

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50995 – 2014

冶金工程测量规范

Code for surveying of metallurgical engineering

2014 – 05 – 16 发布

2015 – 02 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

冶金工程测量规范

Code for surveying of metallurgical engineering

GB 50995 - 2014

主编部门：中 国 冶 金 建 设 协 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 5 年 2 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国国家标准

冶金工程测量规范

GB 50995-2014

☆

中国计划出版社出版

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 9 印张 230 千字

2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

☆

统一书号: 1580242·365

定价: 50.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 415 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《冶金工程测量规范》的公告

现批准《冶金工程测量规范》为国家标准,编号为 GB 50995-2014,自 2015 年 2 月 1 日起实施。其中,第 3.0.11、12.3.7、13.11.8 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 5 月 16 日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2006 年工程建设标准规范制定、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2006〕136)的要求,由中冶集团武汉勘察研究院有限公司会同有关单位共同编制完成。

本规范在编制过程中,编制组进行了广泛调查研究和专题技术论证,认真总结了近年来国内外冶金工程测量技术的实践经验,吸收了该领域的先进技术,并在国内广泛地征求意见,经多次讨论和反复修改,最后经审查定稿。

本规范共分 13 章和 6 个附录,主要技术内容包括:总则,术语和符号,基本规定,平面控制测量,高程控制测量,地形图测量,地下管线测量,施工测量,露天矿测量,建井测量,矿井联系测量和井下控制测量,井下采掘工程测量,变形监测等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,中国冶金建设协会负责日常管理,由中冶集团武汉勘察研究院有限公司负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中冶集团武汉勘察研究院有限公司(地址:湖北省武汉市青山区冶金大道 17 号,邮政编码:430080),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中冶集团武汉勘察研究院有限公司

参 编 单 位:中国有色金属西安勘察设计研究院

中国五冶集团有限公司

中国华冶科工集团有限公司

中冶沈阳勘察研究总院有限公司

中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司

宁波冶金勘察设计研究股份有限公司

中冶成都勘察研究总院有限公司

主要起草人:汪福来 董昌济 何丞杰 黄亿荣 郭谓明
傅仁义 唐 彬 封周虎 刘建国 付宏达
张子江 王季宁 刘碧霞

主要审查人:宁津生 王 丹 王双龙 刘兴权 姜晨光
张京生 钱自红 吴建才 何红玲

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(7)
4	平面控制测量	(10)
4.1	一般规定	(10)
4.2	GNSS 平面控制测量	(11)
4.3	RTK 平面控制测量	(16)
4.4	导线测量	(19)
5	高程控制测量	(26)
5.1	一般规定	(26)
5.2	水准测量	(27)
5.3	全站仪三角高程测量	(31)
5.4	GNSS 高程测量	(34)
6	地形图测量	(37)
6.1	一般规定	(37)
6.2	图根控制测量	(40)
6.3	测图方法及要求	(47)
6.4	一般地区地形图测量	(49)
6.5	厂矿现状图测量	(52)
6.6	水下地形测量	(54)
6.7	带状地形图和纵横断面测量	(60)
6.8	地形图修测	(61)

6.9	地形图编绘	(61)
7	地下管线测量	(64)
7.1	一般规定	(64)
7.2	管线探查	(66)
7.3	管线施测	(70)
7.4	管线图编绘	(70)
7.5	质量检验	(72)
8	施工测量	(74)
8.1	一般规定	(74)
8.2	厂区施工控制测量	(75)
8.3	厂房控制测量	(81)
8.4	设备安装控制测量	(83)
8.5	控制恢复测量	(84)
8.6	场地平整测量	(85)
8.7	基础施工测量	(86)
8.8	结构安装测量	(88)
8.9	炉塔槽罐安装测量	(89)
8.10	管线安装测量	(90)
8.11	机械设备安装测量	(92)
8.12	筑炉工程测量	(93)
9	露天矿测量	(94)
9.1	一般规定	(94)
9.2	工作控制平面测量	(94)
9.3	工作控制高程测量	(96)
9.4	露天矿生产测量	(98)
10	建井测量	(101)
10.1	一般规定	(101)
10.2	井筒中心和十字中心线的标定	(101)
10.3	竖井施工测量	(102)

10.4	罐梁及罐道安装测量	(104)
10.5	提升设备安装测量	(105)
10.6	附属设备安装测量	(105)
11	矿井联系测量和井下控制测量	(107)
11.1	一般规定	(107)
11.2	近井点测量	(108)
11.3	一井定向	(108)
11.4	两井定向	(110)
11.5	陀螺经纬仪定向	(111)
11.6	高程联系测量	(112)
11.7	井下控制测量	(113)
12	井下采掘工程测量	(118)
12.1	一般规定	(118)
12.2	井巷和车场施工测量	(118)
12.3	井巷贯通测量	(120)
12.4	井下测图	(121)
12.5	采掘验收测量	(122)
13	变形监测	(125)
13.1	一般规定	(125)
13.2	竖向位移监测基准网	(126)
13.3	竖向位移监测	(127)
13.4	水平位移监测基准网	(128)
13.5	水平位移监测	(131)
13.6	GNSS 水平位移监测	(134)
13.7	工业建(构)筑物监测	(136)
13.8	露天矿边坡监测	(137)
13.9	井下岩体监测	(139)
13.10	尾矿坝和排土场监测	(141)
13.11	数据处理	(142)

附录 A	平面控制点标石埋设规格	(145)
附录 B	水准点标石埋设规格	(147)
附录 C	冶金工程测量图式	(149)
附录 D	铁路道岔主要尺寸表	(154)
附录 E	地下管线的代码和颜色	(159)
附录 F	建筑方格网点埋设规格	(161)
本规范用词说明		(162)
引用标准名录		(163)
附:条文说明		(165)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirement	(7)
4	Horizontal control survey	(10)
4.1	General requirement	(10)
4.2	GNSS horizontal control survey	(11)
4.3	RTK horizontal control survey	(16)
4.4	Traverse survey	(19)
5	Vertical control survey	(26)
5.1	General requirement	(26)
5.2	Leveling	(27)
5.3	Trigonometric leveling in total station instrument	(31)
5.4	GNSS elevation control survey	(34)
6	Topographic map survey	(37)
6.1	General requirement	(37)
6.2	Mapping control survey	(40)
6.3	Methods and requirements of mapping	(47)
6.4	Topographic map survey in general area	(49)
6.5	Survey of present state at industrial and mines site	(52)
6.6	Subaqueous topographic survey	(54)
6.7	Strip topographic maps and profile and cross-section survey	(60)

6.8	Revision of topographic map	(6 1)
6.9	Compilation of topographic map	(6 1)
7	Underground pipeline survey	(6 4)
7.1	General requirement	(6 4)
7.2	Exploration of underground pipelines	(6 6)
7.3	Underground pipeline survey	(7 0)
7.4	Underground pipeline mapping	(7 0)
7.5	Quality inspection	(7 2)
8	Construction survey	(7 4)
8.1	General requirement	(7 4)
8.2	Construction control survey in plant area	(7 5)
8.3	Plant control survey	(8 1)
8.4	Control survey of equipment installation	(8 3)
8.5	Control recovery survey	(8 4)
8.6	Ground leveling survey	(8 5)
8.7	Foundation construction survey	(8 6)
8.8	Structural installation survey	(8 8)
8.9	Specific equipment installation survey	(8 9)
8.10	Pipeline installation survey	(9 0)
8.11	Mechanical equipment installation survey	(9 2)
8.12	Furnace engineering survey	(9 3)
9	Strip mine survey	(9 4)
9.1	General requirement	(9 4)
9.2	Horizontal operation control survey	(9 4)
9.3	Vertical operation control survey	(9 6)
9.4	Strip mine production survey	(9 8)
10	Survey of shaft building	(101)
10.1	General requirement	(101)
10.2	The Shaft center and cross centreline calibration	(101)

10.3	Shaft construction survey	(102)
10.4	Bunton and shaft guide installation survey	(104)
10.5	Lifting equipment installation survey	(105)
10.6	Auxiliary facilities installation survey	(105)
11	Mine connection survey and underground control survey	(107)
11.1	General requirement	(107)
11.2	Near-shaft point survey	(108)
11.3	Single shaft orientation	(108)
11.4	Two shafts orientation	(110)
11.5	Gyro-theodolite orientation survey	(111)
11.6	Height connection determination	(112)
11.7	Underground control survey	(113)
12	Underground mining engineering survey	(118)
12.1	General requirement	(118)
12.2	Roadway and station construction survey	(118)
12.3	Roadway breakthrough survey	(120)
12.4	Underground mapping	(121)
12.5	Survey of excavation inspection	(122)
13	Deformation monitoring	(125)
13.1	General requirement	(125)
13.2	Vertical displacement reference network	(126)
13.3	Vertical displacement monitoring	(127)
13.4	Horizontal displacement reference network	(128)
13.5	Horizontal displacement monitoring	(131)
13.6	GNSS horizontal displacement monitoring	(134)
13.7	Industrial structures monitoring	(136)
13.8	Side slope monitoring of strip mining	(137)
13.9	Underground rock mass monitoring	(139)

13.10	Tailings dam and dumping site monitoring	(141)
13.11	Data processing	(142)
Appendix A	Specifications of horizontal control point markstone embedment	(145)
Appendix B	Specifications of benchmark markstone embedment	(147)
Appendix C	Symbols for metallurgical engineering survey	(149)
Appendix D	Main dimension table of railway turnout	(154)
Appendix E	The code and color for underground pipeline	(159)
Appendix F	Specifications of construction grid point embedment	(161)
	Explanation of wording in this code	(162)
	List of quoted standards	(163)
	Addition; explanation of provisions	(165)

1 总 则

1.0.1 为了统一冶金工程测量技术要求,保证测量成果质量,满足冶金工程勘察、设计、施工和生产阶段的要求,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于冶金工厂、矿山的规划、勘察、设计、施工和生产阶段的工程测量工作。

1.0.3 在满足本规范精度要求的条件下,冶金工程测量应积极采用新技术、新设备和新方法。

1.0.4 冶金工程测量工作除应符合本规范的规定外,还应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 冶金工程测量 metallurgical engineering survey

在冶金工程建设及运营的各个阶段进行的控制测量、地形图测量、地下管线测量、施工测量、矿山测量和变形监测等测量工作。

2.1.2 全球导航卫星系统(GNSS) global navigation satellite system

全球导航卫星系统的总称,包括美国的 GPS、欧洲的 GALILEO、俄罗斯的 GLONASS 和中国的 COMPASS(北斗)等。

2.1.3 导航卫星系统控制网(GNSS 网) global navigation satellite system network

利用全球导航卫星系统定位技术建立的测量控制网。

2.1.4 导航卫星连续运行参考站系统(CORS) continuous operational reference system

由基准站网、数据处理中心、数据传输系统、定位导航数据播发系统、用户应用系统五个部分组成,各基准站与监控分析中心间通过数据传输系统连接成一体,形成的专用网络。

2.1.5 实时动态测量(RTK) real-time kinema

利用全球卫星导航定位技术和数据通信技术,采用载波相位实时动态差分定位的测量方法。

2.1.6 现状图测量 present status survey

为满足冶金厂矿企业规划设计、工程建设和运营管理的需要,测绘厂矿拟定区域当前实际状态地形图的测绘工作。

2.1.7 跟踪测量 tracking survey

在工程施工阶段,与施工同步,对建构筑物 and 地下管线等的三

维坐标和属性信息进行的测量和采集工作。

2.1.8 施工测量 construction survey

在工程施工阶段,为配合施工进行的控制测量、施工放样和安装定位等测量工作。

2.1.9 建筑方格网 construction grid network

在施工过程中,为施工服务布设的矩形控制网。

2.1.10 施工放样(或标定) construction layout

将施工对象按设计坐标、高程或铅直度测设到实地的测量工作。

2.1.11 矿山测量 mine survey

在矿山规划设计、工程建设、生产运营过程中所进行的各种测量工作。

2.1.12 建井测量 shaft-building survey

在矿井掘进过程中,为配合施工所进行的井中心定位、管道安装、提升设备安装等测量工作。

2.1.13 矿井联系测量 mine connection survey

将地面控制网的坐标、方位和高程传递到井下而进行的测量工作。

2.1.14 贯通测量 breakthrough survey

当从井巷两端(或多端)相向开挖时,为使贯通面的平面和高程对接误差满足规定精度要求而进行的测量保障工作。

2.1.15 陀螺经纬仪定向 gyro-theodolite orientation

利用陀螺经纬仪的惯性定向原理,确定直线真北方位角的测量技术。

2.2 符 号

a 、 b ——GNSS 接收机和全站仪测距的标称
固定误差、标称比例误差系数;

C ——圆曲线弦长,视准轴误差;

- d ——GNSS 基线矢量长,天(时间),两次观测值的较差,铁道轨距,圆曲线的垂距;
- $d_{\text{H}}、d_{\text{h}}$ ——高程较差,高差较差;
- $dV_{\Delta X}、dV_{\Delta Y}、dV_{\Delta Z}$ ——三维约束平差与三维无约束平差后,基线分量改正数的较差;
- D ——水平距离;
- D_0 ——高斯平面上的距离;
- DQ05、DQ1、DQ2、DQ6——全站仪级别代号;
- DJ05、DJ1、DJ2、DJ6——经纬仪型号;
- DS05、DS1、DS3、DS10——水准仪型号;
- f_{h} ——高差闭合差,高差检测较差;
- f_{s} ——边长检测较差;
- f_i ——第 i 期的多余观测数;
- f_{β} ——导线方位角闭合差,角度检测较差;
- h ——高差,等高(深)线间距,地下管线的埋深;
- H ——水深,截面的高,柱高,基坑深;
- H_{m} ——测距边两端点的平均高程;
- H_{p} ——测区的平均高程;
- H_0 ——测站点高程;
- k ——边长缩放系数,大气折光系数;
- L ——经度,导线的边长,水准测量路线长,主轴线长,卷扬机主轴中心线与井筒中心间距离,吊罐法施工上、下孔的间距,井下定向时两锤线间的导线全长,铁路道岔长,斜巷长,全站仪至井架立柱的距离;
- m ——中误差;

m_s ——测边中误差,相邻地物点间距中误差;
 m_β ——测角中误差;
 m_p ——最弱点点位中误差;
 m_H ——高程拟合中误差;
 M_p ——水深点定位中误差;
 $m_{内}、m_{外}$ ——高程拟合模型的内、外符合中误差;
 M ——中误差,比例尺的分母;
 M_d ——地物点的点位中误差;
 $M_\Delta、M_w$ ——水准测量每千米高差偶然误差、全中误差;
 n ——观测角数,方向数,测站数,测回数,测段数,观测边数,观测次数,复测次数,厂房柱行列数;
 N ——附和路线和水准环总数。
 θ ——圆曲线分段弧线的圆心角;
 Q ——权倒数;
 R ——测段长,圆曲线半径;
 R_A ——参考椭球体法截弧曲率半径;
 S ——边长,巷道宽;
 T ——相对误差的分母;
 $V_{\Delta X}、V_{\Delta Y}、V_{\Delta Z}$ ——GNSS 基线分量改正数的绝对值;
 W ——水准测量附和或环线的闭合差;
 W_s ——GNSS 网同步环、异步环的三维闭合差;
 $W_x、W_y、W_z$ ——GNSS 网同步环、异步环的坐标分量闭合差;
 α ——巷道曲线圆心角;
 β ——腰线待定点与斜井中线的水平夹角;
 δ ——斜井倾角;
 μ_0 ——单位权中误差;

σ ——GNSS 网基线测量中误差；

Δ ——水准测段往返测高差较差，巷道贯通误差；

Δh ——地下管线特征点两次定深的埋深（或高程）较差，全站仪视准轴与腰线望远镜视准轴的间距；

Δh_1 、 Δh_2 ——水平距离从测量高程面归算到测区平均高程面上的改正数，水平距离从测区平均高程面归算到参考椭球体面上的改正数；

$\Delta\alpha$ ——巷道贯通方向较差。

3 基本规定

3.0.1 测量项目开始之前,应进行质量策划,制订经济合理的技术方案,编写技术设计书或技术纲要。项目实施过程中,应进行过程检查。对最终测绘成果应进行质量检查,并应编写检查报告。项目内外业工作结束后,应编写技术报告或技术说明书。

3.0.2 测量作业使用的测量仪器应有检定合格证书。

3.0.3 全站仪的精度级别划分应符合表 3.0.3 的规定。当采用其他测角和测边仪器测量时,应符合表 3.0.3 的精度级别要求。

表 3.0.3 全站仪的精度级别及其代号

全站仪级别代号	测角标称精度	测距标称精度	对应的经纬仪型号
DQ05	0.5"	$\leq 1\text{mm} + 1\text{mm/km}$	---
DQ1	1.0"	$\leq 2\text{mm} + 2\text{mm/km}$	DJ07、DJ1
DQ2	2.0"	$\leq 3\text{mm} + 3\text{mm/km}$	DJ2
DQ6	3.0"~5.0"	$\leq 3\text{mm} + 5\text{mm/km}$	DJ6

3.0.4 测量过程中,采集原始数据和记录,应遵守下列规定:

1 手工和电子记录手簿的每天开始页和结束页,标题信息应填写齐全。

2 采用手工记录时应符合下列规定:

1) 字迹应端正、清晰,不得擦改、涂改和转抄。

2) 长度的厘米、毫米数字位和角度的秒数字位不得更改。

其他数字位或文字有误时,应以单线划去,在其上方写出正确数字或文字,并在备注栏内注明更改原因。同一测站中,两个相关数字不得连环更改。

3) 作废的测站记录应划去,并注明原因。

3 采用电子记录时应符合下列规定:

1) 软件应有自动记录、限差自动检验、精度评定、防修改等功能。

2) 原始记录应打印成文本,并装订成记录手簿。

3) 输出的原始数据不得修改。

4 手工或电子记录手簿应有专人进行检查,记录人和检查人应签名。

3.0.5 测量计算前,手工记录或电子记录手簿、起算数据、各项限差、观测值中误差,应进行检查和验算,检查者应签名,未经检查的数据不得用于计算。

3.0.6 平面坐标系统选择,应满足测区内控制网边长的投影变形不大于 25mm/km 的要求。根据测区的具体情况,可按下列次序进行优先选择:

1 采用 2000 国家大地坐标系框架下的高斯正形投影 3°带平面直角坐标系统。

2 采用投影于抵偿高程面上的高斯正形投影 3°带平面直角坐标系统。

3 采用高斯正形投影任意带平面直角坐标系统,投影面可采用 1985 国家高程基准面或测区平均高程面。

4 已有平面控制网的地区,可沿用原有坐标系统。

5 工业厂矿区内可采用建筑(施工)坐标系统。

6 有特殊要求的工程控制网,可采用独立坐标系。

3.0.7 高程系统宜按下列先后次序选择:

1 1985 国家高程基准。

2 已有高程控制的地区,可沿用原高程系统。

3 工程施工项目和竖向位移监测项目等,可采用独立高程系统。

3.0.8 平面控制网的各种起算依据,应采用测角或测边方法进行可靠性检验。

1 角度较差 f_{β} 应符合下式的规定。

$$f_{\beta} \leq \sqrt{2} \sqrt{m_{\beta 1}^2 + m_{\beta 2}^2} \quad (3.0.8-1)$$

式中： $m_{\beta 1}$ ——被检查成果等级的标称测角(或方向)中误差(")；

$m_{\beta 2}$ ——检查测量等级的标称测角(或方向)中误差(")。

2 边长相对误差 $1/T$ 应符合下式的规定。

$$1/T \leq \sqrt{2} \sqrt{m_{S1}^2 + m_{S2}^2} / S \quad (3.0.8-2)$$

式中： m_{S1} ——被检查成果等级的标称测边中误差(m)；

m_{S2} ——检查测量等级的标称测边中误差(m)；

S ——边长(m)。

3.0.9 高程控制网起算点应采用高差测量进行可靠性检验,并应符合下式的规定。

$$f_h \leq \sqrt{2} \sqrt{(m_{h1}^2 + m_{h2}^2)L} \quad (3.0.9)$$

式中： f_h ——检测高差较差(mm)；

m_{h1} ——已知点成果等级的标称每千米高差全中误差(mm)；

m_{h2} ——检查测量等级的标称每千米高差全中误差(mm)；

L ——检查测量的水准路线长(km)。

3.0.10 本规范以中误差作为衡量测量精度的标准,并以 2 倍中误差作为极限误差。

3.0.11 在冶金厂矿进行现场测量作业时,必须严格遵守厂矿的安全管理制度,防止发生安全事故。

4 平面控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 平面控制网的精度等级划分应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 平面控制网的精度等级

测量方法	等级划分
GNSS 静态测量	二、三、四等, 一级、二级
RTK 测量	一、二、三级
导线网	四等, 一、二、三级

4.1.2 各等级控制网均可作为首级控制网。在满足本规范精度指标的情况下, 各等级控制网可越级布设, 也可同等级扩展和加密。

4.1.3 平面控制网的基本精度应符合下列规定:

- 1 二、三、四等网最弱相邻点的点间中误差不应大于 5cm。
- 2 一、二、三级网最弱点的点位中误差(相对于起算点)不应大于 5cm。

4.1.4 平面控制网应在充分搜集资料和踏勘的基础上进行设计, 确定布网方案和起算点、边或方位。有特殊要求或复杂的控制网, 应通过精度估算进行方案优化。

4.1.5 当首级平面控制网采用一个方位定向时, 应联测另一个已知点方向进行检查。检测角与反算角的较差应符合本规范第 3.0.8 条的规定, 超限时应查明原因。

4.1.6 平面控制点实地位置的选定应符合下列要求:

- 1 应选在土质坚实、稳固, 利于扩展和长期保存的地方。
- 2 卫星定位点的点位周围不应有强烈干扰卫星信号的物体, 高度角 15° 以上范围不应有遮挡物。

3 四等及以下的卫星定位点应至少有一个通视方向。

4 导线点间的测线应避开烟囱、散热塔、散热池等发热体及强电磁场,与周围障碍物的间距应大于 0.5m。

4.1.7 各等级控制点均应埋设标石,标石埋设应符合本规范附录 A 的规定。

4.1.8 四等及以上平面控制点应绘制点之记。位于测图范围以外的一、二、三级控制点应绘点之记,测图范围以内的可不绘。

4.2 GNSS 平面控制测量

I 技术设计

4.2.1 GNSS 平面控制测量的主要技术要求应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 GNSS 平面控制测量的主要技术要求

控制网等级	相邻点 平均间距 (km)	附和路线或 闭合环边数	固定误差 $a(\text{mm})$	比例误差 系数 $b(\text{mm/km})$	最弱边相 对中误差
二等	9	≤ 6	≤ 10	≤ 2	$\leq 1/150000$
三等	4	≤ 7	≤ 10	≤ 5	$\leq 1/80000$
四等	1.5	≤ 8	≤ 10	≤ 10	$\leq 1/40000$
一级	0.5	≤ 9	≤ 10	≤ 15	$\leq 1/20000$
二级	0.25	≤ 10	≤ 10	≤ 30	$\leq 1/10000$

注:当间距小于 200m 时,边长中误差绝对值不应大于 20mm。

4.2.2 各等级 GNSS 网基线长度测量中误差,应按下列式计算:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (4.2.2)$$

式中: σ ——基线边长中误差(mm);

a ——固定误差(mm),取本规范表 4.2.1 之值;

b ——比例误差系数(mm/km),取本规范表 4.2.1 之值;

d ——GNSS 网的实测基线平均边长(km)。当平均边长小于本规范表 4.2.1 中平均间距的 1/2 时,按其 1/2 计算。

4.2.3 GNSS 网的方案设计应符合下列规定:

1 GNSS 网应与测区已有控制点或国家控制点进行联测,联测点不应少于 2 点。

2 相邻点最大间距不宜大于平均边长的 2 倍,最小间距不宜小于平均边长的 1/2。

3 GNSS 网宜由独立观测基线构成三角形、大地四边形或中点多边形。当布设成附和路线或闭合环时,附和路线或闭合环的边数应符合本规范表 4.2.1 的规定。

II 观 测

4.2.4 GNSS 平面控制测量观测的主要技术要求应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 GNSS 平面控制测量观测的主要技术要求

项 目		二等	三等	四等	一级	二级
GNSS 接收机类型		双频	双频或单频	双频或单频	双频或单频	双频或单频
标称精度(mm+mm/km)		5+2	5+2	10+5	10+5	10+5
观测量		载波相位	载波相位	载波相位	载波相位	载波相位
卫星高度角 (°)	静态	≥15	≥15	≥15	≥15	≥15
	快速静态	—	—	—	≥15	≥15
有效观测 卫星数	静态	≥5	≥5	≥4	≥4	≥4
	快速静态	—	—	—	≥5	≥5
同步观测时间 (min)	静态	30~90	20~60	15~45	10~30	10~30
	快速静态	—	—	—	≥15	≥10
数据采样 间隔(s)	静态	10~30	10~30	10~30	5~15	5~15
	快速静态	—	—	—	1~10	1~10
平均重复设站率		≥2.0	≥2.0	≥1.6	≥1.6	≥1.6

续表 4.2.4

项 目	二等	三等	四等	一级	二级
PDOP	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 8	≤ 8
天线高测量较差(mm)	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
天线对中误差	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2

注:1 PDOP 为点位几何强度因子;

2 快速静态测量应采用双频 GNSS 接收机。

4.2.5 作业前应根据测区作业条件和作业方法编制观测设站计划表,并应按计划进行观测。

4.2.6 天线安置应遵守下列规定:

1 在三脚架上安置时,天线距地面高度不宜小于 1m。

2 在已有三角觇标的基板上安置天线时,宜先卸去觇标顶部,将标志中心投影至基板上,再依投影点安置天线。投影示误三角形的最长边或示误四边形的长对角线不应大于 5mm。

4.2.7 GNSS 观测应遵守下列规定:

1 观测开始前和结束后应测量天线高,前、后测量天线高的较差不应大于 2mm。

2 观测过程中,不得关闭接收机又重新启动进行自测试,不得改变卫星高度角设置、数据采样间隔、天线位置。

3 在测站附近不宜使用无线通信设备。

4.2.8 测站记录应包括测站名或测站号、接收机及天线号、观测日期、天气状况、时段号、开关机时间、天线高、作业者、测站环境以及作业中发生的异常情况。

4.2.9 当复测基线边长较差、同步环闭合差、闭合环或附和路线的闭合差超限时,可舍去个别观测质量较差的基线。

III 数 据 处 理

4.2.10 GNSS 网基线解算应符合下列规定:

1 各等级控制网基线可采用广播星历解算,应取用双差固定解。

2 基线解算可采用多基线解或单基线解,定位点可由解算软件自动选择,当人工选择时,应选择观测时间较长的点。

3 基线解算结果中应包括基线的三维坐标增量及其方差阵、协方差阵,基线长等参数。

4.2.11 基线解算完成后,应对基线的观测和解算质量进行检验,并应符合下列要求:

1 同一时段观测数据的剔除率不宜大于 10%。

2 复测基线的长度较差应符合下式的规定:

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.2.11-1)$$

式中: σ ——基线边长中误差。

3 同步环闭合差应符合下列公式的规定:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma \quad (4.2.11-2)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma \quad (4.2.11-3)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma \quad (4.2.11-4)$$

$$W_s \leq \frac{\sqrt{3n}}{5}\sigma \quad (4.2.11-5)$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.2.11-6)$$

式中: n ——同步环的边数;

W_x 、 W_y 、 W_z ——同步环的坐标分量闭合差(mm);

W_s ——同步环的全长闭合差(mm)。

4 异步环、附和路线的闭合差应符合下列公式的规定:

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.2.11-7)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.2.11-8)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.2.11-9)$$

$$W_s \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (4.2.11-10)$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.2.11-11)$$

式中: n ——异步环或附和路线的边数;

W_x 、 W_y 、 W_z ——异步环或附和路线的坐标分量闭合差(mm);

W_s ——异步环或附和路线的全长闭合差(mm)。

4.2.12 GNSS网应进行三维无约束平差,检验网的内符合精度,并应符合下列规定:

1 应在基线解算质量检验后进行,应取用合格的独立基线参加网平差。

2 以基线三维分量及相应方差—协方差阵作为观测量,进行无约束平差。起算点宜取观测时间较长的点,二等网宜取已知点的三维坐标值。

3 平差后,基线分量改正数的绝对值应满足下列公式的要求,对不合格基线应进行处理。

$$V_{\Delta x} \leq 3\sigma \quad (4.2.12-1)$$

$$V_{\Delta y} \leq 3\sigma \quad (4.2.12-2)$$

$$V_{\Delta z} \leq 3\sigma \quad (4.2.12-3)$$

式中: $V_{\Delta x}$ 、 $V_{\Delta y}$ 、 $V_{\Delta z}$ ——基线分量的改正数的绝对值(mm)。

4.2.13 GNSS网的约束平差应符合下列规定:

1 取用三维无约束平差后检验合格的基线,在拟采用的坐标系中进行三维约束平差或二维约束平差。

2 平差前,应对已知点坐标、已知边长和已知方位角的精度和可靠性进行检验,剔除精度低、可靠性差的已知点。根据已知点的情况,可选择强制约束平差或带权约束平差。

3 三维约束平差后,同一基线的三维约束平差坐标分量改正数,与三维无约束平差坐标分量改正数的较差绝对值,应满足下列公式的要求。当不能通过检验时,应剔除精度较低的约束点,再进行平差,直至满足要求。

$$dV_{\Delta x} \leq 2\sigma \quad (4.2.13-1)$$

$$dV_{\Delta y} \leq 2\sigma \quad (4.2.13-2)$$

$$dV_{\Delta Z} \leq 2\sigma \quad (4.2.13-3)$$

式中： $dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$ ——三维约束平差与三维无约束平差后，基线分量改正数较差的绝对值。

4.2.14 GNSS 网计算时，数字取位应符合表 4.2.14 的规定。

表 4.2.14 GNSS 网计算的数字取位

控制网等级	经纬度 (")	大地高 (m)	方向观测值 及改正数 (")	边长观测值 及改正数 (m)	边长及坐标 (m)	方位角 (")
二、三等	0.00001	0.0001	0.01	0.0001	0.001	0.01
四等、一级	0.00001	0.001	0.1	0.001	0.001	0.1
二、三级	0.00001	0.001	1	0.001	0.001	1

4.3 RTK 平面控制测量

I 技术设计

4.3.1 RTK 平面控制测量可用于一般地区一、二、三级控制点的测量。

4.3.2 RTK 平面控制测量的主要技术要求，应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 RTK 平面控制测量的主要技术要求

控制网等级	相邻点 平均间距 (km)	点位中误差 (mm)	边长相对 中误差	起算点等级	R (km)	备 注
一级	0.50	≤ 50	$\leq 1/20000$	四等及以上		仅适用于 CORS 系统
二级	0.25	≤ 50	$\leq 1/10000$	一级及以上	≤ 4	
三级	0.15	≤ 50	$\leq 1/5000$	二级及以上	≤ 4	

注：1 R 为流动站到基准站的最大距离。当采用 CORS 系统测量时，不受此限制；

2 点位中误差是相对最近基准站而言。

4.3.3 平面控制点相邻点的最大点间距，不宜大于相应等级相邻点平均间距的 2 倍；最小点间距不宜小于相应等级相邻点平均间距的 1/2。

II RTK 测量

4.3.4 RTK 平面控制测量可利用 CORS 系统,二、三级控制网也可采用单基站或双基站测量。

4.3.5 RTK 控制测量应采用双频 GNSS 机,标称精度应优于 $10\text{mm}+5\text{mm}/\text{km}$ 。

4.3.6 利用 CORS 系统测量时,应执行 CORS 服务商的技术要求。

4.3.7 采用单基站或双基站进行 RTK 测量时,基准站设置应符合下列规定:

1 采用电台传输数据时,基准站应设置在地势较高、四周开阔的地方或控制点上。

2 基准站附近 200m 范围内应无电视台、电台、微波站、超高压输电线等干扰源。

3 天线对中误差不应大于 2mm。天线高在测前、测后应各量一次,较差不应大于 2mm。

4 基准站设置及工作情况,应在手簿中记录。

4.3.8 GNSS 坐标系统与地方坐标系统转换参数求解应符合下列规定:

1 控制点不应少于 4 点,且应均匀覆盖待测区域。

2 当控制点同时具有 GNSS 坐标和地方坐标时,可将两套坐标直接输入数据采集器计算转换参数或直接输入已知转换参数。现场作业时,实时测量的控制点 GNSS 坐标,与已知的 GNSS 坐标不一致时,应进行改正。

3 当控制点只有地方坐标时,可通过控制点联测 GNSS 坐标,解求转换参数,并应符合表 4.3.8 的规定。

表 4.3.8 解求转换参数的技术要求

联测点数	模型残差(cm)		已知点检查较差(cm)	
	平面	高程	平面	高程
≥ 3	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 7

注:当不测量 RTK 控制点(待定点)的高程时,已知点检查的高程较差可不比较。

4 不得采用现场点校正的方法求解转换参数。

5 转换参数确定后,应检查不低于同等级精度的已知控制点,其坐标较差应满足表 4.3.8 的要求。

6 转换参数解求和已知点检验情况应记录手簿。

4.3.9 RTK 控制测量时,高度角 15° 以上的有效卫星不应少于 5 颗,PDOP 值不应大于 6。

4.3.10 RTK 控制测量观测的主要技术要求,应符合表 4.3.10 的规定。

表 4.3.10 RTK 控制测量观测的主要技术要求

控制网等级	测量方式	时段数	总测回数	观测历元数	同时段测回间坐标较差(cm)	不同时段间坐标较差(cm)	双基站间坐标较差(cm)
一级	CORS	≥ 2	≥ 6	≥ 30	≤ 3	≤ 4	—
二级	CORS	≥ 2	≥ 4	≥ 20	≤ 4	≤ 5	
	双基站	各 ≥ 1	≥ 4		≤ 4	≤ 5	≤ 6
三级	CORS	≥ 1	≥ 2	≥ 20	≤ 4	≤ 5	—
	双基站	≥ 1	≥ 2		≤ 5	≤ 6	≤ 7
	单基站	≥ 2	≥ 2		≤ 5	≤ 7	

注:各时段之间宜间隔 1h~2h。

4.3.11 RTK 控制测量观测时,应符合下列规定:

1 天线应采用三脚架安置,对中误差不应大于 2mm。天线高量测较差不应大于 2mm。

2 数据采集器的平面收敛精度应优于 2cm,高程收敛精度应优于 3cm。

3 RTK 控制测量一测回观测应按以下程序和要求进行:

1)GNSS 接收机开机,初始化。在得到 RTK 固定解且收敛稳定后,方可开始观测;

2)采样间隔取 1s,坐标取用本测回的平均值。

3)关机或断开数据链连接,结束本测回。

- 4 下一测回应在关机或断开数据链连接 60s 以后进行。
- 5 取各测回、各时段检验合格的观测值的平均值,作为 RTK 控制测量的最终结果。
- 6 当初始化时间超过 5min 仍得不到固定解时,宜关机再启动接收机进行初始化。当重新启动三次仍不能获得固定解时,应更换基站或换时间段进行测量。

4.3.12 RTK 控制测量观测应记录手簿,经纬度应记录至 0.00001",坐标和高程应记录至 0.001m,天线高应记录至 0.001m。

4.3.13 对 RTK 控制点,应进行 100%内业检查,并应随机选择 5%~10%的点,且总数不应少于 3 点进行实测检查。

4.3.14 RTK 控制点可采用同等级 GNSS 静态或快速静态法测量坐标,全站仪测量边长或角度等方法进行检查,并应符合表 4.3.14 的规定。

表 4.3.14 RTK 控制测量检查的精度要求

控制网等级	边长相对误差	角度较差(")	导线联测坐标较差(mm)
一级	$\leq 1/14000$	≤ 14	≤ 60
二级	$\leq 1/7000$	≤ 20	≤ 70
三级	$\leq 1/4000$	≤ 30	≤ 80

注:当边长小于 1/2 平均边长时,边长较差不应大于 20mm。

4.4 导线测量

I 技 术 设 计

4.4.1 导线测量的主要技术要求,应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 导线测量的主要技术要求

控制网等级	导线长度(km)	平均边长(km)	测角中误差(")	方位角闭合差(")	测距中误差(mm)	测距相对中误差	全长相对闭合差
四等	≤ 9	1.5	≤ 2.5	$\leq 5\sqrt{n}$	≤ 18	$\leq 1/80000$	$\leq 1/40000$
一级	≤ 4	0.5	≤ 5	$\leq 10\sqrt{n}$	≤ 12	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$

续表 4.4.1

控制网等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中误差 (")	方位角闭合差 (")	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	全长相对闭合差
二级	≤ 2.4	0.25	≤ 8	$\leq 16\sqrt{n}$	≤ 12	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$
三级	≤ 1.2	0.12	≤ 12	$\leq 24\sqrt{n}$	≤ 12	$\leq 1/10000$	$\leq 1/5000$

注:1 n 为导线折角数。

2 当附和导线长度小于总长度的 $1/3$ 时,其绝对闭合差不应大于 13cm。

3 当平均边长超过本表规定时,宜适当增加角度观测的测回数。

4.4.2 导线网宜布设成直伸形状,相邻边的边长之比不宜大于 $1:3$ 。

4.4.3 导线网作为首级控制时应布设成环形网,作为加密时可布设成附和导线。当导线长度大于本规范表 4.4.1 的规定时,应布设成结点网。高级点与结点、结点与结点间的路线长度不应大于相应等级规定长度的 0.7 倍。

II 水平角观测

4.4.4 导线水平角采用全站仪观测时,应符合下列规定:

1 气泡置平时,应使仪器位于补偿器的有效补偿范围。

2 水平轴不垂直于垂直轴之差:DQ1 级全站仪不应大于 $10''$,DQ2 级仪器不应大于 $15''$,DQ6 级仪器不应大于 $20''$ 。

3 仪器的基座在照准部旋转的位移:DQ1 级全站仪不应大于 $0.3''$,DQ2 级全站仪不应大于 $1''$,DQ6 级全站仪不应大于 $1.5''$ 。

4 光学或激光对中器的对中精度应优于 1mm。

4.4.5 导线水平角观测的主要技术要求应符合表 4.4.5 的规定。

表 4.4.5 导线的水平角观测的主要技术要求

控制网等级	测角中误差 (")	测回数			观测读数 (")
		DQ1	DQ2	DQ6	
四等	≤ 2.5	≥ 4	≥ 6	—	0.1
一级	≤ 5	—	≥ 2	≥ 4	0.1
二级	≤ 8	—	≥ 1	≥ 3	1.0
三级	≤ 12	—	≥ 1	≥ 2	1.0

4.4.6 水平角宜采用全圆方向法观测,观测限差应符合表 4.4.6 的规定。

表 4.4.6 全圆方向法观测的限差

控制网等级	全站仪级别	半测回归零差 (")	一测回内 2C 较差 (")	同一方向值 各测回较差(")
四等	DQ1	≤ 6	≤ 9	≤ 6
	DQ2	≤ 8	≤ 13	≤ 9
一、二、三级	DQ2	≤ 12	≤ 18	≤ 12
	DQ6	≤ 18		≤ 20

注:当观测方向的垂直角大于 3° 时,该方向的 2C 较差可按相邻测回间进行比较。

4.4.7 全圆方向观测法应符合下列规定:

- 1 全站仪对中误差不应大于 2mm,气泡中心偏离理论中心不应大于 1 格。
- 2 当观测方向数多于 3 个时应归零,等于和少于 3 个时可不归零。
- 3 各测回间度盘应变换位置。第 i 测回的度盘位置应按下列公式计算:

$$j = (i - 1)\delta \quad (4.4.7-1)$$

$$\delta = \frac{180^\circ}{n} + \frac{60'}{n} \quad (4.4.7-2)$$

式中: j ——第 i 测回的度盘配置($^\circ$);

δ ——测回间的度盘配置间隔值($^\circ$);

n ——总测回数。

4.4.8 水平角方向观测限差不符合本规范表 4.4.6 的规定时,应在原度盘位置重测,并应符合下列规定:

- 1 2C 较差、同一方向各测回较差超限时,应重测超限方向,并应联测零方向。
- 2 归零差或零方向的 2C 较差超限时,该测回应重测。
- 3 一测回中重测方向数超过方向总数的 $1/3$ 时,该测回应重测。
- 4 每测站重测的方向测回数超过该站方向测回总数的 $1/3$

时,该站应重测。每测站的方向测回总数按 $m(n-1)$ 计算(m 为测回数, n 为方向数)。方向测回数的计算方法:重测一个方向时,重测的方向测回数应为 1;因零方向超限而重测的测回,重测的方向测回数应为 $(n-1)$ 。

III 边长测量

4.4.9 导线边测距的主要技术要求应符合表 4.4.9 的规定。

表 4.4.9 测距的主要技术要求

等级	全站仪 级别	测回数		测距(mm)			温度 读数 (℃)	气压 读数 (hPa)	往返测较差 (mm)
		往	返	读数	读数 较差	测回 较差			
四等	DQ1	≥2	≥2	1	≤5	≤7	0.5	0.5	应小于本规范 表 4.4.1 中测距 中误差的√2倍
	DQ2	≥3	≥3		≤8	≤10			
一级	DQ2	≥3	—	1	≤8	≤10	1	1	—
二、三级	DQ2	≥2	—	1	≤8	≤10	1	1	
	DQ6	≥2	—	1	≤10	≤15			

注:1 一测回是照准反光镜一次,读数 2 次~4 次;

2 往返测可采用同方向不同时间段观测代替;

3 当边长两端高差较大时,往返测边长应投影到边长两端点的平均高程面上,比较往返测较差。

4.4.10 全站仪测距作业应符合下列规定:

1 全站仪和反光镜的对中误差不应大于 2mm。

2 四等导线测距时,应按站记录温度和气压,并应进行距离改正。一二三级导线测距可按时间段记录平均温度和气压,并应进行距离改正,也可在现场将实时温度和气压置入全站仪,自动进行距离改正。

4.4.11 当采用垂直角进行边长倾斜改正时,垂直角测量可按本规范全站仪五等三角高程测量的技术要求施测。

4.4.12 当采用高差进行边长倾斜改正时,往返测高差较差 Δh 应符合下式的规定。

$$\Delta h \leq \frac{S^2}{T \cdot h} \quad (4.4.12)$$

式中: Δh ——往返测高差较差(m);

S ——测距边长(m);

T ——测距相对中误差的分母;

h ——测距边两端点的高差(m)。

当 h 小于 $\frac{2S}{\sqrt{T}}$ 时, 应按 $\frac{2S}{\sqrt{T}}$ 计算。

IV 数据处理

4.4.13 导线网应按下列两种情况分别计算测角中误差。

1 导线按左、右角观测时, 应按下式计算测角中误差。

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_c \Delta_c]}{2n_{\Delta}}} \quad (4.4.13-1)$$

式中: Δ_c ——测站圆周角闭合差(");

n_{Δ} ——圆周角闭合差个数。

2 附和或闭合导线, 应按下式计算测角中误差。

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta} \cdot f_{\beta}}{n} \right]} \quad (4.4.13-2)$$

式中: f_{β} ——附和或闭合路线的方位角闭合差(");

n ——附和或闭合路线中, 计算 f_{β} 时相应的测站数;

N ——附和路线和闭合路线总数。

4.4.14 边长应进行加常数、乘常数和气象改正。

4.4.15 水平距离计算应符合下列要求:

1 水平距离 D 用高度角应按下列公式计算:

$$D = S \cdot \cos(\alpha + f) \quad (4.4.15-1)$$

$$f = (1 - k) \frac{S \cdot \cos \alpha}{2R_A} \rho \quad (4.4.15-2)$$

2 水平距离 D 用高差应按下式计算:

$$D = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (4.4.15-3)$$

式中: D ——测站和棱镜站平均高程面上的水平距离(m);

S ——经气象和加乘常数改正后的斜距(m);

α ——斜距的垂直角,仰角为正,俯角为负;

f ——地球曲率和大气折光引起的垂直角改正数("),恒为正值;

k ——测区大气折光系数,宜通过测区观测数据反求,经验值可取 0.11~0.14;

R_A ——参考椭球在测距边方向的法截弧曲率半径(m);

h ——测站与镜站的高差(m)。

4.4.16 水平距离从测量高程面归算到测区平均高程面上的改正 ΔD_1 ,应按下式计算:

$$\Delta D_1 = -\frac{H_m - H_p}{R_A} D \quad (4.4.16)$$

式中: D ——测距边所在高程面的水平距离(m);

H_m ——测距边两端点的平均高程(m);

H_p ——测区平均高程面的高程(m);

R_A ——参考椭球体在测距边方向的法截弧曲率半径,可用平均曲率半径代替(m)。

4.4.17 水平距离从测量高程面归算到参考椭球体面上的改正数 ΔD_2 ,应按下列公式计算:

$$\Delta D_2 = -\frac{H_m + h_m}{R'_A} D + \frac{(H_m + h_m)^2}{(R'_A)^2} D \quad (4.4.17-1)$$

$$R'_A = R_A + H_m + h_m \quad (4.4.17-2)$$

式中: D ——测距边在测量高程面的水平距离(m);

h_m ——测区大地水平面到参考椭球面的高差(m)。

4.4.18 参考椭球体面上的距离投影到高斯平面的距离改化 ΔS ,应按下式计算:

$$\Delta S = \frac{y_m^2}{2R_m^2} D_0 + \frac{(\Delta y)^2}{24R_m^2} D_0 \quad (4.4.18)$$

式中: D_0 ——高斯平面上的长度(m);

R_m ——测距边中点的参考椭球平均曲率半径(km);

y_m ——测距边两端点横坐标的平均值(km)；

Δy ——测距边两端点横坐标的差(km)。

4.4.19 导线计算时,数字取位应符合表 4.4.19 的规定。

表 4.4.19 导线计算的数字取位

等 级	方向观测值及 改正数(")	边长观测值及 改正数(m)	边长及坐标 (m)	方位角 (")
四等、一级	0.1	0.0001	0.001	0.1
二、三级	1	0.001	0.001	1

5 高程控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 高程控制网的精度等级宜划分为二、三、四、五等,各等级高程控制网均可作为首级高程控制网。

5.1.2 高程控制网的最弱点高程中误差,二等不应大于 20mm,三、四、五等不应大于 30mm。

5.1.3 高程控制网宜采用水准测量方法施测,三、四、五等可采用全站仪三角高程测量方法,五等也可采用 GNSS 拟合高程测量方法。

5.1.4 高程控制网应在充分搜集资料和踏勘的基础上进行设计,确定布网方案和起算点。有特殊要求或复杂的控制网应通过精度估算进行方案优化。

5.1.5 首级高程控制网应布设成环形网,加密网宜布设成附和路线、结点网或闭合环。高程控制点的间距一般地区应为 2km~5km,工业厂区宜为 1km~3km。一个测区及周围至少应有 3 个高程控制点。

5.1.6 各等级高程控制网均应埋设永久性标石或标志,三、四、五等水准点可埋设普通标石或墙水准点标志。普通水准点标石埋设规格应符合本规范附录 B 的规定。

5.1.7 高程控制点标石应埋设在土质坚实、地基牢固、利于长期保存、便于寻找、观测方便的地方,各等级高程控制点应绘点之记。

5.1.8 大型工业厂矿的二等水准点宜埋设基岩水准点标石或深桩水准点标石,并进行专项设计。

5.2 水准测量

I 技 术 设 计

5.2.1 水准测量的主要技术要求应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 水准测量的主要技术要求

等级	路线长 (km)	结点到高级点 或结点到结点 间路线长(km)	每千米高差 偶然中误差 (mm)	每千米高差 全中误差 (mm)	往返测高差较差 路线闭合差(mm)	
					平原和丘陵	山地
二等	≤ 200	≤ 140	≤ 1	≤ 2	$\leq 4\sqrt{L}$	—
三等	≤ 50	≤ 35	≤ 3	≤ 6	$\leq 12\sqrt{L}$	$\leq 3\sqrt{n}$
四等	≤ 20	≤ 14	≤ 5	≤ 10	$\leq 20\sqrt{L}$	$\leq 5\sqrt{n}$
五等	≤ 10	≤ 7	—	≤ 15	$\leq 30\sqrt{L}$	$\leq 7\sqrt{n}$

注:1 L 为测量路线或环线的长度(km),不足 1km 时,按 1km 计算;

2 n 为测站数。

5.2.2 水准测量所用水准仪的主要技术要求应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 水准仪的主要技术要求

项 目		型 号		
		DS05	DS1	DS3
每千米往返测量平均高差的中误差 (mm)		≤ 0.5	≤ 1	≤ 3
手动安平 水准仪的 置平性能	管水准器格值 ($''/2\text{mm}$)	≤ 10	≤ 10	≤ 20
	测微器最小分划值 (mm)	≤ 0.1	≤ 0.1	—
自动安平 水准仪的 补偿性能	补偿范围($'$)	$\geq \pm 8$	$\geq \pm 8$	$\geq \pm 8$
	安平精度($''$)	$\leq \pm 0.1$	$\leq \pm 0.2$	$\leq \pm 0.5$
水准仪 i 角($''$)		≤ 15	≤ 15	≤ 20

5.2.3 水准尺的主要技术要求应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 水准尺的主要技术要求

水准尺类型	1 米平均真长 与名义长之差 (mm)	分米分划 中误差 (mm)	基辅常 数偏差 (mm)	一对尺零点 不等差 (mm)	弯曲度 (mm)
条形码尺	≤ 0.10	0.013		≤ 0.1	≤ 4
钢瓦尺	≤ 0.15	0.013	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 4
双面和单面木尺	≤ 0.50	1	≤ 0.50	≤ 1.0	≤ 8

II 观 测

5.2.4 各等级水准测量所采用的设备和方法应符合表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4 各等级水准测量的设备和方法要求

等级	水准仪型号	水准尺	测量次数	观测顺序
二等	DS05	条形码或钢瓦	往返各 1	奇数站:后前前后
	DS1			偶数站:前后后前
三等	DS1	条形码或钢瓦	往 1	后前前后
	DS3	双面	往返各 1	
四等	DS3	双面	往 1	后后前前
五等	DS3	单面	往 1	后前

注:1 水准支线应进行往返观测;

2 三、四、五等与已知点联测时应进行往返观测;

3 三、四、五等的往返测量可用一台水准仪、一对水准尺双转点观测或一台水准仪、一对水准尺,两次仪器高观测代替。

5.2.5 水准测量观测的主要技术要求应符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 水准测量观测的主要技术要求

等级	水准仪 型号	视线 长度 (m)	前后距 较差 (m)	前后距 累积差 (m)	最低视 线高 (m)	观测 读数 (mm)	基辅读 数较差 (mm)	基辅高 差较差 (mm)
二	DS05	≤ 60	≤ 1	≤ 3	≥ 0.5	0.01	≤ 0.5	≤ 0.7
	DS1	≤ 50						

续表 5.2.5

等级	水准仪 型号	视线 长度 (m)	前后距 较差 (m)	前后距 累积差 (m)	最低视 线高 (m)	观测 读数 (mm)	基辅读 数较差 (mm)	基辅高 差较差 (mm)
三	DS1	≤ 80	≤ 3	≤ 6	≥ 0.3	0.01	≤ 1.0	≤ 1.5
	DS3	≤ 65				1	≤ 2.0	≤ 3.0
四	DS3	≤ 80	≤ 5	≤ 10	≥ 0.2	1	≤ 3.0	≤ 5.0
五	DS3	≤ 100	大致 相等	---	---	1	---	---

注:1 二等水准测量观测的视线长度小于 20m 时,视线高度不应低于 0.3m;

2 数字水准仪观测没有基辅读数较差,每站应按规定顺序进行观测,两次测量的高差较差应满足基辅高差较差的要求;

3 采用双转点或双人观测时,两次测量高差较差应满足基辅高差较差的要求;

5.2.6 水准测量的转点应采用尺垫或尺桩,水泥和柏油地面可打入圆头帽钉代替。

5.2.7 每测站水准测量观测应符合下列规定:

1 应按规定顺序进行观测。

2 前后视距可采用下列方法之一获取,同一个测绘项目只能采用一种方法:

1)上、下丝读数,读至 0.1m;

2)直接读取上、下丝间距,读至 0.1m;

3)用测绳、皮尺或测距轮丈量,读至 0.1m。

3 手动置平式水准仪读数时,应用微动螺旋“旋进”方向使符合气泡进入居中位置。

4 测微器读数时,应用“旋进”方向对准水准尺的分划线。

5 每站观测过程中,不得重新整平水准仪,不得进行二次调焦。

5.2.8 二等水准测量宜将水准仪脚架的两脚安置于与水准路线

方向平行,第三脚按奇、偶数站交替置于路线前进方向的左侧和右侧。

5.2.9 由往测转为返测时,应重新安置仪器,前、后水准尺应互换。

5.2.10 测段往返测高差较差超限时,应重测往测或返测,并按下列规定取舍:

1 二等水准,当重测高差与原异向测量高差较差合格时,取用该结果,否则应再重测。

2 三、四、五等水准,当重测高差与原往测或返测高差较差合格时,可取用其中合格结果。当重测高差与原往返测高差较差均不超过限差时,取用三次测量高差的平均值。

5.2.11 附和路线或环线闭合差、每千米高差偶然中误差或全中误差超限时,应全面分析原因,选择可靠性较差的测段进行重测。

5.2.12 当水准网重测的测段数超过总测段数的 30% 时,该网应全部重测。

III 数 据 处 理

5.2.13 二等水准测段高差宜按下列公式计算正常高水准面不平行改正,三、四、五等水准测段可不改正。

$$\varepsilon = -0.0000015371 \cdot \sin 2\varphi \cdot H_m \cdot \Delta\varphi \quad (5.2.13-1)$$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (5.2.13-2)$$

式中: ε ——正常高水准面不平行改正数(mm);

H_m ——测段起、终点近似高程的平均值(m);

φ_1 ——测段起点的纬度($^{\circ}'$);

φ_2 ——测段终点的纬度($^{\circ}'$);

$\Delta\varphi$ ——测段终点到起点的纬度差($^{\circ}'$);

φ ——测段起、终点纬度的平均值($^{\circ}'$)。

5.2.14 计算水准路线往返观测高差较差、附和或闭合路线的高差闭合差,并按本规范表 5.2.1 的要求进行限差检验。

5.2.15 每千米高差偶然中误差和全中误差应按下列公式计算：

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta \Delta}{R} \right]} \quad (5.2.15-1)$$

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (5.2.15-2)$$

式中： M_{Δ} ——每千米高差偶然中误差(mm)；

M_w ——每千米高差全中误差(mm)；

Δ ——测段往返测高差的较差(mm)；

W ——附和路线或水准环的高差闭合差(mm)；

L ——附和路线或水准环线长(km)；

R ——测段长(km)；

n ——测段总数；

N ——附和路线和水准环线总数。

5.2.16 二、三、四等水准网应进行严密平差，五等水准网可采用简易方法平差。

5.2.17 水准测量计算的数字取位应符合表 5.2.17 的规定。

表 5.2.17 水准测量计算的数字取位

等级	往返测 距离总和 (km)	往返测 距离中数 (km)	各测站 高差 (mm)	往返测 高差总和 (mm)	往返测 高差中数 (mm)	高程 (mm)
二等	0.01	0.1	0.01	0.01	0.01	0.1
三、四等	0.01	0.1	0.1	1.0	0.1	1.0
五等	0.1		1.0		1.0	1.0

5.3 全站仪三角高程测量

I 技 术 设 计

5.3.1 全站仪三角高程测量的主要技术要求应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 全站仪三角高程测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	边长 (km)	观测方式	对向观测高差较差 (mm)	附和或环形路线闭合差 (mm)	检查已测段的高差较差
三等	≤ 6	≤ 1.0	对向往返	$\leq 24 \sqrt{D}$	$\leq 12 \sqrt{\Sigma D}$	$\leq 20 \sqrt{\Sigma D}$
四等	≤ 10	≤ 1.0	对向	$\leq 40 \sqrt{D}$	$\leq 20 \sqrt{\Sigma D}$	$\leq 30 \sqrt{\Sigma D}$
五等	≤ 15	≤ 1.0	对向	$\leq 60 \sqrt{D}$	$\leq 30 \sqrt{\Sigma D}$	$\leq 40 \sqrt{\Sigma D}$

注:1 对向观测高差较差应在单向观测高差进行地球曲率和大气折光改正后比较;
2 D 为边长(km)。三、四等小于 1km 时,按 1km 计;五等小于 0.5km 时,按 0.5km 计。

5.3.2 全站仪三角高程测量路线宜以平面控制网为基础,按三角高程导线或高程导线网形式布设。作为首级高程网时,应布设成环形。附和于高等级点时,可布设成附和路线或结点网形状。

5.3.3 全站仪三角高程测量路线可与同等级水准测量路线组成同等级的高程控制网。

II 观 测

5.3.4 全站仪三角高程测量观测的主要技术要求应符合表 5.3.4 的规定。

表 5.3.4 全站仪三角高程测量观测的主要技术要求

等级	全站仪级别	垂直角					边长	
		中误差 (")	观测方式	中丝法测回数	指标差较差 (")	测回较差 (")	观测方式	测回较差 (mm)
三等	DQ1	1.8	对向	各 ≥ 4	≤ 5	≤ 5	对向各 3	≤ 7
	DQ2		往返	各 ≥ 6	≤ 7	≤ 7	对向各 4	≤ 10
四等	DQ1	2.5	对向	各 ≥ 2	≤ 5	≤ 5	对向各 2	≤ 7
	DQ2		对向	各 ≥ 4	≤ 7	≤ 7	对向各 3	≤ 10
五等	DQ2	5.0	对向	各 ≥ 2	≤ 10	≤ 10	单向 3	≤ 10

注:1 D 为边长(km)。三、四等小于 1km 时按 1km 计;五等小于 0.5km 时按 0.5km 计;
2 对向观测高差较差,采用单向观测并经双曲差改正后的高差比较。

5.3.5 观测视线离开地面和左右障碍物的距离应大于 1.2m。

5.3.6 仪器高、反光镜或觇牌高在观测前、后应各量一次,较差不应大于 2mm,取用平均值。

5.3.7 当三、四等相邻两点间不通视或边长超长时,可在两点中间设站两次,分别测量高差代替对向观测。两次设站的间距不应大于 50m,两次测量的高差较差不应大于对向观测高差较差。

5.3.8 三等全站仪三角高程路线除对向观测外,还应进行往返观测。路线往返测高差(用对向观测平均值计算)闭合差,不应大于本规范表 5.3.1 中附和或环形路线的闭合差。

5.3.9 对向观测应在相同或相似的气象条件下完成。对大气条件变化快的测区,宜采用对向观测数据,通过统计分析反求大气折光系数。

III 数 据 处 理

5.3.10 单向测量的高程导线边两端点的高差应按下列公式计算。

$$h = S \cdot \sin \alpha_v + (1 - k) \frac{S^2 \cos^2 \alpha_v}{2R} + i - v \quad (5.3.10-1)$$

或
$$h = D \cdot \tan \alpha_v + (1 - k) \frac{D^2}{2R} + i - v \quad (5.3.10-2)$$

式中: h ——高程导线边两端点的高差(m);

S ——高程导线边的斜距(m);

D ——高程导线边的水平距离(m);

α_v ——高程导线边的垂直角;

k ——测区的大气折光系数;

R ——地球平均曲率半径(m);

i ——仪器高(m);

v ——觇牌高(m)。

5.3.11 全站仪三角高程测量应计算每千米高差全中误差 M_w , 并应满足本规范表 5.3.1 的规定。

5.3.12 三、四等全站仪三角高程网应进行严密平差,五等全站仪三角高程网可采用简易方法平差。当水准网中有部分全站仪三角高程测量的高差时,也可与同等级水准测量的高差组成联合网平差。

5.3.13 全站仪三角高程测量计算的数字取位应符合表 5.3.13 的规定。

表 5.3.13 全站仪三角高程测量计算的数字取位

等 级	垂直角(″)	高差(mm)	高程(mm)
三等	0.1	0.1	1
四等	0.1	1	1
五等	1	1	1

5.4 GNSS 高程测量

I 技 术 设 计

5.4.1 GNSS 高程测量适用于五等及以下高程测量,其主要技术要求应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 GNSS 高程测量的主要技术要求

等级	平地、丘陵(mm)			山地(mm)		
	模型内符合 中误差	高程 中误差	检测 较差	模型内符合 中误差	高程 中误差	检测 较差
五等	≤25	≤40	≤80	≤40	≤60	≤120

5.4.2 GNSS 高程网布设应符合下列规定:

- 1 GNSS 高程网宜与 GNSS 平面网一起布设,也可单独布设。
- 2 GNSS 高程网形宜按四等或一级 GNSS 平面控制网的技术要求布设。
- 3 GNSS 高程网的起算点不应低于四等高程,点数宜大于计算模型中未知参数个数的 1.5 倍,点距不应大于 10km。山地应适当加密。

4 起算点应均匀分布在测区四周和中央。测区为带状时,应沿带状方向均匀布设。

5 GNSS 高程采用分区拟合时,相邻分区共享的高程起算点不应少于 2 点。

II 观 测

5.4.3 五等 GNSS 高程网的观测和数据处理,可按一级 GNSS 网的技术要求执行。

5.4.4 采用水准测量或全站仪三角高程测量方法检测时,检测高差与已知高差的较差不应大于表 5.4.4 的规定。

表 5.4.4 GNSS 高程检测较差的限差

等级	五 等	备 注
检测方法	五等(水准或三角高程)及以上	在山地限差可放宽一倍
高差较差	$\leq 45 \sqrt{L}$	

注:L 为检查水准路线长(km)。L 小于 0.5km 时,按 0.5km 计。

III 数 据 处 理

5.4.5 在 GNSS 高程网待定点的高程拟合计算之前,应建立高程异常模型。高程异常模型建立方法和要求应符合下列规定:

1 当测区已经建立有区域似大地水准面精化模型时,可直接采用。

2 当测区面积较小、地形较平坦、重力变化较平缓时,可利用已知高程点的正常高和 GNSS 测量的大地高,按数学拟合法建立拟合模型(平面拟合模型或曲面拟合模型)。平原和丘陵地区可进行整体拟合,山区应采用分区拟合。

5.4.6 对新建的高程异常模型,应进行有效性和可靠性检验,并符合下列规定:

1 应按下式计算高程异常模型内符合中误差,并应满足本规范表 5.4.1 的规定。

$$m_{\text{内}} = \sqrt{\frac{[d_h d_h]}{n-1}} \quad (5.4.6-1)$$

式中： $m_{\text{内}}$ ——模型内符合中误差(cm)；

d_{h} ——参加模型拟合的点，由模型计算的高程与已知高程的较差(cm)；

n ——参加模型拟合的点数。

2 应按下式计算高程异常模型外符合中误差，并应满足本规范表 5.4.1 中的高程中误差要求。

$$m_{\text{外}} = \sqrt{\frac{[d_{\text{H}}d_{\text{H}}]}{n-1}} \quad (5.4.6-2)$$

式中： $m_{\text{外}}$ ——模型外符合中误差(cm)；

d_{H} ——未参加模型拟合的点，由模型计算的高程与已知高程的较差(cm)；

n ——参加模型拟合的点数。

5.4.7 GNSS 高程网中其他待定点的高程，应采用经检验合格的高程拟合模型计算，待定点不应超出高程拟合模型覆盖的范围。

5.4.8 对 GNSS 测量的高程控制点，应抽查总点数的 10%。当采同等精度测量方法检测时，高程较差和高程中误差应符合本规范表 5.4.1 的规定。高程中误差应按下式计算。

$$m_{\text{H}} = \sqrt{\frac{[d_{\text{H}} \cdot d_{\text{H}}]}{2n}} \quad (5.4.8)$$

式中： m_{H} ——高程中误差(cm)；

d_{H} ——检测高程与已知高程的较差(cm)；

n ——检查高程点数。

5.4.9 GNSS 高程计算的数字取位应符合表 5.4.9 的规定。

表 5.4.9 GNSS 高程计算的数字取位

等 级	高差(mm)	高程(mm)
五 等	1	1

6 地形图测量

6.1 一般规定

6.1.1 一般地区的地形图测量应按本规范第 6.4 节的规定执行,厂矿区的现状图测量应按本规范第 6.5 节的规定执行。

6.1.2 地形图测量的比例尺可根据工程建设各阶段的需要,按表 6.1.2 的规定选择。

表 6.1.2 测图比例尺的选择

比例尺	工程建设阶段及用途
1 : 5000	总体规划、厂矿选址、方案比较
1 : 2000	详细规划、初步设计
1 : 1000	初步设计、施工图设计
1 : 500	施工图设计、竣工验收、地理信息系统建设

6.1.3 地形图的主要技术要求应符合下列规定:

1 地物点相对邻近平面控制点的点位中误差,应符合表 6.1.3-1 的规定。

表 6.1.3-1 地物点的点位中误差

地物类别	比 例 尺			
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
一类	≤5cm	≤8cm	≤15cm	≤图上 0.5mm
二类	≤10cm	≤15cm	≤25cm	
三类	≤25cm	≤30cm	≤50cm	

注:1 一类:主要厂房、构筑物和设备,界址点,管(支)架角,城镇道路、街巷两侧的主要建筑物(即细部坐标点);

2 二类:次要厂房、构筑物和设备,民房,民用构筑物,高炉、焦炉、圆形容器的水塔中心,管(支)架中心,电杆、高压线塔、检修井、闸、阀中心,铁路中心线及岔心,路面铺装材料的边线,桥梁角点;

3 三类:无铺装材料的道路边线,水系边线,田埂,坎,地类界,一、二类以外的其他地物等。

2 相邻地物点间距中误差 m_s , 应满足下式要求:

$$m_s \leq \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad (6.1.3)$$

式中: m_s ——相邻地物点间距中误差(cm);

m_1 、 m_2 ——分别为两地物点点位中误差的先验值(cm)。

3 高程注记点(相对邻近高程控制点)的高程中误差, 应符合表 6.1.3-2 的规定。

表 6.1.3-2 高程注记点的高程中误差

高程点类别	比 例 尺			
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
一类	≤3cm	≤7cm	h/3	h/3
二类	≤7cm	≤15cm		
三类	≤h/3			

注:1 一类:主要厂房地坪高,主要设备基础高,铁路轨面高;

2 二类:次要厂房、民房墙角的水泥地面高,管架高,检修井顶高、底高,水泥或沥青路面高,水面高;

3 三类:一、二类意外的高程注记点;

4 h 为基本等高距(m)。

4 根据等高线内插高程点的高程中误差,应符合表 6.1.3-3 的规定。

表 6.1.3-3 等高线内插高程点的高程中误差

地形类别	平地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差	$\leq h/3$	$\leq h/2$	$\leq 2h/3$	$\leq 1h$

注:1 h 为基本等高距(m);

2 森林、隐蔽、地形破碎等困难地区,可按本表中规定放宽至 1.5 倍。

6.1.4 各种比例尺地形图除直接施测外,也可利用较大比例尺地形图缩编成图。

6.1.5 地形图宜采用正方形分幅或矩形分幅。正方形分幅为 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ 或 $40\text{cm} \times 40\text{cm}$,矩形分幅为 $40\text{cm} \times 50\text{cm}$ 。带状图或小区域测图可采用自由分幅。

6.1.6 地形图宜按图幅西南角点坐标编号(以千米为单位),X

坐标在前,Y 坐标在后。小测区可采用顺序编号。已有地形图的测区,宜沿用原有分幅和编号。

6.1.7 地形图也可用地名、厂矿区名或单项工程名称命名。

6.1.8 地形类别的划分应符合表 6.1.8 的规定。

表 6.1.8 地形类别的划分

地形类别	平地	丘陵地	山地	高山地
地面平均坡度(°)	<3	3~10	10~25	>25

6.1.9 地形图的基本等高距应符合表 6.1.9 的规定。同一测区的同一种比例尺地形图,应采用一种基本等高距。

表 6.1.9 地形图的基本等高距(m)

地形类别	比 例 尺			
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
平地	0.5	0.5	1	2
丘陵地	0.5	0.5、1	2	5
山地	0.5、1	1	2	5
高山地	1	2	2	5

6.1.10 地形图使用的图式符号应符合现行国家标准《1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图图式》GB/T 20257.1、《1 : 5000 1 : 10000 地形图图式》GB/T 20257.2 和本规范附录 C 的规定。

6.1.11 地形图的要素分类与代码应符合现行国家标准《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923 的有关规定,不足部分可在此基础上补充。

6.1.12 厂矿地形图宜按表 6.1.12 分层。

表 6.1.12 地形图的分层表

序号	层名	主 要 内 容
1	界面	平面总图,分幅图,测区范围图,图廓及整饰
2	测量控制	各等级平面和高程控制网、点

续表 6.1.12

序号	层名	主要内容
3	建构筑物	厂矿建构筑物及其附属设施,居民地房屋
4	地貌植被	高程点及等高线、注记,陡崖、坡、坎,土质,田地,农作物,经济作物,森林
5	交通	铁路、公路、道路及其附属设施,桥梁
6	绿化	厂矿区内人工绿化带、行树
7	地上管线	各种工业管及支架、闸阀、检修井、明沟、盖板沟、工业水池,电力线及电杆、高压塔、变压器,通信线及发射塔、分线箱、电话亭
8	地下管线	各种工业地下管线,电缆隧道,综合管沟,隐蔽工程
9	水系及附属	海、湖、江、河、水库、塘、沟、渠、涵洞及附属
10	境界线	各级界桩、界标、界址点,地籍红线、蓝线、点
11	规划设计	预留规划、设计中的项目
12	综合	以上各层未包括的内容

注:建构筑物的附属设施、属性及说明注记等,宜与主体放在同一图层。

6.1.13 需要建立总图管理系统或地理信息系统的地形图测绘项目,应进行专项技术设计,明确地形图测量时数据采集的具体要求。

6.1.14 地形图测图工作开始前,应做好下列准备工作:

1 搜集、分析测区最新的控制点成果和最新地形图及有关技术报告。

2 现场踏勘,了解测区的地形地貌、交通情况,查看已有控制点的位置及完好状况。

3 编写技术设计书,制定作业方案,明确技术要求和质量控制措施,安排作业进度计划。

6.2 图根控制测量

6.2.1 图根点布设位置和密度,应能满足规定比例尺测图的要求。图根点可在各等级控制点下加密布设。测区面积较小时,图

根点也可作为首级控制。

6.2.2 图根点和图根支点的精度应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 图根点和图根支点的精度要求

类 别	图上点位中误差 (mm)	高程中误差		
		平地	丘陵	山地
图根点相对于图根起算点	≤ 0.1	$\leq h/10$	$\leq h/8$	$\leq h/6$
图根支点相对于图根点	≤ 0.1			

注:1 h 为基本等高距;

2 图根支点应采用解析法测量。

6.2.3 每平方千米的图根点布设密度(含高级点)应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 图根点的密度(点/km²)

成图方法	测区类别	测图比例尺			
		1:500	1:1000	1:2000	1:5000
全站仪测图	平坦开阔的非建筑区	≥ 64	≥ 16	≥ 4	≥ 2
	厂矿建筑区,居民地	≥ 128	≥ 32	≥ 8	≥ 4
RTK 测图	—	≥ 32	≥ 8	≥ 3	≥ 2

6.2.4 图根点点位应选在视野开阔、土质坚实、测图方便的位置。采用 RTK 测设图根点时,图根点应远离各种电磁辐射干扰源、高压线,点周围高度角 15°以上不宜有遮挡物。图根点标志可采用木桩、钢钉等简易材料。当图根点作为首级控制时,应全部埋设标石。

6.2.5 图根点的平面坐标和高程可采用下列方法测量:

- 1 采用图根导线和图根水准(或图根三角高程)分别测量坐标和高程。
- 2 采用三维图根导线同步测量坐标和高程。
- 3 采用 RTK 同步测量坐标和高程。
- 4 在等级控制点或一级附合图根导线点上,采用极坐标法或交会法同步测量坐标和高程。

I 图根导线测量

6.2.6 图根导线测量的主要技术要求应符合表 6.2.6 的规定。

表 6.2.6 图根导线测量的主要技术要求

测图 比例尺	附和导 线长度 (m)	平均 边长 (m)	全长相对 闭合差	全站仪 级别	角度测量			边长测量	
					测回数	中误差 (")	闭合差 (")	测回数	相对误差
1 : 500	≤900	80	≤1/3000	DQ6	≥1	≤20	≤ $40\sqrt{n}$	≥1	≤1/5000
1 : 1000	≤1800	150	≤1/3000						
1 : 2000	≤3000	250	≤1/3000						
1 : 5000	≤5000	400	≤1/2000						

注:1 n 为导线折角数;

- 2 厂区和建筑区附和导线长度短于 200m 时,绝对闭合差不应大于 13cm;
- 3 非建筑区附和导线长度短于本表规定 1/3 时,绝对闭合差不应大于图上 0.3mm;
- 4 隐蔽地区,导线长度可放宽至 1.2 倍,全长相对闭合差不应大于 1/3000。

6.2.7 图根导线布设应符合下列规定:

- 1 图根导线应布设成附和导线,附和次数不应多于两次。
- 2 当附和导线长度超过规定时,应布成导线结点网。结点与结点、结点与高级点间长度不应大于本规范表 6.2.6 中附和导线长度的 0.7 倍。

6.2.8 因条件限制图根导线无法附和或闭合时,可布设支导线。支导线的边数不应大于四条,总长度不应大于本规范表 6.2.6 中附和导线长度的 0.4 倍,平均边长可放宽 20%。

6.2.9 支导线角度和边长测量的技术要求应符合表 6.2.9 的规定。

表 6.2.9 支导线角度和边长测量的技术要求

全站仪 级别	角度测量					边长测量	
	首站			其他站		观测 方式	相对误差
	测回数	联测已知 点方向数	固定角 不符值(")	观测 方式	圆周角 闭合差(")		
DQ6	≥2	≥2	≤60	左右角 各一测回	≤40	对向	≤1/5000

II 图根水准测量

6.2.10 图根点的高程宜采用图根水准测量方法测定。图根水准起算点的精度等级不应低于五等。水准路线应布设成附和路线或闭合环。图根水准测量路线的长度应符合表 6.2.10 的规定,当附和路线长度超过表 6.2.10 的规定时,应布设成图根水准结点网。当受条件限制不能附和或闭合时,可布设水准支线,并进行往返观测。

表 6.2.10 图根水准测量路线的长度要求

图根水准	附和或闭合路线 (km)	结点与高级点或 结点间(km)	支线 (km)
路线长度	≤ 5	≤ 3.5	≤ 2.5

6.2.11 图根水准观测的主要技术要求应符合表 6.2.11 的规定。

表 6.2.11 图根水准观测的主要技术要求

仪器 型号	i 角 (")	每千米高差 全中误差 (mm)	观测 方式	前后 视距	视距 (m)	读数 (mm)	路线闭合差 (mm)	
							平地	山地
DS10	≤ 30	≤ 20	中丝法 单程观测	大致 相等	≤ 100	1	$\leq 40 \sqrt{L}$	$\leq 12 \sqrt{n}$

注: L 为水准路线长度(km), n 为测站数。

6.2.12 图根水准网宜进行统一平差计算,单一附和和闭合路线可采用简易方法平差计算。高程取至厘米。

III 全站仪图根三角高程测量

6.2.13 采用全站仪图根三角高程导线测量图根点的高程时,应符合下列规定:

1 高程起算点精度不应低于五等高程。按附和路线布设时,导线边数不应大于 12 条。边数超过规定时,应布设成结点网,结点与结点、结点与高级点间边数不应大于 8 条。

2 全站仪图根三角高程观测的主要技术要求应符合表 6.2.13 的规定。

表 6.2.13 全站仪图根三角高程观测的主要技术要求

测图 比例尺	平均 边长 (m)	全站仪 级别	每千米 高差全 中误差 (mm)	观测 方式	垂直角测量			边长测量	路线高差 闭合差 (mm)
					测 回	垂直角 较差 (")	指标差 较差 (")	对向观测 高差较差 (mm)	
1 : 500	80	DQ6	≤ 20	中丝法 对向 观测	2	≤ 24	≤ 24	$\leq 80\sqrt{D}$	$\leq 40\sqrt{\Sigma D}$
1 : 1000	150				2	≤ 24	≤ 24		
1 : 2000	250				3	≤ 15	≤ 15	$\leq 160\sqrt{D}$	$\leq 80\sqrt{\Sigma D}$
1 : 5000	400				3	≤ 15	≤ 15		

注:1 D 为导线边长(km);

2 仪器高和觇标高应量至毫米。

3 当边长大于 400m 时,单向观测高差应进行地球曲率和大气折光引起的高差改正。

4 全站仪图根三角高程路线,可与图根水准路线联合组网平差计算。

5 图根三角高程导线网宜进行统一平差计算,单一附和闭合路线可采用简易方法进行近似平差。高程取至厘米。

IV 三维图根导线测量

6.2.14 采用三维图根导线同步测设图根点的坐标和高程时,应符合下列规定:

1 导线的水平角、边长的测量方法和技术要求应符合本规范第 6.2.6 条的规定。

2 导线垂直角的测量方法和技术要求应符合本规范第 6.2.13 条的规定。

3 宜采用三维数据处理软件进行平差和计算。

V CORS 图根控制测量

6.2.15 采用 CORS 系统进行图根控制测量时,应符合下列规定:

1 应按运营商的规定进行观测。

2 每一点应观测 2 测回,测回较差应符合本规范表 6.2.21 中单基站测量的要求。

VI RTK 图根控制测量

6.2.16 RTK 测量可用于一般地区地形图的图根控制测量。

6.2.17 RTK 图根控制测量的主要技术要求应符合表 6.2.17 的规定。

表 6.2.17 RTK 图根控制测量的主要技术要求

测图比例尺	边长相对中误差	点位中误差 (mm)	高程中 误差(cm)	基准站等级 及 R (km)	测回数	
					双基站	单基站
1:500、1:1000 1:2000、1:5000	$\leq 1/4000$	≤ 0.1 (图上)	$\leq h/10$	四等及以上: $R \leq 5$ 一、二、三级: $R \leq 4$	各 ≥ 1	≥ 2

注:1 h 为基本等高距;

2 R 为流动站到基准站的距离;

3 当全部采用 RTK 测图时,相邻点间距可放宽至 2 倍。

6.2.18 基准站和流动站应选用 GNSS 双频机,标称精度应优于 $10\text{mm}+5\text{mm}/\text{km}$ 。

6.2.19 天线高两次量测较差不应大于 5mm。

6.2.20 采用点校正法求解 GNSS 坐标、高程系统与地方坐标、高程系统转换参数时,其技术要求应符合表 6.2.20 的规定。

表 6.2.20 点校正法确定转换参数的技术要求

测图比例尺	联测点数	模型残差(cm)		已知点检查较差(cm)	
		平面	高程	平面	高程
1:500、1:1000	≥ 3	≤ 2.5	≤ 3.5	≤ 5	≤ 7
1:2000				≤ 7	≤ 10
1:5000	≥ 4	≤ 3	≤ 4	≤ 15	≤ 20

6.2.21 RTK 图根控制测量应符合下列规定:

1 高度角 15° 以上的有效卫星不应少于 5 颗,PDOP 值不应

大于 6。

2 采样间隔取 1s,每测回观测历元不应少于 20。

3 RTK 图根控制测量观测的主要技术要求,应符合表 6.2.21 的规定。

表 6.2.21 RTK 图根控制测量观测的主要技术要求

测图 比例尺	测回数		收敛精度(cm)		测回或双基站较差(cm)			
	单	双	平面	高程	平面		高程	
					单	双	单	双
1:500	2	各 1	≤ 3	≤ 4	≤ 4	≤ 6	≤ 5	≤ 7
1:1000			≤ 3	≤ 4	≤ 5	≤ 7	≤ 7	≤ 10
1:2000			≤ 4	≤ 5	≤ 7	≤ 10	≤ 10	≤ 15
1:5000			≤ 5	≤ 7	≤ 10	≤ 15	≤ 15	≤ 20

注:“单”为单基站观测,“双”为双基站观测。

4 取各测回的平均值作为图根点的最终成果。

6.2.22 对 RTK 测量的图根点,应随机抽样 10%进行外业实测检查。当采用同等级的常规测量方法检查角度、边长、坐标、高程或导线联测检查时,检查限差应符合表 6.2.22 的要求。

表 6.2.22 RTK 图根点检查的限差

角度较差 (")	边长 相对误差	导线联测		坐标较差 (图上 mm)	高程 较差
		角度闭合差(")	全长相对闭合差		
≤ 60	$\leq 1/3000$	$\leq 60\sqrt{n}$	$\leq 1/2000$	≤ 0.15	$\leq h/7$

注:1 1:500 比例尺测图时,边长检测的较差不应大于 5cm;

2 h 为基本等高距(m);

3 n 为联测导线折角数。

6.2.23 RTK 图根点测量应记录手簿。

VII 极坐标法图根控制测量

6.2.24 采用极坐标法测设图根点的坐标和高程时,应符合下列规定:

1 应在等级控制点或一次附和的图根点上测设。

2 一个测量项目中,用极坐标法测设的图根点数不应大于图根点总点数的 30%。

3 每个点应变动棱镜高度测量两次。

4 极坐标法图根控制测量主要技术要求应符合表 6.2.24 规定。

表 6.2.24 极坐标法图根控制测量的技术要求

测图 比例尺	最大边长 (m)	全站仪 级别	测回数	水平角	垂直角	边长 相对误差	较差	
				半测回归 零差(")	指标差 较差(")		坐标	高程
1 : 500	≤160	DQ6	1	60	60	1/4000	≤图上 0.1mm	≤h/10
1 : 1000	≤300							
1 : 2000	≤500							
1 : 5000	≤800							

注:1 垂直角采用中丝法观测;

2 h 为基本等高距(m)。

6.3 测图方法及要求

6.3.1 厂矿建筑区和居民地宜采用全站仪测图,一般地区可采用 RTK 测图,也可采用满足本规范技术要求的其他数字化测图方法。

6.3.2 当采用摄影测量法成图时,应符合现行国家标准《工程摄影测量规范》GB 50167 的有关规定。

6.3.3 1 : 1000、1 : 2000、1 : 5000 地形图也可采用无人飞行器航摄或遥感法测量成图,精度应满足本规范相关要求。

I 全站仪测图

6.3.4 采用 DQ6 级全站仪极坐标法测图时,测站设置应符合下列规定:

1 对中误差不应大于 5mm,仪器高和棱镜高应量至 5mm。

2 测站到后视定向点的距离不宜小于 $0.1\text{m} \times M$ (M 为测图比例尺的分母)。

3 测站安置后,应检查另一已知点坐标和高程,检查较差应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 测站检查的限差

类 别	坐标较差	高程较差
厂矿建筑区、居民区	$\leq 4\text{cm}$	$\leq 5\text{cm}$
一般地区	$\leq$ 地形图上 0.14mm	$\leq h/7$

注: h 为基本等高距。

6.3.5 测图过程中和结束时,应进行定向正确性检查,偏差绝对值不应大于 $40''$ 。全站仪测图时,地形点的最大测距长度应符合表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 地形点的最大测距长度(m)

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
地物点	≤ 150	≤ 300	≤ 450	≤ 700
地貌点	≤ 300	≤ 450	≤ 700	≤ 1000

注:山地、高山地的地物点最大测距,按地貌点的规定执行。

II RTK 测图

6.3.6 GNSS 坐标、高程系统与地方坐标、高程系统转换参数可采用点校正法求解,并应符合下列规定:

- 1 联测控制点不应少于 3 点,且均匀分布待测图区域。
- 2 大面积测区宜分区求解转换参数,相邻分区应有两个以上公共的重合点。

3 求解转换参数应符合表 6.3.6 的规定。

表 6.3.6 求解转换参数的技术要求

测图比例尺	联测 点数	模型残差(cm)		已知点检查较差(cm)	
		平面	高程	平面	高程
1 : 500、1 : 1000	≥ 3	≤ 3	≤ 4	≤ 10	≤ 15
1 : 2000、1 : 5000	≥ 4	≤ 4	≤ 5	≤ 15	≤ 20

6.3.7 RTK 测图时应符合下列规定：

- 1 有效卫星不应少于 5 颗,PDOP 值不应大于 6,采样间隔 1s,观测历元应大于 5。
- 2 RTK 测图的主要技术要求,应符合表 6.3.7 的规定。

表 6.3.7 RTK 测图的主要技术要求

测图比例尺	单基站 测回数	收敛精度(cm)		重合点较差(cm)	
		平面	高程	平面	高程
1 : 500、1 : 1000	1	≤3	≤4	≤0.5mm	≤ $h/3$
1 : 2000、1 : 5000		≤4	≤5	(图上)	

注: h 为基本等高距(m)。

- 3 测图时出现卫星信号失锁,应重新初始化,并进行已知点检测,合格后才能继续测图。
- 4 测图过程中,连续采集 50 个左右地形点,宜重新进行初始化,并检查一个地物重合点,较差应符合表 6.3.7 的规定。
- 5 在测图结束之前,应进行已知点检查。

6.4 一般地区地形图测量

I 一般规定

- 6.4.1 一般地区地形测图应满足本规范表 6.1.3-1 和表 6.1.3-2 中三类地物点的精度要求,森林隐蔽和特殊困难地区可放宽 50%。
- 6.4.2 一般地区地形图可采用全站仪极坐标法和 RTK 施测,并应符合本规范第 6.3 节的相关规定。
- 6.4.3 地形图的线型、符号、类别、属性编码应在现场给定,地貌、地物复杂时宜绘草图。
- 6.4.4 各类测量控制点应采用解析坐标和高程,不得用图解的数据。

II 地物测绘

- 6.4.5 1 : 500 和 1 : 1000 比例尺测图时,地貌和地物应逐一详

细测绘,1:2000 和 1:5000 比例尺测图可适当取舍。

6.4.6 房屋应逐个测绘,临时性房屋不测。房屋应能准确表示其几何形状,外轮廓应以墙基勒脚以上的墙角为准,耳墙应实测表示,应注记建筑材料和层数。1:500 测图,建构筑物的轮廓凸凹图上表示小于 1mm 时,可用直线连接。图上宽度小于 0.5mm 的小巷可不表示。房屋内的天井,1:500 测图时应表示;1:1000 以上比例尺测图时,图上小于 6mm² 的不表示。

6.4.7 围墙、栅栏、栏杆以外轮廓墙基勒脚以上的墙角为准,可按其永久性、规整性和重要性进行取舍。城楼、城门、豁口应实测表示。

6.4.8 公路、道路应实测路肩线、铺装材料边线、路堤、路堑、隧道、涵洞及附属设施。城市、厂区道路应实测路面与人行道的分界线。高架桥(包括引线)应实测桥面边线、桥墩,并应注记路名、编号、等级、铺装材料等。路中心线的交汇点、变坡点及曲线和直线在图上的每 10cm 左右处应测注高程点。

6.4.9 铁路应测绘中心线、岔心、车挡、端点及附属设施、路堤、路堑、隧道、涵洞、边界桩。铁路直线部分的图上每 10cm 左右处应测注轨面高,曲线部分的图上每 5cm 左右处应测注内轨面高。坡顶、坡脚应测注高程或比高。隧道和涵洞应测顶高和底高。

6.4.10 电力线的高压铁塔、电杆和变压器,通信线的电杆和分线箱等应实测,连线宜连通表示。电力线、通信线共杆时,应按高压、低压、电信的优先级用符号表示最高一级。

6.4.11 架空工业管线的支架应按实际位置测绘。多种工业管线共架(杆)时,应以中心线表示,并应注记主要管线代码、管径和根数。

6.4.12 河流、溪流、湖泊、水库、塘、沟、渠等应测绘岸边线、水涯线。面积较大的水域应测注水面高。水涯线和水面高应以测图时间为准,注记日期。沟、渠在图上宽度小于 1mm 的应用单线表示。

6.4.13 海岸线应以多年大潮高潮时形成的实际痕迹线为准。各种干出滩应用符号或注记表示,并应测注高程或比高。

III 地貌测绘

6.4.14 山地宜测绘地性线。地性线(山脊线和合水线)上的地貌特征点,包括山顶、鞍部、山脚、谷会、谷底、谷口、沟口、方向变化点、坡度变换点等,应测注高程。地貌坡度变化均匀区域应测注高程注记点,注记点的点间距应符合表 6.4.14 的规定。

表 6.4.14 高程注记点的最大间距

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
实地高程注记点间距(m)	≤15	≤30	≤50	≤100
图上高程注记点间距(mm)	≤30	≤30	≤25	≤20

注:地貌简单和平坦地区,点间距可放宽至 1.5 倍;地貌变化较大的丘陵地、山地、高山地应适当加密。

6.4.15 山地地貌应用等高线表示。山顶、鞍部、凹地等处的等高线应绘示坡线。当首曲线不能表达地貌特征时,可加绘半距等高线。当两根相邻计曲线间距小于图上 2mm 时,可不绘首曲线。

6.4.16 建筑区、平坦地区,可不绘等高线,用高程注记点表示。

6.4.17 各种天然形成和人工修建的斜坡,应测绘坡顶线和坡脚范围线及高程。坡宽度小于图上 2mm 时,应以陡坎符号表示,并应测注坎脚高程。相邻坎子间距小于图上 5mm(1 : 500 小于图上 10mm)的坎子可取舍,大于 20mm 的宜绘等高线。

6.4.18 宽度小于图上 1mm 的田埂应用单线表示,大于 1mm 的应用双线表示。梯田坎的坡脚宽度大于图上 2mm 的,应实测坡脚线及高程。

6.4.19 冲沟、雨裂宽度小于图上 3mm 的,应用点线表示沟中心线;大于 3mm 的,应分别测出坡脚。沟底宽大于 20mm 的宜加绘等高线。

6.4.20 农作物、经济作物和植被应测绘地类界。地类界与线状地物重合时,应只绘线状地物符号。水田、旱地应实测范围线,测注代表性高程。一年分季种植不同作物的耕地,应以测图时种植的作物为主表示。

6.4.21 境界测绘应反映境界的类别、等级、位置、与其他要素的关系。两级以上境界重合时,可只绘高一级境界符号。

6.5 厂矿现状图测量

6.5.1 厂矿现状图的主要技术要求,应符合本规范第 6.1.3 条的规定。

6.5.2 厂矿建筑区现状图宜采用全站仪极坐标法测绘,厂矿非建筑区可采用 RTK 法。

6.5.3 厂矿现状图测量应符合下列规定:

1 测量一类地物点的坐标,棱镜中心与测量点位不一致时,应进行改正。

2 一类地物点的厂房内地坪高、主要设备基础高、铁路轨面高,采用全站仪正镜或倒镜测量时,垂直度盘的指标差(i 角)不应大于 $30''$,距离不得超限,否则应进行指标差改正。

6.5.4 解析图根点不足时可采用极坐标解析法支一次站。支站距离不应大于 100m。角度应正倒镜施测,高差应往返观测,高差较差不应大于 3cm,取用平均数。

6.5.5 厂矿现状图测量的内容和表示方法,除应遵守本规范第 6.4 节一般地区地形测量的要求外,还应符合下列规定:

1 主要建构筑物的测量点位应能控制其几何形状。大型厂房、车间内应测注地坪高。厂房、车间门宽大于 2.5m 的应实测表示,有编号的门应注记。建构筑物应以名称和用途为主注记,居民区的房屋应注记结构和层数。

2 圆形构筑物应测量圆心坐标和接地处半径,半径大于图上 2.5mm 的应注记半径。

3 露天的大型独立设备应逐个测绘,集群式的小型设备可测绘范围线,用符号表示。

4 皮带运输廊、转运站及支架应逐个测绘,上、下分层时应分开表示(下层被上层遮挡的部分断开)。漏斗应按实际个数实测表示。

5 厂矿区的内部道路边线应以路沿石边缘为准,无路沿石的应以铺装材料边为准。道路的交叉处及直线部分的中线在图上每10cm左右处应测注高程,并应注记道路名称。

6 铁路应实测中心线、岔心、车挡位置和轨面高,曲线部分应测内轨面高,应测量并注记岔心号。铁路直线部分在图上每5cm~8cm处应测注一点坐标和高程;曲线部分在图上每3cm~5cm处应测注一点,且总测点数不应少于三点,应采用拟合法计算曲线参数,并注记在曲线内侧。铁路道岔主要尺寸应符合本规范附录D的规定。

7 生产流程工业架空管道应实测表示,设备之间的短工艺管道、进入厂房内的管道可不测绘。架空管道支架(杆)应逐个测绘。多条管道共架时,以管支架(杆)的中心点连线表示,分别注记管道类型(代码)、管径。架空管道的入地点、变径点、温度伸缩管、膨胀器均应实测表示。架空管道(管廊)通过铁路、公路、厂矿内部主要道路时,应测注交叉处管道(或管廊)最低点的净空高。

8 高压电力铁塔、杆应逐个测绘。110kV以上电力线应构成网络,注记电压。高压线通过铁路、公路、厂矿内部主要道路时,应测注交叉点最低电力线的净空高。

9 地面可见的地下管线明、暗沟应实测沟边线、沟顶高和沟底高程或沟深。管线的附属设施,包括闸阀、消火栓、水表、检修井应实测表示,在图上小于2mm×2mm的,施测几何中心;大于2mm×2mm的,按实际形状实测表示。检修井高出地面0.2m的,应测注井台高。

6.5.6 需要建立总图管理系统或地理信息系统的测绘项目,还应按设计书的要求进行拓扑数据和属性信息的采集。

6.5.7 厂矿建筑区现状图的数学精度,可采用实测散点和量边的方法检查评定,并应符合以下规定:

1 采用同等精度测量方法检查时,地物点的检测坐标或高程,与原测值的较差不应大于本规范表 6.1.3-1 和表 6.1.3-2 规定中误差的 2 倍。当检查点数大于 20 时,还应按下式计算地物点的点位或高程中误差,并应满足本规范表 6.1.3-1 和表 6.1.3-2 的要求。

$$m_d = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (6.5.7-1)$$

式中: m_d ——地物点的点位或高程中误差(cm);

d ——检测点坐标或高程与原测坐标或高程的较差(cm);

n ——检查点数。

2 当检查边数大于 20 时,应按下式计算的相邻地物点间距中误差 m_s ,并应满足本规范式(6.1.3)的要求。两相邻地物点实量距离与其坐标反算距离的较差,不应大于 m_s 的 $\sqrt{2}$ 倍。

$$m_s = \sqrt{\frac{[\Delta S \Delta S]}{2n}} \quad (6.5.7-2)$$

式中: m_s ——相邻地物点间距中误差(cm);

ΔS ——相邻地物点实量边长与坐标反算边长的较差(cm);

n ——检查边数。

6.6 水下地形测量

I 一般规定

6.6.1 水下地形测量的平面和高程系统,地形图分幅、等深(高)距,宜与该测区陆域地形图测量保持一致。否则,应与陆域平面、高程系统建立转换关系。

6.6.2 水深点相对邻近控制点的平面位置中误差,应符合表 6.6.2 的规定。

表 6.6.2 水深点的平面位置中误差

测图比例尺	分 类	图上位置中误差(mm)
1:500	—	≤ 2.0
1:1000 1:2000 1:5000	一般水域	≤ 1.5
	平坦或深度大于 20m 的水域	≤ 2.0

6.6.3 水深点深度测量的技术要求应符合表 6.6.3 的规定。

表 6.6.3 水深点深度测量的技术要求

水深范围 (m)	测深方法	水流速 (m/s)	深度中误差 (m)
≤ 3	测深杆、测深锤		≤ 0.10
$3 < H \leq 10$	测深仪、测深锤	< 1	≤ 0.20
$10 < H \leq 20$	测深仪	< 0.5	≤ 0.30
> 20	测深仪	静水	$\leq 0.015H$

注:1 H 为水深(m);

2 困难地区和水深超过 20m、流速大于本表中规定时,深度中误差可放宽至 2 倍;

3 测深水域有水草、海底树林时,不得用测深仪测深。

6.6.4 根据等深线插求高程点相对于邻近控制点的高程中误差,应符合表 6.6.4 的规定。

表 6.6.4 插求高程点的高程中误差

水底倾角	$0^\circ \sim 3^\circ$	$3^\circ \sim 10^\circ$	$10^\circ \sim 25^\circ$	20° 以上
高程中误差	$\leq 0.5h$	$\leq 0.75h$	$\leq 1h$	$\leq 1.5h$

注:1 h 为等高(深)线间距(m);

2 作业困难、水深大于 20m 或要求不高时,可放宽至 1.5 倍。

6.6.5 测深线布设应符合下列规定:

1 测深线宜按断面平行布设,断面方向宜与水流方向(或岸线)垂直。当流速较大时,断面也可按大致平行水流方向布设。

2 断面间距不应大于图上 2cm,断面上水深测点的间距不宜大于图上 1cm。

3 不同作业组的相邻测段,应至少布设一条重合测深线。不同时期测深的相邻测深段,应布设两条重合测深线。

6.6.6 根据测区条件和测图比例尺,水深点定位测量可采用 RTK 测量法定位,全站仪极坐标测量法定位。水面较窄、水流湍急的河道也可采用断面索法定位。

6.6.7 用于水深点定位的测站点不应低于图根控制点的精度。

II RTK 水深点定位

6.6.8 基准站设置应符合下列规定:

1 视野开阔,高度角 15° 以上不宜有障碍物。

2 远离强磁或电信号干扰,附近不得有反射卫星信号的物体。

3 天线对中误差不应大于 5mm。

6.6.9 测船上换能器和流动站天线设置应符合下列规定:

1 换能器宜安装在离船艏 $1/3$ 船长处,吃水深度应大于 0.5m。

2 流动站天线应安置在船上较高处,与换能器中心的偏差不应大于图上 0.3mm。高度角 15° 以上不应有遮挡物。

3 天线下方宜设置反射信号屏蔽装置。

6.6.10 当差分改正数龄期大于 30s 时,应停止作业。

6.6.11 RTK 定位测得的 GNSS 坐标,应转换为测图坐标系的坐标。转换参数求解应符合本规范第 6.3.6 条的规定。

III 极坐标法水深点定位

6.6.12 用于水深点定位测量的全站仪不应低于 DQ6 级,对中误差不应大于 5mm。

6.6.13 测站至后视点的距离应大于图上 20cm。检查其他已知点时,方向值的较差的绝对值不应大于 $1'$ 。

6.6.14 测船上的照准目标与换能器中心的偏差的绝对值应小于

图上 0.3mm。

6.6.15 极坐标测量的距离不宜大于 2000m。

6.6.16 施测过程中应经常检查后视方向,偏差的绝对值不应大于 $1'$ 。

IV RTK 水深测量

6.6.17 水深可采用数字式回声测深仪、测杆、测深锤测量。3m 以内浅水区可采用测杆施测;水深 3m~10m 且流速较小时,可采用测深锤或测深仪施测;水深大于 10m 时,应采用测深仪施测。

6.6.18 采用 RTK 和数字测深仪按无验潮法测量水深时,测深前应在现场进行测深对比检验,求取深度改正数,并符合下列规定:

1 当水深小于 20m 时,应采用声速仪、水听器或检查板对测深仪进行校正,直接求测深仪的总改正数。当水深为 20m~200m 时,可采用水文资料计算深度改正数,并应测定因换挡引起的水深误差。

2 检查板的深度绳应用伸缩性小的材料制成,长度应用钢卷尺或测距仪校准。

3 用检查板校准测深仪时,测船应稳定,水面平静,流速较小,检验深度宜接近当日测量的最大水深。

4 当测深仪既有数字记录,又有模拟记录时,应同时校对比模拟信号和数字信号,检验结果应以模拟信号为准。

6.6.19 采用单波束测深仪测深,并采用波浪补偿器进行波浪改正时,应符合下列规定:

1 波浪补偿器应靠近测深仪的换能器,测量过程中不得移动。

2 测深仪和数据采集软件,应同时记录原始测深数据、波浪数据和水深改正数据。

3 应用 RTK 三维姿态控制系统软件进行波浪改正,并应有比对成果。

V 验潮法水深测量

6.6.20 采用验潮法测量水深时,应设置水尺。水尺的设置和观测应符合下列规定:

1 水尺应设在风浪、壅水等因素影响最小,又能反映瞬时水位变化的地方。

2 当测区水域范围内水位差小于 0.1m 时,可在中部设一根水尺,每根水尺控制面积不宜大于 5km^2 ;水位差大于 0.1m 时应在水位高、低处分别设水尺。测区水域面积大时,应设多根水尺。

3 水尺零点高程应采用不低于图根水准的精度联测。

4 水位观测应在水深测量开始前 10min 开始,水深测量结束后延长 10min 结束。潮汐地区涨落潮时每 10min 应记录一次水位,平潮时可适当放宽。静水区每天作业始末应各记录一次水位。

5 水位差引起的水深变化大于 0.05m 时,应进行改正。

6.6.21 潮汐地区采用断面法测量时,每条断面始末应记录时间。用全站仪极坐标法测量时,每观测一定点数,应记录时间。根据记录时间,采用线性内插法计算水深改正数。

6.6.22 水深测量完成后,应进行检查测量。测深检查线宜垂直于主测深线,检测线长度不应小于主测深线总长度的 5%。检测线与主测深线相交处,图上 1mm 范围内水深点的深度较差,应符合表 6.6.22 规定。当超限点数超过检测总点数的 20%时应重测。

表 6.6.22 深度检测较差

水深范围(m)	深度较差(m)
$H \leq 20$	≤ 0.4
$H > 20$	$\leq 0.02H$

注: H 为水深(m)。

6.6.23 水下地形测量开始前,应了解测区水域内的礁石、沉船、水流和险滩分布情况,制订安全作业措施。

6.6.24 当沿海波高超过 0.6m,内河波高超过 0.4m 时,应停止

作业。

VI 资 料 整 理

6.6.25 采用自动化系统成图时,资料整理应符合下列规定:

- 1 确定图幅分幅和坐标格网。
- 2 检查定位点、特征点的时间和编号与测深仪记录纸的一致性。
- 3 根据航迹图决定测深线的取舍,并输入计算机。
- 4 检查或输入水位、测深仪改正数、静吃水和动吃水。
- 5 检查特征点、助航标志、重要地形和地物是否齐全。
- 6 坐标资料、测深记录、检查记录和存储介质等,应统一编号、保存。

6.6.26 采用手工成图时,资料整理应符合下列规定:

- 1 整理和检校外业手簿。
- 2 计算水准测量成果,确定深度基准面。
- 3 检查水位记录,绘制水位过程线。
- 4 检查测深手簿、测深记录纸、记录磁带(或盘)。
- 5 输出数据,量取水深、计算、校核。

6.6.27 水下地形图编辑应符合下列要求:

- 1 格网误差不应大于图上 0.6mm。
- 2 测深线的连接、编号和注记应清晰,并应在两端或临时中断处注明起讫时间。
- 3 图上的点数、时间、测深线号和图板编号,应与测深手簿一致。

6.6.28 从测深记录纸上量取水深时,应符合下列规定:

- 1 零信号应清楚,无零信号处应用直线连接。
- 2 沿海因受风浪影响回波信号呈波浪状时,水深宜从距波峰 1/3 波高处量取。
- 3 水深应量至 0.1m,内河重点水域应量至 0.05m;
- 4 定位点间的内插水深应按等距量取,异常浅点和疏浚施工的上偏差点应按比例内插。

6.6.29 水位改正数应从水位曲线图上量取。需要分带改正时，分带数不宜大 10 带。

6.6.30 坡度平缓水域，可根据实测水深点进行内插加密水深点。

6.6.31 助航标志、可见物标和主要航行障碍物的位置，应采用解析法测量。

6.7 带状地形图和纵横断面测量

6.7.1 带状地形图测量的宽度和技术要求，应由设计部门提出。带状地形图和纵、横断面图比例尺可按表 6.7.1 选择。

表 6.7.1 带状地形图和纵、横断面图比例尺

项 目	带状地形图	纵断面图		横断面图	
		水平	竖向	水平	竖向
铁路、自流管线	1 : 1000	1 : 1000	1 : 100	1 : 100	1 : 10
	1 : 2000	1 : 2000	1 : 200	1 : 200	1 : 100
公路、压力管线、 架空索道、架空输电线路	1 : 2000	1 : 2000	1 : 200	1 : 200	1 : 100
	1 : 5000	1 : 5000	1 : 500	1 : 500	1 : 100

6.7.2 带状地形图测量应按本规范同级比例尺地形图测量的方法和技术要求执行。

6.7.3 纵、横断面测量应符合下列规定：

1 应根据地形测定断面上的高程变化点。平原地区高程变化大于图上(按竖向比例尺计算)2.5mm、山地大于 5mm 时应测点。坡度变化均匀时，测点间距不应大于图上 3cm。

2 断面通过建构筑物时，应测出建构筑物与断面线交点的位置和顶部高程，注记名称和属性。

3 断面与道路、管道、电力线、通信线交叉时，应测出交叉点的位置、高程、交叉角；与管线交叉处的净空高。

4 断面通过坎子处应测出坎上和坎下高程，通过河、渠、沟、水塘时应测出岸边和底部高程。较大水面应测出水面高。

6.8 地形图修测

6.8.1 当一幅地形图的变化面积小于 40% 时,可利用原图进行修测,大于 40% 时应全部重测。

6.8.2 修测前应搜集已有地形图有关资料,到实地进行全面对照,了解变化情况,分析原图施测质量,有疑问时,应进行设站检查,确定修测范围,制订修测方案。

6.8.3 当修测面积较大且控制点不足时,应先补测控制点,再按新测图的技术要求进行修测。

6.8.4 局部范围内的零星地貌、地物变化时,可利用经检查、位置准确的地物点进行修测。修测后地物与邻近原有地物的间距中误差不应大于 $0.2\text{mm} \times M$ (M 为测图比例尺分母)。修测后的地物点不得再作为修测新地物的依据。

6.8.5 修测点的高程可利用三个固定地物点高程引测,三点引测的高程较差不应大于 $1/5$ 等高距,取用平均值。

6.8.6 原图上地物点点位误差大于 $2\sqrt{2}$ 倍中误差,地物形状、地貌、注记、分层、分色等有错误时,应进行处理。

6.9 地形图编绘

6.9.1 基本等高距为 0.5m 时,高程点应注至厘米;基本等高距大于 0.5m 时,应注记至分米。

6.9.2 厂房、设备、建构筑物等图形的点位应准确,不得修改。厂区范围内的厂房、车间、设备等应注记名称(或用途)和层数,民房应注记结构类型和层数。

6.9.3 依比例的地物符号,轮廓点应实测表示。半依比例的线状符号,长度应按比例表示,宽度应按图式符号表示。不依比例的符号,用符号表示。

6.9.4 植被等独立符号,应从符号库调用,符号形状和大小应一致,排列应均匀、整齐。

6.9.5 地形图的注记应符合下列规定：

- 1 文字注记应明确指向说明对象,不得压盖其他重要地物。
- 2 高程注记应位于点位的右上侧,离点位 0.5mm。
- 3 一般文字和数字注记的字头应朝北或朝西。河流、道路和铁路的名称可随线状弯曲的方向排列注记。
- 4 行政区划、单位和自然地理名称注记,应以法定名称为准。字头朝北,可随线状弯曲方向排列。
- 5 等高线高程列注记应在同一走向,字头应朝上坡方向。

6.9.6 用于建立总图或地理信息管理系统的数据成果,应保证各类地形、地物“线”、“面”的连续性和拓扑关系的完整性。等高线通过高程注记点和各种地物时不得断开。当多类型点、线型重合时,应按类型分别构建。

6.9.7 地形图采用纸质载体打印输出时,宜按下列规定进行编辑：

1 建筑物边线与坡、坎线、水涯线重合时,以建筑物边线为主,可代替坎坡顶线,水涯线应断开;当坡顶线与建筑物边线重合时,坡顶线移位 0.3mm 表示。

2 当两个独立地物中心重合或接近时,以主要地物为准表示,次要地物移位 0.3mm 或缩小 1/3 表示。

3 水涯线与陡坎重合时,以陡坎边线代替水涯线;水涯线与斜坡脚重合时,应绘水涯线。

4 双线道路与建筑物边线重合时,以建筑物边线代替路边线。道路边线与建筑物的接头处应间隔 0.3mm。

5 地类界与地物的“线”重合处,地类界可不绘;与架空管线、等高线等重合时,可将地类界移位 0.3mm 表示。

6 境界以线状地物一侧为界时,应离线状地物 0.3mm 不间断地绘出;以线状地物中心线或河流主航道为界时,应在其位置上每隔 3cm~5cm 绘出 3 节~4 节符号;国界符号不能在中心线绘出时,应在其两侧不间断地跳绘,国内各级行政区划界可沿两侧每

隔 3cm~5cm 交错绘出 3 节~4 节符号。相交、转折及与图边交接处应绘境界符号表示走向。

7 等高线穿过房屋及其他建筑物、双线道路、路堤、路堑、坑穴、陡坎、斜坡、湖泊、双线河沟渠、电杆圆符号、字符注记等处,应断开(或隐藏)。

6.9.8 地理要素应按类型分层和分色。同一项目应按分层进行线型、符号、颜色一致性检查。

6.9.9 地形图的编辑应保证地物和地貌要素位置准确、图式符号正确、注记清楚、取舍得当、主次分明、线条光滑。

6.9.10 图廓整饰时,图名、测图比例尺、格网坐标、坐标和高程系统、测图单位、测图时间、成图方法、测图者和检查者应注记齐全。

6.9.11 地形图采用聚酯薄膜打印时,50cm×50cm 图幅的边长和 10cm×10cm 格网长度误差不应大于 0.2mm;对角线长度误差不应大于 0.3mm。

6.9.12 数字线画地形图应采用通用数据格式提交。

7 地下管线测量

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于冶金厂矿的地下管线及附属设施测量。

7.1.2 新建或改扩建工程,在地下管线施工期间,应采取跟踪测量的方法,在管线覆土之前及时进行测量。

7.1.3 对已经埋设的地下管线可采用实地调查、钎探、开挖、管线探测仪和物探设备等进行探查。

7.1.4 地下管线宜按表 7.1.4 分类。

表 7.1.4 地下管线的分类

管线	按功能或性质分类	按参数分类
电力线	供电、路灯; 直埋、管块和管沟	低压($V \leq 1\text{kV}$)、高压($1\text{kV} < V \leq 110\text{kV}$)、超高压($V > 110\text{kV}$)
电信线	电话电缆、有线电视、铁路信号线、其他专用电信电缆; 直埋、管块、管沟	—
给水管	生活用水、生产用水、生产循环水、消防用水	—
排水管	雨水、生活污水、工业污水、雨污合流	—
燃气管	天然气、石油液化气、煤气(高炉煤气、焦炉煤气、混合煤气)	低压($P \leq 5\text{kPa}$)、中压($5\text{kPa} < P \leq 0.4\text{MPa}$)、高压($0.4\text{MPa} < P \leq 1.6\text{MPa}$)、超高压($P > 1.6\text{MPa}$)
热力管	热水、蒸汽	—

续表 7.1.4

管线	按功能或性质分类	按参数分类
工业管	氧气、氢气、氮气、氩气、鼓风、压缩空气、除尘、泥浆、乙炔、石油、排渣、精矿、尾矿	无压(自流)($P=0$)、低压($0<P\leq 1.6\text{MPa}$)、中压($1.6\text{MPa}<P\leq 10\text{MPa}$)、高压($P>10\text{MPa}$)

7.1.5 冶金厂矿地下管线测量的项目及取舍,应符合表 7.1.5 的规定,有特殊要求的项目可补充规定。

表 7.1.5 地下管线测量的项目及取舍要求

管线类型		埋深		断面尺寸		材质	载体特征			附属设施	取舍要求
		内底	外顶	管径	宽高		电压	流向	介质		
电力线	直埋	—	*	—	—	*	*	—	*	*	电压 $\geq 0.38\text{kV}$
	管块	—	*	—	*	*	*	—	*	*	全探
	管沟	*	—	—	*	*	*	—	*	*	全探
电信线	直埋	—	*	—	—	*	—	—	*	*	干线,主要支线
	管块	—	*	—	*	*	—	—	*	*	全探
	管沟	*	—	—	*	*	—	—	*	*	全探
给水管		—	*	*	—	*	—	—	*	*	管径 $\geq 80\text{mm}$
排水管	管道	*	—	*	—	*	—	*	*	*	管径 $\geq 200\text{mm}$
	方沟	*	—	—	*	*	—	*	*	*	断面 $\geq 300\text{mm}\times 300\text{mm}$
燃气管		—	*	*	—	*	—	—	*	*	生产流程管全探,厂房内部和设备之间的工艺管不探
热力管		—	*	*	—	*	—	—	*	*	
工业管	压力	—	*	*	—	*	—	—	*	*	
	自流	*	—	—	*	*	—	*	*	*	
综合管沟		*	—	—	*	*	—	—	*	*	
其他管线		根据需要协商确定									

注: * 表示需探测或调查的内容。

7.1.6 地下管线测量工作应包括下列内容:

- 1 查清地下管线的网络关系。
- 2 查清地下管的管径或截面尺寸、管材质、类型;电力线的根数、电压、埋设方式,电信线的类别、埋设方式、管块孔数及排列方式,过路管的孔数、直径、排列方式及使用现状。
- 3 探查地下管线特征点的平面位置(定位)和埋深(定深)。
- 4 测量地下管线特征点及附属物的平面坐标和高程。
- 5 测量窨井和检修井的井底高,还应分别测量各根管的管顶或管底高、管偏。
- 6 编绘地下管线图。
- 7 需要时编制管线成果表。

7.1.7 地下管线隐蔽点探查的精度应符合表 7.1.7 的规定。

表 7.1.7 地下管线隐蔽点探查的精度要求

项目	定位限差(m)			埋深限差(m)		
	I	II	III	I	II	III
探查精度	$\leq 0.07h$	$\leq 0.10h$	$\leq 0.15h$	$\leq 0.10h$	$\leq 0.15h$	$\leq 0.20h$

注:1 I类探区:管线类别少于5种,管间净距大于2m,电磁干扰小,管线周围电磁性较均匀;

2 II类探区:管线类别6种~10种,管间净距1m~2m,交错少,电磁干扰较大,管线周围电磁性不均匀;

3 III类探区:管线类别多于10种,管间净距小于1m,交错较多,电磁干扰严重,管线周围电磁性极不均匀;

4 h 为地下管线中心的埋深(m),当 $h < 1\text{m}$ 时,按1m计算。

7.1.8 地下管线特征点相对于测站点的平面位置测量中误差不应大于5cm,高程测量中误差不应大于3cm。

7.1.9 地下管线测量成图时,应采用与地形图测量一致的坐标和高程系统。

7.2 管 线 探 查

I 一般规定

7.2.1 电磁法地下管线探查仪的性能应符合下列要求:

1 能观测两种以上磁场分量,场值显示可靠,分辨率应达到满刻度的 1%;

2 性能稳定,抗电磁干扰能力强,能胜任在恶劣气候条件和较强工业电磁干扰环境中的探查工作。

7.2.2 管线探查前应搜集探区的管线设计图、竣工图、维修图、示意图等资料。应在分析资料的基础上,按从易到难、由简到繁的原则制订探查计划,并应采用实地调查与仪器探查相结合的方法进行探查。

7.2.3 探查作业开始前,应在探区选择有代表性的地方,在已知管线上进行探查方法试验,确定各种仪器设备和作业方法的有效性、修正参数和精度。检测点数不应少于 10 点。

7.2.4 管线探查应根据管线类型、材质、管径、埋深、出露情况、地电环境等因素,选择最佳探查方法。条件复杂的管线特征点宜采用两种及以上方法探查和验证。

II 探 查 方 法

7.2.5 金属管道可采用下列方法探查:

1 一般金属管道宜采用直接法、夹钳法或电磁感应法。

2 接头为高阻体的金属管道,宜采用频率较高的电磁感应法或夹钳法,亦可采用电磁波法。当探查区内铁磁干扰较小时,可采用磁场强度法或磁梯度法。

3 管径较大的金属管道,宜采用直接法或电磁感应法,也可采用电磁波法、磁法或地震波法。

4 埋设较深的金属管道,宜采用功率(或磁矩)大、频率低的直接法或电磁感应法。

7.2.6 电力和通信电缆可采用下列方法探查:

1 电力电缆有露出端时,宜采用夹钳法定位、定深。无露出端时,可先采用被动源工频法进行搜索、初步定位,再用主动源法精确定位、定深。

2 通信电缆宜采用主动源电磁法,有条件时可施加断续发射信号。

7.2.7 非金属管道可采用调查与探查相结合的方法探查:

- 1 有出入口的非金属管道,宜采用示踪电磁法。
 - 2 钢筋混凝土管道,可采用磁偶极感应法。
 - 3 管径较大的非金属管道,宜采用电磁波法、地震波法。当具备接地条件时,可采用直流电阻率法。
 - 4 热力管道或高温输油管道,宜采用红外辐射法。
 - 5 有示踪线的 PE、PVC 等材质管道,宜采用电磁示踪法。无示踪线的 PE、PVC 等材质管道,宜以调查露头、仪表、检修井为主,开挖为辅的方法探查。
- 7.2.8 在盲区探查管线时,应采用主动源感应法及被动源法进行搜索。可采用平行搜索法或圆形搜索法。当发现异常时,宜用主动源法进行跟踪,精确定位、定深。
- 7.2.9 采用管线仪定位时,宜采用极大值法和极小值法。宜综合应用两种方法,对比分析确定管线的位置。
- 7.2.10 管线定深时,可采用特征值法、直读法和 45°法。作业时宜综合应用多种方法,选择最佳定深方法。用直读法进行定深时,应保持接收机垂直,并根据方法试验确定的修正系数进行直读深度改正。
- 7.2.11 当多条管线平行且间隔较近时,宜采用直接法或夹钳法,分别直接对各条管线施加信号予以区分;当采用电磁感应法时,可通过改变发射机的位置和发射的频率及磁矩,根据信号异常的强度和宽度变化来区分管线。
- 7.2.12 采用直接法探查管线时,接地电极布设应合理,接地点应接地良好。
- 7.2.13 采用电磁感应法探查管线时,发射机与管线应处于最佳耦合状态,接收机和发射机保持最佳收发距。当周围有干扰时,应通过试验,确定减少或排除干扰的有效方法。

III 探查作业要求

- 7.2.14 各种管线的特征点,应进行探查,确定其平面位置和埋深。当直线部分较长时,应按 80m 左右加密探查直线点。
- 7.2.15 管道应查明管径、类型和材质。地面明、暗管沟应查明截

面尺寸和类型。

7.2.16 地下综合管沟、管廊和隧道,应查明内底埋深,截面尺寸(宽×高),其中管道、电线的种类、相关参数。

7.2.17 采用管块埋设的电力电缆线,应查明根数、电压。对采用管块埋设电信线,应查明管块孔数。

7.2.18 窨井的管线点应设置在井盖中心。当地下管线中心线在地面投影与井盖中心的偏距大于 0.2m 时,应在地面的投影位置设置管线点,窨井作为管线的附属物。

7.2.19 圆形管道截面应测量公称尺寸(mm)。管沟、管廊和隧道截面应测量宽和高,并应符合下列规定:

- 1 矩形管沟(廊)截面以内空的宽和高为准。
- 2 梯形管沟(廊)截面的宽和高,均以内空的最大尺寸为准。
- 3 顶部为拱形的管沟(廊)截面,高以拱顶尺寸为准。
- 4 两侧高度不同的地面明沟截面,以尺寸较小一侧的高为准。

7.2.20 预埋过路管断面应查明层数和每层根数,用“每层根数×层数×孔径(公称尺寸,mm)”表示,并表示已使用孔和未使用孔的现状。

7.2.21 表 7.2.21 中与管线相关的建构筑物 and 附属设施应查明并实测表示。

表 7.2.21 地下管线建构筑物 and 附属设施

管线类别	建构筑物	附属设施
电力	变电所(站)、配电室、各种塔(杆)	窨井、变压器、配电箱
电信	变换站、控制室、各种塔(杆)	窨井、交接箱、分线箱
给水	水源井、给水泵站、水塔、清水池、净化池	阀门、水表、消火栓、排气阀、排泥阀、预留接头、检修井
排水	排水泵站、沉淀池、暗沟地面出口	窨井、进出水口、污水篦子、排污装置
燃气、热力、工业	调压房、煤气站、锅炉房、动力站、储气柜、冷却塔	窨井、阀门、凝水缸、胀缩器

7.2.22 疑难管线和重要管线特征点不能确认时,应邀请专业管线人员指点,或开挖验证。

7.2.23 管线个别复杂部位宜绘工作草图,供管线点测量和管线图编辑时参考,并作为原始资料保存。

7.2.24 对已经确定的管线特征点,应在实地用油漆或铁钉、木桩作牢固标志,在附近显眼的地方写点号,标示方向和距离。易被破坏的重要特征点应作点之记,以便标志丢失时恢复和测量。管线的特征点应按分类编号,同一探区中,特征点编号应唯一。

7.3 管 线 施 测

7.3.1 用于测量管线特征点的控制点不应低于图根点精度。当控制点的密度不够时,可按本规范图根点测量的各种方法和技术要求进行布设。

7.3.2 管线特征点的坐标和高程可采用 DQ6 级全站仪极坐标测量和 RTK 测量。

7.3.3 采用全站仪测量时,仪器和棱镜高应量至毫米,水平角、垂直角、边长宜一测回施测。采用半测回施测时,最大视线长不应大于 150m。

7.3.4 采用 RTK 测量时,仪器高应量至毫米。转换参数的残差,平面不应大于 2cm,高程不应大于 3cm。每个管线特征点应测量两测回,坐标和高程较差均不应大于 4cm。

7.3.5 管线点测量应记录手簿。

7.4 管线图编绘

7.4.1 管线图比例尺、分幅和编号,宜与地形图一致,也可分区编绘成大板图。

7.4.2 地下管线图式和要素分类代码应符合下列规定:

1 应采用现行国家标准《1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1。

2 管线分类及代码应采用现行国家标准《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923。

3 地下管线的代码和颜色应符合本规范附录 E 的规定。

7.4.3 管线的特征点应以 0.4mm 圆点表示,并应注点号。

7.4.4 管道和宽度小于 1m 的管沟,应以 0.3 mm 实线表示中心线,注记管径(公称尺寸)、材质;管沟宽大于 1m 时,宜用双线表示,并绘中心线。地面明、暗管沟绘中心线,注记断面尺寸(沟边线在地形图中表示)。下水管、沟应绘流向符号。管线在空间上、下交叉时,可不绘跨越符号。

7.4.5 地下管廊、隧道应绘两边线和中心线,断面尺寸应按内部尺寸“宽×高(mm)”注记。

7.4.6 电力线(含电缆线)、电信线(含电缆线)应以 0.3mm 实线表示,高压和特高压线应注记电压(kV)、根数。

7.4.7 地下电力、通信电缆采用管块埋设时,应按“每层根数×层数×孔径(公称尺寸)”注记,孔径以毫米为单位。

7.4.8 闸、阀、检修井尺寸在图上小于 2mm 的,可用 2mm 圆圈表示;图上大于 2mm 的应按实际尺寸表示。检修井宜注记井台高和井底高。

7.4.9 复杂的管线局部可绘制放大图或示意图,点号和连接关系应保持一致。

7.4.10 不能确切定位的局部管线段,可用虚线示意表示。

7.4.11 地下管线测量和地形图测绘同步进行的工程,应将地下管线图与地形图进行套合,处理地下管线图与地形图之间的各种矛盾。

7.4.12 地下管线综合图或专业图,应突出表示地下管线图形和属性信息,对作为管线背景的地形图宜进行颜色的淡化处理。

7.4.13 地下管线图以数字图提交时,可不编制管线成果表。

7.4.14 地下管线成果表应包括下列内容:

1 特征点的编号、点特征、坐标、地面高程、附属设施类型、管

线材质。

- 2 压力管的外顶高程或埋深,自流管、沟的内底高程或埋深。
- 3 管块埋设的电力、通信电缆的外顶高程或埋深、电压。
- 4 综合管沟、隧道的内底高程或埋深。
- 5 与相关连接点的点号、管径或断面尺寸,类型或电压,管材质。

7.5 质量检验

7.5.1 地下管线测量质量检验应包括管网图的综合审查和精度检验。精度检验应采用复探检查或开挖验证的方法。

7.5.2 地下管线复探检查应符合下列规定:

- 1 复探点数不宜少于探查总点数的 5%。
- 2 复探点应随机选定,分布均匀,具有代表性。
- 3 当复探点数小于等于 20 时,可分别计算每个点的平面位置较差 ΔS 和埋深(或高程)较差 Δh ,且不应大于本规范表 7.1.7 规定的 $\sqrt{2}$ 倍。
- 4 当复探点数大于 20 时,应按下列公式计算复探点的平面位置中误差 m_s 和埋深(或高程)中误差 m_h ,并符合本规范表 7.1.7 的规定。

$$m_s = \sqrt{\frac{[\Delta S \cdot \Delta S]}{2n}} \quad (7.5.2-1)$$

$$m_h = \sqrt{\frac{[\Delta h \cdot \Delta h]}{2n}} \quad (7.5.2-2)$$

式中: ΔS ——复探点位平面位置较差(cm);

Δh ——复探点两次定深的埋深(或高程)较差(cm);

n ——复探点数。

7.5.3 隐蔽管线点开挖验证应符合下列规定:

- 1 开挖点数不宜少于探区隐蔽管线探查点总数的 1%,且不应少于 3 点。开挖点应随机抽取,均匀分布。
- 2 当平面位置较差 Δs 或埋深较差 Δh 超过本规范表 7.1.7

规定的开挖点数不超过开挖总点数的 10% 时,该探区的探查质量可认定合格。

3 当超限点数大于开挖总点数的 10%,但不超过 20% 时,应再抽取不少于该探区隐蔽管线探查点总数的 1% 开挖验证。两次开挖验证点中,超限数不超过开挖总点数的 10% 时,该探区的探查质量也可认定合格。

4 当超限点数大于总开挖点数的 20%,且开挖点数大于 10 个时,应认定该探区的探查质量不合格。

5 当超限点数大于总开挖点数的 20%,但开挖点数小于 10 个时,可再增加开挖点数到 10 个以上,按上述原则再进行质量验证。

7.5.4 经复探检查确认超限的点,应以复探结果对原成果进行修正。开挖验证点应以开挖后测量的成果为准。

7.5.5 质量检查不合格的探区,应分析造成不合格的原因,采取纠正措施,并应进行重新探查。在重新探查过程中,应验证所采取纠正措施的有效性。

7.5.6 管线检查应做记录,并应编写质量检查报告。

8 施 工 测 量

8.1 一 般 规 定

8.1.1 冶金厂矿建设工程在施工阶段的测量工作应包括下列内容:

1 在进行施工测量之前,应建立厂区施工控制网。按服务对象不同,可分为厂区控制网、厂房控制网和设备安装控制网。施工控制网测量包括平面控制测量和高程控制测量。

2 工程准备阶段,应对建设单位提供的平面和高程控制网(点)进行复核检查。

3 施工初期,根据工程设计和施测精度要求,测设各工序的中心线和高程基准,作为施工依据。

4 在施工阶段工序交接时,对工序衔接之间的测量资料、成果、关键点、线等进行复核检查。保证工序之间顺利交接,并为处理施工过程中出现的平面和高程问题提供备查数据。

5 对指定的项目按规定周期进行平面位移或竖向位移观测。

6 工程竣工后,对关键部位进行坐标、标高、铅直度和水平度测量,形成竣工测量资料。

7 编绘地下管网竣工总图。

8.1.2 施工测量应搜集下列资料:

1 施工区工程勘察控制测量资料和控制点成果。

2 施工区 1:500~1:2000 比例尺地形图。

3 施工图及设计变更资料。

4 工程技术说明及有关图纸资料。

5 大型工程施工方案、施工组织设计或作业设计文件。

8.1.3 施工测量前应做好下列准备工作:

1 根据工程特点和具体情况,编制各项测量方案。

- 2 熟悉图纸资料,制订内、外作业流程图表。
 - 3 向作业人员进行技术交底。
- 8.1.4 施工测量作业应遵守下列规定:**
- 1 设计数据在使用前应进行检查校核,确认无误后才能计算放样参数和外业施测。
 - 2 外业测量时应采用附和、闭合、往返测或重复测量等方法进行校核。
 - 3 观测资料、原始记录、计算公式,应经技术负责人检查确认(签字)后才能使用。
- 8.1.5 施工测量精度指标及评定方法应符合下列规定:**
- 1 测量误差与施工误差的联合影响,不应大于工程限差。
 - 2 测量误差不应大于工程限差的 $1/3 \sim 1/2$ 。
 - 3 细部放样点采用同等精度方法检查时,检查值与原测值的较差不应大于测量限差的 $\sqrt{2}$ 倍。
 - 4 工程竣工验收时,检查值与设计值的较差,对于主控项目,不应大于工程限差;一般项目,80%的检测点应小于限差,其余点不应大于限差的 1.2 倍。

8.2 厂区施工控制测量

1 技术要求

- 8.2.1** 根据设计和施工现场条件,施工控制网可采用主轴线、建筑方格网、导线网和 GNSS 网等形式布设。
- 8.2.2** 施工控制网采用全站仪测量时,其主要技术要求应符合表 8.2.2 的规定。

表 8.2.2 施工控制网全站仪测量的主要技术要求

类型等级	边长范围 (m)	平均 边长 (m)	角度测量		边长测量	全长相对 闭合差
			中误差 (")	闭合差 (")	相对 中误差	
主轴线	400~600	500	≤ 2.5	$\leq 5\sqrt{n}$	$\leq 1/80000$	$\leq 1/40000$

续表 8.2.2

类型等级		边长范围 (m)	平均 边长 (m)	角度测量		边长测量	全长相对 闭合差
				中误差 (")	闭合差 (")	相对 中误差	
方格网和 导线网	一级	100~300	200	≤ 5	$\leq 10\sqrt{n}$	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$
	二级	100~300	200	≤ 8	$\leq 16\sqrt{n}$	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$

注:1 n 为观测角个数;

2 当边长小于平均边长的 $1/2$ 时,边长测量绝对误差:主轴线不应大于 5mm;
一级不应大于 3mm;二级不应大于 5mm。

8.2.3 施工控制网采用 GNSS 测量时,其主要技术要求应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 施工控制网 GNSS 测量的主要技术要求

类型等级	边长范围 (m)	平均边长 (m)	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	边长相对 中误差
主轴线	400~600	500	≤ 5	≤ 2	$\leq 1/80000$
一级	100~300	200	≤ 5	≤ 2	$\leq 1/40000$
二级	100~300	200	≤ 10	≤ 5	$\leq 1/20000$

注:1 n 为附和路线或闭合路线的边数;

2 当边长小于平均边长的 $1/2$ 时,边长测量绝对误差:主轴线不应大于 5mm;
一级不应大于 3mm;二级不应大于 5mm。

8.2.4 主轴线和一、二级网均可作为首级施工控制网。上一级网可作为下一级网的起算依据,也可越级布设。

8.2.5 施工控制网设计应符合下列规定:

1 坐标系统和高程系统应与工程设计的建筑坐标系统和高程系统一致。

2 按主轴线布设时,长、短主轴线的方向应与主厂房或设备轴线的方向平行或垂直。轴线点的坐标应为 0.1m、0.5m 或 1m 的倍数。长主轴线宜布设在厂区总图整体布局的中部。

3 按建筑方格网布设时,方格网边的方向应与主厂房或设备轴线的方向平行或垂直,方格网点的坐标应为 0.1m、0.5m 或 1m

的倍数。

4 按导线网布设时,导线边的方向宜与主厂房或设备轴线的方向大致平行或垂直。

5 施工控制网点宜布设在主要道路的交叉口、无地下管线一侧,并应避开架空管线支架和绿化带。

8.2.6 施工控制点标石埋设应符合下列规定:

1 标石埋设应坚固、稳定,能抗施工现场动态干扰,利于长期保存。

2 有保护罐的标石宜呈梯形或台阶形。标石底部应埋入原状土中,顶面宜低于地面设计高程 5cm。

3 主轴线点和建筑方格网点标石埋设,应符合本规范附录 F 的规定。

4 主轴线点和建筑方格网点的顶面应埋设不锈钢方格网板,尺寸不宜小于 120mm×120mm×3mm。导线网点的顶部标志,可采用直径 12mm 的不锈钢圆柱。

5 施工频繁地段的控制点标石,宜埋设保护桩。

8.2.7 在施工阶段,应对施工控制网进行周期性复测和维护,并符合下列规定:

1 受施工影响产生水平位移或竖向位移的点应及时进行复测,提供新成果。被破坏的点应及时恢复、联测,提供新成果。

2 施工控制网复测和点位恢复测量的方法和技术要求,应与原测量等级的要求一致。

3 复测周期可按表 8.2.7 的规定执行。根据施工现场情况和地基条件,可作适当调整。在软土地基和膨胀土地区,应适当缩短复测周期。

表 8.2.7 施工控制网的复测周期

施 工 阶 段	复 测 周 期
打桩	2 次/月
基坑开挖	1 次/月

续表 8.2.7

施 工 阶 段	复 测 周 期
基础浇灌	1 次/月
基础到 ± 0.0	1 次
厂房施工	1 次/3 月
设备安装	1 次/3 月

II 主轴线和建筑方格网点定位

8.2.8 施工控制网按主轴线和建筑方格网布设时,测量工序宜按控制点定位、施工控制网测量、平差计算、绘点位修正图、实地点位修正和检测等步骤进行。

8.2.9 主轴线和建筑方格网点定位测量应符合下列要求:

- 1 用作放样定位的起算点精度不应低于二级点。
- 2 定位测量前,应对已知点的可靠性进行检查。当已知点的内精度不能满足要求时,可以一个点作起算点,另一点作起算方位进行定位测量。

3 主轴线点和建筑方格网点可采用极坐标测量、导线测量和 RTK 测量等方法定位。定位点相对于起算点的点位误差不应大于 5cm。

III 全站仪测量

8.2.10 施工控制网采用全站仪测量时,其观测的主要技术要求应符合表 8.2.10 的规定。

表 8.2.10 施工控制网全站仪观测的主要技术要求

类型等级	全站仪 级别	角度测量				边长测量			
		测回数	半测回 归零差 (")	2C 变 化较差 (")	测回 较差 (")	总测 回数	读数 较差 (mm)	测回 较差 (mm)	往返测 相对 误差
主轴线	DQ1	≥ 4	≤ 6	≤ 9	≤ 6	≥ 4	≤ 2	≤ 3	$\leq 1/80000$
	DQ2	≥ 6	≤ 8	≤ 13	≤ 9	≥ 6	≤ 3	≤ 4	

续表 8.2.10

类型等级		全站仪 级别	角度测量				边长测量			
			测回数	半测回 归零差 (")	2C 变 化较差 (")	测回 较差 (")	总测 回数	读数 较差 (mm)	测回 较差 (mm)	往返测 相对 误差
方格网 和导 线网	一级	DQ1	≥ 2	≤ 6	≤ 9	≤ 6	≥ 2	≤ 3	≤ 4	$\leq 1/40000$
		DQ2	≥ 4	≤ 8	≤ 18	≤ 9	≥ 2	≤ 4	≤ 5	
	二级	DQ2	≥ 2	≤ 12	≤ 18	≤ 12	≥ 2	≤ 4	≤ 6	$\leq 1/20000$
		DQ6	≥ 4	≤ 18		≤ 20	≥ 2	≤ 5	≤ 7	

注:1 边长测量一测回:照准目标一次,读数 2 次~4 次;

2 往返测边长应投影到边长两端点的平均高程面上,比较往返测相对误差。

8.2.11 当采用垂直角进行边长倾斜改正时,垂直角可按本规范五等全站仪三角高程测量观测的技术要求单向观测。垂直角小于等于 3° 时,应观测一测回;垂直角大于 3° 时,应观测二测回。

8.2.12 水平角观测应符合本规范第 4.4.7 条的规定。

8.2.13 数据处理应符合本规范第 4.4.13 条至第 4.4.19 条的规定。

IV GNSS 测量

8.2.14 施工控制网采用 GNSS 测量时,其观测的主要技术要求应符合表 8.2.14 的规定。

表 8.2.14 施工控制网 GNSS 观测的主要技术要求

项 目	主线	一级	二级
GNSS 接收机	双频或单频	双频或单频	双频或单频
标称精度	$5\text{mm}+1\text{mm}/\text{km}$	$5\text{mm}+2\text{mm}/\text{km}$	$5\text{mm}+5\text{mm}/\text{km}$
观测方式	静态	静态	静态
卫星高度角($^\circ$)	≥ 15	≥ 15	≥ 15
同步观测有效卫星数	≥ 5	≥ 4	≥ 4
附和或闭合路线的基线数	≤ 6	≤ 7	≤ 8
同步观测最短时间(min)	≥ 60	≥ 45	≥ 30

续表 8.1.24

项 目	主轴线	一级	二级
数据采样间隔(s)	5~15	5~15	5~15
重复上站率	≥ 2	≥ 1.6	≥ 1.6
PDOP	≤ 6	≤ 6	≤ 6
天线高测量较差(mm)	≤ 2	≤ 2	≤ 2
对中误差(mm)	≤ 1	≤ 1	≤ 1

注:PDOP 为卫星与地面站组成的空间后方交会图形强度因子。

8.2.15 外业观测数据处理应按本规范第 4.2.10 条至第 4.2.14 条的相关规定执行,并应满足本规范表 8.2.3 的要求。

V 点位修正及检查

8.2.16 主轴线点和方格网点应按平差结果进行实地修正,调整到设计位置。

8.2.17 点位修正完成后,应对修正后的最终点位进行检测。可检测与修正点位相关的边长和角度。当按主轴线或方格网同等精度要求检测时,检测值与理论值的较差应符合表 8.2.17 的规定。

表 8.2.17 主轴线和方格网网检测的限差

类 型 等 级		角度(")	边长相对误差
主轴线		≤ 4	$\leq 1/60000$
方格网	一级	≤ 7	$\leq 1/30000$
	二级	≤ 10	$\leq 1/15000$

8.2.18 经检测满足要求的最终点位,应钻 1mm 的孔,并用红油漆绘圆圈标识。对作废的旧点位应进行处理。

8.2.19 建筑方格网点应绘点之记。点之记以方格网板为准,应注记最终点位到方格网板两相邻边缘的尺寸(mm)。

VI 高 程 测 量

8.2.20 施工控制网点的高程测量应符合下列规定:

1 大型施工项目或有竖向位移观测的控制网点,宜按二等水准施测。

2 一般施工项目的控制网点可按三等水准施测,小施工项目

可按四等水准施测。

8.3 厂房控制测量

I 平面控制测量

8.3.1 厂房平面控制网可分为一、二级,其主要技术要求应与本规范表 8.2.2 中厂区施工控制网的要求一致。

8.3.2 行列间距(跨距)大于 24m 或长度超过 300m 的大型厂房、焦炉,应布设一级厂房控制网;一般厂房可布设二级厂房控制网。

8.3.3 厂房平面控制网应根据现场条件,采用下列方法布设:

1 按厂房(或设备)行列线,先布设十字轴线 AB 和 CD ,再以轴线为基础布置矩形网[图 8.3.3(a)]。

2 以厂(场)区控制网的长边 AB 为轴线,再以 AB 轴线为基础布置矩形网[图 8.3.3(b)]。

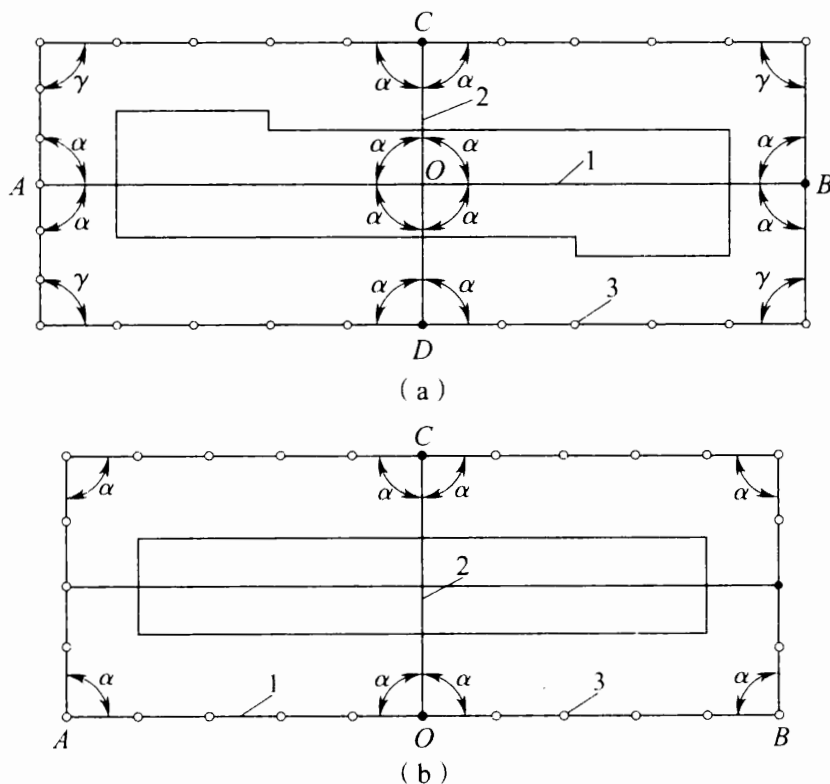


图 8.3.3 厂房矩形控制网示意图

1 - 长轴线(AB); 2 短轴线(OC, OD); 3 距离指标桩;

α - 实测角; γ - 矩形闭合角(非实测角)

3 控制网短轴线与矩形网短边间的距离不宜大于 120m。轴线长度超过 400m 时,定位点不应少于 3 点。

4 距离指标桩宜选在厂房的行列线或主要设备中心线上。

5 控制网的主要点和主要设备中心线点,应埋设混凝土标石。距离指标桩可用木桩。

8.3.4 厂房控制轴线测量应符合下列要求:

1 可利用厂(场)区控制网的一个点和一个方向为依据放样,自成体系。

2 轴线定位点的测量误差,相对于邻近厂(场)区控制点不应大于 20mm,当两建筑物间有联动关系时,不应大于 10mm。

3 轴线点应修正在一条直线上。

8.3.5 一、二级厂房平面控制网测量,应按本规范第 8.2.10 条至第 8.2.13 条中,一、二级施工控制网的技术要求执行。

8.3.6 厂房平面控制网平差计算后,应对距离指标桩进行实地修正,对不符值进行平均分配。

8.3.7 厂房平面控制网修正完成后,应进行可靠性检测。相邻点的角度和距离检测值与理论值的较差,应符合本规范表 8.2.17 的规定。

II 高程控制测量

8.3.8 厂房高程控制网布设应符合下列规定:

1 主要厂房应布设三等水准网,一般厂房可布设四等水准网。

2 每个独立厂房的水准点不应少于三点。水准点间距三等宜为 400m~800m;四等宜为 200m。

3 三等水准点应埋设标石,四等点可用平面施工控制点标石代替。

8.3.9 水准测量的主要技术要求,应按本规范第 5.2 节的有关规定执行。

8.3.10 当厂房水准点标石因施工不能保留时,应将水准点引测

至稳固的建筑物或构筑物上。引测精度不应低于原水准测量的精度要求。

8.4 设备安装控制测量

8.4.1 大型设备安装时,宜在安装基准线的基础上测设安装控制网,并符合下列规定:

1 安装控制为轴线时,边长应往返测量,往返较差不应大于 $0.4\text{mm}\sqrt{L}$ (L 为边长,以米为单位)。

2 安装控制为矩形网时,边长和对角线应往返测量。边长往返较差不应大于 $0.4\text{mm}\sqrt{L}$ (L 为边长,以米为单位);对角线往返较差不应大于 $0.8\text{mm}\sqrt{D}$ (D 为对角线长,以米为单位)。

8.4.2 每个独立设备基础至少应布设一个安装高程基准点。基准点高程测量的限差应符合表 8.4.2 的规定:

表 8.4.2 安装高程基准点测量的限差

项 目	限差(mm)	备 注
独立设备安装基准点的标高引测	≤ 3	相对于厂(场)区水准点
同一设备多个基准点的点间高差	≤ 1	
连续生产线相邻基准点间高差	≤ 0.5	

8.4.3 设备高程基准点测量和检查应符合下列规定:

1 高程基准点应与厂(场)区水准点组成水准闭合环,按二等水准测量的技术要求和精度施测。

2 为避免基础竖向位移的影响,全部基准点的高程应一次连续测量完成。

3 设备安装期间,对连续生产线上的安装基准点,应定期进行竖向位移观测。观测周期应根据安装进度确定,一般不宜超过 15d。

8.4.4 新安装设备与原设备有机械联动或衔接关系时,新设备的平面基准线和高程基准点,应以原有设备的轴线和高程点为准进

行测定。平面基准线端点的测量误差不应大于 1mm。基准点高程测量误差不应大于 1mm；基准点多于 1 个时，各点间高程测量误差不应大于 1mm。

8.5 控制恢复测量

8.5.1 厂矿改、扩建项目开工前，应搜集改扩建区域原有施工控制网(点)资料，并进行可靠性检测。根据检测情况，可按下列原则进行恢复：

1 已有控制点较多且稳定可靠时，控制点可按原测量精度和方法恢复。恢复或加密的控制点应与原控制网(点)组成新网，重新进行整体平差。

2 已有控制点少且可靠性差时，应重新布设施工控制网。

8.5.2 旧厂房改、扩建时，厂房平面控制网恢复应符合下列规定：

1 应将旧厂房的内、外控制点与厂房的行车轨道和主要设备中心线进行联测。

2 当中心线测量坐标与设计坐标较差小于等于 10mm 时，可以原控制点为依据，恢复或扩展厂房控制网。

3 当中心线测量坐标与设计坐标较差大于 10mm 时，可按下列方法恢复厂房控制网：

1)与原有设备有联动或连接关系时，应以原设备中心线为准；

2)与原有设备无联动或连接关系时，可以厂房柱子中心线为准；

3)有行车轨道的厂房，应以原有行车轨道中心线为准。

8.5.3 改、扩建项目的高程基准恢复应符合下列规定：

1 原厂房内有水准点，经检测可靠时，应以水准点为准。

2 原厂房内无水准点，或有水准点但检测不可靠时，可按下列规定恢复：

1)以原厂房内行车轨道面实测高程的平均值为准；

2)新建设备与原有设备有联动或衔接关系时,以原设备的底座标高为准;

3)厂房内无行车和联动设备时,可以厂(场)区的水准点为准。

8.5.4 厂房控制网恢复或扩展时,测量方法和精度均不应低于原控制网的技术要求和精度。

8.6 场地平整测量

8.6.1 场地平整测量的范围线和标高测量可以勘察控制网点、厂(场)区施工控制网点为依据。精度要求不高时,也可根据现有建筑物测定。

8.6.2 场地平整时,标高定位(或检测)点宜按方格网或断面均匀布设,点或断面间距 10m~20m,坡度变化处应加密。每个项目的标高定位(或检测)点不应少于 10 点。

8.6.3 场地范围线定位测量或检测的精度要求,应符合表 8.6.3 的规定。

表 8.6.3 场地范围线定位测量或检测的精度要求

项目	施工方法	限差(mm)
范围线	机械	$\leq +500$ ≥ -150
	人工	$\leq +300$ ≥ -100

8.6.4 场地高程测量或检测的精度要求,应符合表 8.6.4 的规定。

表 8.6.4 场地高程测量或检测的精度要求

项目	施工方法	限差(mm)
高程	机械	≤ 50
	人工	≤ 30

8.6.5 七通一平临时定位测量的精度要求,应符合表 8.6.5 的规定。

表 8.6.5 七通一平临时定位测量的精度要求

测量项目	平面限差(mm)	高程限差(mm)
临时铁路	≤ 40	≤ 10
临时公路	≤ 60	≤ 20
临时上下水管	≤ 60	≤ 10
临时输电线路	≤ 100	≤ 50
临时通信线	≤ 100	≤ 50
临时天然气(煤气)管	≤ 50	≤ 50

8.6.6 场地平整竣工后应提交下列资料:

- 1 控制点成果。
- 2 测量记录、计算资料、测量成果说明。
- 3 原有地面高程图、表。
- 4 土石方量计算图、表。

8.7 基础施工测量

8.7.1 建筑物、构筑物基础、设备基础应以厂房控制网为依据施测。特别复杂的基础工程应建立专用控制网,其起始轴线可根据厂房控制网测定,投点限差不应大于 10mm。

8.7.2 土建施工单位在浇灌基础时,应按设计图的要求埋设中心板、基准点和竖向位移监测点。

8.7.3 桩基定位测量应符合下列规定:

- 1 各种施工工艺的桩基定位测量限差应符合表 8.7.3 的规定。

表 8.7.3 桩基定位测量的限差

项目	轴线定位(mm)	用轴线点测定中心线(mm)	高程(mm)
单排桩、板桩	≤ 10	≤ 10	≤ 5
群桩	≤ 20	≤ 10	≤ 10
沉井、沉箱	≤ 50	≤ 10	≤ 10

2 竣工后桩基的位置误差,应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定。

3 桩基施工竣工后,应进行竣工测量。提交桩位竣工平面图、桩顶实测高程等资料。竣工测量应不低于定位测量的技术要求。

8.7.4 基础土方施工测量的限差应符合表 8.7.4 的规定。

表 8.7.4 基础土方施工测量的限差

项 目	中心线(mm)	标高(mm)
挖土范围线	≤ 50	≤ 30
过程测量	≤ 30	≤ 20
清边清底	≤ 10	≤ 10

8.7.5 基础中心线定位及标高测量的限差应符合表 8.7.5 规定。

表 8.7.5 基础中心线定位及标高测量的限差

项目	基础定位(mm)	垫层面(mm)	模板(mm)	螺栓(mm)	备注
中心线端点	≤ 5	≤ 2	≤ 2		以厂房控制网为准
中心线投点	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≤ 2	以两端的为准
标高	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≤ 3	以高程基点为准

8.7.6 基础竣工后应进行标高和中心线测量,其限差应符合表 8.7.6 的规定。

表 8.7.6 基础竣工后标高和中心线测量的限差

项目	柱基杯口(mm)	设备基础(mm)	地脚螺栓(mm)	工业炉基础(mm)
标高	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3
中心线	≤ 3	≤ 2	≤ 2	≤ 1

8.7.7 基础竣工后,施工单位应向下道工序的施工单位提交下列资料,并实地交接。

- 1 基础中心线定位及标高测设图。
- 2 基础竣工后中心线及标高实测资料。
- 3 基础竖向位移和水平位移观测资料。

8.8 结构安装测量

8.8.1 结构安装前应进行下列检查测量工作：

- 1 根据厂房控制网对基础竣工测量成果进行复测检查。
- 2 当基础施工分期分批竣工并交工时，应对后交工的基础与先交工的基础的轴线一致性进行联测检查。

8.8.2 柱子安装过程中，铅直度校正测量应符合下列规定：

- 1 柱子安装测量的限差应符合表 8.8.2 的规定。

表 8.8.2 柱子安装测量的限差

项 目	限差(mm)	备 注
钢柱支承面标高	≤ 2	以高程基准点为准
钢柱 ± 0 标高	≤ 2	
预制混凝土柱 ± 0 标高	≤ 3	
柱子铅直度	$\leq 0.3H\%$ ，且不大于 7mm	

注：H 为柱子上、下标志间的高度(m)。

2 柱子铅直度可采用全站仪投影法校正，使上、下中心线标志点在同一垂直面。全站仪至柱子的距离宜大于柱高的 1.5 倍，偏离柱子行(或列)线方向不应大于 3m。

3 柱子安装固定后，应检查铅直度。采用正、倒镜测量上标志点相对于下标志点的偏差，并符合表 8.8.2 的规定。

8.8.3 吊车梁及轨道安装测量的限差应符合表 8.8.3 规定。

表 8.8.3 吊车梁及轨道安装测量的限差

项 目	限差(mm)	备 注
吊车梁中心线投点	≤ 3	以梁中心线两端定位点为准
吊车梁面垫板标高	≤ 2	以轨道高程基准点为准
轨道跨距测量	≤ 2	两轨道中心线的间距
轨道中心线(加密点)投点	≤ 2	以轨道两端定位点为准
轨道面标高	≤ 2	以轨道高程基准点为准

8.8.4 吊车梁轨道面标高基准点可采用吊钢尺法引测，并符合下列规定：

1 钢尺应在垂直状态下,挂重锤进行尺长检定,获取尺长和温度改正数。

2 轨道标高基准点引测时,重锤质量应与检定时相同。测量的高差应进行尺长和温度改正。

3 引测一个厂房轨道标高基准点时,应独立测量两次,两次测量的高程(或高差)较差不应大于 3mm,取用平均值。

4 引测两个或两个以上轨道标高基准点时,各基准点高程应按二等水准测量的精度要求独立测量两次,取用平均值,各点间的高程较差不应大于 1mm。

8.8.5 轨道跨距测量应符合下列规定:

1 采用钢尺丈量时,重锤质量应与检定时一致。丈量的跨距应进行尺长、温度和悬垂改正。每跨应丈量两次,较差不应大于 3mm,取用平均值。

2 采用测距仪测量时,测距仪和棱镜宜采用固紧式基座,对中误差不应大于 1mm。测量的跨距应进行加、乘常数和气象改正。每跨应测量两次,较差不应大于 2mm,取用平均值。

8.9 炉塔槽罐安装测量

8.9.1 工业炉、塔、槽、罐安装前,应检查前一工序竣工中心线。根据施工的需要,可补充或加密中心线。

8.9.2 工业炉、塔、槽、罐构件预装测量的限差应符合表 8.9.2 的规定。

表 8.9.2 工业炉、塔、槽、罐构件预装测量的限差

项 目	限差(mm)	备 注
中心线投点	≤ 2	以中心线的两端点为准
纵横中心线的正交度	$\leq 0.8 \sqrt{L}$	与理论垂线的点位偏差
安装基准点点位	≤ 2	
平台标高	≤ 1	
预装标高测量	≤ 2	

注:L 为交点到端点的长度(m),小于 5m 的按 5m 计。

8.9.3 工业炉、塔、槽、罐安装测量的限差应符合表 8.9.3 的规定。

表 8.9.3 工业炉、塔、槽、罐安装测量的限差

项 目		限差(mm)
各种开口中心线测设		≤ 2
各种标高测量		≤ 2
构件安装标高测量		≤ 2
中心线投点	高度小于 20m	≤ 3
	高度大于 20m	≤ 5
铅直度		$\leq 0.3H\%$

注：H 为炉、塔、槽、罐的上下标志的间距(m)。

8.9.4 工业炉、塔、槽、罐的附属构筑物测量的限差应符合表 8.9.4 的规定。

表 8.9.4 附属构筑物安装测量的限差

项 目	限差(mm)
栈桥、斜桥、皮带通廊中心线投点	≤ 2
轨面标高	≤ 2
轨道跨距丈量	≤ 2
漏斗标高	≤ 3
管道按构件中心线定位	≤ 5
管道标高	≤ 3
炉体内与砌砖有关的管件标高	≤ 1

8.10 管线安装测量

8.10.1 管线安装定位测量的控制点应符合下列规定：

1 用于厂(场)区内管线定位时,可以厂(场)区控制点、厂房控制点或已建成的建构筑物行列线点为依据施测。

2 用于厂(场)区外管线定位的控制点时,不应低于二级导线

点的密度和精度要求。

3 高程控制点不应低于四等。高程点布设间距,自流管道和架空管道施工时不宜大于 200m,其他管道施工时不宜大于 300m。

8.10.2 管线工程分期、分段施工,或与已有建构筑物的管线衔接时,管线定位测量应符合下列规定:

- 1 厂(场)区内管线与厂房内管线连接时,以厂房内管线为准。
- 2 厂(场)区外管线与厂(场)区内管线连接时,以厂(场)区内管线为准。
- 3 新建管线与原有管线连接时,以原有管线为准。
- 4 管线与已有建构筑物连接时,以已有建构筑物为准。

8.10.3 各类管线点安装定位测量的限差应符合表 8.10.3 规定。

表 8.10.3 管线点安装定位测量的限差

管 线 种 类	中线限差(mm)	高程限差(mm)
厂房内部管线	≤ 5	≤ 5
厂(场)区内地上和地下管线	≤ 10	≤ 10
厂(场)区外架空管道支架	≤ 50	≤ 50
厂(场)区外地下管线	≤ 50	≤ 50
厂(场)区外架空电力线杆(塔)	≤ 100	≤ 100

8.10.4 地下管线土建施工测量应符合下列规定:

- 1 挖土中心线的起止点、转折点、坡度变化点和井位点等应逐一测设,直线部分每 20m 宜测设一点。
- 2 测量限差应符合表 8.10.4 的规定。

表 8.10.4 地下管线土建施工测量的限差

项 目	平面限差(mm)	标高限差(mm)
管线地沟挖土标高	—	≤ 50
管线地沟垫层面	≤ 30	≤ 20
管线的安装中心线和模板中心线	≤ 5	≤ 10

8.10.5 各类管线安装标高和模板标高测量的限差应符合表 8.10.5 规定。

表 8.10.5 管线安装标高和模板标高测量的限差

管 线 种 类	标高限差(mm)
自流管	≤ 3
气体压力管	≤ 5
液体压力管	≤ 10
电缆地沟管	≤ 10

8.11 机械设备安装测量

8.11.1 本节适用于冶金机械设备安装测量,对安装有特殊要求的设备应执行有关规定。

8.11.2 机械设备安装的水平度、铅直度,除应符合本规范要求外,还应符合现行冶金机械设备安装工程施工及验收的相关规定。

8.11.3 机械设备安装前,应确定设备的纵、横向中心线和标高基准点,作为设备安装的依据。中心线和基准点确定,应按下列程序:

1 对前一施工工序移交的基础或结构中心线(或安装基准线)、标高点进行检测,若精度不符合要求,应由有关单位共同协商确定解决方案。

2 根据已校正的中心线和标高点,测出基准点的标高。

3 当无中心线点和标高点时,可以基础或结构的实际轴线和标高为依据,建立中心线和高程基准。

8.11.4 设备安装基准线测量的限差应符合表 8.11.4 的规定。

表 8.11.4 设备安装基准线测量的限差

项 目	限差(mm)	备 注
独立设备安装基准线端点	≤ 3	以厂房控制网点为准
连续生产线上的设备安装基准线端点	≤ 1	以设备安装基准点为准
现场组装和连续生产线上设备 纵横基准线的正交度	$\leq 0.4 \sqrt{L}$	与理论垂线的点位偏差
投测中间点或挂线点	≤ 1	以基准线端点或控制网点为准

注: L 为需调整的基准线从交点到端点的长度(m),小于 5m 时按 5m 计。

8.12 筑炉工程测量

8.12.1 工业炉砌筑前应对上一工序的竣工中心线进行复测检查。焦炉施工测量的限差应符合表 8.12.1 的规定。

表 8.12.1 焦炉施工测量的限差

项 目	平面限差 (mm)	标高限差 (mm)	备 注
根据焦炉中心线向抵抗墙内侧投线	≤ 1		
炉两侧正面线投线	≤ 1	--	
焦炉中心线与炭化室中心线正交度	$\leq 0.4 \sqrt{L}$		与理论垂线的点位偏差
炉体膨胀观测	≤ 3		
抵抗墙内标高点	--	≤ 1	
蓄热室底、炭化室底、炉顶等标高		≤ 1	

注：L 为需调整的基准线从交点到端点的长度(m)，小于 5m 时按 5m 计。

8.12.2 工业炉炉体施工测量的限差应符合表 8.12.2 的规定。

表 8.12.2 工业炉炉体施工测量的限差

项 目	平面限差(mm)	标高限差(mm)
高炉炉腹、炉身中心线	≤ 3	
高炉炉壳内标高		≤ 3
高炉炉壳内同一水平圆周砌砖标高		≤ 1
热风炉炉壳中心线	≤ 3	
热风炉炉箅子标高		≤ 2
加热炉出入口中心线	≤ 2	

8.12.3 有特殊砌筑工艺要求的炉体，应按设备供应商的规定执行。

9 露天矿测量

9.1 一般规定

9.1.1 露天矿工作控制点应以矿区控制网为基础直接布设。露天采场周围的矿区控制点密度不够时,应进行加密。

9.1.2 工作控制点相对于邻近矿区控制点的精度应符合表 9.1.2 的规定。

表 9.1.2 工作控制点的精度要求

点位中误差(m)		高程中误差(m)	
采场	排土场	采场	排土场
≤ 0.10	≤ 0.15	≤ 0.07	≤ 0.10

9.1.3 工作控制点应靠近台阶坡面,控制点间距不应大于 200m,高差不应大于 100m。

9.1.4 采场周围需长期保留的工作控制点,应埋设标石。

9.2 工作控制平面测量

9.2.1 工作控制平面测量可采用 RTK、导线、极坐标和交会等测量方法。

9.2.2 采用 RTK 测量时应符合下列规定:

1 解求转换参数时,模型残差:平面不应大于 2.5cm,高程不应大于 3.5cm。检查同等及以上级已知点时,平面较差不应大于 7cm,高程较差不应大于 10cm。

2 工作控制平面测量可采用单基站或双基站测量,其主要技术要求应符合表 9.2.2 的规定。

表 9.2.2 工作控制平面 RTK 测量的主要技术要求

观测方式	与基站的 最大距离 (km)	收敛精度(cm)		测回数	坐标较差(cm)		高程较差(cm)	
		平面	高程		采场	排土场	采场	排土场
单基站	≤5	≤3	≤4	≥2	≤5	≤7	≤7	≤10
双基站	≤5	≤3	≤4	各≥1	≤7	≤10	≤10	≤15

9.2.3 采用导线测量时应符合下列规定：

1 导线测量的主要技术要求应符合表 9.2.3-1 的规定。

表 9.2.3-1 工作控制平面导线测量的主要技术要求

项目	导线 总长 (m)	平均 边长 (m)	测角 中误差 (")	方位角 闭合差 (")	测距 中误差 (mm)	全长相对 闭合差
采剥区	≤2500	≤200	≤20	$\leq 40\sqrt{n}$	≤20	≤1/4000
排土场	≤3000	≤250	≤20		≤30	≤1/5000

2 角度和边长观测的技术要求应符合表 9.2.3-2 的规定。

表 9.2.3-2 工作控制平面导线测量角度和边长观测的技术要求

全站仪级别	角 度	边 长	
	测回数	测回数	读数较差(mm)
DQ6	≥1	≥1	≤15

9.2.4 采用全站仪极坐标法时应符合下列规定：

1 采用 DQ6 级全站仪一测回施测时，边长不应大于 800m；正、倒镜测量坐标的较差：采场不应大于 7cm，排土场不应大于 10cm。

2 采用 DQ2 级全站仪半测回施测时，边长不应大于 1000m；水平角应用两个度盘位观测，较差不应大于 10"；高程应变换棱镜高测量两次，较差不应大于 3cm。

9.2.5 采用测角交会法测量时，水平角观测的技术要求应符合表 9.2.5 的规定。

表 9.2.5 交会法测量水平角观测的技术要求

平均边长 (m)	全站仪 级别	测角 中误差 (")	测回 数	半测回 归零差 (")	一测回 2C 较差 (")	同方向测 回间较差 (")	仪器对 中误差 (mm)
小于 800	DQ6	≤ 10	≥ 1	≤ 24	≤ 30		≤ 5
800~1200	DQ6	≤ 7	≥ 2	≤ 24	≤ 30	≤ 24	≤ 5
1200~1800	DQ2	≤ 5	≥ 1	≤ 8	≤ 13		≤ 5

注：在排土场布设工作控制点时，平均边长可在本表基础上增加 400m。

9.2.6 采用测角前方交会或侧方交会法时，已知点不应少于 3 点，待定点的交会角应在 $30^\circ \sim 120^\circ$ 之间。待定点坐标应采用平差方法计算。

9.2.7 采用测角后方交会法时，应符合下列规定：

1 已知点不应少于 4 点，待定点的交会角不应小于 30° 。待定点应位于 4 个已知点组成的四边形之内，待定点至已知点的最长边与最短边之比不应大于 2。

2 待定点坐标应采用平差方法计算。当概略坐标改正数大于 0.2m 时，应以改正后的坐标作为新的概略坐标，再进行平差计算。

9.3 工作控制高程测量

9.3.1 工作控制高程测量可采用水准测量、全站仪三角高程测量、三角高程交会测量或全站仪极坐标测量等方法。

9.3.2 工作控制高程水准测量的主要技术要求应符合表 9.3.2 的规定。

表 9.3.2 工作控制高程水准测量的主要技术要求

仪器 级别	i 角 (")	每千米高 差中误差 (mm)	观测 方式	前后 视距	视距 (m)	读数 (mm)	路线高差 闭合差 (mm)
DS10	≤ 30	≤ 20	中丝法 单程观测	大致 相等	≤ 100	1	$\leq 12\sqrt{n}$

注：1 支水准路线应往返观测；

2 n 为测站数。

9.3.3 采用全站仪三角高程导线测量时,应符合下列规定:

1 三角高程导线应布设附和或闭合路线,边数不应多于 10 条,边数超过规定时应布成结点网。

2 工作控制高程全站仪三角高程测量的技术要求应符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 工作控制高程全站仪三角高程测量的主要技术要求

地点	最大边长 (m)	垂直角测量					边长测量	路线高差 闭合差 (mm)
		测回数		垂直角 较差(")	指标差较差 (")		对向观测 较差(mm)	
		DQ2	DQ6	DQ6	DQ2	DQ6	DQ6	
采场	≤1000		≥1	--	--	≤24	≤60	≤30√n
	≤1400	≥1	≥2	≤24	≤15	≤24	≤50	
排土场	≤1400	--	≥1	--		≤24	≤60	
	≤2000	≥1	≥2	≤24	≤15	≤24	≤60	

注:n 为路线中边数。

3 仪器高和觇标高应用钢尺测量两次,较差不应大于 5mm。

9.3.4 采用三角高程交会测量时,交会方向不应少于三个。工作控制高程三角高程交会测量的主要技术要求,应符合表 9.3.4 的规定。

表 9.3.4 工作控制高程三角高程交会测量的主要技术要求

地点	边长 (m)	中丝法观 测测回数		垂直角较差 (")	指标差较差 (")		三方向测量 高程较差 (m)
		DQ2	DQ6	DQ6	DQ2	DQ6	
采场	≤1000	--	≥1	--	--	≤24	≤0.25D
	≤1400	≥1	≥2	≤24	≤15	≤24	
排土场	≤1400	--	≥1		--	≤24	≤0.4D
	≤2000	≥1	≥2	≤24	≤15	≤24	

注:D 为交会平均边长(km)。

9.3.5 采用全站仪极坐标法测量时,其主要技术要求应符合表 9.3.5 的规定。

表 9.3.5 工作控制高程全站仪极坐标法高程测量的主要技术要求

地点	最大边长 (m)	垂直角测量					边长测量	两次测量 高程较差 (m)
		测回数		垂直角 较差(")	指标差 较差(")		两次观 测较差 (mm)	
		DQ2	DQ6	DQ6	DQ2	DQ6	DQ6	
采场	≤800	—	≥1	—		≤24	≤60	≤0.25D
	≤1200	≥1	≥2	≤24	≤15	≤24	≤60	
排土场	≤1200		≥1			≤24	≤60	≤0.4D
	≤1800	≥1	≥2	≤24	≤15	≤24	≤60	

注: D 为极坐标边长(km)。

9.3.6 采用三角高程测量时,仪器高和觇标高应量至 5mm,两次测量较差不应大于 10mm。

9.3.7 当三角高程测量距离大于 400m 时,高差计算应进行地球曲率和大气折光差改正。

9.4 露天矿生产测量

I 爆破工程测量

9.4.1 爆破工程开始前,应按设计图将爆破井巷、洞室开口位置和爆破区的界线标定于实地。

9.4.2 爆破孔的坐标可从 1:500 爆破设计图上量取。爆破孔位放样定位误差不应大于 0.4m。实量孔间距与设计图上孔间距的较差不应大于 0.8m。

9.4.3 洞室爆破工程完工后,应测绘爆破区地形图,比例尺宜为 1:200 或 1:500。测绘内容应包括爆破后的井巷和洞室的位置、爆破区的地形等。

II 采剥矿、岩量验收测量

9.4.4 按月进行矿、岩量验收时,应实测计算初期和末期各生产区段的坡顶线、坡底线、上下平台的高程和地质界线。有结存量的爆区,还应实测结存的矿、岩量。

9.4.5 爆堆结存的矿、岩量,可采用剖面法和极坐标法测量,并应符合下列规定:

1 剖面法测量时,剖面间距宜为 5m~10m。剖面上的高程变化点应测高程。

2 极坐标法测量时,应测出爆堆顶线、底线、平台和爆堆表面的高程。根据爆堆表面的高程变化情况,每 $50\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$ 应测一个有代表性的高程点。

9.4.6 较规则的工作平台结存矿量体积,宜采用截面法计算。当爆堆面高程变化不大时,可采用水平截面法;当爆堆面形状复杂、高程变化较大时,应采用垂直剖面法计算。

9.4.7 爆堆结存量体积计算时,应按矿、岩种类和不同采掘带,分别取用相应的松散系数。松散系数至少每 5 年应实测一次。

9.4.8 矿、岩量质量计算时,应按矿石的种类分别取相应的密度,密度应实测确定。

9.4.9 每个单项矿、岩量验收测量应测量两次,较差应符合表 9.4.9 的规定。

表 9.4.9 矿岩量验收测量的精度

总 量 (kt)	较 差 (%)
<50	≤ 5
50~100	≤ 4
100~200	≤ 3
>200	≤ 2

9.4.10 每年度应对采剥矿、岩量进行一次复核性的总计算。总计算结果应与每月测量的矿、岩量之和进行比较。年总量与按月累计量的较差应符合表 9.4.10 的规定。

表 9.4.10 总量与按月累计量的较差

总 量 (kt)	较 差 (%)
<300	≤3.0
300~1000	≤2.0
>1000	≤1.5

III 贮矿验收测量

9.4.11 矿仓、溜井或矿漏斗中的存矿量,可采用定期测量的存矿高度进行计算。容积随高度变化时,应事先作出剖面,作为不同高度计算存矿量的依据。

9.4.12 贮槽与贮堆相结合的贮矿场,贮槽以外的贮堆变化,可采用剖面法等高线法测量和计算。测图比例尺不宜小于 1:200,剖面间距宜为 5m~10m,等高线间距可取 0.5m~1.0m。贮槽内贮矿量可按其规则的几何容积及贮存高度计算。

9.4.13 贮堆的表面高程可采用极坐标法、交会法和剖面法测量。采用剖面法测量时,剖面两侧应至少埋设一个端点和一个方向点,端点应在最大堆贮边界以外 5m~10m。方向点距端点应大于 5m。

9.4.14 长期贮矿场,在贮矿前应搜集或实测 1:500 或 1:1000 地形图,作为贮矿验收的初始地形图。应定期测量其变化,计算贮矿量。

9.4.15 各种贮矿藏的矿石松散密度应实测确定。长期贮矿场应通过实测资料,分析下沉规律,确定下沉系数。

9.4.16 零星的小贮矿堆,可归化成规则几何形状,用皮尺丈量,计算贮量。

10 建井测量

10.1 一般规定

10.1.1 在施工测量前,应根据设计图纸,验算和测量相关数据,并应核对设计图上的平面坐标和高程系统以及设计现场标定的符合性。

10.1.2 近井平面和高程控制点应根据设计总平面图布置。控制点应使用方便,能长期保存,并应埋设永久标志。

10.1.3 近井平面和高程控制点应以矿山控制网为基础测设。近井平面控制点不应低于一级,高程控制点不应低于四等。

10.1.4 所有标定测量工作均应独立进行两次,较差应满足规定精度要求,取平均值作为最终结果。

10.1.5 建井工程竣工后,应按国家现行井巷工程验收相关规定进行测量验收,并提交验收资料。

10.2 井筒中心和十字中心线的标定

10.2.1 井筒中心和井筒十字中心线,应根据设计的井筒中心坐标和高程以及井筒中心线的坐标方位角,用近井控制点标定。井筒和十字中心线标定的主要技术要求,应符合表 10.2.1 的规定。

表 10.2.1 井筒中心和十字中心线标定的主要技术要求

与井筒有关的 井巷工程和建筑物	实测与设计值允许偏差			十字中心线 铅直度的偏差 (")
	井筒中心 (m)	井口高程 (m)	主中心线 方位角	
未施工时	≤ 0.3	≤ 0.05	$\leq 3'$	≤ 30
已施工时	≤ 0.1	≤ 0.03	$\leq 1'30''$	≤ 30

10.2.2 竖井井筒十字中心线基点布设应符合下列规定：

1 井筒每侧不应少于 3 点，基点间距不应小于 20m。相邻的基点应相互通视，每条基线应至少有一点能与天轮平台直接通视。靠近井筒的基点距离井筒边缘不宜小于 15m，用沉井法和冻土法施工的井筒不应小于 30m。

2 当主中心线在井口与卷扬机房之间不能埋设 3 个基点时，应在卷扬机房后面再设 3 个基点，其中 1 个基点应能与天轮平台通视。

3 基点宜布设在基岩上，并应埋设标石。标石坑深不应小于 0.6m，冻土地区坑底应在冻土线以下 0.5m。作为定向的基点也可布设在稳定的建筑物上。

10.2.3 井筒中心和十字中心线的基点位置标定后，应绘制 1:200~1:500 井筒十字中心线基点布置图。

10.2.4 井筒中心坐标和十字中线的坐标方位角应通过实测井壁和罐梁的纵横断面图予以验证。

10.2.5 根据井筒形状直接测量井筒中心坐标时，应每隔 20m~30m 测量 1 个水平断面，取各断面中心坐标的平均值作为最后结果，对偏差较大的断面应舍去。

10.3 竖井施工测量

10.3.1 竖井井筒掘砌和设备安装期的各项测量工作，均应以井筒十字中心线为依据。

10.3.2 以井筒十字中心线和井口高程基点标定锁口盘时，标定与设计的偏差：临时锁口盘不应大于 20mm，永久锁口盘不应大于 5mm。

10.3.3 圆形井筒施工时，应悬挂井筒中心线作为掘砌的依据。其他形状的井筒，在检查井壁铅直度、确定预留梁窝位置时，应悬挂边垂线。边垂线不宜超过四根，与砌成后的井壁间距宜为 0.1m~0.3m。

10.3.4 在井筒掘进过程中,应定期检查悬挂垂线点位,在每段砌壁前应检查一次。当点位偏差的绝对值大于 5mm 时应立即更正。

10.3.5 钢丝垂线和重锤应符合下列规定:

1 钢丝直径宜为 0.5mm~1.2mm,安全系数不应小于 2。

2 重锤的重量:垂线长在 10m~50m 时,不应小于 10kg;在 50m~200m 时,不应小于 20kg;大于 200m 时,不应小于 30kg。

10.3.6 边垂线点可随井筒加深逐步向下移设,其间隔不宜小于 100m。移设后各垂线点间水平距离与移前相比,较差均不应大于 5mm。当井深大于 300m,中心垂线必须下移时,可用摆动观测法投点,投点误差不应大于 10mm。

10.3.7 圆形井筒砌壁时,每砌 15m 应用中心垂线或边垂线检查一次井壁的铅直度。

10.3.8 用激光指向仪指示竖井掘进方向时,水准气泡偏离中心不应大于 0.5 格。每掘进 30m~50m 应采用中心旋转法或挂垂线法,对光束进行检查和校正,光束偏离中心不应大于 15mm。

10.3.9 井筒掘砌过程中,每隔 30m~50m 应在永久井壁上布设 1 个高程点。当井筒掘进接近井底车场或装载硐室设计深度时,应重新测量井深,并应在装载硐室或马头门上方测设至少 2 个高程点。

10.3.10 标定的各层梁窝间的垂距误差不应大于 25mm。同层各梁窝之间的高差不应大于 25mm。梁窝中线误差不应大于 20mm。

10.3.11 采用全断面施工,向延深井筒的岩柱下转设井筒中心和十字中心线时,应测量两次,两中心线终点位置的较差不应大于 20mm,应取平均值作为标定点。两次测量主中心方向的较差不应大于 2'。标定方向与设计方向偏差的绝对值不应大于 1'。

10.3.12 采用吊罐孔延深井筒时,孔位标定误差不应大于 20mm。钻孔完工后,应按 15"级井下导线的精度测出钻孔上、下口坐标,并

应计算钻孔在不同部位偏离中心的调整值,指导井筒上掘。

10.3.13 竖井采用沉井法施工时,应检查井筒中心垂线至 8 个方向的半径及刃脚周边 8 个标高点水平度是否符合设计要求。井壁模板应根据井筒中心线标定两次,较差不应大于 5mm。

10.3.14 竖井采用冻结法施工时,孔位标定误差不应大于 10mm。应按设计曲率半径铺设钻机圆形轨道,轨面水平度应采用水准测量检查,各点高差较差不应大于 3mm。应配合施工进行孔斜测量,绘制冻结壁形成图。

10.3.15 采用钻井机掘进井筒时,应使用超声波测井仪或其他方法测绘井筒纵断面图,每隔 5m~15m 测绘井筒横断面图。

10.3.16 井筒掘砌完毕后应采用垂线法测量全井筒的井壁铅直度,并符合下列规定:

1 每层梁窝或每隔 5m~10m,应测定垂线与井口十字中心线相互位置关系。

2 应绘制井壁铅直度断面图和井筒水平断面图。

10.4 罐梁及罐道安装测量

10.4.1 第一层罐道梁的平面位置可根据井筒十字中心线下放垂线确定。高程应从井口高程基点用 DS3 水准仪按四等水准测定,高程误差不应大于 3mm。

10.4.2 第一层罐道梁安装好后,应将垂线移至梁上。垂线至罐梁边缘的间距宜为 50mm~100mm。

10.4.3 垂线固定后,应检查各垂线间的上、下间距,间距较差不应大于 2mm。

10.4.4 根据井筒十字中心线标定钢丝绳罐道的钢丝绳定位梁和拉紧梁时,实际位置与设计偏差的绝对值不应大于 3mm。

10.4.5 井筒罐道安装完成后,应采用垂线法对每层罐梁进行罐道铅直度检测,罐道铅直度偏差的绝对值不应大于 7mm。测量工作完成后应绘制罐道铅直度纵断面图。

10.5 提升设备安装测量

10.5.1 井架或井塔的底座平面位置、竖直位置、井架基础基座中心线和高程,应依据井筒十字中心线和井口高程基点标定。

10.5.2 井架中心线两次标定的较差不应大于 3mm,水平线两次标定的较差不应大于 2mm。

10.5.3 井架铅直度应采用 DQ2 全站仪或 DJ2 经纬仪,在两个正交方向采用正、倒镜投点检查,最大偏移量不应大于 2mm。

10.5.4 卷扬机的提升中心线和主轴中心线应标定在卷扬机房四壁上。两次标定之差不应大于 3mm,两中心线间的垂直度偏差不应大于 30"。

10.5.5 卷扬机主轴中心线与井筒中心间距离 L (m),标定与设计的较差不应大于 $L/2000$ 。卷扬机主轴标高与设计之差不应大于 50mm。

10.5.6 卷扬机基座水平线的两次标定较差不应大于 2mm,卷扬机主轴两端的高差不应大于 1mm。

10.5.7 天轮平台上,平台各结构部件与提升中心线间的实测距离与设计值偏差的绝对值不应大于 15mm。

10.5.8 天轮平台上标定井筒十字中心线或提升中心线,应符合下列规定:

1 应采用不低于 DQ2 级的全站仪或 DJ2 型的经纬仪正倒镜两测回标定,两测回标定较差不应大于 5mm。

2 十字中心线每条线的前、后两点,应根据地面井筒十字中心线一次标出。

3 天轮平台井筒十字中心线与井口井筒十字中心线的铅直度偏差的绝对值不应大于 30"。

10.6 附属设备安装测量

10.6.1 井下装载、破碎、电气等峒室设备安装,基础中心线和高

程应依据峒室中心线点和底板高程标定。基础中心线两次标定的较差不应大于 2mm, 高程两次标定的较差不应大于 3mm。

10.6.2 预埋螺丝孔位应以设备基础中心线为准进行标定, 两次标定较差不应大于 5mm。

10.6.3 摇台和罐座标定时, 距离和高程两次标定较差不应大于 2mm。

10.6.4 井底罐道钢丝绳拉紧梁安装位置的标定方法和要求应与罐道梁相同。当井底罐道拉紧梁单独安装时, 应以井筒十字中线为基准, 按支距平行线法在井壁上标出梁的中心线和标高腰线, 并应采用交线法标定拉紧钢丝绳的中心点。

10.6.5 永久轨道铺设应以巷道掘砌时的中腰线为基准进行标定。在施工前应将原中心线按 30m~40m 一点, 腰线按 15m~20m 一对点予以恢复。道岔岔心位置应采用支距法测设在与巷道中线垂直的两壁上。

10.6.6 电机车架线眼位置, 可以腰线为基准用皮尺或定长型规沿巷壁铅直方向丈量。两帮眼中心应等高, 连线应与巷道中线垂直。

11 矿井联系测量和井下控制测量

11.1 一般规定

11.1.1 矿井联系测量可采用陀螺经纬仪定向法、一井定向、二井定向等方法。

11.1.2 竖井宜采用陀螺经纬仪定向法。具备两井定向条件时,应采用两井定向法进行联系测量。

11.1.3 平峒或斜井的联系测量,应以地面近井点为依据,采用全站仪导线、水准或三角高程测量等方法进行。

11.1.4 井筒较深时,可从已有可靠定向成果的一段巷道开始,向下段巷道进行联系测量,其精度应与在井上进行联系测量的要求相同。

11.1.5 矿井联系测量应独立进行两次,当两次测量结果的较差在允许范围内时,取平均值作为最终结果。

11.1.6 竖井采用一井或二井定向时,两次独立定向结果应符合下列规定:

1 从近井点推算至井下定向边的方位角较差:一井定向不应大于 $2'$,两井定向不应大于 $1'$ 。

2 当井下导线延伸长度小于 700m 时,方位角较差可放宽,但不应大于 $4'$ 。

11.1.7 采用陀螺经纬仪定向时,陀螺经纬仪的标称精度不应低于 $25''$ 。两次独立定向所得井下同一定向边的方位角较差不应大于 $1'$ 。

11.1.8 两井单独定向时,巷道贯通后推算至井下导线公共边方位角的较差不应大于 $\Delta\alpha$ 。 $\Delta\alpha$ 应按下列式计算:

$$\Delta\alpha = 2 \sqrt{2m_a^2 + nm_\beta^2} \quad (11.1.8)$$

式中： m_{α} ——定向边方位角中误差（″）；

m_{β} ——井下导线测角中误差（″）；

n ——井下导线折角数。

11.2 近井点测量

11.2.1 竖井联系测量之前，应在地面井口附近建立近井点和高程基点，高程基点不应少于两个，并应在井下设置导线点组，导线点不应少于 3 点，作为井下控制测量的起始点和起算边。

11.2.2 近井点应以矿区控制网为依据，应按不低于四等网的精度和技术要求施测。近井点相对矿区控制点的点位中误差不应大于 7cm，近井点后视边的方位角中误差不应大于 10″。

11.2.3 当有多个井口时，各矿井的近井点应统一布置，相邻井口的近井点应构成三角网或导线网。

11.2.4 近井点与井口定向连接点联测时，应布设成闭合导线，并按不低于一级导线的精度和技术要求，与矿区控制网进行联测。当布设成支导线时，应进行往返观测。

11.2.5 井口的高程基点应按不低于四等水准的精度和技术要求施测。

11.3 一井定向

11.3.1 投点应采用高强度、小直径钢丝，极限抗拉荷重应大于重锤重量的 1.5 倍。使用时应无结、无折。

11.3.2 投点用重锤悬挂点四周的质量应相互对称。

11.3.3 悬挂于钢丝的重锤应置于井底稳定液中，重锤在稳定液桶内应处于自由悬挂状态。

11.3.4 观测前，应检查钢丝与井壁和井筒设备有无接触。应在井上、下测量两钢丝的水平间距，两间距较差不应大于 2mm。

11.3.5 当垂线摆幅不大于 0.4mm 时，可采用稳定法投点，否则应采用摆动法投点。

11.3.6 摆动法投点应符合下列规定：

1 用标尺测量垂线在左、右最大摆幅时刻的读数，应连续读取 13 组(奇数)以上读数，取平均值为垂线在标尺上的稳定位置。

2 应独立进行两次投点，两次读数平均值的较差不应大于 1mm。

3 观测时应停止风机运转，或采取隔风措施，在淋水的井筒应采取挡水措施。

11.3.7 一井定向宜采用连接三角形法。三角形应布设成延伸形，并应符合下列规定：

1 两垂线间距不应小于 5m。

2 连接三角形两锐角宜小于 2° 。

3 井上和井下连接点应靠近垂线。

4 地面连接点至相连控制点的距离宜大于 20m。

11.3.8 连接三角形角度测量应符合下列规定：

1 连接三角形水平角观测的主要技术要求应符合表 11.3.8 的规定。

表 11.3.8 连接三角形水平角观测的主要技术要求

全站仪 级别	观测 方法	测回数	测角 中误差 (")	观测限差(")			检验角与 最终角较差 (")
				半测回 归零差	测回较差		
					一次对中	重新对中	
DQ2	全圆法	≥3	≤6	≤12	≤12	≤60	--
DQ6	全圆法	≥6	≤6	≤30	≤30	≤70	--
DQ6	复测法	≥6	≤6				≤40

2 全站仪或经纬仪视线应高于钢丝和重锤连接处 0.5m 以上。

3 当地面连接点至相连控制点的距离大于 20m 时，在地面连接点可进行一次对中观测；小于 20m 时，应在地面连接点进行三次对中观测。

4 地面连接点不设固定点时，连接角应独立观测两次。

11.3.9 连接三角形各边长采用钢尺丈量时,应符合下列规定:

1 钢尺应进行比长鉴定。丈量时拉力应与比长鉴定时相同,并应记录温度。

2 在垂线稳定状态下,每边应以钢尺不同起点丈量 6 次,同一边长的较差不应大于 2mm。

3 当垂线摆动时,应将钢尺沿量边方向固定,用摆动观测法,至少应连续读取 5 个读数,确定垂线在钢尺上投影的稳定位置,求得边长。每条边应采用此方法独立丈量两次,边长较差不应大于 3mm。

11.3.10 连接三角形中,解算的两垂线间距与丈量值的较差,在井上连接三角形中不应大于 2mm,在井下连接三角形中不应大于 4mm。

11.4 两井定向

11.4.1 两井定向的投点方法与一井定向相同,宜采用稳定法投点。投向误差大于 $10''$ 时,应采用单重摆动法投点。

11.4.2 在进行两井定向前,应按一次定向中误差不大于 $20''$ 的要求,通过技术设计,确定井上和井下连接导线的测量方法。

11.4.3 经投影改正后,计算出的井上和井下两井垂线间距的较差 ΔD ,应满足下式的要求:

$$\Delta D \leqslant 2 \sqrt{\frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \sum R_x^2 + \frac{m_l^2}{l^2} \sum l_y^2} \quad (11.4.3)$$

式中: m_{β} ——井下连接导线测角中误差($''$);

R_x ——井下各连接导线点到两井垂线连线的距离(mm);

$\frac{m_l}{l}$ ——井下连接导线边丈量的相对中误差;

l_y ——井下连接导线各边在两垂线连接方向上的投影长度(mm)。

11.4.4 按地面坐标系统进行井下连接导线计算时,应符合下列规定:

- 1 当导线相对闭合差小于 $1/6000$ 时,可直接进行平差计算。
- 2 当导线相对闭合差大于 $1/6000$ 时,应将导线边长进行高程面投影改正后,再进行平差计算。

11.5 陀螺经纬仪定向

11.5.1 用于检定陀螺经纬仪仪器常数的地面已知边的方位角中误差不应大于 $10''$ 。

11.5.2 井下定向边的两端点应为永久导线点,定向边的长度应大于 30m 。

11.5.3 陀螺经纬仪测前的悬挂带零位不应大于 0.5 格。

11.5.4 陀螺经纬仪一次定向观测应符合下列规定:

- 1 已知边和定向边的陀螺方位角应使用同一台仪器两测回测定。两测回观测同一边陀螺方位角的较差:对 $15''$ 级陀螺仪不应大于 $30''$,对 $25''$ 级陀螺仪不应大于 $50''$ 。

- 2 在观测井下定向边陀螺方位角之前和之后,应在地面已知边上两次测定仪器常数。两次测定仪器常数平均值的较差:对 $15''$ 级陀螺仪不应大于 $40''$,对 $25''$ 级陀螺仪不应大于 $60''$ 。

- 3 井上和井下应由同一人观测。

11.5.5 地面观测宜在温度变化较小、晴朗和风小的时间段内进行。仪器、三脚架和电源应避免阳光直接照射。

11.5.6 观测前,仪器应严格整平,观测过程中水准气泡偏离不应大于 0.5 格。由一测回转至下一测回前,应停止陀螺马达转动 $10\text{min}\sim 15\text{min}$,再重新整平、对中。各测回间陀螺仪水平盘位置应变换 $180^\circ/n$ (n 为测回数)。

11.5.7 陀螺方位角一测回观测中,采用上架式陀螺经纬仪时,应进行近似指北,近似陀螺北偏离陀螺子午线的偏差,中天法应小于 $10'$,跟踪逆转点法应小于 $60'$ 。

11.5.8 陀螺方位角一测回观测中,应在测定陀螺北方向值之前与之后,以经纬仪两个镜位两次观测测线的方向值。测线两次观

测方向值的较差:对于 DJ2 级经纬仪,不应大于 $10''$;对于 DJ6 级经纬仪,不应大于 $25''$ 。

11.5.9 陀螺方位角观测的限差,应符合下列规定:

1 用跟踪逆转点法观测时,应连续观测五个逆转点,并应计算 3 个陀螺摆动中值。各中值的互差, $15''$ 级陀螺经纬仪不应大于 $20''$, $25''$ 级陀螺经纬仪不应大于 $35''$ 。

2 用中天法观测时,应连续观测 5 个中天时间,计算 3 个“两侧摆动”的时间差。时间差较差的限差应符合表 11.5.9 的规定。

表 11.5.9 时间差较差的限差

仪器类型	相邻时间差的互差($''$)	间隔时间差的互差($''$)
$15''$	≤ 0.4	≤ 0.6
$25''$	≤ 0.5	≤ 0.8

3 井上、下悬带零位变化超过 0.3 格时应进行零位改正。

11.5.10 当地面定向的近井点与井下定向边起始点的横坐标差值大于 300m 时,井下定向边的方位角应进行子午线收敛角改正。

11.5.11 采用陀螺经纬仪定向时,井下导线起点的坐标可采用钢丝投点或激光投点方法传递,投点误差不应大于 20mm。

11.6 高程联系测量

11.6.1 竖井井下点的高程可采用长钢尺法、钢丝法或光电测距方法导入。

11.6.2 长钢尺法或钢丝法导入高程前,应进行尺长、温度改正检定。

11.6.3 采用长钢尺或钢丝导入高程时,尺端受重锤的拉力应与比长时相同,并应分别记录井上和井下的温度。

11.6.4 井上和井下高程基点与钢尺或钢丝上、下标志间的高差,应采用 DS3 级及以上级水准仪,变动仪器高测量两次,高差较差不应大于 3mm。

11.6.5 当井筒内水蒸气较小时,可采用光电测距法导入高程,并

应同时测定井上与井下的温度和气压,应对所测高差进行气象改正。

11.7 井下控制测量

1 井下平面控制测量

11.7.1 井下平面控制采用导线测量方法时,导线应布设成附合导线、闭合导线或支导线形式。

11.7.2 井下导线测量的主要技术要求应符合表 11.7.2 的规定。

表 11.7.2 井下导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (km)	测角中 误差(")	角度闭合差 (")	边长 (m)	导线相对闭合差	
					附(闭)合导线	复测支导线
7"	≤4	≤7	≤14 $\sqrt{n}$	60~200	≤1/8000	≤1/6000
15"	≤2	≤15	≤30 $\sqrt{n}$	50~150	≤1/5000	≤1/4000
30"	≤1	≤30	≤60 $\sqrt{n}$	40~120	≤1/3000	≤1/2000

11.7.3 井下首级平面控制的等级,应根据矿井规模和本规范表 11.7.2 的技术要求选择。各等级导线均可作为井下首级平面控制。

11.7.4 在主要巷道未形成时,可先布设低于首级精度的导线。在条件具备后,应按首级导线精度要求施测。

11.7.5 井下导线点布设应符合下列规定:

1 永久导线点应布设在巷道顶和岩石稳定的主要巷道顶板上,临时导线点可因地制宜布设。

2 首级导线点应从主巷道开始,随主巷道的掘进分段布设。每 300m~500m 应布设一组永久点。每组不应少于 3 点,且应相互通视,点间距宜大致相等,应避免短边。

3 导线点应埋设标志,点位应稳定、安全和使用方便,并应注意避开运输设备、支护和敷设管线。标志应清晰、便于寻找。

4 同一矿区的井下导线点应统一编号,并应将点号标记在实地醒目位置。

5 应绘制导线点位分布图,埋石点应绘点之记。

11.7.6 井下导线测量观测的主要技术要求应符合表 11.7.6 的规定。

表 11.7.6 井下导线测量观测的主要技术要求

等级	全站仪 级别	角度测量			边长测量		
		测回	测回较差 (")	角度闭合差 (")	测回	读数较差 (mm)	测回较差 (mm)
7"	DQ2	≥2	≤5	≤14√n	≥2	≤3	≤5
15"	DQ6	≥2	≤10	≤30√n	≥2	≤5	≤10
30"	DQ6	≥1		≤60√n	≥1	≤10	

11.7.7 导线边长测量时,应测定气压和温度。气压读至 100Pa,温度读至 1℃,并应对观测边长进行气象改正。

11.7.8 井下首级导线或大型贯通测量导线,每 1km 左右宜加测一条陀螺定向边。

II 井下导线延长测量

11.7.9 在导线延长测量之前,应对导线最后三点的水平角和边长进行检查。当较差符合表 11.7.9 的规定时,方可进行延长测量。否则应继续向后检查,直至符合要求,并应从符合要求的点向前延长导线。

表 11.7.9 已知点检测较差的限差

等级	水平角的较差(")	边长相对误差
7"	≤20	≤1/3000
15"	≤40	≤1/2000
30"	≤60	≤1/1000

11.7.10 井下导线应根据巷道挖掘进度逐渐延伸。首级导线宜每掘进 300m~500m 延长一次,次级导线宜每掘进 30m~100m 延长一次。

11.7.11 井下导线延长测量的方法和技术要求,应符合相应等级

的规定。

III 井下高程控制测量

11.7.12 井下高程控制测量应按百米高差的中误差分级。在主要运输水平巷道和分层平巷中,高程控制测量宜采用水准测量方法。在斜井和斜巷中,可采用全站仪三角高程测量方法。

11.7.13 井下水准测量的主要技术要求应符合表 11.7.13 的规定。

表 11.7.13 井下水准测量的主要技术要求

等级	仪器类型	水准尺	观测方式	最长视线	路线高差闭合差 (mm)	
5mm	DS3	双面	往返	≤ 30	$\leq 5\sqrt{n}$	$\leq 7\sqrt{L}$
7mm	DS10	普通	往返	≤ 40	$\leq 7\sqrt{n}$	$\leq 10\sqrt{L}$
20mm	DS10	普通	往	≤ 50	$\leq 20\sqrt{n}$	$\leq 30\sqrt{L}$

注:1 n 为测站数,支导线为往返测站之和;

2 L 为水准路线长(百米)。

11.7.14 井下全站仪三角高程测量的主要技术要求应符合表 11.7.14 的规定。

表 11.7.14 井下全站仪三角高程测量的主要技术要求

等级	全站仪 级别	观测 方式	垂直角		边长	相邻点往返 或对向观测 高差较差 (mm)	路线高差 闭合差 (mm)
			测回数	测回较差 (")	测回较差 (mm)		
20mm	DQ2	往返	≥ 1		≤ 5	$\leq 10 + 0.3L$	$\leq 20\sqrt{n}$
	DQ6	往返	≥ 2	≤ 30	≤ 5		
30mm	DQ6	往	≥ 1		≤ 10	$\leq 10 + 0.3L$	$\leq 40\sqrt{n}$

注: n 为测站数; L 为导线边长(m)。

11.7.15 井下高程控制点布设应符合下列规定:

1 高程控制点应布设在巷道顶、底或两帮稳定的岩石中,或应布设在永久固定设备的基础上,也可利用埋石导线点代替。

2 应每隔 300m~500m 布设一组,每组不应少于 3 点。

3 应统一编点号,并应在实地注明点号。当利用导线点作为高程控制点时,应以导线点号为准。

11.7.16 水平巷道掘进施工中,每掘进 100m 左右应在掘进工作面附近测设临时高程控制点。每掘进 300m 左右应测设 20mm 级的高程控制点,作为巷道继续掘进的起算点。以后应再升级为 7mm 级或 5mm 级高程控制点。

IV 数 据 处 理

11.7.17 全站仪测量的导线边长应进行温度、气压、湿度和常数改正。

11.7.18 导线边长应根据矿区控制网边长投影变形情况,进行高程面归化和高斯投影改正。

11.7.19 井下导线坐标方位角的闭合差应符合表 11.7.19 的规定。

表 11.7.19 导线坐标方位角闭合差的限差

等级	闭合导线	复测支导线	附和导线
7"	$\leq 14''\sqrt{n}$	$\leq 14''\sqrt{n_1+n_2}$	$\leq 2\sqrt{m_{\alpha 1}^2+m_{\alpha 2}^2+nm_3^2}$
15"	$\leq 30''\sqrt{n}$	$\leq 30''\sqrt{n_1+n_2}$	
30"	$\leq 60''\sqrt{n}$	$\leq 60''\sqrt{n_1+n_2}$	

注:1 n 为附(闭)合导线的总站数;

2 n_1 、 n_2 分别为复测支导线第一次和第二次测量的站数;

3 $m_{\alpha 1}$ 和 $m_{\alpha 2}$ 为附和导线起、迄边的方位角中误差;

4 m_3 为导线测角中误差的先验值。

11.7.20 平面和高程控制网宜采用严密平差。当采用简易平差时应符合下列规定:

1 导线的坐标闭合差应按坐标增量成比例分配。

2 往返测高差较差符合限差要求时,高差应取往返观测的平均值。

3 水准测量的闭合差应按测站数成比例分配。三角高程测

量的闭合差应按边长成比例分配。

4 水准和三角高程支导线的高差应取往返测量的平均值。

11.7.21 内业计算的数字取位应符合表 11.7.21 的规定。

表 11.7.21 内业计算的数字取位

边长平均值 和改正数	边长成果	坐标增量和坐标	高差及高程	角度平均值和 坐标方位角
0.1mm	1mm	1mm	1mm	1"

12 井下采掘工程测量

12.1 一般规定

12.1.1 施测前应搜集有关的矿区控制测量资料,应对井上、下控制点的等级、精度和可靠性进行检查。

12.1.2 施测前应对施工图和设计资料进行审查,验算图上注记的尺寸、坐标、高程、方位、坡度及其相互关系,应确认无误后再解算施工放样数据。

12.1.3 定线标定数据应从始点至终点逐点一次解算完成,不应解算一点放样一点。计算和检查应由不同人分别进行。

12.1.4 施测完后,应采用其他控制点或已知井巷工程的特征点进行相对位置对照检查。

12.1.5 在采掘过程中,测量员不得擅自改变中、腰线方向。当有变更时,应有设计变更通知单。

12.1.6 采场应按旬或月定期测出回采工作面的推进界线、充填界线、保留矿柱的实际尺寸和位置。当采空区无法直接实测时,可根据中深孔实测的孔位和深度按爆破效果,在图上圈出预计采空范围。

12.2 井巷和车场施工测量

12.2.1 主要巷道的中线应采用全站仪或经纬仪进行标定,腰线应采用水准仪进行标定,也可采用激光指向仪给向。

12.2.2 次要巷道长度短于 300m 时,中线可用简易测角仪标定,腰线可用半圆仪或连通管水准器标定。

12.2.3 巷道中线点和腰线点标定应符合下列规定:

- 1 中线应每 30m~40m 标定一次,腰线应每 15m~20m 标

定一次。中线点和腰线点均应成组设置,每组不少于3点,点间距不应小于3m。

2 每个中、腰线点均应标定两次,较差应符合表12.2.3的规定。

表 12.2.3 中、腰线两次标定较差的限差

巷道种类	中心线(mm)	腰线(mm)
主要巷道	≤ 20	≤ 10
次要巷道	≤ 30	≤ 20

3 每掘进100m~150m应进行导线和高程测量,检查和调整中、腰线位置,同时应测绘巷道平面图。

4 在巷道贯通前剩8m~10m,施测腰线高程后,应与前面设计的腰线点高程解算坡度,并按新坡度进行腰线标定。

5 同一矿区,腰线距巷道轨面或底板的高度应统一。

12.2.4 新井巷开口位置应以两侧的测点进行方向、距离和标高检查。掘进5m~8m时,应重新标定中腰线。

12.2.5 采用激光指向仪指示巷道掘进方向时,应符合下列规定:

1 激光指向仪的位置和光束方向应根据经纬仪和水准仪标定的中线与腰线确定。所使用的中线点和腰线点均不应少于3点,点间距宜大于30m。

2 当中线与腰线共享一条光束时,激光指向仪应安置在中线上。

12.2.6 天(溜)井施工前,应标定井位中心。井中心应采用两组不同的导线点标定两次,较差不应大于50mm。

12.2.7 无提升设备的小井,采用吊罐法施工时,应标定上、下孔位的坐标,两次标定偏差绝对值不应大于 $L/2000$ (L 为上、下孔的间距)。采用无中心孔的爬罐法、人工脚手架法反掘施工时,每上掘10m,应标定井筒中心一次。

12.2.8 有提升设备的小井,当采用小断面反掘后扩砌施工时,每上掘10m应标定一次中心线。当采用全断面掘进时,每上掘

3m~5m 应标定井筒中心一次。

12.2.9 井底车场在标定前,应检查车场设计平面图、峒室平面图和断面图上标注尺寸、曲线巷道的曲线要素、巷道底板坡度及高程的正确性。环形巷道应检查各种尺寸、几何要素是否闭合。

12.2.10 井底车场马头门底板高程标定误差不应大于 100mm,中心线标定误差不应大于 50mm。

12.3 井巷贯通测量

12.3.1 井巷贯通的限差应由设计部门提出,并应与施工单位负责人和测量人员共同协商确定。当设计不明确时,可按表 12.3.1 的规定执行。

表 12.3.1 井巷贯通的限差

工程类型	中线限差(m)	腰线限差(m)
开拓	≤ 0.3	≤ 0.1
采准	≤ 0.4	≤ 0.2
回采	≤ 0.5	≤ 0.3

12.3.2 大型贯通工程应编制贯通测量技术设计书,并报上级主管部门审批。中、小型贯通工程的贯通测量应进行误差估算,各项测量中误差宜采用本矿统计分析的实际值。

12.3.3 大型贯通工程的测量应进行下列改正:

1 在倾斜巷道进行导线测量时,应进行全站仪竖轴的倾斜改正。

2 测量边长应进行归化到设计高程面的改正和投影到高斯-克吕格平面的改正。

12.3.4 当巷道贯通工作面相距 50m~100m 时,应对全站仪导线进行最后一次复测,并应进行贯通方向和坡度调整。

12.3.5 最后一次标定贯通方向时,两相向工作面的间距不应小于 50m。

12.3.6 在贯通工程施工过程中,应绘制 1:1000 或 1:2000 的

贯通工程掘砌进度图,并应及时填绘工程进展情况。

12.3.7 贯通井巷两相向工作面的警戒距离不应小于 20m。当接近警戒距离时,必须立即报告施工方。

12.3.8 井巷道贯通后,应测量计算实际贯通误差,并应将贯通面两侧的导线点和水准点进行联测,进行整体平差,作为最终成果。

12.3.9 巷道贯通后应按巷道的实际高差和距离重新计算坡度。在运输巷道中,当计算坡度与设计坡度的较差小于限差时,应按实际计算坡度调整腰线。当较差大于限差时,应延长调整坡度的距离,使坡度符合设计要求。

12.4 井下测图

12.4.1 井巷平面图可利用井巷中各级控制点进行测绘,控制点不足时,可按井下 30"级导线的精度进行加密。

12.4.2 井巷平面图测量应符合下列规定:

- 1 测图比例尺宜为 1 : 500 或 1 : 1000,高程注记至 0.01m。**
- 2 巷道平面范围线应以腰线高度面上两帮的实际形状为准,巷道高程应以底部高程为准。**
- 3 构筑物 and 永久性设备应实测表示。**

12.4.3 井筒纵横断面图测量应符合下列规定:

- 1 在井筒砌壁前、后应分别测量横断面图。每掘砌 5m~10m,应测绘拆卸模板后的横断面图。**
- 2 井筒纵断面应沿井筒十字中心线方向测量,各段毛、净断面的测量点应在同一竖面上,相邻断面上的测量点位应一致。**
- 3 各水平巷道和硐室的开口位置应实测表示。**
- 4 流沙、断层、溶洞和片帮等处,应测绘横断面图,并应注明施工处理方法。**
- 5 井筒砌筑完毕,应测量全井筒井壁的铅直度,并应绘井筒纵断面图。**

12.4.4 巷道纵横断面图测量应符合下列规定:

1 巷道纵断面图的纵向比例尺宜为 1 : 500 或 1 : 1000, 竖向宜为 1 : 50 或 1 : 100。

2 纵断面图测量时, 应测出巷道的顶、底板线及间距, 永久性运输轨道、轨面高程和坡度。

3 巷道和硐室每 10m 左右应测量横断面图。流沙、断层、溶洞和片帮等处, 应测横断面图, 并应注明施工处理方法。

4 横断面图测量时, 细部采点间距宜为 0.5m~1.0m。顶板和巷壁凸凹变化大于图上 2mm 处应实测表示。

12.4.5 溜井平面图和纵横断面图测量应符合下列规定:

1 平面图比例尺宜为 1 : 100~1 : 200。构筑物 and 永久性设备应实测表示。

2 硐室纵横断面图比例尺宜为 1 : 50~1 : 100。横断面间距不宜大于 5m。毛、净断面的轮廓线、观察孔和卸矿孔的位置应实测表示。

3 在互相垂直的两个方向上应测竖直断面图。

4 重要硐室应测支护前、后实际形状的断面图, 并应注明支护类型。

12.5 采掘验收测量

12.5.1 井巷施工测量应实测井巷特征点位置、高程并绘制有关图纸。每旬、月和年实际完成的工程量应进行验收, 并应绘制成巷及砌碇的规格, 与设计进行比较, 作为考核工程质量的依据。

12.5.2 采掘工作量应每月检查两次, 验收一次。

12.5.3 验收测量应从基点, 或上次验收的标记开始。测量完成后, 应在井筒或巷道壁上做出标记。

12.5.4 直线巷道长度测量应以中线为准, 曲线巷道长度测量应以曲线中心线为准, 并可采用皮尺丈量, 读数至分米。

12.5.5 掘砌巷道的刷帮量、挑顶量、卧底量以及塌方量等, 应计算其立方量, 不计算进尺。

12.5.6 对验收进尺有异议时,经施工单位管理部门同意后可重测。当重测长度与原测长度较差小于 3% 时,应以原验收结果为准;较差大于 3% 时,应重新测量。

12.5.7 巷道内旋岔进尺及立方量不应与巷道进尺及立方量重复计算。当已验收的巷道中补掘旋岔时,应扣除原巷道的进尺和立方量。当验收总量与设计总量不一致时,应在季末或年末进行调整。

12.5.8 在验收的工程量中,当有副产矿石时,应测量包括副产矿石的巷道长度。

12.5.9 矿石的质量应按下式计算:

$$M = V \cdot \gamma / k \quad (12.5.9)$$

式中: M ——矿石质量(t);

V ——矿石松散立方量(m^3);

γ ——矿石比重(t/m^3);

k ——松散系数,矿石可取 1.6,废石可取 2.0。

12.5.10 中深孔验收应符合下列规定:

1 采矿中孔的合格率应大于或等于 87%,每排合格率应大于或等于 80%。

2 采矿中孔的炮孔布置为垂直扇形孔时,扇形孔的排倾角应为 $90^\circ \pm 1^\circ$ 。

3 采矿中孔排距与设计排距偏差的绝对值不应大于 0.2m。

4 单个孔的角度与设计角度偏差的绝对值不应大于 1° 。

5 中孔的深度与设计深度偏差的绝对值不应大于 0.5m。

6 采矿大孔的合格率应大于或等于 85%,每排合格率应大于或等于 75%。

7 扇形大孔的排距与设计排距偏差的绝对值不应大于 0.2m。

8 扇形大孔单个孔的角度与设计角度偏差的绝对值不应大于 1° 。

9 大孔的排倾角应为 $90^\circ \pm 1^\circ$ 。

10 拉槽孔的排距应为 $1.8\text{m} \sim 2.0\text{m}$, 单个孔的角度应为 $90^\circ \pm 1^\circ$, 同排炮孔间距应为 $1.0\text{m} \sim 1.2\text{m}$ 。

11 大孔的深度应为设计深度 $\pm 1.0\text{m}$; 严重破碎地段的孔深应大于等于设计深度的 75% 。

13 变 形 监 测

13.1 一 般 规 定

13.1.1 本章适用于冶金工厂和矿山的厂房、设备、建(构)筑物及施工、生产工程项目的变形监测工作。有特殊要求的变形监测项目或采用新技术、新方法进行观测的项目,应按设计要求和相关规程规范的规定进行专门设计。

13.1.2 变形监测的等级、精度及适用范围应符合表 13.1.2 的规定。

表 13.1.2 变形监测的等级、精度及适用范围

等级	竖向位移		水平位移	适用范围
	监测点 高程中误差 (mm)	相邻监测点 高差中误差 (mm)	监测点 点位中误差 (mm)	
一等	≤ 0.3	≤ 0.10	≤ 1.5	连续工艺生产线,精密设备
二等	≤ 0.5	≤ 0.30	≤ 3.0	重要厂房、设备,高耸建构筑物
三等	≤ 1.0	≤ 0.50	≤ 6.0	一般厂房、构筑物,重要民用建构筑物,吊车轨道,混凝土尾矿坝,岩石边坡
四等	≤ 2.0	≤ 1.00	≤ 10.0	一般民用建构筑物,原料场,土质边坡,土石尾矿坝

- 注:1 竖向位移观测等级可根据变形监测点的高程中误差,或相邻监测点的高差中误差来确定,而不是两项精度指标应同时达到要求;
- 2 监测点的高程中误差和点位中误差是相对邻近基准点中误差;
- 3 水平位移监测点的位移分量(坐标分量或纵横向分量)的中误差,取点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 。

13.1.3 变形监测应做到实时性和连续性,同一项目的测量工作宜遵循下列原则:

- 1 观测方案和方法相同。
- 2 观测人员和设备不变。
- 3 数据处理方法相同。
- 4 首次观测应测量两次,取平均值作为初始值。
- 5 每期观测时,应记录周围环境条件和物理条件的变化情况。

13.1.4 变形监测网点的布置,应符合下列规定:

- 1 平面和高程基准点应布设在变形区以外的稳定区。
- 2 变形监测点应布设在被监测对象的变形敏感点上,能充分反映被监测对象的变形特征。
- 3 当在基准点上观测不方便时,可在相对稳定的变形区布设工作基点。

13.1.5 变形监测项目宜采用当地坐标系统和高程系统,也可采用独立系统。

13.2 竖向位移监测基准网

13.2.1 每个项目的竖向位移监测基准点不应少于 3 点,竖向位移监测基准点和水平位移监测基准点可共用一个标石。基准点应埋设在变形影响区外,并宜埋设在基岩上。当基岩埋藏较深时,可埋设深桩水准点,桩的深度宜与厂房、设备的基础桩深度相同,也可利用年代久远的建构筑物基础埋设墙水准点。

13.2.2 竖向位移监测基准网宜采用水准测量方法施测,水准路线应布设成闭合环或结点网。

13.2.3 竖向位移监测基准网的主要技术要求应符合表 13.2.3 的规定。

13.2.4 竖向位移监测基准网采用水准测量时,观测技术要求应符合表 13.2.4 的规定。

表 13.2.3 竖向位移监测基准网的主要技术要求

等级	相邻基准点 高差中误差 (mm)	每站高差 中误差 (mm)	往返高差较差 或路线闭合差 (mm)	检测已测 高差较差 (mm)
一等	≤ 0.3	≤ 0.08	$\leq 0.16\sqrt{n}$	$\leq 0.2\sqrt{n}$
二等	≤ 0.5	≤ 0.15	$\leq 0.30\sqrt{n}$	$\leq 0.4\sqrt{n}$
三等	≤ 1.0	≤ 0.30	$\leq 0.60\sqrt{n}$	$\leq 0.8\sqrt{n}$
四等	≤ 2.0	≤ 0.60	$\leq 1.20\sqrt{n}$	$\leq 1.7\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

表 13.2.4 竖向位移监测基准网水准测量观测的技术要求

等级	水准仪 类型	水准尺类型	观测 方式	视线 长度 (m)	前后视 距较差 (m)	前后视距 累计差 (m)	最低视 线高度 (m)	基辅读 数较差 (mm)	基辅高 差较差 (mm)
一等	DS05	钢瓦、条形码	往返	≤ 25	≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.4
二等	DS05	钢瓦、条形码	往返	≤ 60	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.5
	DS1	钢瓦、条形码	往返	≤ 50	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 0.5	≤ 0.3	≤ 0.5
三等	DS1	钢瓦、条形码	往	≤ 60	≤ 2.0	≤ 3.0	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.7
四等	DS1	钢瓦	往	≤ 75	≤ 5.0	≤ 8.0	≤ 0.2	≤ 1.0	≤ 1.5
	DS3	双面	往返	≤ 50	≤ 3.0	≤ 5.0	≤ 0.2	≤ 2.0	≤ 3.0

注: 数字水准仪应观测两次高差, 两次观测高差较差应满足基辅高差较差的要求。

13.2.5 用于一等观测的水准仪 i 角不应大于 $10''$, 二等不应大于 $15''$, 三、四等不应大于 $20''$ 。补偿式自动安平水准仪的补偿误差不应大于 $0.2''$ 。

13.2.6 水准路线或测段由往测转为返测时, 前、后水准尺应互换, 并应重新整置水准仪。

13.3 竖向位移监测

13.3.1 竖向位移监测网水准测量的主要技术要求应符合表 13.3.1 的规定。

表 13.3.1 竖向位移监测网水准测量的主要技术要求

等级	竖向位移点 高程中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返测高差较差 或路线闭合差 (mm)
一等	≤ 0.3	≤ 0.08	$\leq 0.16\sqrt{n}$
二等	≤ 0.5	≤ 0.15	$\leq 0.30\sqrt{n}$
三等	≤ 1.0	≤ 0.30	$\leq 0.60\sqrt{n}$
四等	≤ 2.0	≤ 0.60	$\leq 1.20\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

13.3.2 竖向位移监测网水准观测的技术要求应按本规范第 13.2.4 条的规定执行。

13.3.3 二等及二等以下的竖向位移监测点,在主路线观测的同时,可采用一次间视法进行观测,其视线长度不应大于相应等级的规定。在以后复测时,间视点的视线长、水准尺号应相同。

13.4 水平位移监测基准网

13.4.1 水平位移监测基准网的主要技术要求应符合表 13.4.1 的规定。

表 13.4.1 水平位移监测基准网的主要技术要求

等级	相邻基准点 点位中误差 (mm)	平均边长 (m)	测角中误差 (")	最弱边相对 中误差
一等	≤ 1.5	150	≤ 1.0	$\leq 1/200000$
二等	≤ 3.0	200	≤ 1.5	$\leq 1/150000$
三等	≤ 6.0	300	≤ 2.0	$\leq 1/100000$
四等	≤ 10.0	400	≤ 2.5	$\leq 1/80000$

13.4.2 每个监测项目的水平位移监测基准点不应少于 3 点,水平位移监测基准点和竖向位移监测基准点可以共享。精度要求高的项目,基准点、工作基点应埋设观测墩和强制对中板。归心观测

墩宜埋设在基岩上,当埋设在土层时,其埋设深度应大于地面上高度的 1.5 倍。

13.4.3 水平位移监测基准网可采用测角网、测边网、边角网、导线网布设,并应符合下列要求:

1 测角网、测边网、边角网的最弱相邻点的点位中误差,工作基点相对于邻近基准点的点位中误差,不应大于相应等级相邻基准点的点位中误差。

2 单一导线和导线网的最弱点的点位误差,不应大于相应等级相邻基准点的点位中误差。

13.4.4 只测量一个方向(纵向或横向)的水平位移时,可采用视准线法。在视准线两端基准点的纵、横方向,应分别埋设附点,以检测基准点的稳定性。

13.4.5 水平位移监测基准网按边角网测量时,应符合下列规定:

1 角度观测的技术要求应符合表 13.4.5-1 的规定。

表 13.4.5-1 角度观测的技术要求

等级	平均边长(m)	全站仪级别	测角中误差(″)	测回数	两次读数差(″)	半测回归零差(″)	2C互差(″)	测回较差(″)	三角形角度闭合差(″)
一等	150	DQ05	≤ 1.0	≥ 6	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 3	≤ 2.5
		DQ1		≥ 9	≤ 4	≤ 5	≤ 8	≤ 5	
二等	200	DQ05	≤ 1.5	≥ 4	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 3	≤ 3.5
		DQ1		≥ 6	≤ 4	≤ 5	≤ 8	≤ 5	
三等	300	DQ1	≤ 2.0	≥ 4	≤ 4	≤ 5	≤ 8	≤ 5	≤ 6.0
		DQ2		≥ 6	≤ 6	≤ 8	≤ 13	≤ 8	
四等	400	DQ1	≤ 2.5	≥ 2	≤ 4	≤ 5	≤ 8	≤ 5	≤ 9.0
		DQ2		≥ 4	≤ 6	≤ 8	≤ 13	≤ 8	

2 边长观测的技术要求,应符合表 13.4.5-2 规定。当采用垂直角进行边长的平距计算时,垂直角小于 3° 的,观测一测回;大于 3° 的,应观测二测回。垂直角可按本规范五等全站仪三角高程测量的技术要求单向观测。

表 13.4.5-2 边长观测的技术要求

等级	全站仪级别	平均边长(m)	边长测量		测回数		往返测较差(mm)	气象读数	
			中误差(mm)	相对中误差	往测	返测		气压(Pa)	温度(℃)
一等	DQ05	150	≤ 1	$\leq 1/200000$	≥ 6	≥ 6	≤ 1.4	50	0.2
二等	DQ05	200	≤ 2	$\leq 1/150000$	≥ 3	≥ 3	≤ 3.0		
	DQ1				≥ 4	≥ 4	≤ 5.0		
三等	DQ1	300	≤ 4	$\leq 1/100000$	≥ 3	≥ 3	≤ 5.0		
	DQ2				≥ 4	≥ 4	≤ 6.0		
四等	DQ2	400	≤ 6	$\leq 1/80000$	≥ 2	≥ 2	≤ 7.0		
	DQ6				≥ 4	≥ 4	≤ 9.0		

13.4.6 水平位移监测基准网按导线网观测时,应符合下列规定:

1 导线测量的主要技术要求应符合表 13.4.6-1 的规定。

表 13.4.6-1 导线测量的主要技术要求

等级	最弱点位中误差(mm)	导线总长(m)	平均边长(m)	测角中误差(″)	测边中误差(mm)	全长相对闭合差
一等	≤ 1.5	≤ 750	150	≤ 1.0	≤ 0.7	$\leq 1/100000$
二等	≤ 3.0	≤ 1000	200	≤ 1.5	≤ 1.2	$\leq 1/70000$
三等	≤ 6.0	≤ 1500	300	≤ 2.0	≤ 2.5	$\leq 1/50000$
四等	≤ 10.0	≤ 2000	400	≤ 2.5	≤ 4.5	$\leq 1/40000$

2 导线水平角观测的限差应符合表 13.4.6-2 的规定。

表 13.4.6-2 导线水平角观测的限差

等级	全站仪级别	测角中误差(″)	测回数	两次读数差(″)	半测回归零差(″)	2C较差(″)	测回较差(″)	方位角闭合差(″)
一等	DQ05	≤ 1.0	≥ 6	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 3	$\leq 2\sqrt{n}$
	DQ1		≥ 9	≤ 4	≤ 5	≤ 8	≤ 5	

续表 13.4.6-2

等级	全站仪 级别	测角 中误差 (")	测回数	两次读 数差 (")	半测回 归零差 (")	2C 较差 (")	测回 较差 (")	方位角 闭合差 (")
二等	DQ05	≤ 1.5	≥ 4	≤ 2	≤ 3	≤ 4	≤ 3	$\leq 3\sqrt{n}$
	DQ1		≥ 6	≤ 4	≤ 5	≤ 8	≤ 5	
三等	DQ1	≤ 2.0	≥ 4	≤ 4	≤ 5	≤ 8	≤ 5	$\leq 4\sqrt{n}$
	DQ2		≥ 6	≤ 6	≤ 8	≤ 13	≤ 8	
四等	DQ1	≤ 2.5	≥ 2	≤ 4	≤ 5	≤ 8	≤ 5	$\leq 5\sqrt{n}$
	DQ2		≥ 4	≤ 6	≤ 8	≤ 13	≤ 8	

注： n 为角度个数。

3 导线边长观测的技术要求应符合表 13.4.6-3 的规定。

表 13.4.6-3 导线边长观测的技术要求

等级	全站仪 级别	平均 边长 (m)	测距 中误差 (mm)	测回数		往返观 测较差 (mm)	最小读数		全长相对 闭合差
				往	返		气压 (Pa)	温度 (℃)	
一等	DQ05	150	≤ 0.7	≥ 6	≥ 6	≥ 1.4	50	0.2	$\leq 1/100000$
二等	DQ05	200	≤ 1.2	≥ 4	≥ 4	≥ 3.0			$\leq 1/70000$
	DQ1			≥ 6	≥ 6	≥ 4.0			
三等	DQ1	300	≤ 2.5	≥ 3	≥ 3	≥ 5.0			$\leq 1/50000$
	DQ2			≥ 4	≥ 4	≥ 6.0			
四等	DQ2	400	≤ 4.5	≥ 2	≥ 2	≥ 6.0			$\leq 1/40000$
	DQ6			≥ 4	≥ 4	≥ 7.0			

4 当采用垂直角进行边长平距计算时,垂直角小于 3°的观测一测回,大于 3°的观测二测回。垂直角可按本规范五等全站仪三角高程测量的技术要求单向观测。

13.5 水平位移监测

13.5.1 变形监测点的水平位移可采用视准线、极坐标、交会、吊

垂球、全站仪投点等常规方法观测。

13.5.2 采用视准线法观测点位横向位移时,应符合下列规定:

- 1 一、二等宜采用有测微器的活动觇牌,三、四等可采用直读式标尺。
- 2 视准线法观测的技术要求应符合表 13.5.2 的规定。

表 13.5.2 视准线法观测的技术要求

等级	位移量 中误差 (mm)	视线长和测回数									
		100m		200m		300m		400m		500m	
		DQ1	DQ2	DQ1	DQ2	DQ1	DQ2	DQ1	DQ2	DQ1	DQ2
一	1.0	1	—	2	2	—	—	—	—	—	—
二	2.0	1	1	1	2	2	4	2	4	4	—
三	4.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
四	7.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

注:1 为正镜(或到镜)读两次数(半测回);

2 为正、倒镜分别读两次数(一测回);

4 为观测两个测回。

13.5.3 采用极坐标法观测应符合下列规定:

- 1 宜采用全站仪双测站极坐标法测定。
- 2 测角中误差、测边中误差可按下列公式计算:

$$m_{\beta} = \frac{m_p}{\sqrt{2} \cdot S} \rho \quad (13.5.3-1)$$

$$m_s = \frac{m_p}{\sqrt{2}} \quad (13.5.3-2)$$

式中: m_p ——最弱点点位中误差(mm);

m_{β} ——测角中误差(");

m_s ——测边中误差(mm);

S ——测站到监测点的最长距离(mm);

ρ ——206265"。

13.5.4 采用前方交会法观测应符合下列规定:

1 控制点不宜少于 3 点,控制点间距离不宜小于交会边长。采用测角交会时,待定点交会角宜在 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之间;采用测边交会法时,交会角宜在 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 之间。

2 采用测角交会观测时,测角中误差可按下列公式计算:

$$m_{\beta} = \frac{m_p \sin^2 \gamma}{S \sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}} \rho \quad (13.5.4-1)$$

或

$$m_{\beta} = \frac{m_p \sin^2 \gamma}{S \sqrt{a^2 + b^2}} \rho \quad (13.5.4-2)$$

式中: m_{β} ——测角中误差(");

m_p ——最弱点点位中误差(mm);

S ——两已知点间距离(m);

α, β ——测站交会角($^{\circ} ' "$);

a, b ——测站到监测点的距离(m);

γ ——待定点交会角(");

ρ ——206265"。

3 采用测边交会观测时,测边中误差可按下列公式计算:

$$m_s = \frac{h \cdot S}{\sqrt{2}(a \cdot b)} m_p \quad (13.5.4-3)$$

式中: m_s ——测边中误差(mm);

a, b ——两测站到监测点的距离(m);

S ——两已知点间距离(mm);

h ——监测点至两测站连线的垂距(m)。

13.5.5 采用吊垂线法观测纵、横向相对位移时,应符合下列规定:

1 垂线应采用直径为 0.5mm~1.2mm 的高强度钢丝,抗拉安全系数应大于 2,下端应吊 5kg~10kg 的重锤。

2 当垂线较长重锤摆动时,应将重锤放入盛有稳定液的容器中。

3 垂线悬挂支点到下端读数点间的距离应测量至厘米。

4 吊线法观测的技术要求应符合表 13.5.5 的规定。

表 13.5.5 吊垂线法观测的技术要求

等级	位移分量中误差 (mm)	观测次数	读数较差 (mm)
一	≤ 0.7	≥ 4	≤ 1
二	≤ 1.4	≥ 3	≤ 2
三	≤ 2.8	≥ 2	≤ 2
四	≤ 5.0	≥ 2	≤ 3

13.5.6 采用全站仪投点法观测纵、横向相对位移时应符合下列规定：

1 每个监测点应设置上、下两个观测标志。上、下标志应大致在同一铅垂线上，偏差不宜大于 20mm。

2 采用不低于 DQ2 级全站仪观测。全站仪到下标志的距离，不宜小于上、下标志间距离的 1.5 倍。

3 投点法观测的技术要求应符合表 13.5.6 的规定。

表 13.5.6 投点法观测的技术要求

等级	位移分量 中误差 (mm)	观测方式	观测次数	读数较差 (mm)	正倒镜 平均值较差 (mm)
一	≤ 0.7	正镜,倒镜	各 ≥ 4	≤ 1	≤ 1
二	≤ 1.4	正镜,倒镜	各 ≥ 3	≤ 2	≤ 2
三	≤ 2.8	正镜,倒镜	各 ≥ 2	≤ 2	≤ 2
四	≤ 5.0	正镜,倒镜	各 ≥ 1	≤ 3	≤ 3

13.6 GNSS 水平位移监测

13.6.1 大型工业场地、矿山滑坡、尾矿坝、堤坝等的位移,可采用全球导航卫星系统(GNSS)观测。GNSS 水平位移监测网的主要技术要求应符合表 13.6.1 的规定。

表 13.6.1 GNSS 水平位移监测网的主要技术要求

网类型	等级	平均点距 S(km)	固定误差 a(mm)	比例误差系数 b(mm/km)	基线测量相对 中误差	点位中误差 (mm)
基准网	二等	5	≤5	≤1	≤1/700000	—
	三等	3	≤5	≤1	≤1/400000	5
	四等	1	≤5	≤2	≤1/200000	5
监测网	三等	1.5	≤5	≤2	≤1/200000	6
	四等	0.5	≤5	≤2	≤1/100000	10

注:1 基线边长误差按 $\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2}$ 计算;

2 d 取 GNSS 网基线的平均值,当 d 小于平均边长的 1/2 时,按 1/2 计。

13.6.2 基线网和监测网布设应符合下列要求:

1 基线网和监测网应组成三角形、大地四边形或中点多边形。

2 每个点至少应有 3 条独立观测基线相连。

3 点位周围 100m 范围内不应有高压线、运行的电动机或发电机、信号发射或接收装置。

4 点位周围高度角 15°以上的区域内,不宜有成片的建构筑物和树林等遮挡物。

13.6.3 GNSS 水平位移监测网观测的主要技术要求应符合表 13.6.3 的规定。

表 13.6.3 GNSS 水平位移监测网观测的主要技术要求

项目	基准网			监测网	
	二等	三等	四等	三等	四等
GNSS 接收机	双频,标称精度 5mm+1mm/km				
观测方式	静态				
同步观测时间(')	≥90	≥60	≥40	≥40	≥30
数据采样(")	5~15	5~15	5~15	5~15	5~15
有效卫星数	≥6	≥6	≥5	≥5	≥5
卫星高度角(°)	≥15	≥15	≥15	≥15	≥15

续表 13.6.3

项目	基准网			监测网	
	二等	三等	四等	三等	四等
平均上站率	≥ 2	≥ 2	≥ 1.6	≥ 1.6	≥ 1.6
PDOP	≤ 5	≤ 5	≤ 6	≤ 6	≤ 6
天线高较差(mm)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 2	≤ 2

13.6.4 观测数据处理和基线质量检验应按本规范第 4.2 节的相关规定执行。

13.7 工业建(构)筑物监测

13.7.1 在冶金工业厂矿施工建设阶段,重要厂房、设备应进行变形监测。在生产阶段,应继续进行变形监测工作。

13.7.2 在施工建设阶段,建(构)筑物的竖向位移监测点的点位设置宜由设计单位提出。当设计未明确时,竖向位移监测点宜在下列位置布设:

1 建(构)筑物的主要角,沉降缝两侧,新旧连接缝两侧,已经发生裂缝两侧,纵、横墙交接处。

2 框架结构建(构)筑物宜按纵、横行列线在柱基础上对称布点,点间距不宜大于 20m。

3 地质条件不良处,桩基深度变换处,人工地基与天然地基分界处,填、挖方分界处应布点。

4 重要设备的四角基础、连续生产线和重型吊车基础,每隔 10m~15m 布设 1 点。

5 大型沉井、沉箱的四角和中部。

6 高炉、烟囱、水塔、油罐等高耸构筑物,应沿基础周围对称布点,不应少于 4 点。

7 在柱基础上的监测点应高出地平标高 0.3m 左右。基础设计负荷很大的建筑物和柱基础,当预期竖向位移量较大时,可先埋设临时监测点,待正式监测点埋设后再与临时点联测。

8 监测点埋设应避开暖气管(片)、落水管、窗台、配电盘等,并应考虑墙填充和设备安装的影响,防止被破坏。

13.7.3 施工阶段竖向位移观测周期应按下列规定执行:

1 厂房设备的基础浇灌、基坑回填、结构安装、工业炉砌筑期间,在负荷增、减变化前和后应进行观测。

2 高层建筑每增加 1 层~2 层,烟囱、水塔等每增加 10m~15m 应观测。

3 施工期间中途停工超过 2 个月,在停工和复工前应进行观测。

4 建(构)筑物的环境条件出现异常情况时应进行观测。

5 建(构)筑物负荷不再增加,至该项目交工前,观测次数应按下列规定执行:

1)连续 3 个月的月平均竖向位移量小于 1mm 时,可每 3 个月观测一次,否则每个月应观测一次。

2)连续两个季度的平均竖向位移量小于 1mm 时,可每 6 个月观测一次。

3)项目交工时应进行施工阶段的最后一次观测。

13.7.4 生产运行阶段竖向位移观测周期,应按下列规定执行:

1 每年观测不宜少于两次,观测时间宜在春夏季的丰水期和秋冬季的枯水期。

2 厂房或设备的环境条件发生较大变化,厂房或设备出现异常征兆等情况时应进行观测。

3 遇狂风、暴雨、洪灾、地震等重大地质灾害时应进行观测。

13.7.5 在施工阶段和生产运营阶段,对烟囱、水塔、储气罐等高耸建构筑物应进行倾斜监测。

13.8 露天矿边坡监测

13.8.1 露天矿边坡的下列地段应进行水平位移和竖向位移变形监测:

1 边坡岩体的断层、破碎带、风化带和岩层节理发育等工程地质条件复杂的地段。

2 边坡岩体中受地下水、地表水影响较大的地段。

3 运输枢纽等重要地段。

4 受爆破震动影响较严重的地段。

5 形成了较高的边坡和服务年限较长的地段。

6 已经发生移动或正在进行边坡治理的地段。

13.8.2 基准点可利用矿区已有测量控制点,也可专门布设。每隔 2 个~3 个台阶应布设一组高程基准点,每组不应少于 3 点,各组之间应组成高程基准网。

13.8.3 边坡变形监测点布设应符合下列要求:

1 应根据地质和采矿条件,布设在变形敏感部位。

2 被构造弱面切割的每部分岩体上,至少应布设 1 个监测点。

3 边坡监测点应组成观测线,并应与边坡岩体移动方向大致相同,也可在垂直于边坡方向按等间距布设。

13.8.4 边坡监测的精度应符合表 13.8.4 的规定。

表 13.8.4 边坡监测的精度要求

边坡类型	监测点测量中误差(mm)		判断可能滑动的报警值(mm)	
	竖向位移	水平位移	竖向位移	水平位移
硬岩边坡	≤ 2	≤ 4	≤ 14	≤ 14
软岩边坡	≤ 3	≤ 6	≤ 20	≤ 20
风化岩边坡	≤ 5	≤ 10	≤ 30	≤ 30

13.8.5 根据边坡活跃程度,观测周期应按下列原则确定:

1 水平位移应每半年观测一次。

2 竖向位移应每三个月观测一次。

3 大爆破前后,雨季和融雪季节应进行下沉警戒观测。

4 当边坡进入滑动状态后,应随移动加速缩短观测周期。

13.8.6 每次观测完成后,应根据工程地质、水文地质和采矿条件

及干扰因素进行分析和预测：

- 1 判断各监测点是否发生移动,分析移动原因及移动特征。
- 2 结合边坡地质条件,对可能发生滑坡的滑动面位置、形状、滑落方向作出推断。
- 3 对边坡移动岩体的滑动地段、滑落的时间及危害程度作出推断。

13.8.7 边坡监测应提交下列资料：

- 1 监测点的高程、竖向位移量及速率。
- 2 监测点的坐标和纵、横向水平位移量及速率,水平位移方向。
- 3 监测区域地形图。
- 4 观测线的地质剖面图。
- 5 观测线的竖向位移曲线图或水平位移矢量图。
- 6 监测点竖向位移、水平位移过程曲线图。
- 7 竖向位移和水平位移等值线图。

13.8.8 当边坡个别地段发生滑坡后应立即进行观测,并编写监测报告,应包括下列内容：

- 1 发生滑坡的时间、地点和原因。
- 2 地表和边坡变形情况,对采剥工程、建构筑物的危害情况及程度。
- 3 变形分析及变形趋势预测。

13.9 井下岩体监测

I 观测线和监测点的布设

13.9.1 对于开采缓倾斜层状矿体,应在移动盆地的主断面上沿矿层走向和倾向各布设一条观测线,并应组成地表移动监测网。当回采工作面的走向长度大于 $1.4H_0 + 50\text{m}$ (H_0 为平均开采深度)时,亦可沿倾向设两条观测线,其间距不应小于 50m。

13.9.2 对于开采急倾斜层状矿体,应在移动盆地的主断面上布

设互相垂直的两条观测线外,并应在采空区的正上方沿走向再布设一条观测线,沿走向的两条观测线间距应小于 30m。当回采工作面沿走向较长时,沿倾向也可再布设一条观测线,沿倾向的两条观测线间距应小于 50m。

13.9.3 对于矿体形状变化较大、矿床地质构造复杂的急倾斜矿体,可沿工作开采方向布设观测线,或在分析采空区上方岩体结构的基础上,垂直重要结构面在可能发生竖向位移和水平位移的部位布设观测线。当地表已经形成塌陷坑时,监测线应布设在其扩展方向上,与塌陷坑边线大致正交,并应超出次生裂隙以外。

II 变 形 监 测

13.9.4 井下岩体变形监测的精度应符合表 13.9.4 的规定。

表 13.9.4 岩体变形监测的精度要求

开采区上部岩体类型	监测点测量中误差(mm)	
	竖向位移	水平位移
坚硬岩体	≤ 3	≤ 6
中硬及软岩体	≤ 5	≤ 10
风化岩及表土	≤ 10	≤ 20

13.9.5 变形观测开始前应搜集下列资料:

1 回采工作面的位置、采高、采出矿量和空间体积;爆破地点、时间和规模;放矿地点和放矿量;矿柱位置和尺寸。

2 回采巷道和回采工作面地压情况,监测时期冒顶、落块、声响、涌水等异常现象及程度。

3 采场的工程地质及水文地质情况。

13.9.6 井下岩体变形监测应在采场围岩和上部巷道中布设井下监测点,并应在稳定的部位设置控制基点,构成监测网。

13.9.7 回采工作开始后,每隔一定时间进行一次警戒线竖向位移观测。当竖向位移量大于两倍竖向位移测量中误差时,则应定期进行全面监测。监测周期应随下沉速度增大而缩短。

13.9.8 井下开采岩体变形监测应提交下列资料:

- 1 井下生产的地质情况和回采情况。
- 2 岩体移动监测的历史和岩体移动的历史概况。
- 3 爆破和放矿对岩体移动的影响,季节、降雨和融雪与岩体移动的关系,岩体移动与各种异常现象的关系。
- 4 不同条件下采矿、放矿、爆破的影响范围,影响到达时刻、影响时间和影响的程度。
- 5 岩体移动区空间形状的几何参数,如移动角、极限移动角、裂隙角与最大下沉角。
- 6 岩体移动的基本规律,移动趋势预测。
- 7 监测资料及成果资料。
- 8 监测中的问题及建议。

13.10 尾矿坝和排土场监测

13.10.1 尾矿坝和排土场变形监测的精度应符合表 13.10.1 的规定。

表 13.10.1 尾矿坝和排土场变形监测的精度要求

项 目	监测点位中误差(mm)	
	沉降	水平位移
尾矿坝	≤ 5	≤ 10
排土场	≤ 20	≤ 40

13.10.2 尾矿坝的基准点和监测点布设应符合下列规定:

- 1 基准点应布设在尾矿两端坝外的稳定区,观测线的每一端不少于两点。
- 2 初期坝、砂坝的坝顶、坝坡面、坝脚上,回水管经过地方,严重渗漏地段应布监测点,点间距应为 30m~50m。
- 3 在同一高度的监测点应组成观测线,在不同高度的监测点宜组成剖面,剖面应通过排渗孔和浸润线观测孔。
- 4 在建尾矿坝应根据分层施工的进度,在新建成的台阶上布设监测点,构成新观测线。

13.10.3 排土场的基准点和监测点布设应符合下列要求:

1 基准点应布设在排土场外的稳定区,每个排土场不应少于 3 点。

2 在排土场上部平台、坡肩、坡面、坡脚,每 30m~50m 布 1 个监测点。

13.10.4 尾矿坝和排土场监测宜在春秋各观测一次,雨季前后各加测一次。当下沉量超过尾矿砂自然固结值或移动矢量指向坝外时,应随变形速率增大而缩短观测周期。

13.10.5 尾矿坝应结合坝高、水位、干滩长度、渗流量等因素定期进行变形分析。排土场应结合排土高度、降雨量等因素进行变形分析。确定各监测点的变形量和速率,分析固结过程和变形规律,预测变形发展趋势。

13.11 数 据 处 理

13.11.1 观测数据的质量应进行下列检验:

1 边角网应计算图形条件角度闭合差、极条件闭合差、测角中误差、测边中误差。

2 导线网应计算路线角度闭合差、测角中误差、点位闭合差和全长相对闭合差。

3 水准网应计算附和路线和环线高差闭合差,单位权高差中数中误差。

4 各项精度应满足规范和设计书的规定要求。

13.11.2 根据基准点的稳定情况,可选择下列方法进行平差计算:

1 当网中有固定基准点且点位稳定时,应采用固定基准按经典方法进行约束平差。

2 当网中没有稳定基准点时,可采用重心基准按秩亏网进行平差。

3 当网中可能有部分相对稳定的基准点时,可采用拟稳基准

按拟稳网进行平差。

13.11.3 基准点的稳定性可采用比较法按下式进行检验：

$$\text{当 } d < 2\mu_0 \sqrt{2Q} \text{ 时, 点位稳定} \quad (13.11.3-1)$$

$$\text{当 } d \geq 2\mu_0 \sqrt{2Q} \text{ 时, 点位不稳定} \quad (13.11.3-2)$$

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{(f_i \mu_i^2)}{(f_i)}} \quad (13.11.3-3)$$

式中： d ——两期观测值的较差；

Q ——检验点的高程或坐标的权倒数；

μ_0 ——单位权中误差(mm)；

μ_i ——第 i 期观测的单位权中误差(mm)；

f_i ——第 i 期的多余观测数。

当多余观测数很少时， μ_0 可取两期 μ_i 的几何平均值。

13.11.4 变形监测点的稳定性可采用下列简易方法进行检验：

1 以相邻两期的坐标或高程的较差与其测量中误差判断：当较差小于 2 倍中误差时，可认为点位在本次观测期间没有变形或变形不显著；当较差大于 2 倍中误差时，可认为点位不稳定。

2 当相邻两期的坐标或高程的较差小于其 2 倍中误差，但与前两期观测比较，较差呈现同一趋势（即较差的正、负号相同）时，也可视为点位不稳定。

13.11.5 变形规律分析宜按下列要求进行：

1 通过分析建立观测对象的变形与各种物理参数的函数关系，并宜对变形体的变形趋势、稳定性和安全性进行预测。

2 变形规律分析宜以 10 个以上观测周期的数据为依据。

3 当分析两个变量之间的关系时，可采用一元回归法；当分析一个变量与多个因子之间的关系时，宜采用逐步回归法。在回归方程中逐步引入显著因子，剔除不显著因子，最终得到最佳回归方程。

13.11.6 工业厂区建构筑物竖向位移允许值和稳定性的判断的临界值应按设计规定执行。

13.11.7 周期监测项目,每期观测工作结束后应提交当次报表,并应包括下列内容和信息:

- 1 观测日期、次数,观测对象周围物理条件的变化情况;
- 2 变形监测点当次的测量成果,与首次和前一次观测比较的变化量及变化速率。

13.11.8 当监测点的变形达到设计报警值或允许值时,必须立即报告委托方。

13.11.9 工程项目观测工作全部结束后,应提交项目总结报告,并应包括下列资料:

- 1 技术设计书。
- 2 历次记录手簿,计算资料。
- 3 技术报告。报告书应包括下列内容:
 - 1)观测目的、观测时间和周期、观测方法、数据质量;
 - 2)基准点和监测点布置图;
 - 3)历次观测成果汇总表,历次观测相对首次观测变形汇总表;
 - 4)变形过程分析图、表;
 - 5)变形过程的定量和定性分析,变形趋势预测;
 - 6)结论和建议。

附录 A 平面控制点标石埋设规格

A.0.1 土层地面预制标石的埋设(图 A.0.1)规格应符合下列规定:

- 1 标石高度应为 600mm;
- 2 标石顶面尺寸应为 150mm×150mm;
- 3 标石底面尺寸应为 250mm×250mm;
- 4 标面尺寸应为 300mm×300mm。

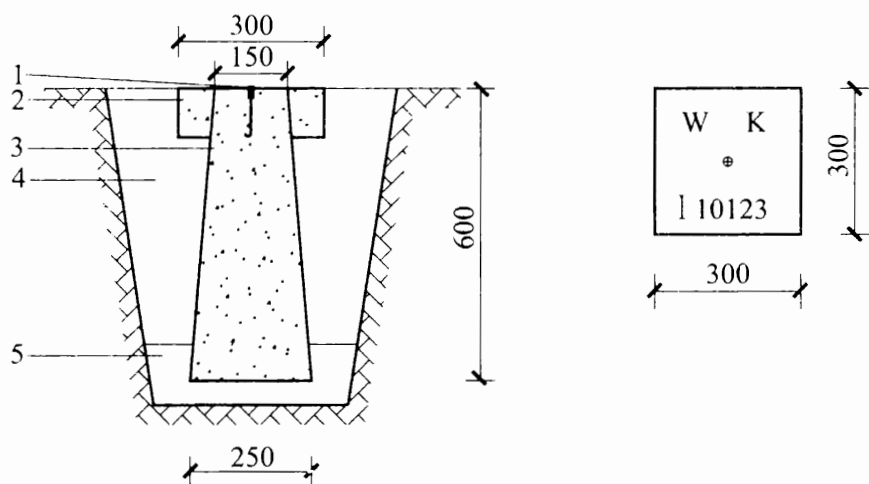


图 A.0.1 土层地面预制标石埋设(mm)

- 1 铜质或不锈钢质标芯;2 混凝土制标面;
3 预制混凝土标石;4 回填土;5 加固垫层

A.0.2 水泥或沥青路面标石的埋设(图 A.0.2)规格应符合下列规定:

- 1 标芯长度应为 120mm;
- 2 标面尺寸应为 300mm×300mm。

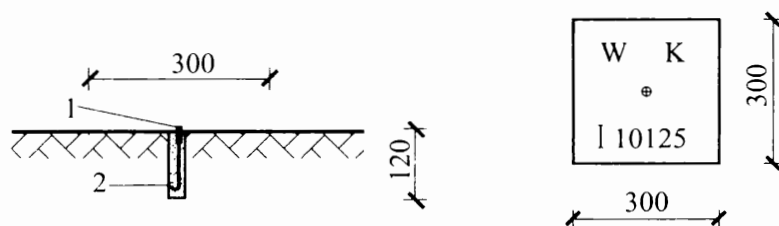


图 A.0.2 水泥和沥青路面标石埋设(mm)

1 铜质或不锈钢质标芯;2 水泥填实

A.0.3 房顶标石的埋设(图 A.0.3)规格应符合下列规定:

- 1 标石高度应为 150mm;
- 2 标面尺寸应为 300mm×300mm;
- 3 标石底面尺寸应为 400mm×400mm。

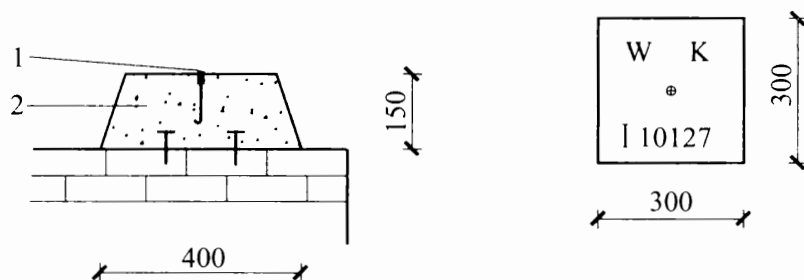


图 A.0.3 房顶标石埋设(mm)

1 铜质或不锈钢质标芯;2 混凝土现浇标石

A.0.4 冻土地区标石的底部应埋设在冻土线以下 0.3m~0.5m。

附录 B 水准点标石埋设规格

B.0.1 二、三等水准点标石的埋设(图 B.0.1)规格应符合下列规定:

- 1 标石高度应为 800mm;
- 2 标石顶面尺寸应为 300mm×300mm;
- 3 标石底面尺寸应为 400mm×400mm;
- 4 标石应埋入地面以下,其顶面距地表的埋深应为 200mm;
- 5 标石盖板尺寸应为 500mm×500mm。

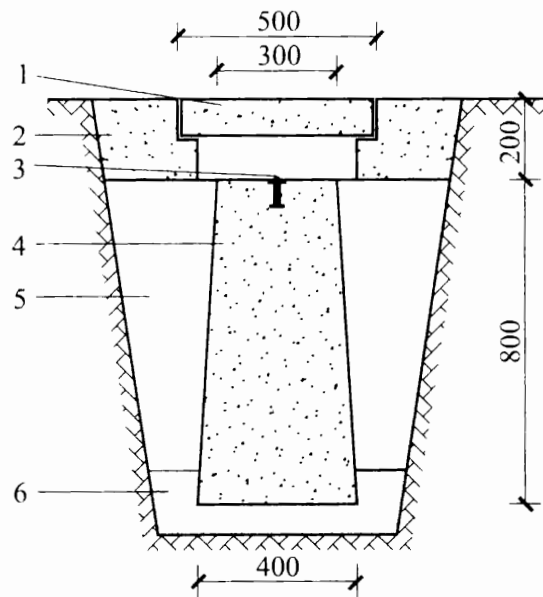


图 B.0.1 二、三等水准点标石埋设(mm)

- 1 盖板;2 标框;3 铜质或不锈钢质标芯;
4 预制混凝土标石;5 回填土;6 加固垫层

B.0.2 四等水准点标石的埋设(图 B.0.2)规格应符合下列规定:

- 1 标石高度应为 600mm;
- 2 标石顶面尺寸应为 200mm×200mm;
- 3 标石底面尺寸应为 300mm×300mm。

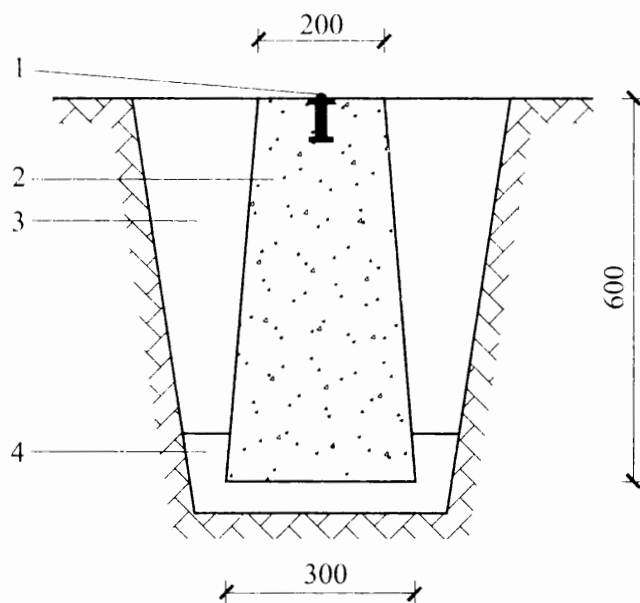


图 B. 0. 2 四等水准点标石埋设(mm)

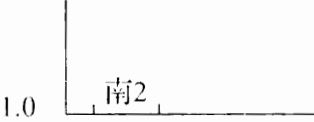
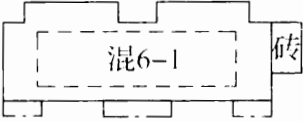
1 铜质或不锈钢质标芯;2 预制混凝土标石;3 回填土;4 加固垫层

B. 0. 3 当测区岩石埋藏较浅时,应将水准点埋设在基岩上。在微风化岩石上凿 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 的洞,应用混凝土将水准点标志直接埋入。

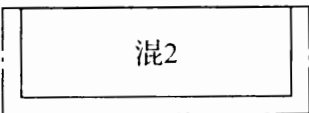
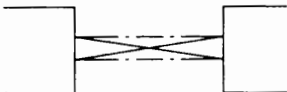
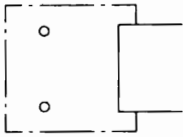
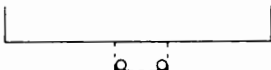
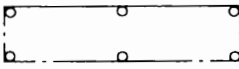
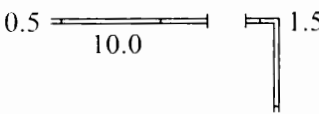
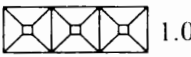
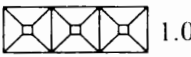
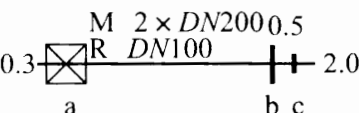
B. 0. 4 冻土地区标石的底部应埋设在冻土线以下 $0.3\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 。

附录 C 冶金工程测量图式

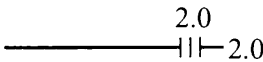
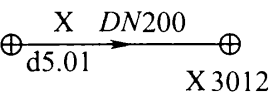
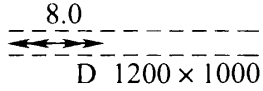
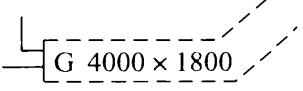
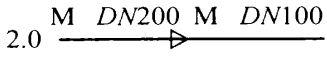
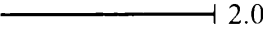
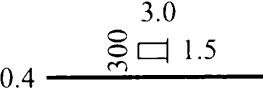
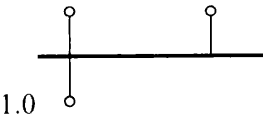
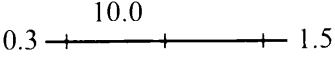
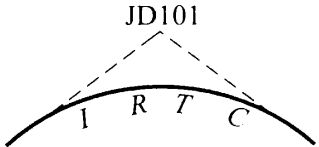
表 C 冶金工程测量图式

编号	符号名称	1:500 1:1000 1:2000	简要说明
1	测量控制点		
1.1	导线点	2.0 □ $\frac{110123}{86.78}$	110123 等级、点号 86.78 高程
1.2	埋石图根点	1.5 $\overset{2.5}{\bigcirc} \frac{202}{45.23}$	202 点号 45.23 高程
1.3	不埋石图根点	1.5 ○ $\frac{203}{56.67}$	
2	居民地及设施		
2.1	厂房门及编号	1.0 	南 2 厂房门编号
2.2	支柱支架	  a ○ 1.0 b	不分材质 a 依比例尺 b 不依比例尺
2.3	房屋综合表示		索线为悬空阳台, 虚线为地下室, 6 地面层数; -1 地下室层数
2.4	无墙的房屋		只表示四角支柱

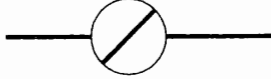
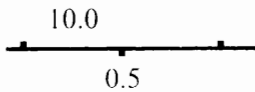
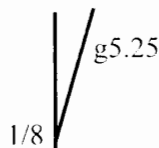
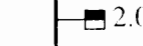
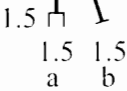
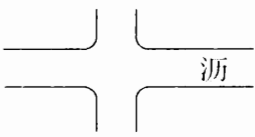
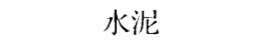
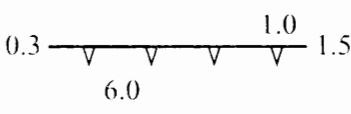
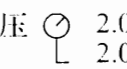
续表 C

编号	符号名称	1 : 500 1 : 1000 1 : 2000	简要说明
2.5	周边悬空楼房		有墙绘实线, 无墙 绘索线 有支柱的实测表示
2.6	简陋棚房		
2.7	悬空通廊		
2.8	雨阳棚		
2.9	门廊		
2.10	柱廊		
2.11	停车棚		
2.12	围墙、围墙门		
2.13	漏斗		
2.13.1	漏口在中间		
2.13.2	漏口在一侧		
3	工业管线		M、R 类型代码; 2 两根; DN 公称 尺寸; a 依比例尺; b 半依比例尺; c 不依 比例尺
3.1	架空管、支架		

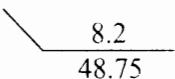
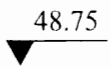
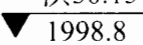
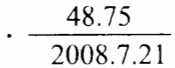
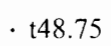
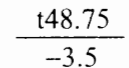
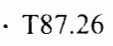
续表 C

编号	符号名称	1:500 1:1000 1:2000	简要说明
3.2	膨胀器		
3.3	地下管线、检修井		X3012 点号 d5.01—管内底高
3.4	地下电缆沟		D 类型代码 1200×1000 内空 尺寸,宽×高
3.5	综合管沟、 电缆隧道		
3.6	变径点		地上和地下管通用
3.7	管断头		
4	铁路及附属设施		
4.1	标准轨、里程碑		标准轨距(1.435m) 铁路,用 0.4mm 粗线 条表示中心线位置; 里程碑平行铁路绘 示;300—里程
4.2	电气化铁路		电杆位置实测;电车 轨道亦用此符号表示
4.3	窄轨		轨距小于标准轨距的 铁路
4.4	曲线元素		JD101 交点及编 号; I 交角; R—半 径; T—切线长; C— 曲线长;图面内容多 时切线可不绘

续表 C

编号	符号名称	1 : 500 1 : 1000 1 : 2000	简要说明
4.5	机车转盘		转盘实测表示
4.6	驼峰		驼峰符号中心绘于 轨面高程最高处
4.7	减速器		
4.8	轨面高		g5.25 铁路轨 面高
4.9	道岔号		
4.10	手动扳道器		
4.11	电动扳道器		
4.12	车档		a 金属 b 堆土
5	其他		
5.1	厂矿内部道路		厂矿内部道路用实 线表示
5.2	水泥地坪		厂区用水泥平铺的 地面
5.3	挡土墙		
5.4	计量仪表		注记“温”(温度)、 “电”(电表)、“水”(水 表)、“压”(压力表)等

续表 C

编号	符号名称	1 : 500 1 : 1000 1 : 2000	简要说明
5.5	地下管线指示桩	1.0  2.0 1.0	注“煤气”、“光纤”、“水”等
6	特殊高程注记		
6.1	净空高	 8.2 48.75	8.2 净空高; 48.75 地面高程
6.2	地坪高程	 48.75	
6.3	洪水位	 洪50.15 1998.8	洪 50.15-- 洪水位 高程; 1998.8-- 洪水发生 时间
6.4	水面高程	 48.75 2008.7.21	48.75-- 水面高程; 2008.7.21 测量 日期
6.5	井台高程、井深	 t48.75  t48.75 -3.5	t48.75-- 井台高程; -3.5-- 井深
6.6	地下管线的 管顶高程	 g3.56	
6.7	地下管线的 管底高程	 d5.27	
6.8	建构筑物顶的 高程	 T87.26	

注:1 虚线“-----”:实线段 5.0mm,间隔 1.0mm。表示地下建(构)筑物,或被上层遮盖的建构筑物的外轮廓线或中心线:

2 索线“——·——”:实线段 5.0mm,实线段间隔 3.0mm,中间点直径 0.3mm。表示地上建(构)筑物悬空部分的外轮廓线或中心线。

附录 D 铁路道岔主要尺寸表

D.0.1 常用单开道岔(图 D.0.1)主要尺寸应符合表 D.0.1 的规定。

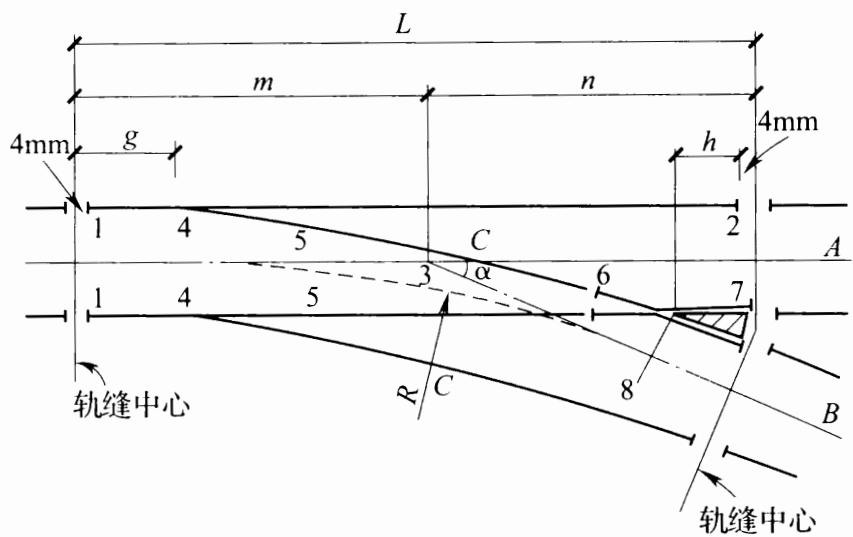


图 D.0.1 单开道岔示意

1 道岔始端;2 道岔终端;3 道岔中心(岔心);4 尖轨尖端;
5 尖轨跟端;6 辙叉趾端;7 辙叉跟端;8 辙叉心;
A 道岔主线;B 道岔侧线;C 导曲线; α 辙叉角; R 导曲线半径

表 D.0.1 常用单开道岔主要尺寸表

道岔型号	钢轨类型 (kg/m)	辙叉角 α (° ' ")	道岔全长 L (m)	道岔始端 轨缝中心 至岔心 的距离 m (m)	道岔至 辙叉跟端 轨缝中心 的距离 n (m)	辙尖前 基本轨 长度 q (m)	辙叉 跟距 h (m)	导曲线 半径 R (m)
5	43	11 18 36	15.693	6.724	8.969	0.711	1.719	52.575
	38,44.6	11 18 36	16.458	7.905	8.553	1.092	1.303	50.000
	43.50	11 18 35	16.458	7.905	8.553	1.232	1.365	88.301
	—	11 18 36	16.453	7.346	9.009	—	1.853	51.500
6	43.50	9 27 44	13.485	8.491	9.994	1.221	1.321	110.000
	38,44.6	9 27 44	18.485	8.491	9.994	1.092	1.321	80.000

续表 D.0.1

道岔型号	钢轨类型 (kg/m)	辙叉角 α (° ' ")	道岔全长 L (m)	道岔始端 轨缝中心 至岔心 的距离 m (m)	道岔至 辙叉跟端 轨缝中心 的距离 n (m)	辙尖前 基本轨 长度 q (m)	辙叉 跟距 h (m)	导曲线 半径 R (m)
6	—	9 27 44	18.221	7.675	10.546	0.714	1.877	78.530
	43	9 27 44	18.029	7.598	10.431	0.681	1.7627	76.000
7	43,50	8 07 48	22.967	10.897	12.070	2.242	1.970	150.000
	38,44.6	8 07 48	22.967	11.527	11.440	2.348	1.340	110.000
	43	8 07 48	21.754	9.684	12.070	0.711	1.970	110.000
	44.5	8 07 48	22.959	11.523	11.436	2.376	1.340	110.000
	60	8 07 48	21.516	10.897	12.619	—	—	—
8	38,43,44.6,50	7 07 30	27.165	13.725	3.440	2.650	1.911	145.000
	43	7 07 30	27.882	13.941	13.941	2.650	2.412	145.000
	60	7 07 30	25.016	10.967	14.049	—	—	—
	43E	7 07 30	25.908	11.915	13.993	2.850	2.535	148.700
	—	7 07 30	25.973	12.125	13.848	—	—	—
9	38,43,44.5,50	6 20 25	28.848	13.839	15.009	2.650	2.050	180.000
	38	6 20 25	29.868	14.508	15.360	2.650	2.405	180.000
	—	6 20 25	29.868	14.508	15.360	2.650	1.964	100.000
10	38.43,50	5 42 38	20.804	14.224	16.580	2.650	2.190	230.000
	—	5 42 40	31.424	14.435	16.989	2.650	2.604	230.000
	43E	5 42 00	29.594	12.090	17.540	2.650	3.175	239.900
11	38,43,44.5,50	5 10 40	35.017	16.756	18.261	2.650	2.430	280.000
	—	5 10 40	33.332	14.571	18.761	2.650	2.943	280.000
	—	5 10 40	33.332	14.571	18.761	2.650	2.443	280.000
12	38,43,44.5,50	4 45 49	36.815	16.853	19.962	2.650	2.708	330.000
	—	4 45 40	36.815	16.853	19.962	2.650	2.650	330.000
	—	4 45 40	36.595	16.853	19.742	2.650	2.492	330.000
	—	4 45 40	34.642	14.961	19.681	2.650	2.427	350.000
	60	4 45 40	35.205	14.961	20.244	2.650	2.994	350.000
	—	— — —	37.907	16.853	21.054	—	—	—

续表 D.0.1

道岔型号	钢轨类型 (kg/m)	辙叉角 α (° ' ")	道岔全长 L (m)	道岔始端 轨缝中心 至岔心的 距离 m (m)	道岔至 辙叉跟端 轨缝中心 的距离 n (m)	辙尖前 基本轨 长度 q (m)	辙叉 跟距 h (m)	导曲线 半径 R (m)
18	50	3 10 47	54.000	27.745	31.255	3.878	6.400	800.000
	60		69.000	31.729	37.271			1099.28
42	60	1 21 50	157.200	60.573	96.627			

D.0.2 常用单开对称道岔(图 D.0.2)主要尺寸应符合表 D.0.2 的规定。

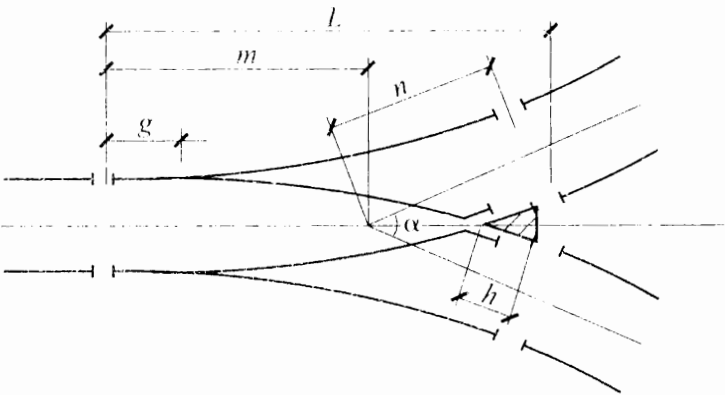


图 D.0.2 单开对称道岔示意

表 D.0.2 常用单开对称道岔主要尺寸表

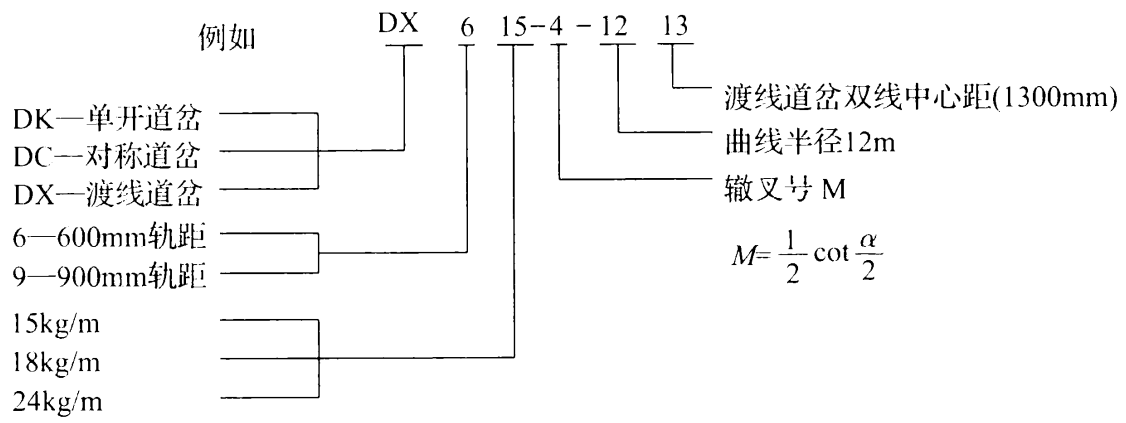
道岔 型号	钢轨类型 (kg/m)	辙叉角 α (° ' ")	L	m	n	q	h	R
6	43	9 27 44	17.457	7.437	9.994	1.300	1.3321	180.000
	50	9 27 45	17.457	7.437	9.994	1.335		175.000
	43,44,6	9 27 44	17.457	7.437	9.994	1.373	1.321	180.000
$6\frac{1}{2}$	43,44,6	8 44 46.2	20.008	8.717	11.268	1.014	1.882	179.2825
9	38,43,44,6	6 20 25	25.354	10.329	15.009	2.050	2.050	300.000
11	38,44,6	5 4 40	30.348	12.075	18.261	2.439	2.439	60.000

D.0.3 矿山铁路道岔主要尺寸应符合表 D.0.3 的规定。

表 D.0.3 矿山铁路道岔主要尺寸表

道岔类型	道岔型号	辙叉号 M	半径 $R(m)$	辙叉角 ($^{\circ}'''$)	尺寸(mm)				示意图
					a	b	L	T	
单开道岔	DK615-2-4	2	4	28 04 20	1649	1851	3500		
	DK618-3-6	3	6	18 55 30	3334	2766	6100		
	DK615 4 12	4	12	14 15 00	3340	3500	6840		
	DK618-5-15	5	15	11 25 16	3251	4149	7400		
	DK615-6-25	6	25	09 31 38	4026	5124	9150		
	DK924-6-30	6	30	09 31 38	4507	6693	11200		
对称道岔	DC615-2-6	2	6	28 01 22	2120	1898	4000		
	DC618-2-6	2	6	28 04 20	2168	1932	4100		
	DC618-3-9	3	9	18 55 30	1952	2748	4700		
	DC615-3-12	3	12	18 55 30	2000	2880	4880		
渡线道岔	DX615-4-1213	4	12	14 15 00	3340	3500	11799	1300	
	DX618-4-1212	4	12	14 15 00	3472	3328	11669	1200	
	DX615-5-1513	5	15	11 25 16	3117	4233	12669	1300	
	DX618-5-1516	5	15	11 25 16	3251	4149	14422	1600	

道岔型号字符组成及含义



附录 E 地下管线的代码和颜色

表 E 地下管线的代码和颜色

管 线 名 称		代 码		颜色	色 值
电 力	电缆隧道边线	DL	DB	浅灰	C29M22Y21
	不分类电缆		D	红	M96Y95
	电缆管块		DK		
	电缆隧道		DS		
	电缆沟		DG		
	电缆直埋		DM		
	路灯电缆		DD		
给 水	生活上水	JS	J	湖蓝	C75M40
	生产上水		S	天蓝	C60M23
	软水		RS	浅蓝	C30K30
	不分类型上水		SS		
	除盐水管		SY		
	源水管		SA		
	自流净回水管		HL		
	不分类循环水		H		
	净循环水上水管		HJ		
	浊循环水上水管		HZ		
	压力净回水管		HY		
	消防水		SX		
排 水	雨排水边线	PS	XB	灰	C57M48Y45
	雨排水		X	褐色	C27M44Y99
	有压污水		WY		
	生产排水		WS		
	不分类型下水		W		

续表 E

管 线 名 称		代 码		颜色	色 值
燃气	转炉煤气	RQ	ML	粉红	C37M76
	高炉煤气		MG		
	焦炉煤气		MJ		
	混合煤气		MH		
	天然气管		TR		
	液化气管		YH		
工业	氧气管	GY	Y	黑	K100
	柴油管		C		
	氮气管		N		
	蒸汽管		Z		
	氩气管		YA		
	污泥管		WN		
	乙炔管		CH		
	压缩空气管		YS		
电信	有线电视管线	DX	TV	绿	C64Y100
	电话电缆		TX		
	信号管线		XH		
其他	综合管线	QT	G	黑	K100
	不明类型管线		GX		
	综合管线边线		GB	灰	C57M18Y15

附录 F 建筑方格网点埋设规格

F.0.1 建筑方格网点标石的埋设(图 F.0.1)规格应符合下列规定:

- 1 标石高度应为 550mm;
- 2 标石底面尺寸应为 600mm×600mm;
- 3 标石顶面距地表的埋深应为 50mm;
- 4 保护罐的高度应为 220mm;
- 5 保护罐顶面直径应为 200mm;
- 6 保护罐底面直径应为 300mm。

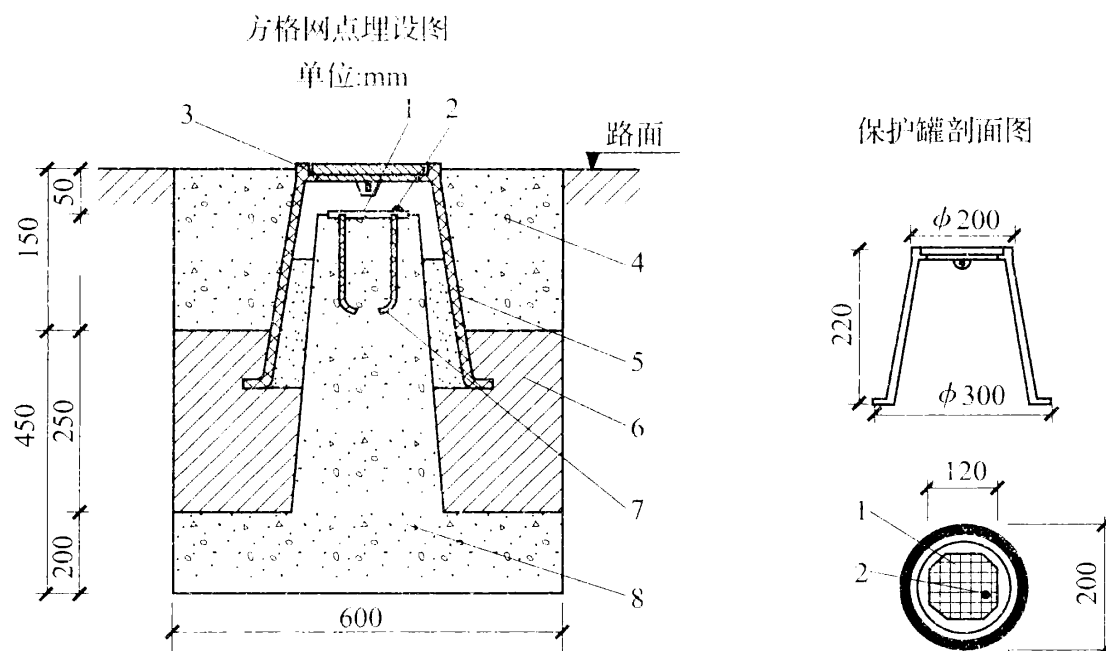


图 F.0.1 方格网点标石埋设

- 1 120mm×120mm×3mm 不锈钢板;2 水准点标志;3 铸铁保护罐;
4 混凝土;5 细沙;6 碎石;7 $\phi 10$ mm 钢筋;8 混凝土标石

F.0.2 保护罐应采用铸铁浇铸工艺制造。是否安装保护罐,可根据业主的需要而定。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《工程摄影测量规范》GB 50167

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202

《有色金属矿山井巷工程施工规范》GB 50653

《1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图航空摄影测量内业规范》
GB/T 7930

《1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图航空摄影测量外业规范》
GB/T 7931

《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923

《1 : 5000 1 : 10000 地形图航空摄影测量外业规范》GB/T
13977

《1 : 5000 1 : 10000 地形图航空摄影测量内业规范》GB/T
13990

《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分:1 : 500 1 : 1000
1 : 2000 地形图图式》GB/T 20257. 1

《国家基本比例尺地图图式 第 2 部分:1 : 5000 1 : 10000 地
形图图式》GB/T 20257. 2

中华人民共和国国家标准

冶金工程测量规范

GB 50995 - 2014

条文说明

制 订 说 明

《冶金工程测量规范》GB 50995—2014,经住房和城乡建设部2014年5月16日以第415号公告批准、发布。

本规范的编制在总结了我国冶金工程测量技术领域实践经验的基础上,吸取了近年来冶金工程测量领域的一些先进、成熟的测绘新技术。

为便于广大设计、施工和生产单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《冶金工程测量规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,并对本规范中强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 录

1	总 则	(173)
2	术语和符号	(174)
3	基本规定	(175)
4	平面控制测量	(178)
4.1	一般规定	(178)
4.2	GNSS 平面控制测量	(179)
4.3	RTK 平面控制测量	(185)
4.4	导线测量	(187)
5	高程控制测量	(193)
5.1	一般规定	(193)
5.2	水准测量	(194)
5.3	全站仪三角高程测量	(201)
5.4	GNSS 高程测量	(203)
6	地形图测量	(206)
6.1	一般规定	(206)
6.2	图根控制测量	(209)
6.3	测图方法及要求	(216)
6.4	一般地区地形图测量	(216)
6.5	厂矿现状图测量	(217)
6.6	水下地形测量	(218)
6.7	带状地形图和纵横断面测量	(222)
6.8	地形图修测	(222)
6.9	地形图编绘	(222)
7	地下管线测量	(223)
7.1	一般规定	(223)
7.2	管线探查	(224)

7.3	管线施测	(224)
7.4	管线图编绘	(225)
7.5	质量检验	(225)
8	施工测量	(227)
8.1	一般规定	(227)
8.2	厂区施工控制测量	(227)
8.3	厂房控制测量	(230)
8.4	设备安装控制测量	(233)
8.5	控制恢复测量	(233)
8.6	场地平整测量	(233)
8.7	基础施工测量	(234)
8.8	结构安装测量	(234)
8.9	炉塔槽罐安装测量	(234)
8.10	管线安装测量	(235)
8.11	机械设备安装测量	(235)
8.12	筑炉工程测量	(235)
9	露天矿测量	(236)
9.1	一般规定	(236)
9.2	工作控制平面测量	(236)
9.3	工作控制高程测量	(239)
9.4	露天矿生产测量	(240)
10	建井测量	(241)
10.1	一般规定	(241)
10.2	井筒中心和十字中心线的标定	(241)
10.3	竖井施工测量	(242)
10.4	罐梁及罐道安装测量	(242)
10.5	提升设备安装测量	(243)
10.6	附属设备安装测量	(243)
11	矿井联系测量和井下控制测量	(245)
11.1	一般规定	(245)
11.2	近井点测量	(245)
11.3	一井定向	(246)

11.4	两井定向	(249)
11.5	陀螺经纬仪定向	(249)
11.7	井下控制测量	(251)
12	井下采掘工程测量	(254)
12.1	一般规定	(254)
12.2	井巷和车场施工测量	(254)
12.3	井巷贯通测量	(254)
13	变形监测	(256)
13.1	一般规定	(256)
13.2	竖向位移监测基准网	(257)
13.3	竖向位移监测	(259)
13.4	水平位移监测基准网	(259)
13.5	水平位移监测	(263)
13.6	GNSS 水平位移监测	(266)
13.7	工业建(构)筑物监测	(269)
13.8	露天矿边坡监测	(270)
13.9	井下岩体监测	(270)
13.11	数据处理	(271)

1 总 则

1.0.1 本条描述了制定本规范的目的和意义。

1.0.2 本条描述了本规范的适用范围。

1.0.3 本规范仅吸取了至编制时期的一些成熟的先进技术。测绘技术发展较快,一些先进的方法和手段不断出现。因此,在冶金工程测量项目中,在满足本规范精度要求的前提下,应积极采用新技术、新设备和新方法,以提高测量的效益。

1.0.4 本规范引用了部分国家标准,所涵盖的测量工作也是有限的,因此,冶金工程测量既要符合本规范的规定,又要符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1.1 冶金工程测量涵盖了冶金勘察测量、冶金矿山测量和冶金建设施工测量等各个方面,从工程建设到运营等各个阶段的测量工作,内容较为广泛。

2.1.7 跟踪测量主要是针对那些在施工过程中将要被遮盖或埋入地下的建(构)筑物、管线等所进行的测量工作,以保证这些建(构)筑物和管线在被遮盖或埋入地下前,能及时而准确地测定其三维坐标,采集有关信息。

3 基本规定

3.0.3 为了方便全站仪引用,参照关于有关经纬仪和测距仪的精度级别划分标准,本规范规定了全站仪的精度级别及其代号。

3.0.5 外业观测(手工记录和电子记录)手簿检查是重要环节。手簿每一项应全面检查,包括所有计算是否正确、各项限差是否满足要求等。

3.0.6 冶金厂矿控制网不仅要满足 1:500 比例尺测图的要求,还应兼顾施工阶段一般测量工作的要求。当平面控制网的边长投影变形小于 25mm/km 时,边长相对中误差为 1/40000。这样,在实地测量边长时,可不进行投影变形改正,方便施工使用。并可满足冶金厂矿 1:500 地形图测量及一般施工测量精度不低于 1/20000 的要求。因此,该指标是建立或选择平面坐标系统的前提条件。

新测区的平面坐标系统选择,当控制网边长投影变形不大于 25mm/km 时,应优先采用 2000 国家大地坐标系框架下的高斯正形投影 3°带平面直角坐标系统。当控制网边长投影变形大于 25mm/km 时,可采用投影面为 1985 国家高程基准面或测区平均高程面的高斯正形投影任意带平面直角坐标系统,或采用投影于抵偿高程面上的高斯正形投影 3°带平面直角坐标系统。已有控制网的地区,为了保持连续性,允许采用已有坐标系统。特殊要求的工程,也可采用建筑(施工)坐标系或独立坐标系统。

大地坐标系参考椭球的基本参数:

(1)2000 国家大地坐标系:

长半轴 $a=6378137\text{m}$

短半轴 $b=6356752.31414\text{m}$

扁率 $\alpha = 1/298.257222101$

第一偏心率平方 $e^2 = 0.00669438002290$

第二偏心率平方 $e'^2 = 0.006739496775479$

(2) WGS-84 大地坐标系:

长半轴 $a = 6378137\text{m}$

短半轴 $b = 6356752.3142\text{m}$

扁率 $\alpha = 1/298.257223563$

第一偏心率平方 $e^2 = 0.00669437999013$

第二偏心率平方 $e'^2 = 0.006739496742227$

(3) 1980 西安坐标系:

长半轴 $a = 6378140\text{m}$

短半轴 $b = 6356755.2882\text{m}$

扁率 $\alpha = 1/298.257$

第一偏心率平方 $e^2 = 0.00669438499959$

第二偏心率平方 $e'^2 = 0.00673950181947$

(4) 1954 年北京坐标系:

长半轴 $a = 6378245\text{m}$

短半轴 $b = 6356863.0188\text{m}$

扁率 $\alpha = 1/298.3$

第一偏心率平方 $e^2 = 0.006693421622966$

第二偏心率平方 $e'^2 = 0.006738525414683$

3.0.7 在未建立高程控制系统的地区应选用 1985 国家高程基准。在已有高程控制系统的地区,虽然可以沿用原高程系统,但应通过联测,建立与 1985 国家高程基准的换算关系。

3.0.8、3.0.9 已知成果(角度、边长、高程)和检测值分别为两个独立观测量,设它们的观测中误差分别为 m_1 和 m_2 ,则它们的较差的中误差应为:

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad (1)$$

取较差中误差的 $\sqrt{2}$ 作为限差,即:

$$f_{\text{限差}} \leq \sqrt{2} \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad (2)$$

当采用等精度检测时,即 $m = m_1 = m_2$,则

$$f_{\text{限差}} \leq \sqrt{2} \sqrt{2m^2} = 2m \quad (3)$$

即实际上是取等精度观测量中误差的 2 倍作为限差,这是合理的。

3.0.11 本条为强制性条文。冶金厂矿区测量作业的条件复杂,触电、火灾、岩石崩落等各种安全风险较大,现场测量工作时,安全事故的防范尤为重要。

4 平面控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 平面控制网的等级和主要技术要求的确定考虑了以下原则:

(1)冶金工程测量控制网与国家大地测量控制网比较,属于短边、高精度控制网。考虑到冶金厂矿工程测量的特点,在控制网边长和精度划分时,原则上是在原传统三角网的边长和相对中误差的基础上确定的。

(2)以前规范中,同等级的控制网(如四等三角网与四等导线网),边长和精度要求并不相同,在使用时易产生矛盾甚至混乱。本规范进行了调整,将其统一。即 GNSS 测量,还是导线测量,只是使用的测量仪器和测量方法不同,同一等级控制网,边长和精度要求应是相同的,它们之间是等价的。

(3)随着现代测量技术的发展,测量手段越来越先进,控制网的最弱点、最弱边往往有较高的储备精度。因此,不再强调逐级布网,可越级布设。各等级控制网均可作为测区的首级控制网。在满足规范精度指标的前提下,也可同级扩展和加密。布网方法更加灵活方便。

冶金工程测量的各级平面控制网,均采用 GNSS 测量、RTK 测量和导线测量方法建立。传统的三角测量、三边测量方法基本不用,故本规范未列入。

4.1.3 冶金工程测量中,最大测图比例尺为 1:500,其图解精度以图上 0.1mm 计算,相当实地精度为 5cm。以此为基本出发点,推导出本规范的精度系列。同时,与国内其他行业的规范精度系列基本一致。实践证明,这种控制网的基本精度,既能满足大比例

尺数字测图精度要求,还可以满足一般施工测量的要求。

4.1.4 平面控制网的设计,除应满足当前的需要外,还应兼顾以后发展、施工和管理的需求。

平面控制网应根据项目目标和测区的交通及自然地理情况进行网形及点位设计,并应进行控制网优化和精度估算,以最少的工作量获得最优的成果。

卫星定位法建立平面控制网比较灵活,但为使成果准确可靠,在网形设计时,仍然要求组成坚强的几何图形,并且有一定数量的多余观测,还应有可靠的检验方法。因此,四等及以上控制网宜采用三角形、大地四边形布设,一级及以下控制网可采用多边形布设,且每个点至少应与两条独立基线相连。

4.1.5 首级控制网应避免采用一个方位定向,联测另一个已知点方向,既可保证定向的可靠性,还可提高定向精度。

4.1.6 为了减弱多路径效应对观测的影响卫星定位控制点点位周围不应有反射卫星信号的高层建筑物、玻璃幕墙、大面积水域、平坦光滑地面或对电磁波反射(或吸收)强烈的物体。卫星高度角 15° 以下,对流层影响愈显著,测量误差随之增大。

虽然卫星定位控制点观测不要求点间通视,但在其下加密布设导线网和施工测量时,必须有后视方向定向。通视方向不一定是相邻点,也可以是测区最高处的公共点。

导线测量中,大气扰动、电磁场的干扰、旁折光和二次谐波对光电测量距有显著影响。

4.1.8 点之记应注明点名、地理位置、埋设时间、埋设单位,与周围明显地物的相关尺寸。有条件时,应注明概略经纬度。

4.2 GNSS 平面控制测量

I 技 术 设 计

4.2.1 GNSS 网精度估算。

由于目前还没有 GNSS 网的最弱点和最弱边精度估算的公

式,只能采用 GNSS 网基线标准差的公式近似进行匹配估算。

$$\text{基线长度测量中误差: } \sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (4)$$

$$\text{基线相对中误差: } 1/T = \sigma/d \quad (5)$$

将基线边长 d 和 a 、 b 代入式(4),再进行趋近、匹配计算,结果见表 1。考虑以下几项因素的影响:起算点误差,对点误差,电离层影响,解算软件的缺陷等,基线相对误差取用估算值 $1/T$ 的 2 倍。

表 1 GNSS 网的精度估算

控制网等级	平均边长 $d(\text{km})$	固定误差 $a(\text{mm})$	比例误差系数 $b(\text{ppm})$	σ (mm)	基线相对中误差	
					估算 $1/T$	取用 $2(1/T)$
二等	9	≤ 10	≤ 2	28.8	1/310000	1/150000
三等	4	≤ 10	≤ 5	22.4	1/180000	1/80000
四等	1.5	≤ 10	≤ 10	18.0	1/83000	1/40000
一级	0.5	≤ 10	≤ 15	12.5	1/40000	1/20000
二级	0.25	≤ 10	≤ 30	12.5	1/20000	1/10000

4.2.2 公式中的固定误差 a 和比例误差系数 b 应取本规范表 4.2.1 中值(而不是测量时使用的 GNSS 接收机的标称精度)。从理论上讲, d 应取实测边长,但目前大多数基线解算软件,在进行 GPS 网闭合差检验计算时,没有这一功能。而手工计算非常繁琐,没有可操作性。因此,本条明确 d 取 GPS 网实测平均边长,将复杂问题简单化。

4.2.3 GNSS 网的布设应符合下列要求:

(1)GNSS 平面控制测量的三维坐标属于地心坐标系,应将其转换为国家坐标系或地方坐标系。当进行三维坐标(x 、 y 、 h)转换时,需求解 7 个转换参数,至少需要 3 个联测点;进行二维(x 、 y)转换时,需求解四转换参数,则至少应有 2 个联测点。在条件可能时,联测点应尽量多,可以提高转换参数解求的精度和可靠性。

(2)GNSS 网的技术指标和精度,是按平均点间距估算得到的,如果点间距过长或过短,则与估算前提不符,精度难以保证。

(3)由独立观测基线构成三角形、大地四边形或中点多边形,有利于对观测基线质量检验,以保证成果的可靠性。在进行 GNSS 网的图形设计时,应根据仪器设备台数和精度指标,将本规范表 4.2.1 与表 4.2.4 的规定综合起来考虑。

II 观 测

4.2.4 关于 GNSS 平面控制测量的主要技术要求:

(1)GNSS 测量按观测方法为静态(快速静态)定位和动态定位,按定位模式可分为绝对定位和相对(差分)定位,按获得定位结果的时间不同可分为实时定位(RTK)和非实时定位(数据后处理)。本规范所指的定位方式为相对定位。

GNSS 测量原理分为伪距法测量和载波相位测量。本章即 GNSS 接收机采用载波相位观测值进行相对定位。

(2)GPS 卫星载波波长为 $\lambda_1 = 19.03\text{cm}$ 和 $\lambda_2 = 24.42\text{cm}$ 。GLONASS 卫星载波波长为 $\lambda_1 = 18.73\text{cm}$ 和 $\lambda_2 = 24.08\text{cm}$ 。单频是指只能接收 L_1 载波的接收机,双频是指能同时接收 L_1 载波和 L_2 载波的接收机。

GNSS 定位卫星有两种星历,即广播星历和精密星历。广播星历是一种预估星历,误差较大,精度相对不高,适用于一般工程测量和短基线解算。精密星历是根据卫星实际运行轨迹计算出来的星历,误差小,精度高,适用于长基线(8km 以上)和高精度工程控制网的基线解算。

(3)表 4.2.4 中规定,建立四等以上 GNSS 网时,应采用静态定位;建立一、二级 GNSS 网时,可采用静态或快速静态定位。快速静态时的同步观测有效卫星数不应少于 5 颗,是为了快速求解整周未知数。由于快速静态定位的直接观测基线不构成闭合图形,没有多余观测,可靠性较差。所以规定只用于一、二级网测量。

(4)同步观测是指各台接收机在相同的时间段同步观测的时

间,而不是每一台接收机的开关机时间段。为了满足相应等级的定位精度和整周未知数的解算能力,必须有足够的观测时间,获取足够的数量。而增加数据的采集密度(采样间隔)是探测和修复周跳的重要措施。

冶金厂矿 GNSS 网的边长比国家大地网要短,但冶金厂矿 GNSS 网的点位观测环境相对复杂,干扰源比较多,因此,在确定同步观测时间时,参照了过去作业的经验,选择了比较稳妥的时间段长度。在森林覆盖地区观测条件差,应适当增加观测时间。

(5)为了加强对 GNSS 基线矢量观测值的检查,表 4.2.4 中规定二、三等 GNSS 点平均设站率不应小于 2,而对精度要求相对较低、点的密度相对较大的四等及以下等级的 GNSS 点的平均重复设站率不应小于 1.6。在制订设站计划时,重复设站点应均匀分布,避免集中在一块。

(6)GNSS 定位的精度因子包括:平面位置精度因子 HDOP,高程位置精度因子 VDOP,空间位置精度因子 PDOP,接收机钟差精度因子 TDOP,几何精度因子 GDOP 等。

空间位置精度因子(又称图形强度因子)PDOP 值,综合体现了 GNSS 三维定位精度指标。其值的大小与观测卫星的高度角和观测卫星在空间的几何分布状况有关。卫星高度角越小,分布范围越大,PDOP 值越小,定位精度越高。但卫星高度角太小,大气层变化频繁,又会影响卫星信号传播,降低定位精度。综合考虑,规定卫星高度角在大于 15° 的前提下,PDOP 值越小越好。

作业过程中,如持续出现 PDOP 值不能满足规范的要求时,应暂时中断观测,待条件满足要求时,再继续观测。如果一直无法满足要求时,则需要考虑重新布点。

(7)冶金厂矿控制网边长相对较短(二等网的平均边长也不超过 9km),卫星信号在传播中所经过的大气状况较为相似,在同步观测中,经电离层折射改正后的长度的残差小于 1×10^{-6} 。双频接收机残差则更小。加之在测站上所测定的气象数据,有一定局

限性。因此,本规范规定作业时可不观测气象数据。

4.2.5 观测设站计划表的内容应包括编制卫星可见性预报图、选择卫星的几何图形强度和最佳观测时段、接收机设站和观测起讫时间等。

4.2.6 GNSS 控制点应避免选用有觇标的点。因觇标对观测信号影响很大,甚至无法观测。

4.2.7 关于 GNSS 观测的规定:

(1)接收机天线类型较多,天线高量方法各不相同,作业前应熟悉仪器的操作说明。天线高在测前、测后各量一次,既可提高量测精度,更重要的是可以判断在观测过程中是否发生变化。

(2)GNSS 测量采集数据自动记录于载体,任何不当操作,可能导致记录出错或中断,直接影响成果质量。

4.2.8 测站记录是外业观测过程的真实反映,是数据处理、质量评定的重要依据。作业中应真实、完整填写。

4.2.9 个别观测质量较差的基线可以舍去,前提条件是,舍弃基线后新形成的闭合环或附和路线的独立基线边数应符合本规范表 4.2.1 的规定,否则应重测该基线或与该基线有关的同步环。

III 数 据 处 理

4.2.10 长基线(一般认为 17km 以上)采用精密星历计算效果好、精度高。对于短基线而言,用精密星历解算与用广播星历计算差别并不太大。冶金工程测量的二等基线平均 9km,仍然属于短基线的范畴。对于二等基线可以采用广播星历解算。

4.2.11 质量检验包括合格数据采用率、复测基线长度较差、同步环、异步环、附和路线的闭合差。

(1)观测数据剔除太多,就有“凑合”之嫌,这是测量工作的大忌。一般情况下不宜大于 10%。

(2)当同步环基线一并解算时,理论上同步环闭合差应为零。由于同步环观测时间不能真正完全同步,使观测的数据量不同,其次基线解算模型不完善,即软件模型误差和解算精度使同步环闭

合差不为零。同步环闭合差限差取 σ 的 $\sqrt{n}/5$ 。

(3)复测基线长度较差是检验基线内符合精度的重要指标。同一条基线在不同时段等精度观测的长度差值较差,按误差理论,限差可取测量中误差 σ 的 $2\sqrt{2}$ 倍。

(4)异步环、附和路线闭合差是检验基线外符合精度的重要指标。按误差理论,环坐标分量闭合差为基线测量中误差 σ 的 $\sqrt{n}$ 倍,取其 2 倍作为限差。

4.2.12 三维无约束平差:

(1)无约束平差的目的,一是获取 GNSS 网平差后的地心系三维坐标,二是检验 GNSS 网的内符合精度,并以此来判断网中是否有系统误差和粗差。三维无约束平差取用的基线,应是经过检核后的合格基线。

(2)无约束平差是以一个控制点的地心系三维坐标为起算数据进行平差计算,是对 GNSS 网的位置约束,实为单点位置约束平差或最小约束平差,与完全无约束的亏秩自由网平差是等价的。通过平移变换可互相转换,因此称为无约束平差。起算点坐标应选择已知地心坐标或观测时间较长的控制点(近似)地心坐标。

(3)基线分量改正数的绝对值限差,是为了判断基线观测量是否含有粗差。当坐标分量改正数的绝对值超过基线边长中误差 σ 的 3 倍时,表明该基线或邻近基线含有粗差。含有粗差的基线可剔除,但剔除后新构成的环应符合本规范表 4.2.1 的规定。

4.2.13 关于约束平差:

(1)可采用三维约束平差或二维约束平差。在三维约束平差中,观测量是经三维无约束平差检验合格基线的观测值,已知约束量是三维大地坐标或三维直角坐标、斜距、大地方位角或法截弧方位角。在二维约束平差中,观测量是已经转换投影到国家或地方独立坐标系的高斯或 UTM 平面坐标的二维及其转换后的方差—协方差阵,已知约束量是平面坐标系中的点的坐标、平面距离和坐标方位角。

约束平差可采用强制性约束,也可采用加权约束。

强制性约束即不顾及起算数据的误差,作为固定值参与平差计算。要求起算数据应有良好的内精度,即自身是兼容的,否则会使 GNSS 网发生扭曲和变形,会降低 GNSS 网的精度。

加权约束是指顾及所有或部分已知约束数据的起始误差,按其不同的精度定权约束,并在平差时进行适当的修正。定权时,应使权的大小与约束值精度相匹配,偏高可能会引起 GNSS 网的变形,偏低则起不到提供基准的作用,失去约束的意义。

(2)约束平差结束后,应检验作为约束值的起算数据误差对 GNSS 网的变形影响。通过 GNSS 网中同一基线的约束平差坐标分量改正数与无约束平差坐标分量改正数的较差绝对值判断。约束平差后,如果同一基线在约束平差和无约束平差中的两类改正数相差太大,说明是起算数据误差引起了 GNSS 网变形超过一定范围,就会显著降低 GNSS 网的精度,这是不允许的。由起算数据误差引起的 GNSS 网最大变形不应超过本规范表 4.2.1 中约束平差后最弱边相对中误差的要求。如果约束平差后最弱边的相对中误差满足本规范表 4.2.1 相应等级的要求,认为是合格的。否则应对约束数据进行检验,剔除精度低的约束点坐标,或边长,或方位角。

4.3 RTK 平面控制测量

I 技 术 设 计

4.3.1 由于 RTK 平面控制测量不能组成附和或闭合路线,可靠性相对较差,所以规定可用于一般地区的一、二、三级平面控制点测量,当用于厂矿平面控制点测量时,应加强检查。

4.3.2 本条明确一级点只能采用 CORS 系统测量,二、三级才可采用 RTK 测量。

4.3.3 RTK 控制点布设还应符合本规范 4.1.6 的规定。

II RTK 测量

4.3.4 有 CORS 的地区,应优先使用 CORS 系统测量。在无网

络 RTK 服务的地区,应尽量采用双基站法测量,既有检核条件,又可提高测量精度。

4.3.5 单频 RTK 技术还不成熟,强调应采用双频接收机进行 RTK 测量。

4.3.7 RTK 基准站位置和环境好坏,直接影响信号传输半径和质量,影响作业效率。

4.3.8 RTK 控制点相对于基准站的平面点位中误差不应大于 5cm,高程中误差不应大于 7cm。取其约 1/3($\pm 2\text{cm}$ 和 $\pm 3\text{cm}$)作为转换参数模型残差的限差。

转换参数设置完成后,至少应检查一个同等级及以上的已知点,确认转换参数的可靠性。

4.3.10 表 4.3.10 是在综合近几年 RTK 测量经验的基础上,参考其他规范规程的规定,经过匹配后确定的。

宁波市某单位利用该市网络 RTK 进行了 1012 点次观测,分析得出以下结论:坐标较差小于 5cm 的占 99.7%,平面点位中误差为 1.5cm,高程中误差为 1.7cm。对于网络 RTK 本条取 2 倍中误差 3cm,作为测回间的坐标较差,取 3cm 的 $\sqrt{2}$ 倍作为时段间坐标较差。对于双基站和单基站观测,考虑略低于网络 RTK 测量的精度,适当予以放宽。双基站中,时间段间坐标较差还顾及了两基站间的相邻点位误差影响,故定为 7cm。应该说,只要满足上述要求,RTK 控制点相对基准点的点位中误差应小于 5cm 的基本要求来说,是可以保证的,只是相邻 RTK 点间的边长相对精度可能要差一些。

4.3.11 关于 RTK 控制点观测的规定。

(1)在观测环境不利时,也可能得到 RTK 固定解,但多次坐标成果相互间跳动大、不稳定,有存在粗差的可能性。因此,根据 RTK 测量水平精度高、垂直精度低的特性,按照 1/3 点位误差的水平精度、1.5 倍 1/3 点位误差的垂直精度来设置收敛精度。

(2)RTK 一测回观测需要搜索、锁定卫星,进行初始化,收敛

稳定后才可进行观测。RTK 测量是一种连续测量,一旦锁定卫星,获得初始化,即确定了载波相位观测量的整周模糊度。在每个历元解算过程中是不需要重新确定整周模糊度的,如果初始化时整周模糊度有错误,连续观测多长时间结果都无法纠正。所以,一测回开始测量时,必须重新搜索、锁定卫星,进行初始化来保证各测回间的相互独立、相互校核。

(3)测回间的时间间隔应大于 60s,是因为测回间隔一段时间可以消除因卫星分布不同、差分信号不同、电离层扰动影响等产生的单次整周模糊度确定不可靠的影响,保证各测回间的相互独立。

(4)在同一 RTK 控制点测回间的坐标、高程分量较差符合要求后,应取各测回的平均值作为控制点的最终结果。

4.3.12 记录手簿应作为正式资料提交。

4.3.13 检验的点应均匀分布于作业区的中部和边缘,以保证测量成果的可靠性。

4.3.14 一般情况下,采用同等级精度进行检查。显然,表4.3.14中较差的限差,是取表 4.3.1 规定中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

4.4 导线测量

I 技术设计

4.4.1 直伸等边支导线的纵向误差(m_l)和横向误差(m_μ)为:

$$\left. \begin{aligned} m_l &= \sqrt{mm_s^2 + \lambda^2 L^2} \\ m_\mu &= \frac{m''_\beta}{\rho''} \cdot L \sqrt{\frac{n+1.5}{3}} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

直伸等边附合导线,当观测角经过方位角闭合差调整后,端点的纵向误差($m_{l,D}$)、横向误差($m_{\mu,D}$)为:

$$\left. \begin{aligned} m_{l,D} &= \sqrt{\eta m_s^2 + \lambda^2 L^2} \\ m_{\mu,D} &= \frac{m''_\beta}{\rho''} \cdot L \sqrt{\frac{n+3}{12}} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

则：

$$m_s = \sqrt{\frac{m_{t \cdot D}^2 - (\lambda L)^2}{n}} \quad (8)$$

$$m_\beta = \frac{20.6}{L} \sqrt{\frac{12n}{(n+1)(n+2)}} \quad (9)$$

导线经过平差之后,其最弱点为导线的中点(Z)。中点的纵向误差($m_{t \cdot Z}$)和横向误差($m_{\mu \cdot Z}$)公式为:

$$\left. \begin{aligned} m_{t \cdot Z} &= \frac{1}{2} m_{t \cdot D} \\ m_{\mu \cdot Z} &= \frac{1}{4} m_{\mu \cdot D} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

起始边边长误差($m_{S_{AD}}$)和起始方向角误差(m''_a)产生的导线端点纵向误差($m'_{t \cdot D}$)和横向误差($m'_{\mu \cdot D}$)为:

$$\left. \begin{aligned} m'_{t \cdot D} &= m_{S_{AD}} \\ m'_{\mu \cdot D} &= \frac{m''_a}{\rho''} \cdot \frac{L}{\sqrt{2}} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

起始数据误差形成导线中点的纵、横向误差为:

$$\left. \begin{aligned} m'_{t \cdot Z} &= \frac{1}{2} m_{S_{AD}} = \frac{1}{2} m'_{t \cdot D} \\ m'_{\mu \cdot Z} &= \frac{m''_a}{\rho''} \cdot \frac{L}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{2} m'_{\mu \cdot D} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

导线的误差应由测量误差和起始数据误差所组成。根据上述,则导线端点和中点的点位总误差分别为:

$$\left. \begin{aligned} M_D &= \sqrt{m_{t \cdot D}^2 + m_{\mu \cdot D}^2 + m'^2_{t \cdot D} + m'^2_{\mu \cdot D}} \\ M_Z &= \sqrt{m_{t \cdot Z}^2 + m_{\mu \cdot Z}^2 + m'^2_{t \cdot Z} + m'^2_{\mu \cdot Z}} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

对于冶金厂矿测量,控制点的精度和密度必须满足工程施工放样和大比例尺测图的需要,其最弱点的点位中误差(M_Z),不应大于 5cm。因此,当顾及起始数据误差影响,且起始数据误差与观测误差相等时,按纵、横向误差等影响的原则,其中点应满足:

$$m_{t \cdot Z} = m_{\mu \cdot Z} = m'_{t \cdot Z} = m'_{\mu \cdot Z} = \frac{M_Z}{\sqrt{4}} = \pm 2.5 \text{ cm}$$

$$\left. \begin{aligned} m_{t,D} &= 2m_{t,Z} = 5\text{cm} \\ m_{\mu,D} &= 4m_{\mu,Z} = 10\text{cm} \\ m'_{t,D} &= 2m'_{t,Z} = 5\text{cm} \\ m'_{\mu,D} &= 2m'_{\mu,Z} = 5\text{cm} \\ M_D &= \sqrt{175} = 13.22\text{cm} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

导线全长最大相对闭合差的公式为：

$$\frac{1}{T} = \frac{f}{L} = \frac{2M_D}{L} \quad (15)$$

$$f = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2} \quad (16)$$

式中： L ——导线总长(km)；

n ——导线边数；

λ ——系统误差系数，取 $\lambda = 2 \times 10^{-6}$ ；

m_β ——测角中误差；

M_D ——导线终点点位误差；

m_s ——测边中误差；

ρ'' ——206265；

W_X ——导线 X 坐标分量闭合差；

W_Y ——导线 Y 坐标分量闭合差。

将式(14)的数值代入式(8)、式(9)(15)和(16)，得到规范表 4.4.1 之精度系列。

4.4.2 当相邻边长之比大于 1 : 3 时，望远镜必须调焦才能看清目标，使视准轴误差对水平角观测的影响增大。

4.4.3 直伸形状的导线，测边误差不会影响横向误差，测角误差不会影响纵向误差，可使导线的纵横向误差最小，长度最短，测边和测角的工作量最少。这是布网的原则。

II 水平角观测

4.4.5 导线水平角观测的技术要求参照以往测量实践经验和国内现行同类规范制订。

4.4.6 全圆方向法观测时，各项限差估算：

(1)测微器两次读数差的限差：

$$\Delta_{\text{读数}} (\text{取控制测量的经验值}) \quad (17)$$

(2)半测回归零差的限差：

$$\Delta_{\text{归零}} = 4m_r \quad (18)$$

$$m_r = \frac{60''}{V}$$

(3)同一方向一测回 2C 较差的限差：

$$\Delta_{2C} = 4\sqrt{3}m_r \quad (19)$$

(4)同一方向各测回差的限差：

$$\Delta_{\text{测回}} = 4m_r \quad (20)$$

式中：V——望远镜放大率；

m_r ——方向照准误差(″)；

各项限差估算结果见表 2。

表 2 方向观测法的各项限差

全站仪 级别	V	m_r (″)	$\Delta_{\text{归零}} (″)$		$\Delta_{2C} (″)$		$\Delta_{\text{测回}} (″)$	
			计算	取值	计算	取值	计算	取值
DQ05	60	1.00	4.0	4	6.9	6	4.0	4
DQ1	45	1.33	5.3	6	9.2	9	5.3	6
DQ2	28	2.14	8.6	8	14.8	13	8.6	9

注：DQ6 全站仪在上表基础上适当放宽确定。

4.4.7 关于全圆方向法观测的规定：

(1)仪器安置误差包括对点误差和整平误差。仪器对点误差对水平角的影响，与测站至目标间的距离成反比，因此，在短边上测角时更应注意仪器的对中。依据全站仪光学(或激光)对中器的视轴(或射线)与竖轴重合度指标，在仪器高度设置为 0.8m～1.5m 范围内时，对点误差检验校正值和测量水平角的精度要求，规定对点误差应小于 2mm。整平误差不能用观测方法消除，对水平角观测的影响与观测目标的倾角大小有关，倾角越大，影响越大。因此观测中气泡中心偏离理论中心不应大于 1 格。

(2)在各测回间均匀配置水平度盘位置,可有效减弱度盘分划的周期误差对角度的影响。

(3)生产实践表明,方向数少于3个时,观测时间短,全站仪水平方向扭动很小,不归零对观测精度影响可不计,还可提高观测效率。

III 边长测量

4.4.9 导线边长应使用全站仪测量,也可使用电磁波测距仪测量。导线测量边长测量技术要求按下列原则确定:

(1)仪器的级别、测回数是根据测距精度规定的。

(2)读数较差是根据各级仪器的标称精度规定的。

(3)测回较差为读数较差 m_y 乘以 $2\sqrt{2}$ 后取整。

(4)往返测距较差的限差,取导线测距中误差 $\sqrt{2}$ 倍。

4.4.10 全站仪测量边长的气象改正,应采用厂家提供的公式计算。

4.4.11 边长倾斜改正可选择采用垂直角进行平距改正,也可选择采用两端高差进行平距改正。当选择采用垂直角进行边长倾斜改正时,垂直角的观测误差将对水平距离的精度产生影响。由于高差测定误差(m_h)而引起水平距离改正数的中误差 m_D 为:

$$m_D = \frac{h}{S} m_h \quad (21)$$

式中 h 之值远比 S 之值小得多,说明高程误差对水平距离改正的误差影响很小。因此,垂直角按五等全站仪三角高程技术要求施测,完全能保证测距边的精度。

4.4.12 当选择采用高差进行平距改正时,往返测高差较差满足本规范式 4.4.12 的规定即可。

IV 数据处理

4.4.13 式 4.4.13-1 是根据双观测列计算中误差的公式推导出来的,式 4.4.13-2 是根据真误差计算中误差的公式推导出来的。

4.4.15 用式 4.4.15-1 和式 4.4.15-2 计算的水平距离,均在全

站仪测站和棱镜站的平均高程面上。

4.4.16 冶金工程测量对边长要求精度高,并要求测量长度与施工现场所在高程面的长度一致。因此,应将位于不同高程面上测量边长,统一归化测区平均高程面上。

4.4.17 当边长要进行高斯投影距离改正时,应先将边长归化到参考椭球面上。

4.4.18 参考椭球体面上的边长应进行高斯投影改化,才能在高斯平面上进行控制网的计算。

4.4.19 表 4.4.19 是根据数字有效位数和运算凑整规则确定的。

5 高程控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 高程控制网等级分为二、三、四、五等,与其他行业基本保持一致。

5.1.2 高程控制网的最弱点高程中误差不应大于 30mm,是基于以下几点确定的:

(1)地形图最小等高距为 0.5m,当图根点的高程中误差小于等高距的 1/10,即小于 50mm 时($m_{\text{图}}=50\text{mm}$),它对地形图高程的影响可忽略不计。 $m_{\text{图}}$ 包括高一级控制点的高程中误差 $m_{\text{控}}$ 和图根水准测量高差中误差 $m_{\text{测}}$,其关系式为:

$$m_{\text{图}}^2 = m_{\text{控}}^2 + m_{\text{测}}^2 \quad (22)$$

$$m_{\text{控}}^2 = \sqrt{m_{\text{图}}^2 - m_{\text{测}}^2} \quad (23)$$

图根水准测量的闭合差要求小于 $40\text{mm} \sqrt{L}$ 。对于 1:500~1:1000 测图,图根支线水准路线 L 小于 4km。因此 $m_{\text{测}} = \frac{1}{2} \cdot 40 \sqrt{4} = 40\text{mm}$,将 $m_{\text{图}}$ 、 $m_{\text{测}}$ 之值代入式(23),得 $m_{\text{控}} = 30\text{mm}$ 。

故条文取高程控制网的最弱点高程中误差为 30mm。

(2)冶金厂矿施工测量中,自流管道放样对高程控制精度要求最高。当设计自流管道最小坡度为 0.5‰ 时,每千米的高差为 0.5m。为保证坡度放样的精度,要求测量误差应小于 0.5m 的 1/10,即 50mm。可见,30mm 同样能满足自流管道施工放样的精度要求。

(3)在工业厂矿,二等高程控制主要用于竖向位移观测和精密设备安装控制网测量,因此,将最弱高程点的高程中误差再提高 $\sqrt{2}$ 倍,即 20mm。

5.1.3 水准测量方法简单、精度高,为高程控制测量的首选。全站仪三角高程测量经过实践检验,能满足三、四、五等高程网的精度要求。国内外 GNSS 高程测量资料研究表明,地球重力场模型(似大地水准面精化)拟合法可以达到四等高程网的精度或更高。而数学模型拟合法受拟合点数和重力变化差异的影响,精度有高低,且无规律可循。为可靠起见,对于无似大地水准面精化成果资料的地区,GNSS 高程测量宜用于五等。

5.1.5 首级网为测区最高等级的高程控制网,没有附和路线检查条件,按环形布设可以组成环形闭合差检查条件,确保可靠性;加密网布设成附和路线或结点网,与首级网可组成附和或闭合检查条件。

5.1.8 对于新建的大型工业厂矿,宜埋设基岩水准点(底部嵌入基岩)和深桩水准点(与主要厂房、设备的基础桩深度一致)。地处沿海软土区域的冶金厂区需要建立基岩水准点或深桩水准点,内陆的冶金厂区地基条件好,一般没有必要建立基岩水准点和深桩水准点。但是,观测资料表明,一些内陆冶金厂区也会发生沉降。引起沉降的主要原因是大量抽取地下水。所以,近年来,许多内陆冶金厂区也陆续采用基岩水准点和深桩水准点。由于基岩水准点和深桩水准点的埋设复杂、费用高,因此必须进行专项设计。

5.2 水准测量

I 技术设计

5.2.1 水准测量的等级和主要技术要求:

(1)各等水准路线的长度。

支线水准路线长 $L(\text{km})$ 的最远点相对于起始点的高差中误差为:

$$m_h = M_w \cdot \sqrt{L} \quad (24)$$

对于附和路线,其最弱点(中间点)的高差中误差为:

$$m_h = \frac{1}{2} M_w \cdot \sqrt{L} \quad (25)$$

则附和路线最大长度为：

$$L = 2 \left(\frac{m_h}{M_w} \right)^2 \quad (26)$$

各等级附和水准路线的最大长度估算见表 3。

表 3 各等级水准路线长度估算

等级	m_h (mm)	M_w (mm)	附和路线最大长度 L (km)	
			估算	取用
二等	20	2.0	200	200
三等	30	6.0	50	50
四等	30	10.0	20	20
五等	30	15.0	10	10

(2) 每千米高差中误差估算。

水准测量的精度由下列公式计算：

$$\text{每千米高差偶然中误差: } M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{R} \right]} \quad (27)$$

$$\text{每千米高差全中误差: } M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (28)$$

式中： n ——测段总数；

R ——测段长(km)；

L ——附和路线或水准环线长(km)；

Δ ——测段往返测高差的较差(mm)；

W ——水准路线的闭合差(mm)；

N ——附和路线和环线总数。

①式(27)的推导：

水准路线长 S 单程测量的高差中误差为：

$$m_h = \mu \cdot \sqrt{S} \quad (\mu \text{ 为 } 1\text{km 单程测量的高差中误差}) \quad (29)$$

则测段长度为 R_i 时，往返测高差不符值应为：

$$m_{\Delta i} = \mu_i \sqrt{2R_i} \quad \text{或} \quad \mu_i = \frac{m_{\Delta i}}{\sqrt{2R_i}} \quad (30)$$

对于一个测段而言,往返观测高差只有一个不符值 Δ ,因此往返测高差不符值 Δ 可视为该测段往返测的真误差,其高差不符值的中误差就等于不符值 Δ 本身。所以上式可改写为:

$$\mu_i = \frac{\Delta_i}{\sqrt{2R_i}} \quad (31)$$

设一条水准路线由 n 个测段组成,并用 $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ 和 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ 分别表示各测段往返测高差的不符值和各测段 1km 高差测量中误差。

$$\mu_1^2 = \frac{\Delta_1 \Delta_1}{2R_1}, \mu_2^2 = \frac{\Delta_2 \Delta_2}{2R_2} \quad \dots \quad \mu_n^2 = \frac{\Delta_n \Delta_n}{2R_n} \quad (32)$$

用 μ_Δ 表示它们的算术平均值,则:

$$\begin{aligned} \mu_\Delta^2 &= \frac{1}{n}(\mu_1^2 + \mu_2^2 + \dots + \mu_n^2) \\ &= \frac{1}{2n} \left(\frac{\Delta_1 \Delta_1}{R_1} + \frac{\Delta_2 \Delta_2}{R_2} + \dots + \frac{\Delta_n \Delta_n}{R_n} \right) = \frac{1}{2n} \left(\frac{\Delta \Delta}{R} \right) \end{aligned}$$

而这一水准路线每 1km 往返测高差中数的偶然中误差为:

$$M_\Delta^2 = \frac{\mu_\Delta^2}{2}, \text{ 即 } M_\Delta^2 = \frac{1}{4n} \left(\frac{\Delta \Delta}{R} \right) \quad (33)$$

$$M_\Delta = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left(\frac{\Delta \Delta}{R} \right)}$$

②式(28)的推导:

设一条附和(或闭合)水准路线长度为 L_i ,用往、返测高差中数计算的附和(或闭合)路线不符值中误差 m_{w_i} 为:

$$m_{w_i} = \mu_i \sqrt{L_i} \quad \text{或} \quad \mu_i = \frac{m_{w_i}}{\sqrt{L_i}} \quad (34)$$

同理,可将环线往返测高差中数的闭合差 W 视为真误差,并以 W_i 代替 m_{w_i} ,则有

$$\mu_i^2 = \frac{W_i W_i}{L_i} \quad (35)$$

当有 N 条附和路线(或闭合环)时,往返测高差中数的每千米

全中误差应为：

$$M_w^2 = \frac{\mu_w^2}{N} = \frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]$$

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (36)$$

本规范二、三、四等水准测量的每千米高差中数的中误差(偶然中误差 M_Δ)及全中误差 M_w 与国家水准测量的规定一致。五等水准测量是因工程需要,对水准测量精度系列的补充。

(3)测段往返测高差较差的限差。

假设一个测段往返测的高差分别为 $h_{往}$ 和 $h_{返}$,高差中数 = $\frac{1}{2}(h_{往} + h_{返})$,则一个测段往返测高差中数的中误差为：

$$m_h^2 = \frac{1}{4}(m_{往}^2 + m_{返}^2) \quad (37)$$

而往返测高差的较差 $\Delta h = h_{往} - h_{返}$,则往返测高差较差的中误差为：

$$m_{\Delta h}^2 = m_{往}^2 + m_{返}^2 \quad (38)$$

由上两式不难看出： $m_{\Delta h} = 2m_h$

因为： $m_h = M_\Delta \sqrt{R}$

代入上式则有： $m_{\Delta h} = 2m_h = 2M_\Delta \sqrt{R}$ (39)

式中： m_h ——测段往返测高差较差的中误差(mm)；

M_Δ ——每千米高差中数的偶然中误差(mm)；

R ——测段长(km)。

冶金工程测量中,一个测段比较短(只有几千米),此时偶然误差的影响占主导地位,而系统误差的影响甚微,可不考虑。

取两倍往返测高差较差的中误差为往返测高差较差的极限误差,则有：

$$\Delta_{限} = 2 \times 2M_\Delta \sqrt{R} = 4M_\Delta \sqrt{R} \quad (40)$$

以各等级相应的 M_Δ 代入式(40),计算各等级测段往返测高

差较差的限差见规范表 5.2.1。

(4) 附和路线、环线闭合差的限差。

第 i 级水准路线附和于高级 ($i-1$) 的两端点时, 其高差闭合差不仅包含有第 i 级水准测量的误差, 还包含有高级水准点 ($i-1$) 的误差影响, 其中误差形式为:

$$m_{w_{i\text{总}}}^2 = (m_{w_i} \sqrt{L})^2 + (m_{w_{i-1}} \sqrt{L})^2 \quad (41)$$

$$\text{则} \quad m_{w_{i\text{总}}} = \sqrt{M_{w_i}^2 + M_{w_{i-1}}^2} \cdot \sqrt{L} \quad (42)$$

取两倍中误差为极限误差:

$$W_{\text{限}} = 2m_{w_{i\text{总}}} = 2 \sqrt{M_{w_i}^2 + M_{w_{i-1}}^2} \cdot \sqrt{L} \quad (43)$$

式中: $M_{w_{i-1}}$ ——已知点的每 km 高差中数的全中误差 (mm);

M_{w_i} ——第 i 级水准路线的每 km 高差中数的全中误差 (mm);

L ——附和水准路线的长度 (km)。

附和水准路线一般都比较长, 应该考虑偶然误差和系统误差影响, 故式中用每 km 高差中数的全中误差。

对于环线水准路线, 因自身闭合, 在式 (43) 中不存在 $M_{w_{i-1}}$ 一项, 因此环线闭合差的限差为:

$$W_{\text{限}} = 4M_w \sqrt{L} \quad (44)$$

以相应等级的 M_w 代入式 (43) 和式 (44), 计算出各等级水准路线闭合差限差如表 5.2.1。

(5) 山地水准测量时, 按每千米设 16 站折算成 1 站的限差。即将平地 1km 的限差除以 $\sqrt{16}$ 后, 可得到以测站数 n 计算的限差见表 4。

表 4 各等级水准路线闭合差限差估算 (mm)

等级		M_{Δ}	M_w	测段往返测不符值		附和路线闭合差		环线闭合差	
				计算	取用	计算	取用	计算	取用
二	平地	1.0	2.0	$\pm 4 \sqrt{R}$	$\pm 4 \sqrt{R}$	$\pm 4.5 \sqrt{L}$	$\pm 4 \sqrt{L}$	$\pm 4 \sqrt{L}$	$\pm 4 \sqrt{L}$
三	平地	3.0	6.0	$\pm 12 \sqrt{R}$	$\pm 12 \sqrt{R}$	$\pm 12.6 \sqrt{L}$	$\pm 12 \sqrt{L}$	$\pm 12 \sqrt{L}$	$\pm 12 \sqrt{L}$
	山地			—	$\pm 3 \sqrt{n}$	—	$\pm 3 \sqrt{n}$	—	$\pm 3 \sqrt{n}$

续表 4

等级	M_{Δ}	M_w	测段往返测不符值		附和路线闭合差		环线闭合差	
			计算	取用	计算	取用	计算	取用
四	平地	—	10.0	$\pm 20 \sqrt{R}$	$\pm 20 \sqrt{R}$	$\pm 23.3 \sqrt{L}$	$\pm 20 \sqrt{L}$	$\pm 20 \sqrt{L}$
	山地			—	$\pm 5 \sqrt{n}$	—	$\pm 5 \sqrt{n}$	—
五	平地	—	15	$\pm 30 \sqrt{R}$	$\pm 30 \sqrt{R}$	—	$\pm 30 \sqrt{L}$	—
	山地			—	$\pm 7 \sqrt{n}$	—	$\pm 7 \sqrt{n}$	—

注: R 为测段长(km); L 为路线长(km); n 为测站数。

5.2.2 水准测量开始之前,应对水准仪的主要技术参数进行符合性检查。

5.2.3 水准尺 1m 平均真长:条文码水准尺宜采用双频激光干涉测量法检验,分划式水准尺可采用标准线微米尺进行检验。

II 观 测

5.2.4 二等水准测量奇、偶站的观测顺序不同,是为了消除测站观测过程中,水准仪均匀下沉的影响。在冶金厂矿二等水准测量时,路线一般选在路基坚实的道路,水准仪下沉的影响可以不计。因此,本条对观测顺序进行了简化,生产实践结果表明是可行的。

5.2.5 水准观测的技术要求。

基辅读数和高差较差的限差见表 5。

表 5 基辅读数和高差较差的限差估算

等级	读数 误差 (mm)	基辅读数较差(mm)		基辅高差较差(mm)	
		$\Delta_{\text{基辅}} = 2\sqrt{2}m$		$\Delta h_{\text{基辅}} = 4m$	
		估算	取用	估算	取用
二	0.19	0.5	0.5	0.8	0.7
三	0.78	2.2	2.0	3.1	3.0
四	1.10	3.1	3.0	4.4	5.0
五	1.50	4.2	4.0	6.0	6.0

基辅读数较差的限差： $\Delta_{\text{基辅}} = 2\sqrt{2}m$ (45)

基辅高差较差的限差： $\Delta h_{\text{基辅}} = \sqrt{2} \cdot \Delta_{\text{基辅}} = 4m$ (46)

式中： m ——读数误差(mm)，根据试验数据统计得到。

5.2.6 冶金厂区高程控制网需经常复测，在坚实地面打入大帽钉，可长期使用，能提高工作效率。

5.2.7 前后视距无论采用哪种方法获取，应真实可靠，严禁伪造。

5.2.8 水准仪脚架因太阳光照射方向变化，受热不均而膨胀或收缩，将水准仪第三脚交替置于路线方向的左侧和右侧，可以减弱其对观测结果的影响。在二等水准测量时应遵照执行，三等以下水准测量不作要求。

5.2.9 往测转为返测时，重新安置仪器，互换前、后水准尺，可以减弱人、仪器、水准尺引起的偶然误差。

5.2.10、5.2.11 在全面分析每千米高差偶然中误差或全中误差超限原因后，可先选择线路上可靠性较差的一些测段进行重测。

5.2.12 凡超出本规范规定限差的结果均应进行重测。重测段数的比例大于30%时，则有拼凑成果的嫌疑，这是测量工作的大忌。即使测段往返测高差较差可以凑合，在计算闭合差、中误差时不一定能通过。

III 数 据 处 理

5.2.13 高程控制测量外业结束后，应认真检查观测手簿。当水准路线为南北走向时，测段高差应进行正常水准面不平行改正。高山地区宜进行重力异常改正。

5.2.14 水准路线往返观测高差较差、附和或闭合路线的高差闭合差，是检验外业观测数据质量的重要指标，必须符合要求，否则应返工重测。

5.2.15 水准测量每千米高差中数偶然中误差和全中误差公式推导，见本条文说明第5.2.1条。

5.3 全站仪三角高程测量

I 技 术 设 计

5.3.1 全站仪三角高程的主要技术要求。

(1) 每千米高差全中误差及各项误差。

往返观测高差中误差的计算公式：

$$m_h = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sin \alpha \cdot m_D)^2 + \left(D \cdot \cos \frac{m_a}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{D^2}{2R} \cdot m_k \right)^2 + m_i^2 + m_v^2 \right]} \quad (47)$$

$$\text{令： } a = \frac{1}{2} (\sin \alpha \cdot m_D)^2$$

$$b = \frac{1}{2} \left(D \cdot \cos \alpha \cdot \frac{m_a}{\rho} \right)^2$$

$$c = \frac{1}{2} \left(\frac{D^2}{2R} m_k \right)^2$$

$$d = \frac{1}{2} (m_i^2 + m_v^2)$$

$$\text{则： } m_h = \sqrt{a + b + c + d} \quad (48)$$

式中： m_D ——全站仪测距中误差(mm)，取 $5\text{mm} + 5\text{ppm} \cdot D$ ；

m_a ——垂直角观测误差(")，四等取 $2.5''$ ，五等取 $5''$ ；

m_k ——大气折光系数，当 $D = 1\text{km}$ 时， $m_k = 0.4\text{mm}$ ； $D = 0.5\text{km}$ 时， $m_k = 0.1\text{mm}$ ；

m_i 、 m_v ——仪器高和觇标高测量误差(mm)，取 2mm 。

按式(48)估算全站仪每千米高差全中误差见表 6。

表 6 全站仪三角高程测量每千米高差全中误差

等级	边长 (m)	垂直角 (°)	m_a (")	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	m_h (mm)	
								估算	取值
三等	1000	3	1.8	0.14	37.97	0		6.49	6
四等	1000		2.5	0.14	73.25	0	4	8.97	10
五等	500		5	0.08	73.25	0	4	8.96 ^注	15

续表 6

等级	边长 (m)	垂直角 (°)	m_a (")	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	m_h (mm)	
								估算	取值
三等	1000	14	1.8	2.93	35.85	0	4	6.54	6
四等	1000		2.5	2.93	69.15	0	4	8.72	10
五等	500		5	1.65	69.15	0	4	8.65 ^注	15

注:五等平均边长为 500m,两站为 1000m,换算成 1km 的中误差应为 $8.96\sqrt{2}=12.67\text{mm}$ 。

(2) 附和(环形)路线闭合差、往返观测高差较差。

附和(环形)路线闭合差,取每千米高差中误差的二倍计算,与三、四、五等水准测量的规定保持一致。实践证明是可以达到的。

三角高程测量边较长,由于大气折光系数的不确定性,单向观测高差进行地球曲率和大气折光改正后,不可能完全消除其误差影响(取对向观测平均值后则基本可以消除),故对往返观测高差较差的限差予以放宽。

5.3.2 全站仪三角高程测量路线要联测到已有的平面控制点,得到这些平面控制点的高程。

5.3.3 布设在房顶上、高山上的控制点,水准测量上不去,这部分点可采用全站仪三角高程测量高差,与水准测量组成混合网。

II 观 测

5.3.4 在表 5.3.4 中,垂直角测量误差:三等为 $1.8''$,四等为 $2.5''$,五等为 $5''$,与导线测量相当。参照导线水平角测回数估算,并顾及垂直角对向观测,测回数取导线测回数的 $1/\sqrt{2}$ 。

5.3.6 仪器高、反光镜或觇牌高测量误差直接影响高差,应准确测量。

5.3.7 测站至两端点的距离宜大致相等,两次设站间距不宜大于 50m。

III 数 据 处 理

5.3.10 公式中的第二项包括了大气折光和地球曲率引起的高差

改正,简称双曲差改正。当边长大于 200m 时,应进行此项改正。

5.3.12 大规模的三角高程网和水准网混合平差时,宜采用赫尔莫特方差分量估计方法分别对水准网和三角高程网路线进行定权。当高程网中,只有个别测段为三角高程测量的高差时,水准路线高差取路线长的倒数为权;三角高程测量高差取路线长的平方的倒数为权,也可近似取路线长的倒数为权。

5.4 GNSS 高程测量

I 技术设计

5.4.1 GNSS 测量的高程是相对于 WGS84 椭球面的大地高,我国采用的高程是相对于似大地水准面正常高。似大地水准面与 WGS84 椭球面的高差称为高程异常。

GNSS 高程测量误差包括大地高测量误差和高程异常模型误差。大地高测量中误差可按本规范式(5.4.8)计算。

$$m_{\text{正常}} = \sqrt{m_H^2 + m_g^2} \quad (49)$$

式中: $m_{\text{正常}}$ ——拟合正常高中误差(mm);

m_H ——大地高测量中误差(mm);

m_g ——高程异常模型中误差(mm)。

根据测量项目三维无约束平差资料统计,大地高测量中误差 m_H 在 10mm~20mm。

高程异常模型拟合有区域网似大地水准面精化法和数学模型拟合法。根据生产项目资料统计,拟合模型误差 m_g :区域网似大地水准面精化模型中误差可取 ±20mm;用数学模型拟合中误差平地可取 ±30mm,山地可取 ±40mm。

将以上取值代入式(51),可得到规范表 5.4.1 中“高程中误差”之值。“检测较差”则取 2 倍中误差。

本规范将 GNSS 高程控制测量限制在五等高程控制测量中使用,其他等级应慎用。

5.4.2 GNSS 高程控制测量一般与 GNSS 平面控制网同时布设

和施测,二者应兼顾考虑。

高程起算点的数量和位置分布,直接影响高程异常模型拟合的质量。平均点间距是根据国内外资料统计分析提出的,在条件许可时,点距越小越好。

II 观 测

5.4.3 外业观测时间段,平均上站率,数据处理方法和精度等,均可按一级 GNSS 网的技术要求执行。

5.4.4 五等每 km 高差中误差为 15mm,同等精度检查时,高差较差取 $15\text{mm} \times 2\sqrt{2}\sqrt{L} \approx 45\text{mm}\sqrt{L}$, L 为检查路线长(km)。

III 数 据 处 理

5.4.5 GNSS 高程网待定点的高程计算,就是将 WGS84 的大地高换算成正常高,换算的关键是确定似大地水准面的高程异常值。高程异常确定有两种方法:地球重力场模型拟合法(似大地水准面精化)和数学模型拟合法。

似大地水准面精化模型是利用当地的水准测量、重力测量、地形测量、重力场模型等资料,与 GNSS 大地高高程测量资料,按照物理大地测量计算的方法建立区域似大地水准面精化模型,精度高,可用于建立四等高程网。

当测区面积不超过 100km^2 、地形较为平坦的地区,或线型工程项目,可以利用水准测量高程和 GNSS 测量的大地高,通过数学拟合的方法建立高程异常模型。高程异常数学模型拟合方法有:

(1)解析法:包括曲线拟合法、平面拟合法、曲面拟合法(二次曲面、多项式曲面、移动曲面)、曲面样条拟合法、多面函数拟合法等。

(2)神经网络法:包括 BP 神经网络法、RBF 径向基神经网络法等。

数学模型拟合法精度较低,一般用于五等高程网。

5.4.6 高程异常模型内符合中误差,就是用模型计算参加拟合的

已知点的高程的残差,模型外符合中误差,就是用模型计算未参加拟合的已知点的高程的残差。

5.4.7 GNSS 高程网拟合的高程异常模型有覆盖范围限制,计算 GNSS 高程网中待定点高程时,只能在覆盖范围内进行内插计算,不能外推。否则,GNSS 高程点的精度无法保证。

6 地形图测量

6.1 一般规定

6.1.2 地形图测量的比例尺,应根据工程性质、设计阶段和规模大小,参考表 6.1.2 选择。当需建立冶金厂矿地理信息系统时,应选择 1:500 比例尺测绘。

6.1.3 冶金厂矿地形图应采用数字化测绘成图,提交数字线划地形图(DLG)。本条系指数字线划地形图的数学精度要求。“细部坐标点”是图解法测图时代的产物,细部坐标点系指采用解析法测量、计算坐标和高程,并编制成果表的那些特定地物点。对于数字化测图而言,每一个点都有解析坐标和高程,因此,不存在“细部坐标点”的概念。

表 6.1.3-1 中地物点分为一、二、三类,地物点点位中误差就是基于全数字化测图的概念提出的。可以看出,一类地物点相当于图解法测图时的主要细部坐标点,二类点相当于次要解析细部坐标点和用间接方法测定的解析细部坐标点,三类为不测细部坐标的图解点。

(1)采用全站仪极坐标法测量地物点时,点位中误差可按下式估算:

$$m = \sqrt{\left(\frac{m_\gamma}{\rho} S\right)^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho} S\right)^2 + m_s^2 + m_i^2} \quad (50)$$

式中: m ——地物点点位中误差(cm);

S ——最大极距(m);

m_γ ——后视方向定向中误差("),取图根导线的测角中误差(20");

m_β ——极坐标法水平角半测回测量中误差,主要由照准误差

引起(");

m_s ——边长测量时, 棱镜中心与点位不一致引起的纵向中误差(cm);

m_l ——棱镜中心与点位不一致引起的横向中误差(cm)。

将以上取值代入式(52), 并综合考虑了外界作业环境、地形坡度等因素的影响, 行匹配调整后, 得到表 7。

表 7 极坐标法测量的点位中误差估算(cm)

类别	m_{γ} (")	m_{β} (")	m_S (cm)	m_l (cm)	1 : 500		1 : 1000		1 : 2000	
					地物点最大视距(m)					
					150		300		450	
					估算	取值	估算	取值	估算	取值
一类	20	40	3	2	4.9	5	7.4	8	10.4	15
二类	20	60	6	5	9.1	10	12.1	15	15.8	25
三类	20	60	20	15	25.4	25	26.6	30	28.6	50

(2) 数字化测图中, 每个地物点都有坐标。点间距中误差不能仅局限于一类地物点, 应包括各类点之间的间距中误差。

(3) 高程注记点采用全站仪测量时, 高程中误差按下式估算:

$$m_h = \sqrt{\left(\frac{m_a S}{\rho}\right)^2 + m_Q^2 + m_l^2 + m_d^2} \quad (51)$$

式中: m_h ——注记点高程中误差(cm);

m_a ——垂直角中误差, 主要是垂直角指标差和棱镜中心照准误差(");

m_Q ——仪器高中误差(mm);

m_l ——棱镜高中误差(mm);

m_d ——地表粗糙度(mm)。

根据式(51)估算的高程注记点的高程中误差见表 8。

表 8 高程注记点的高程中误差估算

类别	m_a (")	m_Q (cm)	m_l (cm)	m_d (cm)	比例尺	1 : 500		1 : 1000		1 : 2000	
					最大 视距 (m)	地物 点 150	地貌 点 300	地物 点 300	地貌 点 450	地物 点 450	地貌 点 700
一类	40	0.5	0.5	0.2	高程	3.0	—	5.8	—	—	—
二类	60	1	1	2	误差	5.0	—	9.0	13.3	13.3	20.5
三类	60	1	1	10	(cm)	11.0	13.3	13.3	16.5	16.5	22.7

(4) 等高线内插高程点的中误差估算(见表 9)。

表 9 等高线内插高程点的高程中误差估算表

地形 坡度 $\alpha(^{\circ})$	1 : 500			1 : 1000			1 : 2000			1 : 5000			$\frac{m_h}{h}$ 取值
	h (m)	m_h (m)	$\frac{m_h}{h}$	h (m)	m_h (m)	$\frac{m_h}{h}$	h (m)	m_h (m)	$\frac{m_h}{h}$	h (m)	m_h (m)	$\frac{m_h}{h}$	
0~3	0.5	0.14	0.28	0.5	0.17	0.34	1	0.33	0.33	2	0.17	0.36	1/3
3~10	0.5	0.19	0.38	1	0.39	0.39	2	0.78	0.39	5	1.20	0.24	2/3
10~25	1	0.44	0.44	1	0.62	0.62	2	1.25	0.63	5	3.10	0.62	3/4
>25	1	0.59	0.59	2	1.17	0.58	2	1.84	0.92	5	4.61	0.92	1

等高线内插高程点的高程中误差 m_h , 采用经验公式估算:

$$m_h = \frac{h}{4} + 0.8M \cdot \frac{\tan\alpha}{1000} \quad (52)$$

式中: h ——等高距(m);

M ——地形图比例尺分母;

α ——地面坡度。

6.1.5~6.1.7 地形图以图幅西南角点坐标编号,形式简单,规律性强,查询方便,更方便管理。流水编号虽然更简单,但在修测时要增加或减少图幅编号就很麻烦。

6.1.8 地形类别划分沿用原规范标准,本次未变更,与工程测量规范基本一致。

6.1.9 在平地和丘陵地 1 : 1000~1 : 5000 比例尺图,等高距多

取 $H_d = M/2000$ (M 为比例尺分母), 山地等高距多取 $H_d = M/1000$, $1:500$ 比例尺图等高距最小为 0.5m 。这样, 对于等高距的选择有较多的灵活性, 在 $1:500$ 测图的山地、 $1:1000$ 测图的丘陵地和高山地以及 $1:2000$ 测图的平地, 均列出了两种不同的等高距。当测区处于平地、丘陵地与山地的交错地区, 但考虑到地形图等高线的连续性、经济性和使用方便性, 一种比例尺测图, 宜选用一种等高距。如果统一采用了丘陵地等高距, 则平地、山地的图上高程注记点和等高线插求点的高程限差, 仍应按平地、山地的精度指标和等高距推算。

6.1.10 国标图式侧重于写意, 只有三种线形, 即直线、虚线、点线。附录 C 冶金工程测量图式侧重于属性和关系的表达, 为此, 增加了一种新线形——点划线(索线), 提高了图式的表现力和易读性。在冶金行业受到用图单位广泛认可和欢迎。在非冶金行业工程项目测图时, 可不强求使用。

6.1.12 冶金厂矿地形图测绘淘汰平板解法测图法, 强调采用全站仪全数字化测绘法成图, 并提供数字线划图产品, 纸质蓝图仅作为附属产品。地形图分层表仅供参考。

6.1.13 建立总图管理系统或地理信息系统时, 除按常规要求测绘地形图外, 还应按项目的规定采集相关的空间、属性、多媒体数据和信息, 以满足系统建设的要求。

6.2 图根控制测量

6.2.2 图根点的基本精度指标: 点位中误差不应大于图上 0.1mm , 是基于人眼睛的分辨率为 0.1mm 提出的; 图根点高程测量中误差小于等于基本等高距 $1/10$ 时, 对等高距的精度影响可以忽略不计。

6.2.3 全站仪测图时, 非建筑区每一幅图的图根点密度(含高级点)可按下式估算, 见表 10。建筑区视其复杂程度, 可取其 2 倍~3 倍。RTK 测图时的密度可取其 $1/2 \sim 1/3$ 。

表 10 图根点的密度估算

比例尺	S (m)	每幅图面积 P (km ²)	k	每幅图图根 点数 n	每 km ² 点数	
					计算	取用
1 : 5000	700	6.25	1.1	6.2	1	1
1 : 2000	450	1	1.7	3.7	3.7	4
1 : 1000	300	0.25	2.5	3.1	16	16
1 : 500	150	0.0625	3.0	3.7	64	64

$$n = k \frac{P}{(1.5S)^2} \quad (53)$$

式中: n ——每一幅图的点数;

k ——布点不均匀系数,根据作业人员的经验确定,一般取 1.1~3.7;

P ——每幅图实地面积(km²);

S ——最大视距(m)。

6.2.4 采用 RTK 测图时,图根点要作为基准站,因此对点位条件要求较高。

6.2.5 随着 GNSS 定位技术应用,采用 RTK 测量布设图根控制点已经成为主要方法之一。

I 图根导线测量

6.2.6 图根导线精度估算。

(1)导线的全长相对闭合差 $1/T$ 与附和导线长度 L 关系如下式:

$$\frac{1}{T} = \frac{2kM_z}{L} \quad (54)$$

式中: k ——比例系数,按双等影响原则, $k=\sqrt{7}$;

M_z ——平差后导线中点的点位中误差,不应大于图上 0.1mm,即 $0.1\text{mm} \cdot M$;

M ——测图比例尺分母。

导线的全长相对闭合差 $1/T$ 估算见表 11。

表 11 图根导线精度估算

比例尺	$M_z(\text{cm})$	K	$L(\text{m})$	$1/T$	
				计算	取值
1 : 500	5	2.65	900	1/3400	1/3000
1 : 1000	10	2.65	1800	1/3400	1/3000
1 : 2000	20	2.65	3000	1/2800	1/3000
1 : 5000	50	2.65	5000	1/1900	1/2000

当导线长度短于规定长度的 $1/3$ 时,用相对闭合差来衡量不合理,用绝对闭合差不大于图上 0.3mm ,即 $\sqrt{7} \times 0.1\text{mm} \times M = 13\text{cm}$ (M 取 500)。

(2)图根导线测角中误差按下式估算,见表 12。

表 12 图根导线测角中误差估算

比例尺	$M_z(\text{cm})$	n	$L(\text{m})$	$m_\beta(^{\circ})$	
				计算	取值
1 : 500	5	12	900	20.4	20
1 : 1000	10	12	1800	20.4	
1 : 2000	20	12	3000	24.6	
1 : 5000	50	12	5000	36.9	

$$m_\beta = \frac{4\sqrt{3}}{L\sqrt{n+3}} \rho \cdot m_z \quad (55)$$

式中: n 为导线最大边数, M_z 、 L 同上。

可见规范取 $20''$ 是合理的。对于 1 : 5000 测图还有较大富余。

6.2.7 图根导线上支点,俗称“鱼刺导线”,这些点应与主线路一起观测和平差计算,不得先计算主导线,然后按极坐标法计算各支点,更不能把测图时临时测设的支站点当成导线支点。由于支点没有有效的检查条件,精度比主导线点略低,因此对数量进行了限制。

6.2.8 支导线长度估算。

设直伸等边支导线端点点位误差 M_D , 与纵向误差 m_t 、横向误差 m_u 的关系为:

$$M_D = \sqrt{m_t^2 + m_u^2} \quad (56)$$

按等影响原则 $m_t = m_u = M_D / \sqrt{2} \quad (57)$

$$m_t = \frac{M_D}{\sqrt{2}} \quad (58)$$

$$m_u = \frac{m_\beta L}{\rho} \sqrt{\frac{(n+1)(2n+1)}{6n}} \quad (59)$$

图根支导线按左、右角各观测一测回, 测角中误差为 $m_\beta = \pm 20'' / \sqrt{2} = 14.2''$, M_D 取 $0.1 \text{ mm} \times M$ (M 为测图比例尺的分母), 式中 L 、 n 为未知数。当取 n 为 4 时, 采用逐渐趋近进行匹配计算, 结果见表 13。

表 13 支导线长度估算

比例尺	m_β	L	n	$L_{支}$	m_u	m_t	$L_{支}/L$	
							估算	取值
1 : 500	14.2	900	4	370	3.5	3.5	0.41	0.4
1 : 1000	14.2	1800	4	750	7.1	7.1	0.42	
1 : 2000	14.2	3000	4	1500	14.2	14.2	0.5	
1 : 5000	14.2	5000	4	3500	33.0	35.5	0.7	

结论: 支导线不应多于 4 条边, 边长可放宽 20%。

导线测站圆周角闭合差的限差 $\Delta c = 3m_\beta = 3 \times 14.2'' = 42.6''$, 取值为 $40''$ 。

II 图根水准测量

6.2.10 附和图根水准路线长估算。

(1) 附和水准路线平差后, 最弱点(中点)高程中误差与路线长的关系:

$$M_z = \frac{1}{2} M_w \sqrt{L} \quad (60)$$

则附和水准路线最大长度为:

$$L = \frac{4M_z^2}{M_w^2} \quad (61)$$

式中： M_z ——图根水准路线最弱点(中点)高程中误差(mm)；

L ——图根水准附和路线或闭合环线的最大长度(km)；

M_w ——图根水准测量每千米高差中误差(mm)取 20mm。

当 M_z 取 30mm 时,计算 $L=9\text{km}$ (条文取用 5km)。

(2)支水准路线往返观测,则最弱点(端点)的高程中误差为:

$$M_D = M_w \sqrt{L} / \sqrt{2} \quad (62)$$

$$\text{则水准支线最大长度为: } L = \frac{2M_D^2}{M_w^2} \quad (63)$$

当 $M_D=30\text{mm}$ 时,计算 $L=4.5\text{km}$ (条文取 2.5km)。

6.2.11 平地的闭合差为 $40\text{mm} \sqrt{L}$,山地每千米按平均 16 站换算,则

$$40\text{mm} \sqrt{n \cdot \frac{1}{16}} = 10\text{mm} \sqrt{n} \quad (64)$$

再放宽 20%,即 $12\text{mm} \sqrt{n}$ 。

III 全站仪图根三角高程测量

6.2.13 全站仪图根三角高程测量精度与图根水准等价。因此,各项技术要求和限差均与图根水准测量相当。1:2000 和 1:5000 测图时,精度放宽一倍。

IV 三维图根导线测量

6.2.14 三维图根导线测量是图根导线测量和图根三角高程测量的综合,其精度是等价的,效率高,精度有保证,被广泛采用,尤其适合全站仪测图时,导线测量和地形图数据采集同时进行的作业方法。在计算图根点的坐标和高程时,应采用三维数据处理软件进行整体平差,不应按支导线计算,也不宜采用手工简易计算。

VI RTK 图根控制测量

6.2.16 无 CORS 系统的地区,图根点可以采用 RTK 测量。由于非网络 RTK 测量图根点的平面绝对精度高、相对精度较低,且

高程可靠性较差。所以,本条对非网络 RTK 测量的图根点的适用范围作了限制。

6.2.17 单基站类似于极坐标法测量,双基站类似于前方交会测量,精度和可靠性优于单基站测量。在条件许可时,宜采用双基站测量图根点。

6.2.20 数学拟合模型必须通过多个重合控制点的 WGS84 坐标系和地方坐标联测建立,精度较,但比较麻烦。点校正方法简单、灵活方便,作业员乐于采用。点校正有三种方法:单点校正,精度较低;多点校正,精度居中;参数校正,精度较高。因此,应尽量采用参数法校正。

从数学的角度,三点可以确定一个平面。要控制整个测区,完成 WGS-84 坐标系与地方坐标系的转换,参考点应在 3 个以上,且所选参考点应均匀分布。

关于转换后各点的残差分量应小于 5cm 的规定,这和图根控制点的点位中误差 $0.1M(\text{mm})$ 相吻合。在大比例尺 $1:500$ 中,图根控制点的点位中误差为 $0.1 \times 500(\text{mm}) = 5(\text{cm})$ 。

特别提示:

(1)根据静态观测数据平差得到的大地坐标,不能同 RTK 实时观测的大地坐标混合在一起来解求地方坐标转换参数,因为它们起算的基准不一样,同一点静态观测得到的大地坐标与 RTK 实时观测的大地坐标并不相同。因此,必须将静态观测得到的大地坐标,修正为 RTK 实时观测的大地坐标。

(2)同一测区如果有两个静态控制网,它们分别得到的大地坐标,也不能混合在一起来解求地方坐标转换参数,因为两个网的位置有间隙。解决方法:其一,将两个静态控制网统一平差,得到同一起算基准的大地坐标;其二,利用两个网中重合点的大地坐标较差,将第二个网的大地坐标改正为第一个网的大地坐标。

6.2.21 本表以图根点的点位中误差 $\pm 5\text{cm}$ 、高差中误差为平面误差的 1.5 倍为出发点,各级比例尺间按 $\sqrt{2}$ 倍 ~ 2 倍,双基站较差

为单基站测回较差的 $\sqrt{2}$ 倍的关系,匹配得到。

6.2.22 角度限差取图根导线测角中误差的 3 倍,其他各项较差限差取本规范表 6.2.17 规定中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

VII 极坐标法图根控制测量

6.2.24 极坐标法测量图根点的规定。

(1)最大边长估算。极坐标法测量的点位中误差为:

$$m_p = \sqrt{\left(\frac{m_\beta}{\rho} D\right)^2 + \left(\frac{D}{T}\right)^2} \quad (65)$$

$$\text{则最大边长为 } D \leq m_p / \sqrt{\left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{1}{T}\right)^2} \quad (66)$$

式中: m_p ——极坐标点点位中误差(mm),取图上 0.1mm;

D ——极坐标最大边长(m);

$\frac{1}{T}$ ——测距边相对中误差,取 1/4000;

m_β ——测角中误差("),取 40"。

将以上取值代入式(66),最大边长的估算见表 14。

表 14 极坐标法最大边长估算(m)

比例尺	m_p (m)	m_β (")	$\frac{1}{T}$	$D(m)$	
				估算	取值
1 : 500	0.05	40	1/4000	175	160
1 : 1000	0.10			316	300
1 : 2000	0.20			632	500
1 : 5000	0.50			1580	800

表中取值考虑了最大边长不应超过图根导线平均边长的 2 倍,且不宜超过后视定向边长 3 倍的要求。

(2)极坐标法布设图根点缺乏自检条件,点数不大于 30%是必要的。

(3)每个点变动棱镜高度测量两次,进行自检。坐标和高程较差属于内符合误差,图上 0.1mm 和 $h/10$ 的规定可以达到。

6.3 测图方法及要求

6.3.1 其他数字化测图方法除了航测法、遥感法外,还可采用近景摄影法、三维扫描法等。

6.3.2 本规范未列于摄影测量的条文内容,是因为摄影测量已经有比较完整的一系列国家标准。冶金测量项目一般测图面积较小,多采用大比例尺(1:500、1:1000)测图,航空摄影测量成图应用比较有限。

I 全站仪测图

6.3.4 全站仪数字化测图现阶段仍然是冶金厂矿地形图测量的主要方法。地物、地形点到测站的最大距离和精度估算见本说明第 6.1.3 条。

II RTK 测图

6.3.6 在区域测图时,采用点校正法求解转换参数是最简单、最实用的方法。转换参数求解的质量取决于控制点的数量、分布和区域水准面的变化状况。所有这些,只能通过检查已知点来进行验证。

6.3.7 RTK 测图过程中,卫星状态在不断变化,可能出现失锁。经常重新初始化是必要的。

6.4 一般地区地形图测量

I 一般规定

6.4.1 一般地区地形测图精度,图上地物点点位中误差(三类地物点)提高到 ± 0.5 ;等高线插求点的高程中误差,丘陵地提高到 $1/2$ 等高距,山地提高到 $2/3$ 等高距。因为原图解法测图最主要的误差来源是视距测量误差和展点误差。数字化测图后,测距误差、展点误差可忽略不计,地形图精度明显提高。

6.4.2 一般地区地形图可采用 RTK 法施测,但在冶金工业厂矿区和居民区,卫星信号接收条件不好,电磁场干扰较严重,平面和高程精度难以控制,应慎用。

6.4.3 全外业数字化测图,现场没有图板展点可参考,当漏测,重测,测错,编码、属性输错时,不能察觉。因此,加强计划性、做到站站清,复杂地方绘草图是必要的。

6.4.4 控制点是测图的依据,也是今后施工放样的依据。其坐标和高程必须如实输入,不得用图解法输入。

II 地物测绘

6.4.6 居民地的房屋轮廓以墙基角为准还是以屋檐为准,近几年有一些讨论。现行国家标准《房产测量规范》GB/T 17986.1 明确规定,“房屋以勒脚以上墙角为准”。如果屋檐突出较多,可用索线表示其正投影。

6.4.8、6.4.9 各种立交桥、高架道路、高速公路,铁路、公路、道路及交通附属设施,应逐一按实测绘。

6.4.10、6.4.11 管线及附属设施的测绘分别为线路及附属设施和管道及附属设施的测绘,对地上和地下的测绘,分别作了明确规定。

6.4.12、6.4.13 对水系及其附属设施测绘作出了明确规定。

III 地貌测绘

6.4.14、6.4.15 山地的地性线上的地貌特征点应测注高程。其他地貌坡度变化均匀处,高程注记点的间距不应大于图上 2cm~3cm。地貌复杂或简单时,可适当加密或放宽。

6.4.20 国家新版图式中取消了“经济作物地”,将“药材”、“甘蔗”、“麻类”等归于“其他园地”,对于“旱地”又没有详细说明,本条作了一些补充。

6.4.21 以“3S”为代表的测绘高新技术广泛应用,境界的含义富有新的内容。境界测量应根据勘界协议和有关文件规定进行。界桩、界标、国界线的位置应清楚、准确。

6.5 厂矿现状图测量

6.5.1 全站仪测量细部点的坐标和高程的精度分析,见第 6.1.3

条条文说明。

6.5.2 在厂区和建筑区不能采用 RTK 测图。因为流动站不能正确立在厂房角、房屋角上,其次,厂房、建构筑物遮挡卫星信号,加之电磁干扰较大,精度难以保证。

6.5.3 一类地物点相当于原规范的细部坐标点,1:500 测图的点位精度为 $\pm 5\text{cm}$,因此棱镜中心偏离点位的误差不能忽略。一类地物点的高程精度为 $\pm 3\text{cm}$,当全站仪垂直度盘的指标差(i 角)为 $30''$,距离为 200m 时,高程误差为 $\pm 29\text{mm}$,接近于极限。

6.5.4 极坐标解析法支点是对图根点不足时的一种补充手段,不能大量使用,更不能作为大面积测图的依据。在支点上不得再支点。

6.5.5、6.5.6 对冶金厂矿的建构筑物测量方法、位置、参数,作出了具体规定和要求。

6.5.7 本条是基于数字化测图的前提规定的,点位、高程和边长的较差,全部可通过解析法计算出来(而旧规范的点位、边长较差是采用图解法得到的)。不难看出,式(6.5.7-1)是按双观测列计算中误差的公式;式(6.5.7-2)是把丈量边长作为真值,把坐标反算边长与丈量边长的较差当成真误差计算中误差。因此,在边长测量时,应尽量采用手持式测距仪测量。如果采用钢尺量边,则可按 $S/2000$ 考虑量边误差。

6.6 水下地形测量

I 一般规定

6.6.1 当水下地形测量是为了确定水底表面至某一基准面的差距时,采用的是深度基准面,与陆域高程系统不可能保持一致。此时应建立与陆域平面、高程系统的转换关系。

6.6.2 冶金厂矿水下地形图的水深点定位精度分为三个区间,见表 15。过去采用方向交会、极坐标等方法定位,精度较低。采用 RTK 定位精度有较大提高,表列精度完全可以达到。

表 15 水深点的定位中误差

比例尺	图上点位中误差(mm)	实地点位中误差(m)
1 : 500	2.0	1.0
1 : 1000	1.5	1.5
1 : 2000		3.0
1 : 5000	1.0	5.0
1 : 10000		10.0

6.6.3 水深点的深度测量中误差与测图比例尺无关,而与水的深度和测量方法有关。水深测量精度可用下式估算:

$$M = \sqrt{m_{\text{仪}}^2 + m_{\text{读}}^2 + m_{\text{其}}^2} \quad (67)$$

式中: M ——水深中误差(m);

$m_{\text{仪}}$ ——测杆、测绳、测深仪的测深误差(m);

$m_{\text{读}}$ ——读数误差(m);

$m_{\text{其}}$ ——测杆、测绳、测深仪换能器倾斜、零点插入淤泥、含盐度及水温变化引起的测深误差(m)。

水深测量中误差估算见表 16,综合取舍后,得到表 6.6.3。

表 16 水深点测量中误差估算

测深方法	测深杆	测深锤			测深仪			
水深范围(m)	0~3	0~3	0~10	10~20	0~3	0~10	10~20	>20
$m_{\text{仪}}$ (m)	0	0	0.2	0.2	0.05	0.1	0.2	0.01H
$m_{\text{读}}$ (m)	0.05	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0
$m_{\text{其}}$ (m)	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.01H
M (m)	0.11	0.14	0.24	0.3	0.11	0.14	0.28	0.014H
取用	0.10	—	0.20	0.3	0.10	0.20	0.30	0.015H

注: H 为水深。

6.6.4 根据等深线插求高程点的高程中误差,按下式估算:

$$M = \sqrt{m_h^2 + (m_p^2 + m_1^2 + m_2^2) 10^{-6} T^2 \tan^2 \tau + m_3^2} \quad (68)$$

式中: M ——根据等深线插求高程点的高程中误差(m);

m_h ——水深点的测深中误差(m),当平均水深为 10m 时,取 0.2m;

m_p ——水深点的点位中误差(m),当平均水深为 10m 时,取 1.5mm(图上);

m_1 ——等深线的内插中误差(m),取 0.5mm(图上);

m_2 ——等深线的勾绘中误差(m),取 0.3mm(图上);

m_3 ——等深线的概括中误差(m),取 $h/5$ (h 为等深线间距);

τ ——水下地形坡度($^\circ$);

T ——水下地形图比例尺的分母。

将上述值代入式(68),得到表 17:

表 17 等深线插求高程点的高程中误差估算

比例尺	等深距 h (m)	水下地形坡度($^\circ$)			
		0~3	3~10	10~25	>25(取 40)
1 : 500	0.5	0.23	0.26	—	—
	1.0	0.28	0.32	0.47	0.73
1 : 1000	0.5	0.24	0.36	—	—
	1.0	0.30	0.40	0.80	1.38
1 : 2000	1.0	0.33	0.63	—	—
	2.0	0.48	0.72	1.57	2.73
1 : 5000	2.0	0.61	1.49	—	—
	5.0	1.10	1.75	3.89	6.83
1 : 10000	5.0	1.32	3.02	—	—
	10.0	2.18	3.48	7.77	13.65
取用(按等深距比例计)		0.5 h	0.75 h	1 h	1.5 h

注: h 为等深线间距。

6.6.5 断面法是水下地形测量的主要方法之一。水下地形为盲测,如果断面间距太大,测点间距太稀,微型地物、地貌容易漏测。因此规定断面间距为图上 2cm,水深点间距 1cm。如果现场暗礁、沉积物较多,断面间距、点距还应加密。反之,可适当放宽。

6.6.6 RTK 已成为水深点定位测量的主要方法,小面积、静水测区可采用全站仪极坐标法测量。传统的方向交会法精度差、效率低,已被淘汰。

II RTK 水深点定位

6.6.8~6.6.11 当采用 RTK 定位时,对基准站设置、设备安装、数据转换等提出具体要求。

III 极坐标法水深点定位

6.6.12~6.6.16 采用极坐标定位,当距离为 2000m,极坐标角测量误差为 $60''$,测距误差为 0.5m(主要是船身不稳定引起的误差)时,点位误差为 0.77m。可以满足 1:500 水下地形图的定位精度要求。

IV RTK 水深测量

6.6.18 超声波的传播速度与水深、温度、盐度、压力和水质等有关。测前应对测深仪进行现场检测,确定实时修正参数。水深小于 20m 时,可采用声速仪、测杆或检查板对测深仪进行校正。当水深大于 20m 时,可采用水文资料计算深度改正。

6.6.19 采用单波束测深仪测深,且波浪较大时,应采用波浪补偿器进行波浪引起的水深度改正。

V 验潮法水深测量

6.6.20 水位差小于 0.1m 时,每个水尺的控制范围不应大于 5km。水域面积大,或水位差大于 0.1m 时,应设多个水尺。

6.6.22 深度较差的限差:浅水区取本规范表 6.6.3 规定中误差的 2 倍,深水区取 $\sqrt{2}$ 倍。

6.6.24 大风大浪严重威胁测量人身和测量设备安全,且测量数据可靠性差,必须停止测量。

VI 资料整理

6.6.29 水位改正数可采用下列方法计算:

(1)时差法内插。测区只有 1 个验潮站时,根据记录的验潮资料,水位改正采用时间内插法;

(2)线性内插。有 2 个验潮站时,水位改正常采用线性内插法,根据两个验潮站间相同时间的潮高的变化值与距离进行内插。

(3)分带内插。根据 2 个及以上验潮站的观测资料,按照验潮站的有效范围,分成若干区域求水位改正数。

(4)三角分带法。有 3 个或者多个验潮站时,采用 3 个站的水位分带法进行改正。三角分带的带数计算与两站分带基本相同。

6.7 带状地形图和纵横断面测量

6.7.1、6.7.2 带状地形图主要为线路工程设计、施工服务。测图的方法和技术要求与常规地形图测量要求相同。

6.7.3 纵横断面图主要为线路坡度设计和土方计算服务。因此,凡是在纵、横断面线上坡度有变化的点和地物,都应该实测表示。

6.8 地形图修测

6.8.1 数字地形图比过去图解法成图的数学精度大幅提高,为了保证地形图的数学精度,规定当一幅图的变化大于 40%时,应全部重测。

6.8.4、6.8.5 对地形图装测的方法和精度进行了规定。

6.9 地形图编绘

6.9.1~6.9.6 对工业厂矿地形图编辑规定了具体要求。

6.9.7 对纸质地形图的编辑提出了具体要求,以保证图面整齐、美观、易读。

6.9.10 为了使地形图的质量具有可追索性,在图廓整饰时,应标注测图者、检查者。

7 地下管线测量

7.1 一般规定

7.1.2 新建和改扩建项目,采用与施工同步进行跟踪测量,获取地下管线数据,既可提高地下管线回收质量,又可节省大量探测费用。特别是对建立了地下管线数据库的工程项目,可实时更新数据库,应大力推广应用。

7.1.3 地下管线探查是一种被动的补救手段,目前常用的方法有,仪器探查、钎探、实地调查、开挖、物探。随着探测仪器和方法不断改进完善,质量已有较大的提高。但对 PVC 管等非金属管进行探测目前仍是一个难题。

7.1.4 本条是地下管道和电力、电信线通用分类法。在冶金厂矿中,分类更细,如循环水分为清循环水、浊循环水等,可根据工程项目再细化。

7.1.5 表 7.1.5 明确了常规地下管线测量工作的基本内容和要求,根据具体的项目要求可进行调整。

7.1.6 地下管线的特征点包括:起、终、拐、交点,出入地点,变径、变高、变材点,进出建构筑物或设备点、排水口等。管线附属物包括井、闸、阀、栓、变压器、分线箱等。

7.1.7 冶金厂矿地下管线有约 200 种,密集,上下交错,干扰信号杂,探测难度大。表 7.1.7 是在总结冶金厂矿探测实践经验,结合探测仪器实际能达到精度的可能性基础上制订的。

7.1.8 地下管线特征点回收测量精度,相当于 1:500 比例尺测图时的一类地物点的测量精度。

7.1.9 管线图与地形图的坐标、高程系统一致,方便二者叠加套合、发现和处理矛盾,方便用户使用。

7.2 管线探查

I 一般规定

- 7.2.1** 本条是对电磁法地下管线探查仪提出的具体要求。
- 7.2.2** 搜集地下管线的各种相关资料,对分析探区管线网络分布概况,制订具体探测计划是非常重要的,可以提高探测效率。
- 7.2.3** 应选择探区地质条件有代表性的地点,对探测仪进行对比检验,确定修正参数,是保证探测正确性和精度的前提条件,应执行。
- 7.2.4** 任何探查仪器和方法都不是万能的,在条件许可的情况下,应用两种及以上的方法相互验证,可以提高探查可靠性和精度。

II 探查方法

- 7.2.5~7.2.13** 管线的埋藏条件复杂多变,同样的探查方法,在不同探区效果不尽相同,关键是作业员要灵活地运用这些方法。

III 探查作业要求

- 7.2.14~7.2.24** 对各种管、线及附属设施探测作业提出的具体要求。明确管径采用公称尺寸表示。对窨井,规定当管偏大于0.2m时,应单独设管点,不得与井中心点混淆。

7.3 管线施测

- 7.3.3** 管线特征点采用 DQ6 级全站仪半测回测量时,点位中误差 m_d 和高程中误差 m_h 为:

$$m_d = S \cdot \sqrt{\left(\frac{m_c^2}{\rho^2} + \frac{m_\beta^2}{\rho^2}\right)} \quad (69)$$

$$m_h = S \cdot \sqrt{\left(\frac{m_i^2}{\rho^2} + \frac{m_a^2}{\rho^2}\right)} \quad (70)$$

式中： m_c ——全站仪的水平角视准差(c 角)，取 $30''$ ；

m_β ——水平角测角中误差，取 $20''$ ；

m_i ——全站仪的垂直角视准差(i 角)，取 $30''$ ；

m_α ——垂直角测角中误差，取 $20''$ ；

S ——视线长，取 150m 。

将上述参数代入式(69)和(70)：

$$m_d = 2.6\text{cm}(\text{规范取 } 5\text{cm})；$$

$$m_h = 2.6\text{cm}(\text{规范取 } 3\text{cm})。$$

7.3.4 采用 RTK 测量管线特征点的坐标和高程时，应注意拟合模型参数的正确性和可靠性检验。在工业厂区高压线、电机等设备的电磁场干扰大，对 RTK 测量影响较大，RTK 测量坐标和高程有时相差 10cm 以上。因此，在工业厂区不推荐采用 RTK 施测管线点。

7.4 管线图编绘

7.4.2 根据冶金厂矿地下管线的特点，同时兼顾设计单位的使用习惯，本规范附录 C 增加了部分冶金厂矿常见地下管线的图式。附录 E 列出的常用地下管线的代码和颜色，与现行国标和行业规范基本保持一致。

7.4.3~7.4.12 对管线图的编辑、显示、打印规定了具体要求，对作为管线背景的地形图，通过颜色的淡化，可突出地显示地下管线，便于管线图的使用。

7.4.13 地下管线图以数字图提交时，管线参数可以查询，可不编制管线成果表。

7.5 质量检验

7.5.2 复探一般采用与探查时相同的技术要求和精度进行，两种方法为等精度观测，所以平面位置中误差和埋深(高程)中误差，采用双观测列计算中误差的公式来计算。当子样数大于 20 时，计算

中误差才具有统计学的意义。小于 20 点时,可只看较差是否超限,不计算中误差。

7.5.3 一般情况下,开挖点数量很少,只要有一个粗差,所占比例就很大。本条是在充分考虑了这一特殊情况,结合地下管线施工监理的相关规定而制订的。

8 施 工 测 量

8.1 一 般 规 定

8.1.5 建构筑物放样测量的精度是根据施工限差按以下原则确定的：

(1)在基础施工阶段,测量限差取施工限差的 $1/3$ 。

(2)在结构安装阶段,不同的结构,不同的部位,施工限差相差较大。如果不考虑施工现场条件与施工测量方法所能达到的精度,统一要求测量限差小于施工限差的 $1/3$,将会给放样工作带来困难。因此,根据不同情况,测量限差可取施工限差的 $1/3\sim 1/2$ 。

8.2 厂 区 施 工 控 制 测 量

I 技 术 要 求

8.2.1 在施工时,建筑方格网使用方便,但方格网对场平条件要求较高,且测量工作复杂。当前采用全站仪或 GNSS 测量后,施工放样灵活,方格网的使用逐渐减少,采用导线网和 GNSS 网布设施工控制网已经成为主要方法,但是,方格网作为一种传统布网形式仍然保留下来。

工业厂区常规的施工放样,一、二级施工控制网可满足其精度要求,但对一些大型、复杂工业设备或生产线的安装施工,对施工放样的精度要求很高,需要以更高精度的主轴线为基础,因此,将主轴线作为一种更高等级的施工控制网形式列于本规范。

8.2.2 施工控制网全站仪测量的精度估算。

施工控制网主要是作为主厂房、主生产线设备中心线放样的依据。两个相对独立的主厂房或设备中心线连接时,主要是考虑刚性构件(如柱子行列线、行车轨道、皮带廊等)的连接精度

要求。根据施工单位意见,认为刚性体的纵、横向连接误差不应大于 20mm~25mm。本条以它作为施工方格网必要精度估算的出发点,即施工方格网最弱点点位中误差不应大于 15mm~25mm。

当附和导线平差后导线最弱点(导线中点)点位中误差已知时,导线测量的必要精度可采用下式估算:

$$m_s = M_z / \sqrt{n} \quad (71)$$

$$m_\beta = \frac{4\sqrt{3}M_z}{L\sqrt{n+3}} \rho \quad (72)$$

$$\frac{1}{T} = \frac{2\sqrt{7}}{L} M_z \quad (73)$$

式中: M_z ——附和导线顾及起算数据误差影响时,最弱点(中点)的点位中误差(mm);

m_s ——边长测量中误差(mm);

m_β ——测角中误差(");

L ——导线全长(m);

n ——导线边数;

$\frac{1}{T}$ ——导线相对中误差。

将最弱点点位中误差等参数代入上式,估算结果见表 18。

表 18 施工控制网精度估算

类型等级	全长 $L(m)$	边数 n	平均 边长 $S(m)$	M_z (mm)	估算				取用		
					M_β (")	M_s (mm)	M_s/S	$1/T$	M_β (")	M_s/S	$1/T$
主轴线	3000	6	500	15	2.4	5.67	1/8.8	1/3.8	2.5	1/8.0	1/4.0
方格网	一级	1600	8	200	20	5.4	7.07	1/2.8	1/1.5	5.0	1/4.0
和导线	二级	1400	7	200	25	8.1	9.45	1/2.3	1/1.1	8.0	1/2.0

8.2.3 GNSS 测量的精度估算见表 19。

基线边长中误差: $\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (74)$

式中: a ——固定误差(mm);

b ——比例误差系数(mm/km);

d ——平均基线边长(km)。

$$\text{基线边相对中误差: } \frac{1}{T} = \frac{\sigma}{d} \quad (75)$$

表 19 施工控制网 GNSS 测量的精度估算

类型等级	平均边长 $d(\text{m})$	固定误差 $a(\text{mm})$	比例误差系数 $b(\text{mm/km})$	σ (mm)	基线相对中误差 $1/T$	
					估算	取用
主轴線	500	≤ 5	≤ 2	5.1	1/98000	1/80000
一级	200	≤ 5	≤ 2	5.0	1/40000	1/40000
二级	200	≤ 10	≤ 5	10	1/20000	1/20000

8.2.6 主轴線或方格网点要求埋设方格网板主要是方便对点位进行修正。

8.2.7 施工控制网进行周期性复测是保证其可靠性的必要手段,对于施工项目而言更为重要。由于控制点的稳定性受场地地质条件、场平方法、施工机械作业等因素的影响,差异很大,因此,表 8.2.7 仅是参考指标,应根据项目现场情况变化,灵活掌握。

II 主轴線和建筑方格网点定位

8.2.9 主轴線点和方格网点放样定位精度,从理论讲不大于 $1/2$ 方格网板的边长(保证不掉点)即可。但是,在施工过程中,点位会发生位移,软土地基时位移可达 100mm 以上。因此,定位精度应尽量提高。

III 全站仪测量

8.2.10 表 8.2.10 的测角技术要求,是在参考等级控制测量相关规定基础上制订的。测边精度要求估算如下:

$$\text{边长测量误差限差 } m_{\Delta} = S/T \quad (76)$$

$$\text{边长测量中误差 } m_s = m_{\Delta}/2 = S/2T \quad (77)$$

$$\text{读数较差 } m_d = m_s/\sqrt{2} \quad (78)$$

$$\text{测回间较差 } m_c = m_s\sqrt{2} \quad (79)$$

式中: S ——边长(m);

T ——相对误差的分母。

根据计算的 m_d , 并顾及不同全站仪的测距精度和测回数, 进行综合匹配得到表 20。

表 20 边长测量精度估算表

类型等级		全站仪 级别	平均 边长 (m)	往返测 相对 误差	m_s (mm)	总测 回数 (mm)	m_d (mm)	m_c (mm)
主轴线		DQ1	500	1/80000	3.1	4	2	3
		DQ2				6	3	4
方格网 和导线网	一级	DQ1	200	1/40000	2.5	2	3	4
		DQ2				2	4	5
	二级	DQ2	200	1/20000	5.0	2	4	6
		DQ6				2	5	7

IV GNSS 测量

8.2.14 施工控制网 GNSS 观测的技术要求, 是按 GNSS 控制测量的三、四等和一级控制网要求制订的。

V 点位修正及检查

8.2.16 主轴线点的点位修正可采用传统的三点调整法。当主轴线点多于三点时, 可采用一元线性回归法, 该方法适用于特大型厂区长轴线的布设和调整。

8.2.17 表 8.2.17 的检测的限差取用表 8.2.2 的中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。本规定也可用于对施工控制网(点)的可靠性检查。

VI 高程测量

8.2.20 有竖向位移观测内容的工程项目, 常利用控制网点进行竖向位移观测, 因此宜施测二等水准。

8.3 厂房控制测量

I 平面控制测量

8.3.1 厂房控制网是厂房或设备施工的基本控制, 厂房的骨架及

其内部独立设备基础的尺寸关系,都是根据它放样到实地上去。一般情况下,厂区控制网是按厂房柱基础的行列线布设成矩形,俗称矩形网。当厂房或大型设备(如高炉)的方向与厂区控制网不平行时,厂房控制网应与设备中心线方向平行,以方便施工。

8.3.5 厂房控制网一般按厂房柱基础的行列线布设,因此以柱基施工限差作为推算矩形网精度的出发点。

冶金工业厂房柱行间距一般为 6m~24m,柱列间距为 18m~48m。基础行列线间距限差不应大于 10mm,则厂房控制网的边长测量限差 Δ 取其 1/6,即:

$$\text{纵向误差: } \Delta_1 = 10\text{mm}/6 = 1.7\text{mm}$$

$$\text{并取横向误差: } \Delta_2 = \Delta_1$$

行列线间边长的测量限差见表 21,其中测角误差 m_β 和测边相对误差 $1/T$ 可按下式估算(L 为行列线间距):

$$m_\beta = \frac{\Delta_2}{L} \rho \tag{80}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{\Delta_1}{L} \tag{81}$$

表 21 行列线间边长测量限差

柱列间距 $L(\text{m})$	纵向误差 $\Delta_1(\text{mm})$	横向误差 $\Delta_2(\text{mm})$	测边相对误差 (1/万)		测角中误差 (")		备 注
			估算	取值	估算	取值	
18	1.7	1.7	1/1.1	1/2.0	19.5	8	相当于 二级网
24	1.7	1.7	1/1.4		14.6		
27	1.7	1.7	1/1.6	1/3.0	13.0	5	相当于 一级网
30	1.7	1.7	1/1.8		11.7		
36	1.7	1.7	1/2.2		9.7		
42	1.7	1.7	1/2.5		8.3		
45	1.7	1.7	1/2.7		7.8		
48	1.7	1.7	1/2.9		7.3		

从表 21 可以看出,当厂房柱列间距大于 24m 时,宜建立一级矩形控制网;当厂房柱列间距小于等于 24m 时,宜建立二级矩形控制网。同时还可以看出,表中取值与估算值有较大的富余。因此,在测量作业时,由于边长太短,测角限差可适当放宽。

8.3.7 检测的限差取用表 8.2.2 的中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

II 高程控制测量

8.3.8 国内现行施工验收规范对高程精度有两种要求:

其一,局部相对精度要求高。如机械设备安装,它在局部小范围内,对相互关联的部位的标高精度要求很高(应小于 1mm),如轧机的轧辊标高,但它是局部的,与轧机以外的车间柱基及其他独立的设备不发生直接关系。因此,它可利用厂区的一个水准点,建立安装基准点,布设成独立的、高精度设备安装水准网。采用适当的仪器、工具测量,满足其精度要求。不必要求厂区水准网的精度高于安装水准网的精度。

其二,整体精度要求高。工艺有联系的设备,如自流管道、钢柱支座表面标高等。这些设备遍布整个工业场地,既要求相邻点间高差满足施工精度或安装要求,又要求互为最远点的高差也应满足施工或安装精度要求。

本条就是从整体精度要求出发,讨论厂房高程控制网的必要精度。

在钢结构工程施工及验收规范中,对大面积建筑安装工程各工序之间的标高测量精度要求最高,即相邻柱基上的支座表面标高误差不应大于 1.5mm。

当钢结构厂房长 500m,柱距 18m,整个厂房有 28 个柱距。则厂房中互为最远点的柱基支座表面标高施工误差允许 $\Delta H = 1.5\text{mm} \times \sqrt{28} = 7.9\text{mm}$ 。

也就是说,厂房高程控制测量高程测量中误差为 7.9mm,基本相当于三等高程网的精度要求。

因此,厂房高程控制网以三等高程为基础。当连续生产线设

备安装要求精度较高时,或有竖向位移观测内容的项目,可布设二等或一等高程网。

8.4 设备安装控制测量

8.4.1 大型轧钢厂主轧机设备控制网边长为 100m~500m,当设备安装控制网边长测量相对中误差为 1/50000 时,则每百米测量中误差为 2mm。往返测较差取 2 倍中误差,即 $0.4\text{mm}\sqrt{L}$ 。对角线测量相对中误差则放宽一倍。

8.4.2 现行国家标准《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231 中关于设备定位和标高的安装限差为:(1)独立设备 $\pm 10\text{mm}$;(2)与其他设备有衔接关系的设备 2mm。基准线和基准点测量限差:独立设备取工程限差为 1/3,即基准点和基准线端点测量限差为 3mm;与其他设备有衔接关系的设备测量限差取工程限差为 1/2,即基准线端点和基准点测量限差为 1mm。当安装基准点多于一个时,其任意两点的高差限差按有衔接关系的设备基准点测量限差 1mm 计。连续生产线相邻基准点间高差测量限差取 0.5mm。

8.5 控制恢复测量

8.5.1~8.5.4 冶金厂矿技术改造和扩建项目较多,经常遇到控制网恢复的问题。本节对厂(场)区控制网、厂房控制网的恢复规定了基本原则和要求。总原则是,新建项目控制网恢复时,坐标、高程系统、测量方法和精度等,应与原有控制网保持一致。

8.6 场地平整测量

8.6.1 场地平整测量包括场地范围线和场平标高测定,填、挖土石方量测量及计算,七通一平的配合测量工作等。

8.6.3~8.6.5 场地范围线和标高测量、七通一平定位测量可采用全站仪按地形图测量中的一类地物点测量技术要求施测。临时

铁路高程宜采用图根水准施测。

8.7 基础施工测量

8.7.3 不论是采用何种工艺施工(如管桩、钻孔灌注桩、挖孔桩等),桩基定位测量误差都应符合表 8.7.3 的规定。桩基施工后,会发生偏移,竣工测量就是对打桩偏移量进行评价,评价的依据是现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202。测量成果作为竣工资料,向下一道施工工序提交。

8.8 结构安装测量

8.8.2 当柱子高 10m 时,上下端中线点偏差不应大于 3mm,换算为倾斜率为 $0.3H\%$ 。

8.8.3 轨道中心线误差实际上是轨道水平方向的直线精度,轨道标高误差实际上是轨道竖向高差精度,即吊车轨道平面直线度、竖向高差较差和跨距较差均不应大于 2mm。

8.8.5 轨道跨距测量精度估算:

1 采用钢尺丈量时,两次测量较差不应大于 3mm,则两次测量平均值的中误差为 $3/\sqrt{2}=2.1\text{mm}$ 。

2 采用测距仪测量时,两次测量较差不应大于 2mm,则两次测量平均值的中误差为 $2/\sqrt{2}=1.4\text{mm}$ 。

当测距仪和棱镜对点误差取 1mm,则轨道跨距测量误差为 $\sqrt{1^2+1^2+1.4^2}=2\text{mm}$ 。可见,钢尺丈量和测距仪测量的精度是一致的,即 2mm。

8.9 炉塔槽罐安装测量

8.9.2 工业炉、塔、槽、罐纵横中心线正交度,当横向基准线自交点起的长度为 5m~25m 时,正交度的限差为 2mm~4mm,即 $0.8\text{mm}\sqrt{L}$ (L 为长度,单位为 mm)。在放线时,是通过测设直角

来检查正交度的,当 $L=25\text{m}$ 时,将 $0.8\text{mm}\sqrt{L}$ 换算成角度为 $33''$ 。

8.10 管线安装测量

8.10.3 厂(场)区管线安装测量包括控制点布设、管线点放样、土建施工配合测量和管线安装模板放样测量。以厂房内管线、自流管线测量精度要求最高。

8.11 机械设备安装测量

8.11.4 设备安装阶段,施工测量的主要任务是安装基准线、基准点和配合安装过程中的找正、找平工作。设备找正、找平的工程限差极小,一般来说工程限差就是测量误差。即使是这样,采用常规测量仪器和方法也很难达到一些精密设备安装的精度要求。因此,设备安装施工测量的重点是测设安装基准线、基准点及相关联设备间的基准线、基准点。

国内安装规范和国外安装要领书中规定基准线的正交度:当横向基准线自交点起的长度为 $5\text{m}\sim 25\text{m}$ 时,正交度的限差为 $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$,即 $0.4\text{mm}\sqrt{L}$ (L 为长度,单位为 mm)。在放线时,是通过测设直角来检查正交度的,将 $0.4\text{mm}\sqrt{L}$ 换算成角度值则为 $16''$ (L 取 25m)。

8.12 筑炉工程测量

本节对焦炉、高炉、热风炉等施工测量的精度分别作出了规定。对炉体砌筑工艺有特殊要求的项目,应按设备供应商的规定执行。

9 露天矿测量

9.1 一般规定

9.1.1 工作控制点是露天矿生产测量工作的基础。工作控制点的测量工作包括工作控制平面测量和工作控制高程测量,分别测定工作控制点的平面坐标和高程。

9.1.2 工作控制点的点位中误差,主要考虑露天矿工程测量和露天采场测图等需要。采场工程测量的标定中误差一般要求为0.3m,而采场测图的主要比例尺是1:1000,因此,取图上0.1mm,即0.1m作为工作控制点的点位中误差。

露天排土场一般远离矿区,受地形条件限制,等级控制点较少,测图比例尺一般为1:1000~1:2000,因此,排土场工作控制点的点位精度比采场放宽50%,即0.15mm。

工作控制点平均间距为250m,露天矿掘沟设计坡度要求小于等于3‰,则高差为0.75m。控制点高程误差不应影响坡度放样精度,取其1/10即0.07m作为采场工作控制点的高程精度;排土场再放宽0.5倍,即0.1m。

9.2 工作控制平面测量

9.2.1 露天矿平面工作控制点测量工作可根据露天矿的测量条件,在满足点位精度的前提下,以方便测量工作为目的,灵活采用合适的测量手段和方法。

9.2.2 工作控制点精度要求与本规范第6章中图根点相当。因此,本条在参照图根控制点RTK测量技术要求的基础上制订。

9.2.3 导线测量精度估算。

(1)等边直伸导线的相对中误差。

$$\frac{1}{T} = 2kM_z \frac{1}{L} \quad (82)$$

式中： M_z ——平差后导线中点的点位中误差，取 0.1m；

k ——比例系数，一般取 $\sqrt{7}$ ；

L ——导线长度(m)。

当 $L=2500\text{m}$ 时， $1/T=1/4725$ (取用 1/4000)；

$L=3000\text{m}$ 时， $1/T=1/5669$ (取用 1/5000)。

(2)测距中误差和测角中误差。

平差后导线中点的点位中误差要求达到 0.1m。根据直伸导线误差等影响原则，则平差后导线中点的纵、横向点位中误差为 $100\text{mm}/\sqrt{2}=71\text{mm}$ 。

导线在平差前、后 endpoint 与中点误差的关系为：

平差前导线端点的纵向中误差 $m_t = 2 \times 71\text{mm} = 142\text{mm}$ ；

平差前导线端点的横向中误差 $m_u = 4 \times 71\text{mm} = 284\text{mm}$ 。

导线端点的纵向中误差：

$$m_t = \sqrt{nm_s^2 + (nS)^2\lambda^2} \quad (83)$$

则测边中误差：

$$m_s = \sqrt{\frac{m_t^2 - (nS)^2\lambda^2}{n}} \quad (84)$$

导线端点的横向中误差：

$$m_u = \frac{m_\beta}{\rho} S \sqrt{\frac{n(n+1)(n+2)}{12}} \quad (85)$$

则测角中误差

$$m_\beta = \frac{m_u}{S} \rho \sqrt{\frac{12}{n(n+1)(n+2)}} \quad (86)$$

式中： m_s ——导线测边中误差(mm)；

λ ——导线测距系统中误差(mm)，取 5×10^{-6} ；

m_β ——导线测角中误差(")；

n ——导线边数；

S ——导线平均边长(m)。

按式(84)和(86)估算的测边和测角中误差见表 22。

表 22 测边和测角中误差估算

导线总长 (m)	S (m)	n	λ	m_t (mm)	m_u (mm)	m_s (mm)		m_β (")	
						估算	取用	估算	取用
2500	200	12	5×10^{-6}	142	284	40.3	20	21.7	20
3000	250	12	5×10^{-6}	142	284	40.2	30	17.4	20

9.2.4 极坐标测量时,工作控制点点位中误差按下式估算,见表 23。

表 23 极坐标法半测回点位较差计算(cm)

测量方法	m_γ (")	m_β (")	m_c (")	m_s (cm)	m_l (cm)	S (m)	m (cm)	
							计算	取用
DQ6 一测回	5	15	0	2	1	800	6.1	7.0
DQ2 半测回	5	5	10	2	1	1000	6.3	7.0

$$m = \sqrt{\left(\frac{m_\gamma S}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta S}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{m_c S}{\rho}\right)^2 + m_s^2 + m_l^2} \quad (87)$$

式中: m ——工作控制点点位中误差(cm);

S ——最大极距(m);

m_γ ——后视方向定向中误差("),取一级导线的测角中误差 5";

m_β ——极坐标水平角测量中误差,主要是照准误差(");

m_c ——半测回时,水平度盘指标差(c)的影响("),一测回则被消除;

m_s ——边长测量中误差(cm);

m_l ——棱镜对点中误差(cm)。

9.2.5~9.2.7 采用测角交会测设工作控制点时属于特长边测量,DQ6 级全站仪的测角中误差采用实测资料统计,见表 24。

表 24 测角中误差实测资料统计表

矿山名称	仪器型号	点数	平均边长 (m)	一测回中误差(")	
				方向	角度
大孤山铁矿	DJ6	25	742	6.8	9.6

续表 24

矿山名称	仪器型号	点数	平均边长 (m)	一测回中误差(")	
				方向	角度
眼前山铁矿	DJ6	26	1094	6.4	9.1
齐大山北铁矿	DJ6	25	1750	8.4	11.9
齐大山南铁矿	DJ6	24	878	8.2	11.6
平 均	—	—	866.7	8.0	10.7

根据上表统计的 DQ6 全站仪测角交会一测回的平均测角中误差为 10.7", 取用 10"; 两测回为 $10.7/\sqrt{2}=7.6"$, 取用 7"。

测角交会的点位中误差:

$$m_p = \frac{S \cdot m_\beta}{\rho \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta} \quad (88)$$

式中: S——交会边长(m);

m_β ——测角中误差(");

α, β, γ ——交会角($^\circ ' "$)。

当 $\alpha=75^\circ, \beta=75^\circ, \gamma=30^\circ$ 时, 按式(88)估算的测角交会点位中误差见表 25。

表 25 测角交会的点位中误差估算

最大边长 (m)	全站仪级别	测角中误差 (")	点位中误差 (mm)
800	DQ6	10	57
1200	DQ6	7	60
1800	DQ2	5	64

表 25 估算点位误差均小于本规范 9.1.2 条的规定。

9.3 工作控制高程测量

9.3.1~9.3.5 工作控制点的高程精度, 比本规范第 6 章中图根点的高程精度要求略低, 这几条在参照图根高程测量相关技术要

求的基础上制订。

9.4 露天矿生产测量

9.4.6 水平截面法计算体积简单,但当台阶坡面不为直线而为折线形时,计算结果精度较低。垂直剖面法的绘图工作量较大,但这种剖面图除了计算体积外,还可用以检查工作面位置。

9.4.13 贮堆的矿量还可采用近景摄影、三维扫描等方法测量和计算。

10 建井测量

10.1 一般规定

10.1.4 标定测量工作没有多余观测和检查条件,独立观测两次不仅可以提高标定的可靠性,还可以提高标定精度。

10.2 井筒中心和十字中心线的标定

10.2.1 根据提升理论分析,钢绳偏角不应大于 $1^{\circ}30'$,设计时,偏角通常取 $1^{\circ}20'$ 。标定和施工产生的偏角误差取其 $1/8$ 即 $10'$ 。除了提升系统安装过程中产生的偏角误差外,还应考虑提升系统运营过程中偏角的变化。因此,取施工、放样所产生的偏角误差不大于 $10'/4=2.5'$ 。按施工和放样误差等影响原则,钢绳偏角放样允许误差不应大于 $m_a=2.5'/\sqrt{2}=1'40''$ 。

在整个提升系统的标定中,都是以井筒十字线为依据,这些标定引起的误差包括:

- (1) 标定井筒十字中心线间的垂直度偏差 m_1 ;
- (2) 根据井筒中心线标定天轮中心线的方向误差 m_2 ;
- (3) 根据井筒中心线标定提升机中心线的方向误差 m_3 ;
- (4) 根据天轮中心线标定天轮轴的方向误差 m_4 ;
- (5) 根据提升机中心线标定提升机主轴的方向误差 m_5 ;
- (6) 标定天轮轴线位置与提升机主轴位置间距离误差引起的钢绳偏角误差 m_6 。

则钢丝绳偏角误差为:

$$m_a = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2 + m_6^2} \quad (89)$$

按等影响考虑,并设 $m=m_1=m_2=m_3=m_4=m_5=m_6$,则:

$$m = m_a / \sqrt{6} = 1'40'' / \sqrt{6} = 40'' \quad (90)$$

即标定井筒十字线垂直度偏差不应大于 $40''$ 。为留有余地,取用 $30''$ 。并规定,无论井筒及建构筑物施工与否,均应小于 $30''$ 。

10.2.2 井筒十字中心线是井筒建构筑物施工放样的依据,因此,十字中心线的基点必须具有足够的数量和质量,既要便于使用,又要不被破坏。小型矿山布设点位满足要求即可;中型、大型矿山考虑发展的需要,十字中心线基点每侧布设 4 点~5 点比较合适。在施工过程中对十字中心线基点应经常进行检查,丢失的点应及时补设。

10.3 竖井施工测量

10.3.1 竖井井筒掘砌和设备安装应搜集下列资料:

(1)井口平面布置图、井筒水平断面图和沿十字中心线的竖直断面图;

(2)井筒临时和永久锁口盘平面图和断面图;

(3)井筒掘砌时的设备布置图;

(4)各水平的马头门和峒室施工图;

(5)井盖和吊盘的平面图。

10.3.16 采用垂线法施工时,圆形井筒应在靠近井壁梁窝和提升容器角点附近下放 4 根~6 根垂线;矩形井筒应在井筒截面的长边上各挂两根垂线,或在井筒四角各挂一根垂线。

10.4 罐梁及罐道安装测量

10.4.1 第一层罐道梁是其他各层罐道梁安装的基准梁,必须精确安装。

10.4.2 第二层及以下各层罐道梁的安装以移到第一层罐道梁上的垂线为依据。

10.4.5 竖井中的罐道是提升罐笼或箕斗运行的轨道,罐道要直,不能弯曲,罐道从一个断面到另一个断面相接处不能有折角。

设计认为,当 $\phi \geq \rho \times 4\Delta/B$ 时,罐道会阻塞。式中 Δ 为罐道变

形引起的最大间隙, B 为罐笼高度。

在一般情况下, 取罐笼与罐道之间的间隙 Δ 为 10mm, B 为 7m。则

$$\phi_{\max} \geq \rho \times 4\Delta/B = 3438' \times 4 \times 10/7000 = 19.6' \quad (91)$$

井筒中, 罐道产生偏斜的原因很多: 有标定施工误差, 有提升系统运行引起的误差, 尤其在接头处容易产生偏斜。罐道及罐道梁安装时的偏斜, 取极限值 $\phi_{\max}$ 的四分之一, 即为 $5'$ 。

放样误差和施工误差按等影响考虑, 罐道梁的放样误差不应大于 $5'/\sqrt{2}=3.5'$ 。

则罐道垂直度偏差 $\Delta \leq 3.5' \times 7000/3438' = 7(\text{mm})$ 。

10.5 提升设备安装测量

10.5.3 全站仪到井架距离宜大于 $1.5h$ (h 为井架高), 正倒镜观测可消除仪器本身误差的影响, 提高投点精度。

10.5.4 当提升中心与井筒中心一致时, 在标定井筒十字中心线的位置, 可一次性标定出卷扬机提升中心线的位置。

10.5.5、10.5.6 卷扬机基座在浇灌混凝土前应对基座各角点的高差、主轴中线与提升中心线间的垂直度以及主轴两端的高差等进行检测, 本规范第 10.5.5、10.5.6 条规定了检测的限差。

10.5.8 天轮平台上井筒十字中心线是天轮安装的基准线, 应精确标定。

10.6 附属设备安装测量

10.6.1 井下装载、破碎、电气等硐室设备安装, 一般以硐室中心线和硐室腰线为基准, 硐室中心线和腰线在掘砌施工中容易被破坏, 应注意恢复。有支护的硐室, 在支护完成后应及时补测。

10.6.3 摇台和罐座的安装测量, 可用井口十字中心线和井口水准基点进行标定, 以避免误差积累。

10.6.5 为方便安装人员使用, 永久轨道安装时, 可用拉线法指导

道岔位置施工,严格按设计坐标安装,以避免对电机车运行的影响。

10.6.6 电机车线眼位用来固定电机车架空输电线,精度要求不高,但拉线眼位间距应基本一致并同高,保证集电弓与架空输电线平稳接触,并整体美观。

11 矿井联系测量和井下控制测量

11.1 一般规定

11.1.2 一井定向精度相对较低,因此,当具备两井定向条件时,应采用两井定向,提高定向精度。

11.1.6 根据实测资料统计,一井定向时,两次独立定向的方位角较差一般在 $90'' \sim 120''$,所以取限差为 $2'$ 。两井定向精度较一井定向高,所以方位角较差限差为 $1'$ 。此精度指标主要考虑满足巷道平面图测绘和用图的要求。当进行两井间巷道贯通测量时,应根据实际需要,进行定向测量技术设计。

11.1.8 井下导线起始边方位角是通过联系测量从地面传递得到的,因此,起始边的方位角误差不能忽略。

11.2 近井点测量

11.2.2 设计要求:井下导线最远点的点位误差 0.3m ,后视方位角中误差相对于定向误差 $30''$ 。

(1)井下导线最远点的点位中误差 $m_{\text{点}}$ 按下式估算:

$$m_{\text{点}} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2} \quad (92)$$

$$\text{则} \quad m_1 = \sqrt{m_{\text{点}}^2 - m_2^2 - m_3^2} \quad (93)$$

式中: m_1 ——地面近井点的点位中误差;

m_2 ——井下投点的点位中误差,取 2cm ;

m_3 ——井下导线测量引起的最远点的点位中误差,取设计允许值 28cm ;

$m_{\text{点}}$ ——井下导线最远点的点位中误差,取设计值 30cm 。

$$\text{则} \quad m_1 = \sqrt{m_{\text{点}}^2 - m_2^2 - m_3^2} = 10.6(\text{cm}) \quad (94)$$

即地面近井点的点位中误差不应大于 10.6mm(规范取用 7cm)。

(2)井下导线最远边的方位角中误差 m_{f_j} 按下式估算:

$$m_{f_j} = \sqrt{m_4^2 + m_5^2 + n \cdot m_\beta^2} \quad (95)$$

式中: m_4 ——地面(近井点)起始边方位角中误差;

m_5 ——井下导线起始边方位角传递中误差,取 $10''$;

m_β ——井下导线测角中误差,取 $7''$;

n ——井下导线角度数, n 取 14。

最远边的方位角中误差 m_{f_j} 取 $30''$ (设计允许值),则

$$m_4 = \sqrt{m_{f_j}^2 - m_5^2 - n \cdot m_\beta^2} = 10.7'' \quad (96)$$

即地面(近井点)起始边的方位角中误差不应大于 $10.7''$ (规范取用 $10''$)。

11.3 一井定向

11.3.5 一井定向时,两次独立定向测量的定向边方位角较差不应大于 $2'$,则一次定向测量的定向边方位角中误差为:

$$m = 120''/2\sqrt{2} = 42'' \quad (97)$$

而 m 包含投向误差和连接误差,按等影响考虑,则投向中误差为 $42''/\sqrt{2} = 30''$ 。

在同一井筒内,两锤球线投点的条件相同,两垂线的线量误差可取同一 e 值,此时投点中误差 θ 为:

$$\theta = \rho'' \cdot e/c \quad (98)$$

$$\text{则} \quad e = \frac{\theta}{\rho} c \quad (99)$$

取 $\theta = 30''$,两垂线间距 c 为 2m、3m、4m 时, e 分别为 0.29mm、0.43mm、0.58mm。如确认垂线摆幅不超过 0.4mm,测定垂线稳定位置的最大线量误差 e 不会超过 0.2mm,此时所产生的投向误差则小于 $30''$,在这种情况下可采用稳定法投点。

11.3.6 一井定向时,垂球放入废机油加锯末的稳定液中,可确保

垂线摆动小于 0.4mm。在这种情况下,可采用稳定法投点。

摆动法投点时,应读取 13 组以上读数,是为了消除钢丝绳摆动过程中,因减谐运动振幅衰减所产生的不对称误差。

11.3.7 一井定向联系三角形如图 1 所示,C 点为地面连接点,D 为相连控制点。

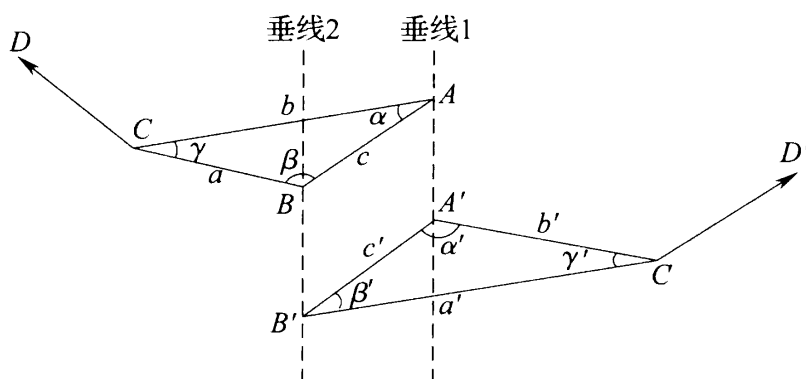


图 1 一井定向联系三角形

在地面联系三角形中,角 α 和 β 用下列公式计算:

$$\sin\alpha = \frac{a}{c}\sin\gamma \quad (100)$$

$$\sin\beta = \frac{b}{c}\sin\gamma \quad (101)$$

按误差传播定律:

$$m''_{\alpha} = \frac{a}{c}m''_{\gamma} \quad (102)$$

$$m''_{\beta} = \frac{b}{c}m''_{\gamma} \quad (103)$$

分析式(102)和式(103),可得出以下结论:

(1)两垂球线间距 c 愈大,则计算角 α 和 β 的误差愈小,所以,本规范规定两垂球线间距不应小于 5m。

(2)计算角 α 和 β 的误差决定于测量角 γ 误差的大小,且随比值 a/c 和 b/c 的减小而减小,因此,在本规范中,规定井上和井下连接点应靠近垂线, a/c 和 b/c 不宜大于 1.5。

11.3.8 连接三角形属于超短边测量,水平角观测的限差按下式进行估算:

$$\text{半测回归零差} = 2\sqrt{2}m_y \quad (104)$$

$$\text{各测回较差} = 2\sqrt{2}m_y \quad (105)$$

$$\text{重新对中测回间较差} = 2\sqrt{2}\sqrt{m_y^2 + m_e^2} \quad (106)$$

式中: m_y ——方向中误差(")。DQ2 取 4.5",DQ6 取 12";

m_e ——仪器和站标对点误差引起的方向误差(")。

在连接三角形测量时,仪器和觇标对点误差分别取 0.4mm。仪器和觇标对点误差的联合影响则为 $0.4 \times \sqrt{2} = 0.6\text{mm}$ 。当三角形平均边长取 5m 时,则仪器和站标对点误差引起的方向误差为:

$$m_e = 0.6\text{mm} \times 206065''/5000\text{mm} = 24.8'' \quad (107)$$

将相关参数代入以上各式,估算结果见表 26。

表 26 连接三角形水平角观测限差估算

全站仪级别	半测回归零差		各测回较差		重新对中测回较差	
	估算(")	取用(")	估算(")	取用(")	估算(")	取用(")
DQ2	13	12	13	12	71	60
DQ6	34	30	34	30	77	70

11.3.9 根据实践经验统计,连接三角形边长丈量中误差为 0.5mm,取其 4 倍中误差(2mm)作为长度丈量较差的限差。在垂线摆动的情况下,将限差放宽到 3mm。

11.3.10 连接三角形(图 1)C 边的计算值与丈量值较差的限差估算。

C 边的丈量值与计算值较差的中误差:

$$m_d^2 = m_{c\text{丈}}^2 + m_{\text{计}}^2 \quad (108)$$

$$m_d^2 = m_{c\text{丈}}^2 + m_a^2 \cos^2 \beta + m_b^2 \cos^2 \alpha + \frac{m_y^2}{\rho} b^2 \sin^2 \alpha \quad (109)$$

式中: $m_{c\text{丈}}$ ——C 边长丈量误差(mm);

m_a 、 m_b ——a、b 边测量误差(mm);

m_y ——测角误差(″)。

当连接三角形为延伸形时： $\cos\alpha\approx 1$ 、 $\cos\beta\approx 1$ 、 $\sin\alpha\approx 0$

则式(111)简化为：

$$m_d^2 = m_{c\text{丈}}^2 + m_a^2 + m_b^2 \quad (110)$$

设 $m = m_a = m_b = m_{c\text{丈}} = 0.5(\text{mm})$

$$m_d = \sqrt{3}m = 0.87\text{mm}$$

C 边的计算值与丈量值较差的限差取 2 倍中误差,即

$$m_{\text{允}} = 2m_d = 1.74\text{mm} \approx 2(\text{mm}) \quad (111)$$

规范条文中,井上三角形取用 2mm。由于井下量边条件较差,将限差放宽一倍,即井下三角形取用 4(mm)。

11.4 两井定向

11.4.1 若两井定向的投向误差大于 $10''$,则在两井定向误差中不能忽视投向误差。此时应采用单重摆动法投点,减少投点线量误差,使投向误差减小。

11.4.2 两井定向时,独立进行两次定向测量的方位角较差不应大于 $1'$,则一次定向的中误差不应大于 $60''/2/\sqrt{2}=21''$,取用 $20''$ 。

11.4.4 当井下导线离地面(深度为)1km 时,井下导线总长 1000m,归化到地面坐标系时,长度改正为 $V_s = 1\text{km}/6370\text{km} \times 1000\text{m} = 0.157\text{m}$,相对误差为 $0.157/1000 = 1/6370$,取用 $1/6000$ 。即当井下导线离地面(深度)小于 1km,导线总长小于 1000m 时,井下导线才可直接在地面坐标系中进行计算,否则应对边长进行高程面投影改正后才能计算。

11.5 陀螺经纬仪定向

11.5.1 测定仪器常数的地面已知边的方位角中误差是井下导线起算数据误差,相对于井下陀螺定向边方位的中误差而言,该项误差应是小到可忽略的量。按本规范第 11.1.6 条规定,两次独立陀螺定向得到井下同一定向边方位的较差不应大于 $1'$,则方位角平

均值的中误差为 $60''/4=15''$ 。地面已知边方位角的中误差取该中误差的 $1/3$, 即 $5''$ 。显然, 只有一级及以上控制网的边方位角误差才能达到 $5''$ 要求。

11.5.4 前后两次测定仪器常数的较差, 实际上是前后两次在同一已知边上用两测回观测陀螺定位角的中值的较差。较差中不包含已知边方位的误差。

实验研究表明, 对 $15''$ 仪器, 两测回测定陀螺方位角平均值的中误差为 $15''\sqrt{2}$, 较差的限差估值为:

$$15'' \times 2\sqrt{2}/\sqrt{2} = 30'' \quad (112)$$

对 $25''$ 仪器而言, 其较差的限差估值为:

$$25'' \times 2\sqrt{2}/\sqrt{2} = 50'' \quad (113)$$

所以, 同一边两测回观测陀螺方位角的较差: $15''$ 仪器取 $30''$, $25''$ 仪器取 $50''$ 。

前、后两次仪器常数测定时, 考虑到观测时间、条件变化的影响, 将限差稍放宽: $15''$ 仪器取 $40''$; $25''$ 仪器取 $60''$ 。

11.5.8 在理想情况下, DJ2 和 DJ6 级经纬仪一测回观测同一测线方向值的中误差分别为 $2''$ 和 $6''$, 但一般情况下, 该中误差要更大一些。因此, 两测回观测同一测线方向值较差的限差定得较宽, 其估算值取 $3\sqrt{2}$ 倍中误差。对 DJ2 级经纬仪, 估算值为 $3\sqrt{2} \times 2'' = 8.5''$, 取限差允许值为 $10''$; 对 DJ6 级经纬仪, 估算值为 $3\sqrt{2} \times 6'' = 25''$, 取限差允许值为 $25''$ 。

11.5.9 用跟踪逆转法观测时, 各摆动中值的互差的限差, $15''$ 仪器取 $15''\sqrt{2}=20''$, $25''$ 仪器取 $25''\sqrt{2}=35''$ 。

用中天法观测时, 三个时间差的互差限差的估算:

相邻时间差互差的中误差限差:

$$m_d = 2 \times 2m_t \quad (114)$$

间隔时间差互差的中误差限差:

$$m'_d = 2\sqrt{10}m_t \quad (115)$$

式中： m_t ——时间读数的中误差。

m_t 取值：15"仪器取 0.09s, 25"仪器取 0.12s。

代入式(114)和式(115), 得到表 27。

表 27 时间差较差的限差估算

仪器类型	$m_d(s)$		$m'_d(s)$	
	估算	取用	估算	取用
15"级	0.36	0.4	0.56	0.6
25"级	0.48	0.5	0.76	0.8

11.5.11 井下导线采用陀螺经纬仪定向, 单个投点传递起点坐标时, 投点误差对井下导线各点位的影响是相同的, 对定向精度无影响。因此, 相较一井定向和二井定向, 投点精度要求相对较低, 本规范中规定投点误差限差取 20mm。

11.7 井下控制测量

I 井下平面控制测量

11.7.2 设计认为, 井下导线最远点的允许误差取 1.5m, 则井下导线最远点的点位中误差取其 1/2, 即 0.75m。

(1) 井下导线最远点的点位中误差按下式计算:

$$M_{\text{远}} = \sqrt{M_{\text{近}}^2 + M_{\text{定}}^2 + M_{\text{测}}^2} \quad (116)$$

$$\text{则} \quad M_{\text{测}} = \sqrt{M_{\text{远}}^2 - M_{\text{近}}^2 - M_{\text{定}}^2} \quad (117)$$

式中： $M_{\text{远}}$ ——井下导线最远点点位误差(cm), 取 0.75m;

$M_{\text{近}}$ ——井上近井点误差对井下对最远点点位误差的影响(cm);

$M_{\text{定}}$ ——井下定向误差对最远点点位误差的影响(cm);

$M_{\text{测}}$ ——井下导线测量对最远点点位误差的影响(cm)。

$M_{\text{近}}$ 包括近井点点位误差(7cm)和后视方位中误差(10")对最远点点位的影响。当导线总长为 2500m 时:

$$M_{\text{近}} = \sqrt{7^2 + \left(\frac{10''}{206265''} \times 400000\text{cm} \right)^2} = 21(\text{cm}) \quad (118)$$

$$M_{\text{定}} = \frac{10''}{206265''} \times 400000\text{cm} = 19(\text{cm}) \quad (119)$$

将式(120)(121)代入式(119):

$$M_{\text{测}} = \sqrt{M_{\text{远}}^2 - M_{\text{近}}^2 - M_{\text{定}}^2} = \sqrt{75^2 - 21^2 - 19^2} = 69(\text{cm}) \quad (120)$$

即井下导线测量对最远点点位误差的影响不应大于 0.69m。

(2)井下导线测量最远点的点位误差按下式计算:

$$M_{\text{测}}^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \cdot L^2 \cdot \frac{n+1.5}{3} + n \cdot m_s^2 \quad (121)$$

式中: $M_{\text{测}}$ ——导线终点点位误差;

L ——导线总长(km);

n ——导线边数;

s ——导线平均边数

m_{β} ——测角中误差;

m_s ——测边中误差;

ρ'' ——206265''。

井下导线测量最远点的点位误差和全长相对误差估算见表 28。

表 28 最远点点位误差和全长相对误差估算

等级	导线长 $L(\text{km})$	m_{β} (")	s (m)	n	m_s (cm)	$M_{\text{测}}$ (cm)	导线全长相对误差 $1/T$	
							$M_{\text{测}}/L$	取用
7"	4	7	130	30	3	47	1/8510	1/8000
15"	2	15	100	20		43	1/4700	1/5000
30"	1	30	80	12		35	1/2900	1/3000

复测支导线的全长相对误差取附和导线的 $\sqrt{2}$ 倍。

11.7.6 井下导线角度和边长测量要求,参考了地面一、二级导线和图根导线的规定,并考虑了井下导线边长短、观测条件较差等因素。

11.7.8 井下导线边长短,方向传递误差是影响导线精度的主要因素。为了提高导线方向精度,本条强调,首级导线或大型贯通测量导线,每 1km 左右宜加测一条陀螺定向边。加密导线宜每 2km

左右宜加测一条陀螺定向边。

Ⅲ 井下高程控制测量

11.7.13、11.7.14 井下高程控制按百米高程极限误差划分,水准测量分为 5mm、7mm、20mm 三级,全站仪三角高程测量分为 20mm 和 30mm 两级。

11.7.16 在巷道掘进过程中,高程控制点应与掘进进度同步建立,并由低级到高级逐步完善。

Ⅳ 数据处理

11.7.18 导线总长 1000m、离地面高差为 1000m 时,高程面归化的边长总改正为:

$$V_s = \frac{1\text{km}}{6370\text{km}} \times 1000\text{m} = 0.157\text{m} \quad (122)$$

对导线全长相对误差的影响为 $0.157/1000=1/6370$,已经接近表 11.7.2 规定精度要求的极限,说明高程面归化的边长改正不能忽略。

12 井下采掘工程测量

12.1 一般规定

12.1.1、12.1.2 井下采掘工程测量事关矿山生产的安全和施工的质量,因此对控制点和测量数据的可靠性和准确性必须高度关注,应采取各种方法进行检验

12.1.3 为了保证每一个标定数据的准确性,必须始点到终点从一次性地结算出全部标定数据,并对全部标定数据进行整体检验,确认可靠后,再进行标定工作。

12.2 井巷和车场施工测量

12.2.7 采用爬罐法、人工脚手架法反掘时,上、下空位的标定也可采用移动支架激光指向的方法,但每次爆破后应检查激光指向的位置。

12.2.8 有提升设备的小井采用小断面反掘后扩砌时,也可测量提升绳的位置计算偏差,根据施工高度调整断面。

12.3 井巷贯通测量

12.3.2 贯通工程按测量路线在垂直于贯通重要方向上的最大投影长度进行划分:1000m 以上的为大型贯通,500m~1000m 的为中型贯通,500 以下的为小型贯通。

精度估算时各项测量中误差一般采用理论先验值,但是相同的仪器在不同的作业条件,不同经验的作业者使用时,测量中误差相差较大。本条建议采用本单位测量统计、分析的实际值,更符合客观实际,更合理,可靠性更高。

12.3.7 本条为强制性条文。井巷施工过程中,随着井巷相向工

作面的距离逐渐缩小,井巷的受力变化愈来愈大,随时可能发生突变,容易造成巷道坍塌,引起重大安全事故。因此,在两相向工作面的距离接近 20m 时,必须通知施工方,以采取必要的防范措施。

12.3.8 实际贯通误差可以验证测量方案的准确性、合理性,为以后制订方案提供宝贵经验。

13 变形监测

13.1 一般规定

13.1.1 本章对工业厂区、矿山的建(构)筑物、施工及生产项目,采用常规测量手段和方法进行变形监测作了一般性规定。由于变形监测涉及内容多,情况复杂,观测方法和要求差异很大,难以面面俱到。因此,本条强调对于特殊要求和采用新技术进行监测的项目还是要进行专门设计。

13.1.2 变形监测按四个精度级别划分,基本能满足工业厂区和矿山大多数常规监测项目的需要。其中竖向位移监测的精度等级以观测点的高程中误差(绝对精度),或相邻竖向位移观测点的高差中误差(相对精度)划分,两者可只选其一。

对于特殊要求的变形监测项目,应进行专门设计。技术设计时测量精度估算宜符合以下原则:要求高或科研项目的测量精度,宜取允许最大变形量的 $1/10 \sim 1/20$;生产安全监测项目的测量精度,可取允许最大变形量的 $1/5 \sim 1/10$ 。

13.1.3 变形监测是重复性测量工作,变形分析的前提是各期观测的数据必须具有同一性,保证同一性的必要条件就是各次观测的观测者、仪器、作业方法和数据处理方法应一致,否则,会影响变形分析结论的正确性。观测现场的物理环境变化,是影响变形过程的重要因素,在观测时应进行记录并参与变形分析。

13.1.4 变形监测网由基准网和监测网组成。基准网由基准点和工作基点组成,监测网由基准点、工作基点和变形监测点组成。

变形监测网可按基准网和监测网两级布设,也可以按一级布设。基准点是变形监测的依据,工作基点是联系基准点和变形监测点的桥梁,变形监测点应能反映被监测对象的动态变形特征。

平面和高程基准点稳定性是保证监测结果正确性的前提,应埋设在远离变形区的稳定地方,有条件时应埋设在基岩上。

13.1.5 一般情况下,变形监测项目可采用独立的坐标和高程系统。当监测项目与当地建设有紧密联系时(如防洪堤、地下排水管网竖向位移监测等),应采用当地系统。在矿山变形监测中,由于地面变形与井下巷道生产安全密切相关,应采用矿山测量统一的坐标和高程系统,有利于将变形监测的动态变化与井下的采掘情况叠加在一起分析。

13.2 竖向位移监测基准网

13.2.1 每个项目的竖向位移监测基准点不少于 3 点,可以采用检查点间高差分析点位的稳定性,简单方便。当基岩埋藏太深时,埋设深桩水准点是比较好的措施。深桩水准点的埋设深度宜与厂房、设备基础的深度一致(即在同一持力层)。深桩水准点位于厂房、设备基础的同一持力层,水准点上没有负荷,稳定性会更好。

13.2.2 厂区和矿山的竖向位移监测基准网主要采用水准测量的方法布设,并应组成网状图形,既可进行测量精度检核,又可检查基准点的稳定性。

13.2.3 基准网各等级之间是独立的,没有上一级控制下一级的关系。每站的高差中误差 M_0 以相邻基准点的高差中误差为出发点,按下列公式估算,结果见表 29。

$$\text{单程观测时: } M_0 = \frac{M_h}{\sqrt{n}} \quad (123)$$

$$\text{往返观测时: } M_0 = \frac{\sqrt{2}M_h}{\sqrt{n}} \quad (124)$$

式中: M_0 ——每站高差中误差(mm);

M_h ——相邻基准点高差中误差(mm);

n ——相邻点间最多测站数。

表 29 每站高差中误差 M_0 估算

等级	相邻基准点的高差中误差 (mm)	测站数		每站高差中误差 (mm)		取值 (mm)
		单程	往返	单程	往返	
一等	0.3	10	20	0.09	0.09	0.08
二等	0.5	10	20	0.15	0.16	0.15
三等	1.0	10	20	0.32	0.32	0.30
四等	2.0	10	20	0.63	0.63	0.60

往返测高差较差、附和或环线闭合差的限差,按每站高差中误差的 $2\sqrt{n}$ 倍计算。检测已测高差较差的限差,按每站高差中误差的 $2\sqrt{2}\sqrt{n}$ 倍计算。

13.2.4 竖向位移基准网水准观测路线数 n 按下式估算,结果见表 30。

$$n = \left(\frac{m_h}{m_0} \right)^2 \quad (125)$$

当 $n \leq 1$ 时,按单程进行观测;

当 $1 < n \leq 2$ 时,按往返进行观测或单程双设站观测;

当 $2 < n \leq 4$ 时,按双往返进行观测。

式中: m_0 ——规范规定的每测站高差中误差先验值;

m_h ——水准仪单程观测每站的高差中误差。

m_h 按以下经验公式估算:

$$\text{DS05 型: } m_h = 0.025 + 0.0029d, d \text{ 为视线长度(m)} \quad (126)$$

$$\text{DS1 型: } m_h = 3.29/1000 \times d \quad (127)$$

$$\text{DS3 型: } m_h = \sqrt{0.4 + 0.34/10000 \times d^2} \quad (128)$$

表 30 水准观测路线数 n 计算

等级	水准仪 型号	水准尺 类型	视线长度 (m)	m_h (mm)	m_0 (mm)	n	观测方式 取值
一等	DS05	因瓦、条码	25	0.098	0.08	1.48	往返

续表 30

等级	水准仪 型号	水准尺 类型	视线长度 (m)	m_h (mm)	m_o (mm)	n	观测方式 取值
二等	DS05	因瓦、条码	60	0.199	0.15	1.76	往返
	DS1	因瓦、条码	50	0.164		1.20	往返
三等	DS1	因瓦	60	0.197	0.30	0.43	往
四等	DS1	因瓦	75	0.247	0.60	0.17	往
	DS3	双面	50	0.696		1.34	往返

测站各项限差参照本规范等级水准测量的限差,按 0.5~0.8 倍从严规定。

13.2.5 自动安平水准仪的补偿误差俗称自动安平精度,水准仪的 i 角不可能完全消除。消除 i 角对高差测量结果的影响只有两条措施:使前后视距相等,控制 i 角的大小。

13.2.6 水准尺互换,仪器重新整置可以减弱观测系统误差。

13.3 竖向位移监测

13.3.1 竖向位移监测网观测采用了与基准网相同的技术要求,只是以最弱点高差中误差作为精度衡量指标。

13.3.2 为了保证变形监测点的高程中误差符合规定要求,应对测站数进行限制。变形监测点到最近基准点(或工作基点)的测站数,对于单程观测不宜大于 10 站,对于往返观测不宜大于 20 站。

13.3.3 当变形监测点密集时,观测路线应由观测条件好的主要点组成,力求路线最短,其他点可采用间视观测。实践证明,采用间视观测不仅提高了效率,还可减少高程传递误差。间视点在各次观测时必须采用同一根水准尺,是为了消除不同水准尺的零点差。

13.4 水平位移监测基准网

13.4.1 水平位移监测基准网以相邻基准点间的点位中误差作为

分级标准。相邻点间的点位中误差应根据平均边长和测角中误差按下式进行估算。

$$m_u = \frac{m_\beta S}{\rho} \quad (129)$$

$$m_t = \frac{1}{T} S \quad (130)$$

$$m_p = \sqrt{m_u^2 + m_t^2} \quad (131)$$

式中： m_u ——横向中误差(mm)；

m_t ——纵向中误差(mm)；

m_p ——相邻点位中误差(mm)；

m_β ——测角中误差(")；

S ——(m)；

ρ ——206265"。

估算结果见表 31,经匹配后得到取值项。

表 31 水平位移监测基准网相邻点点位中误差估算

级别	平均 边长 (m)	横向中误差		纵向中误差		相邻点点位中误差	
		测角中 误差 (")	估算 (mm)	测边相对 中误差 (mm)	估算 (mm)	估算 (mm)	取值 (mm)
一等	200	1.0	0.96	1/200000	1.00	1.39	1.5
二等	300	1.5	2.18	1/150000	2.14	3.05	3.0
三等	400	2.0	3.88	1/100000	4.00	5.57	6.0
四等	500	2.5	6.06	1/80000	6.25	8.71	10.0

13.4.2 基准点不应少于 3 点,以便进行点位稳定性检验和分析。观测墩埋设太浅,水平方向的稳定性难以保证。本条强调地下部分埋设深度不能小于地面部分高度的 1.5 倍是必要的。

13.4.3 本条是对第 13.4.2 条的补充。对采用测角网、测边网、边角网及导线网布设基准网时,应达到的精度含义进行了明确和规定。当采用其他手段和方法布设基准网时,也应满足这一要求。

13.4.4 单一视准线两端的基准点没有检查条件,无法检查其稳定性。在两端基准点的纵、横方向上埋设附点,检查其稳定性,方法简单有效。

13.4.5 边角网观测技术要求。

(1)角度采用方向法观测时,测回数 and 观测限差的估算。

测回数按下式进行估算。

$$n = 5.3 (m_0 / m_\beta)^2 \quad (132)$$

式中: n ——采用全园方向法观测的测回数;

m_β ——按角度闭合差计算的测角中误差(″);

m_0 ——全站仪一测回角度中误差的先验值(″)。

m_0 根据外业观测数据统计分析,取值:

DQ05 级取 $0.5'' \sim 0.7''$;

DQ1 级取 $1.0'' \sim 1.2''$;

DQ2 级取 $2.0'' \sim 2.2''$ 。

测角网测回数估算结果见表 32。当平均边长大于规定 1.5 倍时,应增加测回数。

表 32 测角网测回数估算

等级	测角中误差 m_β (″)	仪器精度取用值 m_0 (″)					
		DQ05		DQ1		DQ2	
		0.7		1.2		2.2	
		估算	取用	估算	取用	估算	取用
一等	1.0	2.6	6	7.6	9	—	—
二等	1.5	1.2	4	3.4	6	—	—
三等	2.0	—	—	1.9	4	6.4	6
四等	2.5	—	—	1.2	2	4.1	4

(2)方向观测法的各项限差估算见本规范第 4.4.8 条条文说明。

(3)边长观测技术要求,是根据测距仪的标称精度和测距中误差换算,再经过匹配调整后确定的。往返测较差的限差取测距中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

13.4.6 导线以最弱点点位中误差为出发点,按直伸导线精度估算下列公式分别进行测角、测边中误差和全长相对中误差必要精度估算,结果见表 33。

$$m_s = \frac{1}{\sqrt{n}} m_z \quad (133)$$

$$m_\beta = \frac{4\sqrt{3}}{L\sqrt{n+3}} \rho m_z \quad (134)$$

$$\frac{1}{T} = \frac{2\sqrt{7}}{L} m_z \quad (135)$$

式中: m_z ——最弱点点位中误差(mm);

m_s ——测边中误差(mm);

m_β ——测角中误差(");

L ——导线全长(mm);

n ——导线边数;

$\frac{1}{T}$ ——导线全长相对闭合差。

表 33 导线测量必要精度估算

等级	最弱点 位中 误差 (mm)	平均 边长 (m)	导线 边数	导线 全长 (m)	估算			取用		
					m_s (mm)	m_β (")	$\frac{1}{T}$	m_s (mm)	m_β (")	$\frac{1}{T}$
一等	1.5	150	5	750	0.67	1.01	1/94000	0.7	1.0	1/100000
二等	3.0	200	5	1000	1.34	1.52	1/63000	1.2	1.5	1/70000
三等	6.0	300	5	1500	2.68	2.02	1/47000	2.5	2.0	1/50000
四等	10.0	400	5	2000	4.47	2.53	1/38000	4.5	2.5	1/40000

由表 33 可以看出,导线的平均边长不应大于表列规定,同时导线边数不宜大于 5。边数超过时,应增加测回数。

导线网角度的测回数 and 观测限差采用本说明第 13.4.5 条的估算结果。

13.5 水平位移监测

13.5.2 视准线法的精度。

一般讨论视准线法精度是从理论上以照准误差为主出发进行研究,其缺点是忽略了外界观测条件的影响,往往估算精度偏高。通过试验分析的方法研究其精度则是较好的选择。

“视准线法观测土石坝水平位移精度研究”(《湖北水利发电》2006 年第一期,史兆琼、邱福清)一文。在不同外界观测条件下,采用 DQ1 和 DQ2 级全站仪,选择 5 条视准线,在 10m~700m 的范围,用活动觇牌进行观测试验。每点用半测回读 10 组数(每半测回读两次数,取平均值为一组)。利用多余观测计算每个点半测回的观测中误差。再采用线性回归分析,得到半测回位移量测量中误差的下列试验公式。

$$\text{DQ1: } m_{\text{DJ1}} = 0.956S_P - 0.061S_P^2 \quad (136)$$

$$\text{DQ2: } m_{\text{DJ2}} = 1.177S_P - 0.057S_P^2 \quad (137)$$

式中: S_P ——全站仪到观测点的距离(m)。

按上式计算视准线法(半测回)位移量观测中误差见表 34。

表 34 视准线法位移量观测中误差(mm)

S_P	半测回观测中误差		一测回观测中误差		二测回观测中误差	
	DJ1	DJ2	DJ1	DJ2	DJ1	DJ2
100	0.90	1.12	0.64	0.79	0.45	0.56
200	1.67	2.12	1.18	1.45	0.84	1.06
300	2.32	3.02	1.64	2.14	1.16	1.51
400	2.85	3.80	2.02	2.69	1.42	1.90
500	3.26	4.46	2.31	3.15	1.63	2.23
600	3.54	5.01	2.50	3.54	1.77	2.50
700	3.70	5.45	2.62	3.85	1.85	2.72

按上表归纳得到测回数与视线长度的关系见表 35。

表 35 视准线法的视线长和测回数

等级	位移量 中误差 (mm)	视线长(m)和测回数													
		100		200		300		400		500		600		700	
		DQ1	DQ2	DQ1	DQ2	DQ1	DQ2	DQ1	DQ2	DQ1	DQ2	DQ1	DQ2	DQ1	DQ2
一	1.0	1	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
二	2.0	1	1	2	2	2	—	4	4	4	—	4	—	4	—
三	4.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2
四	7.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

注:1 为正镜(或到镜)读两次数(半测回);2 为正、倒镜分别读两次数(一测回);
4 为观测两个测回。

13.5.3 极坐标法点位精度按下式估算。

$$m_p = \sqrt{\left(\frac{m_\beta S}{\rho}\right)^2 + (m_s)^2} \quad (138)$$

式中: m_p ——点位中误差(mm);

m_β ——测角中误差(");

m_s ——测边中误差(mm);

$\frac{1}{T}$ ——测边相对中误差;

S ——测站到监测点的距离(mm);

ρ ——206265"。

当点位中误差为已知时,按等影响原理则,可按下式计算必要的测角和测边精度。

$$m_\beta = \frac{m_p}{\sqrt{2}S} \rho \quad (139)$$

$$m_s = \frac{m_p}{\sqrt{2}} \quad (140)$$

13.5.4 前方交会法点位精度估算。

由于交会点位精度与交会图形强度有关,相同的观测方法在不同图形条件时,精度差异很大,不能简单地规定采用什么精度的

仪器和测回数就能达到什么精度要求。因此,本条采用根据具体观测条件和图形强度进行估算的方法。

测角和测边前方交会的观测量见图 2。

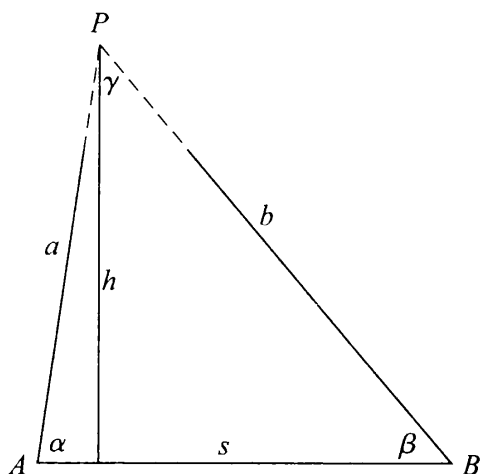


图 2 测角、测边交会的观测量

A, B —已知点; α, β —前方交会观测时的观测角;

a, b —测边交会时的观测边; h —三角形的高; p —待定点

(1)测角交会法的点位中误差按下列公式估算。

$$m_p = \frac{S \times m_\beta}{\rho \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta} \quad (141)$$

或

$$m_p = \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{a^2 + b^2} \quad (142)$$

则 测角中误差应满足:

$$m_\beta = \frac{\rho \sin^2 \gamma \cdot m_p}{S \sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}} \quad (143)$$

或

$$m_\beta = \frac{\rho \sin \gamma}{\sqrt{a^2 + b^2}} \cdot m_p \quad (144)$$

式中: m_p ——点位中误差(mm);

m_β ——测角中误差(");

S ——两已知点间距离(m);

α, β ——测站交会角(");

a, b ——测站到监测点的距离(m);

γ ——待定点交会角(°);

ρ ——206265″。

根据估算的测角精度要求,则可选择合适的测角仪器和测回数。

(2)测边交会法的点位中误差按下式估算。

$$m_p = \sqrt{2} \frac{a \cdot b}{h \cdot S} \cdot m_s \quad (145)$$

则测边中误差应满足:

$$m_s = \frac{h \cdot S}{\sqrt{2}(a \cdot b)} \cdot m_p \quad (146)$$

根据估算的测边精度要求,可选择合适的测边仪器和测回数。
式中: m_s ——测边中误差(mm);

a 、 b ——测站到监测点的距离(m);

S ——两已知点间距离(mm);

h ——观测点至两测站连线的距离,即观测点相对交会基线边的高(m)。

13.5.5 吊垂线法观测纵、横向相对位移,方法简单,效率高,直观有效。观测要求是从实际生产观测经验中总结出来的。

13.5.6 采用正倒镜观测是保证投点精度的关键,观测要求是从实际生产观测实例中总结出来的。

13.6 GNSS 水平位移监测

13.6.1 第 13.5 节适用于面积较小、网形比较简单的水平位移监测项目,且上一级网对下一级网没有约束关系。从本质讲,它监测的还是被观测对象的相对变形。当需要进行大面积水平位移监测、评价整体绝对位移时,13.5 节所述方法就无能为力了。采用 GNSS 进行水平位移监测,就是基于这一点提出的。

GNSS 水平位移监测网由基准网和监测网两部分组成的含义:基准网和监测网是一个整体,上一级网控制下一级网,基准网

控制监测网。

GNSS 基线测量相对中误差估算结果见表 36。

表 36 基线相对中误差估算

网类型	等级	平均点距 $d(\text{km})$	固定误差 $a(\text{mm})$	比例误差 $b(\text{ppm})$	σ (mm)	基线相对中误差	
						估算	取用
基准网	二等	5	5	1	7.1	1/704000	1/700000
	三等	3	5	1	5.8	1/517000	1/400000
	四等	1	5	1	5.1	1/196000	1/200000
监测网	三等	1.5	5	2	5.8	1/259000	1/200000
	四等	0.5	5	2	5.1	1/98000	1/100000

注：表中 $\sigma = \sqrt{a^2 + (a \cdot d)^2}$ 。

NGSS 网点位中误差估算与网形密切相关,但目前还没有公认的精度估算的数学模型。下面以工程实例为例,采用统计分析的方法确定。

国内某钢厂采用 GNSS 网进行厂区水平位移监测,面积约 40km^2 ,至今已有 17 年的观测历史。某厂水库大坝位移监测基准网采用 NGSS 网观测,面积约 5km^2 ,至今已有 10 年的观测历史。先后采用天宝、佳瓦特和徕卡等不同型号 NGSS 接收机(标称精度为 $5\text{mm}+1\text{ppm}$)进行过观测。

厂区监测网有 4 个基准点,按相当于表 36 中三等网的要求施测;监测网有 104 个监测点,按相当于表 36 中四等网的要求施测。水库网有 10 个基准点,监测网有 40 个监测点(监测网采用测边网施测),按相当于表 36 中四等网的要求施测。

摘取其中部分观测资料,点位中误差统计见表 37。

表 37 点位中误差统计表(mm)

网名	观测时间	基准网			监测网		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
厂区监测网	2007	1.5	1.3	1.4	5.2	1.3	2.8
	2006	2.1	1.4	1.8	4.7	1.3	1.9

续表 37

网名	观测时间	基准网			监测网		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均
厂区监测网	2005	2.3	1.6	2.0	4.5	1.3	2.0
	2004	2.0	1.5	1.6	4.6	2.3	2.5
	2003	1.6	1.3	1.5	4.5	1.8	3.1
	平均	1.9	1.4	1.7	4.7	1.6	2.5
水库监测网	2007	1.4	0.7	0.9	---	---	---
	2006	1.2	0.6	0.8	---	---	---
	2005	1.0	0.7	0.8	---	---	---
	2003	2.6	1.9	2.1	---	---	---
	平均	1.6	1.0	1.2	---	---	---

图 3 是其中一期观测的监测点点位中误差分布图：

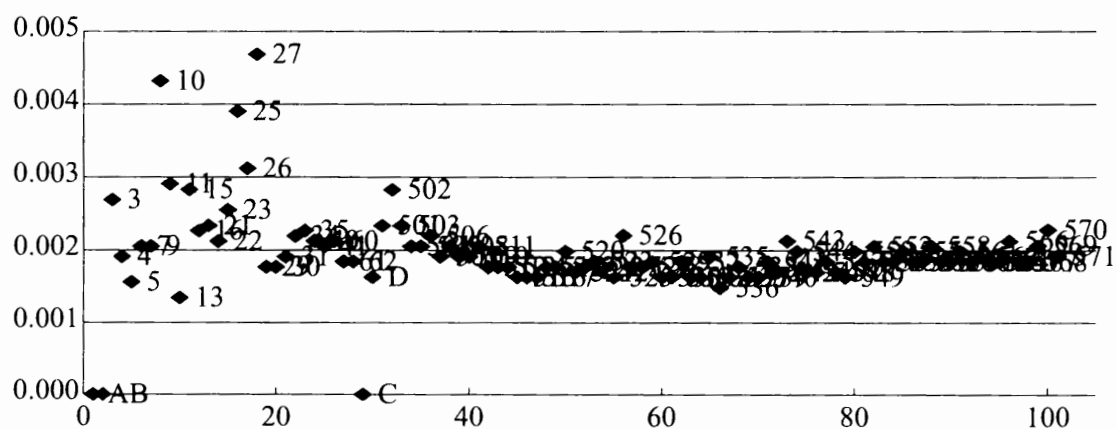


图 3 监测点点位中误差分布图

[纵轴为点位中误差(m);横轴为点号]

从表 37、图 3 的统计可以看出,104 个监测点中,点位中误差在 3mm~5mm 区间的有 4 点,占 3.8%,小于 3mm 的占 96.2%,说明本条确定的各等级的点位中误差 5mm、6mm 和 10mm 是可以达到的。由于本规范是首次将 NGSS 测量应用于变形监测,因此在精度指标确定时,还留有一定的余地。

13.6.2 为了图形强度,NGSS 网必须布设成三角形、大地四边

形,不允许布设成导线网形式。为了提高可靠性,强调每个点至少应有三条独立观测基线相连。电磁辐射对卫星信号的干扰是相当大的,某钢厂生产实例的教训表明,NGSS 接收机在 110kV 高压线下观测时,异步环闭合差(主要是高程分量)可达到 200mm 左右;在移动信号发射天线 10m 范围内观测时,异步环闭合差(主要是高程分量)可达到 100mm~200mm。

13.6.3 本条在参照常规 NGSS 网观测技术要求的基础上,按从严要求确定,其中同步观测时间是最低要求。由于 NGSS 卫星数量、分布、健康状况变化,应根据星历预报及时调整观测时间。

13.6.4 基线解算和基线质量检验的方法,按常规 NGSS 网的规定执行。

13.7 工业建(构)筑物监测

13.7.1 工业建(构)筑物变形监测总体分为两个阶段,即施工阶段监测和生产运行阶段监测,监测目的也不一样:施工阶段主要用于验证设计的正确性、合理性,监督和评价施工工艺和质量,并为今后的设计、施工提供有价值的参考数据;生产运行阶段主要是了解、掌握厂房、设备的变形过程和现状。当变形量达到或超过允许值时,提示管理部门采取维护措施,保证安全生产的顺利进行。

13.7.2 在施工阶段竖向位移观测点的布置,一般应由设计单位在设计时提出,因为设计者最了解需要关注的关键部位(关键点)。当设计不明确时,可参考本条原则,结合现场实际情况布置。

13.7.3 施工阶段的观测周期,应根据现场实际情况灵活掌握。

13.7.4 监测资料分析表明,建构筑物在总体竖向位移趋势下,秋冬季枯水期竖向位移达到最大,春夏季丰水期开始缓慢回弹,竖向位移过程曲线呈锯齿状变化。因此,在这两个时间段观测比较有利。

13.7.5 工业建构筑物变形观测一般以竖向位移监测为主,对于高耸建筑物还应进行倾斜观测。

13.8 露天矿边坡监测

13.8.4 各种性质边坡的允许变形量,尚无统一的规定。边坡竖向位移是监测的主体,竖向位移测量精度取允许变形的 $1/10$,位移测量精度取允许变形的 $1/5$ 。报警值可按允许变形的 70% 左右确定。边坡监测精度指标取值见表 38。

表 38 边坡监测精度指标的取值

类型	监 测 对 象	允许变形 (mm)	测量中误差取值(mm)	
			竖向位移	水平位移
I	硬岩边坡	20	2	4
II	软岩边坡,坚硬岩体地表竖向位移	30	3	6
III	风化岩边坡,尾矿坝,软岩体地表 竖向位移	50	5	10
IV	急倾斜薄层和倾斜矿层开采地表 移动	100	10	20
V	排上场滑坡	200	20	40

13.8.5 观测周期可根据相邻两期变化量大小进行调整。

13.9 井下岩体监测

13.9.1 地下开采时,地表和采空区上方岩体移动的形式和规律大致可分为两类:缓倾斜、倾斜及急倾斜矿层的地下开采;倾斜和急倾斜厚矿层及矿体的地下开采。

对于这两类地表和采空区上方岩体移动的变形监测网布设、观测方法,可参考煤炭测量规程相关规定。

13.9.3 井下岩体移动要有造成岩体移动的动力和岩体移动后的容纳空间。因此,形成一定规模的连续采掘空间,是形成一定规模岩体移动的先决条件,同时又决定了岩体移动的去向。因此,研究采空区内矿柱的变形和破坏程度,可以大致认识岩体移动的可能范围和方向,以及岩体移动后的去向。采空区上部岩体的结构弱

面,如断层、层理、裂隙、软弱夹层等和采空区一起控制着岩体移动的范围和程度,这些结构面的本身和其相交情况,也控制着移动方向。当被各个结构面控制着的移动岩体向容纳空间移动时,首当其冲的矿柱可能被破坏。通过研究采空区上部结构面,研究采空区内的变形,可以大致预计估计出地表和采空区上部岩体变形监测的部位和范围,大致估计出下次移动的方向,从而指导进行地表变形监测点和采空区上方巷道中变形监测点的设计。

13.11 数据处理

13.11.1 原始观测资料应符合规范和设计书规定的精度要求,才能保证分析结论的正确性和可靠性。

13.11.2 在有稳定基准点时应优先采用固定基准按经典方法进行约束平差。采用重心基准按秩亏网平差或采用拟稳基准进行拟稳平差,都是动态基准,应谨慎使用。

13.11.3 当两期观测值的较差大于2倍观测值中误差时,认为变形显著;小于2倍观测值中误差时,认为变形不显著。这里的观测值单位权中误差应取两期观测值单位权中误差的几何平均值。

13.11.4 第13.11.3条是采用每一个点的中误差判断该点的稳定性,比较严谨,但是应用起来比较麻烦。本条提出了比较简单的判断方法,方便实用,严密性不及前者。

13.11.5 业主往往在观测次数很少时,要求进行系统变形分析。本条明确指出应以10个以上观测周期的数据才能进行分析,这是为了保证分析结果有一定的可信度。

当采用回归分析研究变形量 s 与时间 t 的关系时,可采用下列函数模型进行最佳拟合:

(1) 直线
$$s = b + kt$$

(2) 幂函数
$$s = s_0 + a(t + t_0)^m$$

(3) 幂函数(s)
$$s = s_0 + \frac{a}{1 + b(t + t_0)^m}$$

- (4) 指数函数(1) $s = s_0 + ae^{m(t+t_0)}$
- (5) 指数函数(2) $s = s_0 + ae^{\frac{m}{t+t_0}}$
- (6) 指数函数(s_1) $s = s_0 + \frac{a}{1+be^{m(t+t_0)}}$
- (7) 指数函数(s_2) $s = s_0 + \frac{1}{a+be^{-m(t+t_0)}}$
- (8) 对数函数(1) $s = a + \frac{b}{\ln(t+t_0)}$
- (9) 对数函数(2) $s = s_0 + a\ln(t+t_0)$
- (10) 双曲线(1) $s = s_0 + \frac{t+t_0}{b+a(t+t_0)}$
- (11) 双曲线(2) $s = s_0 + \frac{a(t+t_0)}{b+(t+t_0)}$
- (12) 最大值函数 $s = s_0 + a(t+t_0)e^{m(t+t_0)}$
- (13) 指数饱和函数 $s = s_0 + a[1 - e^{m(t+t_0)}]$
- (14) 多项式 $s = s_0 + \sum_{i=0}^n a_i (1+t)^i$

13.11.6 工业厂区建构筑物竖向位移分析中,允许值和稳定性判断的临界值还没有统一的规定。对上海某大型钢铁联合企业二十多年的观测数据,进行全面系统的分析,得出表 39 的结果。该结果与现行规程、规范的规定基本吻合。必须指出的是,该表之值毕竟是根据特定地区的一个厂的观测资料得出的结果,因此只能作为参考。

表 39 沉降允许值和稳定性判断的临界值

变形特征	厂房	设备	高耸构筑物	料仓料库
单点沉降量的允许值(mm)	≤300	≤300	≤200	≤500
整体平均沉降量允许值(mm)	≤150	≤150	≤150	≤200
沉降速率允许值(mm/d)	≤0.06	≤0.06	≤0.04	≤0.07
判断是否均匀沉降的临界值(‰)	≤3	≤3	≤3	≤3
判断进入稳定期的临界值(mm/d)	≤0.03	≤0.03	≤0.03	≤0.03

13.11.7 变形监测是一个重复测量过程,因此资料提交分为每期观测时提交和整个工程项目结束时提交两种方式。每期观测提交资料主要是当次观测结果报表;整个工程项目结束时,则应提交全面系统的技术总结报告。

13.11.8 本条为强制性条文。当监测点的变形达到报警值或允许值时,表明监测对象开始进入变形危险期,随时可能会发生质量或安全事故,必须立即报告委托方,以引起重视,并采取必要的应对措施。

S/N:1580242·365



9 781580 242365 07 >



统一书号: 1580242·365

定 价: 50.00 元