两级以上的境界重合时只绘高级境界,但需同时注出各级名称。

7.5.9.3 山区沿自然地形分界时应将境界绘于地性线上。

7.5.10 地貌

7.5.10.1 各种自然形成的地貌形态,用等高线配合地貌符号和高程注记点表示,应注意与地质专业有关的露岩地、独立石、石块地、石垄、山洞、溶洞、石灰岩溶斗、崩崖、滑坡、陡崖、冲沟、岩墙等地貌的表示。

7.5.10.2 以符号表示或以等高线配合符号表示地貌时应遵守下列原则:

- a) 崩崖、陡崖应沿其边缘以相应的符号测绘于图上；
- b) 冲沟的图上宽度在 0.5 mm(1 : 1 000 比例尺为 1.0 mm) 以内时以单线绘出, 超过其宽度以双线描绘, 其宽度达上述规定两倍以上时以陡崖符号表示, 图上宽度大于 5 mm(1 : 5 000 比例尺为 3 mm) 时, 其底部应加绘等高线并测注高程；
- c) 坡度在 70° 以内的石山, 以等高线配合露岩地符号表示, 坡度在 70° 以上时以陡石山符号表示, 并适当测注高程或比高；
- d) 梯田坎应测注适当数量的比高, 密集地区, 梯田坎可进行取舍, 以等高线配合符号表示, 梯田坎的表示应能显示梯田坎地区的地貌形态；
- e) 土堆、坑穴、冲沟、地裂缝应测注高度或深度, 注至 0.1 m。1 : 5 000 比例尺图上的独立石、陡崖、岩墙等也需要测注高度和深度。

7.5.11 植被与土质

7.5.11.1 植被是地形图的要素之一, 在综合取舍时应反映其基本比例与分布情况。

7.5.11.2 对林地、苗圃、竹林、灌木林、花圃、经济林、经济作物地以及耕地等应测定其范围, 配以相应符号表示。

7.5.11.3 疏林、芦苇地、草地、半荒植物地、植物稀少地以及水生作物等植被, 根据其分布、疏密程度配置符号表示。

7.5.11.4 对有方位意义的植被, 如林中小面积的空地和耕地, 耕地中小面积的林地等应注意表示, 还应注意对独立树、林木稀少地区的散树、灌木丛的表示。

7.5.12 注记



7.5.12.1 居民地名称、各种说明注记、数字注记, 以及山名、水系名称注记等是地形图的主要内容之一, 是判读地形图的直接依据, 应准确注记。

7.5.12.2 注记应按以下原则进行：

- a) 凡在地方政府已颁布了统一名称的, 应按统一名称注出, 其他地理名称应在实地进行调查并核实；
- b) 当地理名称注记在图上跨度太大; 可以分段、分片注出, 总名和小地名应以字体大小进行区分；
- c) 名胜、古迹、独立物体应调注名称；
- d) 当地理名称注记难以用字体大小来区分其等级时, 可以加注说明注记并填入元数据文件中；
- e) 名称注记中的简化字应以国务院有关规定为准, 对地方沿用的方言和罕见字应在图幅外加拼音注记, 并填入元数据文件中；
- f) 对少数民族地区的地名, 应特别注意译名的正确性。

7.6 地形图修测

7.6.1 已变化的地形图, 应根据用图的需要进行修测。修测前应进行实地踏勘, 确定修测范围, 并制定修测方案。原则上修测时所用方法宜与原图的测图方法一致。若原图采用平板仪测图, 则应在原图或与原图等精度的复制图上修测; 若原图采用数字测图, 则应使用原图形数据, 在相同的软件或兼容的软件上修测。

7.6.2 当原图图廓伸缩变形不能满足修测的质量要求时, 应予以修正。

7.6.3 修测时应根据原有的邻近图根点和测有坐标的地物点进行。局部地区地物变动不大时, 可利用经过校核、位置准确的地物点进行。修测后的地物与原有地物的间距中误差不应超过图上 0.6 mm。修

测后的地物不应再作为修测新地物的依据。

7.6.4 当地物、地貌变化面积较大或周围地物点不能满足修测时,应先补设图根控制再进行修测。

7.6.5 修测图高程点应从邻近的高程控制点引测;局部地区少量的高程点,也可利用 3 个明显地物的高程注记点作为依据进行引测,其引测高程点较差不应超过等高距的 $1/5$,并取用平均值做为修测高程的起算点。

7.6.6 修测中发现原图上已有地物、地貌有明显错误或粗差时,亦应进行修测。

7.6.7 修测完成后,应按图幅将修测情况作出记录,并填写元数据文件。

7.7 地形图的拼接和检查

7.7.1 为保证图幅接边精度,应尽量以测区内道路、河流等线状地物划分测图区域,各作业组应对测图区域边界的道路、河流等地物完整测绘。若无明显边界,应测出图幅外 5 mm 范围。

7.7.2 对暂不需要拼接的自由图边,在测绘过程中应加强检查,确保无误。

7.7.3 接边工作应在离开测区前完成,并认真检查。

7.7.4 接边限差和要求:

- a) 图幅接边的最大误差不超过相应地物、地貌中误差的 3 倍时,可平均配赋后拼接;
- b) 如果相邻两图幅等高距不同,则等高线接边最大误差应不超过较大等高距等高线插求高程点中误差的两倍,在配赋接边误差时原则上修改等高距较大的图幅;
- c) 线状地物的拼接,不应强行扭曲、变形,要自然、协调;
- d) 应特别注意图角处地物、地貌的衔接,顾及与其拼接图角的协调一致;
- e) 凡超过拼接限差时,应进行现场检查并修正。

7.7.5 与已出版的旧图接边,如不超过限差,一般改正新测图幅。当已出版的旧图变化很大,质量较差,接边确实困难时,不应勉强拼接,新测图边按自由图边处理,并将接边情况向主管部门报告,同时在元数据文件中说明。

8 航空摄影测量

8.1 一般规定

8.1.1 航测成图宜采用数字航空摄影测量(包括低空数字航空摄影测量),其产品宜包括数字高程模型(DEM)、数字正射影像图(DOM)、数字线划图(DLG)。

8.1.2 像片控制点的精度要求按 7.1.3 的规定执行。

8.1.3 空中三角测量加密控制点,一般采用平高区域网布点;当纠正点的高程误差影响投影差改正大于图上 0.2 mm 时,宜采用全野外高程的平面区域网布点。

8.1.4 用于作业的仪器,在作业前应经过严格检校。

8.2 航摄资料要求

8.2.1 影像资料要求

8.2.1.1 数字航摄影像资料应满足:影像清晰,层次丰富,反差适中,色调柔和;能辨认出与摄影比例尺相适应的细小地物影像,能够建立清晰立体模型。影像上不应有云、云影、烟、大面积反光等缺陷。

8.2.1.2 影像地面分辨率应根据航测成图比例尺不同按以下要求选择:

- a) 1 : 1 000 比例尺,地面分辨率不低于 8 cm~10 cm;
- b) 1 : 2 000 比例尺,地面分辨率不低于 15 cm~20 cm;

c) 1 : 5 000 比例尺,地面分辨率不低于 20 cm~40 cm。

8.2.1.3 框幅式影像资料要求:

- a) 航向重叠度应为 60%~65%,最小不应小于 53%;旁向重叠度应为 20%~30%,个别最小不应小于 13%,但不应连续出现;
- b) 像片倾斜角不应大于 2°,在 1 : 1 000、1 : 2 000 比例尺地形图测绘中,像片倾斜角最大不应大于 4°;1 : 5 000 比例尺测图最大不应大于 3°;
- c) 像片旋偏角 1 : 1 000、1 : 2 000 比例尺测图不应大于 15°,在确保像片航向和旁向重叠度满足要求的前提下,最大不应大于 25°;1 : 5 000 比例尺不应大于 10°,在确保像片航向和旁向重叠度满足要求的前提下最大不应大于 15°;
- d) 航线弯曲度不应大于 1%,当航线长度小于 5 km 时,最大不应大于 3%。影像中的像素在曝光瞬间造成的像点位移不应大于 1 个像素,最大不应大于 15 个像素。

8.2.1.4 推扫式影像资料要求:

- a) 旁向重叠度一般为 20%~30%,个别最小不应小于 13%;
- b) 航线弯曲度不应大于 1%,当航线长度小于 5 km 时,最大不应大于 3%。

8.2.2 采取惯导与全球定位系统(IMU/GNSS)辅助航空摄影要求

8.2.2.1 机载 GNSS 系统应为动态测量型双频接收机,采样间隔不应大于 0.5 s;机载 IMU 记录频率不应小于 200 Hz;IMU/GNSS 联合解算测角中误差不宜大于 0.005°,航偏角不应大于 0.01°。

8.2.2.2 IMU/GNSS 差分定位精度要求:

- a) IMU 与 GNSS 联合解算时,平面、高程、速度偏差不应大于表 37 的规定;

表 37 IMU 与 GNSS 数据联合解算偏差限值

成图比例尺	平面偏差限值 m	高程偏差限值 m	速度偏差限值 m/s
1 : 1 000	0.08	0.3	0.4
1 : 2 000	0.1	0.4	0.5
1 : 5 000	0.1	0.4	0.5

- d) 当采用 GNSS 精密单点定位时,IMU 与 GNSS 联合解算的平面偏差不应大于 0.15 m,高程精度不应大于 0.5 m,速度偏差不应大于 0.6 m/s。

8.3 像片控制点布设

8.3.1 像片控制点基本要求

8.3.1.1 像片控制点的布设分为全野外布点、航线网布点和区域网布点。

8.3.1.2 位于不同航线、不同区域分界处或不同成图方法图幅之间的像片控制点,均应满足各自加密和测图的要求,否则应分别布点。

8.3.1.3 当按不同地形条件采用不同方法布设像片控制点时,每种布点方案所包括的像对范围应相对集中,并尽可能按区域或图幅边缘布点,以便于航内作业。

8.3.1.4 位于自由边的控制点,要注意布设在图廓线外,以保证自由图边精度和图幅满幅,不应产生控制范围不足和漏洞。

8.3.1.5 像片控制点的布设主要根据地形、成图方法、航摄比例尺和仪器设备等因素确定,原则上应按

图幅布设。按图幅布设有困难时,也可按航线布设。

8.3.2 像片控制点布设方案

8.3.2.1 像片控制点布设应参照 GB/T 7931、GB/T 13977 的相关规定执行。

8.3.2.2 对平高区域网或平面区域网,采用胶片摄影资料时,区域的航线数不宜超过 6 条,基线数不宜超过 16 条;采用数字摄影资料时,区域的航线数不宜超过 12 条,基线数不宜超过 32 条;当采取惯导与全球定位系统(IMU/GNSS)辅助航空摄影数据进行区域网平差时,航线数和基线数可适当放宽。

8.4 像片控制点测量

8.4.1 像片控制点标志

为了提高像片控制点点位精度,切实保证空三加密质量,可在航摄前按航线设计图和布点方案设计的点位,来布设像片地面标志。像片地面标志的形状、规格应确保其在航摄影像上图像可准确辨认和量测,像片地面标志的颜色应根据摄区地形及景物的光谱特性选定,要确保其与周围地面、地物具有良好的反差。

8.4.2 像片控制点选刺和整饰

8.4.2.1 像片控制点宜在数字影像上选点、标记,准确标示出像控点的位置;也可在输出的像片上进行像控点选点、刺点与整饰,输出的影像比例尺为航摄比例尺。

8.4.2.2 像片控制点应以辨认判定点位为主,刺点为辅。像片控制点应准确刺出点位,不能准确刺出时,用虚线符号表示,加注点位说明。

8.4.2.3 平面控制点应选在影像清晰的明显地物点、交角良好的细小线状地物交点、地物拐角点以及影像小于 0.2 mm 的点状地物中心,实地辨认率应小于图上 0.1 mm。弧形地物与阴影处不应选作点位目标。

8.4.2.4 高程控制点应选刺在局部高程变化较小的地方,狭沟、尖山顶和高程急剧变化的斜坡等不应选作刺点目标。当点位选在高于地面上地物(如围墙头、房顶角、堤坎边脚等)时,应量出点位与地面的比高,量注至厘米,并详细绘出点位略图和断面图。各等级高程控制点的标石(志)至地面的高差应量注至厘米。

8.4.2.5 平高控制点的选刺应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求。

8.4.2.6 像片控制点的点位目标在相邻像片上均应清晰可见,应选择其中最清晰的一张像片作为刺点片,刺点误差和刺孔直径不应大于 0.1 mm,且应刺透,不应有双孔,刺偏时应换片重刺。

8.4.2.7 选刺目标时应认真判读像片,以满足刺点目标要求为主,同时考虑满足像片控制点布设的点位要求和兼顾联测的方便,点位选定后打桩(或埋石),并立即进行统一编号和实地绘制略图。桩位、说明、略图和刺孔位置应一致和明确无误。应由两人分别在不同像片上独立进行对刺或由第二人 100% 检查。控制像片正、反面整饰格式参照 GB/T 7931 的有关规定执行。

8.4.2.8 控制像片只整饰刺点片,航线公用点应在邻航线主片上转标,并注明点号及刺点片号;当借用相邻测区的像片控制点时,应转刺并按前述规定格式整饰,控制点转刺后,还应加注邻幅图号和刺点片号。

8.4.3 像片控制点联测

8.4.3.1 像片控制点联测,在基本平面控制点(GNSS 点、导线点)基础上以 GNSS(包括 RTK)测量、电磁波测距导线、极坐标法施测。像片控制点一般允许发展二次(包括引点),个别困难地区可发展三次。

8.4.3.2 像片控制点用 GNSS 测量,其技术要求按 5.3.4 有关规定执行。

8.4.3.3 电磁波测距导线的技术指标详见表 38 的规定。

表 38 电磁波测距导线的技术指标

测图比例尺	附和导线长度 km	平均边长 km	测角中误差 (")	方位角闭合差 (")	导线全长 相对闭合差
1 : 1 000	2	0.5	±15	$\pm 30\sqrt{n}$	1 : 6 000
1 : 2 000	4	0.8			
1 : 5 000	10	1.5			
注 1: n 为测站数。					
注 2: 导线长度小于表中规定的 1/3 时,导线精度可用绝对闭合差衡量,其最大闭合差不应大于图上 0.3 mm。					

8.4.3.4 当像片控制点不能组成扩展图形、点位不宜设站或距已知控制点很近时可采用引点。引点算作一次发展次数,由电磁波测距极坐标法测定的控制点上可再发展一次引点。引点时应符合下列要求:

- a) 本点应联测两个已知方向,采用方向法观测两测回;
- b) 采用电磁波测距极坐标法时技术指标详见表 39 的规定。

表 39 电磁波测距极坐标法时技术指标

测图比例尺	测距长度 m	测回数	测角中误差 (")	两组坐标较差 m
1 : 1 000	750	2	±15	M/10 000
1 : 2 000	1 500			
1 : 5 000	2 500			
注：M 为测图比例尺分母。				

8.4.3.5 控制点的水平角及天顶距观测的技术指标应符合表 40 的规定。

表 40 控制点的水平角及天顶距观测的技术指标

项目		限差	
		J_2	J_6
水平角	测回数	1	2
	半测回归零差限差/(")	12	24
	测回较差限差/(")	—	24
	方位角闭合差限差/(")	$30\sqrt{n}$	
	三角形最大闭合差/(")	45	
天顶距	测回数	1	2
	测回较差及指标差之差限差/(")	12	24
注: n 为推算路线中角的个数。			

8.4.3.6 像片控制点的高程测量,平地(0.5 m 等高距)采用图根水准测量、电磁波测距高程导线、RTK

高程测量,作业要求应符合 7.2.5 的规定;丘陵地、山地、高山地也可采用三角高程路线、独立交会高程等方法测定。电磁波测距高程导线的作业方法与要求,按 6.4 中有关等外电磁波测距高程导线的规定进行;RTK 高程测量作业方法与要求按 6.5 中有关规定进行;三角高程及独立交会高程测量的方法与要求,除三角高程路线长度及交会边长应按表 39 的规定执行外,其他均应符合 7.2.5 中有关的规定。

8.5 像片调绘

8.5.1 像片调绘方法及模式

像片调绘可根据测区情况,采取先内业判读测图,然后到野外对航测内业所成线划图进行补测、调绘的方法;也可采用先外业全野外像片调绘,或采用室内判读与野外像片调绘相结合,后航测内业成图的方法。

调绘可采用底图调绘和像片调绘两种模式。

采用像片调绘一般在放大片上进行,放大倍率应视测区情况决定。一般地区调绘片的比例尺应不小于成图比例尺的 3 倍;地物地貌比较复杂地区不小于两倍;城镇建筑物密集地区则应分片进行局部放大,其放大比例尺应接近于成图比例尺。

8.5.2 像片调绘的基本原则

像片调绘应遵循以下原则:

- a) 调绘应判读准确、描绘清楚、图式运用恰当、注记准确;
- b) 调绘人员应走到、看到、问到并标注到位;
- c) 调绘应实地确定像片上影像信息不明显和有多义性的地形要素,主要包括:各种名称、性质注记(如地名、路面铺装材料等);地物的分类分级(如房屋的类别,路、渠的等级等);地物要素的相互组合(如水系、道路及其附属设施等);
- d) 新增地物、阴影遮盖及影像模糊的地物均应实地补测,1:5 000 比例尺也可采用补调的方法;
- e) 调绘片宜采用红、蓝、绿、棕四色清绘,使用加入 2%重铬酸钾或 5%福尔马林的水彩颜料。

8.5.3 像片调绘的基本要求

8.5.3.1 地物、地貌取舍及注记均应符合 7.5 的规定。

8.5.3.2 各类平面控制点调绘片上均不表示,由内业按坐标展绘;水准点的点位,应在调绘片上概刺和整饰,并在调绘片反面绘出点位略图,注明水准点距 3 个固定明显地物的交会边长(注至 0.1m)。

8.5.3.3 不依比例尺表示的独立地物,应准确表示其定位点、线。

8.5.3.4 房屋调绘以墙基为准,当房檐宽度在图上大于 0.3 mm 时,房檐宽度应以红色数字注在房檐线上,以供内业成图改正。

8.5.3.5 永久性电力线、通讯线、电缆线在 1:1 000,1:2 000 比例尺应表示杆柱位置。

8.5.3.6 地下管线不表示,但入口处及检修井应表示。

8.5.3.7 江、河、湖、海的调绘,以摄影时水涯线为准,并注记专有名称。水中和岸边设施应调绘齐全。

8.5.3.8 水渠、池塘、贮水池水涯线符号以坎沿为准。

8.5.3.9 冲沟过密时可适当取舍,但不能综合。在调绘冲沟时,对看不清沟底影像的狭窄的冲沟应适当量注深度。

8.5.3.10 不同层次的梯田坎不能综合相连,并应注意正确反映不同层次纵横向田坎的相关位置,以保证与等高线配合表示时图面协调。

8.5.3.11 在调绘中,对有明显定位作用的岩峰、土堆、独立石等符号位置应准确绘在影像基部的中心,

并按规定量注比高;各种带状地貌如陡崖、陡坎等,要用立体镜绘准上下边线:岩墙、石垄等应准确绘于影像中线上。

8.5.3.12 位于陡壁阴影中的洞口很难定位,一般可以舍去;对于其中知名的主要洞口,则应测定洞口基部中点的坐标和高程。

8.5.3.13 大面积植被可在地界内用红色说明注记;整张调绘片为同一类型的植被时,可在片外统一说明。

8.5.3.14 树林、竹林、灌木林均需量注摄影时的平均高度,以供内业测图时改正树高测绘等高线。当不同地区平均树高不同时,应分别量注。树高量至 0.1 m。

8.5.3.15 调绘片间应接边,接边处房屋轮廓、道路、管线、河流、植被等的等级、性质、宽度和符号应一致,拼接后的地物地貌不应改变其真实形状和产生变形。

8.5.3.16 调绘像片的整饰格式按 GB/T 7931 的有关规定执行。

8.6 空中三角测量

8.6.1 进行空中三角测量前,应准备测区影像数据文件、相机参数文件、控制点成果以及摄影比例尺、航高、航带等航摄信息。

8.6.2 空中三角测量成果应符合 GB/T 23236 的规定。

8.7 数字高程模型(DEM)生产

8.7.1 数字高程模型(DEM)可采用航空摄影测量、矢量数据生成和机载激光雷达测量等方法生产。航空摄影测量法生产 DEM,应根据测区条件,可采用以下两种方法生成 DEM:

- a) 采用影像相关生成的像方数字高程模型(DEM)与特征数据构不规则三角网(TIN)的方法生成 DEM;
- b) 也可以采用特征数据和等高线、高程注记点数据构 TIN 的方法生成 DEM。

8.7.2 DEM 的格网间距根据成图比例尺不同,分别采用如下规定:1 : 1 000 DEM 格网间隔宜采用 1 m×1 m;1 : 2 000 DEM 格网间隔宜采用 2 m×2 m;1 : 5 000 DEM 格网间隔宜采用 2.5 m×2.5 m。

8.7.3 DEM 的精度要求见表 41。

表 41 数字高程模型精度要求

成图比例尺	地形类别	高程值取位 m	高程中误差 m
1 : 1 000	平地	0.01	±0.25
	丘陵地		±0.70
	山地		±1.00
	高山地		±2.00
1 : 2 000	平地	0.01	±0.50
	丘陵地		±0.70
	山地		±1.50
	高山地		±2.00

表 41 数字高程模型精度要求 (续)

成图比例尺	地形类别	高程值取位 m	高程中误差 m
1:5 000	平地	0.1	±0.7
	丘陵地		±1.7
	山地		±3.3
	高山地		±6.0

8.7.4 特征数据采集应符合以下要求：

- 特征数据宜按照图幅范围采集，采集时测标应切准地面进行三维坐标量测；
- 特征点(如山头、洼地、鞍部、沟心、谷底等)高程采集精度应符合高程注记点的精度要求；
- 特征线(如山脊线、山谷线、变坡线、陡坎，以及堤坝、沟渠等的上、下沿线)高程采集精度应符合等高线的精度要求；
- 水域线面包括双线河、面状静止水域等，双线河应根据实际情况采集河岸上、下沿线，其水涯线的高程应依据上下游水位点高程进行分段内插赋值；面状静止水域采集水涯线，赋统一高程值，高程精度应符合等高线的精度要求；
- 无法准确量测高程的区域设为高程推测区，高程推测区应按照推测区区域采集范围线；
- 特征点线稀少区域应适当加测规则散点，规则散点采集间距应根据实际情况在技术设计中明确；
- 在模型重叠区采集时应兼顾模型接边，在图幅接边处应保证特征线面无缝接边；
- 高程推测区、无要素分类代码的特征点线在技术设计中应明确要素分类代码；
- 道路、构筑物等地物要素与周围地形高程差异较大时，宜闭合采集道路、构筑物等地物要素地形突变处的边界线。各边界线应独立封闭，不同边界线不应相交。

8.7.5 数字高程模型(DEM)生成可根据所采用方法按以下要求进行：

- 可通过影像相关生成像方 DEM，并与立体模型叠合进行检查和像方编辑，对偏离地面的像方 DEM 点高程进行编辑修改，需要时可加测特征点线，使像方 DEM 点切准地面，真实反映地貌形态，林区无法切准地面时，应加植被高度改正。然后利用像方 DEM 格网点及特征数据的高程构 TIN。
- 可直接利用所采集的特征数据、等高线和高程点构 TIN。将 TIN 与影像匹配进行检查。对匹配不好区域加测特征点线，用量测点内插的方式消除误差，然后重新构 TIN，最终使所构 TIN 的每个三角形都贴于地面，且无不合理的三角形。
- 按 8.8.2 规定的格网间距，由 TIN 通过插值处理生成规则格网的 DEM。

8.7.6 数字高程模型(DEM)成果应套合到立体模型上检查点位是否切准地面、是否真实地反映地貌形态。当高程差大于 1 倍高程中误差时，应进行修测。面状水域的 DEM 格网点高程应符合水面高程特征及规律。

8.7.7 DEM 接边时，应保证不少于 2 排同名格网点。当同名格网点高程差小于 2 倍高程中误差时，取平均值作为同名格网点最终高程；大于 2 倍高程中误差时，应分析原因，检查 DEM 数据、特征数据是否切准地面，以修改或重新生成 DEM，符合要求后重新接边。

8.7.8 对 DEM 进行镶嵌时，应检查有无漏洞，确保无缝拼接。

8.7.9 DEM 数据可根据需要进行裁切，生成以图幅为单元的 DEM。分幅与编号应符合 4.3.1 的规定。

8.7.10 DEM 数据存储时,应按由西向东、由北向南的顺序排列。数据存储格式宜满足 GB/T 17798 的要求。

8.8 数字正射影像图(DOM)生产

8.8.1 数字正射影像图影像地面分辨率应不低于表 42 的规定。

表 42 数字正射影像图影像分辨率

比例尺	1 : 1 000	1 : 2 000	1 : 5 000
地面分辨率/m	0.1	0.2	0.5

8.8.2 数字正射影像图平面位置精度以明显地物点的平面位置中误差表示,平面位置中误差平地、丘陵地不应超过图上 0.6 mm,山地、高山地不应超过图上 0.8 mm。

8.8.3 数字正射影像图生产应注意以下事项:

- a) 正射影像图应利用像片定向参数和 DEM 数据进行纠正,制作真正射影像图时,还应利用有关地物的高程数据。平地、丘陵地一般采用隔片纠正,居民地密集区、山地、高山地一般采用逐片纠正。
- b) 正射影像图应进行匀色处理,对影像进行色彩、亮度和对比度的调整。匀色处理应缩小影像间的色调差异,使色调均匀、反差适中、层次分明,保持地物色彩不失真。
- c) 影像镶嵌线应尽量选择线状地物,镶嵌后的影像应确保无明显拼接痕迹,应色调一致,过渡自然,纹理清晰。
- d) 应按内图廓线最小外接矩形范围或根据设计要求外扩一排或多排栅格点进行图幅裁切,生成 DOM 数据。
- e) 数字正射影像图应与相邻影像图接边,接边误差不应大于 2 个像元。
- f) 数字正射影像图可根据需要按设计书增加必要的要素、符号及注记等进行图廓整饰。数字正射影像图的图廓整饰及注记部分可以矢量或栅格文件或两者组合的形式分层存储。
- g) 数字正射影像数据存储时,应按由西向东、由北向南的顺序排列。数字正射影像图数据存储格式宜满足 GB/T 17798 的要求。
- h) 数字正射影像图分幅与编号应符合 4.3.1 的规定。

8.9 数字线划图(DLG)生产

8.9.1 数字线划图(DLG)成果应符合 4.3 地形图的基本要求。

8.9.2 基于数字航空摄影测量方法的 1 : 1 000、1 : 2 000 数字线划图(DLG),可采用先内后外的作业模式生产,即先内业立体测图,然后结合立体测图成果进行外业调绘和补测,最后进行数据编辑。1 : 5 000 数字线划图可采取先外后内模式生产。立体测图、调绘和数据编辑也可以相互交叉进行。

8.9.3 在调绘、立体测图、数据编辑时均涉及地图要素的表示与取舍。地图要素的表示与取舍应以满足用图需要为前提,以要素重要程度、图面负载量,以及保持实地特征、兼顾地域特点为原则。

8.9.4 立体测图应注意以下事项:

- a) 立体模型的测图范围不应超出该模型测图定向点连线外 1 cm(以像片比例尺计算),且离像片边缘不小于 1.5 cm,自由图边应测出图廓外 1 cm。
- b) 立体测图对数字立体模型上能够准确判读的地物、地貌要素进行全部采集;对不能准确判读的要素(包括隐蔽地区、阴影部分和小的独立地物)应尽量采集,并做出标记,由调绘确定;影像不

清晰、要素不确定而无法采集时,用特殊符号标记,以便进行实地补测或补调。

- c) 要素采集时遵循先地物后地貌的原则,根据外业调绘片(图),按居民地、道路、水系、各种附属建筑物、地貌、土壤、植被等分类,依上述次序采集。在测绘地貌时,按冲沟、陡坎、绝壁、等高线的次序测定。在测绘等高线时,先从最高的山顶处起测,然后逐渐下降,最后测谷底。
- d) 地物与地貌元素应在仪器上直接判绘并参考调绘片根据立体模型仔细辨认和测绘,做到不错漏、不变形、不移位。
- e) 当立体测图无法达到高程注记点高程精度要求时,应外业实测足够的高程注记点,具体测量要求和方法由技术设计书确定。

8.9.5 当受云影、阴影等影响无法进行立体测图或处理、航空摄影出现绝对漏洞、新增大型工程设施、大面积开发区或居民地变化较大等情况时,应进行外业补测。

立体测图无法准确采集的城市建筑物密集区,亦可进行外业补测。

补测按照 7.4 的规定执行。

8.9.6 外业调绘按 8.5 执行。

8.9.7 数据编辑主要是依据立体测图成果、外业调绘与补测成果进行要素数据的图形编辑、属性录入,图幅接边形成非符号化数据,非符号化数据通过检查后配置符号、注记进行符号化处理及图廓整饰形成符号化数据。按照要素选取原则对数据进行编辑,做到不失真、主次有别、层次分明。

8.9.8 图廓整饰要求可参照 GB/T 20257.1 或 GB/T 20257.2 的规定。

8.10 低空摄影测量



8.10.1 航摄系统一般要求

低空摄影测量航摄系统的一般要求:

- a) 飞行平台稳定安全,抗风能力应大于 4 级;
- b) 数码相机有效像素应大于 2 000 万像素,应具备电子快门,机身与镜头之间应固定安装,快门速度应大于 1/1 000 s;
- c) 航摄前数码相机应进行检校,检校精度应满足:主点坐标中误差不应大于 10 μm ,主距中误差不应大于 5 μm ,经过畸变差方程式及测定的系数拟合后,残余畸变差不应大于 0.3 像素;
- d) 航空摄影时巡航速度一般不超过 120 km/h,最快不超过 160 km/h;相对航高一般不超过 1 500 m,最高不超过 2 000 m;绝对航高平原、丘陵地区应小于 3 000 m,高山地、高原地区应小于 6 000 m。

8.10.2 低空航摄飞行质量要求

8.10.2.1 像片重叠度要求:

- a) 航向重叠度应为 60%~80%,最小不应小于 53%;
- b) 旁向重叠度应为 15%~60%,最小不应小于 10%。

8.10.2.2 像片倾角和旋角要求:

- a) 像片倾角一般不大于 5°,最大不超过 12°,出现超过 8°的片数不多于总数的 10%,特殊困难地区一般不大于 9°,最大不超过 15°;出现超过 10°的片数不多于总数的 10%;
- b) 像片旋角一般不大于 15°,在确保像片航向和旁向重叠度满足要求的前提下,个别最大旋角不超过 30°,超过 15°旋角的像片数不应多于像片总数的 10%;
- c) 像片倾角和旋角不应同时达到最大。

8.10.2.3 摄区边界覆盖要求:

- a) 航向覆盖超出摄区边界线不少于两条基线；
- b) 旁向覆盖超出摄区边界不应少于像幅的 50%；在便于野外像片控制点测量和不影响内业正常加密的条件下，旁向覆盖超出摄区边界不应少于像幅的 30%。

8.10.2.4 航高保持：

- a) 同一航线上相邻像片的航高差不应大于 30 m；
- b) 最大航高与最小航高之差不应大于 50 m；
- c) 实际航高与设计航高之差不应大于 50 m。

8.10.3 影像质量要求

低空航摄影像应影像清晰，层次丰富，反差适中，色彩柔和；应能辨认出与地面分辨率相适应的细小地物影像；影像上不应有云、云影、大面积反光、污点等缺陷；在曝光瞬间造成的像点位移不应大于 1 个像素，最大不应大于 1.5 个像素。

8.10.4 像片控制点要求

8.10.4.1 像片控制点布设应遵循以下原则：

- a) 低空摄影测量像片控制点布设宜采用区域网法；
- b) 区域网的划分可根据地面分辨率、测区地形特点、摄影区的实际划分、图幅分幅等情况进行综合考虑，根据具体情况选择最优的实施方案；
- c) 区域网的图形宜呈矩形或方形；
- d) 区域网大小和像控制点之间的跨度应依据正射影像图精度、航摄资料的有关参数及对系统误差处理等因素确定，并能满足空三精度要求。

8.10.4.2 当区域网用于加密平面控制点时，航向相邻平面控制点间隔基线数可按照式(45)、式(46)估算，公式中所涉及的参数由所采用的相机、地面分辨率等参数确定。

$$m_s = \pm 0.28 \times K m_q \sqrt{n^2 + 2n + 46} \dots\dots\dots (45)$$

$$m_h = \pm 0.088 \times \frac{H}{b} m_q \sqrt{n^2 + 23n + 100} \dots\dots\dots (46)$$

式中：

- m_s ——连接点的平面中误差，单位为毫米(mm)；
- m_h ——连接点的高程中误差，单位为毫米(mm)；
- K ——像片放大成图的倍数；
- H ——相对航高，单位为米(m)；
- b ——像片基线长度，单位为毫米(mm)；
- n ——航线方向相邻平面控制点的间隔基线数；
- m_q ——视差量测的单位权中误差，单位为毫米(mm)；式中 m_q 取 0.005 mm。

8.10.4.3 像片控制点测量应遵循以下原则：

- a) 平面控制点和平高控制点对最近基础控制点的平面位置中误差不应超过 0.10 m；
- b) 高程控制点和平高控制点对最近基础控制点的高程中误差不应超过 0.20 m；
- c) 测定像片控制点的平面坐标，可采用附和导线、RTK、极坐标法、GNSS 精密单点定位等方法；
- d) 采用附和导线时，坐标方位角闭合差限差为 $\pm 30\sqrt{n}''$ ，坐标闭合差限差为 $\pm 0.2\sqrt{n}$ m；
- e) 采用极坐标法、RTK、PPP 等方法时，应进行两次重复测量，两次测量的坐标较差不应超过 0.04 m、高程较差不应超过 0.05 m，取中数作为最终结果。



8.10.4.4 像片控制点判刺和整饰应遵循以下原则：

- a) 应布设在航向及旁向六片或五片重叠范围内,使布设的控制点能尽可能共用。
- b) 像片控制点的目标影像应清晰,易于判刺,实地判点精度为图上 0.1 mm。点位宜选在影像清晰的明显地物上,一般选在交角良好($30^{\circ}\sim 150^{\circ}$)的细小线状地物交点、明显地物拐角点、原始影像中心不大于 3×3 像素的点状地物中心,同时应是高程起伏较小、常年相对固定且易于准确定位和量测的地方。弧形地物及阴影等均不应选作点位目标。
- c) 高程控制点的点位目标应选在高程变化较小的地方;平高控制点的点位目标应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求。
- d) 在点位目标难以保证室内判点精度的地区,航摄前应铺设地面标志,并及时联测和拍照。
- e) 控制点与基准面在不同平面时,应量注比高,量注至 0.1 m;当点位周围不等高时,应标注比高量注的位置。
- f) 高等级控制点、埋石点、平高点或平面点的刺点片,在像片正面用红色以边长或直径为 7 mm 的三角形、正方形或圆形整饰;水准点或高程点的刺点片用绿色以直径 7 mm 的圆形整饰、水准点在圆内加绘不相交的斜十字形。
- g) 点名、点号及高程均用红色以分式注记,分子为点名或点号,分母为高程。
- h) 像片的反面用铅笔以相应的符号标出点位,注上点名或点号,简要说明刺点位置和比高、刺点者、检查者或对刺者,签名及日期,绘局部放大的详细点位略图或照片。
- i) 具备条件可采用电子刺点。电子刺点的要求:在像控点选刺时利用装有简单图像编辑功能的电子平板、手机等设备,将预刺像控点的刺点片导入该设备,制作数字刺点片,实地进行选刺。
- j) 点之记应包括点号、刺点者、检查者、日期、坐标、概略点位图、片号、点位略图、点位详细图及备注等信息。

8.10.4.5 控制点编号：

基础控制点仍用原来编号,像片控制点应统一编号,同一测区内不应重号。

8.10.5 空中三角测量

8.10.5.1 低空摄影测量空三加密,宜采用软件自动化作业,直接生成 DEM、DOM 及点云数据。空中三角测量的成果仅用于数字正射影像图制作时,高程精度可适当放宽。内业加密点对附近野外控制点的平面位置中误差及高程中误差不应大于表 43 规定。

表 43 内业加密点对附近野外控制点的平面位置中误差、高程中误差

单位为米

成图比例尺	平面位置中误差		高程中误差			
	平地、丘陵	山地、高山地	平地	丘陵	山地	高山地
1 : 1 000	± 0.8	± 1.1	± 0.35	± 0.35	± 0.8	± 1.2
1 : 2 000	± 1.75	± 2.5	± 1.0	± 1.0	± 2.0	± 2.5

8.10.5.2 相对定向、绝对定向应遵循以下原则：

- a) 相对定向应满足:连接点上下视差中误差为 1 个像素,最大残差 1.5 个像素,每个像对连接点应分布均匀,每个标准点位应有连接点。
- b) 绝对定向基本定向点残差、检核点误差、公共点较差应符合表 44 规定。

表 44 基本定向点残差、检核点误差、公共点较差最大限值

单位为米

成图比例尺	类别	平面较差		高程较差		
		平地、丘陵地	山地、高山地	平地、丘陵地	山地	高山地
1 : 1 000	基本定向点	0.6	0.8	0.26	0.6	0.9
	检核点	1.0	1.4	0.4	1.0	1.5
	公共点	1.6	2.2	0.7	1.6	2.4
1 : 2 000	基本定向点	1.5	2.0	0.8	1.5	1.9
	检核点	1.75	2.5	1.0	2.0	2.5
	公共点	3.5	5.0	2.0	4.0	5.0
<p>注 1: 基本定向点残差为加密点中误差的 0.75 倍。</p> <p>注 2: 1 : 1 000 检查点的误差为加密点中误差的 1.25 倍;1 : 2 000 检查点的误差为加密点中误差的 1.0 倍。</p> <p>注 3: 公共点的较差为加密点中误差的 2.0 倍。</p> <p>注 4: 特殊困难地区(沙漠、戈壁、沼泽、森林等)平面和高程中误差可放宽 0.5 倍,在技术设计书中规定。</p>						

8.10.6 数字高程模型、数字线划图及正射影像图制作

8.10.6.1 数字高程模型、数字正射影像图和数字线划图的制作参照 8.7、8.8、8.9 相关要求执行。

8.10.6.2 地物点相对于邻近控制点的点位中误差,平地、丘陵地区不大于图上±0.6 mm,山地地区不大于图上±0.8 mm,高山地地区不大于图上±1.0 mm。应急用图或特殊困难地区(如沙漠、戈壁、沼泽、森林等)的平面和高程中误差均可放宽 0.75 倍。

8.10.7 其他

在满足本文件规定精度的前提下,可利用经过实践检验并提供试验证据的新技术和新方法,在技术设计书中明确说明相关要求和规定。

9 地质勘探工程测量

9.1 一般规定

9.1.1 普查、详查及勘探阶段与资源储量估算相关的各种地质剖面、探矿工程、矿体等均应进行定位测量。当比例尺大于或等于 1 : 2 000 时,应采用全站仪或全球卫星定位系统进行解析法定位测量。

9.1.2 地质勘探工程测量,应依据勘探区已有的各等 GNSS 点、导线点和图根点进行。在尚未建立控制网的勘探区,则应测设勘探基线作为布设和测定地质勘探工程的依据。当勘探区控制网建立后,应进行联测和改算。

9.1.3 勘探工程点定位测量的技术指标应不超过表 45 的规定。



表 45 勘探工程点定位测量技术指标

项 目			图上平面位置中误差 mm	高程中误差 m
探槽、探井、坑口、井口、 取样钻孔、地质点	重要		±0.3	±1/6× <i>H</i>
	一般	平地、丘陵地	±0.6	±1/3× <i>H</i>
		山地	±0.8	
钻孔			±0.15	±1/8× <i>H</i>
注 1：在森林荫蔽及其他困难地区,按常规作业困难时,表中探槽、探井、坑口、井口、取样钻孔及地质点的平面和高程中误差可放宽 0.5 倍。				
注 2： <i>H</i> 为基本等高距。				

9.1.4 勘探线及勘探线剖面点测量的技术指标应不超过表 46 的规定。

表 46 勘探线及勘探线剖面点测量技术指标

项 目		图上平面位置中误差 mm	高程中误差 m
勘探线控制点、勘探线端点		±0.1	±1/8× <i>H</i>
剖面测站点		±0.3	±1/6× <i>H</i>
剖面点	平地、丘陵地	±0.6	±1/3× <i>H</i>
	山地、高山地	±0.8	
注 1：平面及高程中误差均指相对于邻近控制点。			
注 2：当剖面比例尺大于地形图比例尺时，图上平面位置中误差系指地形图比例尺。			
注 3： <i>H</i> 为基本等高距。			

9.1.5 坑道测量的技术指标应不超过表 47 的规定。

表 47 坑道测量技术指标

项 目	平面位置中误差 m	高程中误差 m	备注
近井点	$\pm M \cdot 10^{-4}$	$\pm 1/10 \times H$	相对临近等级控制点的精度
坑口、井口位置点	$\pm M \cdot 10^{-4}$	$\pm 1/8 \times H$	相对临近图根点的精度
注 1: 表中 M 为地形地质图比例尺分母。 注 2: H 为基本等高距。			

9.1.6 勘探坑道导线测量终点的平面位置中误差,对导线起始点不大于 0.3 m,高程中误差不大于 0.1 m。当导线全长为 400 m~1 000 m 时,平面及高程中误差可放宽 0.5 倍。

9.1.7 勘探区开展地质勘探工程测量工作前,应根据地质勘探工作要求编写技术设计书;工作结束后,应编写测量工作成果报告。

9.1.8 当勘探区控制点密度不足时,可利用勘探区已有控制点,用 GNSS 定位技术和常规测量方法加密。用常规测量方法加密时,最多只能加密至二级图根导线,不应用电磁波测距极坐标法逐级引点

加密。

9.2 地形简测图测绘

- 9.2.1 地形简测图是为了满足暂无相应比例尺地形图的普查阶段进行地质填图需要,而进行简易地形图的测绘,其基本等高距和基本精度可较 4.3.3 和 4.3.4 的规定放宽 0.5 倍。
- 9.2.2 地形简测图的比例尺,应根据矿床的矿体规模、形态复杂程度以及勘查工作的要求确定,一般取用 1 : 2 000 或 1 : 5 000。小于 1 : 5 000 的地形图,应充分利用已有资料,可不专门进行地形图测绘。
- 9.2.3 遥感影像图能够满足普查阶段地质填图的精度需要时,经技术处理后,可直接作为地形简测图使用。
- 9.2.4 地形简测图采用的坐标系和高程基准、图幅的分幅和编号应符合 4.2 和 4.3.1 的有关规定,困难地区可采用独立坐标系和高程基准。
- 9.2.5 地形简测图的平面及高程控制测量应分别按第 5 章和第 6 章的有关规定执行。
- 9.2.6 地形简测图中地质工程点的测量,一般可采用下述作业方法:
- a) 先测制地形简测图,再补测地质工程点。
 - b) 在测制地形简测图的同时,将所需表示的所有地质工程点测绘于图上,一次完成地形测图和地质工程点测量。
- 9.2.7 地形简测图图根点的密度可较 7.2.1 的规定适当放宽,但每幅图不少于 2 点。
- 9.2.8 图根点的布设一般采用 RTK 或电磁波测距极坐标法进行。当用 RTK 进行施测时,其要求见 7.2.4.1~7.2.4.3;当用电磁波测距极坐标法进行施测时,困难地区可发展两级。测站至图根点的边长,1 : 2 000 比例尺不大于 1 200 m,1 : 5 000 比例尺不大于 2 000 m。
- 9.2.9 测站点的增补,应执行 7.3 的规定,其中表 35、表 36 规定的导线全长及平均边长均可放宽 1/3。
- 9.2.10 测定地物点、地形点及地质工程点的方法,可采用 RTK 或全站仪极坐标法进行,基准站点(测站点)至施测点的最大距离应符合表 48 的规定。

表 48 基准站点(测站点)至施测点的允许距离

测图比例尺	最大距离 m	
	全站仪数字测图	单基准站 RTK 测图
1 : 2 000	900	10 000
1 : 5 000	1 200	10 000

9.2.11 地形简测图的测绘内容及表示方法,原则上应符合 7.5 的规定,但根据普查工作的需要,对地物地貌可进行一定程度的综合取舍,重点表示对实地判定定位地质点具有方位意义的地物及地形要素,而对居民地、植被等面状要素可进行较大的综合。

9.3 勘探网测量

9.3.1 勘探网布测

- 9.3.1.1 勘探网设计,按地质勘探要求,确定勘探基线、勘探线的方向、位置和勘探网形状及其线间距,计算勘探基线的端点、基点和勘探网点的设计坐标。
- 9.3.1.2 勘探网展绘,根据勘探网设计数据,将其展绘于规定比例尺的地形图上。
- 9.3.1.3 勘探网测设,根据勘探网设计数据,将其中的勘探基线端点、基点和勘探网点等测设于实地。

9.3.1.4 勘探网布测要由测绘人员与地质人员密切配合进行。

9.3.2 已建立测量控制网的勘探区

9.3.2.1 在勘探网设计图(参见附录 H)上,选定勘探基线上相距较远的两个基点,作为勘探基线的控制点,经地质人员实地认定,埋设标志,经联测后作为勘探网的起算数据。

勘探基线应尽量采用理论基线,以联测后的两基点(勘探基线控制点)的坐标方位角作为基线的起算方位,以实测后的某一基点为起算点,按设计的勘探线间距,推算出其他各基点的坐标。

9.3.2.2 勘探线端点、工程点、勘探线控制点的理论坐标,以各自的基点为起算点,按相应的设计距离及勘探线方位用解析法推算。

勘探线端点、工程点、勘探线控制点,依据附近的控制点用 RTK、电磁波测距极坐标法布设于实地。布设的精度要求为表 45、表 46 规定中误差的 2 倍。

9.3.2.3 布设后的勘探线端点及勘探线控制点的定测,用 RTK、电磁波测距极坐标法等施测,各项要求与 7.2.4 和 7.2.5 的有关规定相同。经定测后同一勘探线上的两相邻勘探线控制点和两勘探线端点间的方位与设计值之差不应大于式(47)的规定。

$$\Delta_{\phi} = \frac{6 \times 10^{-4} \times M}{L} \cdot \rho'' \quad \dots\dots\dots (47)$$

式中:

Δ_{ϕ} ——同一勘探线上两相邻勘探线控制点和两勘探线端点间的方位与设计值之差,单位为秒(");

L ——两点间距离,单位为米(m);

M ——地形地质图比例尺分母;

ρ'' ——206 265"。

9.3.3 未建立测量控制网的勘探区

9.3.3.1 首先应测设勘探基线作为勘探工程测量的基础。勘探基线的测量,应在勘探区地质人员协助下于实地确定基点和方位后,按设计的勘探线间距,将勘探基线与各勘探线的交点位置布设于实地。

9.3.3.2 勘探基线在施测前应先行定线,定线时要尽量选择较远的前方制高点作为定向点。在起点以已知方位定向时,应以全站仪正倒镜法定向,定线过程中可同时确定基线与勘探线的交叉点及基线上的转站点,并打入木桩或埋设标石。

9.3.3.3 利用勘探基线假定坐标系的勘探区,当勘探区平面基本控制网建立后,应以图根测量方法对勘探网的基点、勘探线端点、勘探线控制点及工程点进行联测,联测的公共点不少于 4 个,并均匀分布,最后将所有地质勘探工程点的坐标改算为勘探区控制网的坐标系。

9.3.4 勘探基线的距离测量

9.3.4.1 勘探基线基点间距离可用 RTK 或全站仪进行施测,当用 RTK 施测时,各项技术指标应满足 7.2.4.1~7.2.4.3 的要求;当用全站仪施测时,各项技术指标应满足 7.2.4.6~7.2.4.14 的要求。

9.3.4.2 用全站仪施测基点间距离的往返测较差不应大于 1/2 000;困难地区不大于 1/1 000。天顶距往返观测一测回,往返测高差较差执行 7.2.5.5 b) 的要求。

9.4 勘探线剖面测量

9.4.1 勘探线剖面测量是按地质勘探要求,沿勘探线方向进行的剖面测量工作。主要包括:剖面控制测量、剖面定线测量、地形剖面测量、剖面点测量和剖面计算及剖面图的绘制。

9.4.2 剖面定线测量是依据勘探勘探区的测量控制点或勘探线基点,将剖面端点和定向点测设到实

地,确定剖面线的方向和位置;剖面控制测量是在剖面定线基础上,根据剖面端点和定向点,在剖面线上设置剖面控制点,以及在剖面控制点之间加密测站点;地形剖面测量是在测站点上沿剖面线测定地面坡度变换点的平面位置和高程,并绘制勘探线剖面中的地形剖面线。

9.4.3 勘探线端点、勘探线控制点应按 9.3 中的有关规定测定,应埋设标志,满足地质工作需要时可减少埋设标志数量,但每条勘探线上至少应有两个标志点。

9.4.4 剖面测站点是施测剖面点的依据,应埋设标志。剖面测站点一般以 GNSS-RTK 或附合于两相邻勘探线控制点的电磁波测距导线的形式布设,其技术要求按 5.3.4 和 7.3 执行。用电磁波测距导线施测剖面测站点时,困难地区可作总长不超过勘探线控制点间距二分之一的 1~2 条边的复测支导线作为剖面测站点。水平角、天顶距的观测要求见表 30、表 33。

9.4.5 剖面点测量包括测定剖面线上的各勘探工程点、地质点、地物点的平面位置和高程,应在勘探线控制点和测站点上用 RTK 或全站仪施测。用 RTK 施测剖面点时,首先将剖面勘探线端点坐标输入 RTK 电子手簿内,按照直线放样功能进行定向,测定剖面点坐标,其坐标转换参数的求解及精度要求见 5.3.4.13。用全站仪施测剖面点时,测站点间距及剖面点至测站点距离不应超过表 49 的规定。

表 49 测站点间距及剖面点至测站点的距离要求

勘探线剖面比例尺	测站点间距 km	剖面点至测站点距离 km
1 : 1 000	1.0	0.8
1 : 2 000	2.0	1.5
1 : 5 000	3.0	3.0
注 1: 测站点间距离用电磁波测距仪单程一测回测定。水平角、天顶距用 DJ ₆ 型全站仪各观测一测回。		
注 2: 测站至剖面点的距离和高差按一次照准一次读数测定。		

9.4.6 当地质工作需要将勘探线剖面向已测定的勘探线剖面两端点外继续延伸时,可按 9.4.3 要求布设导线点延伸。延伸后的勘探线端点坐标仍以延伸前的勘探线端点为准。

9.4.7 当地质工作需要勘探线剖面测量精度与 1 : 500 比例尺地形地质图精度一致,而尚未建立满足 1 : 500 比例尺测图精度的基本平面控制网时,应单独布设 1 : 500 比例尺精度的勘探基线,要求如下:

- a) 勘探基线用 RTK 或全站仪施测,其技术要求按 9.3.4 执行;
- b) 勘探线剖面点测量用 RTK 或全站仪施测,其技术要求按 9.4.5 执行;
- c) 高程以 RTK 或电磁波测距高程导线测定,其施测方法及精度要求按 7.2.5 执行。

9.4.8 勘探线剖面测量的计算取位:平距和高差、高程均取至 0.01m。

9.4.9 当地质工作要求在数字地形图上切取剖面时,首先应选取符合精度要求的数字地形图,切取前首先应将勘探线两端点坐标展绘于数字地形图上(用实际或理论坐标),连线后用相应的软件自动生成勘探线剖面图。

9.4.10 勘探线剖面测量资料整理和制图。

9.4.10.1 勘探线剖面施测完成后,应计算、摘抄成果表,绘制剖面图,其有关要求如下:

- a) 勘探线剖面方向按左西右东的原则绘制,当恰为南北向时则按左北右南;
- b) 成果表摘抄时,应以剖面左端点为零,把线上所有剖面点、测站点、勘探线端点及勘探线控制点的平距归算为至左端点的累计平距。摘抄的距离和高程应为经过平差配赋后的平差值(成果表摘抄的内容与格式参见附录 I);
- c) 不在勘探线上的工程点,应计算其偏离距离及距端点的投影距(计算方法参见附录 J);

d) 图上方里网与勘探剖面线交点亦应计算其距端点的距离(计算方法参见附录 K)。

9.4.10.2 勘探线剖面图内容包括:

- a) 剖面图名称、编号和剖面比例尺(水平和垂直比例尺均用数字比例尺注记);
- b) 剖面实测方位角;
- c) 剖面图纵横坐标线、高程线和图廓线;
- d) 剖面投影平面图;
- e) 剖面地形线;
- f) 剖面点、端点、控制点。

地质内容的展绘由地质人员与测绘人员共同进行,或者由地质人员在勘探线剖面测绘资料基础上自行绘制(绘制方法参见附录 L)。

9.4.10.3 勘探线剖面图绘制精度应符合下列要求:

- a) 相邻 x 线、 y 线、高程线的间距,其理论值与实量值之差图上不大于 0.3 mm;
- b) 剖面点对附近高程线、 x 线、 y 线距离与实量值之差图上不大于 0.3 mm;
- c) 两工程点间的距离与实量值之差图上不大于 0.4 mm;
- d) 端点、剖面控制点对相邻的剖面控制点及高程线距离与实量值之差图上不大于 0.3 mm。

9.4.11 其他地质剖面测量

当地质工作需要除勘探线剖面之外的其他地质剖面测量时,执行勘探线剖面测量的相关要求。

9.5 勘探坑道测量

9.5.1 近井点的测定

9.5.1.1 近井点离坑(井)口不宜超过 500 m,其点位应埋设标志。

9.5.1.2 近井点的平面位置及高程测量,按 7.2.4 和 7.2.5 的要求执行。

9.5.1.3 进行坑道贯通测量(包括坑内相对贯通、坑内找孔及向坑内打通风孔等)的近井点,应根据施工要求提高施测精度并埋石,应不低于一级图根点的精度。

9.5.2 坑(井)口位置点(以下简称坑(井)口点)的布设

9.5.2.1 坑(井)口点可根据实际地形条件,自近井点采用电磁波测距极坐标法、角线交会法或电磁波测距导线法测设。

9.5.2.2 坑(井)口点布设后,应在实地按设计的坑道掘进方向(中线方向)布设复测校正桩。

9.5.2.3 开挖好坑(井)口断面及开拓好坑(井)口平台后,应对坑(井)口点进行复测校正或重新布设。坑(井)口点应埋设标志。

9.5.3 坑(井)口点测定

9.5.3.1 坑(井)口点的测定一般自近井点起与坑内导线一并施测,如果通视条件允许,也可用测角交会法施测。

9.5.3.2 敷设坑内导线的坑(井)口点,点位精度按表 47 要求执行;不敷设坑内导线的坑(井)口点,点位精度按表 45 的要求执行。

9.5.4 坑道定向测量以三点挂线法或用激光经纬仪(激光指向仪)进行施测

9.5.4.1 在坑口点标定坑道中线方向时,应预先在地面由两个已知方向引测标定两个以上的中线点。

当坑口点只与近井点通视时,应两次引测标定。引测时均应正倒镜标定,中线点经检核无误后打入大木桩。

9.5.4.2 进至坑道内后,三点挂线法每 20 m~30 m,激光经纬仪法每 100 m,应在顶板或棚梁上延设新的中线点。在延设过程中,可自原地面中线点引测。如系按后视方向向前引测时,亦应正倒镜标定。

三点挂线法引测中线点需成组标定,每组三点,相邻点间距不小于 1 m。

9.5.4.3 坑道转向或分岔时,应在转向点或分岔点标定新的中线方向。

9.5.4.4 坡度较大的倾斜坑道,应在标定中线的同时,在两壁上标定腰线点。腰线点应三对一组,相邻点间距不小于 2 m。

9.5.4.5 坡度小于 1/100 的水平坑道,可直接用测距三角高程或水准测定掌子面底板高程,按设计坡度求出其推算高程进行检查,必要时也可标定腰线。

9.5.4.6 每次标定或检查中、腰线后,应以书面形式将结果通知施工单位。

9.5.5 竖井投点及连接测量

9.5.5.1 通过竖井联系的坑道,当竖井挖至坑道底面设计高程时,应将平面控制和高程由地面传递到坑道内。

9.5.5.2 地面的平面控制与坑道内的平面控制,应通过竖井投点连接,竖井投点可采用重锤投点法或激光铅垂仪投点法。

9.5.5.3 为了提高投点的定向精度,应使井口的长对角线与地下坑道的几何中线(掘进方向线)重合或平行。

9.5.5.4 重锤投点时应注意以下事项:

- a) 为了减少投点误差,应停止鼓风,并在井口及井内适当位置加装隔风木板。
- b) 重锤应置于盛有稳定液的容器内。机油或其他油类均可作为稳定液。重锤与锤线不应接触任何障碍物。
- c) 悬锤线应用无弯曲、无扭折、无接头的细钢丝,应有足够的抗拉强度,其强度系数一般可为 2。
- d) 重锤投点通常采用两固定点下投,两固定点距离与井下两投点距离之差不应大于 2 mm。
- e) 为确保安全,悬锤线的井口固结以及钢丝与重锤的连接应牢固可靠。下放悬锤线时,可先悬挂一小重锤(2 kg~3 kg)将其放至竖井底部,待投点开始时,再换用工作重锤。提升悬锤线时,也应换用小重锤。

9.5.5.5 重锤的重量,根据竖井深度不同,一般可参照表 50 的规定选用。

表 50 竖井深度与选用重锤重量

竖井深度/m	20	40	60	80	100
重锤重量/kg	15	25	40	50	60

9.5.5.6 单向竖井坑道的掘进方向可采用连接三角形法或连接方向法与地面控制网点进行联测,其操作方法与要求参见附录 M。连接测量时,应有一个控制点布设在距井口 5 m~10 m 处。

9.5.5.7 进行定向和连接测量时,仪器应严格对中,偏心差不应大于 1 mm。地面及地下观测时,均应直接照准悬锤线,并在其静止稳定时进行。

9.5.5.8 投点、定向和连接测量应进行两次,并尽可能由不同人员采用不同方法、不同图形、不同路线分别进行。两次所得坑道内导线第一条边的方位角较差不应超过 5'。

9.5.5.9 单向竖井坑道的定向也可使用一次定向测量中误差不超过±60''的陀螺仪采用逆转点法、中天



法或其他方法进行。使用陀螺仪定向应满足下列要求：

- a) 在井下定向测量前和测量后,应在地面同一条近井点的后视边和连接导线边上,各测量三次陀螺方位,求得六个仪器常数,其任意两个仪器常数的较差应小于 $2'$;
- b) 井下陀螺定向边的长度应大于 30 m,测量陀螺方位时,至少须进行两次,其较差应小于 $2'$;
- c) 前后两次测量的仪器常数,应在三个昼夜内完成,观测仪器和电源部分要避免阳光直接照射,并尽可能在温度变化比较小的时间内进行;
- d) 井上、下观测应由同一观测员进行;仪器在搬运时应防止颠簸和振动;
- e) 定向观测时,仪器应严格整平,观测过程中水准气泡偏离不应超过 0.5 格,每次测量后,度盘位置须变换 $180^\circ/n$ (n 为测量次数),并停止陀螺运转 10 min~15 min;
- f) 在观测陀螺子午线的前后,均应以两个镜位照准已知方位或定向边,读取水平度盘读数,前后两次观测结果的较差,对于 DJ6 型全站仪不应超过 $24''$;
- g) 用逆转点法观测时,每次测量应连续读取 5 个逆转点的水平度盘读数。当陀螺仪轴摆动中值较差不超过 $30''$ 时,方可进行计算,否则应重新观测。

9.5.5.10 坑道底面高程一般是通过竖井将地面高程直接传递至井下,其传递方法通常采用长钢尺或长钢丝一次导入高程法(参见附录 N)。进行高程传递时,应防止钢尺(或钢丝)接触障碍物。

9.5.5.11 通过竖井传递高程应进行两次,加入各种改正数后的两次测量结果的较差不大于式(48)规定时,取用其平均值。否则,应重测。

$$\Delta h = 0.03 + 0.003H_s \quad \dots\dots\dots (48)$$

式中:

Δh ——竖井传递高程加入各种改正数后的两次测量结果较差,单位为米(m);

H_s ——竖井深度,单位为米(m)。

9.5.6 坑道导线测量

9.5.6.1 坑道导线点选埋,一般以点距不小于 10 m 的边长,在顶板钉入木桩后钉入小钉,或用快干水泥粘糊铜钩,也可在底板打入不短于 40 cm 的钢钎作为坑内导线点。

设在顶板上的中线点也可作为导线点。

9.5.6.2 坑道导线的边长测量,采用电磁波测距仪,并按下述不同情况分别施测。

- a) 全长在 400 m 以内的导线,边长应往返观测平距各一测回,要求按 7.2.4.7 执行。不测气温、气压,测量结果可不加各项改正。
- b) 全长在 400 m~1 000 m 的导线及为贯通测量敷设的导线,除按上述 a) 的有关要求外,测距边长还应进行仪器的加常数、乘常数及气象改正数改正,其要求按 7.2.4.8 a) 执行,往返测较差的相对误差不应大于 $1/4\ 000$ 。

9.5.6.3 坑道导线的角度观测应符合下列要求:

- a) 坑道导线(全长在 1 000 m 以内)一般用复测支导线施测,复测支导线水平角用 DJ6 型全站仪往、返各观测一测回。以导线延伸方向为准,往测为左角,返测为右角,左、右角之和与 360° 之差 Δ 不应超过 $60''$;
- b) 坑道贯通测量时,用闭(附)合导线施测,水平角用 DJ6 型全站仪观测二测回,测回较差不应超过 $30''$,其他按表 51 中有关规定执行。

表 51 坑道导线测量的技术指标

导线类型	测角中误差 (")	闭(附)合导线		水平角 检测限差 (")	贯通导线极限误差和复测 支导线终点点位中误差 m
		全长相对闭 合差	角度闭合差 (")		
贯通导线	±20	1/4 000	$\pm 40\sqrt{n}$	60	±0.5
400 m~1 000 m	±30	1/3 000	$\pm 60\sqrt{n}$	80	±0.5
400 m 以内	±45	1/2 000	$\pm 90\sqrt{n}$	120	±0.3
注：n 为贯通点两侧或复测路线中总折角数。					

9.5.6.4 坑道导线测量随坑道掘进的进度延伸时,应在前一站检测水平角,检测值与原角值较差不应超过表 51 的规定,在导线近似直伸时,为防止接测点号用错,必要时还应检查边长。

9.5.6.5 坑道导线测量技术指标按表 51 规定执行。

当全长超过表 51 规定时,应提高测角精度或在导线 2/3 处加测陀螺方位。

对全长超过表 51 规定,且拟作生产矿井的勘探坑道导线测量,应参照相关矿井测量标准在设计中拟定,经主管单位批准后执行。

9.5.6.6 坑道导线点的高程用光电测距三角高程或图根水准施测。

9.5.6.7 闭(附)合导线点的坐标和高程计算,在各项闭合差符合要求时,角度闭合差平均配赋在各角上,坐标及高程闭合差按边长成比例配赋。

复测支导线在△(左、右角之和与 360°之差)符合要求时,应分别按左、右角推算各边方位角,用往、返边长分别计算各点坐标,最后取两组结果的中数。

9.5.6.8 坑道平面图测量采用支距法或极坐标法测绘,按标准断面掘进且沿中线点施测导线时,可不进行平面图测量,而直接按导线点绘坑道平面图。

坑道平面图(参见附录 O)可按坑道所在水平面分别绘制,也可综合绘制,但应分别表示并加以说明。

9.5.7 贯通测量

9.5.7.1 为指导坑道的相对贯通,应随工程进度及时施测并延伸导线,绘制比例尺不小于 1 : 2 000 的工程进度图。

9.5.7.2 最后一次标定贯通方向时,两掘进面的距离不应小于 50 m。贯通前的最后几个导线点(不少于三个),应稳定牢固。

当两个掘进工作面间的距离接近 15 m~20 m(岩巷)或 20 m~30 m(煤巷)时,应以书面形式通知有关部门及施工单位,以便采取安全措施。

9.5.7.3 坑道贯通后,应立即测量贯通实际偏差值,并将两侧的导线连接起来,计算各项闭合差。

贯通面上的允许偏差值,中线方向偏差≤0.5 m;高程偏差≤0.3 m。

9.5.7.4 坑道与已完工钻孔的贯通(坑内找孔),应在施工前根据测井人员提供的数据,确定钻孔在见矿层位或掘进水平上的坐标和高程,以便计算找孔支巷的设计数据(起点坐标、掘进方向和坡度)。

9.5.7.5 钻孔与坑道的贯通(向坑道内打通风孔及输送电缆等),应先在坑道内预计打孔位置,根据坑道内已有导线点求得其设计坐标,然后在地表根据控制点布设于实地。布设后应按图根点精度测定其地面坐标和高程,以便于设计坐标检查及确定预计钻进深度。

9.6 定位测量

9.6.1 钻孔布设

设计钻孔(包括重要槽、井)的布设方法与 9.3.1 同。在已施测勘探线的勘探区,还可利用勘探线上的勘探线控制点、测站点设站,用电磁波测距极坐标法或电磁波测距支导线法,沿勘探线方向布设钻孔位置。放样(布设钻孔)时,天顶距观测一测回,距离观测一测回(两次读数)。

钻孔位置布设后应进行检查,其精度应达到 9.3.2.2 布设精度要求。

孔位布设后,视施工需要用十字交叉法、直线通过法或距离交会法设置复测校正桩。

9.6.2 钻孔复测校正

平整好钻孔场地平台后,如施工需要复测校正(如倾斜钻孔需校正钻机立轴的方位时),可自复测校正桩进行复测校正,或重新布设。

9.6.3 钻孔定测

9.6.3.1 已完工的钻孔应进行定测。可自一级图根点以上的控制点(含一级图根点)上按 7.2.4 和 7.2.5 中的有关规定测定其平面坐标和高程。

9.6.3.2 钻孔的定测位置,平面以封孔后的标石中心为准(长观水文孔以套管中心为准),高程测至标石面或套管口,并量取标石面或套管口至地面的高差。

9.6.4 重要的地质工程点和地质点定测

9.6.4.1 重要的探槽、探井、取样钻孔和地质点(如:老窿、废坑、不敷设导线的坑口、水文长观点、涌水井泉点和矿体露头点等)测定,可用 RTK、电磁波测距极坐标法测定其坐标和高程。

9.6.4.2 采用电磁波测距极坐标法测定时,按 7.3.4 的要求执行。不论采用何种方法施测重要的地质工程点和地质界限点,其平面和高程精度应不超过表 42 的规定。

9.6.5 一般的地质工程点和地质点的定测

9.6.5.1 一般的探槽、探井和地质点,采用 RTK、全站仪在野外直接采集其平面坐标和高程。

9.6.5.2 不论采用何种方法施测一般的地质工程点和地质点,其平面和高程精度应不超过表 42 的规定。

9.6.6 用航测方法进行一般地质工程点和地质点定位测量

9.6.6.1 当勘探区采用航测法成图时,在岩层裸露或能根据地面目标准确地判刺地质点位的地区,亦可用航测方法在测制地形图的同时进行一般地质点定位测量。

用于判刺地质点的地质调绘片,像片的选取和放大数按 8.5.1 的要求执行。

9.6.6.2 野外在地质调绘片上判刺地质点的判刺误差不应大于 0.2 mm,刺孔直径不应大于 0.1 mm,刺孔要小、要圆、要刺透,不准许刺双孔。

需要测高程的地质点,宜选在坡度平缓、目标明显的点位上。

9.6.6.3 地质构造线与地层界线应在野外根据实地影像特征描绘,室内再在立体下详细观察修正,处理好地形起伏、地层产状与地层界线三者之间的关系。

9.6.6.4 凡地质点平面位置或高程不能准确判刺者,均应使用仪器补测,补测方法及要求同 9.6.5。

9.6.6.5 地质调绘片接边应在立体下观察拼接,不应有调绘漏洞。接边处线划应自然、协调,不应强制、

变形。

9.6.6.6 地质调绘完成后,应对地质调绘片进行整饰,内业测制地形图时一并测制出地质点和地质界线,地质点的高程应测两次取其中数使用。

9.7 矿区勘界测量

9.7.1 一般规定

9.7.1.1 矿区是指已投入开采或即将投入开采的矿山的采矿区、厂区、生活区及其他建(构)筑物的用地范围。

9.7.1.2 矿区勘界测量有两方面的含义,一是将采矿许可证上的采矿区界线和主管部门批准的用地界线放样到实地上;二是矿山企业根据管理的需要对界线的重新勘定。

9.7.1.3 矿区勘界测量工作前,应根据实际需要,从矿业权主管部门、采矿权人、测绘部门等处收集采矿权数据项以及地质、测绘等相关资料、图件,并进行分析利用。

9.7.2 矿区界址拐点放样

9.7.2.1 矿区界址拐点的放样依据是采矿许可证上提供的矿区界线和各个拐点的坐标,以及主管部门批准的用地界线的拐点坐标。

9.7.2.2 矿区界址拐点的放样方法一般为极坐标法和坐标放样法,放样使用的仪器一般为全站仪和GNSS接收机;矿区界址拐点放样的技术指标不应超过表 52 的规定。

表 52 界址拐点的精度

单位为厘米

地区类别	界址拐点对邻近控制点点位中误差		相邻界址拐点间距 允许误差
	中误差	允许误差	
一般地区	±5	±10	±10
困难地区	±7.5	±15	±15

9.7.2.3 矿区界址拐点应设立标志,标志类型根据实地情况可采用界桩或其他界址标志,并编写界址拐点点号。

9.7.2.4 界址拐点编号应与采矿许可证和其他用地文件上的编号一致。

9.7.3 矿区界线重新勘定

9.7.3.1 界址拐点认定:

- a) 界址拐点认定应以采矿许可证和主管部门批准的用地文件上的界线为基础,通过四邻共同认定;
- b) 界址拐点的认定应由调查员、矿区及相邻土地使用者权利人为单位的,可以是法定代表人(或负责人和其委托代理人),权利人是个人的,可以是权利人本人或委托代理人现场共同指界;
- c) 指界时,调查人员应验证指界人的身份证明;
- d) 界址拐点确认后应在界线拐点位置设立界址标志,要求同 9.7.2.3、9.7.2.4;
- e) 矿区与未确定土地使用权的国有土地相邻时,可根据采矿许可证等权属来源材料单方指界;
- f) 界址拐点调查完成后,应现场填写矿区地籍调查表,记载调查成果,并签字盖章。

9.7.3.2 矿区勘界测量的坐标系与高程基准按 4.2 的要求执行。

9.7.3.3 矿区界址拐点的坐标和相邻界址拐点间的距离精度,按其施测的困难程度应不超过表 49 的规定。

9.7.3.4 矿区界址拐点测定:

- a) 界址拐点利用全站仪、GNSS 接收机等测量工具野外实测界址拐点坐标。主要方法有极坐标法、RTK 定位法、直角坐标法(正交法)、截距法(内外分点法)、距离交会法、角度交会法等。可根据界址点的观测环境选用不同的方法。
- b) 当采用全站仪测量时,观测角度的仪器级别不低于 J₆ 级。仪器对中误差不应大于 5 mm,以较远的已知点定向,再用其他已知点检核;水平角观测半测回,归零差不应大于 40";边长观测一测回(照准一次,一次读数),观测值读记至毫米。测距长度不应大于 500 m,观测边长应加入仪器加、乘常数及倾斜改正。
- c) 当采用 GNSS 接收机测量时,界址点周围的环境条件应符合 GNSS 接收机的观测条件,否则应采用其他方法施测。
- d) 无论采用哪种方法测量界址拐点,都应进行有效检核。界址拐点测量精度检核的方法有界址拐点坐标点位检核和界址拐点间距检核。检核结果不超过表 49 的规定。
- e) 界址拐点的坐标计算采用与观测相适应的计算方法(计算机或手工计算),求出界址拐点点位的坐标、高程和相邻界址拐点的边长、方位角。计算时角度取至秒,边长、坐标和高程取至毫米。计算完毕,编制打印矿区界址拐点成果表,并用解析法计算矿区占地面积,作为成果上交。

9.7.3.5 矿区勘界图制作:

- a) 矿区勘界图分幅应与矿区已有地形图一致。尚无大比例尺地形图的矿区,分幅方法与大比例尺地形图相同。
- b) 矿区勘界图比例尺宜与矿区已有最大比例尺地形图相同。一般为 1:500、1:1 000、1:2 000。
- c) 矿区勘界图一般将界址拐点(用直径 0.8 mm 的圆)展绘于已有大比例尺图上,加注必要的地籍要素(如界址线、界址点编号等)而形成(界址线用 0.3 mm 的直线绘制)。
- d) 如矿区无大比例尺地形图,根据需要,可全测矿区勘界图,或沿矿区界址线施测图上宽度为 10 cm 的带状勘界图,作为矿区地籍管理使用。带状勘界图的分幅应统一按规定分幅,便于将来与矿区地形图拼接。

10 地图编制

10.1 一般规定

10.1.1 地质矿产勘查地图编制包括地形图、地理底图、影像地理底图和专题地图的编绘和制印等内容,地图制图宜采用数字制图技术。地图编制应符合 GB/T 20257.1 或 GB/T 20257.2 及本文件的规定。

10.1.2 地图编制应编写专业技术设计,对任务概况、地图的基本要求、数学基础、分幅和图面设计、图层设计、制图区域地理说明、制图资料、制图工艺方案、地图内容的选择和图式、图例设计、各要素的制图综合、检查验收规定、附件等详细说明,是重要的作业依据。编制地理底图、影像地理地图和专题地图可根据用图需要设计,并执行本文件的有关规定。

10.1.3 地质矿产勘查地图的数学基础及几何精度要求应符合 4.2 的要求;地图分幅应符合 GB/T 13989 的相应规定,特殊情况下可采用自由分幅;数据分类、分层宜遵循 GB/T 13923 的分类标准。

- 10.1.4 地图编制宜采用权威部门提供的资料,资料内容应完整准确、现势性强,满足地图编制要求。
- 10.1.5 数字地形图宜与地形图数据库建设相协调,也可直接从现有的地形图数据库中输出数据编制成图。
- 10.1.6 编制公开使用的地图,应符合国家有关保密法律法规的规定,公开出版的还应符合国家相关出版规定。
- 10.1.7 需制版、印刷的数字地图宜采用能够分色输出的计算机软件编制;地图制版、印刷应参照相关国家规范规定执行。
- 10.1.8 地图可利用新施测的矢量地形图更新,也可利用满足要求的航空、航天影像数据,经正射纠正等数据处理后,自动或人工进行数据更新。

10.2 地形图编绘

- 10.2.1 地形图编绘可参照国家基本比例尺地图编绘规范相关规定。
- 10.2.2 数字地形图可采用数字线划图 DLG(以下简称 DLG)或数字化模拟地形图,经制图编辑和处理后,形成数字地形图,也可采用已有地形图数据库直接输出数字地形图,所采用的数据应符合第 7 章的规定。
- 10.2.3 模拟地形图数字化可参照国家相应地形图数字化规范的相关规定。
- 10.2.4 用于编绘数字地形图的软件应具有图廓整饰、绘制独立性地物符号、线状符号、面状符号、等高线以及图幅剪裁的功能;图形文件格式宜与国家标准统一或便于相互转换;图形文件应便于显示、编辑和输出。
- 10.2.5 编绘地形图的数学基础、图幅规格、基本等高距和地形图精度等基本要求应符合第 4 章的规定;编绘地形简测图的地形图精度应符合 9.2 的规定。
- 10.2.6 编绘地形图要素数据综合要求应符合第 7 章的相关规定,各要素的综合取舍,应根据地形图比例尺、制图区域特点和相关规范与技术设计的要求确定;编绘地形简测图可根据实际需要按照设计要求编绘。
- 10.2.7 编绘地形图元数据应能全面、正确反映每幅地形图的编绘过程。应详细记载所编图幅的数学基础、平面控制点坐标、数据源、数据分层、图幅编绘说明、图幅接边、资料使用情况、主要问题的处理情况和成图质量评定等内容。
- 10.2.8 编绘地形图应充分收集资料,包括主要资料(基本资料)和参考、补充资料。主要资料应具备成图全部或绝大部分的内容,对资料的测制单位、数学基础、内容精度、现势性、完整性与可靠性等进行分析,以便正确、合理使用。
- 10.2.9 采用较小比例尺 DLG 或数字化后的模拟地形图放大编绘较大比例尺地形简测图时,应收集最新航空摄影或卫星影像制作的数字正射影像图作为补充资料,以满足精度设计要求。
- 10.2.10 地形图打印输出时宜采用伸缩性小的工程打印纸或厚度为 0.07 mm~0.1 mm 的聚酯薄膜。地形图图廓线长度误差不应大于 ± 0.2 mm;对角线长度误差不应大于 ± 0.3 mm。

10.3 地理底图编绘

- 10.3.1 地理底图是编制地质图等专题地图的地理基础,内容应包括行政区域界线、主要水系、居民地、主要道路网、地貌和植被等基本地理要素,以及其他与地质矿产有关的地理要素。
- 10.3.2 地理底图宜采用实测 DLG 或采用现势性强、图面清晰的模拟地形图数字化后编制形成。所采用的 DLG 应现势性强、并符合第 7 章的相关规定,行政区域界线应采用民政部门发布的信息。
- 10.3.3 地理底图要素的综合取舍程度应根据专题地图的性质和用途,按技术设计要求确定。与地质

矿产有关的要素,可优先选取。

10.3.4 地理底图编绘其他要求参照执行 10.2 中的相关规定。

10.4 影像地理底图编绘

10.4.1 根据影像地图不同的用图要求,影像地理底图可在地理底图的基础上融合数字高程模型(DEM)及数字正射影像图(DOM)部分要素制作生成。

10.4.2 制作影像地理底图的影像应按数字正射影像图(DOM)生产的基本要求进行影像纠正、匀色、镶嵌等处理,保证影像的真实性、自然性,影像应清晰,层次关系分明。影像的色彩可适当进行淡化处理使图面色彩、色调等和谐美观。

10.4.3 根据影像地图功能要求及影像分辨率,宜选择合适的比例尺并对影像进行合理分幅、拼接处理。

10.4.4 影像地理底图的数学精度在保证用图需求基础上可适当放宽。

10.4.5 影像地理底图在地貌表示时可用抽稀的等高线配合影像高程模型表达。

10.4.6 影像地理底图要素应进行分类分级设计编辑。应采用适宜的符号、线型、字体、色彩表示相应的要素,图面整体效果应达到信息表达准确、主次内容分明、影像层次清晰,各类注记清楚、图面整洁直观。

10.4.7 影像地理底图图面整饰应包括图名、比例尺、摄制时间等内容。

10.5 专题地图编绘

10.5.1 专题地图应按内容与用图需要,编制总体策划方案和技术设计。

10.5.2 技术设计应明确地图的性质、用途、制图范围、开本、比例尺、资料、数学基础等,并明确各内容要素的编制要求、表示方法、分类分级原则、符号、线型、色彩及数字制图工艺流程等。

10.5.3 根据技术设计的要求,应选择典型地区试做样图,对图面配置、内容选取指标、图形符号以及色彩、注记的字体、字号等进行详细设计。根据样图试验效果,修改技术设计。

10.5.4 需要使用地理底图的专题地图,应首先编制地理底图或影像地理底图,编制方法应符合 10.3 和 10.4 的有关规定。

10.5.5 专题地图的图式符号和颜色设计,应符合地质矿产勘查专业要求。

10.5.6 专题地图的编辑作业应符合下列基本规定:

- a) 设计图式符号或图表,选择适合的字体,配置相应的字库。设计应充分反映专题要素特性、地图立意,通过形状、大小和色彩的综合运用,达到充分表达专题信息的要求。
- b) 采用软件编制时,应对各类专题要素进行图层设置。
- c) 使用地理底图时,可在其上进行专题要素的编辑,根据确定的分类分级原则,对专题要素进行分类分级,分别标示。应处理好专题要素与地理底图之间的空间关系。
- d) 图幅版面应进行详细的版式、色彩、图表等设计。
- e) 应进行接边,并对图廓进行整饰。
- f) 地图文件与相关文字、图片、图表等内容应集成排版。
- g) 编制成果应进行审校、修改、验收。

11 测绘资料整理与验收

11.1 观测成果记录与整理

11.1.1 一切原始的观测值和记事项目,应现场用铅笔或钢笔记录在规定格式的记录纸或手簿中。记

录字迹要清楚、正确、整齐、美观,不应涂改、转抄。外业手簿应进行编号,不应撕毁。

11.1.2 外业观测记录采用电子手簿,宜参照相关标准规定执行。

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

11.1.4 对原始观测数据的更改应符合下列规定:

- a) 水平方向观测中,秒值读记错误应重新观测,度、分读记错误可在现场更正,但同一方向盘左、盘右不应同时更改相关数字。天顶距观测中,分值在各测回中不应连环更改。
- b) 距离测量和水准测量中,厘米及以下读数不应更改。米和分米的读记错误,在同一距离、同一高差的往返测或两次测量的相关数字不应连环更改。
- c) 凡更正错误,均应将错误数字、文字整齐划去,在上方另记正确数字或文字。凡划改的数字和超限划去的成果,均应注明原因和重测结果的所在页数。

11.1.5 观测工作结束后,应及时整理和检查外业观测手簿。确认观测成果全部符合本文件的规定后,方可进行内业计算。

11.2 检查验收

11.2.1 测绘成果质量检验应按照 GB/T 24356 相关规定。

11.2.2 测绘成果质量实行二级检查、一级验收制度。测绘生产单位对成果质量实行过程检查和最终检查。过程检查由生产单位作业部门检查人员承担,最终检查由生产单位质量管理机构负责实施。最终检查结束后,应对测绘成果进行质量评定,并提交检查报告。

11.2.3 验收工作在测绘成果经最终检查合格后进行。验收工作由项目管理单位组织实施,或委托具有资质的质量检验机构进行质量验收。

11.3 上交资料项目

11.3.1 测绘成果经检查验收后,应按工序或类别整理装订成册,并编制目录,按本文件的规定项目提交资料。

11.3.2 测绘项目均应提交技术设计书、技术总结和检查报告。除此之外,不同测绘工序(项目)还应按下列规定提交资料。

11.3.3 平面(高程)控制测量上交资料项目:

- a) 按适当比例绘制的平面(高程)控制网图、点之记及平面(高程)控制点标志委托保管书;
- b) 测量仪器、气象及其他仪器的检验资料;
- c) 全部外业观测记录、测量手簿、外业概算与验算资料;
- d) 全部内业计算资料、数据加工处理中生成的文件、资料及成果表。

11.3.4 地形测量上交资料项目:

- a) 图根控制点展点图、计算资料、成果表;
- b) 仪器检验资料;
- c) 全部外业观测记录、测量手簿等;
- d) 地形图数据文件、元数据文件等各种数据文件和图幅接合表;
- e) 输出的纸质(薄膜)地形图。

11.3.5 航空摄影测量上交资料项目:

- a) 外业控制点及内业加密点布点略图;
- b) 仪器检验资料;
- c) 控制像片、调绘像片、外业观测手簿、内业计算手簿、控制点成果表;

- d) 磁介质(或光盘)记录的原始数据文件和编辑图形文件;
- e) 根据需要可输出地形原图(可以纸质原图、薄膜原图或分板胶片等)。

11.3.6 地质勘探工程测量上交资料项目:

- a) 矿区控制网展点图;
- b) 地质勘探工程分布图;
- c) 仪器检验资料;
- d) 控制点观测手簿;
- e) 控制点平差计算资料(包括控制点成果表);
- f) 地质工程点(线)观测手簿;
- g) 地质工程点(线)计算资料;
- h) 地质工程点(线)成果表。

11.3.7 地图编制上交资料项目:

- a) 存储于光盘或其他移动存储介质的地图数据;
- b) 纸质地图。

11.4 数据提交要求

11.4.1 一般规定

11.4.1.1 上交资料均应提交电子数据,以便后续工序应用及地质测绘资料信息化管理。

11.4.1.2 提交数据应保证内容、结构和著录信息的真实性、完整性和有效性。

11.4.1.3 各类数据均应建立管理文件,明示其技术环境、相关软件、版本、数据类型、格式等。

11.4.1.4 数据文件应采用通用存储格式,且文件内容可编辑。如为非通用存储格式的文件,且其编辑软件无法导出可供编辑的通用存储格式的,在提交该文件的同时,应将查看或编辑文件用的相关软件及说明文件一并提交。

11.4.1.5 数据提交载体应选用高品质只读 CD-ROM 光盘、DVD 光盘、BD 光盘、硬磁盘等。不可使用软磁盘作为载体,不准使用劣质或废旧载体提交数据。

11.4.1.6 提交数据应至少复制两个备份,确保数据安全。

11.4.1.7 涉密数据应按照安全法规、保密法规和测绘成果管理规定实施管理,确定密级并采用相应的措施,确保涉密数据的安全保密。

11.4.2 数据格式

11.4.2.1 技术设计书、技术总结、检查报告及控制点平差报告等电子文档应提交 DOC(DOCX)、PDF 两种格式,其单件附图应提交原始矢量格式(包括符号库)和 JPEG 或 TIFF 格式。

11.4.2.2 各种测量手段产生的原始记录数据应提交原始格式和通用存储格式。

11.4.2.3 仪器检验资料应提交经扫描生成的 PDF 格式。

11.4.2.4 测量项目的标书、任务书、合同书、委托书、技术设计审批意见书、设计更改申请及审批意见书、成果验收评审文据、测量标志托管委托书及其他管理性文件应提交 PDF 格式数据。

11.4.2.5 成果图件数据应提交原始矢量格式(包括符号库)和 JPEG 或 TIFF 等通用格式。

11.4.2.6 成果表宜提交 XLS 和 PDF 格式。

11.4.2.7 管理性文件应提交 PDF 格式。

11.4.3 数据组织与命名

11.4.3.1 数据文件目录宜按工序(项目)分类组织,以汉字全称命名。

11.4.3.2 地形图矢量成果数据可按图幅为单位或按区块数据集为单位组织存放,目录层级可根据需要采用多层组织,一般不宜超过 3 层。符号库应单独存放。数据文件名采用图幅编号时,宜按照 GB/T 13989 的规定执行。

11.4.3.3 数字高程模型、数字正射影像数据可参照矢量成果数据组织方式。

11.4.3.4 元数据组织方式应与实体数据一致,并应建立与相应实体数据的关联。

11.4.3.5 管理性文件以汉字全称命名。

11.4.4 数据检查

11.4.4.1 数据提交前应对所有的电子文件齐全性、完整性、有效性进行全面检查,以保证数据文件的质量。

11.4.4.2 数据检查内容主要包括:

- a) 目录名、文件名、文件格式的正确性;
- b) 电子文档内容与纸质资料的一致性;
- c) 管理性文件及内容的完整性和准确性;
- d) 存储载体质量、数量符合性。

附 录 A

(规范性)

大地坐标系地球椭球基本参数

2000 国家大地坐标系地球椭球基本参数见表 A.1。

表 A.1 2000 国家大地坐标系地球椭球基本参数

参数项	参数值
长半轴 a	6 378 137 m
扁率 α	1/298.257 222 101
地心引力常数 GM	$3\,986\,004.418 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
地球动力形状因子 J_2	$1\,082.629\,832\,258 \times 10^{-6}$
地球旋转速度 ω	$7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rads}^{-1}$

附 录 B

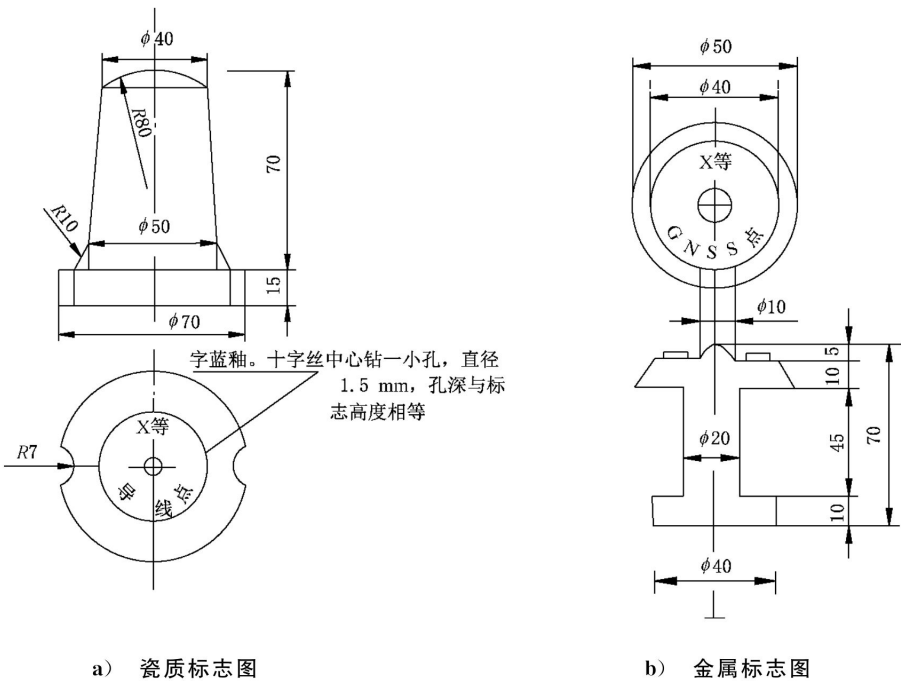
(规范性)

各等级平面控制点标志、标石及埋设规格

B.1 平面控制点标志

平面控制点标志分为瓷质标志[见图 B.1 a)]和金属标志[见图 B.1 b)]。

单位为毫米



标引序号说明：

R ——弧的曲率半径；

ϕ ——直径。

图 B.1 平面控制点标志图

B.2 三、四等平面控制点双层标石埋设规格

三、四等平面控制点双层标石埋设规格见图 B.2。



单位为厘米

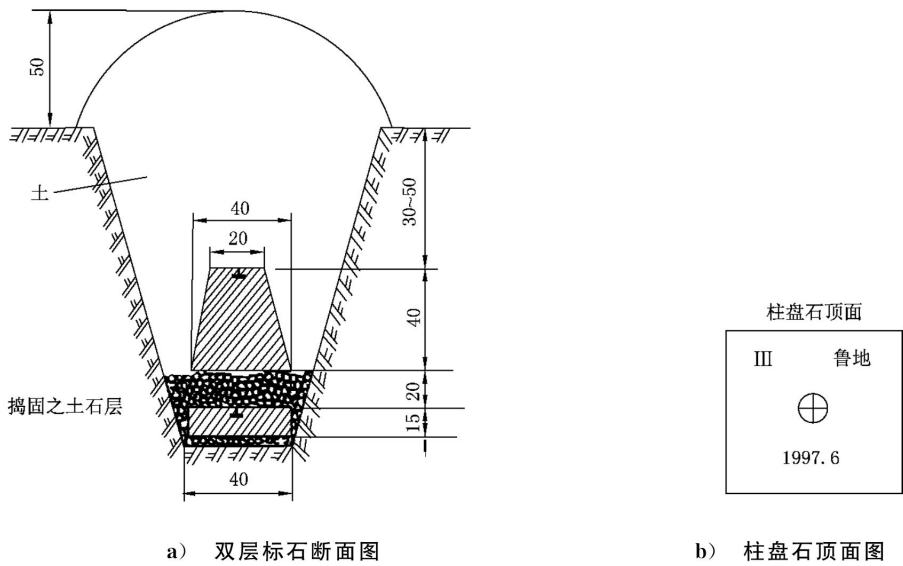


图 B.2 三、四等平面控制点双层标石埋设图

B.3 四等平面控制点单层标石埋设规格

四等平面控制点单层标石埋设规格见图 B.3。

单位为厘米

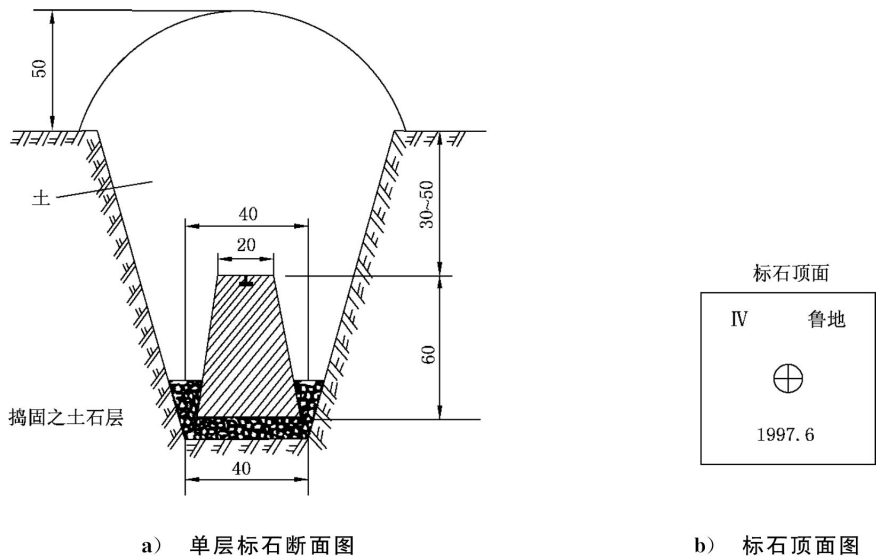


图 B.3 四等平面控制点单层标石埋设图

B.4 岩石地区三、四等平面控制点标石埋设规格

岩石地区三、四等平面控制点标石规格见图 B.4,埋设规定见表 B.1。

单位为厘米

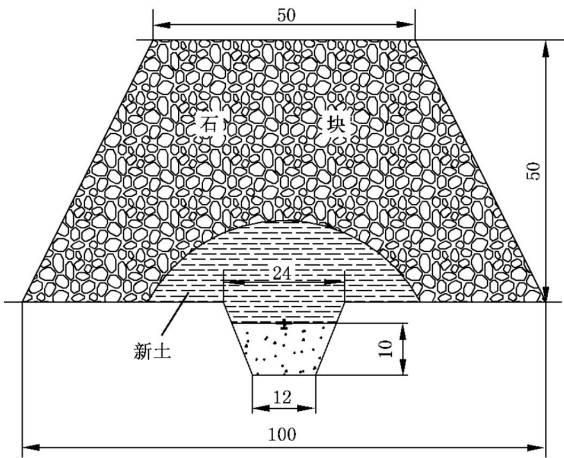


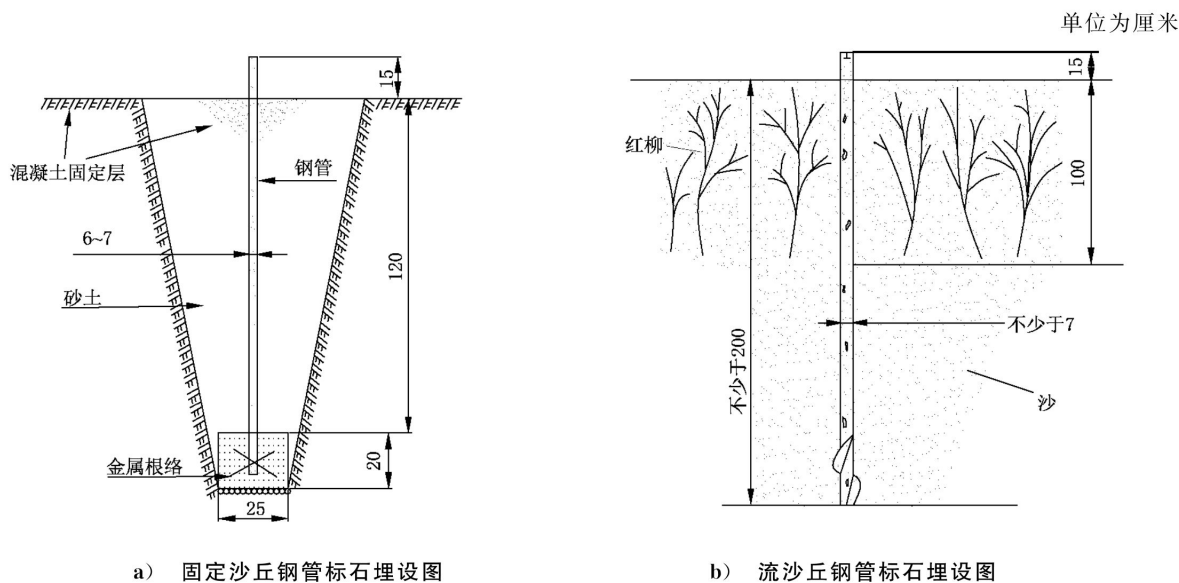
图 B.4 岩石地区三、四等平面控制点标石埋设图

表 B.1 岩石地区三、四等平面控制点标志埋设的规定

序号	岩石面距地面的深度 m	三、四等平面控制点		
		岩石标志	盘石	柱石
1	0.00,4	1	—	—
2	0.50,7	1	1	—
3	0.80,9	1	—	1
4	1.0 以上	—	1	1
注 1：表中所列柱石和盘石的尺寸见 B.2、B.3。				
注 2：第一种岩石地区标志埋设的外部整饰如图 B.4；第二、三、四种岩石地区标志埋设的外部整饰与一般控制点相同。在放盘石或柱石时，先将岩石面凿平，并在其上铺一层细砂。				

B.5 沙漠地区三、四等平面控制点标石埋设规格

沙漠地区三、四等平面控制点标石埋设规格见图 B.5 a)和图 B.5 b)。



标引说明：

红柳——螺旋钢管标石打人流沙丘后，应用木桩和红柳围成半径不小于 0.75 m 的护圈，周围不宜加固定层。

沙——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。

注：钢管直径的大小以能安放瓷标志为原则。

图 B.5 沙漠地区平面控制点标石埋设图

B.6 建筑物上三、四等平面控制点标石埋设规格

建筑物上三、四等平面控制点标石埋设规格见图 B.6。

单位为厘米

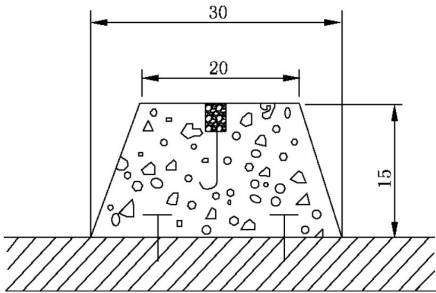
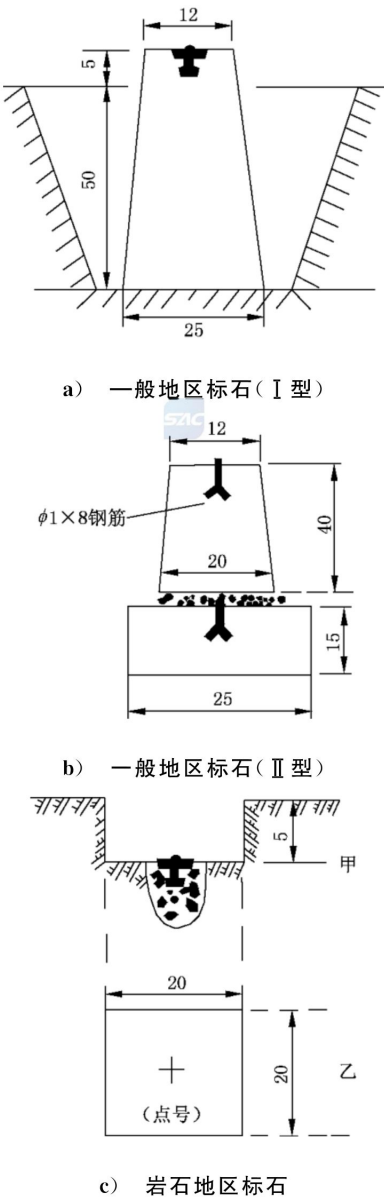


图 B.6 建筑物上三、四等平面控制点标石埋设图

B.7 一级、二级平面控制点标石埋设规格

一级、二级平面控制点标石分为一般地区标石(I 型)、一般地区标石(Ⅱ型)和岩石地区标石三种类型，其埋设规格分别见图 B.7 a)、图 B.7 b)、图 B.7 c)。

单位为厘米



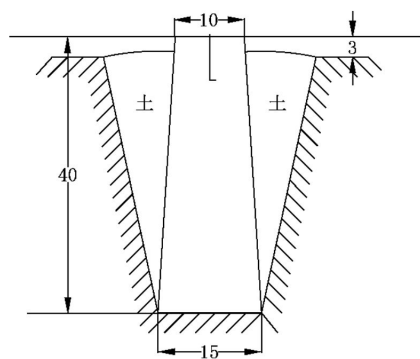
注：当用石料预制一般地区的标石及岩石地区利用天然岩石刻制标石时,可在标石面上刻十字。

图 B.7 一级、二级平面控制点标石埋设图

B.8 图根埋石点标石埋设规格

图根埋石点标石埋设规格见图 B.8。

单位为厘米



注 1: 利用天然岩石时,需刻 15 cm×15 cm 方框,中心刻深度为 0.5 cm,长度为 3 cm 的“+”字。

注 2: 在沥青路、水泥浇灌路面上可用钢筋。



图 B.8 图根埋石点标石埋设图

附 录 C
(资料性)
控制点点之记

C.1 导线点点之记

导线点点之记(示例)见表 C.1。

表 C.1 导线点点之记(示例)

测区:齐河县				所在图幅:J50G085041		点号:A007	
点名	赵庄	等级	三等	概略位置		$B = 36^{\circ}29' L = 116^{\circ}31' H = 21\text{m}$	
所在地	齐河县赵官镇西赵庄			最近住所及里程		齐河县赵官镇,约 3 km	
地类	农用地	土质	粘土	最近水源及里程		赵官镇西赵庄有水,约 0.1 km	
冻结深度	0.5 m	解冻深度	0.5 m	最近电信设施		赵官镇邮电局	
石子来源	齐河赵官镇		砂子来源	齐河赵官镇	供电情况	赵庄可提供交流电	
本点交通情况(水路、陆路、铁路、公路及距本点最近的车站、码头的名称及距离)		由齐河县沿 308 国道西行至华店镇,由华店镇向南到赵官镇南约 1 km,西行到西赵庄,点位于村东打谷场内		交通路线图			
选点、埋石情况				点 位 略 图			
标石类型		混凝土标石					
利用旧点情况		原国家二等三角点,点名赵庄					
便于联测的水准点等级、点名、点号及联测里程		II 等,齐台,39,距本点约 2.1 km,可联测三等水准					
地质概要、构造背景		(由地质专业人员填写)					
地形地质构造略图				标石断面图			
(由地质专业人员填写)							
作业单位	山东省地质测绘院			保管人	×××	职务	村会计
选点员	×××	日期	××××年×月××日	保管人单位	赵官镇西赵庄		
埋石员	×××	日期	××××年×月××日	保管人住址	赵官镇西赵庄		
备注							

院检查者：检查者：

C.2 GNSS 点点之记

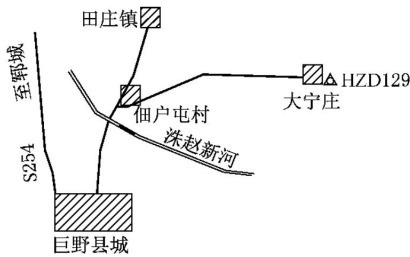
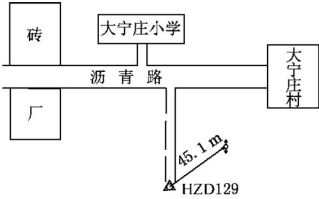
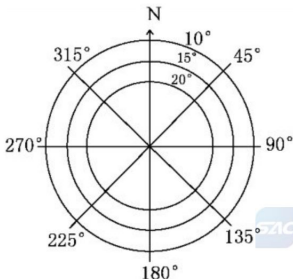
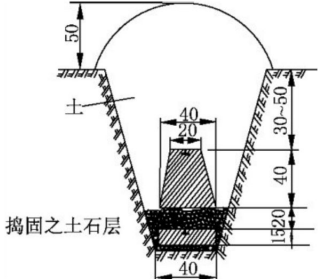
GNSS 点点之记(示例)见表 C.2。

表 C.2 GNSS 点点之记(示例)

测区:菏泽

所在图幅:J50G014035

点号:HZD129

点名	后屯	等级	四等	概略位置	$B = 35^{\circ}26' L = 116^{\circ}08' H = 29\text{ m}$		
所在地	巨野县田庄镇大宁庄村南			最近住所及里程	田庄镇大宁庄村,约 0.15 km		
地类	农用地	土质	沙土	最近水源及里程	田庄镇大宁庄村,约 0.15 km		
冻结深度	0.4 m	解冻深度	0.4 m	最近电信设施	附近无线信号良好,大宁庄村有固定电话		
石子来源	菏泽市久久预制厂		砂子来源	菏泽市久久预制厂	供电情况	大宁庄村可提供交流电	
本点交通情况(水路、陆路、铁路、公路及距本点最近的车站、码头的名称及距离)		由巨野县城沿至田庄镇县公路向北行驶至佃户屯村,再向东行驶到大宁庄村小学南可到达该点		交通路线图			
选点埋石情况				点位略图			
标石类型	混凝土标石						
利用旧点情况							
便于联测的水准点等级、点名、点号及联测里程							
点位环视图说明	点位地质环境稳定,无电磁干扰和震源						
点位环视图				标石断面图			
							
地质概要、构造背景				地形地质构造略图			
(由地质专业人员填写)				(由地质专业人员填写)			
作业单位	山东省地质测绘院			保管人及职务	×××	职务	村会计
选点员	×××	日期	××××年×月××日	保管人单位	巨野县田庄镇大宁庄村		
埋石员	×××	日期	××××年×月××日	保管人住址	巨野县田庄镇大宁庄村		
备注							

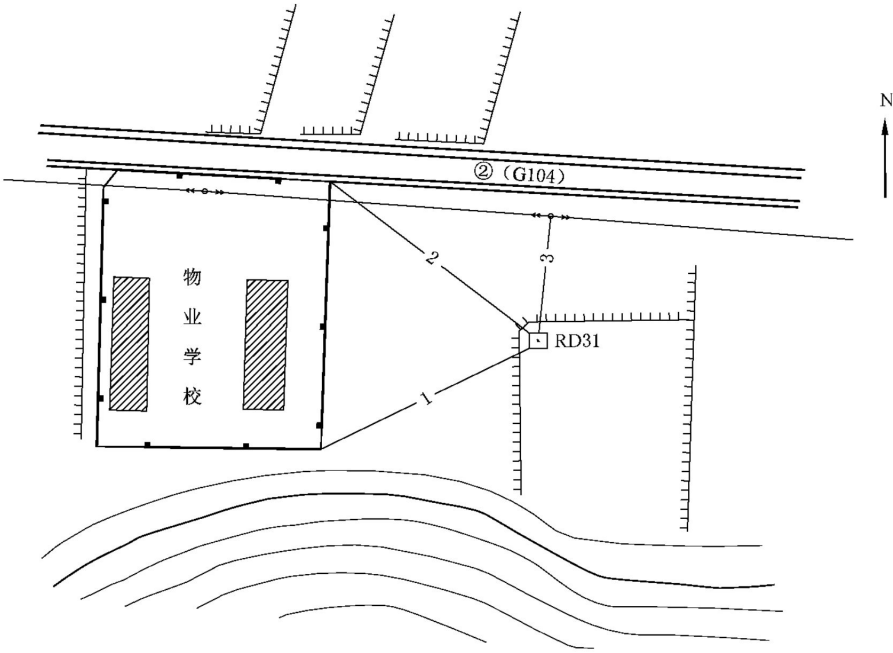

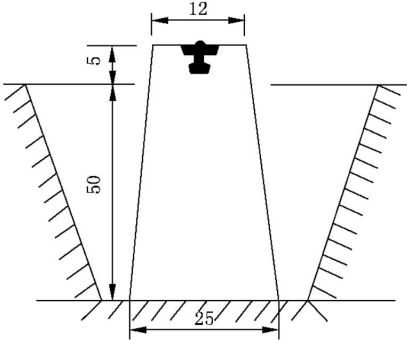
院检查者:

检查者:

C.3 一、二级导线点(GNSS 点)点之记

一、二级导线点(GNSS 点)点之记(示例)见表 C.3。


表 C.3 一、二级导线点(GNSS 点)(示例)

点名(点号)	RD31	等级	一级	所在图幅	438.0—187.0
所在地	济南市历城区物业学校东				
详细位置图					
交通及点位详细说明			标石断面图		
<p>该点位于济南市历城区物业学校东约 48 m 的梯田角上,济南—泰安 104 国道在点北 31 m。</p> <p>距最近明显地物点的距离:</p> <div></div> <p>1. 距物业学校东南角 45.6 m。</p> <p>2. 距物业学校东北角 48.2 m。</p> <p>3. 距点北高压电杆 23.4 m。</p>			 <p>单位:cm</p>		
作业单位			山东省地质测绘院	作业员	×××
接管单位			济南市物业学校	作业日期	××××年××月××日
				保管者	×××

附 录 D
(规范性)
方向观测法度盘配置表

三、四等及一级导线点方向观测度盘配置表见表 D.1。

表 D.1 三、四等及一级导线点方向观测度盘配置表

等 级	三 等		四 等		一 级	
仪 器	J ₁	J ₂	J ₁	J ₂	J ₂	J ₆
测回数	9	12	6	9	3	6
	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′
I	0 00 03	0 00 25	0 00 05	0 00 33	0 01 40	0 00
II	20 04 10	15 11 15	30 04 15	20 11 40	60 15 00	30 10
III	40 08 17	30 22 05	60 08 25	40 22 47	120 28 20	60 20
IV	60 12 23	45 32 55	90 12 35	60 33 53		90 30
V	80 16 30	60 43 45	120 16 45	80 45 00		120 40
VI	100 20 37	75 54 35	150 20 55	100 56 07		150 50
VII	120 24 43	90 05 25		120 07 13		
VIII	140 28 50	105 16 15		140 18 20		
IX	160 32 57	120 27 05		160 29 27		
X		135 37 55				
 XI		150 48 45				
XII		165 59 35				

附 录 E
(资料性)
GNSS 数据采集手簿

E.1 GNSS 数据采集手簿

GNSS 数据采集手簿记录格式参见表 E.1。

表 E.1 GNSS 数据采集手簿格式

观测者：			日期：			年	月	日
测站名：			测站号：					
本测站为：已知点 <input type="checkbox"/> 待定点 <input type="checkbox"/> 等 级 为：二 等 <input type="checkbox"/> 三 等 <input type="checkbox"/> 四 等 <input type="checkbox"/> 一 级 <input type="checkbox"/> 二 级 <input type="checkbox"/>								
记录时间：北京时间 <input type="checkbox"/>			UTC 时间 <input type="checkbox"/>					
时段号：			开机时间：			结束时间：		
时段号：			开机时间：			结束时间：		
时段号：			开机时间：			结束时间：		
时段号：			开机时间：			结束时间：		
接收机品名：			主机编号：			天线编号：		
天线高：(m)								
测前：			测后：					
平均值：								
备注：								

E.2 GNSS RTK 基准站数据采集手簿

GNSS RTK 基准站数据采集手簿记录格式参见表 E.2。

表 E.2 GNSS RTK 基准站数据采集手簿格式

观测者：	日期：	年	月	日
测站名：	测站号：			
基准站为：	等控制点	级控制点		
记录时间：北京时间	<input type="checkbox"/>	UTC	<input type="checkbox"/>	
开机时间：	结束时间：			
接收机品名：	主机编号：	天线编号：		
电台型号：	电台功率：	电台频率：		
天线高：(m)				
测前：	测后：			
平均值：				
备注：				

附录 F
(规范性)
水准点标志、标石及埋设规格

F.1 水准点标志

水准点标志规格见图 F.1。

单位为毫米

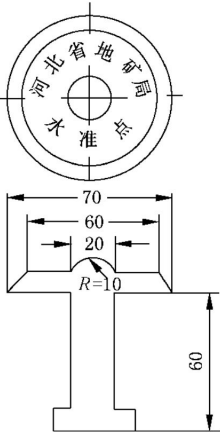


图 F.1 水准点标志图

F.2 指示盘

水准点指示盘规格见图 F.2。

单位为米

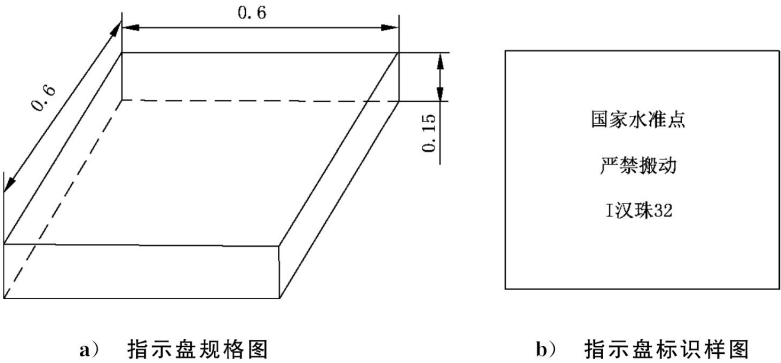


图 F.2 指示盘图

F.3 普通标石

普通水准标石规格及埋设要求见图 F.3。

单位为米

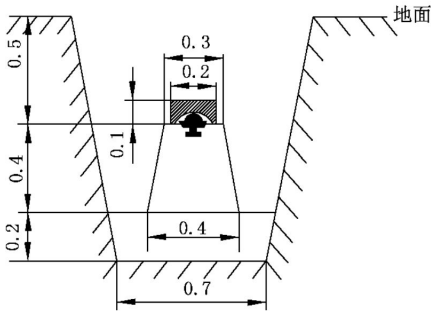


图 F.3 普通标石规格及埋设图

F.4 水准点外部整饰

水准点外部整饰规格见图 F.4。

单位为米

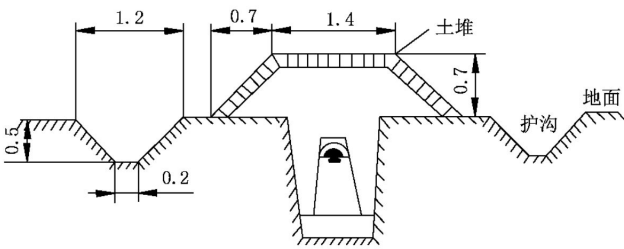


图 F.4 水准点外部整饰图

F.5 岩石标志

岩石水准标志埋设要求见图 F.5。



单位为米

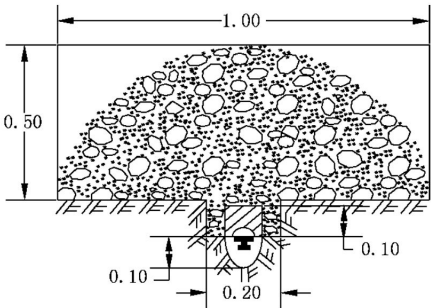


图 F.5 岩石标志埋设图

F.6 流沙钢管标石埋设图

流沙钢管水准标石规格及埋设要求见图 F.6。

附 录 G
(规范性)
水准测量观测记录内容与格式

G.1 三等水准测量观测记录

三等水准测量观测记录内容与格式见表 G.1。

表 G.1 三等水准测量观测记录表

起点号数		止点号数	
Σ 后上丝		Σ 前上丝	
Σ 后下丝		Σ 前下丝	
Σ 后基读数		Σ 前辅读数	
Σ 后基读数		Σ 前辅读数	
测站 n		距离 D	
高差 h			

G.2 四等水准测量观测记录

四等水准测量观测记录内容与格式见表 G.2。

表 G.2 四等水准测量观测记录表

起点号数		止点号数	
Σ 后尺视距		Σ 前尺视距	
Σ 后黑读数		Σ 后红读数	
Σ 前黑读数		Σ 前红读数	
测站 n		距离 D	
高差 h			



附录 H

(资料性)

地质勘探网(线)设计图(示例)

H.1 地质勘探网(线)设计内容参见图 H.1。

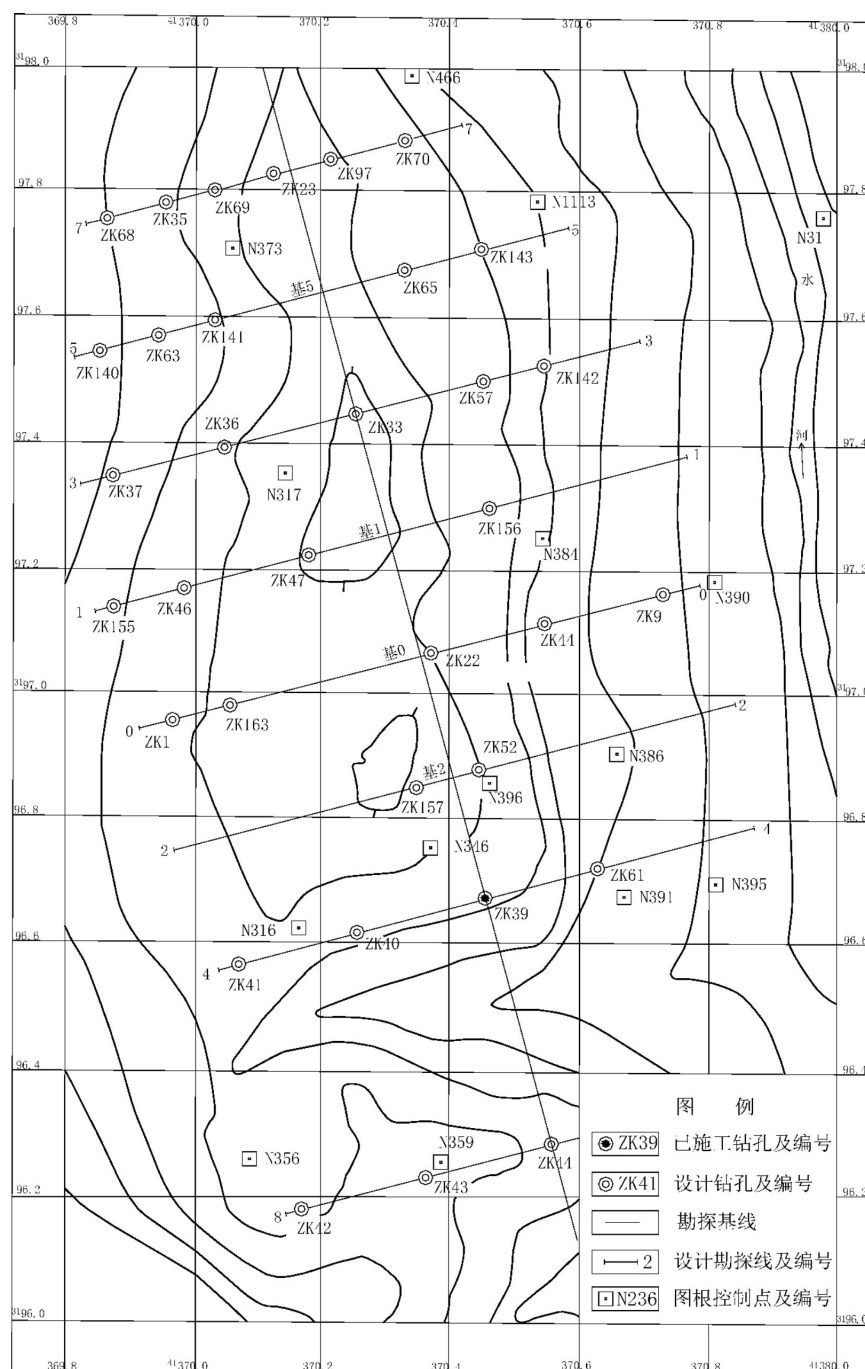


图 H.1 地质勘探网(线)设计图

H.2 勘探线剖面坐标测量记录内容与格式参见表 H.1。

表 H.1 (XX 矿区)00 勘探线剖面坐标测量记录表

地质观察 点号	点 性	测点 编号	坐 标			地质描述	样品 及其他
			X	Y	Z		
1	控制点	—1	4892104.115	612634.141	2031.922		
2	地形控制点	—2	4892104.010	612630.892	2030.640		
3	地形控制点	—3	4892104.139	612627.330	2028.851		
4	地形控制点	—4	4892104.462	612622.226	2026.054		
5	地形控制点	—5	4892104.159	612618.457	2023.605		
6	地形控制点	—6	4892104.259	612615.709	2020.851		
7	地形控制点	—7	4892104.396	612611.485	2018.929		
8	地形控制点	—8	4892104.553	612608.266	2017.795		
9	控制点	—9	4892104.306	612607.712	2017.514		
10	地形测量点	—10	4892104.326	612606.251	2015.256		
11	地形测量点	—11	4892104.374	612603.699	2013.576		
12	地形测量点	—12	4892104.454	612601.642	2011.906		
13	地形测量点	—13	4892104.197	612598.675	2009.621		
14	地形测量点	—14	4892104.374	612596.193	2007.988		
15	地形控制点	—15	4892104.296	612592.126	2004.791		
16	地形控制点	—16	4892104.352	612588.396	2002.438		
17	地形控制点	—17	4892104.427	612584.186	1999.819		
18	地形控制点	—18	4892104.571	612579.707	1997.528		
19	地形控制点	—19	4892104.453	612575.919	1995.471		
20	地形控制点	—20	4892104.324	612572.495	1993.332		
21	地质界线点	—21	4892104.728	612570.677	1991.299		
22	地形控制点	—22	4892104.796	612568.099	1989.240		
23	地形控制点	—23	4892104.009	612564.431	1986.688		
24	地形控制点	—24	4892104.307	612561.174	1984.476		
25	工程点	—25	4892104.317	612558.904	1983.627	ZK00-2	
26	产状点	—26	4892104.208	612557.192	1981.897	115° ∠34°	
27	工程点	—27	4892104.383	612554.005	1979.892	TC00-2 东端点	
28	地形控制点	—28	4892104.492	612551.214	1977.377		

记录者：××× ××××年××月××日

校核者：××× ××××年××月××日

表 H.1 (××矿区)00 勘探线剖面坐标测量记录表 (续)

地质观察 点号	点 性	测点 编号	坐 标			地质描述	样品 及其他
			X	Y	Z		
29	地形控制点	—29	4892104.692	612546.771	1974.958		
30	地形控制点	—30	4892104.930	612542.866	1972.758		
31	工程点	—31	4892104.413	612538.737	1968.718	TC00-2 西端点	
32	地形控制点	—32	4892105.845	612537.945	1970.323		
33	地形控制点	—33	4892105.127	612533.004	1967.753		
34	地形控制点	—34	4892104.861	612529.185	1967.002		
35	地形控制点	—35	4892104.538	612524.049	1966.124		
36	地形控制点	—36	4892104.265	612518.777	3964.328		
37	地形控制点	—37	4892104.442	612513.803	1962.253		
38	地形控制点	—38	4892104.063	612509.871	1960.538		
39	地形控制点	—39	4892103.712	612506.182	1959.366		
40	地形控制点	—40	4892104.375	612502.064	1957.778		
41	地形控制点	—41	4892104.738	612497.712	1955.915		
42	工程点	—42	4892104.415	612493.323	1956.173	ZK00-1	
43	地形控制点	—43	4892104.650	612493.071	1956.311		
44	地形控制点	—44	4892104.713	612487.021	1955.738		
45	地形控制点	—45	4892104.683	612480.008	1954.398		
46	地形控制点	—46	4892104.626	612474.653	1953.210		
47	地形控制点	—47	4892103.806	612470.656	1952.016		
48	地形控制点	—48	4892104.115	612466.151	1949.933		
49	地形控制点	—49	4892104.681	612461.500	1947.482		
50	地形控制点	—50	4892104.976	612457.008	1945.113		
51	工程点	—51	4892104.614	612453.993	1944.023	TC00-1 东端点	
52	地形控制点	—52	4892104.377	612452.545	1942.872		
53	地形控制点	—53	4892104.206	612448.474	1940.487		
54	地形控制点	—54	4892105.165	612445.316	1938.535		
55	地形控制点	—55	4892105.284	612441.990	1936.690		
56	工程点	—56	4892104.218	612440.248	1935.589	TC00-1 西端点	
57	基点	—57	4892104.423	612438.221	1934.977	基点	

记录者:××× ××××年××月××日

校核者: ××× ××××年××月××日

表 H.1 (××矿区)00 勘探线剖面坐标测量记录表(续)

地质观察 点号	点 性	测点 编号	坐 标			地质描述	样品 及其他
			X	Y	Z		
58	地形控制点	—58	4 892 104.448	612 434.182	1 934.576		
59	地形控制点	—59	4 892 104.392	612 429.083	1 934.716		
60	地形控制点	—60	4 892 104.051	612 422.628	1 935.846		
61	地形控制点	—61	4 892 103.529	612 417.240	1 937.640		
62	工程点	—62	4 892 104.852	612 412.318	1 938.865	TC00-4 东端点	
63	地形控制点	—63	4 892 104.361	612 408.550	1 940.218		
64	地质界线点	—64	4 892 105.527	612 401.850	1 942.160		
65	地形控制点	—65	4 892 105.104	612 395.344	1 944.977		
66	工程点	—66	4 892 104.744	612 392.285	1 945.927	TC00-4 西端点	
67	地形控制点	—67	4 892 105.027	612 389.113	1 947.918		
68	产状点	—68	4 892 105.141	612 382.357	1 951.438	272°∠45°	
69	工程点	—69	4 892 104.382	612 378.475	1 953.192	TC00-3 东端点	
70	地形控制点	—70	4 892 104.569	612 376.850	1 954.820		
71	地形控制点	—71	4 892 105.727	612 370.314	1 958.462		
72	地形控制点	—72	4 892 106.402	612 364.442	1 961.282		
73	工程点	—73	4 892 104.359	612 363.455	1 961.278	TC00-3 西端点	
74	地形控制点	—74	4 892 106.296	612 361.947	1 962.560		
75	工程点	—75	4 892 104.404	612 361.265	1 962.391	ZK00-3	
76	地形控制点	—76	4 892 105.751	612 356.878	1 965.430		
77	地形控制点	—77	4 892 104.157	612 352.536	1 968.567		
78	地形控制点	—78	4 892 103.476	612 345.320	1 973.096		
79	地形控制点	—79	4 892 103.402	612 338.784	1 977.361		

记录者:××× ××××年××月××日

校核者:××× ××××年××月××日

附 录 I
(资料性)
剖面测量成果(示例)

剖面测量成果内容及记录格式(示例)参见表 I.1。

表 I.1 剖面测量成果表

剖面编号:22 线 剖面方位:75°00'19" 剖面比例尺:1 : 5 000

测站点编号	测点编号	平 距	累计平距	高 差	高 程	平面坐标	备 注
22 线东			2 441.78		562.47	3 195 388.84 372 616.16	向测站 6 m, 高差+3 m 为岩脚
	房子 1	149.5	2 292.3	—48.82	513.65		
	房子 2	117.4	2 324.4	—50.50	511.97		
	03	179.09	2 262.69	—44.33	518.14		
03	G306	147.1	2 409.8	+26.22	544.36		
	04	43.45	2 219.24	—4.30	513.84		
04	05	51.34	2 167.90	—15.10	498.74		
05	G307	25.70	2 193.6	+5.86	504.60		
	06	52.84	2 115.06	—19.30	479.44		
06	地	17.40	2 097.7	—20.49	458.95		
	G308	39.7	2 154.8	+12.07	491.51		
	地	73.2	2 041.9	—37.28	442.16		
	07	186.46	1 928.60	—56.73	422.71		
07	地	107.8	1 820.8	—34.55	388. 16		
	ZK33		1 891.82		407.77	3 195 259.90 372 081.30	向测站 3 m, 高差—2.5 m 是沟心 G311
	G309	166.9	2 095.5	+35.89	458.60		
	地	146.4	1 782.2	—23.24	399.47		
	地	95.5	2 024.1	+15.06	437.77		
	08	206.9	1 721.70	—16.77	405.94		
08	地	16.9	1 704.8	—5.06	400.88		
	G310	165.0	1 886.7	+1.95	407.89		
	地	24.0	1 745.7	—0.09	405.85		
	09	87.8	1 633.90	+27.24	433.18		
22-1			1 590.05		442.75	3 195 168.47 371 793.43	
	地	19.0	1 571.0	+0.10	442.85		
	010	256.93	1 333.12	—0.49	442.26		
010	地	35.8	1 368.9	—8.90	433.36		

摘录者:××× ××××年××月××日 校核者:×× ××××年××月××日

表 I.1 剖面测量成果表 (续)

测站点编号	测点编号	平 距	累计平距	高 差	高 程	平面坐标	备 注
	011	104.4	1 437.52	—22.55	419.71		TC ₃ 东 TC ₃ 西、 岩脚
	地	213.6	1 546.7	—17.65	424.61		
	G312	185.3	1 518.4	—26.63	415.63		
	沟	165.60	1 498.7	—30.53	411.73		
	G313	99.4	1 233.7	+23.25	465.51		
	012	127.61	1 205.51	+56.98	499.24		
基 22			1 132.79		519.93	3 195 050.20 371 351.73	
	地	89.0	1 043.8	+8.29	528.25		
	G314	54.7	1 078.1	+3.13	523.09		
	013	246.2	886.59	+34.14	554.10		
013	014	62.89	823.70	+38.04	592.14		
	地	134.7	1 021.3	—20.51	533.59		
	ZK32		1 088.25		522.94	3 195 038.68 371 308.71	
	G315	120.0	1 006.6	—18.41	535.69		
	地	71.1	957.7	—12.83	541.27		
	地	15.6	902.2	—6.01	548.09		
	G316	25.7	860.9	+29.62	583.72		
	015	121.09	765.50	+51.78	605.88		
015	016	278.41	487.09	+31.65	637.53		
016	地	214.1	701.19	—32.74	604.79		
	018	94.4	581.5	—22.84	614.69		
	地	61.9	549.0	—25.04	612.49		
	G317	17.0	470.09	+5.00	642.53		
G317	地	29.0	441.1	+0.08	642.61		
	地	117.4	352.7	+55.20	697.73		
	020	128.8	341.29	+76.72	719.25		
020	G318	23.8	317.49	+13.88	733.13		
G318	地	218.0	99.5	+64.73	797.86		
	G320	274.8	42.7	+91.64	824.77		
	G319	178.9	138.59	+48.81	781.94		
G319	地	112.6	251.2	—10.64	741.30		
	21	66.5	205.1	—37.08	744.86		
22 线西			0		872.02	3 194 757.08 370 257.52	
	G321	9.2	9.2	—6.53	865.49		

摘录者: ××× ××××年××月××日 校核者: ××× ××××年××月××日

附 录 J

(资料性)

勘探线上工程点偏离距、投影距的计算(示例)

为了准确绘制矿区各勘探线剖面图和投影平面图,应把偏离线上的各工程点位,以其坐标值与线上勘探线控制点(或端点)的坐标值进行偏离距和投影距的计算。计算方法:以工程点 P 和勘探线控制点 A 两点在纵、横坐标轴中的关系。

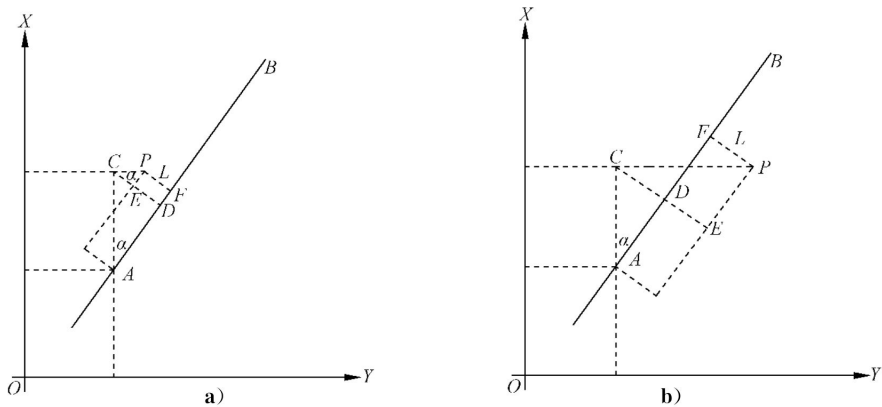


图 J.1 工程点偏离距和投影距计算示意图

如图 J.1 a) 可知:

$AC \parallel x \text{ 轴}, CP \parallel y \text{ 轴}; AC = \Delta x, CP = \Delta y;$

则 $CE = CP \cdot \cos\alpha = \Delta y \cdot \cos\alpha;$

$CD = AC \cdot \sin\alpha = \Delta x \cdot \sin\alpha;$

而 $L = PF = DE = CD - CE;$

所以, $L = \Delta x \cdot \sin\alpha - \Delta y \cdot \cos\alpha$

其计算实例见表 J.1:

由图 J.1 b) 同理可得:

$L = \Delta y \cdot \cos\alpha - \Delta x \cdot \sin\alpha$

由图 J.1 a)、b) 可知:

$S = AF = AD + DF$, 而 $AD = AC \cdot \cos\alpha - \Delta x \cdot \cos\alpha;$

$DF = EP = CP \cdot \sin\alpha = \Delta y \cdot \sin\alpha;$

所以, $S = \Delta x \cdot \cos\alpha + \Delta y \cdot \sin\alpha$

表 J.1 22 勘探线工程点偏离距、投影距计算

$\alpha = 75^{\circ}00'19''$

单位为米

点名	坐 标		坐标增量		$\pm \Delta x \sin\alpha$	$\pm \Delta y \cos\alpha$	偏离距 l	$\Delta x \cos\alpha$	$\Delta y \sin\alpha$	投影距 S
	x	y	Δx	Δy						
22-1	3 195 168.47	371 793.43	0	0						
ZK33	3 195 259.90	372 081.30	+91.43	+287.87	+88.32	-74.48	13.84	23.66	278.07	301.73
22-东	3 195 388.84	372 616.16	+220.37	+822.73	+212.87	-212.87	+0.00	57.02	794.72	851.74
计算 公式	<div>$L = -\Delta x \sin\alpha + \Delta y \cos\alpha$ 或, $L = -\Delta y \cos\alpha + \Delta x \sin\alpha$ $\sin\alpha = 0.965\ 949\ 7; \cos\alpha = 0.258\ 730\ 1$ $S = \Delta x \cos\alpha + \Delta y \sin\alpha$</div>									

计算者: ××× 检查者: ×××

附 录 K

(资料性)

勘探线端点距勘探线与方格网交点距离的计算(示例)

勘探线端点距勘探线与方格网线交点距离的计算方法参见表 K.1。

表 K.1 第 22 勘探线端点距勘探线与方格网线交点距离的计算

已知数据		计算					
起点 A	22—西	X_A	3 194 757. 08	Y_A	41 370 257. 52		
起点坐标 X_A	3 194 757. 08	$X_{起}$	3 195 000. 00	$Y_{起}$	370 500.00		
Y_A	41 370 257. 52	ΔX_1	242. 92	ΔY_1	242.48		
起始方里线 $X_{起}$	3 195 000. 00	$\cos\alpha$	0. 258 730	$\sin\alpha$	0. 965 950		
$Y_{起}$	41 370 500. 00	$AX_1=\Delta X_1/\cos\alpha$ 	938. 89	$AY_1=\Delta Y_1/\sin\alpha$	251. 03		
勘探线方位角 α_{AB}	75° 00′ 19″						
方格网线间隔 L	500 m						
终点 B	22—东	X_A	3 194 757.08	Y_A	41 370 257.52		
起点坐标 X_B	3 195 388.84	X_2	3 195 000.00	Y_2	371 000.00		
Y_B	41 372 616.16		242.29		742.48		
终止方格网线 $X_{终}$	3 195 000.00	$\cos\alpha$	0. 258 730	$\sin\alpha$	0.965 950		
$Y_{终}$	41 372 500.00	$AX_2=\Delta X_2/\cos\alpha$	938.89	$AY_2=\Delta Y_2/\sin\alpha$	768.65		
勘探线全长 S	2 441.78	$DX=AX_2-AX_1$	0	$DY=AY_2-AY_1$	517.62		
略 图		起点至各方格网线与勘探线交点距离计算					
		序号	$A-X_n$	$AX_1+(n-1)DX$	序号	$A-Y_n$	$AY_1+(n-1)DY$
		1	22—西—195.0	838.89	1	22—西—370.5	251.03
		2			2	22—西—371.0	768.65
		3			3	22—西—371.5	1 286.27
		4			4	22—西—372.0	1 803.89
		5			5	22—西—372.5	2 321.51
		6			6		
注： n 为勘探线端点 X、Y 线交叉处的各 X、Y 线序号							
检核 计算	X_B	3 195 388.84		Y_B		41 372 616.16	
	$X_{终}$	3 195 000.00		$Y_{终}$		372 500.00	
	$\Delta X_{终}$	388.84		$\Delta Y_{终}$		116.16	
	$\cos\alpha$	0.258 730		$\sin\alpha$		0.965 950	
	$BX_{终}=\Delta X_{终}/\cos\alpha$	1 502.88		$BY_{终}=\Delta Y_{终}/\sin\alpha$		120.51	
	$AX_{终}$	938.89		$AY_{终}$		2 321.51	
	$AX_{终}\pm BX_{终}$	2 441.77		$AY_{终}\pm BY_{终}$		72 441.76	
	S	2 441.78		S		2 441.78	

计算者：××× 检查者：×××

附 录 L
(资料性)
剖面图的绘制

L.1 图廓方格网的展绘

剖面图的纵、横坐标是绘制剖面图的依据,纵坐标线是剖面线与平面图坐标方格网交点在垂直面内的投影线,通称为 X 线和 Y 线;横坐标线即剖面图的高程线。

为了保证 X 线、Y 线和高程线的展绘精度,应先展绘图廓方格网(图廓内方格网的纵线可以不绘出),作为展绘 X 线、Y 线和高程线的依据。

L.2 高程线的展绘

展绘的图廓方格网的横线,即可作为剖面图的高程线,如不足时,可视需要按剖面纵比例尺在中间加密。

L.3 X 线、Y 线的展绘

先将剖面的起始端点 A,根据剖面长度和最大高差,在图的适当位置展绘出来,然后根据附录 K 的表 K.1 中的 AX_1 、 AY_1 、 AX_2 、 AY_2 ……,自 A 点起以图廓纵线为依据,用方眼坐标尺展绘 X 线和 Y 线。剖面图的纵横坐标线展绘后,应根据 A 点的位置,注记横线的高程和 X 线、Y 线的坐标值。

L.4 剖面端点、剖面控制点及工程点的展绘

此项展绘系根据各点的高程及对起始点的投影距,用复比例尺或方眼坐标尺进行。

L.5 剖面测站点、剖面点的展绘

根据剖面测量成果表中的累计平距和高程,用方眼坐标尺(或质量合格的钢直尺)配合三角板、复比例尺等进行。

L.6 剖面投影平面图的绘制

剖面投影平面图绘在剖面图的下方,其比例尺与剖面横比例尺相同,绘制方法与内容如下:

- a) 绘制投影平面图图廓,使上、下图廓线与高程线平行,一般图廓宽为 5 cm,长度比剖面全线投影距略长即可。
- b) 在上、下图廓线中间,绘一与高程线平行的横线,作为剖面投影线。
- c) 将 X 线、Y 线垂直投影于剖面投影线上,然后依剖面方位角绘制投影平面图的纵横坐标线,并注记相应的坐标值。其方法(如图 L.1)有二:
 - 1) 图解法:以剖面投影平面图上的 Y 线投影点为圆心,使量角器圆心与其重合,转动量角器,使剖面投影线在量角器上读数为 α ,则零分划与圆心连线即为 Y 线,同理在 X 线投影点上量读 $\alpha \pm 90^\circ$ 则为 X 线。
 - 2) 计算法:以剖面投影线与图廓线的距离 D 和剖面方位角 α 的正切、余切相乘,可分别计算得 S_x 和 S_y 的长度,据此可在平面图图廓上量取,并划出 X 线、Y 线。

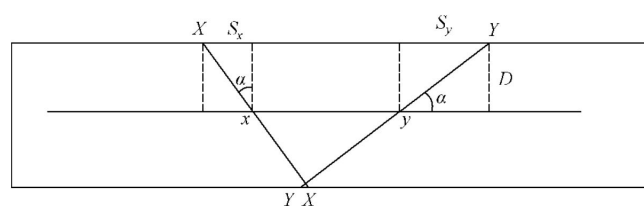
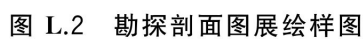


图 L.1 剖面投影平面图

- d) 剖面线端点、工程点和地物点均按其在剖面图上的位置，垂直投影在剖面投影线上，并以相应符号绘出。对于偏离剖面线的工程点，可根据偏离距、投影距在平面图上绘出后，再投影至剖面图上。

勘探剖面图的展绘样图见图 L.2。

比例尺 1:1 000



附 录 M
(资料性)
坑道连接测量

M.1 连接三角形法

M.1.1 测量方法(如图 M.1 所示):

- a) 在地面丈量连接三角形的 a 、 b 、 c 三边长。
- b) 在 C 点上测出 γ 、 θ_1 、 θ_2 及 θ_3 诸角。
- c) 在 A 、 B 两点进行重锤投点,在井底得相应的 A' 、 B' 两点。
- d) 根据 A' 、 B' 边长,在井底进行测量工作与 a)、b) 相同,得出 C' 及 D' 两点。
- e) 由丈量所得与计算所得两长度之差不应大于 2 mm。

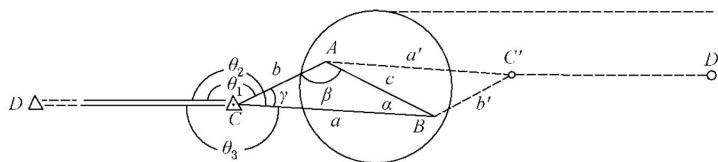


图 M.1 连接三角形法测量示意图

M.1.2 连接三角形的图形:

- a) 尽量布设成延伸形连接三角形,即三角形 ABC 中 α 角不应大于 $2^\circ \sim 3^\circ$, β 角尽量接近 180° , b/c 应小于 4。 α 、 β 角按式(M.1)计算:

$$\sin \alpha = \frac{b}{c} \sin \gamma \quad \dots\dots\dots (M.1)$$

$$\sin \beta = \frac{a}{c} \sin \gamma$$

式中:

α 、 γ 、 β ——连接三角形三个内角值;

b 、 a 、 c ——连接三角形三个边长值。

如连接三角形中 $\alpha < 2^\circ$, $\beta > 178^\circ$ 时,则 α 、 β 之角值亦可按近似公式(M.2)计算:

$$\alpha'' = \frac{b}{c} \gamma'' \quad \dots\dots\dots (M.2)$$

$$\beta'' = \frac{a}{c} \gamma''$$

式中:

α'' 、 γ'' 、 β'' ——连接三角形三个内角值;

b 、 a 、 c ——连接三角形三个边长值。

- b) 当条件不许可,只能布设成为 c 为底边的近于等腰或直角的连接三角形,即 α 及 β 在 $60^\circ \sim 100^\circ$ 范围内。对于近于直角的连接三角形中的 a 边愈短愈好,但不应小于仪器望远镜的最短视距, γ 角应大于 20° ;对近于等腰的连接三角形中 γ 角应尽可能接近 40° ,并按式(M.3)、式(M.4)计算 α 和 β 。

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{(P-a)(P-c)}{p(p-b)}}$$

.....(M.3)

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(P-b)(P-c)}{p(P-a)}}$$

.....(M.4)

式中：

$\alpha、\beta$ ——三角形以 c 为底边的两个内角值；

$b、a、c$ ——连接三角形三个边长值；

$P=1/2(a+b+c)$ ；

$c=\sqrt{a^2+b^2-2ab \cdot \cos\gamma}$ 。

M.2 连接方向线法

连接方向线法是通过竖井,将坑道内的平面控制与地面的平面控制进行连接的方法之一。其作业步骤简述于下：

- a) 在离竖井口 5 m~10 m 处的坑道掘进方向线上测定 C、D 两点,如图 M.2 所示。

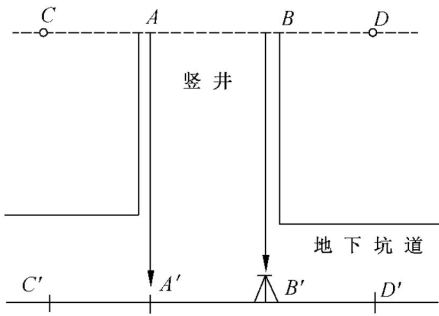


图 M.2 连接方向线法测量示意图

- b) 安置经纬仪于 C,后视 D,同时测定 A、B。
- c) 丈量 CA、AB 及 BD 长度。
- d) 安设悬锤线于 A、B 两点上,向井底投得相应的 A'、B'两点,丈量 A'B'之长,其长与 AB 之长的较差不应大于 2 mm。
- e) 将经纬仪设在 B'点上,照准 A 悬锤线以测定 C'点;再置仪器于 A',测定 D'。量取 A'C'=AC;B'D'=BD。C'、A'、B'、D'的连线即为坑道的掘进方向线。

附 录 N
(资料性)
竖井高程传递

N.1 用长钢尺一次直接导入高程

用长钢尺一次直接导入高程时,应使用较竖井深度略长的钢尺,如图 N.1。其方法:在钢尺下端挂一与检定钢尺拉力相同重量的重锤(也可挂任意重量的重锤)悬挂于竖井中,然后在地面上的 E 点及井下的 F 点安设水准仪按水准测量方法同时进行观测,根据式(N.1)可求出井下水准点 D 的高程 H_D 。

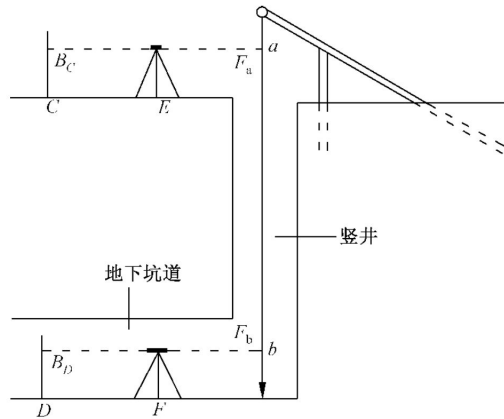


图 N.1 竖井高程传递测量示意图

$$H_D = H_C + B_C - (F_a - F_b) - B_D + \Delta T + \Delta l + \Delta l_1 + \Delta l_2 \quad \dots\dots\dots (N.1)$$

式中:

H_D ——井下水准点 D 的高程,单位为厘米(cm);

H_C ——地上水准点 C 的高程,单位为厘米(cm);

B_C ——C 点水准尺上读数,单位为厘米(cm);

B_D ——D 点水准尺上读数,单位为厘米(cm);

F_a ——钢尺上端读数,单位为厘米(cm);

F_b ——钢尺下端读数,单位为厘米(cm);

ΔT ——温度改正数,单位为厘米(cm);

Δl ——钢尺比长改正数,单位为厘米(cm);

Δl_1 ——钢尺自重伸长改正数,单位为厘米(cm);

Δl_2 ——钢尺加重伸长改正数,单位为厘米(cm)。

ΔT 、 Δl_1 、 Δl_2 分别按式(N.2)~式(N.4)计算:

a) ΔT 的计算:

$$\Delta T = (t - t_0) \alpha \cdot L \quad \dots\dots\dots (N.2)$$

式中:

ΔT ——温度改正数,单位为厘米(cm);

- α ——钢尺膨胀系数,一般取 0.000 012;
 L ——由地面至井下应计算改正数的一段钢尺长度,即 $F_a - F_b$,单位为厘米(cm);
 t ——测量时平均温度,一般取上、下两处平均温度,单位为摄氏度(°);
 t_0 ——钢尺检定时的温度,单位为摄氏度(°)。

b) Δl_1 的计算:

$$\Delta l_1 = 1.95 \times L^2 \left(\text{由 } \Delta l_1 = \frac{10\gamma L^2}{2E} \text{ 导出} \right) \dots\dots\dots (\text{N.3})$$

式中:

- Δl_1 ——钢尺自重伸长改正数,单位为厘米(cm);
 γ ——钢的比重,单位为克每立方厘米(g/cm³),取值 7.8 g/cm³;
 E ——钢的弹性系数,单位为千克每平方厘米(kg/cm²),取值 2×10^6 kg/cm²;
 L ——其意同上式,单位为厘米(cm)。

c) Δl_2 的计算:

$$\Delta l_2 = \frac{L(Q - Q_0)}{E - F} \dots\dots\dots (\text{N.4})$$

式中:

- Δl_2 ——钢尺加重伸长改正数,单位为厘米(cm);
 L ——其意同上式,单位为厘米(cm);
 Q ——测量井深时钢尺下端所挂重量,单位为千克(kg);
 Q_0 ——钢尺检定时的拉力,单位为千克(kg);
 E ——钢的弹性系数,单位为千克每平方厘米(kg/cm²),取值 2×10^6 kg/cm²;
 F ——钢尺的横断面积,单位为平方厘米(cm²)。

N.2 用长钢丝一次直接导入高程

用长钢丝一次直接导入高程的方法与 N.1 相似,但当地面与井下以水准仪观测钢丝上的 a 、 b 两点时,应对 a 、 b 两点准确地作好记号,然后将该钢丝提至地面用检定过的钢尺丈量并计算出 a 、 b 间的竖直长度,丈量时的拉力应与测量井深的重量相同。

井下水准点 D 的高程 H_D 可按式(N.5)进行计算:

$$H_D = H_C + B_C - l_0 - B_D + \Delta T \dots\dots\dots (\text{N.5})$$

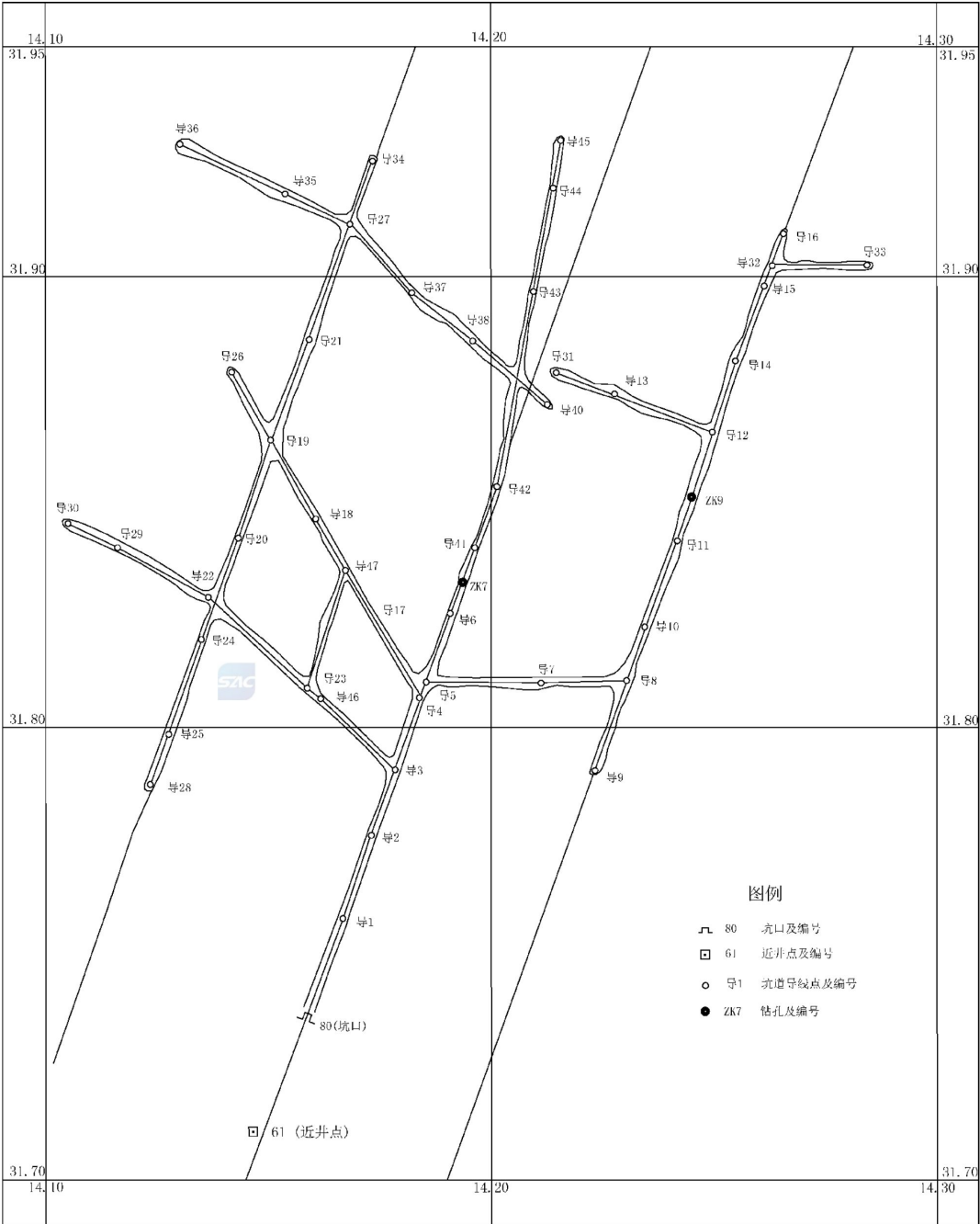
式中:

- H_D ——井下水准点 D 的高程,单位为厘米(cm);
 H_C ——地上水准点 C 的高程,单位为厘米(cm);
 B_C —— C 点水准尺上读数,单位为厘米(cm);
 l_0 ——钢丝上间长度,单位为厘米(cm);
 B_D —— D 点水准尺上读数,单位为厘米(cm);
 ΔT ——温度改正数,单位为厘米(cm)。



附 录 O
(资料性)
坑道测量平面图(示例)

坑道测量平面图绘制(示例)见图 O.1。



比例尺:1 : 1 000

图 O.1 坑道测量平面图