

ICS 93.020

P 10

备案号: J1117-2020

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5578—2020

代替 DL/T 5445—2010

电力工程施工测量标准

**Standard for construction survey in electric
power engineering**

2020-10-23 发布

2021-02-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

电力工程施工测量标准

Standard for construction survey in electric
power engineering

DL/T 5578—2020

代替 DL/T 5445—2010

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2021年2月1日

中国计划出版社

2020 北 京

国家能源局 公告

2020 年 第 5 号

国家能源局批准《水电工程生态流量实时监测系统技术规范》等 502 项能源行业标准(附件 1)、《Series Parameters for Horizontal Hydraulic Hoist(Cylinder)》等 35 项能源行业标准英文版(附件 2),现予以发布。

- 附件:1. 行业标准目录
2. 行业标准英文版目录

国家能源局

2020 年 10 月 23 日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
.....							
359	DL/T 5578-2020	电力工程施 工测量标准	DL/T 5445-2010		中国计划 出版社	2020-10-23	2021-02-01
.....							

前 言

根据《国家能源局综合司关于印发 2017 年能源领域行业标准制(修)订计划及英文版翻译出版计划的通知》(国能综通科技〔2017〕52 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结电力工程施工测量工作实践经验,吸取了相关研究成果,参考国内有关标准,并在广泛征求意见的基础上,对《电力工程施工测量技术规范》DL/T 5445—2010 进行了修订。

本标准的主要技术内容有:总则、术语和缩略语、基本规定、施工测量准备工作、施工平面控制测量、施工高程控制测量、火力发电厂施工测量、风力发电场和太阳能发电站施工测量、变电站和换流站施工测量、输电线路施工测量、变形监测及竣工测量等。

本次修订的主要技术内容是:

1. 本标准名称变更为《电力工程施工测量标准》;
2. 增加了“基本规定”和“风力发电场和太阳能发电站施工测量”两章;删除了原规范“范围”一章;
3. 在第 5 章施工平面控制测量中增加了“地下施工平面控制测量”和“海域施工平面控制测量”;第 6 章施工高程控制测量中增加了“地下施工高程控制测量”和“海域施工高程控制测量”;第 10 章输电线路施工测量中增加了“地下电力电缆施工测量”和“海底电力电缆施工测量”;第 11 章变形监测中增加了“隧道变形监测”“深层水平位移监测”“倾斜监测”“结构健康监测”“监测项目控制值和预警”“在线变形监测系统”和“变形监测结果及信息反馈”;第 12 章竣工测量中增加了“风力发电场和太阳能发电站竣工测量”等十四节;
4. 增加了换流站施工测量和竣工测量;

5. 增加了陀螺经纬仪测量、激光扫描仪测量和卫星定位实时动态测量技术要求；

6. 增加了“附录 D 地下平面控制点标志”和“附录 E 子午线收敛角计算”；

7. 取消了原规范“附录 A 大地坐标系的相关参数”和“附录 D 方向观测法度盘和测微器位置变换计算公式”。

本标准自实施之日起，替代《电力工程施工测量技术规范》DL/T 5445—2010。

本标准由国家能源局负责管理，由电力规划设计总院提出，由能源行业发电设计标准化技术委员会负责日常管理，由中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送电力规划设计标准化管理中心（地址：北京市西城区安德路 65 号，邮政编码：100120，邮箱：bz_zhongxin@eppei.com）。

本标准主编单位：中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

本标准参编单位：中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

中国能源建设集团天津电力建设有限公司

北京送变电公司

上海市基础工程集团有限公司

中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司

本标准主要起草人员：曹玉明 姚麒麟 周余红 陈亚明

魏社练 李欣 丁东强 李奎强

张久庆 陈纪锋 柳立群 周美玉

史增永 陈正宇 郝宝诚 王强锋
杨成坡
本标准主要审查人员:程正逢 邓南文 薛艳东 阳贤仁
王 宇 常增亮 徐君民 曾德培
单龙学 贾玉明 柴 中 吴建刚
李建国 张焕杰 毛 克

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和缩略语	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	缩略语	(4)
3	基本规定	(5)
4	施工测量准备工作	(6)
4.1	搜集资料与验证	(6)
4.2	施工测量技术设计	(6)
4.3	施工测量数据准备	(7)
5	施工平面控制测量	(9)
5.1	一般规定	(9)
5.2	地面施工平面控制测量	(9)
5.3	地下施工平面控制测量	(20)
5.4	海域施工平面控制测量	(24)
6	施工高程控制测量	(27)
6.1	一般规定	(27)
6.2	地面施工高程控制测量	(28)
6.3	地下施工高程控制测量	(35)
6.4	海域施工高程控制测量	(37)
7	火力发电厂施工测量	(40)
7.1	一般规定	(40)
7.2	施工场地测量	(40)
7.3	厂区控制测量	(41)
7.4	建(构)筑物施工控制测量	(45)

7.5	建(构)筑物定位放线和基础施工测量	(46)
7.6	设备安装施工测量	(49)
7.7	高耸塔形构筑物施工测量	(50)
7.8	钢结构高层、超高层建(构)筑物施工测量	(52)
7.9	输煤系统施工测量	(52)
7.10	水工构筑物施工测量	(53)
7.11	管线施工测量	(54)
7.12	道路施工测量	(57)
8	风力发电场和太阳能发电站施工测量	(61)
8.1	一般规定	(61)
8.2	陆上风力发电场施工测量	(61)
8.3	海上风力发电场施工测量	(62)
8.4	光伏电站施工测量	(64)
8.5	光热发电站施工测量	(66)
9	变电站和换流站施工测量	(70)
9.1	一般规定	(70)
9.2	建(构)筑物定位放线和基础施工测量	(71)
9.3	设备安装施工测量	(74)
9.4	构支架施工测量	(80)
9.5	管线、沟道及道路施工放样	(83)
9.6	水工构筑物施工测量	(86)
10	输电线路施工测量	(89)
10.1	一般规定	(89)
10.2	架空输电线路施工测量	(89)
10.3	地下电力电缆施工测量	(101)
10.4	海底电力电缆施工测量	(107)
11	变形监测	(111)
11.1	一般规定	(111)
11.2	水平位移监测基准网	(115)

11.3	竖向位移监测基准网	(116)
11.4	建(构)筑物变形监测	(118)
11.5	基坑变形监测	(122)
11.6	隧道变形监测	(128)
11.7	建筑边坡监测	(132)
11.8	建筑场地竖向位移监测	(134)
11.9	深层水平位移监测	(135)
11.10	土体分层竖向位移监测	(136)
11.11	倾斜监测	(137)
11.12	裂缝监测	(139)
11.13	挠度监测	(140)
11.14	结构健康监测	(142)
11.15	监测项目控制值和预警	(144)
11.16	在线变形监测系统	(145)
11.17	变形监测结果及信息反馈	(148)
12	竣工测量	(149)
12.1	一般规定	(149)
12.2	火力发电厂、变电站和换流站竣工测量	(149)
12.3	输电线路竣工测量	(152)
12.4	风力发电场和太阳能发电站竣工测量	(154)
附录 A	平面坐标转换计算	(156)
附录 B	平面控制点标志及标石	(158)
附录 C	高程控制点标志及标石	(162)
附录 D	地下平面控制点标志	(166)
附录 E	子午线收敛角计算	(167)
附录 F	由主厂房建立建筑坐标系统	(169)
	本标准用词说明	(170)
	引用标准名录	(171)
	附:条文说明	(173)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and abbreviations	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Abbreviations	(4)
3	Basic requirements	(5)
4	Preparations for construction survey	(6)
4.1	Collection and verification of information	(6)
4.2	Technical design of construction survey	(6)
4.3	Data preparation for construction survey	(7)
5	Construction horizontal control survey	(9)
5.1	General requirements	(9)
5.2	Construction horizontal control survey on ground	(9)
5.3	Construction horizontal control survey in underground	(20)
5.4	Construction horizontal control survey in marine	(24)
6	Construction elevation control survey	(27)
6.1	General requirements	(27)
6.2	Construction elevation control survey on ground	(28)
6.3	Construction elevation control survey in underground	(35)
6.4	Construction elevation control survey in marine	(37)
7	Construction survey of thermal power plant	(40)
7.1	General requirements	(40)
7.2	Construction site survey	(40)
7.3	Control survey in plant area	(41)
7.4	Construction control survey of building	(45)

7.5	Positioning and setting out of building and foundation construction survey	(46)
7.6	Construction survey of equipment installation	(49)
7.7	Construction survey of tower-shaped structure	(50)
7.8	Construction survey of high-rise and super-high-rise steel structure	(52)
7.9	Construction survey of coal transportation system	(52)
7.10	Construction survey of hydraulic structure	(53)
7.11	Construction survey of pipeline	(54)
7.12	Construction survey of road	(57)
8	Construction survey of wind power station and solar power station	(61)
8.1	General requirements	(61)
8.2	Construction survey of land wind power farm	(61)
8.3	Construction survey of offshore wind power farm	(62)
8.4	Construction survey of photovoltaic power station	(64)
8.5	Construction survey of photothermal power station	(66)
9	Construction survey of substation and converter station	(70)
9.1	General requirements	(70)
9.2	Positioning and laying-out and foundation construction survey of building	(71)
9.3	Construction survey of equipment installation	(74)
9.4	Construction survey of frame support	(80)
9.5	Setting-out of pipeline, ditch and road	(83)
9.6	Construction survey of hydraulic structure	(86)
10	Construction survey of transmission line	(89)
10.1	General requirements	(89)
10.2	Construction survey of overhead transmission line	(89)

10.3	Construction survey of underground power cable	·····	(101)
10.4	Construction survey of seabed power cable	·····	(107)
11	Deformation monitoring	·····	(111)
11.1	General requirements	·····	(111)
11.2	Horizontal displacement monitoring datum network	·····	(115)
11.3	Vertical displacement monitoring datum network	·····	(116)
11.4	Deformation monitoring of building	·····	(118)
11.5	Deformation monitoring of foundation pit	·····	(122)
11.6	Deformation monitoring of tunnel	·····	(128)
11.7	Slope monitoring of building	·····	(132)
11.8	Vertical displacement monitoring of building site	·····	(134)
11.9	Deep horizontal displacement monitoring	·····	(135)
11.10	Vertical displacement monitoring of soil stratification	·····	(136)
11.11	Tilt monitoring	·····	(137)
11.12	Crack monitoring	·····	(139)
11.13	Deflection monitoring	·····	(140)
11.14	Structural health monitoring	·····	(142)
11.15	Control value and early warning	·····	(144)
11.16	On-line deformation monitoring system	·····	(145)
11.17	Deformation monitoring results and information feedback	·····	(148)
12	As-built survey	·····	(149)
12.1	General requirements	·····	(149)
12.2	As-built survey for thermal power plant, substation and converter station	·····	(149)
12.3	As-built survey for transmission line	·····	(152)
12.4	As-built survey for wind power plant and solar power station	·····	(154)
Appendix A	Planar coordinate conversion calculation	·····	(156)

Appendix B	Marking and markstone of horizontal control point	(158)
Appendix C	Marking and markstore of vertical control point	(162)
Appendix D	Horizontal control points in underground	(166)
Appendix E	Calculation of meridian convergence angle	(167)
Appendix F	Establish coordinate system from main power building	(169)
	Explanation of wording in this standard	(170)
	List of quoted standard	(171)
	Addition: Explanation of provisions	(173)

1 总 则

1.0.1 为了统一电力工程施工测量的技术要求,做到技术先进、经济合理、质量可靠、安全适用,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于火力发电厂、风力发电场、太阳能发电站、变电站、换流站、输电线路及其附属设施的新建、改造和扩建工程施工、竣工阶段的测量工作。

1.0.3 施工测量应以中误差作为衡量测量精度的标准,并应以二倍中误差作为极限误差。

1.0.4 施工测量中应积极采用符合本标准精度要求的新技术、新方法和新仪器设备,本标准未涉及时,应符合国家及行业的相关规定。

1.0.5 施工测量除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 施工控制网 construction control network

为工程施工而布设的测量控制网,包括施工平面控制网和施工高程控制网。建筑方格网是施工平面控制网的一种特殊布网形式,其网中各边组成矩形或正方形,且与拟建的建(构)筑物轴线平行。

2.1.2 建(构)筑物施工控制网 construction control network for building

为大型或重要建(构)筑物的细部放样而布设的施工控制网。

2.1.3 施工放样 setting out, construction layout

工程施工时,把设计的建(构)筑物的平面位置、高程测设到实地的测量工作,也称施工放线。

2.1.4 桩位复测 repetition survey

根据设计要求,对变电架构、设备立柱以及输电线路杆塔的位置、方向、高程等进行复测。

2.1.5 同步期平均海面法 synchronous mean sea level

在潮汐性质相同的两地设立临时验潮站,同步连续记录两地潮位数据,然后根据一地的已知高程资料通过海平面传递至另一地,从而完成跨海高程传递。

2.1.6 海底电力电缆 undersea power cable

指用绝缘材料包裹的、铺设在海底用于传输大功率电能的电缆。

2.1.7 太阳能光热发电 solar thermal electricity power

将太阳能转化为热能,通过热功转换过程发电的系统,一般由

集热场、发电区和相关配套设施组成。

2.1.8 太阳能场 solar field

简称光场。太阳能热发电场采集和汇集太阳辐射的部分。在抛物槽式或线性菲涅尔太阳能热发电站中,太阳能场由集热器及其连接部分组成。在塔式电站中,太阳能场由定日镜组成。

2.1.9 定日镜 heliostat

以机械驱动方式使太阳辐射恒定地朝一个方向反射的光学装置。

2.1.10 定日镜场 heliostat field

由多台定日镜组成,并将太阳辐射聚集至吸热装置的区域。

2.1.11 吸热塔 receiver tower

支撑吸热器及配套系统的高耸结构,包括钢筋混凝土结构、钢结构和混合结构型式。

2.1.12 收敛变形 convergence deformation

隧道、涵洞等在施工或运营过程中因围岩应力变化而产生的变形。

2.1.13 结构健康监测 structural health monitoring

获取工程结构的几何及应力、应变等特征信息,并进行分析和识别结构健康状况的工作。

2.1.14 竣工测量 finish construction survey, as-built survey

为获得各种电力工程及其附属设施施工完成后的平面位置、高程及其他相关尺寸而进行的测量。

2.1.15 竣工图 as-built drawing

指项目竣工后针对设计单位提供的施工图,按照工程实际情况所绘制的图纸和文件。

2.1.16 自动导向测量系统 automatic guided measurement system

采用全站仪与激光靶或棱镜相结合的自动测量技术,自动、快速地进行数据采集和数据处理,并实时显示盾构机或顶管机姿态

和偏差信息,以此指导隧道或管道施工的一种测量系统。

2.2 缩 略 语

GDOP	Geometric Dilution of Precision	GNSS 几何精度因子
GIS	Gas Insulated Substation	气体绝缘变电站
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球导航卫星系统
HDOP	Horizontal Dilution of Precision	GNSS 水平分量 精度因子
PDOP	Position Dilution of Precision	GNSS 空间位置 精度因子
RTK	Real Time Kinematic	利用载波相位差分 的实时动态定位
TDOP	Time Dilution of Precision	GNSS 钟差精度因子
VDOP	Vertical Dilution of Precision	GNSS 垂直分量 精度因子
WGS84	World Geodetic System 1984	世界大地坐标系

3 基本规定

- 3.0.1** 电力工程施工单位应具备完整的质量管理体系,并应设立施工测量归口管理部门。
- 3.0.2** 施工测量前,测量人员应了解工程要求,进行现场踏勘,搜集相关资料,制订测量技术方案;作业中下道工序应检验上道工序的测量数据;作业后应对测量成果进行检查验收和归档。
- 3.0.3** 施工测量仪器设备应按国家计量部门的有关规定进行检定,并应在检定有效期内使用。仪器设备的主要轴系关系应在每次作业前进行检验校正,作业过程中还应进行定期检验校正,并应留存检验记录。
- 3.0.4** 施工测量坐标、高程系统宜与勘测设计阶段的坐标、高程系统一致。采用建筑坐标系统时,应与勘测设计阶段的坐标系统有换算关系。平面坐标转换计算可按本标准附录 A 的规定执行。
- 3.0.5** 施工测量的时间基准应采用公元纪年和北京时间。
- 3.0.6** 对施工测量作业所采用的测量成果资料应进行检核,满足精度要求后方可使用。
- 3.0.7** 施工测量原始记录应具有可追溯性。原始手工记录应使用铅笔或签字笔按规定格式认真填写,不得涂改、连环划改或转抄。电子记录宜双备份于不同存储介质。
- 3.0.8** 施工测量成果应分类整理并及时归档。用户需要的施工测量成果应通过审核并及时提交。
- 3.0.9** 施工测量所使用的软件应通过鉴定或验证。各类软件宜及时升级。
- 3.0.10** 涉密施工测量成果的使用应执行国家及行业的相关规定。

4 施工测量准备工作

4.1 搜集资料与验证

4.1.1 施工测量前应根据任务要求,搜集和分析有关施工资料。搜集资料宜包括下列内容:

- 1 规划批复或相应的施工许可文件;
- 2 工程勘察报告或有关地质资料;
- 3 施工设计图纸及有关变更文件;
- 4 施工组织设计或施工方案;
- 5 施工场区现有地形图、地下管线、控制点、建(构)筑物等测绘成果资料;
- 6 有关测量标准、相关法律法规和合同文件资料。

4.1.2 施工测量前应结合搜集资料进行现场踏勘,了解场地实际情况,补充或验证有关资料。

4.1.3 施工测量前应对已有控制点成果进行检查验证,确认其精度等级及坐标、高程系统情况。

4.1.4 施工放样测量前应对设计图纸、文件或变更通知进行验证,不得使用未经审批或未经验证确认的资料。

4.1.5 施工放样测量前应对坐标和高程系统、建筑轴线关系、设计图纸中有关数据和几何尺寸、各部位高程等进行检核,并应了解和掌握有关工程设计变更文件,确认资料无误后方可作为放样的依据。

4.2 施工测量技术设计

4.2.1 施工测量工作开始前,应在熟悉设计图纸和了解有关技术标准及合同文件规定的测量技术要求基础上,明确工作范围、技术

要求,确定任务目标,制订计划,选择合理的作业方法,编制施工测量技术设计文件。

4.2.2 施工测量技术设计文件的编制依据应包括任务委托或合同文件资料、法律法规文件、技术标准、搜集的已有相关资料、施工场地条件、人员和设备资源条件等。

4.2.3 施工测量技术设计文件宜包含下列内容:

- 1 工程概况;
- 2 任务内容及要求;
- 3 项目目标;
- 4 施工测量技术依据;
- 5 已有资料情况;
- 6 施工控制网的建立,包括采用的坐标系统、高程系统、控制网形式、等级、测量方法、坐标与高程起算依据、平差计算要求、检测方法等;
- 7 施工放样测量方案包括控制点检测与加密、放样依据、放样方法、放样点精度估算及放样作业程序等内容;
- 8 总体工作进度计划,人员、设备资源配置要求计划;
- 9 作业的要求、记录的规定等;
- 10 过程控制与质量、环境和职业健康安全保证措施;
- 11 创优措施;
- 12 成果资料整理与提交。

4.2.4 施工测量技术设计文件应经审核批准,并报业主或建设单位、监理单位认可备案。

4.2.5 施工测量技术设计方案实施前,应对施工测量人员进行技术交底,明确测量技术要求及质量、环境和职业健康安全目标。

4.3 施工测量数据准备

4.3.1 施工测量数据准备应包括下列内容:

- 1 依据施工图计算轴线点、加密点、几何数据、形体尺寸等施

工放样数据；

2 依据放样数据、施工控制点绘制施工放样简图。

4.3.2 施工测量应做好施工控制点或建筑红线桩点成果资料与现场点位或桩位的交接工作,并做好点位的保护工作。

4.3.3 施工控制点或建筑红线桩点使用前,应进行内业校核与外业校测,校核允许误差应符合相应精度要求。搜集的平面控制点数量不应少于 3 个、高程控制点数量不应少于 2 个。

4.3.4 施工测量外业资料、起算数据和放样数据及简图,应经 2 人独立检核,确认有效或无误后方可使用。

4.3.5 施工测量准备的资料、数据应及时整理、装订成册、妥善保管。

5 施工平面控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 施工平面控制测量可采用导线测量、卫星定位测量等方法。

5.1.2 施工平面控制测量精度等级可分为三等、四等和一级、二级,应根据工程规模、控制网的用途和精度要求合理选择精度等级。在满足本标准精度指标的前提下,可越等级布设或同等级扩展。

5.1.3 在满足测区内投影长度变形不大于 25mm/km 的要求下,施工平面控制网坐标系统的选择应符合下列规定:

1 采用高斯投影 3°带、1.5°带或任意带,投影面为主施工高程面;

2 在已有平面控制网的地区,可沿用原有的坐标系统;

3 小测区或有特殊精度要求的控制网,可采用独立坐标系统。

5.1.4 施工平面控制网应从勘测设计阶段的控制网引测,宜选择一点坐标和一边方位作为起算数据。

5.1.5 仪器设备对中误差不应大于 2mm。

5.1.6 施工平面控制点应布设在视野开阔、土质坚实、便于施测、利于长期保存的地点,不得少于一个通视方向,并应埋设固定标石。平面控制点标志及标石可参见本标准附录 B。

5.1.7 施工平面控制测量完成后,宜提交测量技术报告、施工平面控制测量成果及其移交资料等。

5.2 地面施工平面控制测量

I 导线测量

5.2.1 各等级导线测量主要技术要求应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 各等级导线测量主要技术要求

等级	平均边长 (m)	测角中误差 (")	测距相对中误差	水平角测回数				方位角闭合差 (")	导线全长相对闭合差
				0.5"级仪器	1"级仪器	2"级仪器	6"级仪器		
四等	400	2.5	1/80000	2	4	6	—	$5\sqrt{n}$	1/40000
一级	200	5	1/30000	—	2	3	—	$10\sqrt{n}$	1/20000
二级	150	8	1/20000	—	1	2	4	$16\sqrt{n}$	1/10000

注:1 n 为测站数。

2 当导线边长小于 100m 时,边长相对中误差按 100m 推算。

5.2.2 导线网的布设应符合下列规定:

1 导线网等级应根据测区面积、已知控制点资料和精度要求等条件进行合理选择;

2 导线网用作测区首级控制时,应布设成环形网,且宜联测 2 个已知方向;

3 加密网可采用单一附和导线或多结点导线网形式;

4 相邻导线边长宜大致相等,相邻边长之比不应超过 1:3;

5 导线网内不同环节上的点相距不宜过近。

5.2.3 水平角观测宜采用方向观测法,方向观测法的技术要求应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 方向观测法的技术要求

等级	仪器精度等级	光学测微器两次重合读数之差 (")	半测回归零差 (")	一测回内 2C 互差 (")	同一方向值各测回较差 (")
四等	0.5"级仪器	0.5	3	5	3
	1"级仪器	1	6	9	6
	2"级仪器	3	8	13	9

续表 5.2.3

等级	仪器精度等级	光学测微器两次重合读数之差(")	半测回归零差(")	一测回内 2C 互差(")	同一方向值各测回较差(")
一级、二级	1"级仪器	1	9	13	8
	2"级仪器	3	12	18	12
	6"级仪器	—	18	—	24

注:1 全站仪、电子经纬仪水平角观测时,不受光学测微器两次重合读数之差指标的限制。

- 2 当垂直角超过 3° 时,该方向 2C 互差可按相邻测回同方向进行比较。
- 3 观测的方向数不多于 3 个时,可不归零。
- 4 观测的方向数多于 6 个时,可分组观测。分组观测应包含两个共同方向,且其中一个为共同零方向。两组观测角之差,不应大于同等级测角中误差的 2 倍。分组观测的最后结果应按等权分组观测进行测站平差。
- 5 水平角的观测值应取各测回的平均数作为测站成果。
- 6 各测回间应配置度盘。

5.2.4 水平角观测作业应符合下列规定:

1 水平角观测过程中,气泡中心位置偏离整置中心不宜超过 1 格。四等水平角观测方向的垂直角超过 3° 时,宜在测回间重新整置气泡位置。有竖轴补偿器的仪器,可不受本款的限制;

2 如受外界因素的影响,仪器的补偿器无法正常工作或超出补偿器的补偿范围时,应停止观测;

3 水平角观测应在成像清晰和大气稳定的时间内观测。当有阳光直射时,应为仪器和脚架撑伞遮阳。

5.2.5 水平角观测误差超限时,应在原度盘位置上重测,并应符合下列规定:

1 一测回内 2C 互差或同一方向值各测回较差超限时,应重

测超限方向,并联测零方向;

2 下半测回归零差或零方向的 $2C$ 互差超限时,应重测该测回;

3 若一测回中重测方向数超过总方向数的 $1/3$ 时,应重测该测回。当重测的测回数超过总测回数的 $1/3$ 时,应重测该站。

5.2.6 四等导线的水平角观测,当测站只有两个方向时,应在观测总测回中以奇数测回的度盘位置观测导线前进方向的左角,以偶数测回的度盘位置观测导线前进方向的右角。左右角的测回数为总测回数的 $1/2$ 。观测右角时,应以左角起始方向为准变换度盘位置,也可用起始方向的度盘位置加上左角的概值在前进方向配置度盘。左角平均值与右角平均值之和与 360° 之差,不应大于本标准表 5.2.1 中相应等级导线测角中误差的 2 倍。

5.2.7 导线网水平角观测的测角中误差应按下式计算:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta} f_{\beta}}{n} \right]} \quad (5.2.7)$$

式中: m_{β} ——测角中误差(");

f_{β} ——导线环的角度闭合差或附和导线的方位角闭合差(");

n ——计算 f_{β} 时的相应测站数;

N ——闭合环及附和导线的总数。

5.2.8 电磁波测距仪的标称精度应按下式计算:

$$m_D = a + b \cdot D \quad (5.2.8)$$

式中: m_D ——测距中误差(mm);

a ——标称精度中的固定误差(mm);

b ——标称精度中的比例误差系数(mm/km);

D ——测距长度(km)。

5.2.9 各等级导线网电磁波测距的主要技术要求应符合表 5.2.9 的规定。

表 5.2.9 各等级导线网电磁波测距的主要技术要求

平面控制网等级	测距仪精度分级	测距测回数		一测回读数较差(mm)	单程测回间较差(mm)	往返测距较差(mm)
		往	返			
四等	5mm 级	2	2	2	3	2(a+b·D)
	10mm 级	3	3	3	5	
一级	5mm 级	2	—	2	3	
	10mm 级	2	—	3	5	
二级	10mm 级	1	—	3	5	—

注:困难情况下,测距可采用不同时间段测量代替往返测量。

5.2.10 电磁波测距作业应符合下列规定:

- 1 观测数据超限时,应重测整个测回;观测数据出现成群时,应分析原因,采取相应措施重新观测;
- 2 气象数据的测定要求应符合表 5.2.10 的规定。

表 5.2.10 气象数据的测定要求

平面控制网等级	最小读数		测定的时间间隔	气象数据取用
	温度(°C)	气压(Pa)		
四等	0.2	50mmHg 或 0.5mmHg	每边两端观测始末	每边两端的平均值
一级、二级	0.5	100mmHg 或 1mmHg	每边测定一次	观测一端的数据

注:1 温度计应悬挂在与测距视线同高、不受日光辐射影响、通风良好的地方。

2 气压计应置平,指针不应滞阻,避免日光暴晒。

5.2.11 电磁波测距边改正应符合下列规定:

- 1 测距边改正可在测距仪中输入测定的气象数据和仪器加、乘常数,也可按相应改正公式进行斜距改正计算;
- 2 测距边两点的高差测量可采用水准测量或三角高程测量。采用三角高程测量时,应进行大气折光改正和地球曲率改正;
- 3 测距边的水平距离应按下列公式计算:

1)用高差计算水平距离应按下列公式计算:

$$D = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (5.2.11-1)$$

2)用垂直角计算水平距离应按下列公式计算:

$$D = S \cdot \cos(\alpha + f) \quad (5.2.11-2)$$

$$f = (1 - K)\rho \frac{S \cdot \cos\alpha}{2R}$$

$$R = \frac{a \sqrt{1 - e^2}}{1 - e^2 \sin^2 B} \quad (5.2.11-3)$$

式中: D ——测距仪与棱镜平均高程面上的水平距离(m);

α ——垂直角观测值;

f ——地球曲率与大气折光对垂直角的改正值,不论仰角或俯角均为正值("); $\rho=206265''$;

S ——经气象、加常数、乘常数等改正后的斜距(m);

h ——测距仪与棱镜间的高差(m);

R ——测区地球曲率半径(m);

B ——纬度;

a ——参考椭球体的长半径(m);

e^2 ——参考椭球体的第一偏心率平方;

K ——大气折光系数,通常取值 0.13。

5.2.12 测距边长度的归化投影计算应符合下列规定:

1 归算到测区平均高程面上的测距边长度应按下列公式计算:

$$D_H = D_P \left(1 + \frac{H_P - H_m}{R_A} \right) \quad (5.2.12-1)$$

式中: D_H ——归算到测区平均高程面上的测距边长度(m);

D_P ——测线的水平距离(m);

H_P ——测区的平均高程(m);

H_m ——测距边两端点的平均高程(m);

R_A ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径(m)。

2 归算到参考椭球面上的测距边长度应按下式计算:

$$D_0 = D_P \left(1 - \frac{H_m + h_m}{R_A + H_m + h_m} \right) \quad (5.2.12-2)$$

式中： D_0 ——归算到参考椭球面上的测距边长度(m)；

h_m ——测区大地水准面高出参考椭球面的高差(m)。

3 测距边在高斯投影面上的长度应按下式计算：

$$D_g = D_0 \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) \quad (5.2.12-3)$$

式中： D_g ——测距边在高斯投影面上的长度(m)；

y_m ——测距边两端点横坐标的平均值(m)；

R_m ——测距边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径(m)；

Δy ——测距边两端点横坐标的增量(m)。

5.2.13 导线网平差计算应符合下列规定：

1 一级及以上等级的导线计算应采用严密平差法，二级导线可采用简易平差法；采用简易平差法时，方位角和边长成果应采用坐标反算值；

2 先验中误差 m_β 和 m_D 可按式(5.2.7)和式(5.2.8)计算，也可用数理统计方法求得经验公式估算先验中误差值，并应计算角度及边长的权；

3 使用计算机程序平差时，应对导线略图和计算机输入数据进行校对，对计算结果进行检查，并应打印输出平差报告；

4 平差后的精度评定应包括单位权中误差、点位误差椭圆参数或相对点位误差椭圆参数、边长相对中误差或点位中误差等；

5 内业计算中数值取位要求应符合表 5.2.13 的规定。

表 5.2.13 内业计算中数值取位要求

等级	观测方向值及各项修正数(")	边长观测值及各项修正数(m)	边长与坐标(m)	方位角(")
四等	0.1	0.001	0.001	0.1
一、二级	1			1

II 卫星定位测量

5.2.14 各等级卫星定位平面控制网的主要技术指标应符合表

5.2.14 的规定。

表 5.2.14 各等级卫星定位平面控制网的主要技术指标

等级	平均边长 (m)	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	最弱边边长 相对中误差
四等	500	≤ 5	≤ 5	$\leq 1/80000$
一级	300	≤ 5	≤ 5	$\leq 1/40000$
二级	200	≤ 5	≤ 5	$\leq 1/20000$

注：相邻点间最短边长不宜小于 100m。

5.2.15 卫星定位控制网的基线长度中误差应按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (5.2.15)$$

式中： σ ——基线长度中误差(mm)；

a ——固定误差(mm)；

b ——比例误差系数(mm/km)；

d ——基线平均边长(km)。

5.2.16 卫星定位平面控制网的精度评定应符合下列规定：

1 控制网测量中误差可按下式计算：

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[\frac{WW}{n} \right]} \quad (5.2.16-1)$$

式中： m ——控制网测量中误差(mm)；

N ——控制网中异步环的个数；

n ——异步环的边数；

W ——异步环环线全长闭合差(mm)。

2 控制网测量中误差应满足相应等级控制网的基线精度要求，并应符合下式的规定：

$$m \leq \sigma \quad (5.2.16-2)$$

5.2.17 卫星定位平面控制网的布设应符合下列规定：

1 控制网设计应根据测区的实际情况、精度要求、卫星状况、接收机的类型和数量、测区已有的测量资料等；

2 控制网布设时,宜联测 2 个以上勘测设计阶段布设的首级控制点;控制网内的长边宜构成大地四边形或中点多边形;

3 控制网应由独立观测边构成一个或若干个闭合环或附和路线;控制网中构成闭合环或附和路线的边数不宜多于 6 条。

5.2.18 卫星定位控制点位的选定应符合下列规定:

1 点位应选在基础坚硬、稳固可靠的地方,并应有利于加密和扩展,每个控制点至少应有一个通视方向;

2 点位应对空开阔;高度角 15° 以上范围内应无障碍物,点位附近不应有强烈干扰接收卫星信号的干扰源或强烈反射卫星信号的物体;

3 宜充分利用符合要求的旧有控制点。

5.2.19 卫星定位控制测量可采用静态或快速静态观测方法,其作业的基本技术要求应符合表 5.2.19 的规定。

表 5.2.19 卫星定位控制测量作业的基本技术要求

等 级	四等	一级	二级
接收机类型	双频或单频	双频或单频	双频或单频
仪器标称精度	5mm+2ppm	10mm+5ppm	10mm+5ppm
观测量	载波相位		
卫星高度角($^\circ$)	≥ 15	≥ 15	≥ 15
有效观测卫星数	≥ 4	≥ 4	≥ 4
观测时段长度(min)	15~45	10~30	10~30
观测时段数	≥ 1.4	≥ 1.2	≥ 1.0
数据采样间隔(s)	10~30	10~30	10~30
空间位置精度因子 PDOP	≤ 6	≤ 8	≤ 8

5.2.20 卫星定位控制测量测站作业应符合下列规定:

1 观测中应避免在接收机附近使用无线电通信工具;

2 作业时应做好测站记录,包括控制点点名、接收机及天线的型号和序列号、天线高及其量取方式、开关机时间等相关的测站

信息；

3 天线高量测应精确至毫米；开机前、关机后应在天线互为 120° 方向上各量测 1 次，两次较差不应大于 3mm，并取平均值作为最终成果。

5.2.21 基线解算宜利用随机软件，并应符合下列规定：

- 1 起算点的单点定位观测时间不宜少于 30min；
- 2 解算模式可采用单基线处理模式，也可采用多基线处理模式；
- 3 基线解算成果应采用固定解。

5.2.22 卫星定位控制测量基线应经同步环、异步环和重复基线检核，并应符合下列规定：

1 采用单基线处理模式时，对于采用同一种数学模型的基线解，其同步时段中任一三边同步环坐标分量相对闭合差及全长相对闭合差不宜超过表 5.2.22 的规定；

表 5.2.22 同步环坐标分量相对闭合差及全长相对闭合差的规定

限差类型	等 级		
	四等	一级	二级
坐标分量相对闭合差, 1×10^{-6}	6	9	9
环线全长相对闭合差, 1×10^{-6}	10	15	15

2 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差应符合下列公式的规定：

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (5.2.22-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (5.2.22-2)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (5.2.22-3)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (5.2.22-4)$$

3 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差应符合下列公式的规定:

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.2.22-5)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.2.22-6)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.2.22-7)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (5.2.22-8)$$

4 重复基线的长度较差应符合下式的规定:

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (5.2.22-9)$$

式中: σ ——基线长度中误差(mm);

n ——独立环中的边数;

W_x 、 W_y 、 W_z ——异步环或同步环的各坐标分量闭合差(mm);

W ——环闭合差, $W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2}$ (mm);

Δd ——同一条边任意两个时段的基线长互差(mm)。

5.2.23 当观测数据不能满足检核要求时,应进行全面分析,舍弃不合格基线,且应保证舍弃基线后所构成异步环的边数不应超过本标准第 5.2.17 条第 3 款的规定,否则应重测该基线或相关同步环基线。

5.2.24 外业观测数据检验合格后,应按本标准第 5.2.16 条评定卫星定位平面控制网精度。

5.2.25 卫星定位平面控制网的无约束平差应符合下列规定:

1 在 WGS84 坐标系统中进行三维无约束平差,并提供各控制点在 WGS84 坐标系统中的三维坐标、各基线向量 3 个坐标差观测值的改正数、基线长度、基线方位及相关精度信息等;

2 无约束平差基线向量改正数的绝对值不应超过相应等级基线长度中误差的 3 倍。

5.2.26 卫星定位平面控制网约束平差应符合下列规定:

1 二维或三维约束平差应在国家坐标系或独立坐标系中进行;

2 对于已知坐标、距离或方位,可以强约束或加权约束;约束点间的边长相对中误差应满足本标准表 5.2.14 的规定;

3 平差结果应包括控制点在相应坐标系中的二维或三维坐标、基线向量的改正数、基线长度、基线方位角等,以及相关的精度信息;必要时,还应输出坐标转换参数及其精度信息;

4 控制网约束平差的最弱边边长相对中误差应符合本标准表 5.2.14 的规定。

5.2.27 卫星定位平面控制测量成果应归算至主施工高程面,并利用电磁波测距仪对边长进行同等级抽检,抽样比例不得少于 1/3,且不得少于 3 条边,检测边长较差的相对误差应符合表 5.2.27 的规定。

表 5.2.27 检测边长较差的相对误差

等级	检测边长较差的相对误差
四等	1/60000
一级	1/25000
二级	1/15000

5.3 地下施工平面控制测量

5.3.1 地下施工平面控制测量应包括从地面向地下传递坐标与方位角的平面联系测量和地下平面控制测量。

5.3.2 平面联系测量应以地面首级或加密平面控制点为起算点。地下平面控制测量应以平面联系测量传递到地下的近井定向边为起算基准。

5.3.3 每次平面联系测量应独立进行 3 次,取 3 次平均值为定向成果。地下近井定向边方位角中误差不应超过 $\pm 8''$ 。

5.3.4 地下近井定向边应大于 120m,且不应少于 2 条。

5.3.5 地下平面控制测量前,应对地下定向边进行检核,其不符合值应小于 $6''$ 。

I 平面联系测量

5.3.6 隧道或管道贯通前的平面联系测量不应少于3次,宜在掘进到100m、300m及距贯通面100m~200m时分别进行1次。各次地下近井定向边方位角较差应小于 $16''$ 。符合要求时,可取各次测量成果的平均值。隧道或管道单向贯通距离大于1500m时,应采用高精度联系测量或增加联系测量次数等方法。

5.3.7 地面近井导线测量应符合下列规定:

1 地面近井导线点应埋设在井口附近便于观测和保护的位置,并应标识清楚;

2 地面近井导线点应与首级或加密平面控制点构成附和导线、闭合导线;

3 地面近井导线测量应按四等导线测量技术要求施测,近井导线点的点位中误差不应超过10mm。

5.3.8 定向测量方法应根据工作井或基坑的大小、深度和结构合理确定,可采用一井定向、两井定向、导线直接传递测量、投点定向法等。

5.3.9 采用一井定向测量方法时,应符合下列规定:

1 在同一竖井内悬挂两根钢丝与井上、井下近井导线点组成联系三角形;有条件时,应悬挂三根钢丝组成双联系三角形;

2 井上、井下联系三角形布置时,悬挂钢丝间的距离应尽可能长;联系三角形的连接角宜小于 1° ,呈直伸三角形;近井点至悬挂钢丝的最短距离与钢丝间距之比宜小于1.5;

3 宜选用 $\phi 0.3\text{mm}$ 钢丝,悬挂10kg重锤,重锤应浸没在阻尼液中;

4 联系三角形角度观测应采用不低于 $1''$ 级全站仪,用方向观测法观测6测回,各测回较差应小于 $6''$,测角中误差不应大于 $1''$;

5 边长测量可采用电磁波测距,每次应测量3测回,每测回2次读数,各测回较差应小于1mm;井上与井下的钢丝间距较差

应小于 2mm;

6 地下近井定向边精度应符合本标准第 5.3.3 条的要求。

5.3.10 采用两井定向测量方法时,应符合下列规定:

1 两井定向时,应在已经贯通的两相邻竖井内各悬挂一根钢丝;

2 两个竖井内悬挂的钢丝应符合本标准第 5.3.9 条第 3 款的规定;

3 钢丝平面坐标测量时,应符合本标准第 5.3.9 条第 4 款和第 5 款的规定;

4 地下两投测点之间应沿连通的最短路径布设成附合导线,并按四等导线测量技术要求施测。两井定向的数据应按无定向导线平差方法计算处理;

5 地下定向边精度应符合本标准第 5.3.3 条的规定。

5.3.11 采用导线直接传递测量方法时,应符合下列规定:

1 导线直接传递测量应按四等导线测量技术要求施测;

2 导线测量时,宜采用具有双轴补偿的全站仪,无双轴补偿时应进行竖轴倾斜改正;垂直角应小于 30° ;边长应采取对向观测,并进行常数改正和气象改正;全站仪和棱镜安置宜采用强制对中的固定观测墩形式;

3 导线直接传递测量宜独立进行 2 次,地下定向边方位角较差应小于 $12''$,符合要求后取平均值作为定向测量成果。

5.3.12 采用投点定向法测量时,应符合下列规定:

1 投点定向测量所使用的铅垂仪精度不应低于 $1/30000$;

2 地下两投点间应相互通视,其间距应尽可能大;

3 投点定向测量应使铅垂仪在其 0° 、 90° 、 180° 、 270° 四个方向分别向上进行投点,取相交十字线的交点为井上投测点的最终位置;

4 与井上、井下投点的联测应按四等导线测量技术要求进行;

5 投点定向测量应独立进行 2 次,两次间投点坐标分量互差应小于 3mm。

II 地下平面控制测量

5.3.13 直线隧道每掘进 200m 或曲线隧道每掘进 100m 时,应布设地下平面控制点并进行地下平面控制测量。地下平面控制点标志可参见本标准附录 D。

5.3.14 隧道内控制点间平均边长宜为 150m。曲线隧道控制点间距不应小于 60m。

5.3.15 控制点应避开强光源、热源、淋水等地方,控制点间视线距隧道壁或设施应大于 0.2m。

5.3.16 地下平面控制测量应采用导线测量方法,导线测量主要技术要求应符合表 5.3.16 的规定。

表 5.3.16 导线测量主要技术要求

等级	平均边长(m)	测角中误差(″)	测距相对中误差	水平角测回数			边长测回数		左右角平均值之和与 360°较差(″)	往返测距平均值较差(mm)
				0.5″级仪器	1″级仪器	2″级仪器	往	返		
四等	150	2.5	1/40000	2	4	6	2	2	5	$2(a+b \cdot D)$

注:1 水平角观测应采用左、右角观测,左、右角的测回数为总测回数的 1/2。

2 当导线边长小于 100m 时,测距相对中误差按 100m 推算。

3 $(a+b \cdot D)$ 为仪器标称精度, a 为固定误差、 b 为比例误差系数、 D 为距离测量值(km)。

5.3.17 每次延伸控制导线前,应对已有的导线控制点进行检测,并应从稳定的控制点进行延伸测量。

5.3.18 导线控制点在隧道贯通前应至少测量 3 次,并宜与竖井定向同步进行。重合点重复测量坐标值的较差应小于 $30 \times d/D$,其中 d 为控制导线长度, D 为贯通距离,单位均为“m”。满足要求时,应取逐次平均值作为控制点的最终成果指导隧道掘进。

5.3.19 隧道长度超过 1500m 时,应在隧道每掘进 1000m 处加测

陀螺方位角。陀螺经纬仪测量应符合下列规定：

1 陀螺方位角测量可采用逆转点法、中天法等，陀螺经纬仪标称定向精度不应低于 $\pm 15''$ ；

2 陀螺方位角测量应采用“地面已知边—地下定向边—地面已知边”的测量程序；地面已知边、地下定向边的陀螺方位角测量每次应测 3 测回，测回间陀螺方位角较差应小于 $20''$ ；

3 测定陀螺仪常数时，测前、测后各 3 测回测定的仪器常数平均值的较差应小于 $15''$ ；测定的仪器常数应进行子午线收敛角改正，子午线收敛角计算可参见本标准附录 E；

4 绝对零位偏移大于 0.5 格时，应进行零位校正；观测中的测前、测后零位平均值大于 0.05 格时，应进行零位改正。

5.3.20 相邻竖井间隧道贯通后，应利用贯通面两侧的平面控制点进行贯通误差测量。平面贯通误差测量应符合下列规定：

1 平面贯通误差测量应包括隧道的纵向、横向和方位角贯通误差测量。

2 隧道的纵向、横向贯通误差，可根据两侧控制点测定贯通面上同一临时点的坐标闭合差，并应分别投影到线路和线路的法线方向上确定。隧道横向贯通误差应符合表 5.3.20 的规定。

表 5.3.20 隧道横向贯通误差

隧道贯通长度(km)	隧道横向贯通误差(mm)
$L < 4$	50
$4 \leq L < 7$	75
$7 \leq L < 10$	100

3 方位角贯通误差可利用两侧控制点测定与贯通面相邻的同一导线边的方位角较差确定。

5.4 海域施工平面控制测量

5.4.1 海域施工平面控制测量可采用卫星定位测量、卫星定位实

时动态测量和导线测量等方法。

5.4.2 海域首级施工平面控制网等级应根据工程规模和建(构)筑物施工要求合理选定。

5.4.3 卫星定位测量控制网精度的主要技术要求应符合表 5.4.3 的规定。

表 5.4.3 卫星定位测量控制网精度的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	约束点间的 边长相对中 误差	约束平差后 最弱边相对 中误差
三等	4.5	≤ 10	≤ 5	1/150000	1/70000
四等	2	≤ 10	≤ 10	1/100000	1/40000
一级	1	≤ 10	≤ 20	1/40000	1/20000
二级	0.5	≤ 10	≤ 40	1/20000	1/10000

5.4.4 卫星定位实时动态测量可采用单基站 RTK 测量、网络 RTK 测量;在已建立连续运行参考站系统的区域,宜采用网络 RTK 测量;困难地区可采用后处理动态测量模式。卫星定位实时动态平面控制测量的主要技术要求应符合表 5.4.4 的规定。

表 5.4.4 卫星定位实时动态平面控制测量的主要技术要求

等级	相邻点间距离 (m)	点位中误差 (mm)	边长相对中 误差	起算点等级	测回数
一级	≥ 500	≤ 50	$\leq 1/30000$	—	≥ 4
二级	≥ 250		$\leq 1/14000$	四等及以上	≥ 3
三级	≥ 100		$\leq 1/7000$	四等及以上 二级及以上	≥ 3

5.4.5 卫星定位实时动态平面控制测量采用多测回法观测时,应符合下列规定:

1 作业前和测回间均应进行接收机初始化。当初始化时间较长无法获得固定解时,宜重新启动接收机进行初始化;重启后仍

不能获得固定解时,应选择其他位置进行测量;

2 应在得到 RTK 固定解,且收敛稳定后开始记录观测值,且不少于 10 个,取其平均值作为本测回的观测结果;经纬度记录应精确至 0.00001",坐标与高程记录应精确至 0.001m;

3 测回间的时间中断间隔应大于 60s;

4 测回间的平面坐标分量较差的绝对值不应超过 25mm,高程较差的绝对值不应超过 50mm。应取各测回结果的平均值作为最终观测成果。

5.4.6 远海海域施工平面控制测量宜采用基站差分方法或信标差分卫星定位方法,并应满足下列要求:

1 卫星接收机应在测量前,在距测量区域较近的已知点上进行校核,其精度应符合施工要求;

2 在正式测量前,应在测量区域进行试测,验证差分源的信号接收情况;

3 应尽可能采取措施,提高海上卫星接收机的稳定性;

4 连续测量的时间宜大于区域波浪周期的 10 倍。

5.4.7 导线测量的主要技术要求应符合表 5.4.7 的规定。

表 5.4.7 导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测回数		方位角闭合差 (")	导线全长相对闭合差
						1"级仪器	2"级仪器		
三等	14	3	1.8	20	1/150000	6	10	$3.6\sqrt{n}$	$\leq 1/55000$
四等	9	1.5	2.5	18	1/80000	4	6	$5\sqrt{n}$	$\leq 1/35000$
一级	4	0.5	5	15	1/30000	—	2	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	1/14000	—	1	$16\sqrt{n}$	$\leq 1/10000$

注:1 表中 n 为测站数。

2 导线网中高级点与结点、结点与结点之间的导线段长度,不应大于表中相应等级规定长度的 70%。

6 施工高程控制测量

6.1 一般规定

6.1.1 施工高程控制测量精度等级可分为二等、三等、四等、五等。各等级高程控制宜采用水准测量；四等、五等高程控制可采用电磁波测距三角高程测量或卫星定位高程测量。在满足本标准精度指标的前提下,可向下越等级布设或同等级扩展。

6.1.2 施工高程控制网的等级应根据工程规模、控制网的用途和精度要求合理选定。首级网应布设成环形网,加密网宜布设成附和路线或结点网。

6.1.3 施工高程系统应与勘测设计阶段所采用的高程系统保持一致。初次高程联测应采用国家高程系统或地方高程系统。

6.1.4 高程控制点的布设与埋石应符合下列规定:

1 点位应选在基础坚硬、密实、稳固的地方或稳定的建(构)筑物上,且便于寻找、保存和引测;

2 高程控制点宜与平面控制点同点位。一个测区及周围应建立不少于 3 个永久性的高程控制点;

3 采用水准标石或墙角水准点时,标志及标石埋设要求可参见本标准附录 C;

4 在施工图所示范围外的水准点应绘制点之记,并应提供相应的近似坐标;

5 海域电力电缆施工控制点宜布设在登陆点附近区域。

6.1.5 高程成果的取值,二等应精确至 0.1mm;三等、四等应精确至 1mm;五等应精确至 10mm。

6.1.6 施工高程控制测量完成后,宜提交测量技术报告、施工高程控制测量成果及其移交资料等。

6.2 地面施工高程控制测量

I 水准测量

6.2.1 水准测量的主要技术要求应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 水准测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪级别	水准尺	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差		检测已测测段高差之差 (mm)
					与已知点联测	附和或环线	平地 (mm)	山地 (mm)	
二等	2	—	DS1、DSZ1	条码式因瓦	往返各一次	往返各一次	$4\sqrt{L}$	—	$6\sqrt{R}$
三等	6	≤ 50	DS1、DSZ1	条码式因瓦	往返各一次	往一次	$12\sqrt{L}$	$4\sqrt{n}$	$18\sqrt{R}$
			DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面		往返各一次			
四等	10	≤ 16	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面	往返各一次	往一次	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$	$30\sqrt{R}$
五等	15	—	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、单面	往返各一次	往一次	$30\sqrt{L}$	$10\sqrt{n}$	$45\sqrt{R}$

注:1 结点间或结点与高级点之间水准路线的长度,不应大于表中规定的 70%。

2 计算往返较差时, L 为水准点间的路线长度 (km); 计算附和或环形闭合差时, L 为附和或环形水准路线的长度 (km)。

3 n 为测站数; R 为检测段长度 (km)。

4 DSZ1 级数字水准仪若与条码式玻璃钢水准尺配套使用,其精度相当于 DSZ3 级。

6.2.2 水准测量所使用的仪器及水准尺应符合下列规定：

1 水准仪视准轴与水准管轴的夹角 i , DS1、DSZ1 型不应超过 $15''$; DS3、DSZ3 型不应超过 $20''$;

2 补偿式自动安平水准仪的补偿误差 $\Delta\alpha$, 对于二等水准不应超过 $0.2''$, 三等不应超过 $0.5''$;

3 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差, 因瓦水准尺不应超过 0.15mm ; 条形码尺不应超过 0.10mm ; 木质双面水准尺不应超过 0.5mm 。

6.2.3 水准观测应在标石埋设稳定后进行。各等级水准观测的主要技术要求应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 各等级水准观测的主要技术要求

等级	水准仪级别	视线长度 (m)	前后视距差 (m)	前后视距差累积 (m)	视线离地面最低高度 (m)	基、辅分划或黑、红面读数较差 (mm)	基、辅分划或黑、红面所测高差较差 (mm)	检查间歇点高差之差 (mm)
二等	DS1、DSZ1	50	1	3	0.5	0.5	0.7	1.0
三等	DS1、DSZ1	100	3	6	0.3	1.0	1.5	3.0
	DS3、DSZ3	75				2.0	3.0	
四等	DS3、DSZ3	100	5	10	0.2	3.0	5.0	5.0
五等	DS3、DSZ3	100	近似相等	—				

注:1 各等级水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时, 所测 2 次高差较差应与黑、红面所测高差之差的要求相同。

2 数字水准仪观测不受基、辅分划或黑、红面读数较差指标的限制, 但测站 2 次观测的高差较差应满足表中相应等级基、辅分划或黑、红面所测高差较差的限值。

6.2.4 各等级水准观测照准标尺顺序应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 各等级水准观测照准标尺顺序

等级	水准观测照准标尺顺序	
	光学水准仪观测	数字水准仪观测
二等	往返测奇数站时,后视(基本分划)—前视(基本分划)—前视(辅助分划)—后视(辅助分划)	往返测奇数站时,后视—前视—前视—后视
	往返测偶数站时,前视(基本分划)—后视(基本分划)—后视(辅助分划)—前视(辅助分划)	往返测偶数站时,前视—后视—后视—前视
三等	后视(基本分划)—前视(基本分划)—前视(辅助分划)—后视(辅助分划)	后视—前视—前视—后视
四等	后视(基本分划)—后视(辅助分划)—前视(基本分划)—前视(辅助分划)	后视—后视—前视—前视
五等	后视(基本分划)—前视(基本分划)	后视—前视

6.2.5 水准测量作业应符合下列规定:

- 1 每天作业前,应对水准仪 i 角进行检验校正;
- 2 在连续各测站上安置水准仪的三脚架时,应使其中两脚与水准路线的方向平行,而第三脚轮换置于水准路线方向的左侧与右侧;
- 3 对具有倾斜螺旋的水准仪,观测前应测出倾斜螺旋的置平零点并作出记号。对于自动安平水准仪,观测前应置平水准器;
- 4 除水准路线转弯处外,每一测站上仪器和前后视标尺的三个位置应接近一条直线;
- 5 不得为了增加标尺读数,而将尺台安置在沟坑中;
- 6 转动仪器的倾斜螺旋和测微鼓时,其最后旋转方向均应为旋进;
- 7 每一测段的往测与返测,其测站数均应为偶数。由往测转向返测时,两标尺应互换位置,并应重新整置仪器;

8 同一测站上观测时,不宜两次调焦。仅当视线长度小于10m,且前后视距差小于1m时,可在观测前后标尺时调整焦距;

9 当采用数字水准仪作业时,水准路线应避免电磁场的干扰。

6.2.6 两次观测高差较差超限时应重测。重测后,对于二等水准应选取两次异向观测的合格成果,其他等级则应将重测结果与原测结果分别比较,较差均不超过限值时,取三次结果的平均数。

6.2.7 工作间歇宜在水准点上结束观测,否则应选择两个稳固可靠、光滑突出、便于放置标尺的固定点作为间歇点。间歇后应进行检测,检测结果符合本标准表6.2.3的规定后可由此起测,否则应从前一个水准点起测。

6.2.8 当水准路线跨越江河时,应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897、《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898的规定。

6.2.9 水准观测读数和记录的取位应符合下列规定:

1 DS1型水准仪使用因瓦水准尺时,读数及记录均应取至0.05mm或0.1mm;

2 DS3型水准仪使用木质水准尺时,读数及记录均应取至1mm;

3 采用电子记录时,应根据使用的仪器精度等级和水准尺,按本条第1款、第2款读数和取位,并应将电子文档中的原始数据和各项限差打印出来。

6.2.10 水准测量数据处理应符合下列规定:

1 计算水准网中各测段往返测高差不符值,并按式(6.2.10-1)计算每千米水准测量高差偶然中误差,其绝对值不应超过本标准表6.2.1中相应等级每千米水准测量高差全中误差的1/2;

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (6.2.10-1)$$

式中: M_{Δ} ——每千米水准测量高差偶然中误差(mm);

Δ ——测段往返高差不符值(mm);

L ——测段长度(km);

n ——测段数。

2 按式(6.2.10-2)计算每千米水准测量高差全中误差,其绝对值应符合本标准表 6.2.1 中相应等级的规定;

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (6.2.10-2)$$

式中: M_w ——每千米水准测量高差全中误差(mm);

W ——附和或环线闭合差(mm);

L ——计算各 W 时,相应的路线长度(km);

N ——附和路线和闭合环的总个数。

3 各等级水准网应按最小二乘法进行平差,并计算每千米水准测量全中误差。

II 电磁波测距三角高程测量

6.2.11 电磁波测距三角高程测量宜在平面控制网的基础上布设成三角高程导线网或导线,高程导线各边的高差测量应采用对向观测。

6.2.12 电磁波测距三角高程测量主要技术要求应符合表 6.2.12 的规定。

表 6.2.12 电磁波测距三角高程测量主要技术要求

等级	仪器测角 精度等级	边长测 回数	垂直角 测回数	指标差 互差 (")	测回间 互差 (")	往返观测 高差较差 (m)	附和或环 形闭合差 (m)
四等	2"级	往返各 1 回	3	≤ 7	≤ 7	$0.04 \sqrt{D}$	$0.02 \sqrt{L}$
五等	2"级	往返各 1 回	2	≤ 10	≤ 10	$0.06 \sqrt{D}$	$0.03 \sqrt{L}$

注:1 D 为测距边水平距离(km); L 为线路长度(km)。

2 线路长度不应超过相应等级水准路线的总长度。

6.2.13 电磁波测距三角高程测量对向观测应在较短时间内完成。对于距离超过 100m 的单向观测,应考虑地球曲率与大气折

光的影响。

6.2.14 电磁波测距三角高程观测应符合下列规定：

1 电子经纬仪、全站仪在观测前应严格将照准部长水准器置平,其偏离中心位置不得超过1格；

2 应用量高杆读取仪器高和觇牌高,无量高杆时应采用卡尺或直角钢尺量取仪器高和觇牌高,观测前后各量测一次并取值至毫米,较差不大于2mm时取其平均值；

3 三角高程垂直角观测应选择在气候条件良好,成像稳定的时段进行,不应在雨、雾、风、阳光照射下进行；

4 测量前视方向时,观测顺序应为先测距后测垂直角；测量后视方向时,观测顺序应为先测垂直角后测距；

5 照准目标应清晰可辨,观测时其视线应离开障碍物1.5m以上；

6 2''级仪器垂直角和指标差的计算公式如下：

$$\alpha = \frac{R - L - 180}{2} \quad (6.2.14-1)$$

$$i = \frac{R + L - 360}{2} \quad (6.2.14-2)$$

式中： L ——盘左竖盘读数；

R ——盘右竖盘读数；

α ——垂直角；

i ——指标差。

6.2.15 电磁波测距三角高程测量的数据处理应符合下列规定：

1 直返觇的高差应按下式进行地球曲率和折光差改正计算：

$$r = \frac{1 - K}{2R} D^2 \quad (6.2.15-1)$$

式中： r ——地球曲率及折光差改正数(m)；

R ——地球曲率半径,中纬度地区可采用6369000m；

D ——测距边水平距离(m)；

K ——大气折光系数,取0.13。

2 外业原始记录和起算数据均应进行严格检查。采用电子记录方式时,应打印出原始观测数据检查校对。计算往返观测高差较差、附和或环形闭合差应符合本标准表 6.2.12 的规定。

3 各等级高程网应按式(6.2.15-2)和式(6.2.15-3)计算每千米高差测量的偶然中误差 M_{Δ} 和全中误差 M_w 。

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{D^2} \right]} \quad (6.2.15-2)$$

式中: M_{Δ} ——每千米高差测量偶然中误差(mm);

Δ ——往返观测高差较差(mm);

D ——测距边水平距离(km);

n ——往返观测高差的个数。

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_h^2}{L^2} \right]} \quad (6.2.15-3)$$

式中: M_w ——每千米高差测量全中误差(mm);

f_h ——附和或环形闭合差(mm);

L ——每个闭合或附和路线长度(km);

N ——附和路线或闭合环的个数。

III 卫星定位高程测量

6.2.16 卫星定位高程测量宜用于平原或丘陵地区的四等及以下等级高程测量。

6.2.17 卫星定位高程测量的主要技术要求应符合表 6.2.17 的规定。

表 6.2.17 卫星定位高程测量的主要技术要求

等级	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	重复基线大地 高差较差(mm)	闭合差/附和差 (m)
四等	≤ 5	≤ 2	$\leq 2\sqrt{2}m_H$	$\leq 2\sqrt{nm_H}$
五等	≤ 5	≤ 5	$\leq 2\sqrt{2}m_H$	$\leq 2\sqrt{nm_H}$

注:1 n 是闭合图形或附和图形的边数。

2 卫星定位高程测量采用静态或快速静态测量方法。

6.2.18 卫星定位高程测量宜与卫星定位平面控制测量同时进行。

6.2.19 卫星定位联测起算高程应符合下列规定：

1 高程联测应使用双时段，联测边长宜小于 5km，否则应进行高程异常值改正；

2 联测已知高程点的数量，平丘地区不宜少于 3 点，并应尽量均匀分布在测区四周和测区中心。网形为狭长带状时，联测点应分布于测区两端及中部。地形高差变化较大的地区，应适当增加联测的点数；

3 在已知高程点稀少的特殊困难地区，应经检验确认一个可靠的已知高程点，并将其高程联测至测区；

4 采用不同型号设备联合作业时，应注意消除天线相位中心的差异对高程测量精度的影响。天线高应精确至 1mm。

6.2.20 卫星定位高程计算应符合下列规定：

1 当高程联测点数 $n \geq 6$ 时，宜使用二次曲面拟合，当 $3 \leq n < 6$ 时，使用一次多项式拟合；拟合时应对联测的已知点进行可靠性检验，剔除不合格的已知点；

2 对于地势平坦的小测区，可采用平面拟合模型；对于地形起伏较大的大面积测区，宜采用曲面拟合模型；卫星定位高程计算不宜超出高程模型所覆盖的范围；

3 当仅联测到一个已知高程时，可将联测点作为起算高程点，用平面网平差后坐标反算出网中各边长，并利用各边的 WGS84 大地高差，以距离定权，按严密平差方法进行计算。

6.2.21 对卫星定位高程成果应进行同等级抽检，抽样比率不得少于 1/3，且不得少于 3 个卫星定位高程点。高差检验可采用水准测量或电磁波测距三角高程测量方法，其高差较差不应大于 $30\sqrt{L}$ mm，其中 L 为检查路线的长度，单位为 km。

6.3 地下施工高程控制测量

6.3.1 地下施工高程控制测量应包括高程联系测量和地下高程

控制测量。

6.3.2 高程联系测量应以地面首级或加密高程控制点为起算点。地下高程控制测量应以高程联系测量传递到地下的近井高程点为起算点。

I 高程联系测量

6.3.3 高程联系测量应包括地面近井水准测量和高程传递测量。

6.3.4 通过高程联系测量传递到地下的近井高程点不应少于 2 个。

6.3.5 每次高程联系测量应独立进行三次,地下近井高程点高程中误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$,符合要求后,取两次测量成果的平均值作为最终成果。

6.3.6 隧道或管道贯通前的高程联系测量不应少于 3 次,宜在掘进到 100m、300m 及距贯通面 100m~200m 时分别进行 1 次。各次地下近井高程点高程较差应小于 3mm。符合要求时,可取各次测量成果的平均值。

6.3.7 近井水准测量应符合下列规定:

1 地面近井水准点应埋设在井口附近便于观测和保护的位置,并标识清楚;

2 地面近井水准点应利用首级或加密高程控制点测定,并应构成附和或闭合水准路线;

3 地面近井水准测量应按二等水准测量技术要求施测。

6.3.8 高程传递测量可采用悬挂钢尺法、电磁波测距三角高程测量法和水准测量法等。

6.3.9 采用悬挂钢尺法进行高程传递时,应符合下列规定:

1 在竖井内悬挂经检定合格的钢尺,并在钢尺上悬挂与钢尺检定时相同质量的重锤;

2 高程传递时,井上和井下安置的两台水准仪应同时读数,并独立观测二测回,测回间应变动仪器高,二测回测得的井上、井下水准点间的高差较差应小于 3mm;

3 高差应进行温度和尺长改正。当井深超过 50m 时,应进行钢尺自重张力改正。

6.3.10 采用电磁波测距三角高程测量法时,应符合下列规定:

1 电磁波测距三角高程测量宜与导线直接传递测量同步进行;

2 三角高程传递测量时,应按每点设站、对向观测的方法施测。两点间对向观测的高差较差应小于 3mm;

3 三角高程传递测量应独立进行两次,两次测得的井上、井下水准点间的高差较差应小于 3mm。

6.3.11 明挖施工或暗挖施工通过斜井进行高程传递测量时,可采用水准测量方法,其测量精度应符合二等水准测量的技术要求。

II 地下高程控制测量

6.3.12 地下高程控制测量宜采用水准测量方法。水准测量等级不应低于三等。

6.3.13 地下高程控制测量前,应对地下近井高程点之间的高差进行检测,其不符值应小于 2mm。

6.3.14 地下高程控制点可与地下平面控制点共用,单独埋设时宜每 200m 埋设 1 个。

6.3.15 在隧道贯通前应进行 3 次水准测量,水准测量应与传递高程测量同步进行。重复测量的高程点间的高程较差应小于 5mm,满足要求时应取其平均值作为控制点成果。

6.3.16 相邻竖井间隧道贯通后,应及时进行贯通高程误差测量。隧道贯通高程误差可利用贯通面两侧的高程控制点测定贯通面附近同一水准点的高程较差确定。

6.4 海域施工高程控制测量

6.4.1 海域施工高程控制测量宜采用水准测量,四等及以下等级可采用电磁波测距三角高程测量或卫星定位高程测量。

6.4.2 水准测量主要技术指标应符合本标准第 6.2.1 条的规定。

6.4.3 电磁波测距三角高程测量宜在首级高程控制网的基础上布设成高程导线网或高程导线。电磁波测距三角高程测量的主要技术指标应符合本标准第 6.2.12 条的规定。

6.4.4 卫星定位高程测量可采用卫星定位拟合高程测量、基于大地水准面精化模型的卫星定位高程测量。

6.4.5 四等及以下卫星定位高程测量的主要技术要求应符合本标准第 6.2.17 条的规定。

6.4.6 跨水面水准测量时,两岸测站和立尺点应对称布设。当跨越距离小于 200m 时,可采用单线过水面,跨越距离在 200m~400m 时,应采用双线过水面并组成四边形闭合环。跨水面水准测量的主要技术指标应符合表 6.4.6 的规定。

表 6.4.6 跨水面水准测量的主要技术指标

跨越距离 (m)	观测次数	测回数	半测回远尺 读数次数	测回差(mm)		
				三等	四等	五等
<200	往返各一次	1	2	—	—	—
200~400	往返各一次	2	3	8	12	25

注:1 一测回的观测顺序:先读近尺,再读远尺;仪器搬至对岸后,不动焦距先读远尺,再读近尺。

2 当采用双向观测时,两条跨水面视线长度宜相等,两岸岸上视线长度宜相等,并大于 10m;当采用单向观测时,可分别在上、下午各完成半数工作量。

6.4.7 长距离跨水面传递高程可采用三角高程测量或卫星定位高程测量,也可利用海水面传递高程。跨水面距离大于 3.5km 时,应根据测区具体条件和精度要求进行专项设计。

6.4.8 采用电磁波测距三角高程测量代替四等水准跨水面测量时,宜在阴天进行观测;对向观测时的气象等外界条件宜相同;两岸跨水面对向观测位置应基本等高。垂直角观测测回数应符合表 6.4.8 的规定。

表 6.4.8 跨水面电磁波测距三角高程的垂直角观测测回数

跨越距离(km)	<1.0		1.0~2.0		2.0~3.5	
	1"级	2"级	1"级	2"级	1"级	2"级
中丝法	2	4	3	6	4	12
三丝法	—	—	—	3	2	6

6.4.9 在潮汐性质基本相同海域,海水面传递高程可采用同步期平均海面法。同步期平均海面法观测技术要求应符合表 6.4.9 的规定。

表 6.4.9 同步期平均海面法观测技术要求

距离 (km)	连续观测时间 (昼夜)	观测时间间隔	
		高低平潮前、后半小时之间(min)	其他观测时间
<10	3	10	整点
10~50	7	10	整点

注:高程传递距离超过 50km 时,应根据潮汐的具体情况适当增加连续观测时间。

7 火力发电厂施工测量

7.1 一般规定

7.1.1 火力发电厂施工测量工作应包括施工场地测量、施工控制测量、施工放样测量等。

7.1.2 火力发电厂施工项目宜在场地平整至设计标高后先建立厂区控制网,再分别建立建(构)筑物施工控制网。

7.1.3 施工控制点应根据厂区总平面布置图、厂区地下管网布置图和厂区竖向布置图布设,并应满足本期及改(扩)建工程施工测量的需求。

7.1.4 施工控制点应埋设在坚实的原状土或冻土层 1m 以下;当无法埋设在坚实的原状土层中,例如,填海造陆、软土、回填区域,宜埋设灌注桩或预制桩,并根据地质资料确定其埋设深度和半径。施工控制点的标志和标石埋设可参见本标准附录 B。

7.1.5 厂区施工控制点应采取保护措施,并在施工期间每隔 3 个月~6 个月复测 1 次,对于软土地基或有特殊要求,可以根据需要适当增加复测次数。

7.1.6 建(构)筑物施工控制网应根据厂区施工控制网进行定位、定向和起算;建(构)筑物的±0.000m 高程面应根据厂区水准点测设。

7.1.7 施工放样前,应对使用的控制点进行检测。当检测误差超出施工控制网限差时,应另行选择合适的控制点进行放样,并对施工控制网进行复测。

7.2 施工场地测量

7.2.1 施工场地测量宜包括场地土方工程测量、场地平整、临时

水电管线敷设、施工道路、临时建(构)筑物、物料及机具场地划分等施工准备的测量工作。

7.2.2 场地土方工程测量应符合下列规定：

1 宜根据施工场地自然地形的不同,采用不同的测量方法,常用的测量计算方法有方格网法、断面法、地形等高线法等;

2 点位间距可根据用途、工程部位和地形复杂程度在 10m~30m 范围内选择,有特殊要求的部位按设计要求执行;

3 断面图或地形图比例尺可根据用途、部位和范围在 1:1000~1:100 选择;

4 场地土方工程测量的其他技术要求应符合国家或行业标准的相应规定。

7.2.3 场地平整测量应根据总体竖向设计和施工方案的有关要求进行,平坦地区宜采用 20m~30m 点距;地形起伏地区宜采用 10m~15m 点距。

7.2.4 场地平整测量的点位和高程应依据勘察设计阶段的厂区测量控制点进行测设,其平面位置不应偏离设计值 50mm,高程不应偏离设计值 20mm。

7.2.5 施工道路、临时建(构)筑物和临时水电管线的平面、高程位置,可根据勘察设计阶段的厂区测量控制点与施工现场总平面图进行测设。

7.2.6 对场地内需要保留的原有地下建(构)筑物、地下管网和树木的树冠范围等应依据现状地形图和地下管线图现场标定。

7.2.7 施工场地测量应做好原始记录,及时整理有关数据和资料,并绘制成有关图表,归档保存。

7.3 厂区控制测量

I 厂区平面控制网

7.3.1 厂区平面控制网可根据厂区地形条件与建(构)筑物总体布置情况,布设成导线网或卫星定位平面控制网。

7.3.2 厂区平面控制网应根据勘测设计阶段的首级控制点进行定位、定向和起算。

7.3.3 厂区平面控制网的等级和精度应符合下列规定：

1 厂区施工首级平面控制网等级不宜低于一级；

2 当原有控制网作为厂区控制网时，应进行复测检查，满足要求时方可使用。

7.3.4 当采用导线网作为厂区平面控制网时，应执行导线测量相关规定。

7.3.5 当导线网按建筑方格网形式布网时，其技术要求应符合一级导线测量的规定。

7.3.6 建筑方格网的布设应符合下列规定：

1 建筑方格网宜采用电厂建筑坐标系。当起算点坐标与电厂建筑坐标系统不一致时，应进行坐标换算；

2 建筑方格网宜在场地整平并达到设计标高后进行布设；

3 建筑方格网宜按轴线法或布网法布设成矩形，边长宜取整数；

4 建筑方格网的边宜与主要建(构)筑物平行，尽量布置在主要建(构)筑物附近，使网点控制面广，定位、放线方便；

5 控制点间应通视良好，便于复核。控制点高程应与场地设计整平标高相适应；

6 建筑方格网标桩顶上宜设置一块供调整点位使用的标志板。

7.3.7 建筑方格网的测设方法，当采用布网法时，宜增测方格网的对角线；当采用轴线法时，主轴线的定位点不得少于3个，端点宜布设在厂区边界上。主轴线的端点应按四等精度要求施测，水平角观测的测角中误差不应大于 $2.5''$ ，检查主轴线的直线度，限差应在 $180^\circ \pm 5''$ 以内。

7.3.8 方格网点观测数据经平差处理后，应根据平差坐标和设计坐标的差异确定归化数据，并在标石标志板上将点位归化到设计

位置。

7.3.9 导线网竣工后,应按与施测相同的精度实地复测检查。检测数量不应少于总量的 1/3,且不少于 3 个;复测时应检查控制点间角度及边长与理论值的偏差,一级导线的偏差符合表 7.3.9 的规定后方可提供给委托单位。

表 7.3.9 检核测量的偏差

检核测量的精度等级	边长相对偏差	角度偏差
按一级导线精度检测	1/25000	8"

7.3.10 当采用卫星定位平面控制网时,其技术要求除应符合卫星定位测量相关规定外,还应符合下列规定:

1 观测宜采用卫星定位静态作业方式,同步观测的接收机台数不宜少于 4 台,相邻边均应有同步观测基线;

2 不同类型的接收机参加共同作业时,应在已知基线上进行比对测试,超过相应等级限差时不得使用;

3 由测区所在位置及平均高程面所决定的投影长度变形值大于 25mm/km 时,应进行投影变形和归算处理;

4 投影变形和归算处理应既保证卫星定位控制网的内部精度能满足后期利用常规仪器进行施工放样的要求,又与所采用坐标系统保持一致;

5 卫星定位平面控制网竣工后,应采用相应等级的常规仪器按与对应等级导线网相同的精度实地复测检查,检测数量不应少于总量的 1/3,且不少于 3 个,偏差满足本标准表 7.3.9 的规定时,方能提供给委托单位。

7.3.11 建筑坐标系统的恢复与建立应符合下列规定:

1 扩建工程施工测量,当利用已有厂区平面控制网或建筑基线等资料时应做检核测量;检核测量成果与已有成果比较,其限差不应超过本标准表 7.3.9 的规定;不能满足上述要求时,可以选择靠近主厂房扩建端的一个点及与该点相连的一条边作为起算坐标

和起算方位角,重新建立建筑坐标系统;

2 如果厂区平面控制网标石已经被破坏,但主厂房扩建端尚留有柱中心标石或标志线,则应进行调查及检测,其限差不应超过本标准表 7.3.9 的规定;

3 当缺乏上述标石及其资料时,可根据主厂房轴线建立建筑坐标系统;应选择便于引测的长边作为依据,轴线柱角的坐标应根据设计资料经实地检测无误后,由柱中心推算,其方法可参见本标准附录 F;

4 验证恢复与建立后的建筑坐标系统的正确性可在该系统测得的固定建(构)筑物主要细部点坐标与原有成果比较;当坐标差值偏离坐标轴线,且大于表 7.3.11 中规定的数值时,应设法调整直至满足要求为止;

表 7.3.11 主要细部点的测量误差 (cm)

细部点类别	细部点对邻近测站点 坐标测量误差		两相邻细部点坐标反算 距离与实量距离较差
	中误差	检查较差	检查较差
建(构)筑物	5	15	
管沟网道	7	20	25

5 有条件时,可设置墙上导线标志。

7.3.12 厂区平面控制测量结束后,应向业主或监理现场交桩。

II 厂区高程控制网

7.3.13 厂区高程控制测量应采用水准测量方法,水准测量精度不宜低于三等。

7.3.14 高程起算点宜利用勘测设计阶段的等级高程控制点。使用前应进行检校,校测高差与理论高差之差小于测量等级限差的 1.5 倍时,可作为厂区高程控制测量的起始依据,并宜选择其中稳定、可靠的点作为起算点。

7.3.15 厂区高程控制网应布设成闭合环线、附和路线或结

点网。

7.3.16 厂区水准点可单独布置在场地相对稳定的区域,也可设置在平面控制点的标石上。水准点间距宜小于 1km,距离建(构)筑物宜大于 25m,距离回填土边线宜大于 15m。

7.3.17 施工造成少数高程控制点标石不能保存时,应将其高程引测至稳固的建(构)筑物上,引测的精度不应低于原高程点的精度等级。

7.3.18 厂区控制测量完成后,宜提交测量技术报告、控制成果资料和控制点桩位移交书等。

7.4 建(构)筑物施工控制测量

7.4.1 当厂区施工控制网点不能完全符合建(构)筑物放样要求时,应在厂区控制点基础上,根据建(构)筑物的设计形式和特点布设建(构)筑物施工控制网。建(构)筑物施工控制网可按照建筑结构形式布设成矩形、四边形或主辅轴线网;冷却塔、烟囱等圆形结构或跨度较小的构筑物宜布设为十字轴线网。

7.4.2 建(构)筑物控制点位宜选在靠近该建(构)筑物,且土质坚实、利于长期保存、便于使用的地方。为便于上部结构的轴线传递,空冷岛等构筑物的轴线控制点可设在偏轴线上;控制点桩埋设深度宜超过冻土层。建(构)筑物控制点和预埋件规格可参见本标准附录 B 中第 B.4 节。

7.4.3 控制网起始点的定位误差不应大于 2cm,两建(构)筑物间相互有联动关系时,不应大于 1cm。主轴线定位点不应少于 3 个。轴线点位偏离直线应在 $180^{\circ} \pm 5''$ 以内。

7.4.4 矩形或四边形平面控制网的测定,其边和对角线的长度偏差值应小于 3mm,主要测量技术要求应符合本标准表 5.2.1、表 5.2.3 和表 5.2.9 中一级、二级导线的规定。

7.4.5 当相邻两控制点不通视时,在其连线或延长线上应测定一转点,可通过测距、测角和点位归化测定,或通过全站仪自由设站

测定,测量精度不低于两控制点的精度。

7.4.6 近距离测量放线可采用全站仪自由设站或支导线把控制点引测到基础表面或平台顶面及附近的结构上。采用全站仪自由设站建站后应复测起算点,复测的坐标差值不应大于 5mm;支导线点应测角 2 测回、测距 1 测回;当垂直角超过 3° 时,应观测垂直角 2 测回、测距 1 测回,并计算水平距离。

7.4.7 用于桩基和沉井施工放样的平面和高程控制点应布设在桩基和沉井施工影响范围之外,并应按总平面布置图、桩基和沉井平面布置图设置。

7.4.8 建(构)筑物的高程控制点应采用闭合或附合水准路线,按不低于三等水准测量精度要求施测。点位可设置在平面控制点的标桩上或外围的固定地物上,也可单独埋设。点位顶端宜为半球形。

7.4.9 深基坑或高层结构的高程测量可用四等三角高程,主要测量技术要求应按本标准第 6.2 节中相关规定执行。

7.4.10 在使用建(构)筑物平面和高程控制点前,应检测其坐标、高程和点位间的相对关系。

7.5 建(构)筑物定位放线和基础施工测量

7.5.1 施工放样前,应准备总平面布置图、土石方开挖图、建(构)筑物及设备基础平面图、道路及管网图、施工控制点成果等资料。

7.5.2 使用的资料应符合下列规定:

1 施工图中的坐标、高程及内部尺寸应正确,与总平面布置图一致;

2 收集到的控制点成果,使用前应进行检核,并应根据检测结果和工程各阶段的要求区别使用。

7.5.3 建(构)筑物基础施工放样的允许偏差应符合表 7.5.3 的规定。

表 7.5.3 建(构)筑物基础施工放样的允许偏差

项目	内 容		允许偏差(mm)
基础桩位 放样	单排桩或群桩中的边桩		10
	群桩		20
各施工层 上放线	外廓主轴线长度 $L(m)$	$L \leq 30$	5
		$30 < L \leq 60$	10
		$60 < L \leq 90$	15
		$L > 90$	20
	细部轴线		2
	承重墙、梁、柱边线		3
	非承重墙边线		3
	门窗洞口线		3
轴线竖向 投测	每层		3
	总高 $H(m)$	$H \leq 30$	5
		$30 < H \leq 60$	10
		$60 < H \leq 90$	15
		$90 < H \leq 120$	20
		$120 < H \leq 150$	25
		$H > 150$	30
标高竖向 传递	每层		3
	总高 $H(m)$	$H \leq 30$	5
		$30 < H \leq 60$	10
		$60 < H \leq 90$	15
		$90 < H \leq 120$	20
		$120 < H \leq 150$	25
		$H > 150$	30

7.5.4 桩基轴线的定位偏差不应大于 10mm。沉井中心轴线和基坑轮廓线测设和施工过程中的投点误差不应大于 5mm；高程测量的偏差值不应大于 5mm，并应以同样精度进行检查验收和桩基竣工测量。

7.5.5 在原有建(构)筑物附近下沉的沉井，应在该建(构)筑物上设置沉降观测点并定期进行沉降观测；沉井下沉到设计标高后应进行沉降观测，在 8h 内下沉量不大于 10mm 时，方可封底。

7.5.6 基坑开挖应进行平面和高程的跟踪测量。平面测量偏差值不应大于 50mm，高程测量偏差值不应大于 20mm。对于地基复杂的基坑，开挖过程中应进行边坡稳定性监测，监测技术要求应符合本标准第 11.7 节的相关规定。

7.5.7 在基础附近的控制点上可直接放出基础轴线，也可在基础上采用自由设站放线。基础垫层模板轴线和高程测量的偏差值不应大于 5mm。

7.5.8 基础轴线投测、主轴线内控基准点的设置、建(构)筑物主轴线的竖向投测、施工层标高的竖向传递、施工层的放线与抄平、大型预制构件的定位等施工放样测量应符合下列规定：

1 建(构)筑物的基础垫层轴线、承台轴线和柱头线宜使用轴线控制点直接放线；放线后，应检查主要轴线的坐标值和全部轴线的相互关系，检测的坐标偏差值不应大于 10mm，轴线间距偏差值不应大于 5mm；

2 预埋地脚螺栓轴线间偏差不应大于 2mm，螺栓高程偏差应控制在 0mm~+10mm，放线前宜在地面按建(构)筑物施工控制网要求对所有螺栓轴线做控制桩；

3 建(构)筑物平台或结构层轴线，通过偏轴线从地面向下层或上层结构投点时，应正、倒镜分别投点取平均值；位于同一垂面的柱头线也可用仪器正、倒镜直接向上传递；

4 放平台线时，应分段架设仪器向前延伸放线，分段安置仪器后，应检测两端方向点的夹角，角度值应符合 $180^{\circ} \pm 10''$ ；

5 预埋件和牛腿高程放样的偏差值应控制在 $-10\text{mm}\sim 0\text{mm}$,轴线偏差不应大于 10mm ;

6 高层结构采用带弯管的经纬仪或激光垂准仪竖向轴线传递时,应沿 180° 两个方向投点或检查;投测到上部结构的轴线点,在使用前应检测相邻点之间的距离,偏差值不应大于 5mm ;

7 汽轮机基座螺栓定位应以长轴线为基线调整短轴线,使其正交符合 $90^\circ\pm 10''$;

8 钢尺量距应使用拉力计,施加相同条件下同电磁波测距边比长的拉力;

9 每个建(构)筑物的施工高程点不应少于2个;主厂房等建(构)筑物的高程逐层向上传递时,使用的钢尺应加比长的拉力,同时考虑自重的影响,应从2处或3处传递;传递的高程点间的差值不应大于 3mm ,取平均值作为该层的施工高程。

7.5.9 外业工作完成后,应及时进行外业复核和内业资料的检查整理。

7.6 设备安装施工测量

7.6.1 火力发电厂设备混凝土基础完成后,应按照土建施工轴线及时放出安装线。放线前应检查螺栓、埋件、孔洞等和施工轴线之间的关系,其限差应符合本标准第7.5.8条的规定。

7.6.2 放安装线时,应以十字轴线的长轴线为基准线调整短轴线,使其十字轴线的夹角符合 $90^\circ\pm 10''$ 。

7.6.3 利用轴线控制点放锅炉基础安装线后,应复测锅炉外侧轴线构成的四边形的边长和对角线长,以及相邻轴线之间的距离,其差值不应超过 2mm 。

7.6.4 汽机运转层平台的安装轴线可用下层轴线竖向传递,也可用地面控制点测设。放线后应检查轴线之间以及轴线与螺栓之间的尺寸,其差值不应超过 1mm 。汽机台板水平度的测量可采用精密水准仪等距离观测,其差值不应大于 0.05mm 。

7.6.5 在每组设备基础上应布设用于设备安装的高程基准点。点位宜设置在设备基础侧面或表面。高程应采用三等水准闭合或附和路线施测。

7.6.6 设备、天车轨道安装允许偏差应符合表 7.6.6-1、表 7.6.6-2 的规定。

表 7.6.6-1 设备安装允许偏差

测量内容	限差(mm)
设备基础中心线	3
垫板标高	2

表 7.6.6-2 天车轨道安装允许偏差

测量内容	限差(mm)
轨道跨距	5
轨道中心线直线度	3
轨道安装标高	3

7.7 高耸塔形构筑物施工测量

7.7.1 火力发电厂的烟囱、冷却塔、烟塔合一、煤罐和灰库等构筑物施工放样测量前,应按本标准第 7.4 节要求以十字轴线布设 4 个控制点;大型冷却塔和煤罐宜对称布设 8 个控制点。

7.7.2 塔形构筑物的环形基础和中央基础完成后,应将轴线控制点、中心点和高程点引测到环基上和中心基础上。所有平面控制点应明显标记;中心点应为预埋件上镶入的铜芯点。高程点应执行本标准第 7.4.8 条的规定。

7.7.3 烟囱筒壁施工应使用激光垂准仪或大锤球传递中心点。用激光垂准仪向上投点时,宜每次沿 4 个对称方向向上 4 次投点,取 4 次投点的中心点;用锤球时,提升架每次提升后都要精确对点;中心点的投点误差应小于 $H/6000$, H 为烟囱筒壁施工高度,单位为 mm。用钢尺从中心点量距误差应小于 5mm。

7.7.4 冷却塔中心点在基础和中央竖井施工中应多次测设,通过多组轴线恢复的中心点点位差值不应大于 3mm。中心点点位应为位于钢板上的铜芯点。

7.7.5 人字柱定位应在地面和环基上放出人字柱水平投影线,并检查环梁与人字柱投影线交点之间的距离,其偏差值不应大于 5mm。

7.7.6 冷却塔筒壁施工中,中心点使用激光垂准仪或带弯管的经纬仪向上投点时,应沿 180°方向投点和检查,其偏差值不应大于 10mm。筒壁半径钢尺量距偏差不应大于 10mm。

7.7.7 高耸塔形构筑物的中心垂直度测量及其他测量允许偏差应符合表 7.7.7-1 和表 7.7.7-2 的规定。

表 7.7.7-1 高耸塔形构筑物的中心垂直度测量允许偏差

高度 H (m)	$H \leq 30$	$30 < H \leq 60$	$60 < H \leq 90$	$90 < H \leq 120$	$120 < H \leq 150$	$150 < H \leq 180$	$180 < H \leq 210$	$210 < H$
允许偏差 (mm)	5	10	15	20	25	30	35	40

表 7.7.7-2 高耸塔形构筑物的其他测量允许偏差

项目	内 容		允许误差(mm)
烟囱	半径		10
	筒身高度		$H/2000$
	钢内筒安装	筒体中心	100
		筒体总高	100
冷却塔	半径		-15~+20
	塔总高度		$H/2000$
	人字柱轴线		5
烟塔合一	烟风道孔	平面位置	20
		标高	

注:1 H 为高耸塔形构筑物的高度,单位为 mm。

2 烟塔合一的其他测量限差同冷却塔。

7.8 钢结构高层、超高层建(构)筑物施工测量

7.8.1 钢结构安装前,应复测基础地脚螺栓或埋件的定位轴线。由基础外侧轴线构成的四边形边长和对角线长以及相邻轴线之间的距离之差不应超过 2mm。

7.8.2 柱子安装的允许偏差应符合表 7.8.2 的规定。

表 7.8.2 柱子安装的允许偏差

项目	允许偏差(mm)	备注
底层柱柱底轴线对定位轴线偏移	3	—
柱子定位轴线	1	—
单节柱的垂直度	$H/1000$,且不大于 10	H 为柱子高度,单位为 mm

7.8.3 柱、梁、支撑等大型构件安装时,应以柱为准,调整梁与支撑。施工中应跟踪测量钢结构的垂直度,主体结构的整体垂直度和整体平面弯曲矢高的允许偏差应符合表 7.8.3 的规定。

表 7.8.3 主体结构的整体垂直度和整体平面弯曲矢高的允许偏差

项目	允许偏差(mm)	备注
主体结构的整体垂直度	$H/2500+10$,且不应大于 25	H 为柱子高度,单位为 mm
主体结构的整体平面弯曲	$L/1500$,且不应大于 25	L 为梁长度,单位为 mm

7.8.4 立柱 1m 标高线从该建(构)筑物水准基点上用三等水准联测,检测相邻立柱 1m 标高线差值不应大于 2mm。

7.8.5 层间高差与建筑总高度测量应使用水准仪配合钢尺沿柱身向上、向下丈量测定,每层高差允许误差为 3mm。

7.8.6 立柱顶部柱距和对角线距离的检测宜使用加比长拉力的钢尺或全站仪,其偏差值应小于 $L/6000$, L 为柱距,单位为 mm。

7.9 输煤系统施工测量

7.9.1 厂内输煤系统的转运站、栈桥、碎煤机室、煤罐、干煤棚、翻车机室和斗轮机轨道等放样测量前,应按本标准第 7.4 节的规定

统一布设建(构)筑物控制点。

7.9.2 施工放线和高程测量应符合下列规定：

1 转运站和碎煤机室的轴线应由地面随结构层的施工逐层向上传递,轴线传递允许偏差为 3mm;

2 栈桥应由地面直接以偏轴线放线;每次放线宜采用正、倒镜投点,取平均值;

3 煤罐随着环形基础的施工应将外围控制点引测到内侧环形结构上;其他封闭性建筑及廊道应提前将控制点引测到内部;引测到内部的控制点应使用建(构)筑物控制点进行复测,复测点位限差不应大于 5mm;

4 高程基点应引测到建(构)筑物基础上,并逐层用钢尺向上传递;每层的高程传递测量误差不应大于 3mm。

7.10 水工构筑物施工测量

7.10.1 火力发电厂内水工构筑物施工测量可按本标准第 7.5 节相关规定执行。

7.10.2 厂外水工构筑物施工放样前,宜以前期的等级控制点为依据,建立平面不低于二级、高程不低于四等精度要求的施工控制网;布网、测量方法及技术要求应符合本标准第 5 章和第 6 章的规定。

7.10.3 进排水隧道的施工放样,应在地面控制网基础上布设二级内部控制。隧道内部控制根据隧道内部形状、结构特点宜布设为单一直伸导线或多环闭合导线;两点间距宜为 70m~200m;隧道内导线点应定期用施工区域外的地面控制点进行检查。

7.10.4 隧道掘进中线、腰线放样测量应利用内部控制点先进行隧道中线测放,在中桩上进行隧道开挖和掘进放样。隧道腰线应按四等水准施测;隧道形成工作面后,每 200m~500m 宜设置一个水准点;洞内、外水准点间联测精度不宜低于三等水准,按水准

环线向前推进。

7.10.5 拦洪坝、排水明渠的施工放样宜用全站仪极坐标法直接放样。

7.10.6 循环水泵房、雨水泵房等基础较深的水工构筑物，在基础施工前应在基坑边上布设平面控制点，在基坑底部布设高程基准点。水准测量困难时，可采用四等三角高程代替四等水准。

7.10.7 灰坝的轴线控制点宜设置在灰坝施工区域外，且便于保存和使用的地方；测量方法及技术要求应符合本标准第 7.4 节的相关规定。

7.10.8 水工构筑物施工放样测量允许偏差应符合表 7.10.8 的规定。

表 7.10.8 水工构筑物施工放样测量允许偏差

项 目	允许偏差(mm)	
	平面	高程
循环水泵房、雨水泵房、中水池	10	10
拦洪坝、灰坝	30	20
排水渠、涵洞	20	20
隧道	横向 20	20

7.11 管线施工测量

7.11.1 管线施工测量定位放样应依据厂区总平面布置图、厂区地下管网布置图或专项布置图，按图纸给定的定位条件，利用厂区平面控制点或专项控制点进行测设。

7.11.2 管线的高程和坡度控制应根据厂区高程控制网或专项控制网进行测设。

7.11.3 各种管线的起点、交点、井位和终点相对于邻近定位依据点的定位测量允许偏差应符合表 7.11.3 的规定。

表 7.11.3 管线定位测量允许偏差

管线类别	定位测量允许偏差(mm)
厂房内部管线	7
敷设在沟槽内管线、架空管线	10
厂区内地上和地下管道	25
厂区外架空管道	100
厂区外地下管道	200

7.11.4 各类管线安装高程与模板高程的测量允许偏差应符合表 7.11.4 的规定。

表 7.11.4 管线安装高程与模板高程的测量允许偏差

管线类型	允许偏差(mm)
自流管道	3
气体压力管道	5
液体压力管道	10
电缆地沟	10

7.11.5 管线中线桩的测设应符合下列规定：

1 测设中线桩可采用极坐标法、直角坐标法、方向交会法、距离交会法或平行线法；

2 中线桩一般宜测设在管道起止点及各转折点处中心线的延长线上，井位控制桩则测设在管道中线的垂直线上；

3 与已建成的市政工程相衔接的管线，应在施工前对衔接处进行平面位置和高程的检测。发现关系不符时，应及时与业主、监理和设计单位联系并加以解决；

4 中线桩定位后，应变换观测方法或条件进行校核。

7.11.6 放样测量方法和技术要求应符合下列规定：

1 角度测量不应少于一测回，上、下半测回允许误差为 36"，测回值之间允许误差为 24"；

2 距离测量,采用钢卷尺时应往返丈量,量距相对误差应小于 $1/5000$;采用电磁波测距仪时,可单向观测,且 2 次读数;

3 高程测量应采用不低于四等水准测量精度引测施工水准点,间距一般为:自流管道及架空管道以 200m 为宜;其他管线以 300m 为宜。细部测设时应采用两个水准点作后视推求视线高,允许误差为 5mm,并以平均视线高程为准。

7.11.7 管线工程分期施工或与其他建(构)筑物相衔接时,定位工作的检测或调整应符合下列规定:

1 厂区室外管线与室内管线连接时,宜以室内管线的位置和高程为准;

2 厂区管线与市政干线连接时,宜以市政干线预留口位置或市政规划位置和高程为准;

3 新建管线与原有管线连接时,宜以原有管线位置和高程为准。

7.11.8 地下管线施工过程中应进行配合测量,且应符合下列规定:

1 管线施工挖槽前应测设中线控制桩;

2 施工水准点测设间距不应大于 150m;

3 在基槽内投测管线中心线的间距宜为 10m,最长不应超过 20m;

4 在基槽内测设高程及坡度控制桩的间距不宜超过 10m,非自流管道的间距可放宽至 20m;

5 管线安装过程中应及时检测。

7.11.9 架空管道施工测量应符合下列规定:

1 中线定位后,应检查各交点处中心线转角,其观测值与设计值之差不应超过 $10'$,否则应进行调整;

2 中心线及转角调整后即可测设管架中心线及基础中心桩,其直线投点误差不应大于 5mm,基础间距测量的相对误差应小于 $1/2000$,然后根据中心桩测设管架基础控制桩,测量允

许偏差为 3mm。架空管道基础各工序的施工测量方法与厂房基础相同；

3 对基础进行混凝土浇筑时,应对直埋螺栓固定平面位置和高程进行检测；

4 架空管道安装在钢筋混凝土支架或钢支架上时,管道支架的安装测量与工业厂房柱子安装测量相同;支架安装后应在其上测设中心线和高程,平面、高程测量允许偏差分别为 3mm;对支架柱应进行垂直度检测,允许误差为 $H/1000$, H 为柱高,单位为 mm,且绝对值不应大于 7mm。

7.11.10 管线施工过程中应进行跟踪测量,跟踪测量应符合下列规定:

1 地下管线应在回填土前测出起点、终点、交点与井位的坐标及压力管外顶高程或自流管内底高程,并记录管线类型、埋深、断面尺寸、材质等相应信息;

2 架空管线应测量管底标高;

3 跟踪测量技术要求与管线施测技术要求应相同;

4 跟踪测量资料应及时整理,核实无误后妥善管理。

7.12 道路施工测量

7.12.1 道路施工测量内容应包括测设中线桩、线路坡度放样和路基边桩测设等。

7.12.2 道路施工测量定位放样应依据厂区总平面布置图或专项布置图,按图纸给定的定位条件,利用厂区平面控制点或专项控制点进行测设。

7.12.3 道路的高程和坡度控制应根据厂区高程控制网或专项控制网进行测设。

7.12.4 道路中线桩的测设应符合本标准第 7.11.6 条的规定;中线桩的间距,直线上不应大于 50m,圆曲线上宜为 20m;中线桩桩位测量的允许偏差:纵向为 $1/2000$,横向为 25mm。

7.12.5 道路曲线辅点的测设可采用极坐标法或支距法,宜由曲线两端闭合于中部。闭合差在允许误差范围内时,应将闭合差按比例分配到各辅点桩上。曲线测量的允许偏差:纵向为 1/2000,横向为 50mm。

7.12.6 道路起点、终点与交点相对于定位依据点的定位测量允许偏差应符合表 7.12.6 的规定。

表 7.12.6 道路定位测量允许偏差

测量项目	允许偏差(mm)
道路直线中线定位	25
道路曲线横向闭合差	50

7.12.7 道路中线桩高程测量应根据厂区高程控制网以附和水准路线测定,其允许高差闭合差不应大于 $10\sqrt{n}$, n 为测站数,单位为 mm。

7.12.8 道路施工高程放样测量允许偏差应符合表 7.12.8 的规定。

表 7.12.8 道路施工高程放样测量允许偏差

测量内容		允许偏差	
控制桩	施工边桩高程偏差	5mm	
路基	中线标高偏差	20mm	
	横坡偏差	土路床 20mm,且坡长的 0.3%	
		石路床 坡长 0.5%	
沟底标高偏差		-30mm~0mm	
基层	砂石和碎石基层、沥青贯入式基层、石灰土类基层、石灰粉煤灰混合料基层	中线标高偏差	20mm
		横坡偏差	20mm,且坡长的 0.3%
	块石类基层	中线标高偏差	30mm
		横坡偏差	30mm,且坡长的 1%

续表 7.12.8

测量内容		允许偏差	
面层	水泥混凝土路面	纵坡标高偏差	10mm
		横坡偏差	坡长的 0.25%
	沥青路面	中线标高偏差	20mm
		横坡偏差	坡长的 0.5%
	预制块路面	标高偏差	10mm
		横坡偏差	坡长的 0.3%

7.12.9 线路坡度放样可根据纵断面图上各中线桩点的设计高程,用水准仪直接测出各点的填、挖方高度。测设路基边桩可采用图解法或解析法。路基施工前应首先确定路基边坡与原地面相交的坡脚点或坡顶点。

7.12.10 道路施工放样观测方法和技术要求应符合本标准第 7.11.6 条的规定。

7.12.11 道路与建(构)筑物出入口、已有道路衔接的定线测量工作检测或调整应符合下列规定:

1 与已建建(构)筑物出入口相衔接时,应以出入口位置为准调整连接段中线;

2 与已建成道路连接时,应注意保持线性顺直,并应符合城市和厂区总体规划要求。

7.12.12 道路施工过程中应进行配合测量,且应满足下列规定:

1 道路施工测量中线桩的间距,直线部分不应大于 50m,平曲线部分宜为 20m;当公路曲线半径为 30m~60m 或缓和曲线长度为 30m~50m 时,其中线桩的间距不应大于 10m;对于公路曲线半径小于 30m、缓和曲线长度小于 30m 或回头曲线段,中线桩的间距均不应大于 5m;

2 道路施工中宜采用边桩控制施工中线和高程,并监控施工挖填高度和道路纵横高低与横向坡度;

3 需要进行纵横断面放样时,断面点间距不宜大于 10m;

4 施工过程中应结合季节变化、施工部署,对道路中线与高程控制桩进行检测。

7.12.13 厂区铁路专用线施工测量宜根据厂区平面控制网,以相应的厂房平面控制网精度测设铁路专用线的进厂起点、路线交点(JD)、曲线起点(ZY)、曲线中点(QZ)、曲线终点(YZ)、道岔的岔心及路线终端。延长到厂房内的支线应以厂房平面控制网为依据定位。

7.12.14 厂区铁路专用线定位后,应用经纬仪或全站仪检测转角一测回,测角允许偏差为 20"。

7.12.15 厂区铁路专用线施工测量的其他技术要求,可执行国家标准或行业标准的有关规定。

8 风力发电场和太阳能发电站施工测量

8.1 一般规定

8.1.1 风力发电场和太阳能发电站平面控制测量可采用卫星定位平面控制测量、导线测量等方法；高程控制测量可采用水准测量、电磁波测距三角高程测量、卫星定位高程测量等方法。

8.1.2 风力发电场和太阳能发电站施工放样所使用的仪器精度，角度测量不应低于 $6''$ 级，水准测量不应低于DS3级，卫星定位仪器标称精度不应低于 $10\text{mm}+5\text{mm}/\text{km}$ 。量距应使用电磁波测距仪或钢尺。

8.1.3 施工放样控制点宜就近选取，施工放样前应对使用的控制点进行检测。

8.1.4 卫星定位坐标转换参数的求解应利用不少于4个已知控制点成果，所选控制点应分布均匀且能控制测区。平面坐标和高程转换残差分别不应大于2cm和5cm。

8.2 陆上风力发电场施工测量

8.2.1 陆上风力发电场施工控制点宜采用勘测设计阶段的控制点，控制点数量及分布应满足施工测量要求。测量技术要求应符合本标准第5.2节和第6.2节的相关规定。

8.2.2 施工单位收到场区控制点、风机中心定位桩和线路杆塔位桩等成果后，应进行复测，复测合格后方可开始施工。

8.2.3 复测时，应先按照点放样找到定位桩，测量并记录；然后按照线放样，放出每个复测点的大、小方向桩或边桩，用记号笔标记复测点名和到该点的距离，并记录实测数据。

8.2.4 在风机基础东、南、西、北方向应各设置木桩作基础定位和

放线的控制桩。高程控制点应根据设计要求设置,将塔位中心桩标高引测到高程控制点上。高程控制点宜采用木桩上钉小钉或钢筋头的形式,在桩根部浇筑混凝土或砂浆进行加固保护,必要时宜设 800mm×800mm×400mm 保护栏杆。

8.2.5 基础环吊装就位时,应确认塔筒门方向是否正确,并应将调节螺栓底座焊接在支腿上,通过调节螺栓对基础环水平度进行调整,使其水平度不得大于 1mm。

8.2.6 塔筒安装前,检查基础法兰上表面的水平度不应超过厂家或设计的规定值 2mm。基础水平度检查应使用水准仪和标尺检查相隔 120°三个方向的基础法兰面是否水平,三个方向之一应对应法兰对接标记。测量点应位于法兰中环,每个方向测量不得少于两次。

8.2.7 塔架安装后应检测垂直度,塔架中心线的垂直度不应大于塔架高度的 1/1000。

8.2.8 风机上的沉降观测点应按设计要求设置。基础施工时的高程控制点可作为该风机沉降观测的基准点;沉降观测应按二等水准闭合路线施测。

8.2.9 升压站和集电线路的施工测量应分别执行本标准第 9 章和第 10 章的相关规定。道路施工测量应执行本标准第 7.12 节的相关规定。

8.3 海上风力发电场施工测量

8.3.1 海上风力发电场施工前,应对施工区域及船舶作业区域的海底地形进行复测。

8.3.2 海上风力发电场施工测量应符合下列规定:

1 施工测量前,应收集与项目有关的测绘资料,并应复核已有控制点;

2 施工控制网的坐标、高程系统和深度基准应与勘测设计阶段保持一致;

3 施工控制网的精度指标应满足施工放样的精度要求；

4 距离海岸线 5km 以内的风电场，宜利用陆地测量控制网成果作为施工控制的起算数据；距离海岸线 5km 以外的风电场，宜利用风电场测风塔、升压站平台等相对固定的设施建立卫星定位测量基准站，供施工测量使用；

5 施工放样应根据设计和施工特点确定放样方法；平面放样可采用极坐标法、交会法、卫星定位测量等方法；高程放样可采用水准测量、卫星定位高程测量、电磁波测距三角高程测量等方法；

6 施工测量作业应选择在有利的氣候及平台环境下进行；

7 施工期间，应对施工控制网定期复核，根据施工需要及时组织施工控制点的加密测量；控制点加密测量应采用同级扩展的方法。

8.3.3 海上风力发电机组基础施工测量应符合下列规定：

1 沉桩施工作业前，应根据施工现场测量控制点布设情况、基桩定位精度要求、配置的定位仪器设备、作业人员技术水平和沉桩船舶技术性能等编制沉桩定位施工测量方案；

2 沉桩定位测量前，应查明沉桩区域水深、波浪、潮汐、潮流等水文情况；并对沉桩定位测量仪器进行检验与校正；

3 沉桩定位应保证卫星定位接收天线的合理位置；沉桩定位时，应严格限制高频对讲机等无线电波的使用；

4 沉桩定位测量过程中，测量点位布置和测量精度控制应符合设计规定；

5 沉桩过程中应对桩基位置进行精确定位，及时测定沉桩偏位值、垂直度及桩顶标高，并按要求做好沉桩记录；沉桩过程中应对邻近设施的位移和沉降等进行观测和记录，发现异常应停止沉桩并采取措施；

6 沉桩施工在完成钢套管围堰、抽水，形成干施工环境后，应使用水准仪和钢尺传递各个钢管桩桩顶高程，进行钢管桩竣工测量；

7 沉桩施工完成后，承台基础面标高应在设计规定的允许范

围内。

8.3.4 海上风力发电机组安装测量应符合下列规定：

1 安装基础环上法兰表面应利用水平仪校验；校验时应按圆周方向均分 6 点，每点内外两个点求平均值，所测基础环上法兰表面水平度不应大于 3mm；

2 塔架安装后应检测垂直度，塔架中心线的垂直度不应大于塔架高度的 1/1000。

8.3.5 海上升压站的基础施工测量及安装测量宜按风力发电机组施工测量的相关规定执行。

8.3.6 海底电力电缆施工测量应执行本标准第 10.4 节的有关规定。

8.4 光伏电站施工测量

8.4.1 光伏电站场区施工控制点宜采用勘测设计阶段的控制点，测量技术要求应执行本标准第 5.2 节和第 6.2 节的相关规定。

8.4.2 桩位定位放样宜采用卫星定位技术。轴线桩及桩位线放好后，应进行自检。

8.4.3 支架基础及预埋管复核精度要求应符合下列规定：

- 1 桩基础中心位移偏差不得大于 30mm；
- 2 前后立柱桩中心相对位移偏差不得大于 10mm；
- 3 垂直度容许偏差不得大于 0.5%。

8.4.4 支架基础、预埋螺栓和预埋件的偏差应符合下列规定：

1 混凝土独立基础和条形基础的尺寸允许偏差应符合表 8.4.4-1 的规定；

表 8.4.4-1 混凝土独立基础和条形基础的尺寸允许偏差

项目名称	允许偏差(mm)
轴线	±10
顶标高	0,-10

续表 8.4.4-1

项目名称		允许偏差(mm)
垂直度	每米	5
	全高	10
截面尺寸		±20

2 桩式基础的尺寸允许偏差应符合表 8.4.4-2 的规定；

表 8.4.4-2 桩式基础的尺寸允许偏差

项目名称		允许偏差(mm)
桩位		$D/10$,且小于或等于 30
桩顶标高		0, -10
垂直度	每米	5
	全高	10
桩径(截面尺寸)	灌注桩	±10
	混凝土预制桩	±5
	钢桩	$\pm 0.5\%D$

注:若上部支架安装具有高度可调节功能,桩顶标高偏差则可根据可调范围放宽。

D 为直径,单位为 mm。

3 支架基础预埋螺栓、预埋件允许偏差应符合表 8.4.4-3 的规定。

表 8.4.4-3 支架基础预埋螺栓、预埋件允许偏差

项目名称	允许偏差(mm)	
标高偏差	预埋螺栓	+20,0
	预埋件	0,-5
轴线偏差	预埋螺栓	2
	预埋件	±5

8.4.5 预埋件及预埋螺栓定位后,应对预埋件及预埋螺栓的位置

进行跟踪测量,保证其定位准确无误。

8.4.6 箱变基础施工测量应执行本标准第 8.4 节支架基础的规定。站区道路施工测量应执行本标准第 7.12 节的规定。

8.5 光热发电站施工测量

8.5.1 储热区、发电区和集热区施工控制测量,平面控制测量精度不宜低于一级,高程控制测量精度不宜低于三等。施工控制点应避开基础位置,尽量选择在维修通道上。

8.5.2 混凝土工程及普通预埋件施工放样的允许偏差应符合表 8.5.2 的规定。

表 8.5.2 混凝土工程及普通预埋件施工放样的允许偏差

项目	内容	允许偏差(mm)
垫层、墙、柱、基础、楼板	平面位置控制线	±10
	标高线	±10
各施工层上放线	轴线位置	±10
	墙、梁、柱边线	±10
预埋件	位置、标高	±10
预埋螺栓	中心线位置	±5
预埋管	中心线位置	±5
预留洞	中心线位置	±15

8.5.3 支架基础、预埋螺栓或预埋件的偏差应符合本标准第 8.4.4 条的规定。

8.5.4 高耸塔形建(构)筑物施工测量应符合本标准第 7.7 节的规定。

8.5.5 钢结构高层、超高层建筑施工测量应符合本标准第 7.8 节的规定。

8.5.6 设备安装施工测量应符合下列规定:

1 构件安装测量允许偏差应符合表 8.5.6-1 的规定。

表 8.5.6-1 构件安装测量允许偏差

项目	内 容		允许偏差(mm)
钢衬里	衬里平整度		±15,2m 长度最大起拱值小于 5mm
筒体	径向位置(半径)		±50
截锥体	径向位置(半径)		±50
环形吊车 牛腿	位置		±25
	顶面标高		-8~0
支承环	平整度		±3
柱	中心线对轴线位置		±5
	上下柱接口中心线位置		±3
	垂直度	$H \leq 5m$	±5
		$5m < H < 10m$	±10
		$H \geq 10m$	$H_1/1000$, 且 ≤ 20
	牛腿上表面和 柱顶标高	$H \leq 5m$	0~-5
$H > 5m$		0~-8	
梁或 吊车梁	中心线对轴线位置		±5
	梁上表面标高		0~-5

2 固定及手动可调支架安装的允许偏差应符合表 8.5.6-2 的规定。

表 8.5.6-2 固定及手动可调支架安装的允许偏差

项目名称	允许偏差(mm)
中心线偏差	2
梁标高偏差	3
立柱面偏差	3

3 定日镜组件安装的允许偏差应符合表 8.5.6-3 的规定。

表 8.5.6-3 定日镜组件安装的允许偏差

项目名称	允许偏差	
组件倾斜角度偏差(°)	±1	
组件边缘高差(mm)	相邻组件	2
	同组组件	5

4 支架倾斜角度偏差度不应大于 1°。

8.5.7 吸热塔内直升梯安装测量应符合下列规定：

1 结构施工开始时，应进行直升梯安装准备工作；在电梯井底层应以结构控制线为准，并绘出平面图；

2 电梯井中心竖向偏差检查应采用垂准线法，并绘制电梯井两个方向的纵剖面图；

3 应根据检查结果提供最佳电梯井净空尺寸断面图；

4 应测设电梯井轨道中心位置，并采用钢丝固定；各条铅垂线固定后，应校核相邻铅垂线间距离，相邻两铅垂线全高相互偏差应小于 1mm，铅垂线的相对误差应小于 1/14000。

8.5.8 水工构筑物施工测量应执行本标准第 7.10 节的规定。

8.5.9 管线施工测量应执行本标准第 7.11 节的规定。

8.5.10 道路施工测量应执行本标准第 7.12 节的规定。

8.5.11 测量结束后，应及时整理并检查所有成果和计算是否符合各项允许偏差及技术要求。当超过安装允许偏差或不符合技术要求时，应首先检查资料整理过程和计算是否正确，当发现资料整理过程和计算是正确的，应进行复测。

8.5.12 施工放样测量后，对重要的和精度要求高的结构、设备及构件宜进行同等精度的检查测量。

8.5.13 施工测量成果资料应包括下列内容：

1 施工控制测量资料、施工放样依据文件、测绘仪器的检验、校准记录等资料；

2 施工测量技术设计书、技术总结、外业原始数据、平差计算资料、控制点成果、点之记、专项测量成果、验收报告书及工程项目产生的其他相应文件等资料。

9 变电站和换流站施工测量

9.1 一般规定

9.1.1 站址平面控制网应根据站址的规模和工程需要分级布置,可布设为卫星定位平面控制网、导线网等。站址平面控制网测量应执行本标准第 5.2 节的相关规定,首级平面控制网等级依据工程规模性质,不应低于二级;500kV 及以上站址不应低于一级。

9.1.2 站址高程控制网可采用水准测量、电磁波测距三角高程测量、卫星定位高程测量等方法。特高压站址的首级高程控制网等级不应低于四等,其他不宜低于五等。当与水文资料联系测量时,高程等级不宜低于四等。

9.1.3 改(扩)建施工测量时,站内的坐标及高程系统应与前期保持一致,并应符合下列规定:

1 以原站址已有的平面及高程控制点为依据,恢复、扩展站内平面及高程控制网;

2 原站址控制点均被破坏时,应恢复和重建站内控制网,测量精度不应低于原控制网精度;

3 对于恢复的站内平面及高程系统,施工测量时应加强对站内相关联的主要建(构)筑物的校测和验证。

9.1.4 施工控制点埋石规格可参见本标准附录 B,埋设深度应依据站址地质情况确定。

9.1.5 场地施工测量应符合本标准第 7.2 节的规定。

9.1.6 施工放样观测方法和技术要求应执行本标准第 7.11.6 条的规定。

9.2 建(构)筑物定位放线和基础施工测量

9.2.1 施工测量前,应准备站址总平面布置图、管网图、建筑结构图、设备基础图、土方开挖图、建(构)筑物基础平面图、建(构)筑物轴线平面图及设计说明、站址施工控制点成果等资料。

9.2.2 建(构)筑物定位放线宜采用下列测量方法:

- 1 全站仪极坐标法;
- 2 钢尺距离交会法;
- 3 当建(构)筑物与施工控制点距离较远,且量距困难时,可采用方向交会法;
- 4 经纬仪与钢尺相结合的直角坐标法。

9.2.3 建(构)筑物施工放样测量应符合下列规定:

- 1 建(构)筑物施工放样、轴线投测和标高传递的偏差应符合本标准表 7.5.3 的规定;
- 2 建(构)筑物施工层标高的传递宜采用悬挂钢尺代替水准尺的水准测量方法,并应对钢尺读数进行温度、尺长和拉力改正;当传递的标高较差小于 3mm 时,可取其平均值作为施工层的标高基准,否则应重新传递;
- 3 施工层的轴线投测应使用不低于 6"级经纬仪。控制轴线投测至施工层后,应在结构平面上按闭合图形对投测轴线进行校核,投测合格后才能进行本施工层上的其他测设工作。

9.2.4 桩基施工测量应符合下列规定:

- 1 桩位的施工放样测量可采用极坐标法直接放样,也可采用极坐标法放样主要桩位轴线结合钢尺丈量放样。桩位放样允许偏差应符合本标准表 7.5.3 的规定。
- 2 预制混凝土方桩、先张法预应力管桩、钢桩等打入或压入桩的桩位放样允许偏差应符合表 9.2.4-1 的规定。
- 3 灌注桩的桩位放样允许偏差应符合表 9.2.4-2 的规定,桩顶标高应高出设计标高 0.5m。

4 桩基施工结束后,应以定位精度进行检查验收测量,并提交桩位测量放线图和桩位图。

表 9.2.4-1 打入或压入桩的桩位放样允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
盖有基础梁的桩	垂直基础梁的中心线	35
	沿基础梁的中心线	50
桩数 1 根~3 根桩基中的桩		35
桩数 4 根~16 根桩基中的桩		1/6 桩径或边长
桩数大于 16 根桩基中的桩	边桩	1/9 桩径或边长
	中间桩	1/6 桩径或边长

表 9.2.4-2 灌注桩的桩位和垂直度放样允许偏差

成 孔 方 法		桩位允许偏差(mm)	
		1 根~3 根、单排桩基垂直于中心线方向和群桩基础的边桩	条形桩基沿中心线方向和群桩基础的中间桩
泥浆护壁灌注桩	$D \leq 1000\text{mm}$	$D/18$,且不大于 35	$D/12$,且不大于 50
	$D > 1000\text{mm}$	35	50
套管成孔灌注桩	$D \leq 500\text{mm}$	25	50
	$D > 500\text{mm}$	35	50
干成孔灌注桩		25	50
人工挖孔桩	混凝土护壁	20	50
	钢套管护壁	35	70

注:采用复打、反插法施工的桩,其桩位允许偏差不受上表限制。 D 为设计桩径,单位为 mm。

9.2.5 沉井施工测量应符合下列规定:

1 测设沉井中线应以建(构)筑物平面控制网为基准,沉井中线测量允许偏差为 5mm;

2 沉井施工过程中,中线投点允许偏差为 5mm,标高测量允许偏差为 5mm;

3 沉井施工结束后,应以定位精度进行检查测量,并应提交测量记录和工程图表等测量资料。

9.2.6 基槽、基坑开挖测量应符合下列规定:

1 条形基础放线应以轴线控制桩为准测设基槽边线,两灰线外侧槽宽的允许偏差为 $-10\text{mm}\sim 20\text{mm}$;

2 杯形基础放线应以轴线控制桩为准测设柱中心桩,再以柱中心桩及其轴线方向定出柱基开挖边线,中心桩的允许偏差为 3mm;

3 整体开挖基础放线、地下连续墙施工时,应以轴线控制桩为准测设连续墙中线,中线横向允许误差为 10mm 混凝土灌注桩施工时,应以轴线控制桩为准测设灌注桩中线,中线横向允许误差为 20mm。大开挖施工时,应根据轴线控制桩分别测设出基槽上、下口位置桩,并标定开挖边界线,上口桩允许偏差为 $-20\text{mm}\sim 50\text{mm}$,下口桩允许偏差为 $-10\text{mm}\sim 20\text{mm}$;

4 在条形基础与杯形基础开挖中,应在槽壁上每隔 3m 距离测设距槽底设计标高 500mm 或 1000mm 的水平桩,允许偏差为 5mm。

9.2.7 在垫层或地基上进行基础放线前,应以建(构)筑物平面控制网为准,检测建(构)筑物外廓轴线控制桩无误后投测主轴线,允许偏差为 3mm。

9.2.8 基础外廓轴线投测经闭合检测后,应用墨线弹出细部轴线与施工线。基础外廓轴线允许偏差应符合本标准表 7.5.3 的规定。

9.2.9 基坑开挖和基础放线允许偏差应符合表 9.2.9 和表 7.5.3 的规定。

表 9.2.9 基坑开挖允许偏差

测量内容	允许偏差(mm)				
	柱基基坑、 基槽	挖方场地平整		管沟	地(路) 面基层
		人工	机械		
标高	-50	30	50	-50	-50
长度、宽度(由设计 中心线向两边量)	-50~200	-100~300	-150~500	100	—
边坡	设计要求				
表面平整度	20	20	50	20	20

注:地面或路面基层的偏差只适用于直接在挖、填方上做地面或路面的基层。

9.3 设备安装施工测量

9.3.1 设备基础平面放样允许偏差应符合表 9.3.1 的规定。

表 9.3.1 设备基础平面放样允许偏差

测量内容	允许偏差(mm)	
模板安装时	轴线位移	5
	平面外形尺寸	10
	垂直偏差	10
	预埋件中心位移	5
	预埋螺栓中心位移	2
	预埋地脚螺栓孔中心位移	5
	预埋地脚螺栓孔截面尺寸偏差	0~10
	预埋地脚螺栓孔深度偏差	0~10
现浇混凝土外观 (模板拆除后)	轴线位移	10
	平面外形尺寸	20
	上表面平整度	8

续表 9.3.1

测量内容		允许偏差(mm)	
现浇混凝土外观(模板拆除后)	预埋件	中心位移	10
		与混凝土面的平整度	5
	预埋螺栓中心位移		10
	预留孔(洞)中心位移		10
	预留孔(洞)截面尺寸偏差		0~10
	预留孔(洞)深度偏差		0~20

9.3.2 设备基础高程放样允许偏差应符合表 9.3.2 的规定。

表 9.3.2 设备基础高程放样允许偏差

测量内容		允许偏差(mm)	
模板安装时	基础标高偏差	杯形基础的杯底	-20~-10
		其他基础模板	-5~0
	预埋螺栓标高偏差		5~10
现浇混凝土外观(模板拆除后)	支撑面及杯口底标高偏差		-10~0
	预埋螺栓标高偏差		0~10

9.3.3 换流站构支架基础施工测量允许偏差应符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 换流站构支架基础施工测量允许偏差

测量内容		允许偏差(mm)
地脚螺栓	标高偏差	±3.0
	同一柱脚相邻螺栓中心偏移	2
	同组柱脚中心偏移	5
	螺栓露出长度偏差	0~10
	基础轴线误差	5

续表 9.3.3

测量内容		允许偏差(mm)
杯口基础	底面标高偏差	-5~0
	杯口深度偏差	5
	杯口垂直度偏差	0~10
	基础轴线误差	5

9.3.4 换流站设备基础施工测量允许偏差应符合表 9.3.4 的规定。

表 9.3.4 换流站设备基础施工测量允许偏差

测量内容		允许偏差(mm)
轴线位移	—	10
支撑面及杯口底标高偏差	—	-20~0
平面外形尺寸	—	±20
上表面平整度	每米	5
	全长	10
垂直度	每米	5
	全长	10
预埋件	中心位移	10
	与混凝土面的平整度	4
预埋地脚螺栓	同组柱柱脚 中心位移	10
	同一柱脚螺栓 中心位移	5
	标高偏差	-5~+20
预留孔洞	中心线位置	10
	深度	0~+20
	孔垂直度	10
	截面尺寸偏差	0~+20

续表 9.3.4

测量内容		允许偏差(mm)
预埋管	标高	0~+20
	中心位移	10
	截面尺寸偏差	0~+10
	标高偏差	0~+10

9.3.5 在设备基础浇筑过程中,施工测量人员应及时看守观测,发现预埋螺栓、预埋件及基础模板的位置及标高不符合设计和施工要求时,应立即通知施工人员及时处理。

9.3.6 基础完成后设备安装前,应进行基础交安和复测,复测内容及允许偏差应符合本标准表 9.3.7-1~表 9.3.7-3 中基础检查的规定。

9.3.7 六氟化硫封闭式组合电器,六氟化硫断路器,主变、换流变及油浸电抗器等主要设备的安装测量允许偏差应符合表 9.3.7-1~表 9.3.7-3 的规定。高压开关柜基础型钢安装、柜体安装测量允许偏差应符合表 9.3.7-4、表 9.3.7-5 的规定。串联电容补偿装置安装测量允许偏差应符合表 9.3.7-6 的规定。

表 9.3.7-1 六氟化硫封闭式组合电器基础及预埋件测量允许偏差

测量内容	基础标高允许偏差(mm)			预埋件允许偏差(mm)				轴线(mm)	
	基础标高	同相	相间	相邻埋件	全部埋件	高于基础表面	中心线	与其他设备 <i>x, y</i>	<i>y</i> 轴线
三相共一基础	2	—	—	—	—	—	—	—	—
每相独立基础时	—	2	2	—	—	—	—	—	—
相邻间隔基础	5	—	—	—	—	—	—	—	—
同组间	—	—	—	—	—	—	1	—	—
预埋件表面标高	—	—	—	2	—	1~10	—	—	—

续表 9.3.7-1

测量内容	基础标高允许偏差(mm)			预埋件允许偏差(mm)				轴线(mm)	
	基础标高	同相	相间	相邻埋件	全部埋件	高于基础表面	中心线	与其他设备 x、y	y 轴线
预埋螺栓	—	—	—	—	—	—	2	—	—
室内安装时									
断路器各组中相	—	—	—	—	—	—	—	5	—
220kV 以下室内、外设备基础	5	—	—	—	—	—	—	—	—
220kV 以上室内、外设备基础	10	—	—	—	—	—	—	—	—
室内、外设备基础	—	—	—	—	—	—	—	—	5

表 9.3.7-2 六氟化硫断路器测量允许偏差

测量内容		允许偏差(mm)
基础检查	基础中心距离误差	10
	基础高度误差	10
	预留孔或预埋件中心误差	10
	预埋螺栓中心距离误差	2
本体安装	在安装面上的水平误差(罐式)	10
	各支柱中心线距离误差(支柱式)	5
	相间中心距离误差	5

表 9.3.7-3 主变、换流变及油浸电抗器测量允许偏差

测量内容		允许偏差(mm)
基础检查	预埋件	符合设计规定
	基础水平误差	5
	轨道间距误差	5

表 9.3.7-4 高压开关柜基础型钢安装测量允许偏差

测量内容	允许偏差	
	mm/m	mm/全长
不直度	1	5
水平度	1	5
位置偏差及不平行度	—	5

表 9.3.7-5 高压开关柜体安装测量允许偏差

测量内容		允许偏差
垂直度		1.5mm/m
水平偏差	相邻两盘顶部	2mm
	成列盘顶部	2mm
盘间偏差	相邻两盘边	1mm
	成列盘面	2mm
盘间接缝		2mm

表 9.3.7-6 串联电容补偿装置安装测量允许偏差

测量内容		允许偏差(mm)	
基础部分	单个平台基础轴线偏差	5	
	单个基础地脚螺栓	间距偏差	2
		高度偏差	2
绝缘子安装	单相平台的下球节点安装高度	符合设计要求	
	相邻球节点水平偏差	2	
	单相平台最大偏差	5	
	轴线偏差	5	
	斜拉绝缘子底座	水平偏差	20
		轴线偏差	10
	安装好的支柱绝缘子	弯曲矢量	10
垂直度偏差		10	

续表 9.3.7-6

测量内容		允许偏差(mm)	
绝缘子安装	各绝缘子顶部中心间距和对应的基础标称值偏差	5	
	调整后各绝缘子间水平高度偏差	2	
平台组装	主梁	弯曲矢高	10
		长度偏差	2
	同一平台的次梁间距误差		2
	主梁上相邻节点球头间距偏差		2
	主梁上节点球头累计间距偏差		10

9.4 构支架施工测量

9.4.1 构支架基础各部位平面放样测量及高程放样测量允许偏差应符合本标准第 9.3.1 条和第 9.3.2 条的规定。

9.4.2 在设备基础浇筑过程中,施工测量人员应及时看守观测。当发现预埋螺栓、预埋件及基础模板的位置及标高不符合设计和施工要求时,应立即通知施工人员及时进行处理。

9.4.3 构支架基础完成后,构支架安装前,应对基础进行复测;复测内容应包括基础纵、横轴线、预埋地脚螺栓中心线及标高以及基础外形尺寸,其允许偏差应符合本标准表 9.3.1~表 9.3.3 的规定及设计要求。

9.4.4 变电站构支架安装过程中的测量应符合表 9.4.4-1~表 9.4.4-4 的规定。换流站构支架组装和吊装应符合表 9.4.4-5 和表 9.4.4-6 的规定。

表 9.4.4-1 变电站构支架避雷针安装测量允许偏差

测量内容	允许偏差(mm)
中心线位移	20
与基准点标高偏差	-10~+5

续表 9.4.4-1

测量内容		允许偏差(mm)
垂直偏差	节高	1/1000 避雷针高度,且 0~25
	全高	1/1000 避雷针高度,且 0~35
侧向弯曲		1/1000 避雷针高度,且 0~20

表 9.4.4-2 变电站构支架钢构架安装测量允许偏差

测量内容		允许偏差(mm)
钢横梁组装	长度偏差	10
	断面尺寸偏差	3
	安装螺孔中心偏差	3
	挂线板中心位移	8
	弯曲矢高	1/1000 钢横梁跨度
架构钢管杆	柱中心线对基础中心线偏差	5
	柱顶面标高与设计标高偏差	10
	钢柱垂直偏差	15

表 9.4.4-3 变电站构支架钢筋混凝土构架安装测量允许偏差

测量内容		允许偏差(mm)
混凝土电杆组装	长度偏差	15
	弯曲度	25
	结构根开	15
	杆顶、钢帽平整度	5
钢横梁组装	长度偏差	10
	断面尺寸偏差	3
	安装螺孔中心距偏差	3
	挂线板中心位移	8
	弯曲矢高	1/1000 钢横梁跨度

续表 9.4.4-3

测量内容		允许偏差(mm)
吊装	中心线对定位轴线偏差	10
	杯底标高偏差	5
	垂直偏差	25
	人字柱横向扭转	15
	杆顶标高偏差	杆高 $\leq 10\text{m}$
杆高 $> 10\text{m}$		15

表 9.4.4-4 变电站构支架设备支架安装测量允许偏差

测量项目	允许偏差(mm)	
螺孔中心距偏差	2	
横梁水平标高偏差	-5~0	
螺栓与型钢孔径配合偏差	-1~0.5	
螺帽外露螺纹长度	2~5	
柱中心线对定位轴线位移	5	
上、下柱接口中心线位移	3	
垂直偏差	支架高度小于或等于 5m	5
	支架高度大于 5m	1/1000 支架高度,且 0~20

表 9.4.4-5 换流站构支架组装测量允许偏差

构件类型	测量项目	允许偏差(mm)
构架柱	弯曲矢高偏差, $H = \text{柱高}$	$H/1500$, 且 0~10
	跟开偏差	0~10
	长度偏差	± 5
	柱顶板平整度偏差	0~3
支架	弯曲矢高偏差, $H = \text{柱高}$	$H/1200$, 且 0~10
	长度偏差	± 5.0

续表 9.4.4-5

构件类型	测量项目		允许偏差(mm)
梁	断面尺寸偏差		±3.0
	安装螺孔中心距偏差		-10~5
	侧向弯曲矢高, L=梁长		L/1000, 且 0~10
	预拱值偏差, L=梁长	设计要求起拱	±L/1000
		设计未要求起拱	0~L/2000
钢梁挂线板相间距离偏差		0~8	

表 9.4.4-6 换流站构支架吊装测量允许偏差

构件类型	测量项目		允许偏差(mm)
构架柱	整体垂直度, H=柱高		H/1000, 且 0~25
	中心线对基础轴线偏移		±5
	柱杆弯曲矢高偏差, H=柱高		H/1200, 且 0~20
支架	整体垂直度, H=柱高		H/1000, 且 0~10
	中心线对基础轴线偏移		±10
	支架顶标高偏差		±5
	弯曲矢高偏差, H=柱高		H/1200, 且 0~10
梁	预拱值偏差, L=梁长	设计要求起拱	±L/1000
		设计未要求起拱	0~L/2000

9.5 管线、沟道及道路施工放样

9.5.1 站内管线、沟道及道路的施工测量定位放样应依据定线图或设计平面图,按图纸给定的定位条件,利用变电站施工平面控制网点进行测设,或依据与站内已有的主要建(构)筑物之间相互关系测设。

9.5.2 管线、沟道及道路工程的高程及坡度应以变电站或换流站的施工高程控制点为依据予以控制。

9.5.3 管线安装的起点、交点、井位及终点相对于邻近定位控制点的平面测量允许偏差应符合表 9.5.3-1 的规定,高程测量允许偏差应符合表 9.5.3-2 的规定。

表 9.5.3-1 管线安装平面测量允许偏差

测量内容	点位允许偏差(mm)
室内管线	7
敷设在沟槽内管线、架空管线	10
埋地管道	25

表 9.5.3-2 管线安装高程测量允许偏差

测量内容	点位允许偏差(mm)
自流管道	3
压力管道	10

9.5.4 管线施工测量的其他技术要求应符合本标准第 7.11 节的规定。

9.5.5 电缆沟、排水沟、直埋电缆排管、电缆隧道等沟道工程施工测量应符合下列规定：

1 沟道工程施工,当与已建保护小室、所用变相衔接时,应以附属建(构)筑物内电缆竖井的位置为准调整连接线中线;当与已建原沟道相衔接时,应以原沟道中线为准,并注意保持沟道的整体顺直,同时按照原沟道底部的坡度进行标高测量。

2 沟道施工过程中,应进行配合测量,且应符合下列规定:

- 1) 沟道工程挖槽前应测设中线控制桩;
- 2) 基槽内测设的高程和坡度控制桩的间距不宜超过 10m;
- 3) 在基槽上测设定位沟道的中心线的间距宜为 10m,最长不得超过 20m。

3 在施工过程中及完成后,沟道的中心线及预埋件相对于定位控制点的定位测量允许偏差应符合表 9.5.5-1 的规定。

表 9.5.5-1 沟道定位测量允许偏差

测量内容			点位允许偏差 (mm)	
电缆沟、 排水沟	沟道中心线	砌砖沟道	10	
		模板安装时	5	
		混凝土外观(拆模后)	20	
	预留孔洞中心线	模板安装时	4	
		拆模后	15	
	预埋件中心线	安装时	1	
拆模后		10		
直埋电缆排管	排管中心线	模板安装时	10	
		混凝土外观(拆模后)	30	
	预埋件中心线	安装时	4	
		混凝土外观(拆模后)	10	
电缆隧道	中心线位移	模板安装时	横向	5
			纵向	15
		混凝土外观 (拆模后)	横向	15
			纵向	50
	预埋件	安装时	1	
		拆模后	10	

4 沟道底面、顶面及预埋件高程测量允许偏差应符合表 9.5.5-2 的规定。

表 9.5.5-2 沟道底面、顶面及预埋件高程测量允许偏差

测量内容			点位允许偏差 (mm)
电缆沟、 排水沟	沟道	顶面标高	-5~0
		底面标高	2
		底面坡度偏差	5%设计坡度

续表 9.5.5-2

测量内容			点位允许偏差 (mm)
电缆沟、 排水沟	沟底排水管口标高		-10~+5
	预埋件标高		-5~+1
直埋电缆排管	排管标高	模板安装时	0~10
		混凝土外观(拆模后)	0~+20
	预留孔洞及预埋件	安装时	2
		拆模后	10
电缆隧道	底面标高偏差		5
	预埋件	安装时	-5~+1
		拆模后	-10~+2

9.5.6 道路施工放样测量应符合本标准第 7.12 节的规定。

9.6 水工构筑物施工测量

9.6.1 水工构筑物应包括现浇钢筋混凝土水池、水泵房下部结构、用于沉井法施工的地下结构等。

9.6.2 水工构筑物施工放样定位测量允许偏差应符合表 9.6.2 的规定。

表 9.6.2 水工构筑物施工放样定位测量允许偏差

测量内容			允许偏差(mm)	
现浇钢筋 混凝土水池	模板安装时	中心线位移	5	
		预埋管(涵)中心线位移	1	
		预埋件中心线位移	4	
		预埋 螺栓	预埋螺栓中心线	5
			预留栓孔中心线	-1~+2
			预埋栓锚板中心线	5

续表 9.6.2

测量内容			允许偏差(mm)	
现浇钢筋 混凝土水池	混凝土外观 (拆模后)	中心线位移		10
		预埋管(涵)中心线位移		5
		预埋 螺栓	预埋螺栓中心线	2
			预留栓孔中心线	10
			预埋栓锚板中心线	5
水泵房下部 结构	模板安装时	与现浇钢筋混凝土水池相同		
	拆模后	附壁柱中心偏差		10
		内部尺寸偏差		10
		预埋管中心位移		5
		预埋件中心位移		10
沉井结构	模板安装时	井体轴线位移		5
		井体 平面 尺寸	长宽偏差	0.4%设计值, 且 0~50
			两对角线长度偏差	0.5%对角线长, 且 0~100
			曲线部分半径偏差	0.4%半径, 且 0~30
			井壁厚度偏差	10%壁厚
		预留管孔中心线位移		1
		预埋件中心位移		4
	拆模后	井体轴线位移		10
		井体 平面 尺寸	长宽偏差	0.5%设计值, 且 0~100
			两对角线长度偏差	1%对角线长, 且 0~150
			曲线部分半径偏差	0.4%半径, 且 0~50
			井壁厚度偏差	15

续表 9.6.2

测量内容			允许偏差(mm)
沉井结构	拆模后	预留管孔中心线位移	10
		预埋件中心位移	10
	沉井下沉就位	刃脚平面中心水平位移	0~50

9.6.3 水工构筑物施工测量高程放样允许偏差应符合表 9.6.3 的规定。

表 9.6.3 水工构筑物施工测量高程放样允许偏差

测量内容			允许偏差(mm)	
现浇钢筋混凝土水池	模板安装时	池底标高偏差	5	
		水池顶盖顶标高偏差	2	
		预埋螺栓	预埋螺栓顶标高偏差	0~+15
			预留栓孔深度偏差	3
			预埋栓锚板标高	2
	拆模后	水池底(顶)标高偏差	10	
		预埋螺栓	预埋螺栓顶标高偏差	0~+20
			预留栓孔深度偏差	0~+20
			预埋栓锚板标高	0~+20
		水泵房下部结构	模板安装时	与现浇混凝土水池相同
拆模后	底(顶)标高		20	
		预埋件标高	-10~+2	
沉井结构	模板安装时	标高偏差	5	
		预埋件标高偏差	-5~+1	
	拆模后	标高偏差	20	
		预埋件标高偏差	-10~+2	
	沉井下沉就位	刃脚平均标高(与设计标高比)	0~50	
		刃脚底面标高	0~50	

10 输电线路施工测量

10.1 一般规定

10.1.1 输电线路施工测量前,应准备线路路径图、塔位图、线路杆塔明细表、交叉跨越一览表及要求、线路走廊清理卷册、基础施工图、架线施工图、金具施工图、施工变更单及相关施工记录表格等资料。

10.1.2 输电线路施工可使用经纬仪、全站仪、卫星定位设备、水准仪及钢尺等测量仪器设备。

10.1.3 输电线路施工测量使用的经纬仪最小角度读数不应大于 $1'$ 。

10.1.4 使用经纬仪加塔尺视距法测量时,其视距长度不宜大于400m,受地形条件限制时可适当放长;当距离大于600m时,宜采用电磁波测距或卫星定位测量。

10.1.5 视距法测距相对误差,同向不应大于 $1/200$,对向不应大于 $1/150$ 。

10.1.6 钢尺量距时,每次量距次数不少于两次,两次测量差值不得超过量距的 1% 。

10.1.7 地下电力电缆施工测量可采用盾构法隧道施工测量、顶管法管道施工测量及明挖法管廊施工测量等方法。

10.1.8 海底电力电缆施工测量宜采用卫星定位测量方法。

10.2 架空输电线路施工测量

I 线路复测

10.2.1 线路施工前,施工单位应进行线路复测。线路复测主要内容应包括转角桩度数的复测、档距的复测、杆塔位桩直线角的复

测、杆塔位高程的复测、危险点及交叉跨越的复测、主要建筑的复测、拆迁房屋面积及偏距的复测、杆塔位基面的复测、杆塔桩位丢失后的补桩及设计规定移桩的复测等。

10.2.2 线路复测可采用下列方法：

- 1 使用经纬仪加塔尺进行角度及视距的测量；
- 2 使用全站仪进行角度及距离的测量；
- 3 使用 RTK 测量进行线路复测；
- 4 使用水准仪配合钢尺进行杆塔位塔基测量。

10.2.3 采用 RTK 测量时，应使用与勘测设计定位测量时相同的控制点成果资料求解转换参数。基准站应利用通过检验的勘测设计阶段的基准点、塔位桩或直线桩。

10.2.4 线路复测应符合下列规定：

- 1 复测转角桩的度数，使用经纬仪或全站仪宜测量一测回；使用 RTK 复测的转角桩与前后直线桩位距离不宜小于 100m；复测转角桩度数与设计转角度数的差值限差为 $1'30''$ ；
- 2 杆塔位档距的复测限差不应大于档距的 1%；
- 3 复测直线杆塔位桩的直线角偏差不应超过 $1'30''$ ；如果以两相邻直线桩为基准，与线路横向偏差不应超过 5cm；
- 4 复测杆塔位桩的高程，相邻杆塔位桩间的高差值与设计值的限差为 50cm；
- 5 危险点、交叉跨越及主要建筑或拆迁房屋的复测，复测高程与设计高程差值限差为 50cm；其与邻近杆塔位复测的距离限差为 1%；复测偏距限差为 1%；
- 6 杆塔位基面的复测应使用水准仪或全站仪，基面复测高差限差为 50cm；
- 7 杆塔位桩丢失或设计重新调整杆塔位时，应依据设计提供的杆塔明细表和平断面图的成果进行补桩或移桩。

II 施工基面及电气开方测量

10.2.5 输电线路施工基面及电气开方测量宜采用极坐标法，并

依据设计图纸和施工方案进行。

10.2.6 施工基面测量应包括桩位高程和每条腿的高程测量。电气开方测量应测量开方处的高程和挖方范围。

10.2.7 电气开方测量应根据现场地形、导线弧垂和杆塔位等情况,选定施测的位置和范围。施工基面及电气开方高程应进行两次测量并取其平均值,其允许偏差及测量方法应符合表 10.2.7 的规定。

表 10.2.7 施工基面及电气开方高程测量允许偏差及测量方法

测量项目	允许偏差(mm)	测量方法及工具
施工基面高程	±100	经纬仪、塔尺,极坐标法
塔位边坡净距	符合设计值	钢尺丈量法
风偏及对地净距	符合设计值	经纬仪、塔尺,极坐标法

10.2.8 施工基面及电气开方应按设计要求施工,减少需开挖以外地面的破坏,合理选择弃土堆放点。铁塔基础施工基面的开挖应依据设计图纸,按不同地质条件规定开挖边坡。基面开挖后应平整,不应积水,边坡不应坍塌。

III 基础施工测量

10.2.9 输电线路基础施工测量宜采用极坐标法,并依据设计图纸和施工方案进行。

10.2.10 基础施工测量应包括分坑与坑深测量和基础几何尺寸的测量。

10.2.11 分坑前应对施工桩位和施工基面进行校核,符合设计图纸要求并符合现行国家标准《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 规定后方可分坑。

10.2.12 分坑时,应根据杆塔位中心桩位置钉出可作为施工及质量控制的辅助桩,其测量精度应满足施工精度的要求。

10.2.13 杆塔基础的坑深应以设计施工基面为基准。当设计施工基面为零时,杆塔基础坑深应以设计中心桩处自然地面标高为基准。拉线基础坑深应以拉线基础中心的地面标高为基准。

10.2.14 普通基础分坑和开挖测量允许偏差应符合表 10.2.14 的规定。

表 10.2.14 普通基础分坑和开挖测量允许偏差

测量项目	允许偏差	测量方法及工具
基础坑中心根开及 对角线尺寸(%)	±0.2	经纬仪、吊垂法确定中心,钢尺测量
基础坑深(mm)	-50~+100	水准仪或经纬仪测量

10.2.15 拉线基础坑分坑和开挖允许偏差及测量方法应符合表 10.2.15 的规定。

表 10.2.15 拉线基础坑分坑和开挖允许偏差及测量方法

测量项目	允许偏差		测量方法及工具
	左右(%L)	±0.1	
前后(°)	1		
拉线基础坑深度(mm)	0~+100		经纬仪或钢尺测量
马道坡度及方向	符合设计要求		三角板加垂球

注:L为拉线坑中心至拉线挂点的水平距离,单位为mm。

10.2.16 岩石基础、掏挖基础坑分坑和开挖测量允许偏差应符合表 10.2.16 的规定。

表 10.2.16 岩石基础、掏挖基础坑分坑和开挖测量允许偏差

测量项目	允许偏差	测量方法及工具
基础坑深(mm)	0~+100	经纬仪或钢尺测量
基础坑中心根开及 对角线尺寸(%)	±0.2	吊垂法确定中心,钢尺测量
基坑底及坑口断面尺寸	不得有负误差	吊垂法确定中心,钢尺测量

10.2.17 混凝土基础测量宜采用极坐标法。基础浇筑前应对支模尺寸和主要原材料进行检查和校核,浇筑过程中应符合现行国家标准《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 的规

定。在基础浇筑过程中,施工测量人员应及时看守观测;当发现根开、对角线、高差出现偏差时,应立即通知施工人员及时处理。现浇混凝土铁塔基础测量允许偏差应符合表 10.2.17 的规定。

表 10.2.17 现浇混凝土铁塔基础测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
底板断面尺寸(%)		-1	钢尺测量
基础埋深(mm)		-50~+100	经纬仪或钢尺测量
钢筋保护层厚度(mm)		-5	钢尺测量
立柱断面尺寸		-1%	钢尺测量
整基基础中心位移 (mm)	顺线路	30	经纬仪或钢尺测量
	横线路	30	
整基基础扭转	一般塔	10'	经纬仪或钢尺测量
	高塔	5'	
基础根开及 对角线尺寸(%)	地脚螺栓式	±0.2	钢尺测量
	主角钢插入式	±0.1	
	高塔	±0.07	
同组地脚螺栓中心 对立柱中心偏移(mm)		10	钢尺测量
基础顶面间高差(mm)		5	经纬仪测量

注:表中高塔是指塔高度在 100m 及以上的塔,以下同义。

10.2.18 现浇拉线、锚杆拉线基础测量允许偏差应符合表 10.2.18 的规定。

表 10.2.18 现浇拉线、锚杆拉线基础测量允许偏差

测量项目	允许偏差	测量方法及工具
底板断面尺寸(%)	-1	钢尺测量
锚杆拉线基础孔角度	2°	孔中插测钎,用经纬仪、钢尺测其斜率或用简易角度仪测量

续表 10.2.18

测量项目	允许偏差		测量方法及工具
锚杆拉线基础孔深(mm)	0~100		孔中插锚杆划印, 钢尺测量
锚杆孔径(mm)	0~20		钢尺测量
基础埋深(mm)	0~100		经纬仪或钢尺测量
钢筋保护层厚度(mm)	-5		钢尺测量
拉线基础拉环中心与设计位置偏移(mm)	20		钢尺测量
拉环中心在拉线方向的偏移%L(mm)	1		经纬仪或钢尺测量
拉线盘中心在拉线方向的偏移	左右	1%L ₁	经纬仪或钢尺测量
	前后	1°	

注:L为拉线基础坑中心至拉线点的水平距离,单位为mm。L₁为拉线盘中心至相对应塔柱中心的水平距离,单位为mm。

10.2.19 岩石基础、掏挖基础测量允许偏差应符合表 10.2.19 的规定。

表 10.2.19 岩石基础、掏挖基础测量允许偏差

测量项目	允许偏差		测量方法及工具
断面尺寸(%)	-1		钢尺测量
基础埋深(mm)	-50~100		经纬仪或钢尺测量
锚杆埋深(mm)	0~100		钢尺测量
锚杆孔径(mm)	0~20		钢尺测量
钢筋保护层厚度(mm)	-5		钢尺测量
整基基础中心位移 (mm)	顺线路	30	经纬仪或钢尺测量
	横线路	30	
整基基础扭转	一般塔	10'	经纬仪或钢尺测量
	高塔	5'	

续表 10.2.19

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
基础根开及 对角线尺寸(%)	地脚螺栓式	±0.2	钢尺测量
	主角钢插入式	±0.1	
	高塔	±0.07	
同组地脚螺栓中心对 立柱中心偏移(mm)		10	钢尺测量
基础顶面间高差(mm)		5	经纬仪测量

10.2.20 预制装配式铁塔基础测量允许偏差应符合表 10.2.20 的规定。

表 10.2.20 预制装配式铁塔基础测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
基础埋深(mm)		-50~100	经纬仪或钢尺测量
立柱倾斜(%)		1	吊垂法钢尺测量
整基基础中心与 中心桩位移(mm)	顺线路	30	经纬仪或钢尺测量
	横线路	30	
整基基础扭转	一般塔	10'	经纬仪或钢尺测量
	高塔	5'	
基础根开及 对角线尺寸(%)	地脚螺栓式	±0.2	钢尺测量
	主角钢插入式	±0.1	
	高塔	±0.07	
基础顶面间高差(mm)		5	经纬仪测量

10.2.21 混凝土杆预制基础测量允许偏差应符合表 10.2.21 的规定。

表 10.2.21 混凝土杆预制基础测量允许偏差

测量项目	允许偏差	测量方法及工具
底盘埋深(mm)	-50~100	经纬仪或钢尺测量
拉盘埋深(mm)	0~100	经纬仪或钢尺测量

续表 10.2.21

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
卡盘位置(mm)		±50	钢尺测量
整基基础 中心位移(mm)	顺线路	30	经纬仪或钢尺测量
	横线路	30	
底盘高差		立杆后符合 GB 50233 标准的相关规定	立杆后经纬仪测量
底盘迈步(mm)		30	钢尺测量
拉线盘中心位移		沿拉线方向,其左、右位 移为 1%L 沿拉线方向, 其前、后位移为 1°	经纬仪测量

注:L为拉线盘中心至拉线挂点的水平距离,单位为mm。

10.2.22 灌注桩基础测量允许偏差应符合表 10.2.22 的规定。

表 10.2.22 灌注桩基础测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
桩深		符合设计值	清渣后用吊垂法检测
桩垂直度		桩长的 1%	用吊垂法检测
桩径		符合设计值	按设计要求的方法
连梁(承台)标高		符合设计值	经纬仪测量
连梁断面尺寸(%)		-1	钢尺测量
桩钢筋保护层厚度 (mm)	水下	-20	设计要求的方法
	非水下	-10	
连梁钢筋保护层厚度(mm)		-5	钢尺测量
整基基础中心位移 (mm)	顺线路	30	经纬仪或钢尺测量
	横线路	30	
整基基础扭转	一般塔	10'	经纬仪或钢尺测量
	高塔	5'	

续表 10.2.22

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
基础根开及 对角线尺寸(%)	地脚螺栓式	±0.2	钢尺测量
	高塔	±0.07	
同组地脚螺栓中心对 立柱中心偏移(mm)		10	钢尺测量
基础顶面间高差(mm)		5	经纬仪测量

10.2.23 贯入桩基础测量允许偏差应符合表 10.2.23 的规定。

表 10.2.23 贯入桩基础测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
贯入深度		符合设计要求	经纬仪测量
连梁(承台)标高		符合设计要求	经纬仪测量
连梁断面尺寸(%)		-1	钢尺测量
连梁钢筋保护层厚度(mm)		-5	钢尺测量
整基基础中心位移 (mm)	顺线路	30	经纬仪、钢尺测量
	横线路	30	
整基基础扭转	一般塔	10'	经纬仪、钢尺测量
	高塔	5'	
基础根开及 对角线尺寸(%)	地脚螺栓式	±0.2	钢尺测量
	高塔	±0.07	
同组地脚螺栓中心对 立柱中心偏移(mm)		10	钢尺测量
基础顶面间高差(mm)		5	经纬仪测量

IV 杆塔和接地施工测量

10.2.24 杆塔组立应制定施工技术设计。混凝土的抗压强度达到设计要求后方可进行施工。铁塔基础应经中间检查验收合格。杆塔施工测量可分为自立式铁塔施工测量、拉线铁塔施工测量和

混凝土杆施工测量。

10.2.25 自立式转角塔和终端塔应组立在倾斜平面的基础上,向受力反方向预倾斜,预倾斜值应视塔的刚度及受力大小由设计确定。架线挠曲后,塔顶端仍不宜超过铅垂线而偏向受力侧。架线后铁塔的挠曲度超过设计规定时,应会同设计处理。

10.2.26 对于拉线转角杆、终端杆、导线不对称布置的拉线直线单杆,在架线后拉线点处的杆身不应向受力侧挠倾。向受力反侧或轻载侧的偏斜不应超过拉线点高的 3‰。

10.2.27 自立塔施工测量内容应包括主材弯曲、结构倾斜等。自立塔测量允许偏差应符合表 10.2.27 的规定。

表 10.2.27 自立塔测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
节点间主材弯曲		1/750	弦线、钢尺
转角、终端塔倾斜		符合设计要求	经纬仪测量
直线塔结构倾斜	一般塔	0.3%	经纬仪测量
	高塔	0.15%	

10.2.28 拉线铁塔施工测量内容应包括主材弯曲、结构倾斜、横担高差等。拉线铁塔测量允许偏差应符合表 10.2.28 的规定。

表 10.2.28 拉线铁塔测量允许偏差

测量项目	允许偏差	测量方法及工具
节点间主材弯曲	1/750	弦线、钢尺测量
直线转角塔倾斜(向外角)(%)	符合设计要求	经纬仪测量
导线不对称布置时挂线点偏移(%)	大于 0,并符合设计要求	经纬仪测量
结构倾斜	0.3%	经纬仪测量
立柱弯曲	0.1%, 最大 30mm	弦线、钢尺测量

10.2.29 混凝土杆施工测量内容应包括焊接弯曲、结构倾斜、横担高差、根开、迈步等。混凝土杆测量允许偏差应符合表 10.2.29 的规定。

表 10.2.29 混凝土杆测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
转角终端杆向受力反方向侧偏斜(%)		大于 0,且符合设计要求	经纬仪测量
导线不对称布置时拉线点向受力反方向侧偏斜(%)		大于 0,且符合设计要求	经纬仪测量
结构倾斜		0.3%	经纬仪测量
焊接弯曲		0.2%	经纬仪测量
横担高差	110kV	0.5%	经纬仪测量
	220kV~330kV	0.35%	
根开	110kV	30mm	钢尺测量
	220kV~330kV	0.5%	
迈步	110kV	30mm	钢尺测量
	220kV~330kV	1%	
横线路位移		50mm	经纬仪测量

10.2.30 钢管电杆施工测量内容应包括焊接弯曲、结构倾斜、横担高差等。钢管电杆测量允许偏差应符合表 10.2.30 的规定。

表 10.2.30 钢管电杆测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
转角终端杆向受力反方向侧偏斜		符合设计要求	经纬仪测量
结构倾斜		0.3%	经纬仪测量
杆身弯曲		0.2%	经纬仪测量
横担高差	110kV	0.5%	经纬仪测量
	220kV~330kV	0.35%	
横线路位移		50mm	经纬仪测量

10.2.31 接地装置施工测量内容应包括接地电阻值、接地体埋深和埋设长度项目。接地装置测量允许偏差应符合表 10.2.31 的规定。

表 10.2.31 接地装置测量允许偏差

测量项目	允许偏差	测量方法及工具
接地电阻值	符合设计要求	接地电阻表测量
接地体埋深及埋设长度	符合设计要求	钢尺测量

V 架线施工测量

10.2.32 架线施工测量应具备架线施工文件及弧垂观测资料等。架线测量内容应包括紧线测量和附件安装测量。架线施工测量可采用视距法。

10.2.33 紧线施工测量内容应包括交叉跨越、导地线弧垂、导地线相间弧垂、子导线弧垂测量。紧线施工测量允许偏差应符合表 10.2.33 的规定。

表 10.2.33 紧线施工测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
对交叉跨越物及对地距离		符合设计要求	经纬仪测量
导地线弧垂 (挂线后)	110kV(%)	-2.5~+5	经纬仪和 钢尺弛度板
	220kV 及以上 (%)	±2.5	
	档距大于 800m	±1,且最大 1m	
导地线相间 弧垂偏差 (mm)	110kV	200	经纬仪和 钢尺弛度板
	220kV 及以上	300	
	档距大于 800m	500	
同相子导线间弧垂偏差(mm)	无间隔棒 双分裂导线	0~+100	经纬仪和 钢尺弛度板
	有间隔棒其他 分裂形式导线	—	
	220kV	80	
	330kV 及以上	50	

10.2.34 观测弧垂宜采取两次测量取其平均值。观测弧垂的温度应代表导线、避雷线的真实情况,当采用一般温度计测量气温时,应避免阳光直射,且应将温度计悬挂在现场开阔通风距地面约2m处实测。

10.2.35 附件安装施工测量内容应包括跳线间隙、悬垂绝缘子串倾斜、防震锤及阻尼线安装距离、绝缘避雷线放电间隙、间隔棒安装、屏蔽环、均压环绝缘间隙。附件安装测量允许偏差应符合表10.2.35的规定。

表 10.2.35 附件安装测量允许偏差

测量项目		允许偏差	测量方法及工具
跳线及带电导体对杆塔电气间隙		符合设计值	钢尺测量
悬垂绝缘子串倾斜		5°,且 200mm	经纬仪观测及钢尺测量
防震锤及阻尼线安装距离(mm)		±30	钢尺测量
绝缘避雷线放电间隙(mm)		±2	钢尺测量
间隔棒安装位置	第一个(% l')	±1.5	钢尺测量
	中间(% l')	±3	

注: l' 是指次档距,单位为 m。

10.2.36 架线后,应测量导线对被跨越物的净空距离,计入导线蠕变伸长换算到最大弧垂时应符合设计规定。

10.3 地下电力电缆施工测量

I 盾构法隧道施工测量

10.3.1 盾构法隧道施工测量应包括盾构始发、掘进和接收三个阶段的施工测量工作。

10.3.2 盾构始发井建成后,应利用联系测量成果加密测量控制点,进行洞门圈中心三维坐标复测、隧道中心线与导轨位置测设以及反力架安装测量,并应符合下列规定:

1 洞门圈中心点位三维坐标应利用地下测量控制点测定,实

测值与设计值的较差应小于 20mm；洞门圈中心三维坐标设计值应根据隧道中心线和洞门圈位置的里程进行计算；

2 隧道中心线与盾构机导轨的平面位置宜采用极坐标法进行放样，隧道中心线高程与盾构机导轨坡度宜采用水准测量方法测设，坐标和高程放样中误差不应大于 5mm；

3 反力架安装测量时，其平面和高程位置宜分别采用极坐标法和水准测量方法进行测设，坐标和高程放样中误差不应大于 10mm。

10.3.3 盾构掘进阶段的施工测量应包括施工导线测量、施工高程测量、盾构机姿态测量和衬砌环姿态测量。

10.3.4 盾构隧道掘进初期，应以联系测量成果为起算依据进行地下施工导线和施工高程测量，测量前应对联系测量成果进行检核。

10.3.5 随着盾构隧道的延伸，应以建立的地下平面控制点和地下高程控制点为依据进行地下施工导线和施工高程测量。

10.3.6 地下施工导线测量应符合下列规定：

1 导线点宜设置在隧道顶部，其埋设形式可参见本标准附录 D；

2 地下施工导线测量技术要求应符合表 10.3.6 的规定。

表 10.3.6 地下施工导线测量技术要求

等级	平均边长 (m)	测角中误差 (")	测距相对中误差	水平角测回数		边长测回数		左右角平均值之和与 360° 较差 (")	往返测距平均值较差 (mm)
				1"级仪器	2"级仪器	往	返		
一级	100	4	1/25000	2	4	1	1	8	$2(a+b \cdot D)$

注：1 水平角观测应采用左、右角观测，左、右角的测回数为总测回数的 1/2。

2 当导线边长小于 100m 时，测距相对中误差按 100m 推算。

3 $(a+b \cdot D)$ 为仪器标称精度， a 为固定误差，单位为 mm； b 为比例误差系数，单位为 mm/km； D 为距离测量值，单位为 km。

10.3.7 地下施工高程测量应符合下列规定：

1 地下施工高程测量应采用水准测量方法，水准点宜每 50m 埋设 1 个；

2 施工高程测量应使用精度不低于 DS1 水准仪，按不低于三等水准测量往返观测。

10.3.8 盾构机拼装完成后，应进行初始姿态测量；掘进中应进行实时姿态测量。盾构机姿态测量内容应包括平面偏差、高程偏差、俯仰角、方位角、滚转角及切口里程。

10.3.9 采用人工测量方法进行盾构机初始姿态测量和实时姿态测量时，应符合下列规定：

1 盾构测量标志点应牢固设置在盾构机纵向或横向截面上，标志点间距离应尽量大，且不应少于 3 个，标志点可粘贴反射片或安置强制对中棱镜；

2 盾构测量标志点的三维坐标应与盾构结构几何坐标建立换算关系；

3 盾构测量标志点测量宜采用极坐标法，并进行检核。点位测量偏差不应超过 3mm。

10.3.10 采用自动导向测量系统进行盾构机初始姿态测量和实时姿态测量时，应符合下列规定：

1 自动导向测量系统应符合下列规定：

1) 自动导向设备可采用激光靶型自动测量系统或棱镜型自动测量系统，系统应包括测量仪器设备、计算存储设备、数据传输和系统软件等；

2) 系统应具有实时测量功能，并能以图形、数字方式实时显示盾构机当前姿态和历史姿态信息等；

3) 系统应具有对自身各部件的运行状态进行监控和报警功能；

4) 所有数据应存储于工业计算机固定的存储位置，并定期在其他存储设备上上进行备份。

2 盾构始发前,应将隧道线路设计参数输入自动导向系统;数据输入前应进行检查复核,无误后方可输入;输入后应导出输入数据并对输入数据进行二次复核。

3 隧道掘进中自动测量仪器迁站时,盾构机应停止掘进;迁站前、后测定的盾构机姿态数据较差应小于 10mm。

4 隧道掘进过程中,应采用人工测量方法对导向系统测量成果进行检核,人工测量频率应根据导向系统精度确定;盾构机始发 100m 内、到达接收井前 100m 内应增加复测。

10.3.11 衬砌环姿态测量应符合下列规定:

1 在盾尾内管片拼装成环后应测量盾尾间隙;

2 衬砌环从盾尾推出并完成壁后注浆后,应进行衬砌环姿态测量;测量内容应包括衬砌环中心平面坐标和高程、水平直径、径向直径和前端面里程。衬砌环姿态测量允许偏差应符合表 10.3.11 的规定。

表 10.3.11 衬砌环姿态测量允许偏差

测量项目	允许偏差(mm)
中心平面坐标和高程	±3
水平直径和径向直径	±5
前端面里程	±10

10.3.12 盾构接收井建成后,应按本标准第 10.3.2 条的规定进行洞门圈中心三维坐标复测和隧道中心线与导轨位置测设。

II 顶管法管道施工测量

10.3.13 顶管法管道施工测量应包括顶管始发测量、顶管导向测量以及顶管接收测量。

10.3.14 顶管始发井建成后,应利用联系测量成果加密测量控制点,进行始发井洞门中心三维坐标复测、导轨平面位置与坡度测设以及顶管后座安装测量,并应符合下列规定:

1 洞门中心三维坐标应利用地下测量控制点测定,实测值与

设计值的较差应小于 20mm;洞门中心三维坐标设计值应根据管道中心线和洞门位置的里程进行计算;

2 导轨的平面位置放样宜采用极坐标法,导轨坡度宜采用水准测量方法测设;坐标和高程放样中误差不应大于 5mm;

3 顶管后座安装测量时,其平面和高程位置宜采用极坐标法和水准测量方法进行测设,坐标和高程放样中误差不应大于 10mm;顶管后座应与管道顶进轴线垂直。

10.3.15 采用人工测量方法进行顶管导向测量时,应符合下列规定:

1 顶管头部的测量标志点应设置在顶管机几何中心,标志点处应安置强制对中棱镜;

2 顶管导向测量应采用极坐标法测出标志点的三维坐标,并与设计轴线比较得出横向偏差和竖向偏差;横向偏差应小于 100mm,竖向偏差应小于 70mm;

3 顶管导向测量频率宜按每顶进 2m~3m 测量 1 次;

4 竖井内测量仪器无法一站观测到顶管头部的测量标志时,应在管道内设置测量中继站;

5 顶管每顶进 300m 时,应使用全站仪和水准仪对导向测量成果进行复核,复核时顶管机应停止顶进。

10.3.16 长距离顶管和曲线顶管的导向测量宜采用自动导向系统,并应符合下列规定:

1 自动导向系统可采用激光靶型导向系统或棱镜型导向系统;

2 顶管顶进前,应将地下控制点三维坐标和顶管线路设计参数等数据输入自动导向系统;数据输入前后均应对数据进行检查复核;

3 管道内的测量中继站数量和位置应根据顶管线路及施工进度进行合理布置,顶进前应进行软件预模拟,并做好中继站动态调整计划;

4 测量中继站数量或位置调整时,顶管机应停止顶进;中继站调整前后所测定的顶管机头里程和偏差等数据的较差均应小于10mm;

5 顶进过程中,应在顶管每顶进300m时使用全站仪和水准仪对自动导向系统测量成果进行人工测量复核。

10.3.17 顶管接收井洞门中心三维坐标复测和导轨平面位置与坡度测设应符合本标准第10.3.14条的规定。

III 明挖法管廊施工测量

10.3.18 明挖管廊施工测量应包括基坑围护结构、基坑开挖和管廊主体结构施工测量。

10.3.19 基坑围护结构施工测量应符合下列规定:

1 围护桩施工时,应依据地面平面控制点测设围护桩中心线,中心线横向允许误差为 $0\text{mm}\sim+20\text{mm}$;

2 灌注桩成孔过程中,应根据设计要求测量其孔深、孔径及其垂直度;

3 钢板桩、钢管桩等预制桩施工过程中,应根据设计要求测量桩的垂直度;

4 围护桩竣工后,应测定围护桩实际中心线与设计中心线的偏差,其横向偏差值为 $0\text{mm}\sim+50\text{mm}$ 。

10.3.20 基坑开挖施工测量应符合下列规定:

1 采用放坡开挖的基坑,边坡线位置应根据地面平面控制点进行放样,放样允许误差为 $\pm 50\text{mm}$;坡脚距管廊结构的距离应满足设计要求;

2 采用围护桩施工的基坑开挖时,应控制每层土的开挖标高;混凝土支撑的平面位置和高程的放样允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$;钢支撑的平面位置和高程的放样允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$;

3 基坑开挖至坑底前,应在围护桩或边坡上测设距坑底设计标高500mm或1000mm的标高控制桩,标高控制桩允许误差为 $\pm 10\text{mm}$;

4 坑底设计标高以上 200mm 的土层应采用人工开挖,坑底标高的允许偏差为 $-30\text{mm}\sim 0\text{mm}$ 。

10.3.21 管廊主体结构施工测量应符合下列规定:

1 基坑底板垫层施工完成后,应采用附和导线将线路中线引测到垫层上,线路中线纵向允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$,横向允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$;

2 结构底板绑扎钢筋前,应依据线路中线在垫层上标定出钢筋摆放位置,放样允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$;

3 结构边墙、中墙模板支立前,应依据线路中线放样边墙和中墙的两侧边线,放样允许偏差为 $0\text{mm}\sim +5\text{mm}$;

4 顶板模板安装过程中,应将线路中线点测设在模板上,并进行模板高程放样;中线允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$,高程允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

10.4 海底电力电缆施工测量

10.4.1 海底电力电缆施工的平面位置测量宜采用差分全球导航卫星系统。海底电力电缆陆上段施工测量应符合本标准第 10.3 节的规定。

10.4.2 海底电力电缆施工测量基础数据应采用经纬度坐标,坐标系统可采用世界大地坐标系统或 2000 国家大地坐标系统。

10.4.3 海底电力电缆的埋深测量宜采用相对于原始海床面的高度测量。

10.4.4 导航型卫星定位接收机的校准精度不应低于 3m。其他非标测量器材和设备应在使用前进行相关的校核和标定。

10.4.5 海底电力电缆施工过程中,应测量水深和电力电缆敷设长度等。

10.4.6 海底电力电缆施工测量准备工作应符合下列规定:

1 差分全球导航卫星系统的参考站宜首选国家信标站。

2 施工开始前应在一个已知点上观测不少于 500 次数据,间

隔时间不小于 5s, 计算出的 95% 以上的点位偏差应符合下列规定:

- 1) 施工长度小于 40km 时, 点位偏差不得大于 3m;
- 2) 施工长度为 40km~500km 时, 点位偏差不得大于 5m。
- 3 按照已知点数据对卫星定位接收机的数据偏差进行修正。
- 4 施工前应结合扫海或试航等作业, 对路由数据进行复核, 复核的数据包括路由全程拐点和登陆点的平面经纬度、水深以及差分全球导航卫星系统的接收稳定性等。
- 5 根据施工工艺要求, 应与监理等相关单位协商, 共同明确埋深测量方法。

10.4.7 海底电力电缆登陆段施工测量应符合下列规定:

- 1 登陆段敷设或埋设施工宜采用差分全球导航卫星系统进行施工平面定位测量;
- 2 登陆段路由的拐点应设置标识, 直线段可根据现场需要设置标识, 标识的直线间距不宜大于 50m;
- 3 标识可采用插桩或浮标, 应保证其锚固力, 防止标识被潮流冲刷倾覆或移位;
- 4 登陆段沟槽开挖所使用的设备应配备卫星定位接收机;
- 5 登陆段海底电力电缆埋深沟槽的深度测量可采用测绳、塔尺、卷尺等测量沟槽底与原始海床面的相对深度。

10.4.8 海底电力电缆海上段施工测量应符合下列规定:

- 1 海底电力电缆水域段施工定位应采用差分全球导航卫星定位系统, 差分全球导航卫星定位系统的选型应符合下列规定:
 - 1) 应保证施工所要求的精度;
 - 2) 作用距离应覆盖整个施工区域;
 - 3) 导航功能应满足施工的要求;
 - 4) 应稳定可靠, 具有连续作业能力。
- 2 施工船上卫星定位接收机的安装应符合下列规定:
 - 1) 卫星定位接收机的接收天线应安装在载体的较高部位;

2) 卫星定位接收机的接收天线周围高度角 5° 以上应无大的障碍物遮蔽；

3) 应量取卫星信号接收机的接收天线至施工船基准点的偏移量。

3 施工测量及定位作业宜使用具有定位定向功能的卫星定位接收机。

4 RTK 测量及质量控制应符合下列规定：

1) 作业期间卫星定位接收机至少应能同时接收 4 颗卫星的信号数据；

2) 差分校准值的更新率不应大于 10s；

3) 卫星空间位置精度因子 PDOP 值对 95% 的观测数据应小于 5；

4) 如果差分数据中断超过 60s, 其数据不可使用。

5 数据记录要求应符合下列规定：

1) 卫星信号接收机应连接数据储存设备, 并对施工全过程的卫星定位数据进行记录储存；

2) 在航行施工时, 卫星定位数据的记录储存间隔不应大于 30s；

3) 对于手工记录的卫星定位数据, 宜每 100m 记录 1 次, 或与监理等相关单位协商确定。

6 对于水深大于 50m, 海缆路由比较复杂的区域, 可采用超声波设备, 测量海缆实际入土点或埋设机与施工船基准点的相对位置, 直接定位海缆的实际入土点。

10.4.9 测深仪应符合下列规定：

1 水深测量宜采用超声波测量仪；

2 测深范围的最大值应大于施工区域最大水深的 1.2 倍；

3 最大水深的测深精度不应低于 10cm, 分辨率不应低于 3cm。

10.4.10 海缆埋深测量应符合下列规定：

- 1 埋深设备应配置能够连续测量埋设深度的电子测量系统;
- 2 埋深测量系统的测量范围应满足工程要求,测量精度不应低于 10cm;
- 3 埋设测量系统应配备能够稳定、连续地显示测量数据的显示设备和记录储存埋深数据的设备;
- 4 在航行施工时,埋深数据的记录储存间隔时间不应大于 30s。

10.4.11 海缆敷设长度测量应符合下列规定:

- 1 海缆敷设长度可使用机械或光电感应式计米器进行测量;
- 2 计米器在使用前应进行标定和校核,其误差范围应小于 $\pm 1\%$;
- 3 计米器上使用的传感器等测量器械的灵敏度及精度,应以设备生产厂家标定的参数为准进行检测;
- 4 每敷设 1km 海缆,应以海缆厂家所标定的电缆米标作为参照标准,对计米器误差进行修正;
- 5 对接触式的计米器,应定时进行清理,清除接触面上的油污等附着物;非接触式计米器应随时保持传感器探头的清洁。

10.4.12 海底电力电缆施工测量后,宜提交下列测量资料:

- 1 登陆点坐标复核情况;
- 2 海底电缆敷设坐标,包括世界大地坐标的经纬度和直角坐标;
- 3 海底电缆敷设的偏差、海底电缆的埋深及海底电缆的敷设长度;
- 4 仪器设备检定证书。

11 变形监测

11.1 一般规定

11.1.1 火力发电厂、风力发电场、太阳能发电站、变电站、换流站和输电线路等电力工程宜对建(构)筑物的水平位移、竖向位移、倾斜、收敛、裂缝、挠度等,以及建筑场地、地基土、边坡、基坑等进行变形监测。

11.1.2 变形监测的等级及精度要求应符合表 11.1.2 的规定。

表 11.1.2 变形监测的等级及精度要求

变形监测等级	水平位移	竖向位移	主要适用范围
	监测点的点位中误差 (mm)	监测点的高程中误差 (mm)	
一等	1.5	0.3	电力工程中对变形特别敏感的建筑设施,有高精度要求的监测对象;一级基坑
二等	3.0	0.5	火力发电厂主厂房、主控制楼、网络控制楼、通信楼、220kV 及以上屋内配电装置楼、高度大于或等于 100m 烟囱、淋水面积大于或等于 10000m ² 自然通风冷却塔、软弱地基的岸边水泵房、空冷凝汽器支撑结构、封闭式圆形煤场、贮煤筒仓、跨度大于 30m 干煤棚及其他厂房建筑; 500kV 及以上变电站、换流站的主要结构(主控通信楼,500kV 及以上屋外配电装置构架及设备支架,串补平台,阀厅,主、辅控制楼,500kV 及以上 GIS 室,户内直流场); 隧道结构体及周边环境、山谷一级灰坝、危害性较大土质边坡; 二级基坑

续表 11.1.2

变形监测等级	水平位移	竖向位移	主要适用范围
	监测点的点位中误差 (mm)	监测点的高程中误差 (mm)	
三等	6.0	1.0	火力发电厂和变电站其他生产建筑、辅助及附属建(构)筑物； 三级基坑；岩质边坡、危害性一般土质边坡；浅地基处理，打入桩基施工
四等	12.0	2.0	火力发电电厂机炉检修间、材料库、机车库、汽车库、材料棚库、推煤机库、警卫传达室、灰场管理室、围墙、自行车棚及临时建筑等；普通土质边坡

注：1 变形监测点的高程中误差和点位中误差，是指相对于邻近基准点的中误差。

2 特定方向的位移中误差，可取表中相应等级点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 作为限值。

3 竖向位移观测，可根据需要按变形监测点的高程中误差或相邻变形监测点的高差中误差，确定监测精度等级。

11.1.3 对明确要求按建筑地基变形允许值来确定精度等级的变形监测项目，应符合下列规定：

1 应根据变形监测的类型和现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定或工程设计给定的建筑地基变形允许值，先按下列方法估算变形监测精度：

1) 对水平位移监测，应取变形允许值 $1/20 \sim 1/10$ 作为水平位移量测定中误差，并根据水平位移量测定的具体方法计算监测点坐标中误差；

2) 对竖向位移监测，应取差异竖向位移的竖向位移差 $1/20 \sim 1/10$ 作为竖向位移差测定的中误差，并将该数值视为监测点高程中误差。

2 估算出变形监测精度后,应按下列规则选择表 11.1.2 规定的精度等级:

- 1) 当仅给定单一变形允许值时,应按估算的精度选择满足要求的精度;当给定多个同类型变形允许值时,应分别估算精度,按其中最高精度选择满足要求的精度等级;
- 2) 当估算的精度低于表 11.1.2 中四等精度的要求时,应采用四等精度;
- 3) 对需要研究分析变形过程的变形监测项目,宜在上述确定的精度等级基础上提高一个等级。

11.1.4 变形监测开始作业前,应根据水文地质、岩土工程资料和设计图纸,以及岩土工程地质条件、工程规模、基础埋深、建筑结构和施工方法等因素,进行变形监测方案设计。

11.1.5 变形监测基准网应由基准点和工作基点组成,变形监测网应由基准点、工作基点、监测点组成。基准点、工作基点、监测点布设应符合下列规定:

1 基准点应设置在变形影响区域之外稳定的原状土层内,易长期保存;每个工程至少应有 3 个基准点;大型电力工程的水平位移基准点应采用带有强制对中装置的观测墩;竖向位移基准点宜采用深埋桩,或将基准点设置在裸露基岩上;观测墩的埋设规格可参见本标准附录 B;深埋桩水准点的规格可参见本标准附录 C;

2 工作基点应选在基础稳定,且方便使用的位置;设立在大型电力工程施工区域内的水平位移监测工作基点宜采用带有强制对中装置的观测墩,竖向位移监测工作基点可采用深埋桩;对通视条件较好的小型独立工程,可不设立工作基点,在基准点上直接测定变形监测点;

3 变形监测点应设立在能反映监测体变形特征的位置。

11.1.6 变形监测基准网宜每 3 个月~6 个月复测 1 次。根据电力工程施工进程特点、岩土性状,可适当加密至每 15d 或每月 1 次。当变形监测成果出现异常或特殊情况时,应随时检核监测基

准网。

11.1.7 变形监测的首次监测应连续进行两次独立观测,并取观测结果的中数作为变量的初始值。

11.1.8 每期的变形监测应符合下列规定:

- 1 在较短的时间内完成;
- 2 采用相同的监测路线和监测方法;
- 3 使用相同的仪器和设备;
- 4 监测人员相对固定;
- 5 记录相关的环境因素,包括荷载、温度、降水、水位等,特别要记录现场发生的异常情况,如标志松动、标志破坏、标志倾斜等情况;
- 6 工作基点与基准点联测时,不应少于 2 个基准点,且应采用统一基准处理数据。

11.1.9 每期监测前,应对使用的仪器和设备进行检校,并做记录。

11.1.10 变形监测的各项原始记录应完整,并应及时整理、检查。数据处理的平差计算方法应正确,应对监测成果可靠性进行分析和反馈。

11.1.11 数据处理中和变形监测成果的数值取位要求,应分别符合表 11.1.11-1 和表 11.1.11-2 的规定。

表 11.1.11-1 数据处理中的数值取位要求

变形监测等级	方向值(″)	边长和坐标(mm)	高程(mm)	位移量(mm)
一、二等	0.01	0.1	0.01	0.01
三、四等	0.1	1	0.1	0.1

表 11.1.11-2 变形监测成果的数值取位要求

变形监测等级	方向值(″)	边长和坐标(mm)	高程(mm)	位移量(mm)
一、二等	0.1	0.1	0.1	0.1
三、四等	1	1	1	1

11.1.12 每次变形监测外业结束后,应及时处理监测数据,分析监测成果及信息反馈。当出现下列情况时,应立即报告委托方和有关部门采取相应措施。

- 1 变形量或变形速率出现异常变化;
- 2 变形量达到预警值或接近极限值;
- 3 建(构)筑物的裂缝快速扩大;
- 4 支护结构变形过大或出现明显的受力裂缝,且不断发展。

11.2 水平位移监测基准网

11.2.1 水平位移监测基准网可采用三角形网、导线网、卫星定位网和视准轴线等形式。当采用视准轴线时,轴线上或轴线两端应设立检核点。

11.2.2 水平位移监测基准网宜采用建筑坐标系统,且一次布网。大型电力工程布网时,应充分顾及基准网的精度和可靠性等指标。

11.2.3 基准网点位的选择应符合本标准第 11.1.5 条第 1 款的规定。

11.2.4 水平位移监测基准网测量的主要技术要求,应符合表 11.2.4 的规定。

表 11.2.4 水平位移监测基准网测量的主要技术要求

等级	相邻基准点的 点位中误差 (mm)	平均边长 (m)	测角中误差 (")	测边相对中 误差	水平角观测测回数	
					1"级 仪器	2"级 仪器
一等	1.5	200	1.0	$\leq 1/200000$	9	—
二等	3.0	400	1.0	$\leq 1/200000$	9	—
		200	1.8	$\leq 1/100000$	6	9
三等	6.0	450	1.8	$\leq 1/100000$	6	9
		350	2.5	$\leq 1/80000$	4	6
四等	12.0	600	2.5	$\leq 1/80000$	4	6

11.2.5 基准网的水平角观测宜采用方向观测法,其技术要求应符合本标准第 5.2.3 条的规定。

11.2.6 基准网的边长宜采用电磁波测距,其主要技术要求应符合表 11.2.6 的规定。

表 11.2.6 基准网的边长测距的主要技术要求

等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回 读数较差 (mm)	单程各 测回较差 (mm)	气象数据测定的 最小读数		往返较差 (mm)
		往	返			温度 (°C)	气压 (Pa)	
一等	1mm 级	4	4	1	1.5	0.2	50	$\leq 2(a+b \cdot D)$
二等	2mm 级	3	3	3	4			
三等	5mm 级	2	2	5	7			
四等	10mm 级	4	—	8	10			

注:1 测回是指照准目标 1 次,读数 3 次的过程。

2 根据具体情况,测边可采取不同时间段代替往返观测。

3 测量斜距,须经气象改正和仪器的加常数、乘常数改正后才能进行水平距离计算。

4 计算测距往返较差的限差时, a 、 b 分别为相应等级所使用仪器标称的固定误差和比例误差系数。

11.2.7 对于三等以上的卫星定位监测基准网,应采用双频接收机,并采用精密星历进行数据处理。

11.2.8 水平位移监测基准网测量的其他技术要求应符合本标准第 5 章的相关规定。

11.2.9 水平位移监测基准网测量结束后,应提交基准网测量技术报告、基准网测量成果表、基准网点位布置图等资料。

11.3 竖向位移监测基准网

11.3.1 竖向位移监测基准网测量应采用水准测量方法。基准网形应布设成闭合环、结点网或附合水准路线等形式。

11.3.2 基准点的埋设应满足本标准第 11.1.5 条第 1 款的要求。

11.3.3 竖向位移监测基准网的主要技术要求应符合表 11.3.3 的规定。

表 11.3.3 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)	往返较差或附和或 环线闭合差(mm)	检测已测高差 较差(mm)
一等	0.3	0.07	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$
二等	0.5	0.15	$0.30\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$
三等	1.0	0.30	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$
四等	2.0	0.70	$1.40\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$

注:表中 n 为测站数。

11.3.4 水准观测的主要技术要求应符合表 11.3.4 的规定。

表 11.3.4 水准观测的主要技术要求

等级	水准仪 型号	水准尺	视线 长度 (m)	前后视 较差 (m)	前后视 累积差 (m)	视线离 地面最 低高度 (m)	基本分划、 辅助分划 读数较差 (mm)	基本分划、 辅助分划 所测高差 较差(mm)
一等	DS05	因瓦	15	0.3	1.0	0.5	0.3	0.4
二等	DS05	因瓦	30	0.5	1.5	0.5	0.3	0.4
三等	DS05	因瓦	50	2.0	3	0.3	0.5	0.7
	DS1	因瓦	50	2.0	3	0.3	0.5	0.7
四等	DS1	因瓦	75	5.0	8	0.2	1.0	1.5

注:1 数字水准仪观测,不受基、辅分划读数较差指标的限制,但测站两次观测的高差较差,应满足表中相应等级基、辅分划所测高差较差的限值。

2 水准路线跨越江河时,应进行相应等级的跨河水准测量,其指标不受该表的限制,按相关规范规定执行。

11.3.5 观测使用的水准仪和水准标尺应符合本标准第 6.2.2 条的规定。

11.3.6 起始点高程宜采用测区原有高程系统。较小规模的监测工程可采用假定高程系统,较大规模的监测工程宜与国家水准点联测。

11.3.7 水准观测的其他技术要求应符合本标准第 6 章的有关规定。

11.3.8 竖向位移监测基准网测量结束后,应提交基准网测量技术报告、基准网测量成果表和基准网点位布置图等资料。

11.4 建(构)筑物变形监测

11.4.1 建(构)筑物变形监测应包括建(构)筑物水平位移监测和竖向位移监测。

11.4.2 建(构)筑物水平位移可分为横向水平位移、纵向水平位移及特定方向的水平位移。水平位移可通过监测点的坐标测量获得,也可直接测定。

11.4.3 水平位移监测点应按设计图纸要求布设,应选在建筑的外墙角、柱基及一些重要位置,标志可采用墙上标志,具体型式及其埋设应根据现场条件和观测要求确定。

11.4.4 水平位移监测的精度等级应符合本标准第 11.1 节的规定。

11.4.5 水平位移观测应根据现场作业条件,可采用全站仪测量、卫星导航定位测量、激光测量或摄影测量等方法。

11.4.6 水平位移观测周期应符合下列规定:

1 施工期间,可在建筑每加高 2 层~3 层观测 1 次。主体结构封顶后,可每 1 个月~2 个月观测 1 次;

2 使用期间,可在第一年观测 3 次~4 次,第二年观测 2 次~3 次,第三年后每年观测 1 次,直至稳定;

3 若在观测期间发现异常或特殊情况,应提高观测频率。

11.4.7 建(构)筑物竖向位移监测应测定竖向位移量、竖向位移差和竖向位移速率。

11.4.8 建(构)筑物竖向位移监测点应在建设时由施工单位按设计图纸布设。竖向位移监测点布设宜符合下列规定：

1 建(构)筑物的四角、核心筒四角、大转角处及沿外墙每10m~20m处或每隔2根~3根柱基上；

2 高低层建(构)筑物、新旧建(构)筑物及纵横墙等的交接处的两侧；

3 竖向位移缝、伸缩缝两侧、基础埋深相差悬殊处、人工地基与天然地基接壤处、不同结构的分界处；

4 对于宽度大于或等于15m、宽度虽小于15m但地质复杂以及膨胀土地区的建(构)筑物，应在承重内隔墙中部设内墙点，并在室内地面中心及四周设地面点；

5 临近堆置重物处、受振动有显著影响的部位及基础下的暗沟处；

6 框架、排架结构主厂房的每个或部分柱基上或沿纵横轴线设点；

7 汽机、锅炉基础各框架柱及平台上表面；

8 烟囱、冷却塔、风机塔、煤仓和油罐等圆形建(构)筑物，沿周边在与基础轴线相交的对称位置上布点，点数不应少于4个；

9 变电容量120MV·A及以上变压器的基础四周。

11.4.9 竖向位移监测点的标志可根据不同的建(构)筑物结构类型和建筑材料，采用墙柱标志、基础标志和隐蔽式标志等形式，并应符合下列规定：

1 各类标志的立尺部位应突出、光滑、唯一，宜采用耐腐蚀、不易受压变形的金属材料；

2 每个标志宜安装保护罩，保护罩的钢板厚度不宜低于2mm，罩顶应比沉降点顶部高1cm~2cm，罩内壁距离沉降点标志中心不宜小于6cm；

3 标志的埋设位置应避开雨水管、窗台线、散热器、暖水管、电器开关等有碍设标和观测的障碍物；视立尺需要，标志上方应留

有不少于 2.1m 的垂直净空；

4 室内外的墙柱标志应安装在竣工地面或者建(构)筑物的±0m 面上方+0.2m~+0.5m 之间,标志突出墙柱不宜超过 5cm~8cm;

5 当采用静力水准测量方法进行竖向位移观测时,观测标志的形式及其埋设应根据采用的静力水准仪的型号、结构、读数方式以及现场条件确定;标志的规格尺寸设计应符合仪器安置的要求。

11.4.10 竖向位移观测的时间、频率及周期应符合下列规定:

1 施工期的竖向位移观测应随施工进度具体情况及时进行,并应符合下列规定:

1)基础施工完毕、建筑标高出 0m 后、各建(构)筑物安装观测点标志后即可开始观测;

2)整个施工期观测次数原则上不少于 6 次。但观测时间、次数应根据地基状况、建(构)筑物类别、结构及加荷载情况区别对待,对于烟囱等高耸构筑物,一般按施工高度每增加 20m 观测 1 次;对于主厂房、集中控制楼等框架结构构筑物,一般按施工到不同高度平台或加荷载前后各观测 1 次;水塔、冷却塔等通水前后应各观测 1 次,变压器就位前后各观测 1 次等;

3)施工中遇较长时间停工,应在停工时和重开工时各观测 1 次,停工期间每隔 2 个月观测 1 次。

2 除有特殊要求外,建(构)筑物施工完毕后及试运行期间每季度观测 1 次,运行后可半年观测 1 次,直至稳定为止。

3 在观测过程中,若有基础附近地面荷载突然大量增减、基础四周大量积水、长时间连续降雨等情况,均应及时增加观测次数。当建(构)筑物突然发生大量竖向位移、不均匀竖向位移,竖向位移量、不均匀竖向位移差接近或超过允许变形值或严重裂缝等异常情况时,应立即进行逐日或几天一次的连续观测。

4 建筑竖向位移是否进入稳定阶段,应由竖向位移量与时间

关系曲线判定。当最后 100d 的竖向位移速率小于 0.01mm/d~0.04mm/d 时,可认为已进入稳定阶段;具体取值宜根据各地区地基土的压缩性能确定。

11.4.11 竖向位移观测精度根据建(构)筑物的等级确定,应符合本标准第 11.1.2 条的规定。

11.4.12 竖向位移观测的水准测量作业方法和技术要求应符合下列规定:

1 水准测量的作业方法应符合表 11.4.12 的规定。

表 11.4.12 水准测量的作业方法

等级	基准点测量、工作基点 联测及首期观测			其他各期观测			观测顺序
	DS05	DS1	DS3	DS05	DS1	DS3	
一等	往返测	—	—	往返测、 单程 双站测	—	—	奇数站: 后-前-前-后
							偶数站: 前-后-后-前
二等	往返测	往返测、 单程 双站测	—	单程观测	单程 双站测	—	奇数站: 后-前-前-后
							偶数站: 前-后-后-前
三等	单程 双站测	单程 双站测	往返测、 单程 双站测	单程观测	单程观测	单程 双站测	后-前-前-后
四等	—	单程 双站测	往返测、 单程 双站测	—	单程观测	单程 双站测	后-后-前-前

2 水准测量的技术要求应符合本标准第 6 章、第 11 章中第 11.1 节和第 11.3 节的相关规定。

3 当采用静力水准测量方法时,可参照相关规范执行。

11.4.13 每次观测应记载观测时间、施工进度、荷载量变化等影响竖向位移变化的信息。

11.4.14 建(构)筑物变形监测结束后,应根据工程需要提交下列成果资料:

- 1 监测基准点分布图;
- 2 监测点布置图;
- 3 监测成果表;
- 4 水平位移图或时间-荷载-竖向位移量曲线;
- 5 监测技术报告。

11.5 基坑变形监测

11.5.1 基坑变形监测应进行基坑支护结构变形监测和基坑回弹监测。基坑支护结构变形监测应测定围护墙或基坑边坡顶部的水平位移和竖向位移、围护墙或边坡外土体深层水平位移。基坑回弹监测应测定基坑开挖到底及基础浇灌施工前的回弹量。

11.5.2 基坑变形监测应采用仪器观测和巡视检查相结合的方法。不同安全等级的基坑宜按表 11.5.2 确定基坑变形监测的项目。

表 11.5.2 不同安全等级的基坑变形监测项目

监测项目	基坑安全等级		
	一级	二级	三级
围护墙(边坡)顶水平和竖向位移	应测	应测	应测
深层水平位移	应测	应测	宜测
立柱竖向位移	应测	宜测	宜测
基坑回弹	宜测	可测	可测
土体分层竖向位移	宜测	可测	可测
周边地表竖向位移	应测	应测	宜测

续表 11.5.2

监测项目		基坑安全等级		
		一级	二级	三级
周边建筑	竖向位移	应测	应测	应测
	倾斜	应测	宜测	可测
	水平位移	应测	宜测	可测
周边建筑、地表裂缝		应测	应测	应测
周边管线变形		应测	应测	应测

11.5.3 基坑变形监测点的布置应能反映观测对象的实际状态及其变化趋势,并应符合下列规定:

1 监测点标志应稳固、明显、结构合理,监测点位置应避开障碍物,便于监测;

2 围护墙或基坑边坡顶部的水平和竖向位移监测点应沿基坑周边布置,边缘中部、阳角处应布设监测点;

3 监测点间距不宜大于 20m,关键部位应适当加密,且每边监测点数目不应少于 3 个;

4 水平位移监测点和竖向位移监测点宜共用同一点,监测点宜做成强制对中标志。

11.5.4 围护墙或土体深层水平位移监测点布置应符合下列规定:

1 监测点宜布置在基坑周边的中部、围护墙中部、阳角处,点间距宜为 20m~50m,且每边至少应设 1 个监测点;

2 用测斜仪监测深层水平位移时,设置在围护墙内的测斜管长度不宜小于围护墙的人土深度;设置在土体内的测斜管长度应大于围护墙的人土深度,并保证有足够的入土深度;以测斜管底为固定起算点时,管底应嵌入稳定的土体中。

11.5.5 立柱竖向位移监测点布置应符合下列规定:

1 立柱的竖向位移监测点宜布置在基坑中部、多根支撑交汇

处、地质条件复杂的立柱上；

2 监测点不应少于立柱总根数的 5%，逆作法施工的基坑不应少于 10%，且不应少于 3 根。

11.5.6 基坑周边地表竖向位移监测点，宜按监测剖面设在坑边中部或其他有代表性的部位。监测剖面应与坑边竖向，数量视具体情况而定。每个监测剖面上的监测点数量不宜少于 5 个。

11.5.7 由基坑边缘以外 1 倍~3 倍基坑开挖深度范围内需要保护的周边环境应作为监测对象，必要时应扩大监测范围。位于安全保护区范围内的重要保护对象的监测点的布置应满足相关部门的要求。

11.5.8 周边建(构)筑物竖向位移监测点布置应符合下列规定：

1 建(构)筑物四角、沿外墙每 10m~15m 处或每隔 2 根~3 根柱基上，且每侧不宜少于 3 个监测点；

2 不同地基或基础的分界处；

3 不同结构的分界处；

4 变形缝、抗震缝或严重开裂处的两侧；

5 新、旧建筑或高、低建筑交接处的两侧；

6 高耸构筑物基础轴线的对称部位，每一构筑物不应少于 4 点。

11.5.9 周边建(构)筑物倾斜监测应符合本标准第 11.11 节的相关规定：

11.5.10 周边建(构)筑物水平位移监测点应布置在建筑外墙墙角、外墙中间部位的墙上或柱上、裂缝两侧以及其他有代表性的部位，监测点间距视具体情况而定，一侧墙体的监测点不宜少于 3 点。

11.5.11 周边建(构)筑物、地表裂缝监测应符合本标准第 11.12 节的相关规定。

11.5.12 周边管线监测点布置应符合下列规定：

1 应根据管线修建年份、类型、材料、尺寸及现状等情况，确

定监测点设置；

2 监测点宜布置在管线的节点、转角点和变形曲率较大的部位，监测点平面间距宜为 15m~25m，并宜延伸到基坑边缘以外 1 倍~3 倍基坑开挖深度范围内的管线；

3 供水、煤气、暖气等压力管线宜设置直接监测点，在无法埋设直接监测点的部位，可设置间接监测点。

11.5.13 基坑变形水平位移监测可采用视准线法、测小角法、前方交会法、极坐标法、方向线偏移法、卫星定位测量法、自由设站法和测斜仪法等监测方法。

11.5.14 基坑变形竖向位移监测可采用几何水准、液体静力水准和三角高程等监测方法。

11.5.15 围护墙或土体深层水平位移监测应符合本标准第 11.9 节的相关规定。

11.5.16 基坑变形监测频率应综合考虑基坑类别、施工进度、外界环境变化和当地经验确定，监测频率应符合下列规定：

1 基坑工程监测频率应能系统反映监测对象的重要变化过程，以不遗漏其变化时刻为原则。

2 基坑监测工作应贯穿于基坑和地下工程施工全过程。监测工作应从基坑施工前开始，直至地下工程完成为止；对有特殊要求的周边环境的监测应根据需要延续至变形趋于稳定后才能结束。

3 监测值相对稳定时，可适当降低监测频率；在无数据异常和事故征兆的情况下，可按表 11.5.16 确定监测频率。

表 11.5.16 基坑变形监测频率表

基坑类别	施工进程		基坑设计开挖深度(m)			
			≤5	5~10	10~15	>15
一级	开挖深度(m)	≤5	1次/1d	1次/2d	1次/2d	1次/2d
		5~10	—	1次/1d	1次/1d	1次/1d
		>10	—	—	2次/1d	2次/1d

续表 11.5.16

基坑类别	施工进度		基坑设计开挖深度(m)			
			≤5	5~10	10~15	>15
一级	底板浇筑后 时间(d)	≤7	1次/1d	1次/1d	2次/1d	2次/1d
		8~14	1次/3d	1次/2d	1次/1d	1次/1d
		15~28	1次/5d	1次/3d	1次/2d	1次/1d
		>28	1次/7d	1次/5d	1次/3d	1次/3d
二级	开挖深度 (m)	≤5	1次/2d	1次/2d	—	—
		6~10	—	1次/1d	—	—
	底板浇筑后 时间(d)	≤7	1次/2d	1次/2d	—	—
		8~14	1次/3d	1次/3d	—	—
		15~28	1次/7d	1次/5d	—	—
		>28	1次/10d	1次/10d	—	—

注:1 基坑工程等级为三级时,监测频率可视具体情况要求适当降低。

2 基坑工程施工至开挖前的监测频率视具体情况确定。

3 宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况要求适当降低。

4 有支撑的支护结构各道支撑开始拆除到拆除完成后 3d 内监测频率应为 1 次/1d。

4 出现下列情况之一时,应加强监测并提高监测频率。

1) 监测数据达到报警值;

2) 监测数据变化量较大或者速率加快;

3) 存在勘察未发现的不良地质作用;

4) 超深、超长开挖或未及时加撑等违反设计工况施工;

5) 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏;

6) 基坑附近地面荷载突然增大或超过设计限值;

7) 支护结构出现开裂;

8) 周围地面突发较大竖向位移或出现严重开裂;

- 9) 邻近建(构)筑物突发较大竖向位移、不均匀竖向位移或出现严重开裂;
- 10) 基坑底部、坡体或支护结构出现管涌、渗漏或流沙等现象;
- 11) 基坑工程发生事故后重新组织施工;
- 12) 出现其他影响基坑安全的异常情况。

5 当有危险事故征兆时,应实时跟踪监测。

11.5.17 基坑回弹监测应测定基坑纵横断面的回弹量。监测点布设应根据基坑形状、大小、深度及地质条件确定,并应符合下列规定:

1 对于形状规则的基坑内的监测点,宜布设在基坑中央及纵、横轴线或通过基坑中心的对称位置上,形状可为网格状、中心辐射状;对于形状不规则的基坑内监测点,可采用散点均匀分布,可与相关设计人员协商确定;

2 基坑外的监测点应在所选坑内方向线的延长线上距基坑深度 2 倍距离内布置。

11.5.18 基坑内回弹监测标志应埋入基坑底面以下 20cm 左右,并应加保护管,钻孔必须竖向。基坑外监测点可埋设普通水准标石。

11.5.19 基坑回弹监测至少应在基坑开挖前、开挖后及基础浇筑前各监测 1 次。当基坑挖完至基础浇灌间隔时间较长时,应适当增加监测次数。

11.5.20 回弹监测精度应根据基坑等级按本标准第 11.1.2 条的规定执行。

11.5.21 基坑回弹监测宜采用水准测量方法施测。监测路线宜布设成起讫于基准点或工作基点的闭合或附合路线,水准测量各项技术要求应符合本标准第 11.1 节和第 11.3 节的相关规定。

11.5.22 基坑开挖前的回弹监测宜采用水准测量配合辅助测高设备的方法。对传递高程的辅助设备,应进行温度、长度和拉力等项修正。基坑开挖后的回弹监测可利用传递到坑底的临时工作基

点,按常规水准测量方法进行监测。

11.5.23 基坑变形监测出现下列情况之一时,应立即进行危险报警,并应对基坑支护结构和周边环境中的保护对象采取应急措施。

- 1 监测数据达到监测报警值的累计值;
- 2 基坑支护结构或周围土体的位移值突然明显增大或基坑出现流沙、管涌、隆起、陷落或较严重的渗漏等现象;
- 3 基坑支护结构的支撑或锚杆体系出现过大大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象;
- 4 周边建筑的结构部分、周边地面出现较严重的突发裂缝或危害结构的变形裂缝;
- 5 周围管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等;
- 6 根据当地工程经验判断,出现其他应报警的情况。

11.5.24 基坑及其支护结构变形监测应提交下列成果资料:

- 1 基坑支护结构变形监测应提交监测点及控制点位置分布图、监测成果表和变形曲线图;
- 2 基坑回弹监测应提交监测点位布置平面图、监测成果表和回弹纵、横断面图。

11.6 隧道变形监测

11.6.1 施工阶段隧道变形监测应包括支护结构、结构自身以及变形区的地表建筑、管线等周边环境监测。

11.6.2 隧道结构施工期间的变形监测内容应根据实际情况从表 11.6.2 中选择。

表 11.6.2 隧道结构施工期间的变形监测内容

监测项目		监测内容	主要监测仪器
必测项目	支护结构	护坡桩、连续墙、土钉墙的变形及支撑轴力监测	全站仪、水准仪、测斜仪、轴力计等
	建筑	建筑变形、隧道拱顶下沉和净空水平收敛等	全站仪、水准仪、收敛计、测斜仪等

续表 11.6.2

监测项目		监测内容	主要监测仪器
必测项目	周边环境	施工变形区域内建筑、地表、管线变形监测	全站仪、水准仪、测斜仪、位移计等
选测项目	支护结构	支护和衬砌应力、锚杆轴力监测等	应变片、应变计、锚杆测力计等
	建筑	混凝土应力、钢筋内力及外力监测	应变片、应变计、钢筋计等
	其他	地基回弹、分层地基土沉降、孔隙水压力等	位移计、孔隙水压力计等

11.6.3 隧道变形监测的等级划分、精度要求和适用范围应符合本标准表 11.1.2 的规定。

11.6.4 隧道变形监测宜建立水平位移监测控制网和竖向位移监测控制网。水平位移监测控制网测量、竖向位移监测控制网测量应符合本标准第 11.2 节和第 11.3 节的规定。

11.6.5 隧道变形点监测可采用几何测量、传感器测量,地面三维激光扫描和近景摄影测量等方法。

11.6.6 水平位移监测可采用交会法、极坐标法、小角法、基准线和导线法等方法。

11.6.7 竖向位移监测可采用几何水准测量、静力水准测量等方法。

11.6.8 用于变形监测的传感器精度不应低于同等级几何测量精度。

11.6.9 使用传感器进行变形监测时,应根据变形监测内容、精度要求和现场条件等选择变形监测传感器种类,并按传感器操作要求进行作业。

11.6.10 用于变形监测的地面三维激光扫描仪的主要技术要求应符合下列规定:

1 用于四等精度的竖向位移监测和三等、四等精度的水平位移监测的地面三维激光扫描仪的性能和观测要求宜符合表 11.6.10 的规定。

表 11.6.10 地面三维激光扫描仪的性能和观测要求

变形监测等级	四等竖向位移	三等、四等水平位移
仪器测距中误差(mm)	$\leq 2@D$	$\leq 2@D$
仪器点位中误差(mm)	$\leq 3@D$	$\leq 3@D$
采样点间距(mm)	≤ 3	≤ 3
有效测程(m)	$\leq D, \text{且} \leq 0.5S$	$\leq 0.5D, \text{且} \leq 0.5S$
测回数	7	7

注:1 A@D 指 D 距离处测距中误差或点位中误差为 A,其中 A 指扫描仪的标称测距中误差或点位中误差;D 指仪器标称精度的距离,单位 m;S 指仪器的标称测程,单位 m。

2 测回数是指照准扫描的次数。

2 作业前设备应放置于观测环境中 30min 以上。扫描仪应安置在具有强制对中装置的稳定控制点上。

3 采用标靶配准测量应符合下列规定:

- 1)在扫描范围内应均匀布设标靶,且高低错落;
- 2)每一扫描站的标靶个数不应少于 4 个,相邻两扫描站的公共标靶个数不应少于 3 个;
- 3)标靶传递次数不应超过 5 次;
- 4)标靶的三维坐标测量应使用全站仪或 RTK 法在同一测站上精确测量 2 次,或在不同测站上各测量 1 次,其平面和高程较差均不应大于 20mm,取平均值作为最终成果。

4 扫描时,四等竖向位移监测的采样点间距宜为 3mm,测回数宜为 7 测回;三等、四等水平位移监测的采样点间距宜分别为 3mm 和 10mm,测回数宜分别为 7 测回和 4 测回。

5 扫描作业对象入射角不应大于 50° 。

6 相邻扫描站间有效点云重叠度不应低于 30%,困难区域

不应低于 15%。

7 现场草图记录,在复杂场景扫描中应绘制站点、靶标点和监测隧道位置的概略图。

8 扫描作业结束后,应将数据导入计算机,检查点云数据覆盖范围完整性、标靶数据完整性和可用性。对缺失和异常数据,应及时补扫。

9 使用控制点、标靶、特征地物点建立转换矩阵对点云数据进行配准,建立转换关系。

11.6.11 用于变形监测的近景摄影测量主要技术要求可按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定执行。

11.6.12 隧道内监测点应在施工时埋设。初始观测值应在开挖后 12h 内采集。断面应测注里程和高程。

11.6.13 隧道拱顶下沉、净空水平收敛和地表竖向位移等监测点应布设在同一横断面内。纵断面间距宜为 10m~50m,监测点横线间距宜为 2m~10m。

11.6.14 隧道上的地表竖向位移监测点应在中线上及其两侧变形区内布设。地表竖向位移监测点纵横向布置宜符合表 11.6.14 的规定。

表 11.6.14 地表竖向位移监测点纵横向布置要求

隧道埋深度 H	监测点纵向布置(m)		监测点横向布置(m)	
	点间距	横断面间距	点间距	断面宽度
$H > 2B$	7~20	20~50	7~10	$> 2H + B$
$B < H < 2B$	5~15	10~20	5~7	$> 2H + B$
$H < B$	3~10	10	2~5	$> 2H + B$

注: B 为隧道开挖宽度,单位 m。

11.6.15 地表竖向位移监测点应埋设在原状土层中,必要时应加设保护装置。

11.6.16 对隧道两侧变形区内地表建筑进行竖向位移监测时,监

测点应根据建筑结构特点埋设在能明显反映变形敏感的部位,标志点应和建筑外观协调一致。

11.6.17 变形区内的燃气、大直径给水、排水和热力管线监测体上应埋设监测点。无法在变形体直接布点时,可在管线周围土体中埋设监测点,通过对周围土体变形监测,确定管线变形情况。

11.6.18 变形区地表建筑、管线等周边环境监测应在施工前进行初始监测,并应从距开挖工作面前方隧道埋深与高度处开始第二次监测,直到土建结构完工及监测对象稳定后结束。环境变形监测宜与隧道内变形监测同步进行。

11.6.19 变形监测工作结束后应提交变形监测成果表、变形监测点位置图、变形监测技术报告和变形量时间-荷载等变化的时态曲线图监测成果表。

11.7 建筑边坡监测

11.7.1 对存在不良地质作用的建筑边坡,或存在对建筑的安全和稳定有影响的自然斜坡和人工边坡,应进行边坡监测。

11.7.2 边坡位移监测内容应根据边坡滑移的危害程度或工程等级确定。安全等级划分应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定。边坡监测内容宜包括边坡的水平位移或竖向位移、深部钻孔测斜、边坡裂缝等。

11.7.3 边坡位移监测基准点应布设在场地周围稳定区域,且不少于 3 点,宜采用带有强制对中装置的观测墩。

11.7.4 边坡监测点应根据边坡体的范围、形状、地形特征、施测条件而布设,布设应符合下列规定:

1 人工高边坡监测点可根据边坡的高度、台级和围护结构,按上、中、下成排布设,点位间距宜根据边坡设计图纸或与设计人员共同确定;

2 当边坡体的变形方向和变形范围明确时,可根据边坡规模选取十字形或格网形平面布点方式,应在变形量较大和变形速度

较快的部位增加布点；

3 对出现变形后已加固的边坡，应在其支挡锚固结构的主要受力构件上布设应力计和监测点；

4 当需测定边坡体深部位移时，应将相关监测点钻孔位置布设在主变形轴线上。并宜对边坡体上局部滑动和可能具有的多层滑动面进行观测。

11.7.5 边坡监测点位的标石标志及其埋设应符合下列规定：

1 土体边坡上的监测点可埋设预制混凝土标石；根据观测精度要求，顶部的标志可采用具有强制对中装置的活动标志或嵌入加工成半球状的钢筋标志；标石埋深不宜小于 1m，在季节冻土区标石底部宜埋设于冻土线下 0.5m，在永久冻土区标石底部宜埋设于最大融解深度线下 1.0m；

2 岩体边坡上的监测点可采用砂浆现场浇筑的钢筋标志；凿孔深度不宜小于 0.1m；

3 边坡体深部位移观测钻孔应穿过潜在滑动面进入稳定的基岩面以下不小于 1m；观测钻孔应铅直，孔径不应小于 110mm，测斜管与孔壁之间应填实。

11.7.6 建筑边坡水平位移监测可采用全站仪交会法、断面法、极坐标法、卫星定位测量；竖向位移监测可采用水准测量、静力水准和电磁波测距三角高程测量方法；三维监测可采用地面三维激光扫描、近景摄影测量方法；深部位移观测可采用测斜法。

11.7.7 边坡监测频率应视边坡岩体类型、高度、坡度及季节变化等情况确定，并应符合下列规定：

1 在汛期、雨季、整治施工期宜每半月或每月监测 1 次，在旱季可每季监测 1 次；

2 当发现滑移速度增快，或遇暴雨、地震、解冻等特殊情况时，应提高监测频率，宜 1d~7d 监测 1 次；

3 当发现有大范围的滑移可能或有其他异常时，应在确保观测作业安全的前提下，提高观测频率；并立即将监测结果报告项目

委托方。

11.7.8 边坡监测后,应及时提交边坡监测报告。边坡监测报告应包含下列内容:

- 1 自然地理概况、边坡的特征;
- 2 监测点布置图;
- 3 观测成果表;
- 4 监测点位移综合曲线;
- 5 本次和历次累计最大位移量的点号、量值、速率、滑移方向及边界情况;
- 6 分析变形动态特征和发展趋势,做出边坡滑移预报,并及时预警。

11.8 建筑场地竖向位移监测

11.8.1 建筑场地竖向位移监测可分为相邻地基竖向位移监测和场地地面竖向位移监测两种。

11.8.2 建筑场地竖向位移监测点的点位选择应符合下列规定:

1 相邻地基竖向位移监测点宜选在建筑基础的边线或纵横轴线及延长线上,呈网格状,或通过建筑重心的轴线及延长线上,呈放射状;点位在建(构)筑物基础范围内应密集一些,基础范围外可逐渐由密到疏;点位布设在建筑基础深度的1.5倍~2.0倍的距离范围内,但需满足最外围观测点布设在竖向位移量为0的竖向位移临界点以外;

2 场地地面竖向位移监测点可在相邻地基竖向位移监测点外均匀布设,呈网格状、沿建筑四角辐射状或散点。

11.8.3 建筑场地竖向位移监测点标志可分为浅埋标和深埋标两种。浅埋标可采用普通水准标石或现场浇灌制作,标石底部应埋在冰冻层以下。深埋标可采用内管外加保护管的标石形式,埋深应与建筑基础深度相适应,并应砌筑带盖的窖井加以保护。

11.8.4 建筑场地竖向位移监测周期应根据不同任务要求、产生

沉降的不同情况以及沉降速率等具体分析确定,并应符合下列规定:

1 基础施工的相邻地基竖向位移监测,在基坑降水时和基坑土开挖过程中应每天观测 1 次;基础施工过程中,可每 2d~3d 观测 1 次,基础施工完毕水位恢复后可每周观测 1 次至回填土完工;

2 主体施工的地基竖向位移监测周期应符合本标准第 11.4 节的相关规定。

11.8.5 建筑场地竖向位移监测精度宜根据建筑场地及场地上各类建(构)筑物的等级,按不低于三等竖向位移监测精度确定执行。

11.8.6 建筑场地竖向位移监测宜采用水准测量方法进行,具体的作业方法和技术要求应按本标准第 11.1 节和第 11.3 节的相关规定执行。

11.8.7 建筑场地竖向位移监测应提交下列成果资料:

- 1 建筑场地竖向位移监测点平面布置图;
- 2 建筑场地竖向位移监测成果表;
- 3 相邻地基沉降的距离-沉降曲线;
- 4 场地地面等沉降曲线;
- 5 建筑场地竖向位移监测报告。

11.9 深层水平位移监测

11.9.1 深层水平位移监测宜采用在墙体或土体中预埋测斜管,并通过测斜仪观测各深度处水平位移。

11.9.2 测斜管宜采用 PVC 工程塑料管或铝合金管,直径宜为 45mm~90mm,管内应有两对相互垂直的纵向导槽。

11.9.3 用测斜仪观测深层水平位移时,测斜仪系统精度,一等不宜低于 0.10mm/m,二等、三等不宜低于 0.25mm/m,分辨率不宜低于 0.02mm/500mm。当测斜管埋设在围护墙体内时,测斜管长度不宜小于围护墙的深度;当测斜管埋设在土体中时,测斜管长度不宜小于基坑开挖深度的 1.5 倍,并应大于围护墙的深度。以测

斜管底作为固定起算点时,管底应嵌入稳定的土体中。

11.9.4 深层水平位移监测孔宜布置在被监测物具有影响和代表性的部位。监测点间距宜为 20m~50m,每边监测点数目不应少于 1 个。对于边长大于 50m 的基坑,每边可适当增设监测孔。

11.9.5 测斜管埋设应符合下列规定:

1 埋设前应检查测斜管质量,测斜管连接时应保证上、下管段的导槽相互对准、顺畅,各段接头及管底应保证密封;

2 测斜管埋设时应保持竖直,防止发生上浮、断裂、扭转;测斜管一对导槽的方向应与所需测量的位移方向保持一致;

3 当采用钻孔法埋设时,测斜管与钻孔之间的孔隙应填充密实。

11.9.6 测斜仪探头置入测斜管底后,应待探头接近管内温度后量测,自下而上按 0.5m 间距测出各导槽方向上的位移。每个监测方向均应进行正、反 2 次量测。

11.9.7 当以上部管口作为深层水平位移的起算点时,每次监测均应测定管口坐标的变化并修正。

11.9.8 深层水平位移监测应提交深层水平位移监测点平面布置图、深层水平位移监测成果表、深层水平位移监测过程曲线和深层水平位移监测报告等资料。

11.10 土体分层竖向位移监测

11.10.1 土体分层竖向位移可通过埋设磁环式分层沉降标,采用分层沉降仪量测;也可通过埋设深层沉降标,采用水准测量方法进行量测。

11.10.2 土体分层竖向位移监测点应布设在建(构)筑物地基中心附近、沿铅垂线方向上的各层土内。每一土层应设一点,最浅的点位应在基础底面下不小于 50cm 处,最深的点位应在超过压缩层理论厚度处或设在压缩性低的砾石或岩石层上。

11.10.3 土体分层竖向位移监测标志应由内管和保护管组成,内管

顶部的立尺部位应突出、光滑、唯一,材料应用耐腐蚀金属材料制作。

11.10.4 磁环式分层沉降标或深层沉降标应在基坑开挖前至少7d埋设。采用磁环式分层沉降标时,应保证沉降管安置到位后应与土层密粘牢固。

11.10.5 分层沉降观测应从基坑开挖后基础浇灌前开始,直至建(构)筑物竣工后沉降稳定为止。基础施工期间至少应在基坑开挖后、基础浇灌前、基础浇灌中间及基础施工完毕各观测1次;主体施工期间观测次数和间隔时间一般按建(构)筑物施工到不同高度、平台或加荷载情况确定。运行阶段的观测次数及时间间隔应视地基土类型和沉降速率大小而定。

11.10.6 土体分层竖向位移的初始值应在磁环式分层沉降标或深层沉降标埋设稳定后量测,稳定时间不应少于7d并获得稳定的初始值。

11.10.7 采用分层沉降仪量测时,每次测量应重复进行2次,2次读数较差不应大于1.5mm,并取其平均值作为测量结果。沉降仪的精度不宜低于1.5mm。采用深层沉降标结合水准测量方法时,水准测量仪器设备和作业技术要求应符合本标准第11.1节和第11.3节的相关规定。

11.10.8 采用分层沉降仪监测时,每次监测均应测定管口高程的变化,并换算出测管内各监测点的高程。

11.10.9 土体分层竖向位移监测不应低于三等竖向位移监测精度。

11.10.10 土体分层竖向位移监测应提交土体分层竖向位移监测点位布置图、土体分层竖向位移监测成果表、各土层荷载-沉降-深度曲线、各土层沉降量-填土高度时程曲线和土体分层竖向位移监测报告。

11.11 倾斜监测

11.11.1 建(构)筑物倾斜监测应根据现场观测条件和要求,选用

全站仪投点法,前方交会法,激光扫描技术,激光垂准法,正、倒垂线法和差异沉降法等。

11.11.2 建(构)筑物施工过程中及竣工验收前,宜对建(构)筑物上部结构或墙面、柱等进行倾斜观测。

11.11.3 建(构)筑物倾斜监测点的布设及标志设置应符合下列规定:

1 监测点宜布置在建(构)筑物角点、变形缝或抗震缝两侧的承重柱或墙上;

2 当测定顶部相对于底部的整体倾斜时,应沿同一竖直线分别布设顶部监测点和底部对应点;

3 当采用正、倒垂线法及激光垂准法观测时,应保证上、下测点之间具有良好的通视条件;

4 当由基础的差异沉降推算建(构)筑物倾斜时,监测点可采用同建(构)筑物竖向位移监测点;

5 建(构)筑物顶部的监测点标志宜采用固定觇牌或棱镜,墙体上的监测点标志可采用埋入式照准标志或粘贴反射片标志;

6 对不便埋设标志的塔形、圆形建(构)筑物,可粘贴反射片标志,也可照准视线所切同高边缘确定的位置或利用符合位置与照准要求的建(构)筑物特征部位。

11.11.4 施工期间倾斜监测周期和频率宜与竖向位移监测同步。

11.11.5 倾斜监测作业时,应避免风荷载影响大的时间段。对烟囱、冷却塔和水塔等高耸构筑物的倾斜监测应避免强日照时间段。

11.11.6 当从建(构)筑物外部进行倾斜观测时,应符合下列规定:

1 可采用全站仪投点法、前方交会法进行观测;采用全站仪投点法时,测站点宜选在与倾斜方向成正交的方向线上距照准目标 1.5 倍~2 倍目标高度的固定位置,测站点数量不宜少于 2 个;采用前方交会法时,应设置好定向点;当观测精度为二等及以上时,测站点和定向点应采用带有强制对中装置的观测墩;

2 对高耸建(构)筑物进行倾斜监测时,可采用地面三维激光扫描技术,但应考虑扫描分辨率及扫描仪至被扫描物体的距离。

11.11.7 当建(构)筑物顶部与底部之间的竖向通视良好时,可采用激光垂准观测法或正、倒垂线等方法进行倾斜监测。

11.11.8 当利用相对沉降量间接确定建(构)筑物倾斜时,可采用水准测量或静力水准测量等方法通过测定差异沉降来计算倾斜值及倾斜方向,并应符合本标准第 11.4 节的规定。

11.11.9 当需要测定建(构)筑物垂直度时,可采用与倾斜监测相同的方法。

11.11.10 倾斜观测应提交倾斜监测点布置图、倾斜监测成果表、倾斜曲线和倾斜监测报告等资料。

11.12 裂缝监测

11.12.1 建(构)筑物裂缝监测应测定裂缝的分布位置和裂缝的走向、长度、宽度及其变化情况,必要时应监测裂缝深度。

11.12.2 建(构)筑物裂缝监测点应选择有代表性的裂缝进行布置。对需要监测的裂缝应统一编号。当原有裂缝增大或出现新裂缝时,应及时增设监测点。

11.12.3 每条裂缝应至少布设 3 组监测标志,其中 1 组布设在裂缝的最宽处,另外 2 组分别布设在裂缝的末端。每组应使用 2 个对应的标志,分别设在裂缝的两侧。监测标志应具有可供量测的明晰端面或中心。标志的方向应垂直于裂缝。深度观测宜选在裂缝最宽的位置。

11.12.4 裂缝监测标志应跨裂缝牢固安装。标志可选用镶嵌式金属标志、粘贴式金属片标志、钢尺条、坐标格网板或专用量测标志等。标志安装完成后,应拍摄裂缝监测初期的照片。

11.12.5 裂缝监测方法应符合下列规定:

1 对数量少、量测方便的裂缝,可分别采用比例尺、小钢尺或游标卡尺等工具定期量出标志间距离求得裂缝变化值,或用方格

网板定期读取坐标差计算裂缝变化值；

2 对大面积,且不便于人工量测的众多裂缝宜采用前方交会或单片摄影方法监测；

3 当需要连续监测裂缝变化时,可采用裂缝计或传感器自动化数据采集方法监测；

4 对裂缝深度量测,当裂缝深度较小时,宜采用凿出法和单面接触超声波法监测；当深度较大时,宜采用超声波法监测。

11.12.6 裂缝宽度的量测精度不应低于 1.0mm,长度量测精度不应低于 10.0mm,深度量测精度不应低于 3.0mm。

11.12.7 每次观测应绘制裂缝的位置、形态和尺寸,标注监测日期,并拍摄裂缝照片。

11.12.8 当采用测缝传感器自动测记时,数据的观测、传输和保存应可靠,且应与人工监测数据比对。

11.12.9 裂缝观测周期应根据裂缝变化速率确定,开始时可每半个月测 1 次,以后每个月测 1 次。发现裂缝加大时,应提高观测频率。

11.12.10 裂缝监测应提交裂缝位置分布图、裂缝监测成果表、裂缝变化曲线和裂缝监测报告等资料。

11.13 挠度监测

11.13.1 当建(构)筑物基础和上部结构、大跨度构件、墙、柱等发生挠度变形或有要求时,应进行挠度监测。

11.13.2 挠度值测量中误差不应超过其变形允许值的 1/20。

11.13.3 挠度监测周期应根据荷载情况并结合设计和施工要求确定。

11.13.4 竖向的挠度观测应符合下列规定：

1 建筑基础挠度监测可与沉降观测同时进行。监测点应沿基础的轴线或边线布设,每一轴线或边线上不得少于 3 点。可采用水准测量方法。

2 对于大跨度构件等线形建筑的挠度监测,监测点应沿其表面左右两侧布设。可采用水准测量、静力水准测量和倾角仪观测等方法。

3 对于悬空横梁荷载挠度监测,监测点应沿横梁布设在同一水平线上,每一横梁不得少于3点。可采用三角高程测量方法,等级不应低于三等。

4 竖向的挠度值 f_s 应按式(11.13.4)计算,计算示意图见图 11.13.4:

$$f_s = \Delta S_{AB} - \frac{L_1}{L_1 + L_2} \Delta S_{AC} \quad (11.13.4)$$

式中: f_s ——竖向的挠度值(m);

ΔS_{AB} ——A、B 两点的沉降差(m);

ΔS_{AC} ——A、C 两点的沉降差(m);

L_1 ——A、B 两点间的水平距离(m);

L_2 ——B、C 两点间的水平距离(m)。

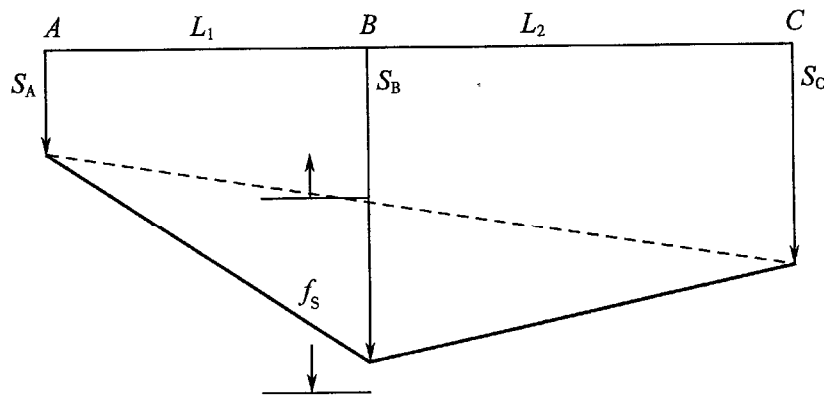


图 11.13.4 竖向的挠度值计算示意图

11.13.5 横向的挠度观测应符合下列规定:

1 对建筑上部结构、风机筒体、输电线路铁塔挠度监测,监测点应按建筑结构类型沿同一竖直方向在不同高度上布设,点的标志设置和观测方法应符合本标准第 11.11 节的规定。

2 对墙、柱等挠度观测,可采用本条第 1 款相同的方法;当具备作业条件时,也可采用挠度计、位移传感器等直接测定其挠度值。

3 横向的挠度值 f_H 应按式(11.13.5)计算,计算示意图见图 11.13.5:

$$f_H = \Delta S_{AB} - \frac{L_1}{L_1 + L_2} \Delta S_{AC} \quad (11.13.5)$$

式中: f_H ——横向的挠度值(m);

ΔS_{AB} ——A、B 两点的沉降差(m);

ΔS_{AC} ——A、C 两点的沉降差(m);

L_1 ——A、B 两点间的水平距离(m);

L_2 ——B、C 两点间的水平距离(m)。

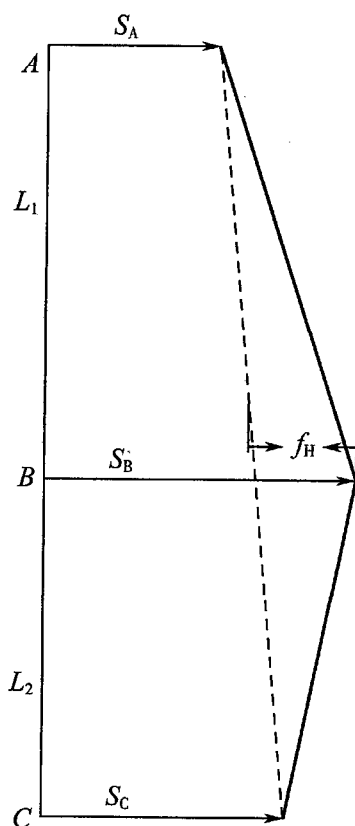


图11.13.5 横向的挠度值计算示意图

11.13.6 挠度观测应提交挠度观测点布置图、挠度观测成果表、挠度曲线和挠度观测技术报告等资料。

11.14 结构健康监测

11.14.1 结构健康监测应包括下列内容:

1 实时进行损伤检测,对结构出现的损伤进行定性、定位和定量分析;

2 对检测出的损伤进行原因分析,并提供维修建议等;

3 在新建的结构完工后使用前进行安全验证测试;

4 在结构突发事件之后进行剩余寿命评估。

11.14.2 结构健康监测应采用自动化健康监测系统采集结构及现场环境信息,并应通过分析结构的各种特征对结构健康状况进行评价。对重要结构宜同时采用常规监测手段。

11.14.3 结构健康监测应根据建筑结构的特点及监测要求、现场条件等选择监测内容及传感器,并应符合下列规定:

1 监测内容宜符合表 11.14.3 的规定。

表 11.14.3 结构健康监测内容

监测类别	监测内容
几何形变类	水平位移、沉降、倾斜、挠度等
结构反应类	应变、内力、速度、加速度等
环境参数类	温度、湿度、风速、地震等
外部荷载类	车速、车载等
材料特性类	锈蚀、裂缝、疲劳等

2 对几何形变类的监测,宜选择全站仪测量、静力水准测量、卫星定位测量、激光测量、近景摄影测量等方法。

3 对结构反映类、环境参数类、外部荷载类和材料特性类的监测,采用传感器的性能参数及技术要求等应符合现行国家有关标准的规定。

11.14.4 传感器应布置在能充分反映结构及环境特性的位置上,并应符合下列规定:

1 应布置在结构受力最不利处或已损伤处;

2 应利用结构对称性原则,优化传感器数量;

3 对重点部位应增加传感器;

4 应能缩短信号传输距离;

5 应便于安装和更换传感器。

11.14.5 结构健康监测频率应以能反映被监测的结构行为和结构状态,并满足分析评价要求为准则来确定。当需要对各监测点数据做相关分析时,应同步采集其数据。

11.14.6 对传感器采集数据应进行降噪处理,剔除由监测系统自身引起的异常数据。

11.14.7 整理各类监测数据,绘制各监测参数的变化状态曲线,分析趋势,对结构的应力、变形等参数的相关性分析,应符合本标准和现行国家有关标准的规定。对于风险较大的结构,宜建立有限元模型,根据实测参数反算结构其他参数的符合性,评估结构的安全状况。根据安全评估结果应进行相应的安全预警。

11.14.8 结构健康监测应提交结构健康监测技术方案、结构健康监测成果和结构健康监测报告等资料。

11.15 监测项目控制值和预警

11.15.1 电力工程变形监测应根据工程特点、监测项目控制值、当地施工经验等制定监测预警等级和预警标准。

11.15.2 电力工程施工图设计文件应明确监测项目的控制值,并应符合下列规定:

1 监测项目控制值应根据不同施工方法特点、周围岩土体特征、周边环境保护要求,结合当地工程经验进行确定,并应满足监测对象的安全状态得到合理、有效控制的要求;

2 基坑和隧道工程支护结构监测项目控制值应根据工程监测等级、支护结构特点及设计计算结果等进行确定;

3 基坑和隧道周边环境监测项目控制值应根据环境对象的类型与特点、结构形式、变形特征、已有变形、正常使用条件及国家现行有关标准的规定,并结合环境对象的重要性、易损性及相关单位的要求等进行确定;

4 对重要的、特殊的或风险等级较高的环境对象的监测项目

控制值,应在现状调查与检测的基础上,通过分析计算或专项评估进行确定;

5 周围地表沉降等岩土体变形控制值应根据岩土体的特性,结合支护结构工程自身风险等级和周边环境安全风险等级等进行确定;

6 监测等级高、工况条件复杂的工程宜针对不同的工况条件确定监测项目控制值,按工况条件控制监测对象的状态。

11.15.3 现场巡查过程中,发现下列警情之一时,应根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度按预警管理制度报警。

1 基坑、隧道支护结构出现明显变形、较大裂缝、断裂、较严重渗漏水、隧道底鼓,支撑出现明显变位或脱落、锚杆出现松弛或拔出等;

2 基坑、隧道周围岩土体出现涌砂、涌土、管涌,较严重渗漏水、突水,滑移、坍塌,基底较大隆起等;

3 周边地表出现突然明显沉降或较严重的突发裂缝、坍塌;

4 建(构)筑物周边环境出现危害正常使用功能或结构安全的过大沉降、倾斜、裂缝等;

5 周边地下管线变形突然明显增大或出现裂缝、泄漏等;

6 根据当地工程经验判断应进行警情报送的其他情况。

11.15.4 监测项目控制值应由监测项目的累计变化量和变化速率值共同控制。

11.15.5 电力工程施工过程中,当监测数据达到监测项目控制值或连续 3d 超过该值的 2/3 时,应进行预警。

11.15.6 在工程安全风险处置结束后,监测数据变化持续在规定的控制值内,预警部位已不影响施工安全、结构安全和周边环境安全,且不存在后期大的监测数据变化可能时,可消警。

11.16 在线变形监测系统

11.16.1 在线变形监测系统可适用于电力工程的建(构)筑物位

移、隧道、基坑、大坝、边坡等高精度的变形监测。

11.16.2 在线变形监测系统应具有 24h 实时监测、数据自动采集、数据传输、数据信息化管理、报表推送及发布、变形趋势分析和分级预警等功能。

11.16.3 在线变形监测系统可由变形监测数据自动采集装置、采集传输装置及其配套的数据分析处理软件等组成。

11.16.4 变形监测数据自动采集装置可包括测量机器人和传感器。传感器可分为应力应变类、位移变形类、压力类、倾斜倾角类、环境类等传感器。变形监测传感器分类应符合表 11.16.4 的规定。

表 11.16.4 变形监测传感器分类

序号	传感器种类	适用范围
1	卫星定位系统、全自动全站仪、激光位移传感器、位移计	水平位移、竖向位移
2	应变仪	应力、应变
3	倾角仪、静力水准仪	挠度位移
4	倾斜仪	倾斜
5	裂缝计	裂缝
6	风速风向传感器、温湿度计、雨量计	气象环境
7	视频系统	现场监测

11.16.5 在线变形监测系统应根据变形监测内容、精度要求和现场条件等选择变形监测传感器种类。传感器布设位置应能缩短信号传输距离和便于安装、标定和更换传感器,并能确保传感器的生存率。

11.16.6 采集传输装置应能自动采集各类传感器数据并保存现场数据,现场数据可实时显示、传输读取及便于现场设备调试。数据采集仪选择应符合下列规定:

1 应能适应现场气候环境并正常工作;

- 2 应具有防水、防雷、抗干扰能力；
- 3 应具网络传输、无线数据传输、光缆传输、公共移动网络传输等多种数据传输方式；
- 4 应具有灵活的采集数据方式：自报方式、召测方式、单机存储方式等多种方式组合；
- 5 应可支持多种类传感器，能接入超过 30 个变形传感器，能即插即用；
- 6 应具有组网结构能力。

11.16.7 数据传输模块应具有现场网络数据通信和远程通信功能。数据传输方式选择应符合下列规定：

- 1 现场数据通信可采用电缆、光纤和无线传输等形式；
- 2 对于远程通信可采用因特网；
- 3 系统可组网式传输。

11.16.8 在线变形监测系统应根据现场条件，建立供电、防雷、保护设施的辅助支持装置。系统供电可根据现场条件选择市电、太阳能和蓄电池备用电源等供电模式。

11.16.9 数据分析处理软件应能对监测数据实行管理、查询、分析等操作，对数据异常及故障能进行显示和报警。数据分析处理软件应包含下列主要功能：

- 1 管理功能宜包括工程用户管理、工程文档管理、监测信息管理、自动化运行管理、监测数据管理等；
- 2 查询功能宜包括测点信息查询、监测断面查询、单元配置查询、单元状态查询、监测数据查询、监控指标查询；
- 3 分析功能宜包括统计模型分析、监控指标分析、监测数据评判、相关图分析、分布图分析、直观分布图等；
- 4 输出功能应包括数据曲线、数据报表输出、发布；
- 5 功能预警应能多级预警；
- 6 数据备份功能。

11.16.10 在线变形监测系统的建立应编制具体实施方案。

11.17 变形监测结果及信息反馈

11.17.1 变形监测数据整理应符合下列规定：

1 每次工作完成后,应对监测数据及时进行检查、整理并填写监测成果报表;

2 应根据监测数据计算变形体的变形量、变形速率等,绘制变形时态等曲线图;

3 根据变形时态曲线形态,应对监测成果进行回归分析,并结合变形体和施工环境现状预测变形体的变形趋势;

4 编写管理部门规定的其他内容。

11.17.2 监测单位应定期向委托方、监理方等单位提交包括各种图表、变形和变形趋势分析、结论与建议等内容的阶段性总结报告。

11.17.3 当监测变形值达到报警标准时,应及时上报,并启动应急变形监测方案。

11.17.4 变形监测信息反馈应符合下列规定：

1 应建立变形监测信息反馈体系;

2 根据变形体变形程度和可能产生的安全隐患,应规范变形监测信息的等级以及不同等级监测信息的反馈渠道;

3 上报的各级监测信息应及时处理。

11.17.5 监测数据采集、处理、分析、查询和管理宜建立变形监测信息数据处理和管理系统平台。

12 竣工测量

12.1 一般规定

12.1.1 电力工程施工完成后,宜进行竣工测量并配合设计进行竣工图编绘。

12.1.2 竣工图的比例尺、坐标及高程系统、图幅大小、注记、线条规格应与原设计图一致;图例符号应符合现行国家标准《总图制图标准》GB/T 50103 的规定。

12.1.3 竣工图应根据原有设计施工图、设计变更通知单、工程联系单、施工跟踪测量记录、竣工测量成果以及其他相关资料,在原有施工图纸的基础上进行编绘。当资料与实地不符时,应进行实测。

12.2 火力发电厂、变电站和换流站竣工测量

12.2.1 火力发电厂、变电站和换流站竣工测量前,应搜集下列资料:

- 1 总平面布置图;
- 2 施工设计图;
- 3 设计变更文件;
- 4 施工检测记录;
- 5 竣工测量质量文件;
- 6 其他相关资料。

12.2.2 竣工图应真实反映工程竣工后的地形以及建(构)筑物、沟道、管线、道路、铁路等地上及地下设施实际位置、标高、尺寸等的状况。

12.2.3 竣工测量控制点、地形点高程注记位数以及等高距按

相应比例尺地形图要求执行。图中所注细部点坐标及标高成果,应精确到 1cm;其他如图幅、图例式样等,应与原有施工图纸一致。

12.2.4 竣工测量应在原有施工控制点上进行。竣工测量实施前,应进行原有施工控制点检核测量。其成果与已有成果的比较限差应符合表 12.2.4 的要求,否则应按原施测精度予以恢复。

表 12.2.4 原有施工控制点检核测量的限差

检核测量的精度等级	边长较差相对误差	角度较差(")
一级导线	1/20000	12
二级导线	1/10000	20

12.2.5 竣工测量应包括常规地形测量、细部点坐标高程测量等内容。常规地形测量应符合本标准第 7.2 节的规定,必要时按要求加测管线、道路等的纵、横断面。细部点密集时,宜分项编制单独的细部点成果图表。

12.2.6 细部点坐标宜采用全站仪极坐标法测量,水平角、天顶距各半测回,距离一次读数。主要细部点的坐标测量误差应符合本标准表 7.3.11 的规定。

12.2.7 细部点的高程测量宜采用水准测量。当采用三角高程测量时,所用全站仪垂直度盘指标差不应超过 1'。主要细部点相对邻近测站点的高程测量误差应符合表 12.2.7 的规定。

表 12.2.7 主要细部点相对邻近测站点高程测量误差

细部点类别	中误差(cm)	检查较差(cm)
室内外地坪、铁路轨顶、基础与基座、沟管检查井	±2	±5
支架顶面	±3	±8

12.2.8 细部坐标及高程测量的内容应符合表 12.2.8 的规定,对按图施工部分可抽样检测其平面和高程精度。有特殊要求时,可与业主、监理或设计协商确定测量内容。

表 12.2.8 细部坐标及高程测量内容

类别		细部坐标	细部高程
建(构) 筑物	矩形	主要棱角,大型的不少于 3 点	主厂房墙角散水及室内外 地坪标高
	圆形	中心	基础面或散水地面
冷却池、贮灰池		池堤顶内侧	池堤顶面及池底
地下管线		起讫、转、交点以及主要井 位中心	地面、井面、上水管顶、下 水管底、地沟底
架空管线		起讫、转、交点的支架中心	主要支架的基础面或地面
电力线		铁塔中心及起讫、转点	地面
铁路		车挡、岔心、进厂房的交点	车挡、岔心、轨顶在图上每 隔 5cm~10cm 测 1 点
道路		干线的交点及起、迄点	变坡处及直线段在图上每 隔 5cm~10cm 测 1 点
桥梁、涵洞		大型的测四角、中小型的 测中心线两端	测细部坐标的,涵洞需测 进、出口的底高和顶高
构架		主要构架两端	地坪标高
变电、配电装置		基础中心	基础顶面
避雷针		中心	地坪标高

12.2.9 对测定的细部坐标点,除根据所测量设施固有的几何关系判定是否正确外,应选取部分进行校核。点间实测距离与反算距离的差值不应超过表 12.2.9 的要求。

表 12.2.9 细部坐标点间实测距离与反算距离的较差 (cm)

类别	主要建(构)筑物	一般建(构)筑物
较差	$7+S/2000$	$10+S/2000$

注:表中 S 为细部坐标点间距离,单位 cm。

12.3 输电线路竣工测量

I 架空输电线路竣工测量

12.3.1 输电线路工程竣工测量前,应搜集下列资料:

- 1 施工图设计阶段形成的施工图及设计说明;
- 2 设计变更文件;
- 3 输电线路路径图、塔位图、杆塔一览表及相关塔位信息资料;
- 4 平断面图、明细表、交叉跨越一览表;
- 5 电厂、变电站或换流站进出线平面图;
- 6 施工检测记录;
- 7 工程验收记录;
- 8 其他相关资料。

12.3.2 输电线路竣工测量应绘制竣工图,并符合下列规定:

- 1 对线路中心线两侧各 50m 或特高压线路两侧各 75m 范围内有影响的建(构)筑物、道路、管线、河流、水库、水塘、水沟、渠道、坟地、悬岩、陡壁等平面图上均应表述;
- 2 线路通过森林、一般林区、果园、苗圃、农作物及经济作物区时,应标注边界、名称、树种、树高及密度;
- 3 线路跨越的地上、地下通信及电力电缆应标注,线路平行已有电力线、通信线、地下电缆时,也应详细标注;
- 4 边线及风偏断面数据应翔实。

12.3.3 施工过程中发生较大变更或资料缺失较多时,应进行实测。

12.3.4 输电线路竣工测量仪器、方法及其他技术要求,应符合相关测量要求。

12.3.5 输电线路竣工测量应在施工图设计阶段的测量控制点上进行;当测量控制点被破坏时,应进行恢复。

12.3.6 对已有资料应进行必要的校测,满足要求方可使用,否则

应重新测量。

II 地下电力电缆竣工测量

12.3.7 地下电力电缆竣工测量前,应搜集下列资料:

- 1 施工图设计阶段形成的施工图及设计说明;
- 2 设计变更文件;
- 3 测量控制点、地下电力电缆路径带状地形图等信息资料;
- 4 地下电力电缆平断面图、地下管线报批红线图;
- 5 施工检测记录;
- 6 工程验收记录;
- 7 其他相关资料。

12.3.8 地下电力电缆竣工测量应符合下列规定:

- 1 地下电力电缆竣工测量应基于施工设计图,其坐标系统应与施工设计图一致;
- 2 地下电力电缆中心线两侧各 20m 范围内的建(构)筑物、道路、地下管网、河流、障碍物等应在竣工图上表述;
- 3 地下电力电缆中心与地下管网交叉处应实测高程;
- 4 地下电力电缆施工图设计信息应翔实。

12.3.9 施工过程中发生较大变更或编绘资料缺失较多时,应进行实测。

12.3.10 地下电力电缆竣工测量仪器、方法及其他技术要求,应符合相关测量要求。

12.3.11 地下电力电缆竣工测量,应在施工图设计阶段的测量控制点上进行。当测量控制点被破坏时,应进行恢复。

12.3.12 对已有资料应进行必要的校测,满足要求方可使用,否则应重新测量。

III 海底电力电缆竣工测量

12.3.13 海底电力电缆竣工测量前,应搜集下列资料:

- 1 施工图设计阶段形成的施工图及设计说明;
- 2 设计变更文件;

3 水下地形图、电缆路由区登陆段送端与受端的地形图等信息资料；

4 海底电力电缆中心线各相平断面图；

5 施工检测记录；

6 工程验收记录；

7 其他相关资料。

12.3.14 海底电力电缆竣工图测量应符合下列规定：

1 对海底电力电缆附近的障碍物和海底状况进行表示；

2 对裸露的电缆的平面位置、裸露高度、悬跨长度、设计路由偏差等信息进行表示；

3 调查出海底电力电缆管道保护层的外观信息。

12.3.15 海缆竣工测量可利用施工设计图。海缆竣工图应标注海缆登陆点、路由拐点、路由中与其他海底管线交越点的实际坐标，以及海缆路由的实际水深数据。在竣工图中可采用表格形式标注海缆实际路由坐标和埋深，标注点的间距可按照设计方和建设方的要求确定，或在 100m~500m 范围内选定。

12.4 风力发电场和太阳能发电站竣工测量

12.4.1 风力发电场和太阳能发电站竣工测量前，应搜集下列资料：

1 施工图设计阶段形成的施工图及设计说明；

2 设计变更文件；

3 风力发电场地形图、风机位地形图、太阳能发电站站址地形图、升压站地形图及进场道路地形图等相关地形资料；

4 施工检测记录；

5 工程验收记录；

6 其他相关资料。

12.4.2 风力发电场和太阳能发电站竣工测量应符合下列规定：

1 风力发电场和太阳能发电站竣工图内容应翔实；

2 风机位、太阳能发电站及升压站,应按照实际竣工位置和形状进行绘制;

3 进场站道路的起终点、交叉点,应注明中心点的坐标及高程,弯道处应注明交角、半径及交点坐标,路面应注明宽度及铺装材料;

4 测量控制点、地形图高程注记以及等高距应按照相应比例尺要求执行;

5 竣工测量应在原施工控制点上进行,施测要求应符合本标准第 12.2.7 条的规定;

6 细部点测量宜采用全站仪测量;细部点坐标与高程测量误差应符合本标准第 12.2.9 条和第 12.2.10 条的规定。

12.4.3 施工过程中发生较大变更或编绘资料缺失较多时,应进行实测。

12.4.4 对已有资料应进行必要的校测,满足要求方可使用,否则应重新测量。

附录 A 平面坐标转换计算

A.0.1 当采用坐标与国家坐标、城市坐标、建筑坐标等联测时，联测精度不应低于两套坐标中较低精度等级要求，联测点数不得少于 2 点，联测后按式(A.0.1-1)、式(A.0.1-2)换算，两套坐标关系图见图 A.0.1。

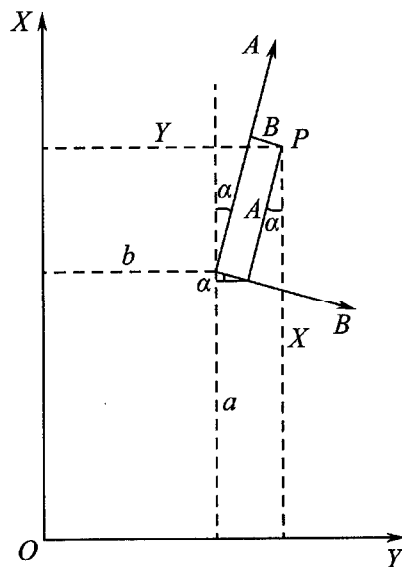


图 A.0.1 两套坐标关系图

1 由建筑坐标换算到国家坐标按下列公式计算：

$$\left. \begin{aligned} X &= a + A \cdot \cos\alpha - B \cdot \sin\alpha \\ Y &= b + A \cdot \sin\alpha + B \cdot \cos\alpha \end{aligned} \right\} \quad (\text{A.0.1-1})$$

2 由国家坐标换算到建筑坐标按下列公式计算：

$$\left. \begin{aligned} A &= (X - a) \cos\alpha + (Y - b) \sin\alpha \\ B &= (Y - b) \cos\alpha - (X - a) \sin\alpha \end{aligned} \right\} \quad (\text{A.0.1-2})$$

式中：A、B——建筑坐标(m)；

X、Y——国家坐标(m)；

a、b——建筑坐标系原点在国家坐标系中的坐标，可按式

(A. 0. 1-3)计算(m);

α ——两坐标系坐标方位角之差,可用同一条边的国家坐标系和建筑坐标系的坐标方位角之差求得,可按式(A. 0. 1-4)计算,单位为弧度或度。

$$\left. \begin{aligned} a &= X - A \cdot \cos\alpha + B \cdot \sin\alpha \\ b &= Y - A \cdot \sin\alpha - B \cdot \cos\alpha \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 0. 1-3})$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \alpha_{12} - \alpha'_{12} \\ \alpha_{12} &= \arctg \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \\ \alpha'_{12} &= \arctg \frac{B_2 - B_1}{A_2 - A_1} \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 0. 1-4})$$

A. 0. 2 当两坐标系统中长度相对误差大于 1 : 10000 时,在坐标换算公式中应加入长度比 K ,加入长度比 K 后的换算公式如下:

由建筑坐标换算到国家坐标按下列公式计算:

$$\left. \begin{aligned} X &= a + K \cdot A \cdot \cos\alpha - K \cdot B \cdot \sin\alpha \\ Y &= b + K \cdot A \cdot \sin\alpha + K \cdot B \cdot \cos\alpha \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 0. 2-1})$$

由国家坐标换算到建筑坐标按下列公式计算:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{1}{K}(X - a)\cos\alpha + \frac{1}{K}(Y - b)\sin\alpha \\ B &= \frac{1}{K}(Y - b)\cos\alpha - \frac{1}{K}(X - a)\sin\alpha \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 0. 2-2})$$

式(A. 0. 2-1)和式(A. 0. 2-2)中 a 、 b 按下列公式计算:

$$\left. \begin{aligned} a &= X - K \cdot A \cdot \cos\alpha + K \cdot B \cdot \sin\alpha \\ b &= Y - K \cdot A \cdot \sin\alpha - K \cdot B \cdot \cos\alpha \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 0. 2-3})$$

K 尽量取多个数据的平均值, K 可按下列公式计算:

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{S_g}{S_j} \\ S_j &= \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2} \\ S_g &= \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 0. 2-4})$$

附录 B 平面控制点标志及标石

B.1 平面控制点标志

B.1.1 三等、四等平面控制标志可采用磁质或耐腐蚀金属等材料制作,其规格如图 B.1.1-1 和图 B.1.1-2 所示。

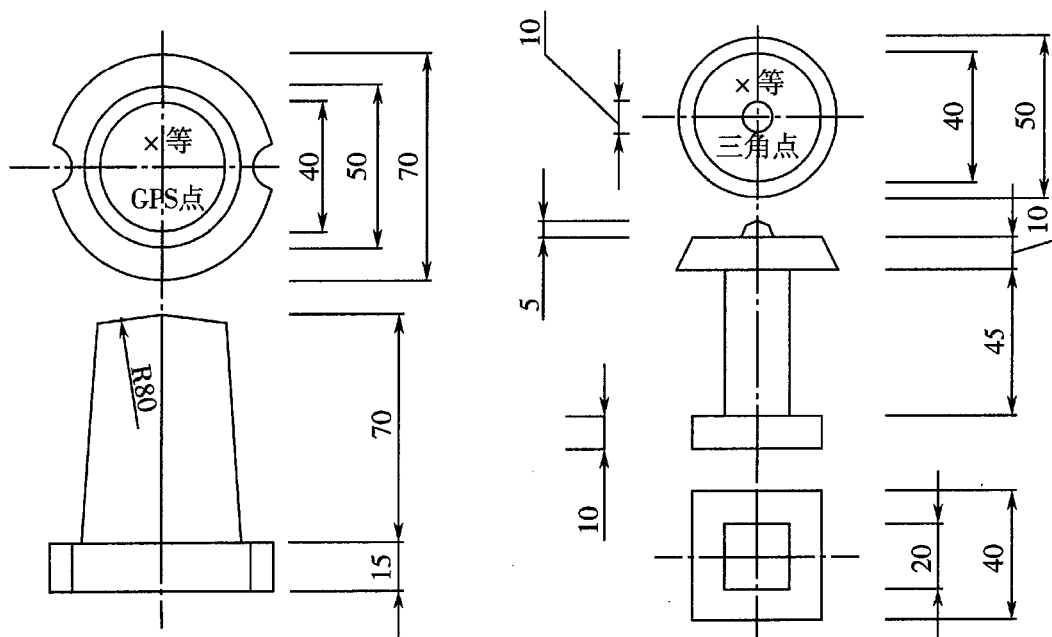


图 B.1.1-1 磁质标志(mm)

图 B.1.1-2 金属质标志(mm)

B.1.2 一级、二级平面控制点标志可采用 $\phi 14 \sim \phi 20$ 、长度为 30cm~40cm 的普通钢筋制作,钢筋顶端应锯“+”字标记,距底端约 5cm 处应弯成勾状。

B.2 平面控制标石埋设

B.2.1 三等、四等平面控制点标石规格及埋设结构图,如图 B.2.1 所示,冻土和岩石裸露地区的标石应根据具体情况另行设计。

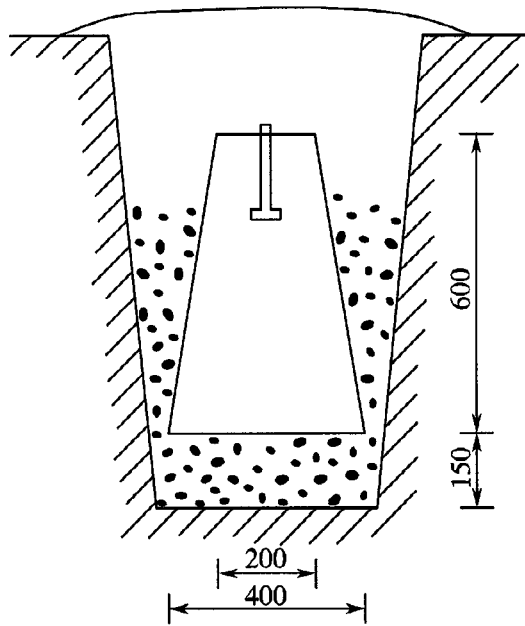


图 B. 2. 1 三等、四等平面控制点标石规格(mm)

B. 2. 2 一级、二级平面控制点标石规格及埋设结构图, 如图 B. 2. 2 所示。

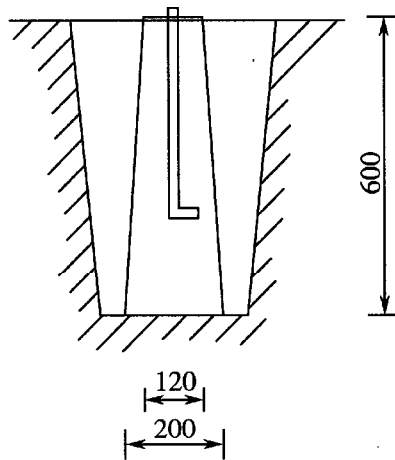


图 B. 2. 2 一级、二级平面控制点标石规格(mm)

B. 3 建筑方格网点标石规格及埋设

B. 3. 1 建筑方格网点标石形式、规格及埋设应符合图 B. 3. 1 的规定, 标石顶面宜低于地面 200mm~400mm, 并砌筑井筒加盖保护。

B. 3. 2 方格网点平面标志镶嵌铜芯表示, 铜芯直径应为 1mm~2mm。

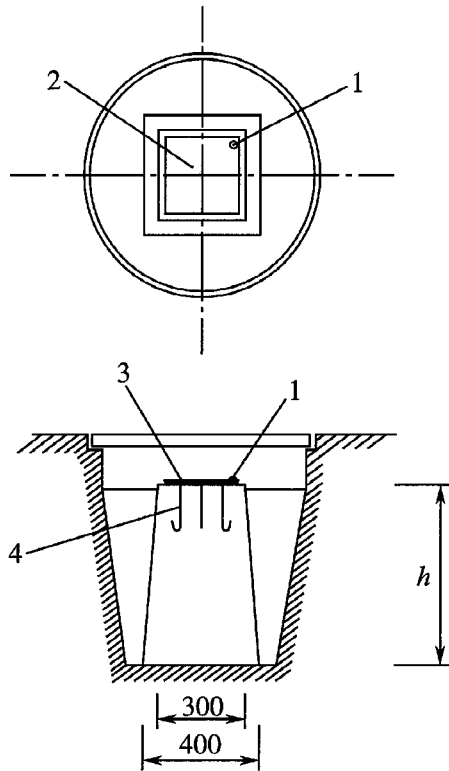


图 B. 3. 1 建筑方格网点标石形式、规格及埋设(mm)

1— $\phi 20\text{mm}$ 铜质半圆球高程标志; 2— $\phi 1\text{mm} \sim \phi 2\text{mm}$ 铜芯平面标志; 3— $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 5\text{mm}$ 标志钢板; 4—钢筋爪; h —埋设深度, 根据地冻线和场地平整的设计高程确定

B. 4 建(构)筑物控制点和预埋件规格

B. 4. 1 控制点埋件规格见图 B. 4. 1-1, 控制点基础规格见图 B. 4. 1-2。

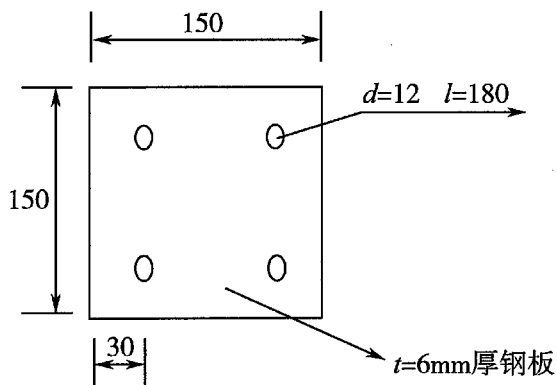


图 B. 4. 1-1 控制点埋件规格(mm)

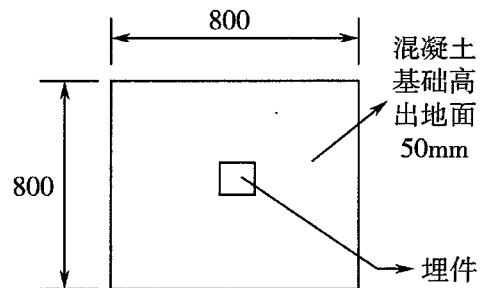


图 B. 4. 1-2 控制点基础规格(mm)

B. 5 变形监测观测墩结构图

B. 5.1 变形监测观测墩结构图如图 B. 5.1 所示。

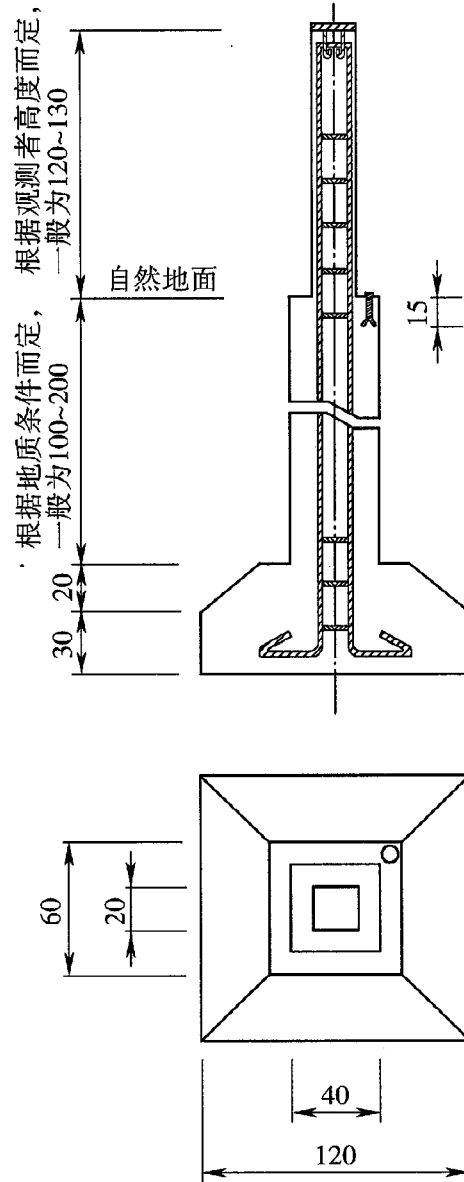


图 B. 5.1 变形监测观测墩结构图(cm)

B. 5.2 墩面尺寸可根据强制归心装置尺寸而定。

附录 C 高程控制点标志及标石

C.1 高程控制点标志

C.1.1 水准点的圆球部应采用铜或不锈钢材料制作,圆盘和根络可用普通钢材,其规格如图 C.1.1 所示。

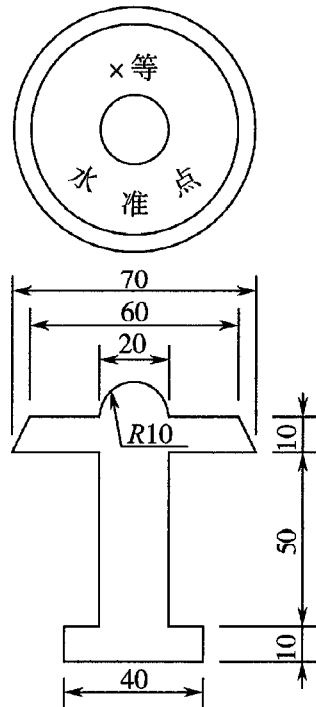


图 C.1.1 水准标志图(mm)

C.1.2 三等、四等水准点及四等以下高程控制点可利用平面控制点点位标志。

C.1.3 墙脚水准点标志制作和埋设规格结构图,如图 C.1.3 所示。

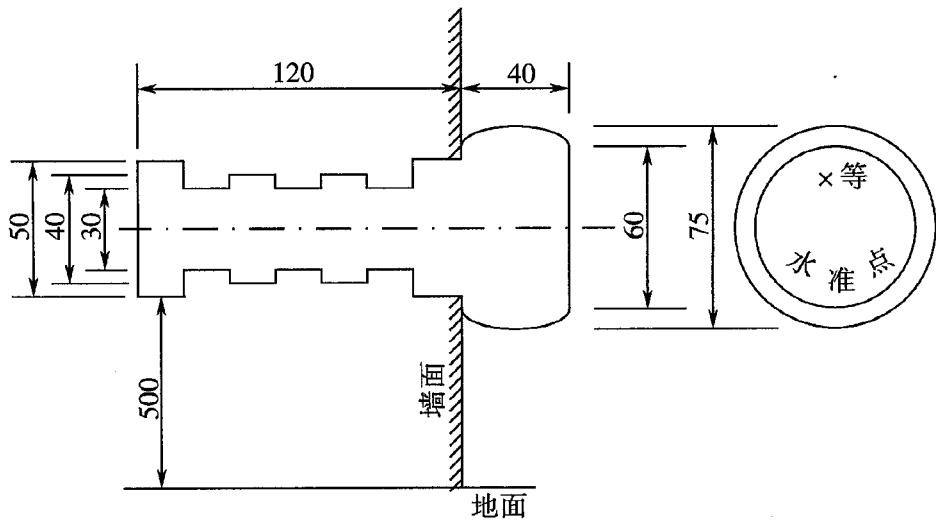


图 C. 1. 3 墙角水准标志图(mm)

C. 2 水准点标石埋设

C. 2. 1 二等、三等水准点标石可采用混凝土柱普通水准标石(规格及埋设结构图见图 C. 2. 1-1, 沙漠地区混凝土柱普通水准标石基座边长应扩大至 1. 0m), 也可采用钢管普通水准标石(规格及埋设结构图见图 C. 2. 1-2)。

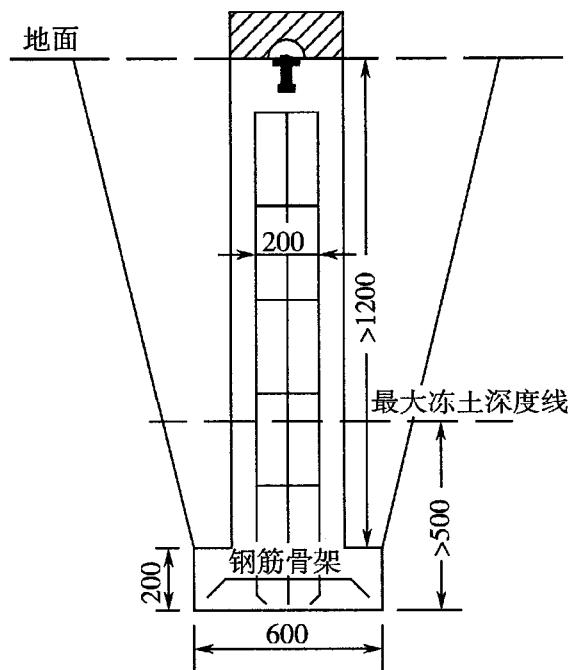


图 C. 2. 1-1 混凝土柱普通水准标石(mm)

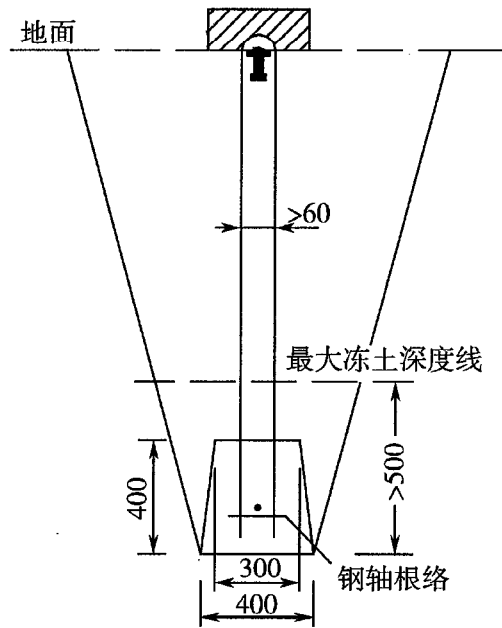


图 C. 2. 1-2 钢管普通水准标石(mm)

C. 2. 2 冻土地区的标石规格和埋设深度,可自行设计。

C. 3 深埋水准点结构图

C. 3. 1 测温钢管式深埋水准点规格及埋设结构图,如图 C. 3. 1 所示。

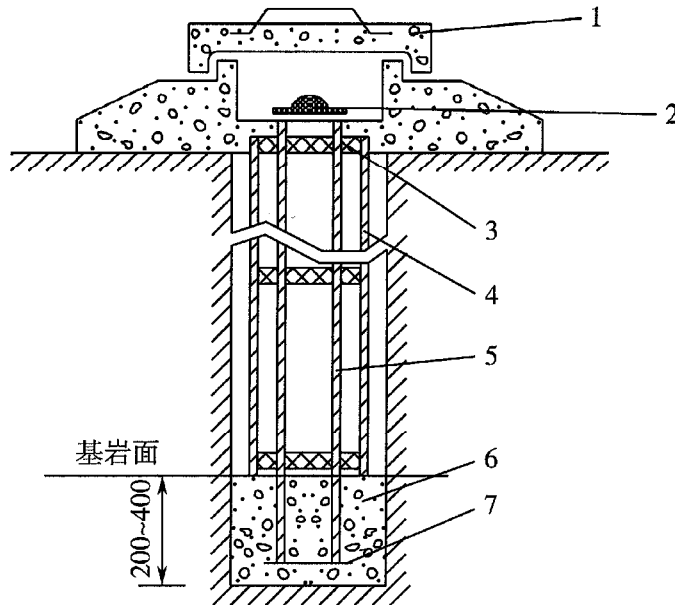


图 C. 3. 1 测温钢管式深埋水准点规格及埋设结构图(cm)

1—标盖;2—标心(有测温孔);3—橡皮环;4— $\phi 12 \sim \phi 15$ 钻孔保护钢管;5— $\phi 5 \sim \phi 7$ 心管(钢管);6—混凝土(或 M20 水泥砂浆);7—心管封底钢板与根络

C.3.2 双金属标深埋水准点规格及埋设结构图,如图 C.3.2 所示。

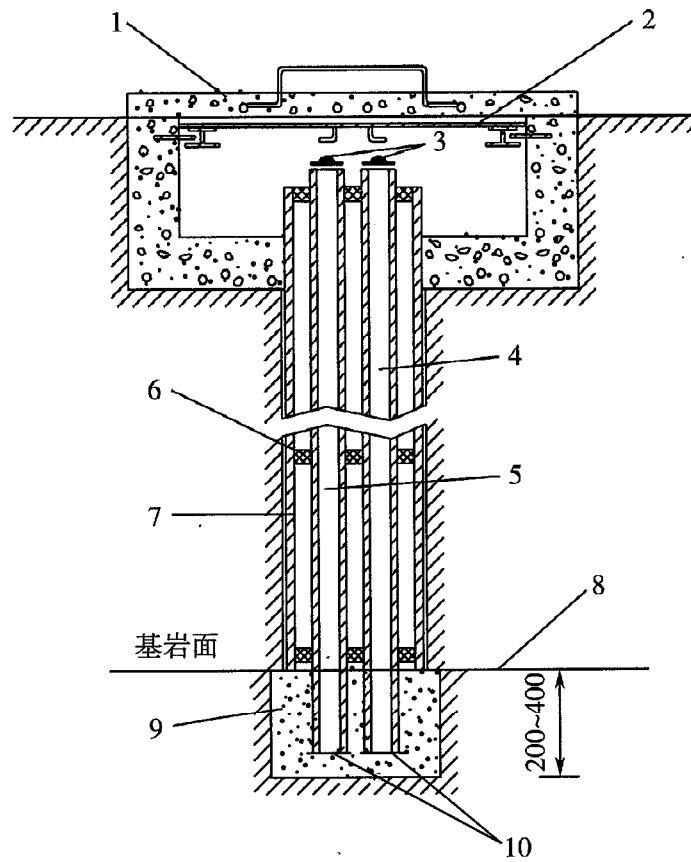


图 C.3.2 双金属标(cm)

1—钢筋混凝土标盖,2—钢板标盖,3—标心;4—钢心管;5—铝心管;6—橡胶环;7—钻孔
保护钢管;8—基岩面;9—M20 水泥砂浆;10—心管底板与根络

附录 D 地下平面控制点标志

D.0.1 隧道内平面控制点标志,如图 D.0.1 所示。

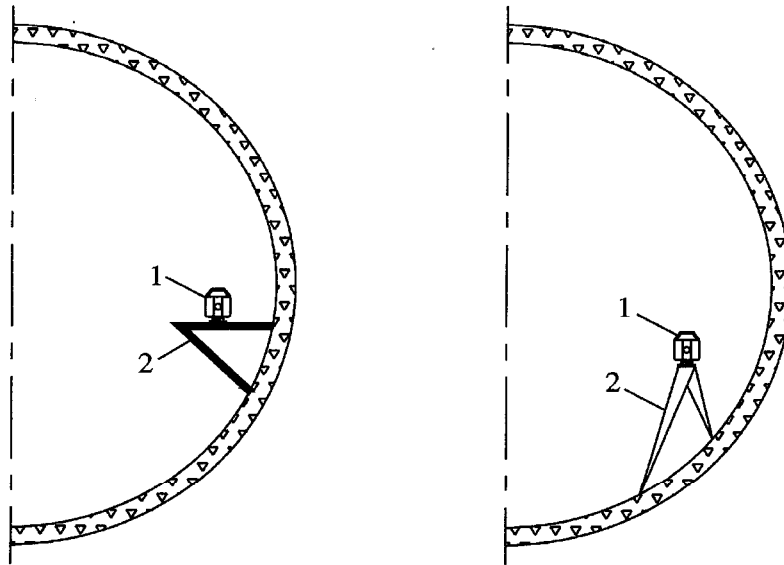


图 D.0.1 隧道内平面控制点标志

1—仪器;2—测量支架

D.0.2 隧道内施工导线点“吊篮”标志,如图 D.0.2 所示。

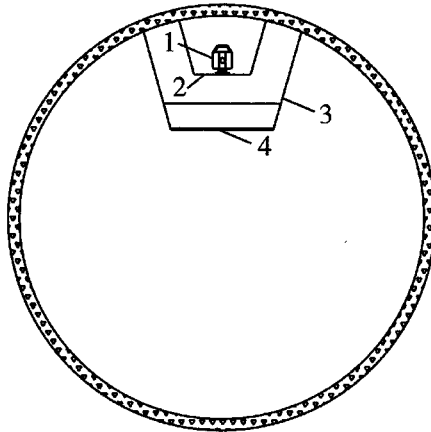


图 D.0.2 隧道内施工导线点“吊篮”标志

1—仪器;2—仪器架设平台;3—护栏;4—观测站人平台

附录 E 子午线收敛角计算

E. 0.1 子午线收敛角可根据某点的高斯平面坐标 (x, y) 按式(E. 0.1)计算。

$$\gamma = K \cdot y \quad (\text{E. 0.1})$$

式中： y ——点的横坐标(km)；

K ——系数，以纵坐标 x 为引数由表 E. 0.1 中查取， x 单位为 km；

γ ——子午线收敛角，单位为分。子午线收敛角的符号由该点的位置来确定，在中央子午线以东为正，以西为负。

表 E. 0.1 子午线收敛角系数 K 值表

$x(\text{km})$	K	Δ	$x(\text{km})$	K	Δ	$x(\text{km})$	K	Δ	$x(\text{km})$	K	Δ
100	0.0085	85	1600	0.1390	91	3100	0.2865	110	4600	0.4768	153
200	0.0170	85	1700	0.1481	92	3200	0.2975	111	4700	0.4921	157
300	0.0255	86	1800	0.1573	93	3300	0.3086	114	4800	0.5078	162
400	0.0341	86	1900	0.1666	93	3400	0.3200	116	4900	0.5240	167
500	0.0426	86	2000	0.1759	95	3500	0.3316	118	5000	0.5407	172
600	0.0512	86	2100	0.1854	95	3600	0.3434	120	5100	0.5579	178
700	0.0598	86	2200	0.1949	97	3700	0.3554	123	5200	0.5757	184
800	0.0684	87	2300	0.2046	97	3800	0.3677	125	5300	0.5941	190
900	0.0771	87	2400	0.2143	99	3900	0.3802	129	5400	0.6131	197
1000	0.0858	87	2500	0.2242	100	4000	0.3931	131	5500	0.6328	205
1100	0.0945	88	2600	0.2342	102	4100	0.4062	134	5600	0.6533	212
1200	0.1033	88	2700	0.2444	103	4200	0.4196	138	5700	0.6745	222
1300	0.1121	89	2800	0.2547	104	4300	0.4334	141	5800	0.6967	230
1400	0.1210	90	2900	0.2651	107	4400	0.4475	144	5900	0.7197	240
1500	0.1300	90	3000	0.2753	107	4500	0.4619	149	6000	0.7437	248

例：

已知 $x=4168\text{km}$, $y=151\text{km}$, 求 γ 。

由表 E. 0. 1 中查得： $K=0.4062+0.0134\times 0.68=0.4153$

故 $\gamma=0.4153\times 151=62.71'=1^{\circ}02'43''$

附录 F 由主厂房建立建筑坐标系统

F.0.1 由主厂房外墙角建立建筑坐标系统可采用下列方法：

1 如图 F.0.1 所示，I-1、I-2、I-3 为导线点，从 I-1 测定墙角 1，从 I-2 测定墙角 2，按极坐标法按一级导线测量技术要求测量角度与边长；

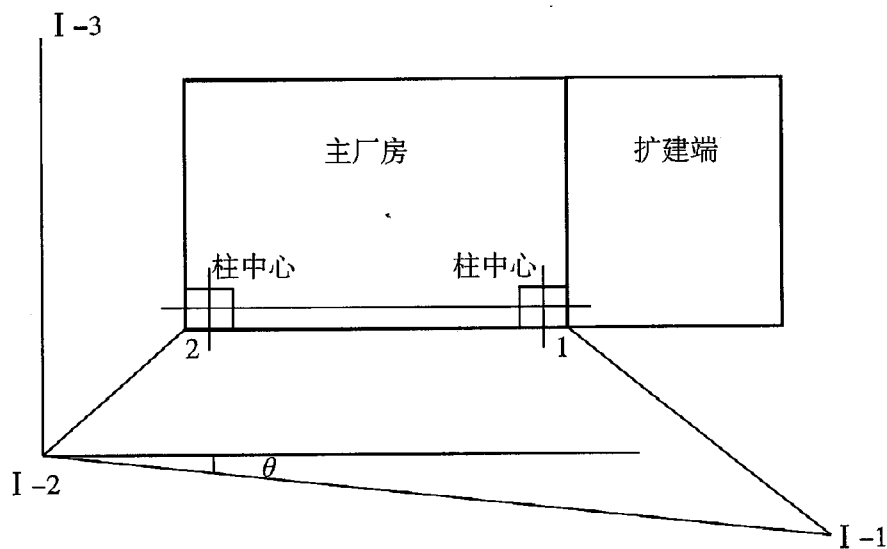


图 F.0.1 由主厂房外墙角建立建筑坐标系统示意图

2 先假设 I-1 的坐标和 I-1 至 I-2 的方位角，推算出 I-2 的假设坐标，然后按极坐标计算 1、2 两点的假设坐标；

3 由 1、2 两点的两组坐标，如建筑坐标和假设坐标，反算出两坐标系的夹角 θ ，改正假设方位角，使之变成建筑坐标系的方位角；

4 根据所求的方位角和 I-1 的假设坐标，算出 1 号点的 ΔA 和 ΔB ，再由 1 号点的建筑坐标反求出 I-1 的建筑坐标；

5 I-1 的建筑坐标和 I-1 至 I-2 的方位角就是新建筑坐标系统的起算数据。可用导线测量方法传递至厂区平面控制网上。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,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

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《总图制图标准》GB/T 50103

《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233

《建筑边坡工程技术规范》GB 50330

《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897

《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898

《建筑变形测量规范》JGJ 8

中华人民共和国电力行业标准

电力工程施工测量标准

DL/T 5578—2020

代替 DL/T 5445—2010

条文说明

修 订 说 明

《电力工程施工测量标准》DL/T 5578—2020,经国家能源局2020年10月23日以5号公告批准发布。

本标准是在《电力工程施工测量技术规范》DL/T 5445—2010的基础上修订而成,上一版的主编单位是中国电力顾问集团华北电力设计院、中国电力顾问集团华东电力设计院、北京送变电公司、天津电力建设公司等;主要起草人有:周美玉、曹玉明、姚麒麟、周余红、郝宝诚、魏社练、张久庆、陈亚明、冯立友、史增永、张国杰、王瑶、刘小青、徐祖荣。

本标准修订过程中,编制组进行了广泛的调查研究,认真总结了电力工程施工测量工作实践经验,吸取了相关科研和技术成果,并参考了国内有关标准。

为便于广大电力工程勘测设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《电力工程施工测量标准》编写组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是,本标准条文说明不具备与标准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 次

1	总 则	(181)
2	术语和缩略语	(182)
2.1	术语	(182)
3	基本规定	(183)
4	施工测量准备工作	(185)
4.1	搜集资料与验证	(185)
4.2	施工测量技术设计	(185)
4.3	施工测量数据准备	(186)
5	施工平面控制测量	(187)
5.1	一般规定	(187)
5.2	地面施工平面控制测量	(188)
5.3	地下施工平面控制测量	(203)
5.4	海域施工平面控制测量	(206)
6	施工高程控制测量	(207)
6.1	一般规定	(207)
6.2	地面施工高程控制测量	(207)
6.3	地下施工高程控制测量	(209)
6.4	海域施工高程控制测量	(209)
7	火力发电厂施工测量	(210)
7.1	一般规定	(210)
7.2	施工场地测量	(210)
7.3	厂区控制测量	(211)
7.4	建(构)筑物施工控制测量	(213)
7.5	建(构)筑物定位放线和基础施工测量	(213)

7.6	设备安装施工测量	(215)
7.7	高耸塔形构筑物施工测量	(215)
7.8	钢结构高层、超高层建(构)筑物施工测量	(215)
7.9	输煤系统施工测量	(216)
7.10	水工构筑物施工测量	(216)
7.11	管线施工测量	(216)
7.12	道路施工测量	(217)
8	风力发电场和太阳能发电站施工测量	(219)
8.1	一般规定	(219)
8.2	陆上风力发电场施工测量	(219)
8.3	海上风力发电场施工测量	(219)
8.4	光伏电站施工测量	(220)
8.5	光热发电站施工测量	(220)
9	变电站和换流站施工测量	(221)
9.1	一般规定	(221)
9.2	建(构)筑物定位放线和基础施工测量	(221)
9.3	设备安装施工测量	(222)
9.4	构支架施工测量	(222)
9.5	管线、沟道及道路施工放样	(223)
9.6	水工构筑物施工测量	(223)
10	输电线路施工测量	(225)
10.1	一般规定	(225)
10.2	架空输电线路施工测量	(225)
10.3	地下电力电缆施工测量	(227)
10.4	海底电力电缆施工测量	(228)
11	变形监测	(230)
11.1	一般规定	(230)
11.2	水平位移监测基准网	(232)
11.3	竖向位移监测基准网	(232)

11.4	建(构)筑物变形监测	(232)
11.5	基坑变形监测	(233)
11.6	隧道变形监测	(233)
11.7	建筑边坡监测	(234)
11.8	建筑场地竖向位移监测	(234)
11.9	深层水平位移监测	(234)
11.10	土体分层竖向位移监测	(235)
11.11	倾斜监测	(235)
11.12	裂缝监测	(236)
11.13	挠度监测	(236)
11.14	结构健康监测	(237)
11.15	监测项目控制值和预警	(238)
11.16	在线变形监测系统	(239)
11.17	变形监测结果及信息反馈	(239)
12	竣工测量	(241)
12.1	一般规定	(241)
12.2	火力发电厂、变电站和换流站竣工测量	(241)
12.3	输电线路竣工测量	(241)
12.4	风力发电场和太阳能发电站竣工测量	(242)

1 总 则

1.0.1 施工测量是为电力工程施工提供全过程的测绘保障和服务的一项重要技术工作,对保障电力工程施工质量和施工安全具有不可替代的作用。

1.0.3 在正常的施工测量作业环境、合格的测量仪器设备和测量作业人员等条件下进行施工测量,其测量误差主要是偶然误差,根据偶然误差出现的规律,大于二倍中误差出现的概率约为5%,因此以二倍中误差作为极限误差,以确保电力工程施工测量成果的质量。

1.0.4 在满足本标准提出的测量精度要求的前提下,推广、应用新技术、新方法和新仪器设备。水电工程施工测量执行现行行业标准《水利水电工程施工测量规范》SL 52,核电工程施工测量执行现行国家标准《核电厂工程测量技术规范》GB 50633 中施工测量的有关规定。

1.0.5 本标准突出了电力工程施工测量的特点,但其与市政工程、城市规划建设、道路等其他工程测量等有着密切的关系,因此除应符合本标准外,还应符合国家现行有关技术标准。

2 术语和缩略语

2.1 术语

按照电力工程施工测量的特点和作业习惯,本节对本标准使用的与电力工程施工测量工作相关的术语进行说明,以便深入理解。

3 基本规定

3.0.1 为保障施工测量的技术能力和技术水平,电力工程施工单位应具备完整的质量管理体系,设立技术负责人领导下的施工测量归口管理部门,对各分包单位的施工测量工作进行管理,以实现测量资源共享,提高测量技术水平。

3.0.2 为有序开展施工测量工作,作业前测量人员应了解工程要求,进行现场踏勘,搜集相关资料,制订测量技术方案。作业中下道工序应检测验证上道工序的测量数据。作业后对测量成果应进行检查验收及归档。

3.0.3 《中华人民共和国计量法实施细则》(2018年修正本)第二十二条规定,任何单位和个人不准在工作岗位上使用无检定合格印、证或者超过检定周期以及经检定不合格的计量器具。为保证测量成果准确可靠,测量仪器设备应按国家有关规定进行检验校正,经检定合格后方可使用。主要测量仪器设备的检定周期为一年。

3.0.4 施工测量平面、高程系统宜采用勘测设计阶段的坐标、高程系统,且保持坐标、高程基准一致。采用建筑坐标系统时,应与勘测设计阶段的坐标、高程系统有换算关系。需要联测时,其联测精度不得低于本工程首级控制测量的精度要求。

3.0.5 时间基准是施工测量作业的重要基准,必须按国家有关规定使用公元纪年和北京时间作为统一的时间系统;在国外应采用公元纪年和属地国家标准时间。有些测量作业中,观测数据可能使用其他时间系统,如卫星定位系统的时间与格林尼治时间(UTC时间)是不同的,差了一个闰秒,因为UTC时间是可以调整的,而卫星定位时间是连续的。北京时间=卫星定位时间+8h-闰秒,

但数据处理后应将成果转换为统一的时间系统。

3.0.6 大多数电力工程首级控制在施工进场前完成,有时是多家单位施测完成,施工测量前要检核确认测量标志是否完好、资料是否可靠,确认可靠及精度满足要求后方可使用。

3.0.7 测量原始记录是测量结果的真实记载,是测量成果质量的客观证据,是分析质量问题、溯源历史情况的依据,因此记录的信息应完整、可靠、清晰,不允许随意更改,不许删减。若原始记录发生记错数据时,应采用杠改方式,记载错误的数字上划一水平线,将正确的数字填写在其上方。为确保电子记录的可靠性,建议采用双备份于不同存储介质的方式。

3.0.8 施工测量成果应通过各级审核后方可提供给用户使用,不得将中间测量成果交付用户使用,以免造成施工测量的偏差。

3.0.9 施工测量使用的软件应通过鉴定或验证,并及时升级维护,尽可能使用最新版本软件,以提高软件性能及保证其可靠性。

3.0.10 部分施工测量成果属于涉密测绘地理信息,对于涉密测绘地理信息的管理必须符合国家及行业的相关规定。

4 施工测量准备工作

4.1 搜集资料与验证

4.1.1 施工测量前应搜集的资料,是施工测量部门经过历年实践总结出来的,既是施工测量前应做的重要准备工作,也是顺利开展施工测量、制订施工测量方案的依据资料。

4.1.2 现场踏勘是为了顺利开展施工测量、制订因地制宜施工测量方案的重要手段。

4.1.3 目前大多数工程首级控制在施工进场前完成,有时还不是同一单位施测完成,但测量标志是否完好、资料是否可靠,施工测量前必须进行检核,以确认无误。

4.1.4 施工测量前对资料的验证确认,是为了避免因工程图纸供应不及时,按口头通知进行放样的情况造成测量工作的不严肃性和不可追溯性。

4.1.5 检核工作是为了尽量减少放样差错率,确保施工测量质量。

4.2 施工测量技术设计

4.2.1~4.2.4 施工测量技术设计作为指导施工测量的技术依据。制订其方案有助于规范测量行为,保证测量工作顺利进行。其要求内容是根据施工测量部门实践经验的积累总结,以及目前工程建设的管理要求规定的。在编制过程中根据施工测量任务的大小与复杂程度,可适当对内容简化。

4.2.5 技术交底是贯彻落实测量方案的一种常规手段,能有效确保测量成果质量、提高作业效率。

4.3 施工测量数据准备

4.3.1 做好数据准备工作有助于正确使用控制点、方便现场放样、检核和查阅,确保施工质量。施工测量人员应认真熟悉图纸,全面了解设计意图,正确编制放样数据。

4.3.2 施工控制点或建筑红线桩点是施工定位的依据点,受施工环境及场地影响,容易造成对定位依据点的破坏,给施工带来不必要的损失,因此,施工测量人员应认真做好定位依据点成果资料与现场点位或桩位交接、保护工作。

4.3.3 本条规定了定位依据点数量,平面控制点数量不应少于 3 个,高程控制点数量不应少于 2 个,以便于校核、确保准确性。

4.3.4 本条明确提出施工测量资料应经过 2 人独立检核,以防人为错误,确保数据和计算结果的正确可靠。

5 施工平面控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 目前电力工程施工主要采用导线测量和卫星定位测量方法进行平面控制测量,很少使用三角测量、三边测量或边角组合测量的方法,故本标准平面控制测量部分主要对导线测量和卫星定位测量方法进行规定。采用其他测量方法时,可参照相关技术标准。

5.1.2 精度等级的划分要考虑到满足电力施工平面控制测量的精度要求,舍去了二等和三级精度等级,精度等级依次为三等、四等、一级和二级。

5.1.3 每公里长度变形为 25mm 时,其相对中误差为 $1/40000$,可满足大部分建设工程施工放样测量精度不低于 $1/20000$ 的要求。经过数十年的实践,该指标已成为建立区域控制网的基本要求。

5.1.4 为了保持坐标系统一致,使用方便,施工控制网应以勘测设计阶段的控制网为基准进行引测,且点位中误差不应大于 5cm。对于施工控制网中相邻同级点而言,应保证相邻点之间的相对精度。同时为了避免由于起算点相互间的内符合精度影响,而造成施工控制网的扭曲变形,规定可采用一个点的坐标和一条边的方位作为起算数据。

5.1.5 测站的含义包括全站仪、经纬仪、三维激光扫描仪、陀螺仪和标靶等。为了减少人为误差对测量精度的影响,需要控制对中误差的影响。

5.1.6 施工控制点在施工过程中使用频繁,且容易受到施工损坏,所以在选点布设时应遵守一定的原则。

5.2 地面施工平面控制测量

I 导线测量

5.2.1 导线测量主要技术要求说明如下：

(1)随着全站仪在我国的普及应用,对中小规模的控制测量大部分采用导线测量方法。基于控制测量技术现状和应用趋势的考虑,导线测量精度等级的划分和主要技术要求不变。导线测量的主要技术要求是根据多数工程测量单位历年来实践经验、理论公式估算以及规范的科研课题试验验证,基于下列条件确定的。

1)测距中误差是按常用电磁波测距仪器标称精度的估算值,特别是近年来电磁波测距仪器的精度都相应提高,其测距标称精度按目前常用电磁波测距仪的 $m_D = 2\text{mm} + 2\text{ppm} \cdot D$ 考虑;

2)设计导线时,中间最弱点点位中误差采用 50mm;起始误差 $m_{起}$ 和测量误差 $m_{测}$ 对导线中点的影响按“等影响”处理。

(2)关于相对闭合差限差。理论和计算证明,导线中点和终点的横向误差比值约为 1:4,纵向误差、起始数据的误差均为 1:2。则有导线终点的总误差 $M_{终}$ 的理论公式为:

$$M_{终} = \sqrt{4m_{纵}^2 + 16m_{横}^2 + 4m_{起}^2} \quad (1)$$

取 2 倍导线终点的总误差作为限值,则求导线全长相对闭合差公式为:

$$1/T = 2M_{终} / [S] \quad (2)$$

(3)关于测角仪器和测距仪器的分级与命名。采用了大家对常规测量仪器的习惯称谓,并跟过去的划分方法保持一致,在概念上略做拓展。即测角的 1"、2"、6"级仪器分别包括全站仪、电子经纬仪和光学经纬仪;测距的 5mm 级仪器和 10mm 级仪器是指当测距长度为 1km 时,仪器的标称精度 $m_D (m_D = a + b \cdot D)$ 分别为 5mm 和 10mm 的电磁波测距仪器。对精度要求较高的测量项目,

有时会采用 1mm、2mm 的测距仪器,其含义是相同的。

(4)由于一般建(构)筑物的定位中误差 $m_{\text{定}} \leq 10\text{mm}$,而定位中误差则受控制点的起算误差和放样误差的共同影响,即:

$$m_{\text{定}}^2 = m_{\text{控}}^2 + m_{\text{放}}^2 \quad (3)$$

放样中误差 $m_{\text{放}} = 6\text{mm}$ 时,则 $m_{\text{控}} = 8\text{mm}$ 。

若

$$m_{\text{控}}^2 = m_{\text{S}}^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} S^2 \quad (4)$$

在边角误差影响相同的情况下,有:

$$m_{\text{控}}^2 = 2m_{\text{S}}^2 \quad (5)$$

或

$$m_{\text{控}}^2 = 2 \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} S^2 \quad (6)$$

由式(5),则 $m_{\text{S}} = m_{\text{控}} / \sqrt{2} = 5.66\text{mm}$,若按控制点间平均距离 200m,则测距相对中误差为:

$$m_{\text{S}}/S = 5.66/200000 = 1/35335, \text{故取 } m_{\text{S}}/S = 1/30000。$$

$$\text{由式(6),则 } m_{\beta}'' = \frac{m_{\text{控}} \rho''}{\sqrt{2}S}, m_{\beta}'' = \pm 5.8'', \text{取 } m_{\beta}'' = 5''。$$

基于以上估算,确定了一级电磁波测距导线网的基本指标,其他等级控制网的基本指标是在此基础上,进行适当调整确定的。

5.2.2 本条规定了导线网的布设要求。

1 主要是依据搜集控制点资料,测区大小和精度要求确定导线的等级;

2 首级网应布设成环形网和多边形格网,主要是基于首级控制应能有效地控制整个测区,且点位分布均匀的要求而提出的;

4 导线相邻边长不宜相差过大,一般不应超过 1:3 的比例,以减少望远镜调焦所引起的视准轴误差对水平角观测的影响。

5.2.3 本条规定了水平角方向观测法的技术要求。

(1)用全站仪进行水平角观测时,不受测微器重合读数指标的

限制。

(2)关于两倍照准误差说明如下:

仪器视准轴误差 C 和横轴误差 i , 对同一方向盘左观测值减盘右观测值的影响公式为:

$$L - R = \frac{2C}{\cos\alpha} + 2itg\alpha \quad (7)$$

当垂直角 $\alpha=0$ 时, $L-R=2C$ 。即只有视线水平时, $L-R$ 的差值才等于 2 倍照准差, 因此, $2C$ 互差受垂直角的影响为:

$$\begin{aligned} \Delta_{2c} &= \left(\frac{2C}{\cos\alpha_1} + 2itg\alpha_1 \right) - \left(\frac{2C}{\cos\alpha_2} + 2itg\alpha_2 \right) \\ &= 2C \left(\frac{1}{\cos\alpha_1} - \frac{1}{\cos\alpha_2} \right) + 2i(tg\alpha_1 - tg\alpha_2) \\ &\approx C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} + 2itg\Delta\alpha \end{aligned} \quad (8)$$

对于 $2''$ 级仪器, $2C$ 可校正到小于 $30''$, 即 $C \leq 15''$, 这时式(8)右端第一项取值较小。例如, $\alpha_1 = 5^\circ, \alpha_2 = 0^\circ$ 时, $C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} = 0.12''$, 当 $\alpha_1 = 10^\circ, \alpha_2 = 0^\circ$ 时, $C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} = 0.46''$ 。可见, 此值与 $2C$ 互差限差 $13''$ 相比是较小的, 因此式(8)第二项才是影响 $2C$ 互差变化的主项。

对于 $2''$ 级仪器, 一般要求 $i \leq 15''$, 但是由于测角仪器水平轴不便于外业校正, 所以若 i 角较大时, 也能用于外业。 i 角对 $2C$ 互差的影响见表 1。

表 1 i 角对 $2C$ 互差的影响值 $2itg\Delta\alpha$

i	α		
	5°	10°	15°
$15''$	$2.6''$	$5.3''$	$8.0''$
$20''$	$3.5''$	$7.1''$	$10.7''$

由表列数值可知, $2C$ 互差即使允许放宽 30% 或 50%, 有时还

显得不够合理,但是若再放宽此互差,则对于 i 角较小的仪器又显得太宽,失去限差的意义。

因此,表 5.2.3 注 2 规定:当观测方向的垂直角超过 3° 时,该方向的 $2C$ 互差可按相邻测回进行比较。

当用 $2''$ 级仪器观测一级及以下控制网时,规定一测回中,两倍照准差 $2C$ 的变动范围,可放宽为 $18''$ 。这里主要考虑到其测角精度要求较低,且边长较短,因此 $2C$ 互差放宽为 $18''$ 后,对成果精度影响不大,同时有利于作业,所以予以放宽。

(3) 当方向数不多于 3 个时可不归零,是根据历年来的实践,方向数少,观测时间短,不归零对观测精度影响不大。相反,归零观测增加观测的工作量,因此没有必要。

(4) 当测站的方向总数超过 6 个时,可进行分组观测。其理由是:由于方向数多了,测站的观测时间加长了,气象等观测条件变化较大,不容易使各项观测限差满足质量要求。因此,宜采用分组观测的方法进行。

(5) 当应用全站仪、电子经纬仪进行角度测量时,通常应进行度盘配置。因为电子测角可分为三种方法,即编码法、动态法和增量法。前两种属于绝对法测角,后一种属于相对法测角。不论是采用编码度盘还是光栅度盘,度盘的分划误差都是电子测角仪器测角误差的主要影响因素。只有采用动态法测角系统的仪器在测量中不需要配置度盘,因为该方法已有效地消除了度盘的分划误差。采用动态式测角系统的全站仪或电子经纬仪可不进行度盘配置。光学经纬仪、编码式测角法和增量式测角法全站仪(或电子经纬仪)在进行方向法多测回观测时,应配置度盘。度盘和测微器位置变换值应按下式计算:

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m}(j-1) + i(j-1) + \frac{\omega}{m}\left(j - \frac{1}{2}\right) \quad (9)$$

式中: σ ——度盘和测微器位置变换值($^\circ$)、($'$)、($''$);

m ——测回数;

j ——测回序号；

i ——度盘最小间隔分化值(光学经纬仪的 1"级为 4', 2"级为 10')；

ω ——测微盘分格数(值)(光学经纬仪的 1"级为 60 格; 2"级为 600")。

由于全站仪、电子经纬仪没有单独的测微器,且不同厂家和不同型号的全站仪、电子经纬仪度盘的分化格值、细分技术和细分数不同,故不做测微器配置的严格规定,对于工程测量项目,只要求按度数均匀配置度盘。有特殊要求的高精度项目,可根据仪器商所提供的仪器的技术参数进行配置。

5.2.4 关于水平角观测的技术要求说明如下:

1 测回间重新整置气泡位置的要求,是因为本标准各等级水平角观测的限差是基于视线水平的条件下规定的。当观测方向的垂直角超过 3° 时,宜在测回间重新整置气泡位置;具有垂直轴补偿器的仪器进行水平角观测时,可以自动改正,故不受本款的限制;作业时,应注意补偿器处于开启状态。

2 剧烈震动下,补偿器无法正常工作,故应停止观测。即便关闭补偿器,也无法获得好的观测结果。

5.2.8 仪器厂家多采用固定误差和比例误差表示测距仪器的精度。近年来仪器厂家已经不再生产较低精度的测距仪,原相关标准制定的电磁波测距仪精度分级标准已不适应现时的需要。本条关于中、短程电磁波测距仪的精度分级依据国家计量检定规程《光电测距仪》JJG 703 的分级规定。测距仪出厂标称精度,归算到 1km 的测距中误差计算,分为三级:

I 级: $m_D \leq (1 + D) \text{mm}$;

II 级: $(1 + D) \text{mm} < m_D \leq (3 + 2D) \text{mm}$;

III 级: $(3 + 2D) \text{mm} < m_D \leq (5 + 5D) \text{mm}$;

设 $D = 1 \text{km}$, 则 $(1 + D) \text{mm} = 2 \text{mm}$, $(3 + 2D) \text{mm} = 5 \text{mm}$, $(5 + 5D) \text{mm} = 10 \text{mm}$, 即为测距仪精度的表达方式。

5.2.9 电磁波测距的主要技术要求,是根据工程测量单位多年工程实践,按下列各项制定的:

(1)一测回较差是根据各级仪器每公里的标称精度规定的;

(2)单程测回间较差为一测回较差乘以 $\sqrt{2}$;

(3)往返较差的限差,取相应距离仪器标称精度的2倍;

(4)仪器的选型、测回次数及总测回数,是根据相应等级平面控制网要求达到的测距精度而作出的规定。

5.2.11 本条对电磁波测距边改正作了相关规定。

3 测距边的水平距离计算时,如果两点间的高差是用三角高程测量时,由于大气折光和地球曲率对高差测定影响较大,特别是起伏较大、边长较长时,故应进行该两项改正。单向观测高差计算公式为:

$$h = S \times \sin\alpha + \frac{1-K}{2R} \times (S \times \cos\alpha)^2 \quad (10)$$

式中: S ——经温度气压改正后的测量斜距;

α ——三角高程测量垂直角;

K ——大气折光系数;

R ——地球曲率半径。

测距边在平均高程面上的水平距离,采用公式 $D = \sqrt{S^2 - h^2}$ 计算。

5.2.12 测距边长度的归化投影计算说明如下:

(1)当边长 $S \leq 15\text{km}$ 时,其弧长与弦长之间差异较小,即可用弧长代替弦长,由图 1,根据余弦定理,有

$$D^2 = 2R^2 - 2R^2 \cos\theta \quad (11)$$

则

$$\cos\theta = 1 - \frac{D^2}{2R^2} \quad (12)$$

又

$$S^2 = (R + h_1)^2 + (R + h_2)^2 - 2(R + h_1)(R + h_2)\cos\theta \quad (13)$$

两点间的高差

$$h = h_1 - h_2 \quad (14)$$

则,归算到参考椭球面上的水平距离严密计算公式为:

$$D^2 = \frac{(S+h)(S-h)}{\left(1 + \frac{h_1}{R}\right)\left(1 + \frac{h_2}{R}\right)} \quad (15)$$

则,归算到测区平均高程面 h_0 上的水平距离严密计算公式为:

$$D_p^2 = \frac{(S+h)(S-h)}{\left(1 + \frac{h_1 - h_0}{R + h_0}\right)\left(1 + \frac{h_2 - h_0}{R + h_0}\right)} \quad (16)$$

式中: S ——测量倾斜距离;

D ——归化到参考椭球面上的水平距离;

D_p ——归化到测区平均高程面上的水平距离;

h_1, h_2 ——分别为仪器或反光镜高程;

h ——仪器与反光镜之间的高差;

h_0 ——测区平均高程面的高程;

R ——地球曲率半径。

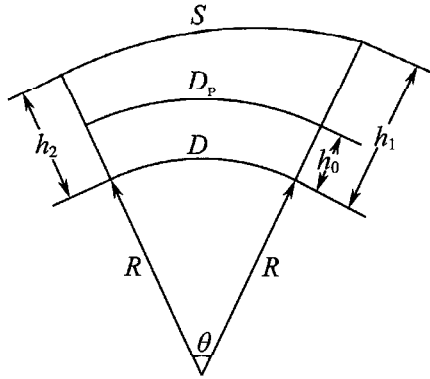


图1 观测边长归化计算

要说明的是,在上面公式推导中,椭球高是以正常高代替,椭球高只有在高等级大地测量中才用到。由于施工测量控制网边长较短、控制面积较小,椭球高和正常高之间的差别可以忽略不计。应用时,正常高高程可采用水准测量或三角高程测

量获得。

(2) 归算到参考椭球面：

当 S 为 400m 时，取 $h_1 = h_2 = 1000\text{m}$ ，即高程为 1000m， $h = 0\text{m}$ 时，即仪器与反光镜之间的高差为 0， R 取 6378000，计算得 $D_0 = 399.937\text{m}$ ，归算到参考椭球面的改正值为 -0.063m 。

(3) 归算到测区平均高程面：

当测区起伏不大，认为 $h_0 = h_1 = h_2$ ，则 $\frac{h_1 - h_0}{R + h_0} \approx 0$ ， $\frac{h_2 - h_0}{R + h_0} \approx 0$ ，

归算到测区平均高程面 h_0 上的水平距离近似计算公式为：

$$D_H = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (17)$$

按照式(17)计算， S 为 400m，当仪器与反光镜之间的高差 $h = 1\text{m}$ 时， $D_H = 399.999$ ，归算到测区平均高程面 h_0 上的水平距离改正数为 -1mm ；当仪器与反光镜之间的高差 $h = 2\text{m}$ 时， $D_H = 399.995$ ，归算到测区平均高程面 h_0 上的水平距离改正数为 -5mm 。

(4) 测距边在高斯投影面上的长度改正：

$$D_g = D_0 \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) \quad (18)$$

高斯 3° 带分带时， y_m 最大值为 133521.815m， R_m 取中纬度地区值 6378000m，按照式(18)计算(忽略第二项改正)， D_0 为 400m 时， $D_g = 400.088\text{m}$ ，长度改正值为 0.088m。

(5) 式(18)中 R_m 在不同纬度取值如表 2 所示。

表 2 平均曲率半径 R_m 取值表

纬度 $B(^{\circ})$	R_m (m)
0	6356863
15	6359714
30	6367518
45	6378209

续表 2

纬度 $B(^{\circ})$	$R_m(m)$
60	6388936
75	6369811
90	6399699

注:本表摘自孔祥元、郭际明,《控制测量学(第三版,下册)》,武汉大学出版社,2006年。

5.2.13 本条提出了各等级导线网平差计算应符合的规定。

1 本款规定了严密平差和简易平差方法的选用。根据工程测量单位的实践经验,对于一级以上精度等级的平面控制网,只有采用严密平差法才能满足其质量的要求。二级导线网可采用简易平差法。

2 关于先验权的计算。平差时,必须估算角度及边长先验中误差的值,并用于计算其先验权的值。根据实践经验,采用经典计算公式和数理统计的经验公式,经过计算,反复迭代完成,最终结果一样,都是可行的办法。

4 本款规定了平差后的精度评定内容。

5 本款规定了内业计算中数值取位的要求。

II 卫星定位测量

5.2.14 卫星定位测量平面控制网主要技术要求的确定,是从工程测量对相应等级的大、中型工程控制网的基本技术要求出发,并以三角形网的基本指标为依据制定的,也是为了使卫星定位测量的应用具有良好的可操作性。由于卫星定位测量精度对短边的影响较大,因此适当加长了平均边长的长度,并要求短边不宜小于100m。

由于施工控制网的相邻边长较短,影响测量精度的主要因素是卫星定位的固定误差,因此,要求使用标称精度较高的卫星定位仪器进行观测。目前,国内外厂家生产的高精度卫星定位设备可以满足施工控制测量的精度要求。

5.2.15 卫星定位平面控制网基线精度公式中的固定误差 a 和比例误差系数 b ,与接收机厂家给出的精度公式 $a+b\text{ppm} \cdot D$ 中的 a 、 b 含义相似。基线长度中误差公式主要用于控制网设计和外业观测数据的检核,按表 5.2.14 取值。

5.2.17 本条规定了卫星定位测量控制网布设的技术要求。

1 卫星定位测量控制网的设计是一个综合设计的过程,首先应明确工程项目对控制网的基本精度要求,然后才能确定控制网或首级控制网的基本精度等级。最终精度等级的确立还应考虑测区现有测绘资料的精度情况、计划投入的接收机的类型、标称精度和数量、定位卫星的健康状况和所能接收的卫星数量,同时还应兼顾测区的道路交通状况和避开强烈的卫星信号干扰源等。

3 通过以往对 $m \times n$ 环组成的连续网形的研究报告表明,3 条边的网型、4 条边 $n=m \geq 2$ 的网型、5 条边 $n=m \geq 3$ 的网型、6 条边无限大的网型都能达到网的可靠性指标要求。8 条边、10 条边的网型规模不管多大均无法满足网的平均可靠性指标的 $1/3$ 的要求。故卫星定位网中规定构成闭合环或符合路线的边数以 6 条为限值。简言之,如果异步环中独立基线数太多,将导致这一局部观测基线可靠性降低,平差后间接基线边的相对精度降低。

5.2.18 本条对控制点位的选定作出了规定。

1 卫星定位控制网的点位之间可以不通视,但考虑到在使用其他测量仪器对控制网进行加密或扩展时的需要,故提出控制网布设时,每个点至少应与一个以上的相邻点通视。

2 卫星高度角的限制主要是为了减弱对流层对定位精度的影响,由于随着卫星高度的降低,对流层影响越显著,测量误差随之增大。因此,卫星高度角一般都规定大于 15° 。

卫星定位卫星信号本身是很微弱的,为了保证接收机能够正常工作及观测成果的可靠性,故应注意避开周围的电磁波干扰。如果接收机同时接收来自卫星的直接信号和很强的反射信号,这样会造成解算结果不可靠。这种影响称为多路径效应。为了减少

在观测过程中的多路径效应,故提出点位要远离强烈反射卫星接收信号的物体。

3 符合要求的旧有控制点是指满足卫星定位测量的外部环境条件、满足网形和点位要求的旧有控制点。

5.2.19 本条是关于卫星定位控制测量作业的基本技术要求。

(1)卫星定位有绝对定位和相对定位两种形式,本标准所指的定位方式为相对定位。依据测距原理,卫星定位可划分为伪距法定位、载波相位测量定位和差分定位等。本标准的卫星定位特指载波相位测量定位,测量型接收机目前主要采用载波相位观测值等进行相对定位。

(2)卫星定位卫星同时使用了两种不同频率的载波,即频率为1575.42MHz(波长约为19.0cm)的 L_1 载波和频率为1227.60MHz(波长约为24.4cm)的 L_2 载波。只能接收 L_1 载波的接收机称为单频接收机,能同时接收 L_1 载波和 L_2 载波的接收机称为双频接收机。利用双频技术可以建立较为严密的电离层修正模型,通过改正计算,可以消除或减弱电离层折射对观测量的影响,从而获得很高的精度,这便是后者的优点。对于前者,虽然可以利用导航电文所提供的参数,对观测量进行电离层影响修正,但由于修正模型尚不完善,故精度较差。对一般的工程控制网,单频接收机便能满足精度要求。但对于有特殊精度要求的控制网,建议采用双频卫星定位接收机。

(3)卫星定位卫星有两种星历,即卫星广播星历和精密星历。通常我们所直接接收到的星历便是卫星广播星历,它是一种外推星历或者说预估星历。虽然在卫星定位卫星广播星历中给出了卫星钟差的预报值,但误差较大。可见卫星广播星历的精度相对不高,但通常可满足工程测量的需要。对于有特殊精度要求的工程控制网,例如高精度变形监测网,需采用精密星历处理卫星定位观测数据,才能获得更高的基线测量精度。

(4)观测时段的长度和数据采样间隔的限制,是为了获得足够

的数据量。足够的数量有利于整周未知数的解算、周跳的探测与修复和观测精度的提高。由于采用双频接收机可以较快获得整周未知数的解算结果,所以规定双频接收机用于一、二级的快速静态定位测量的时间可以缩短至 10min。

(5) 卫星定位的精度因子通常包括:水平分量精度因子 HDOP、垂直分量精度因子 VDOP、空间位置精度因子 PDOP、钟差精度因子 TDOP、几何精度因子 GDOP 等。用户接收机普遍采用空间位置精度因子(又称图形强度因子)PDOP 值,直观地计算并显示所观测卫星的几何分布状况。其值的大小与观测卫星在空间的几何分布变化有关。所测卫星高度角越小,分布范围越大,PDOP 值越小。实际观测中,为了减弱大气折射的影响,卫星高度角不能过低。在满足 15° 高度角的前提下,PDOP 值越小越好。为了保证观测精度,四等及以上等级限定为 $PDOP \leq 6$,一、二级限定为 $PDOP \leq 8$ 。作业过程中,如受外界条件影响,持续出现观测卫星的几何分布图形很差,即 PDOP 值不能满足规范的要求时,则要求暂时中断观测并做好记录,待条件满足要求时,可继续观测;如果经过短时等待,依然无法满足要求时,则需要考虑重新布点。

(6) 由于施工控制网边长相对较短,卫星信号在传播中所经过的大气状况较为相似,即同步观测中,经电离层折射改正后的基线向量长度的残差小于 1×10^{-6} 。若采用双频接收机时,其残差会更小。加之在测站上所测定的气象数据有一定局限性,因此,作业时可不观测相关气象数据。

5.2.20 由于卫星定位接收机数据采集的高度自动化,其记录载体不同于常规测量,人们容易忽视数据采集过程的其他操作。如果不严格执行各项操作或人工记录有误,如点名、点号混淆将给数据处理造成麻烦,天线高量错也将影响成果质量,以致造成超限返工。因此,应认真填写测站记录表格。

5.2.21 本条对基线的解算作出了规定。

1 基线解算时,起算点在 WGS84 坐标系中的坐标精度,将

会影响基线解算结果的精度。单点定位是直接获取已知点在 WGS84 坐标系中已知坐标的方法。理论计算和试验表明：用 30min 单点定位结果的平均值作为起算数据，可以满足 1×10^{-6} 相对定位的精度要求。

2 多基线解算模式和单基线解算模式的主要区别是，前者顾及了同步观测图形中独立基线之间的误差相关性，后者没有顾及。大多数商业化软件基线解算只提供单基线解算模式，在精度上也能满足工程控制网的要求。因此，规定两种解算模式都是可以采用的。

3 由于基线长度的不同，观测时间长短和获得的数据量将不同，所以，解算整周期模糊度的能力不同。能获得全部模糊度参数整数解的结果，称为双差固定解；只能获得双差模糊度参数实数解的结果，称为双差浮点解；对于较长的基线，浮点解也不能得到好的结果，只能用三差分相位解，称为三差解。

基于对工程控制网质量和可靠性的要求，规定基线解算结果应采用固定解。

5.2.22 外业观测数据的检核包括同步环、异步环和复测基线的检核，分别说明如下：

1 本款是对采用同一处理数学模型的单基线解产生的同步环闭合差所作的限差规定。由同步观测基线组成的闭合环称为同步环。理论上，在存在误差甚至粗差的前提下，同步环闭合差也应为零，不存在规定其闭合差限差的依据。但在实际中，同步环中各条基线单独解算时，由于基线间不能做到完全严格的同步，同步图形中各条基线处理时对应的起算点坐标不是从同一起算点导出的，而是各自端点 C/A 码伪距单点定位值，都可能产生较大的同步环闭合差。若一个等边形的三边形同步环，各基线处理时采用各自端点 C/A 码伪距定位值做起算点，若起算点坐标分量误差为 $\pm 20\text{mm}$ ，则可能引起基线各分量 $\pm 1 \times 10^{-6}$ 的相对误差，三边形坐标分量闭合差则可达到 $\pm \sqrt{3} \times 10^{-6}$ ，顾及同步环闭合差理论上

应为零,故本条规定四等坐标分量闭合差限差为 $\pm 6 \times 10^{-6}$,其余等级的基线平均边长变短,而由上述原因引起的同步基线相对误差的量总值在厘米级左右,因而对相应的同步环坐标分量闭合差也做了相应的放宽。为了对同步环闭合差的整体作出检验,本条还规定了同步环环线全长相对闭合差的限差,取简单的误差传播模型,设各分量闭合差精度相当,则全长相对闭合差应是各分量闭合差的 $\sqrt{3}$ 倍,为了凑成相应的整数,表 5.2.22 对不同等级的这一限差规定分别取 1.5~1.7。理论上,同一基线的不同数学模型解算是等价的,可实际上,固定解、浮点解和三差分解之间互差可达几厘米,因此,对于不同数学模型解算基线构成的同步三角形闭合差,实际上可按异步环要求进行。

2 同步环中超过三角形的多边形同步环,都可由三角形同步环组合得到,可不重复检核。

3 由独立基线组成的闭合环称为异步环。异步环闭合差的检验是卫星定位施工控制网质量检核的主要指标。计算公式是以各等级控制网相邻点间的基线精度指标 σ 为依据,按误差传播规律确定中误差的计算公式,并取 2 倍中误差作为异步环闭合差的限差。同时也规定了异步环环线全长相对闭合差的限差。

4 重复测量的基线称为复测基线。其长度较差的限差,也是按误差传播规律确定基线中误差,并取 2 倍中误差作为复测基线的限差。

5.2.23 在异步环检核和复测基线比较检核中,允许舍去超限基线而不予重测或补测,但舍去超限基线后,异步环中所含独立基线边数不应多于 6 条,反之应重测。

5.2.25 本条对卫星定位平面控制网无约束平差作出了规定。

1 无约束平差的目的是提供卫星定位网平差后的 WGS84 系三维坐标,同时也是检验控制网本身的精度及基线向量之间有无明显的系统误差和粗差。

无约束平差是在 WGS84 坐标系中进行的。通常以一个控制

点的三维坐标作为起算数据进行平差计算,实为单点位置约束平差或最小约束平差,其与完全无约束的亏秩自由网平差是等价的,因此称为无约束平差。起算点坐标可选用控制点 30min 的单点定位结果或已知的控制点卫星定位坐标。

2 基线向量改正数的绝对值限差的提出,是为了对基线观测量进行粗差检验。即基线向量各坐标分量改正数的绝对值,不应超过相应等级的基线长度中误差 σ 的 2 倍。超限时,认为该基线或邻近基线含有粗差,应采用软件提供的自动方法或人工方法剔除含有粗差的基线,并符合第 5.2.23 条的规定。

5.2.26 以下是关于卫星平面控制网约束平差的说明:

(1)约束平差是以国家或地方独立坐标系的某些控制点的坐标、边长和坐标方位角作为约束条件进行平差计算。必要时,还应顾及卫星定位控制网与地面网之间的转换参数。

(2)对已知条件的约束,可采用强制约束,也可采用加权约束。

强制约束,是指所有已知条件均作为固定值参与平差计算,不需顾及起算数据的误差。其要求起算数据应有很好的精度,且精度比较均匀。否则,将引起控制网发生扭曲变形,显著降低网的精度。

加权约束,是指顾及所有或部分已知约束数据的起始误差,按其不同的精度加权约束,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。否则,也会引起控制网的变形,或失去约束的意义。

起算数据都会含有误差,关键是误差的大小或相互间的内符合精度。平差时,在约束点间的边长相对中误差满足卫星定位相应等级要求的前提下,如果约束平差后最弱边的相对中误差也满足相应的要求,可以认为是合格的。

(3)对已知条件的约束,有三维约束和二维约束两种模式。三维约束平差的约束条件是控制点的三维大地坐标或三维直角坐标、空间边长、大地方位角;二维约束平差的约束条件是控制点的

平面坐标、水平距离和坐标方位角。

5.2.27 采用电磁波测距方式对其边长进行抽样检查,主要是为防止卫星定位平面控制网计算中可能存在的椭球参数、投影高程等系统误差,并考虑到施工时大多数采用全站仪测量。

5.3 地下施工平面控制测量

5.3.1 本条对地下施工平面控制测量中的平面联系测量和地下平面控制测量作了相关规定。

(1)地面近井导线测量和定向测量,通过竖井、斜井、基坑、平峒、钻孔等将地面坐标与方位传递到地下,为地下各项测量工作提供起算数据,是地下施工平面控制测量的重要环节,其精度对隧道或管道的贯通有着极大影响。

(2)地下平面控制测量是在地下将平面坐标与方位向隧道或管道内传递的过程,是地下施工测量的基础。

5.3.3、5.3.4 每次定向测量应独立进行3次,取3次的平均值作为定向成果。定向测量的地下近井定向边不少于2条;其目的是增加检核条件,提高定向测量的精度和可靠性。

I 平面联系测量

5.3.6 隧道或管道长度大于1500m时,由于贯通距离长,测量贯通误差大,应增加联系测量次数,并在一井定向、两井定向、导线直接传递、高精度陀螺仪定向等方法中选取不少于2种方法进行定向测量,以此来提高定向测量精度。

5.3.8 定向测量方法有下列几种:

(1)一井定向法。适合于井口小、深度大的竖井进行定向测量。虽然其作业工作量较大,但其精度很稳定,因而在电力隧道或管道的定向测量中得到广泛应用。

(2)两井定向法。在两个地下已经连通的竖井内各悬挂一根钢丝,由地面控制网测定两钢丝的平面坐标,并在地下用导线对两根钢丝进行联测,从而将地面平面坐标和方位传递到地下。相比

于一井定向法，两井定向法的钢丝间距大幅增加，定向精度能得到极大提高，所以有条件时应采用两井定向法进行定向测量。

(3)导线直接传递法。适合于井口大、深度小于 30m 的竖井进行定向测量。此方法工作量小，简单易行。导线传递测量时，如无法一站直接传递至井底，可在竖井中部的井壁或围檁上设置转站点。

(4)投点定向法。适合于深度较浅的竖井进行定向测量。该方法首先可通过在井口设置激光接收靶，其次在井下架设铅垂仪向上进行投点，最后采用全站仪测定井上投测点的坐标，以此实现井上到井下的坐标传递。

5.3.9 一井定向测量时，井上井下的联系三角形可按图 2、图 3 进行布置。

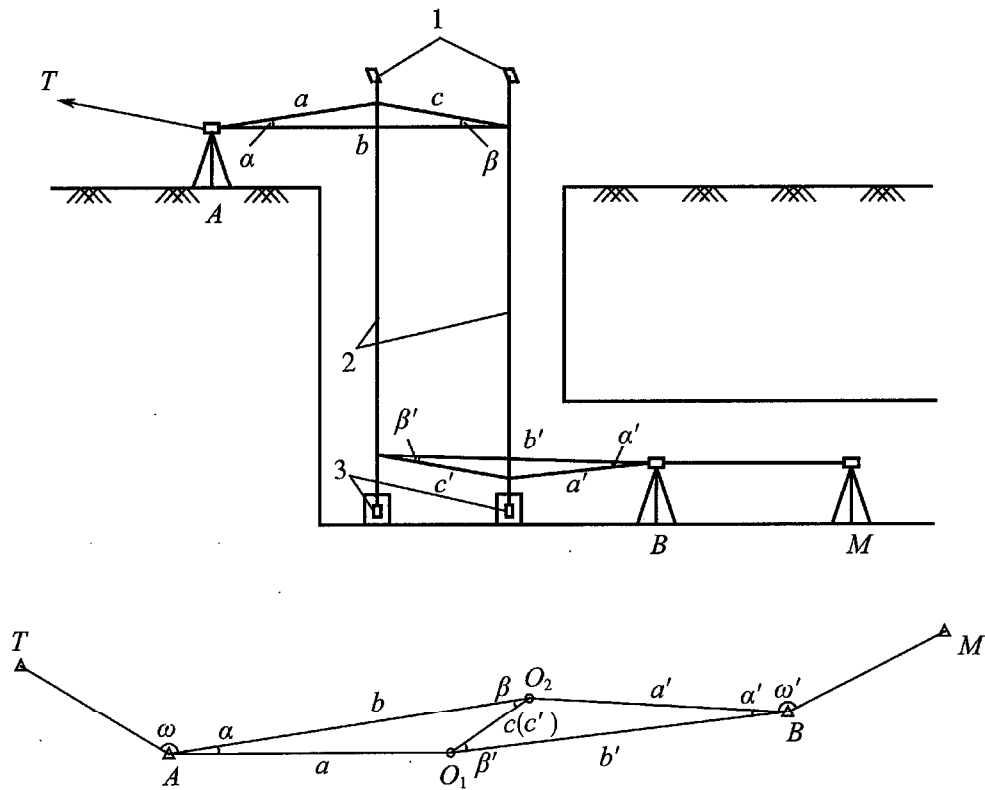


图 2 悬挂两根钢丝的一井定向

1—井上支架；2—钢丝；3—重锤；A、T—地面近井点；B、M—地下近井点； a 、 a' —近井点至悬挂钢丝的最短距离； b 、 b' —近井点至悬挂钢丝的距离； c 、 c' —井上、井下钢丝间距； ω 、 ω' —井上、井下水平角 α 、 α' 、 β 、 β' —井上、井下水平夹角

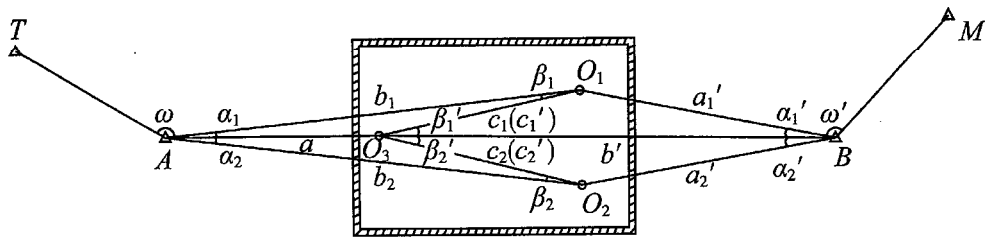


图3 悬挂三根钢丝的一井定向

A, T —地面近井点; B, M —地下近井点; a, a'_1, a'_2 —近井点至悬挂钢丝的最短距离;

b, b'_1, b'_2 —近井点至悬挂钢丝的距离; c_1, c_2, c'_1, c'_2 —井上、井下钢丝间距;

ω, ω' —井上、井下水平角; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha'_1, \alpha'_2, \beta_1, \beta_2, \beta'_1, \beta'_2$ —井上、井下水平夹角

钢丝间的距离越长连接图形越好, 根据竖井井口的直径或长度尽量加大钢丝间的距离; 从竖井定向测量传递方位角的精度公式来看, 减小连接角 α, α' 和 β, β' , 可提高方位角传递的精度, 故规定小于 1° ; 从精度公式 $m_\beta = \frac{a}{c} m_\alpha$ 来看, $\frac{a}{c}$ 比值越小, 越有利于提高精度, 故一般选择井上、井下近井点时, 宜使近井点距钢丝距离不超过两钢丝的间距 c 。悬挂三根钢丝组成双联系三角形的目的是增加检核条件, 提高定向测量精度。

5.3.11 导线传递测量过程中存在较大俯仰角时, 一般测量仪器纵轴误差不易消除, 因此采用的全站仪要有双轴自动补偿功能, 若全站仪没有这种补偿功能, 应采用跨水准器进行纵轴倾斜误差改正。

II 地下平面控制测量

5.3.17 控制导线延伸测量前, 应对现有控制导线的前三个导线点进行检测。因为控制导线点在施工期间不稳定, 由于各种原因会发生变化, 因此测量前对已有导线点进行检测十分必要。

5.3.19 对于长距离隧道, 为了提高地下平面控制测量精度, 需要加测陀螺定位方位角。相关研究表明, 陀螺仪的仪器常数是一个随时间和地点而变化的量。

(1) 采用“地面已知边—地下待定边—地面已知边”的测量程序, 实际上是根据测前、测后测得的仪器常数, 采用内插的方法求

取观测时的仪器常数。

(2)子午线收敛角改正量计算的近似公式为:

$$\Delta\gamma = \mu(y_2 - y_1) \quad (19)$$

式中: μ ——计算公式为 $\mu = 32.3 \tan\varphi$, 单位为 s/km, φ 为当地的纬度;

$y_2 - y_1$ ——地面已知边与地下定向边设站点的横坐标差(km)。

经计算,在地面已知边与地下定向边的设站点横坐标 y 的差值为 100m 时,我国大部分地区(纬度为 $18^\circ \sim 58^\circ$)子午线收敛角的影响为 $1.0'' \sim 5.2''$,该项影响显著,测量时应考虑子午线收敛角的影响。

5.4 海域施工平面控制测量

5.4.3 根据海上风电工程施工精度要求及工程实践,卫星定位测量控制网的主要技术要求可按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 执行,涉及等级为三等、四等和一级、二级。

5.4.4 卫星定位实时动态测量目前已成为海上风电工程平面控制测量的常用手段,主要技术要求可按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 执行,涉及等级为一级、二级、三级。

5.4.6 远离陆地的海域工程控制网与陆地基准点进行联测较为困难,目前普遍采用星站差分或信标差分卫星定位方法建立施工平面控制点。

6 施工高程控制测量

6.1 一般规定

6.1.1 根据施工高程控制测量的实际情况,高程控制网精度等级分为二等、三等、四等、五等。其中,四等三角高程测量与四等水准测量的精度相当。卫星定位高程测量是指采用卫星定位拟合方法计算高程。

6.2 地面施工高程控制测量

I 水准测量

6.2.1 水准测量的主要技术要求是根据水准测量中误差传播规律推算而来的。在各等级水准测量中,水准点间的高差需要进行往返观测,并取其平均值作为观测值。如果水准点间距较长,也可分为若干段,分段进行往返观测。根据实测资料的统计分析,在水准测量中,大部分的偶然误差会反映在短距离的往返高差差值中;在长距离水准路线中,系统误差在高差闭合差中可能有所反映。水准测量的主要技术要求与国家水准测量相一致,规定了各等级水准测量的每千米高差全中误差,据此可以推算出往返高差不符值和路线高差闭合差的允许值。

测段间往返高差之差的中误差为: $m_{\Delta h} = 2 \cdot M_{\Delta} \sqrt{L}$

在山区进行水准测量时,考虑到测站数的增加,因此对容许闭合差的规定适当放宽,并以测站数 n 来衡量。

通常工程测量单位采用单程一次进行附和或环线四等水准测量,实践证明能够符合规定精度要求。

6.2.2 对水准测量仪器和水准尺的要求,是根据多年实践经验得出的,也与水准仪器设备的等级相适应。

6.2.3 各等级水准观测的视线长度、前后视距差、前后视距累积差和视线高度等要求,有些是和国家水准测量规范的规定相符的,有些则是根据多年实践经验制定的。

6.2.4 本条将水准测量照准标尺的顺序进行整理归纳,同时补充了数字水准仪两次变换仪器高度照准标尺的顺序,使其更有条理和趋于完整。

II 电磁波测距三角高程测量

6.2.11 三角高程测量一般不独立进行,而与平面控制测量同时进行,在平面控制网的基础上布设三角高程测量线路形式,如导线附和路线、闭合环线或者三角高程网。

6.2.12 四等、五等三角高程测量的每公里高差全中误差与四等、五等水准测量要求相应一致,并限制三角高程测量线路长度,不应超过相应等级水准路线的总长度。

电磁波测距三角高程测量时,采用优于 5mm 级测距仪,测距误差可控制在 $\pm(2\sim 5)$ mm 之内,仪器高和觇标高丈量误差可控制在 ± 1 mm 左右,大气折光系数误差因地球半径很大,且在短时间内观测,其影响很小。因此,垂直角的观测精度对三角高程测量精度的影响较大,且边长的长短也直接影响着三角高程测量的精度。在电磁波测距三角高程测量时,应采取两项措施,一是垂直角观测时应采用 $2''$ 级测角精度仪器,观测不少于 3 个测回,这样可将垂直角观测中误差控制在 $\pm 3''$;二是要控制测距长度,由于施工现场的距离不会太长,一般在 100m~300m,因此,可保证电磁波测距三角高程测量的高差中误差在 5mm~10mm,可以满足四等水准测量的精度要求。

6.2.14 垂直角观测对于电磁波测距三角高程测量的精度影响较大,对于四等精度强调宜采用中心清晰稳定、容易识别的觇标牌为目标。由于棱镜能上下转动,且棱镜中心也没有明显标志,故尽量不要使用棱镜。

由于仪器高和觇牌高的测量误差对于三角高差的影响较大,

为此要求利用量高杆丈量仪器高和觇牌高,无量高杆时应采用特制工具(卡尺或直角钢尺)量取仪器高和觇牌高,并在观测前后各量测一次,较差不大于 2mm 时取其平均值作为记录高度。

III 卫星定位高程测量

6.2.16 由于施工测量区域较小,根据多年实践经验,在平原和丘陵地区,四等和五等高程测量可用卫星定位高程测量。

6.2.19 联测尽可能多的已知高程点,对于改善拟合条件、提高拟合高程精度都是很有益处的。

6.2.21 本条规定了对卫星定位拟合高程成果检验的要求,包括检测的点数、检测方法以及高差较差的要求。

6.3 地下施工高程控制测量

6.3.1 高程联系测量将地面高程传递到地下,为地下各项高程测量工作提供起算数据,是地下施工高程控制测量的重要环节。地下高程控制测量是在地下将高程向隧道内传递的过程,是施工高程测量的基础。

6.4 海域施工高程控制测量

6.4.6 本条参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 跨河水准观测的主要技术要求。

6.4.9 本条为海水面传递高程的方法及要求,参照现行行业标准《水运工程测量规范》JTS 131 的规定。

7 火力发电厂施工测量

7.1 一般规定

7.1.2 火力发电厂作为大型施工项目,宜坚持先整体后局部的原则。

7.1.4 施工控制点位作为施工放样的基准,将在一定时期内使用,只有点位标志完好无损,才能确保施工放样的正确性。因此,标石应埋至冻土层下,比较坚实的原状土中。由于场地内各处填挖情况及回填厚度不同,所以标石的埋设深度应根据场地设计标高、厂址勘测设计阶段的地形图、岩土勘测报告及当地冻土层确定。

7.1.5 由于施工过程对控制点稳定性影响较大,为了控制网点精度,必须定期和不定期地对其检测和复测。但在施工放样过程中,对施工控制网复测成果的调整一定要慎重考虑对建(构)筑物放样的影响。

7.1.7 由于施工过程对控制点稳定性影响较大,施工放样前进行必要的检测非常必要。

7.2 施工场地测量

7.2.2 场地土方工程测量就是在施工场地平整前进行土方量测算的测绘工作,测量目的是计算施工区域的填、挖土方量。土方量的测量、计算是建筑工程施工中工程量预算、编制施工组织设计和合理安排施工现场的重要依据。

7.2.3 场地平整的测量方法通常有方格网法、等高线法和断面法等。根据场地平整测量的用途及工程实际情况,本条规定了不同地形场地平整测量的点距要求。

7.2.4 本条规定了场地平整方格网点测定的技术要求。方格网的点位应依据勘察设计阶段的测图控制网直接测设。

7.2.5 施工道路、临时建(构)筑物和临时水电管线等临时设施的施工放样精度控制以临时设施与永久设施、临时设施相互之间不发生冲突为原则。

7.2.6 本条规定了施工场地测量中应进行现场标定的内容。尤其是扩建工程,工程开工前,施工单位应会同建设单位一起调查了解施工场地内需要保留的地上和地下建(构)筑物、管线、古树等情况,测量人员应结合所掌握的图纸资料实地测设,对地下管线和构筑物等重要设施进行标定,做到有效保护和防止事故发生,并为后续的管道等的衔接掌握第一手资料,确保工程施工的顺利进行。

7.3 厂区控制测量

1 厂区平面控制网

7.3.1 厂区平面控制网应根据厂区地形条件,结合建(构)筑物总体布置情况统筹考虑,可以布设成导线网或卫星定位控制网,以满足施工放样需要,方便使用和保护。

7.3.2 厂区平面控制网应在校测满足相应等级精度要求的基础上,选用原测图控制网中的一个控制点平面坐标及一个方位角作为平面起算数据。既保持与前期系统的一致或延续,又确保自身精度的独立。

7.3.3 火力发电厂属于重要工业区,建(构)筑物较多,管线错综复杂。如果厂区平面控制网精度过低,将有可能产生冲突,因此规定无论场地大小,均宜建立不低于一级精度的平面控制网。

7.3.5~7.3.8 建筑方格网是导线网的一种特殊布网形式,有许多一般导线网没有的特点,在实际操作中应充分注意。

7.3.9 本条中的理论值,对于普通导线网是由平差后的坐标反算出的水平角和水平距离,对于建筑方格网是设计值。复测检查的

偏差限值规定,按本标准 6.2.1 条条文说明中点位误差估算公式,取平均边长 200m 计算,并分别取其测角中误差和边长相对中误差的 $\sqrt{2}$ 倍确定的,也与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 相关规定保持一致。

7.3.10 厂区卫星定位测量由于边长较短,应注意观测方法,否则精度难以满足施工要求。实际操作中应特别注意边长投影和归算到施工高程面的问题。

1 厂区平面控制网点数较多,规定“同步观测的接收机台数不宜少于 4 台”,既是为了保证工期,也是为了提高卫星定位控制网的整体几何强度。“相邻边均应有同步观测基线”是为了提高厂区平面控制网边长的精度;

2 不同类型的接收机由于天线类型等的差异,会对观测数据有所影响,因此应进行适当的测试;

3 卫星定位测量得到的空间三维直角坐标,需经过坐标转换、高斯投影后才能得到所需的参考椭球面上的高斯平面直角坐标。计算过程会产生高斯投影变形和高程面归算变形,这两种变形的趋势是相反的,当上述两种变形的综合影响大于 2.5mm/km 时,应进行投影变形处理。一般地,当测区距离中央子午线达到 45km 时,高斯投影即达到 2.5mm/km,应进行投影变形改正;当测区平均高程达到 150m 时,高程面归算变形即达到 2.5mm/km,应进行投影变形改正。

7.3.11 检核测量的精度与方法应按测区首级控制的要求进行。当满足本标准表 7.3.9 的要求时,应充分利用原成果作为起始数据;不能满足时,应选择靠近主厂房扩建端的一个点及与该点相连的一条边,作为起算坐标和起算方位角,重新建立建筑坐标系。

II 厂区高程控制网

7.3.13 在通常的施工放样中,要求场地整平、建(构)筑物基坑、排水沟、下水管道等的竖向相对误差不大于 $\pm 10\text{mm}$ 。因此要求厂区高程控制网不低于三等水准测量精度。

7.3.14 “校测高差与理论高差之差小于测量等级限差的 1.5 倍时,可作为厂区高程控制测量的起始依据”与国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897—2006 第 7.11.1 条和《国家三、四等水准测量规范》GB 12898—2009 第 7.9.1 条的“检测已测测段高差的差”的规定是一致的。而选择条件好的较少点起算,既为了保持系统的一致与延续,也为了自身网的精度相对独立。

7.4 建(构)筑物施工控制测量

7.4.3、7.4.4 施工控制网的边较短,多为 200m 左右,测边的限差为 3mm 是容易达到的;主轴线定位点偏离直线在 $180^\circ \pm 5''$ 以内,同建筑方格网的布设要求。

7.4.8 高程控制点主要按三等水准测量的精度要求施测,点位设置比较灵活。

7.5 建(构)筑物定位放线和基础施工测量

7.5.2 火力发电厂的施工涉及场地平整、桩基、基坑开挖、基础和上部结构几个阶段,在不同阶段测量的精度要求是不相同的,在满足测量精度要求的前提下,可尽量利用已有测量控制点成果,以做到经济、合理。

7.5.3 表 7.5.3 中指标与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 相关规定一致,依据建筑工程各专业工程施工质量验收规范 GB 50202~GB 50209,并参照现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第 1 部分:土建工程》DL/T 5210.1 相关施工要求限差,取其 40% 作为测量放样的允许偏差。

采用 40% 的施工限差作为测量允许偏差的推论如下:

设总误差由两个独立的单因素误差组成,则总中误差的关系为:

$$m_{\text{总}}^2 = m_1^2 + m_2^2 = m_2^2 \left(1 + \frac{m_1^2}{m_2^2} \right) \quad (20)$$

令

$$\frac{m_1^2}{m_2^2} = k \quad (21)$$

则

$$m_2 = \frac{1}{\sqrt{1+k}} m_{\text{总}} = B m_{\text{总}} \quad (22)$$

$$m_1 = \frac{k}{\sqrt{1+k}} \cdot m_{\text{总}} = A m_{\text{总}} \quad (23)$$

当 k 为不同值时,相应的 A 、 B 值如表 3 所示。

表 3 误差分配系数表

k	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	2	5	10	∞
A	0	0.41	0.53	0.61	0.67	0.71	0.81	0.91	0.95	1
B	1	0.91	0.85	0.79	0.75	0.71	0.58	0.41	0.30	0

按施工测量的习惯做法,采用 $k=0.2$ 时误差的比例关系比较适中,可将测量误差对放样误差的影响限定在一个较小的合理范围,即:

$$m_{\text{测量}} \approx 0.4 m_{\text{总}} \quad (24)$$

$$m_{\text{其他}} \approx 0.9 m_{\text{总}} \quad (25)$$

7.5.4 桩基和沉井轴线的定位、高程测量精度与第 7.5.3 条建(构)筑物的测量精度一致。

7.5.8 本条中的各项限差均符合现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第 1 部分:土建工程》DL/T 5210.1,是实践中普遍认同的指标。

用钢尺量距时,随时同电磁波测距边比长,是钢尺量距常采用的快速有效方法。在施工现场,用钢尺量距时,钢尺和电磁波测距边的比长可随时随地进行;量距时的条件主要指在地面上丈量 and 悬空丈量区别较大;整尺丈量时,10m 以内使用托架或人工托起,与在地面上丈量接近;分段丈量时,在 10m 以内,拉力影响较小。早晚和中午的温度影响较大。钢尺量距同电磁波测

距边比长,省略了钢尺温度改正和尺长改正,操作起来实用方便省事。

7.6 设备安装施工测量

7.6.1 火力发电厂设备安装线是在混凝土基础完成后,依据土建施工轴线进行的放线,放线前检测螺栓、埋件、孔洞与施工轴线之间的关系,便于参照检测结果放样安装线。

7.6.2 本条要求十字轴线尽量正交,以便于设备安装。

7.6.3、7.6.4 锅炉基础安装线和汽机运转层平台的安装轴线,放线后经复测满足限差要求后,才能移交安装。

7.6.5 本条规定应设置高程基准点,是为了便于设备安装。

7.6.6 本条规定的限差是根据设备安装的要求确定的。

7.7 高耸塔形构筑物施工测量

7.7.2 将施工控制点引测到内部基础上,是塔形建(构)筑物施工的重要环节。

7.7.3~7.7.7 这五条规定的指标及要求,均为满足现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第1部分:土建工程》DL/T 5210.1的经验数据。

7.8 钢结构高层、超高层建(构)筑物施工测量

7.8.1 钢结构安装前需要对螺栓轴线关系进行复测,所测距离的偏差值不应大于2mm。

7.8.2 表7.8.2中指标与现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的相关规定保持一致。

7.8.3 本条对钢结构的垂直度提出跟踪测量要求,表7.8.3中指标与现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的相关规定保持一致。

7.8.6 立柱顶部柱距检测偏差值同本标准表7.5.3一致。

7.9 输煤系统施工测量

7.9.1 厂内输煤系统相互紧密联系,故宜统一布设施工控制网。

7.9.2 轴线、坐标偏差和高程传递限差均为经验数据,其中偏轴线是指轴线的辅助线、平行线,在轴线位置上不便于测量或弹线而平移一段距离所做的控制线;偏轴线到轴线的平行距离多为0.5m、1m或任意距离。

7.10 水工构筑物施工测量

7.10.1 厂内水工构筑物的测量方法和要求与厂区一般建(构)筑物相同。

7.10.2 厂区控制覆盖不到厂外水工构筑物,因而需单独布设施工控制。

7.10.3、7.10.4 隧道测量的主要技术要求参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的相关规定制定。

7.10.8 表 7.10.8 中指标参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的相关规定制定。

7.11 管线施工测量

7.11.1 管线的定位条件在厂区总平面布置图、厂区地下管网布置图或专项布置图上均有明确表示,应采用厂区平面控制点或专项控制点以解析法定位。水管线和灰管线远离厂区,属于水工专项管道工程,虽然针对不同管线,有不同叫法,但都会有单独的管道布置图,也会单独布设控制网,用于测图和施工。

7.11.3 表 7.11.3 管线定位测量允许偏差中的厂房内部管线、敷设在沟槽内或架空的管线和厂区内地上和地下管道的定位测量允许偏差是按照测量允许偏差宜为工程允许偏差的 $1/3 \sim 1/2$ 的原则,分别依据现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第 1 部分:土建工程》DL/T 5210.1 中室内排水管道安装偏差为

15mm,室外供热管道安装允许偏差敷设在沟槽内与架空为20mm、埋地为50mm确定的;其他几项是目前建筑施工常采用的指标。表7.11.3的规定主要用于检测工作的精度控制。

7.11.4 表7.11.4中的管线高程测量允许偏差是目前建筑施工通常采用的指标,与现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第1部分:土建工程》DL/T 5210.1的有关规定保持一致。

7.11.5 管线施工放样如果与市政工程相衔接,应对相衔接的位置进行检测,找准相关的衔接关系。相衔接的要求应符合第7.11.7条的规定,且应取得设计等有关单位的书面认可。

7.12 道路施工测量

7.12.2 道路的定位条件在厂区总平面布置图或专项布置图中有明确的表示,应采用厂区平面控制点或专项控制点以解析法定位。

7.12.4 直线段上的中线桩位的间距应根据地形变化确定,一般为20m~50m,地形平坦区域宜为50m,地形起伏大的区域可采用20m;曲线段上的中线桩位的间距应根据曲线半径和长度选定,一般为10m~40m,平曲线上宜为20m。中线桩桩位测量的允许偏差和《城市测量规范》CJJ/T 8中对主要线路的精度要求是一致的。

7.12.5 道路圆曲线的测设工作,首先是依据转折点将圆曲线的起点和终点在地面测设出来,然后据此再在圆曲线上每隔一定距离测设一些辅点,详细标出圆曲线在地面上的位置,以便施工。作业流程是:①圆曲线主点的计算。主要是计算圆曲线起点和终点的桩号;②圆曲线主点放样。测设曲线起点与终点,测设曲线的中点;③圆曲线辅点的测设。道路圆曲线辅点的测设,应根据曲线半径、长度和现场环境等因素选用偏角法、极坐标法、切线支距法或圆心法,调整配赋闭合差使曲线圆顺。曲线测量的允许偏差和现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8中主要线路的精度要求是一致的。

7.12.6 表 7.12.6 中定位测量允许偏差是按照测量允许偏差宜为工程允许偏差的 $1/3 \sim 1/2$ 的原则,依据现行行业标准《公路工程质量检验评定标准》JTGF 80/1 中土方路基实测项目和石方路基实测项目的中线偏位直线 50mm、曲线 100mm 确定的,与现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 中主要线路的精度要求是一致的。

7.12.8 表 7.12.8 的技术要求是依据现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第 1 部分:土建工程》DL/T 5210.1 及《城镇道路施工与质量验收规范》CJJ 1 中的规定确定的。

7.12.9 线路坡度放样是根据纵断面图上各中线桩点的设计高程,在现场利用水准仪后视附近水准点,用视线高测出各桩顶高程,桩顶高程减去该桩设计高程,就得到该桩的填、挖高度。路基边桩的测设:路基的基本形式是路堤(填方路基)和路堑(挖方路基)。图解法是在勘测设计时,地面横断面及路基设计断面已绘在厘米方格图上,所以,当填挖方不很大时,可直接在横断面图上量取中桩至边桩的距离,然后在实地用皮尺测定其位置。解析法是通过计算求出路基中心桩至边桩的距离,在实际工作中采用逐点趋近法。其步骤是:首先根据地面的实际情况,参考路基断面图估计边桩位置,其次测出估计位置与中桩地面间的高差,按此高差可以算出边桩到中桩的距离,如果计算值与估计值相符,即得边桩位置,否则,再次按实测资料第二次估计位置。重复上述工作,逐点趋近,直到计算值与估计值相等或接近为止,最后打入标志桩。

7.12.13 电厂铁路专用线施工测量应以厂区平面控制网为依据进行测设,以统一厂区内各厂房的位置关系。线路延长到厂房内的支线,应以厂房平面控制网为依据测设定位,以确保厂房内各项结构的安全。

7.12.15 厂区铁路专用线一般委托铁路部门设计和施工,总图专业只是给出与之相关的建(构)筑物的坐标及中线位置。

8 风力发电场和太阳能发电站施工测量

8.1 一般规定

8.1.4 卫星定位转换参数是通过一定的数学模型利用重合点来拟合计算的,参与拟合的控制点分布位置对于参数计算、测量成果的精度都有很大影响。本条规定选择能够控制测量区域的不少于4个控制点成果用于参数计算限制拟合误差在作业过程中的扩大。

8.2 陆上风力发电场施工测量

8.2.4 风机基础十字轴线控制桩的测设和高程控制点的设置要求同本标准第7.4节。

8.2.6 基础法兰上表面水平度的规定值和水平度检查方法及要求与设计要求一致。

8.2.7 塔架中心线的垂直度指标取自现行国家标准《风力发电机组装配和安装规范》GB/T 19568的相关规定。

8.3 海上风力发电场施工测量

8.3.1 海上风力发电场在进场和施工过程中,主作业船、运输驳船和抛锚拖轮的作业有一定的吃水深度,为保证施工期间作业船舶的安全,应对施工区域及船舶作业区域进行海底地形复测。

8.3.3 本条规定了风力发电机组桩基础施工的技术要求,主要针对常见的桩式基础进行阐述。

3 海上卫星定位打桩定位系统目前已较为普遍地应用于海上施工,在作业过程中,高频对讲机等无线电波以及打桩架与卫星天线的距离对卫星定位接收机信号有显著影响,基于此情况本款

进行了相关规定。

5 本款规定了沉桩过程中桩基测量的内容,在沉桩过程中,钢桩在锤击过程中会继续下沉并产生垂直度的变化,需持续观测,如超限应及时纠偏以保证钢桩垂直度在可控范围。

8.3.4 本条是根据现行国家标准《风力发电机组装配和安装规范》GB/T 19568 的相关规定制定的。

8.4 光伏电站施工测量

8.4.4 表 8.4.4-1~表 8.4.4-3 中指标是根据现行国家标准《光伏电站施工规范》GB 50794 的相关规定制定的。

8.5 光热发电站施工测量

8.5.1 集热区特点是支架和基础密集,维修通道具备通视条件。

8.5.3~8.5.8 对于光热发电站的施工放样,设计图纸或说明中要求的精度是必须满足的。在图纸或说明中无具体要求的参照这六条执行。

9 变电站和换流站施工测量

9.1 一般规定

9.1.1、9.1.2 这两条分别对变电站和换流站站址平面控制网及高程控制网等级精度要求进行了相应规定,因为变电站等级范围涉及较广,本章所规定的技术要求,不可能逐一撰述,主要以常规要求为对象做规定,故对于 220kV 以下等级的变电站施工测量,其施工测量精度可视情况适当放宽。

9.1.3 恢复和重建变电站内控制网是指:依据站内主控楼角柱中心或主要架构等主要建(构)筑物中心的设计坐标,进行站内平面控制网的恢复;依据站内主控楼的室内地坪或其他主要设备的基础地坪等主要建(构)筑物的设计标高,进行站内高程系统的恢复。

9.2 建(构)筑物定位放线和基础施工测量

9.2.2 建(构)筑物定位放线测量方法,具体应根据建(构)筑物的形状和轴线位置的不同情况,选择有效的定位放线测量方法。

9.2.3 建(构)筑物施工放样说明如下:

1 建(构)筑物施工放样允许偏差值的规定取与厂区一致,取其施工要求限差 40% 作为测量放样的允许偏差。

2 施工层的标高传递限差,是按每层的标高允许偏差确定的。

9.2.4 按照测量允许偏差宜为工程允许偏差的 $1/3 \sim 1/2$ 的原则,表 9.2.4-1 及表 9.2.4-2 中的数值是参考现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的相关数据而确定的。

9.2.6 不同基础形状和开挖方式,有不同的测设方法和技术要求,在技术方案设计中要充分考虑,提出具体要求。

9.2.7 为确保基础主轴线施工的正确性,在基础放线前应以建(构)筑物平面控制网检测建(构)筑物外廓轴线控制桩,检验无误后方可采用经纬仪方向法或正倒镜挑直法进行基础主轴线的测设,允许误差为 3mm。

9.2.8 基础外廓轴线放线的技术要求是根据现行国家标准《砌体工程施工质量验收规范》GB 50203 相关规定制定的。

9.2.9 表 9.2.9 所示数值是根据现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第 1 部分:土建工程》DL/T 5210.1 的相关规定制定的。

9.3 设备安装施工测量

9.3.1、9.3.2 这两条对设备基础施工过程中平面、高程测量允许偏差进行了规定,主要依据现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第 1 部分:土建工程》DL/T 5210.1 中的相关规定,并按照测量允许偏差宜为施工允许偏差 $1/3 \sim 1/2$ 而确定的。

9.3.4、9.3.5 这两条对重要设备安装过程中测量控制相关内容进行了规定。依据国家现行标准《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》GB 50147、《电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB 50148 和《电气装置安装工程质量检验及评定规程》DL/T 5161 的相关规定编写。

9.4 构支架施工测量

9.4.1 本条是对构支架基础施工过程中平面测量和高程测量允许偏差的规定。与本标准第 9.3.1 条和第 9.3.2 条的规定相同,均依据现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第 1 部分:土建工程》DL/T 5210.1 中的相关规定确定。

9.4.4 表 9.4.4-1~表 9.4.4-3 按照现行行业标准《电力建设施

工质量验收及评价规程 第1部分:土建工程》DL/T 5210.1 中的相关规定确定。

9.5 管线、沟道及道路施工放样

9.5.1 本条规定了管线、沟道及道路工程施工定位放样的原则和依据,变电站区域内管线、沟道及道路工程定位条件均在设计总平面图上有明确的表示。定位条件若由与变电站内已有建(构)筑物相对关系来确定,定位后可测定线位的解析坐标;如以控制点为依据确定中线位置,应以解析法定位。

9.5.2 施工水准点是确定管线、沟道及道路工程高程和坡度的依据,只有将施工水准点与建筑系统使用的水准点统一布设时,才能使管线、沟道及道路工程的高程与建(构)筑物相关位置的高程互相衔接。如需要布设管线、沟道及道路工程水准点时,至少应以变电站区域内的两个水准点为依据,采用符合水准路线布设。

9.5.3 本条规定了管线工程主要特征点定位测量的技术要求。条文中表 9.5.3-1 和表 9.5.3-2 的点位允许偏差是依据现行国家标准《建筑给排水和采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 中的相关规定,并按照测量允许偏差宜为施工允许偏差的 $1/3\sim 1/2$ 而确定的。

9.5.5 本条对沟道施工放样测量的技术要求进行了规定,包括对沟道施工测量的平面定位测量和高程测量允许偏差的规定,主要是根据现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第1部分:土建工程》DL/T 5210.1 中的相关规定,并按照测量允许偏差宜为施工允许偏差的 $1/3\sim 1/2$ 而确定的。

9.5.6 站内道路与电厂道路放样测量要求基本一致,故本条规定参照执行。

9.6 水工构筑物施工测量

9.6.2、9.6.3 这两条对变电站水工构筑物的施工测量定位和高

程放样偏差宜按照施工过程的不同阶段进行了规定,主要依据现行行业标准《电力建设施工质量验收及评价规程 第1部分:土建工程》DL/T 5210.1中的相关规定,并按照测量允许偏差宜为施工允许偏差的 $1/3 \sim 1/2$ 而确定的。

10 输电线路施工测量

10.1 一般规定

10.1.2 本条具体说明了输电线路施工测量使用的测量仪器类型。输电线路施工测量中,卫星定位设备主要是指利用 RTK 技术的实时动态测量仪器。目前国内输电线路等级从 220kV~1100kV,110kV 及以下等级的输电线路主要使用水泥杆,而 110kV 以上等级的输电线路主要使用铁塔,施工测量精度要求差别较大,为此对 110kV 以下等级的输电线路的施工测量精度要求可适当放宽。

10.1.4 采用视距法施工测量,视距长度应有一定限制,否则应使用电磁波测距仪器或卫星定位实时动态测量。

10.2 架空输电线路施工测量

I 线路复测

10.2.1 受自然条件或其他外界因素的影响,线路从勘测定位设计完毕至开始施工期间,经常会出现现场杆(塔)位桩的偏移、丢失或设计变更移动塔位的现象,为此在开始施工前,要求施工单位必须对设计提交的资料进行验证,进行一次全面的线路复测。

10.2.4 本条参考了国家现行标准《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 及《110kV~750kV 架空输电线路施工质量检验及评定规程》DL/T 5168 的相关规定,确定具体线路复测测量指标。

II 施工基面及电气开方测量

10.2.6 本条对施工基面及电气开方测量要求和进行了规定,主要依据现行行业标准《110kV~750kV 架空输电线路施工质

量检验及评定规程》DL/T 5168 的相关规定进行编写。

III 基础施工测量

10.2.11 本条根据现行国家标准《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 的相关规定编写。

10.2.13 本条根据现行国家标准《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 的相关规定编写。

10.2.14~10.2.16 这三条分别对不同类型的基础形式的基础坑分坑和开挖时的测量要求和方法进行了规定,依据现行行业标准《110kV~750kV 架空输电线路施工质量检验及评定规程》DL/T 5168 的相关规定编写。

10.2.17~10.2.20 这四条对不同类型的基础在支模、浇筑过程中及成型后的测量要求和方法进行了规定,根据现行行业标准《110kV~750kV 架空输电线路施工质量检验及评定规程》DL/T 5168 的相关规定编写。

IV 杆塔和接地施工测量

10.2.24~10.2.26 这三条规定是根据现行国家标准《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 的相关规定制定的。

10.2.27~10.2.31 这五条分别对不同类型的杆塔施工测量要求和方法进行了规定,根据现行行业标准《110kV~750kV 架空输电线路施工质量检验及评定规程》DL/T 5168 的相关规定编写。

V 架线施工测量

10.2.33 本条是对紧线施工测量的要求和方法进行了规定,依据现行行业标准《110kV~750kV 架空输电线路施工质量检验及评定规程》DL/T 5168 的相关规定编写。

10.2.34 本条是对观测弧垂方法的规定,依据现行国家标准《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 的相关内容编写。

10.2.35 本条是对附件安装施工测量要求和方法进行了规定,依

据现行行业标准《110kV~750kV 架空输电线路工程施工质量检验及评定规程》DL/T 5168 的相关规定编写。

10.3 地下电力电缆施工测量

I 盾构法隧道施工测量

10.3.2 盾构始发井建成后,应在井下适宜的位置埋设足够数量的测量控制点,以便进行洞门圈中心坐标复测、盾构机拼装等测量放样工作。

10.3.8 始发前盾构机的初始位置和姿态对正确掘进影响较大,必须准确测定。对于具有自动导向系统的盾构机也应利用人工测量方法进行检核,自动导向系统与人工测量结果一致,才能进行掘进施工。

10.3.9、10.3.10 盾构机姿态测量可采用人工测量方法或自动导向系统测量方法进行。对于自身具有导向系统的盾构机,可由该导向系统以施工测量控制点为起算数据,实时测量和计算出盾构机姿态,但施工测量控制点数据和稳定状况需要依靠人工测量方法确定。

由于隧道内观测条件差,测量所依据的控制点稳定状况不好,加之导向系统难免会出现故障,因此掘进过程中应定期采用人工测量方法对盾构机姿态进行检核测量,为盾构机的掘进提供修正参数。盾构机上所设置的测量标志必须牢固、可靠,有条件时宜设置两套,既可用于检核,也可提高测量精度。

10.3.11 盾尾间隙测量是提供衬砌环拼装偏差及修正参数,为下一环管片选型,修正环片拼装位置,确保拼装位置正确的重要工作。衬砌环与盾尾脱离后测定衬砌环姿态,主要提供衬砌环安装初始位置偏差状况和修正参数。衬砌环安装后的变形状况由监测单位提供。

II 顶管法管道施工测量

10.3.15 顶管施工时,管体和设置在管道内的测量中继站一直

处于运动状态,每次导向测量必须以始发井内的测量控制点为基准,通过测量中继站的传递,最终测定顶管机头的三维坐标。人工导向测量宜按每顶进 2m~3m 时测量一次的频率进行,但在顶管进入曲线段或轴线偏差较大时,应适当增加导向测量频率。

10.3.16 顶管自动导向系统应由软件系统和硬件系统组成,软件系统应具备控制及测量数据处理功能,硬件系统应包括编程计算机、测量仪器、自动整平基座、数据传输设备等;系统应能在短时间内自动快速地完成导向测量,并以图形、数字方式实时显示顶管机的当前里程、横向偏差和竖向偏差等信息。与人工导向测量相比,自动导向测量的精度和效率得到显著提高,尤其是在长距离顶管和曲线顶管中,其优势更加明显。有条件时应首先采用自动导向系统进行导向测量。

10.4 海底电力电缆施工测量

10.4.4 海底电力电缆施工测量中会使用大量非标器具和设备,包括但不限于测深使用的测绳、埋设机配备的埋深测量系统、测量水深或相对位置的超声波设备、测量海缆敷设长度的计米器、测量海缆张力设备等。按照工程的具体要求,应该在施工前对这些设备、器具、系统进行校核,并重新标定。同时组成测量系统中的计量用器具,如各类传感器等也应按照相关规定进行定期检测。

10.4.6 本条对海底电力电缆施工测量准备工作作了相关规定。

1 海缆施工区域可能存在多种差分信号源,因此需要在施工前选定一个能够覆盖海缆施工全区域的差分信号源。考虑到我国已经在沿海区域建立了全覆盖(除南海部分海域外)的差分信标网站,因此一般首选这些国家信标网站。对于在特殊情况下无法使用国家信标网站的信号时,宜使用卫星差分信号。

5 海底电力电缆埋深有多种施工工艺,如机械拖带、机械挖

掘、水利机械冲沟、边敷边埋、先敷后埋等,对埋深测量的方法也有较大差异,因此需要与监理等相关单位共同协商,确定埋深测量系统的校核、标定方法以及显示形式、显示器放置位置等,并确定旁站监理的相关观测规则等。

11 变形监测

11.1 一般规定

11.1.1 本条规定了电力工程变形监测范围和种类。变形监测，是通过监测及时掌握监测体的变形情况，确保观测体在施工或运营期间的安全，并提供准确的安全预报、信息反馈。

本标准中电力工程中变形监测的分类见表4。

表4 电力工程中变形监测的分类

序号	种类	变形的方向	相关施工项目
1	地基土分层竖向位移观测	竖向位移	地基土(堆土、填土、吹沙)处理
2	基坑回弹观测	竖向位移	基坑开挖
3	建筑场地竖向位移观测	竖向位移	电力建筑场地的地基土处理
4	建(构)筑物竖向位移观测	竖向位移	电力建(构)筑物的监测
5	建(构)筑物水平位移观测	水平位移	建(构)筑物的基础与结构、桩基施工、基坑、灰坝和滑坡体的监测
6	裂缝观测	竖向位移、水平位移	电力建(构)筑物的监测
7	挠度观测	竖向位移、水平位移	电力建(构)筑物的检测
8	建筑场地滑坡观测	竖向位移、水平位移	建筑场地滑坡体的监测

11.1.2 变形监测的等级和精度要求划分根据电力工程特点，沿用现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 分级的规定而划分为四个等级。电力工程变形监测，可根据岩土性状、场地复杂程度以

及建(构)筑物的重要性、运行条件等来选择等级精度。

岩土性状,对地基土而言是指低、中、高压缩性,对地基岩石而言是指微风化、中风化、强风化。

建(构)筑物的重要性主要指建(构)筑物安全等级。火力发电厂各类建(构)筑物三个安全等级划分可参见现行行业标准《火力发电厂岩土工程勘测技术规程》DL/T 5074 第 4.2.2 条条文规定,变电所的重要建(构)筑物主要有主控楼、GIS 设备基础和换流站的阀厅等。

基坑安全等级的划分,可根据破坏后果和基坑开挖深度可划分为三级,见表 5。基坑从深度上可简单分为深基坑、浅基坑。

表 5 基坑安全等级划分

基坑安全等级	破坏后果	开挖深度
一级	很严重	基坑开挖深度大于 10m
二级	严重	基坑开挖深度 7m~10m
三级	不严重	基坑开挖深度小于 7m

建筑场地的复杂程度可分为三个等级:复杂场地、中等复杂场地和简单场地。

大面积填方、填海等进行软弱地基(场地)处理时,需要竖向位移变形监测;在桩基施工(包括基坑)监测中,也需要变形监测。

11.1.3 当变形监测项目明确要求变形允许值来确定精度等级时,先估算变形监测精度,再确定相应的精度等级。

11.1.4 监测方案设计,应包括监测目的、精度等级、监测方法、监测基准网的精度估算和布设、观测周期、项目预警值、使用的仪器设备等内容。

11.1.5 大型电力工程是指 600MW 机组及以上火力发电厂,也可以是(1000±800)kV 特高压换流站等。

11.1.12 常见的建(构)筑物的地基变形允许值采用现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的相关规定。其他类型的

监测项目的变形允许值,可参考相关的设计规范,或由设计部门确定。变形监测的变形量预警值,通常取变形允许值的75%。变形量达到预警值或接近极限值等异常情况时,应采取相应措施,及时增加观测次数或调整变形监测方案。

11.2 水平位移监测基准网

本节内容与行业标准《电力工程施工测量技术规范》DL/T 5445—2010 第 11.2 节规定一致。

11.3 竖向位移监测基准网

本节内容与行业标准《电力工程施工测量技术规范》DL/T 5445—2010 第 11.3 节规定一致。

11.4 建(构)筑物变形监测

11.4.1 本节仅规定建(构)筑物变形监测的水平位移和竖向位移监测,有关倾斜、裂缝、挠度等监测可参照本章的相应规定。

11.4.7 建(构)筑物竖向位移监测也称建(构)筑物沉降观测,是常见的变形监测。

11.4.8 新建电力工程建(构)筑物竖向位移监测点,通常由设计单位按有关标准在设计纸图上布设,施工单位按设计纸图进行设置。

11.4.10 电力工程具有建(构)筑物类别多样、设备性质复杂、安装工艺多样、时间不统一等特点,所以沉降观测周期在满足工程建设需求的基础上,观测人员应及时、充分跟业主、设计人员、施工单位沟通协调,根据工程具体情况,共同制订观测方案,及时进行观测,分析确定建(构)筑物变形状况、趋势,确保工程安全。

4 关于沉降稳定控制指标,不同地区和行业执行标准悬殊较大,具体取值宜根据不同地区地基土的压缩性能区别对待,不宜规定太苛刻,故采用最后 100d 的沉降速率小于 0.01mm/d ~

0.04mm/d 作为稳定指标范围。

11.5 基坑变形监测

11.5.1 本节除了规定基坑支护结构变形监测外,将基坑回弹监测的规定纳入本节。

11.5.2 基坑变形监测的项目,包括全部的监测内容,没有区分专业。深层水平位移(也称测斜)、土体分层竖向位移通常由岩土专业实施。

11.5.17 对于基坑外观测点的布设范围,参阅其他相关规范,基本上在基坑深度的1.5倍~2.0倍距离范围内,为稳妥起见,决定采用相对较保险的、基坑深度2倍距离作为基坑回弹沉降观测点的布设范围。

11.5.18 基坑回弹观测标志的埋设、观测和保护均比较麻烦,可根据开挖深度和地质土层情况采取钻孔法或探井法埋设,标志又分为辅助杆压入式、钻杆送入式或直埋式标志。

11.5.21 竖向位移监测尽量采用水准测量方法进行,但对于实施水准测量实在困难的工程,也可采用静力水准、电磁波测距三角高程等方法进行,但对观测方案需进行严密论证,确保测量精度满足相应沉降观测等级要求。

11.6 隧道变形监测

本节电力工程隧道变形监测为本标准新增的内容,主要参照现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911编写。在城市、乡村进行盾构施工,施工环境、监控量测内容差别较大。针对不同施工环境条件制订不同的监控量测方案。

11.6.10 本条对地面三维激光扫描仪的主要技术要求做了一般规定,包括使用精度等级、扫描仪性能和观测要求。

11.6.13 隧道拱顶下沉通常采用水准尺法观测,或采用三角高程法观测。净空水平收敛通常采用全站仪极坐标法观测,或采用手

持测距仪、在线测距仪观测。

11.7 建筑边坡监测

本节规定需要监测项目包括建筑边坡、自然斜坡和人工边坡。

11.8 建筑场地竖向位移监测

11.8.1 相邻地基竖向位移是指测定建筑影响范围内的竖向位移,场地地面竖向位移是指测定建筑影响范围之外的地面竖向位移。

11.8.3 建筑场地竖向位移监测点标志一般情况下可采用浅埋标,但对于安全等级较高或含有科研性质的电力工程建筑场地的竖向位移监测点应采用深埋标。

11.9 深层水平位移监测

11.9.1 测斜仪依据探头是否固定在被测物体上分为固定式和活动式两种。深层水平位移监测一般采用活动式测斜仪,即先埋设测斜管,每隔一定的时间将探头放入管内沿导槽滑动,通过量测测斜管斜度变化,推算水平位移。

11.9.3 深层水平位移监测目前多采用测斜仪观测。为了真实地反映围护结构的挠曲状况和地层位移情况,应保证测斜管的埋设深度。设置在围护墙内的测斜管深度不宜小于围护墙的人土深度;设置在土体内的测斜管深度不宜小于基坑开挖深度的 1.5 倍,并大于围护墙深度。

因为测斜仪测出的是相对位移,若以测斜管底端为固定起算点,应保持管底端不动,否则就无法准确推算各点的水平位移,所以要求测斜管管底嵌入稳定的土体中。

11.9.4 围护墙或土体深层水平位移的监测是观测基坑围护体系变形最直接的手段,监测孔应布置在基坑平面上挠曲计算值最大的位置。一般情况下基坑每侧中部、阳角处的变形较大,因此该处

宜设监测孔；对于边长大于 50m 的基坑，每边可适当增设监测孔；基坑开挖次序以及局部挖深会使围护体系最大变形位置发生变化，布置监测孔时应予以考虑。

11.9.5 保证测斜管的埋设质量是获得可靠数据和保证精度的前提，因此本条对测斜管的埋设提出了具体要求。

11.9.6 为了消除仪器测量误差，对每个监测点均进行正反 2 次量测。

11.10 土体分层竖向位移监测

11.10.4 沉降管埋设时应先钻孔，再放入沉降管，沉降管和孔壁之间宜采用黏土水泥浆而不宜用砂进行回填。

11.10.6 土体分层沉降仪的量测精度与沉降管上设置的钢环数量有关，钢环设置的密度越高，所得到的分层沉降规律就越连贯和清晰；量测精度还与波纹管同土层密贴程度以及能否自由下沉或隆起有关。所以沉降管的安装和埋设好坏对测试精度至关重要。

11.10.7 2 次读数较差是指相同深度测点的 2 次竖向位移测量值的差值。

11.11 倾斜监测

11.11.1 建(构)筑物倾斜监测应根据现场观测条件和要求确定不同的监测方法。当被测建(构)筑物具有明显的外部特征点和宽敞的观测场地时，可以采用全站仪投点法等，测出每对上部和底部观测点之间的水平位移分量，再按矢量计算方法求得倾斜量和倾斜方向；当被测建(构)筑物内部有一定的竖向通视条件时，可以采用激光垂准法等；当被测建(构)筑物具有足够的整体结构刚度时，可以采用差异沉降法等。

11.11.2 倾斜包括基础倾斜和上部结构倾斜。基础倾斜可利用沉降观测成果计算，具体规定见本标准第 11.4 节。本节主要规定上部结构倾斜观测的技术要求。上部结构倾斜观测可通过测定相

互垂直的两个方向上的倾斜分量来获得倾斜值、倾斜方向和倾斜速率。建(构)筑物运营过程中,有可能导致建(构)筑物发生倾斜的情形包括:建(构)筑物基础外围荷载发生重大变化,如大量堆土;建筑自身基础发生较大变化,如基础浸水;遭遇强大外力冲撞致使建筑承重结构发生改变或破坏;遭遇自然灾害,如发生地震、滑坡、洪水或泥石流等。

11.11.9 建(构)筑物施工过程中及竣工验收前,经常要进行垂直度测量。垂直度测量目的主要是检查工程施工的质量。垂直度测量的方法与倾斜观测方法基本一致,垂直度可由倾斜值和建(构)筑物的相对高度方便地计算出。

11.12 裂缝监测

11.12.1 裂缝观测是指对建(构)筑物的裂缝观测。由于建(构)筑物受不均匀沉降和外界因素的影响,墙体会产生裂缝。定期观测裂缝宽度、长度的变化,必要时需观测裂缝的深度的变化,以监视建(构)筑物的安全或治理效果。

11.12.2~11.12.4 裂缝观测主要针对已发生裂缝的建(构)筑物。观测时,要对裂缝统一编号,绘制位置分布图,并拍摄相应的照片。

11.12.5 传统的采用比例尺、小钢尺或游标卡尺观测裂缝方法简单。随着测量技术的提高采用测缝计或传感器等进行自动观测成为普遍。单片摄影就是采用数码相机对裂缝进行摄影,借助水平线、垂直线及某些已知构件长度等相对关系,对影像进行纠正,进而量取裂缝的长度和宽度。

11.13 挠度监测

11.13.1 挠度指的是建筑的基础、构件或上部结构等在弯矩作用下因挠曲引起的变形,包括竖向挠度(对基础、大跨度构件等)和横向挠度(对建筑上部结构、墙、柱等)。由于挠度发生的方向不同,

测定方法有所不同。

11.13.4 竖向挠度观测可与建筑沉降观测同时进行。观测点应沿基础的轴线或边线布设,每一轴线或边线上不得少于3点。

11.13.5 测定横向挠度时需要注意,不同高度上所测位移分量应为同一坐标方向上的值。实际作业中,可测定其在相互垂直的两个方向上的位移分量,分别计算相应的挠度。

11.14 结构健康监测

11.14.1 结构健康监测应通过分析定期采集的结构布置传感器阵列的动力响应数据,观察体系随时间推移产生的变化,提取损伤敏感特征值,并通过数据分析确定结构目前的健康状态。对于长期结构健康监测,通过数据定期更新估计结构老化和恶劣服役环境对工程结构是否有能力继续实现设计功能。

11.14.2 结构健康监测系统一般由传感器系统、数据采集与传输系统、数据处理与控制系统、数据库系统、安全评估系统等几部分组成。结构健康监测系统设计时要综合考虑监测对象结构形式、受力特点、关键部位、使用功能及所处的环境,充分考虑工程结构各阶段的健康监测需求,既要保证监测效果,又要经济可行。

11.14.3 各类结构健康监测内容选择可见表6。

表6 各类结构健康监测内容

监测类别	建筑类型		
	建(构)筑物	电力隧道	铁塔、风机
几何形变类	√	√	√
结构反应类	○	○	√
环境参数类	○	○	√
外部荷载类	○	○	○
材料特性类	○	○	○

注:√为应测,○为选测。

除几何形变类监测外,其他监测所用传感器的性能参数及技术要求主要包括量程、采样频率、线性度、灵敏度、分辨率、迟滞、重复性、漂移、供电方式、使用环境及寿命等方面。

11.14.4 传感器布置时需与结构设计方沟通。可充分利用结构的对称性,优化传感器的布设,以较少的传感器来反映结构的健康特征。

11.14.5 结构健康监测系统按监测频率一般划分为三级:一级为在线实时监测系统;二级为定期在线连续监测系统;三级为定期监测系统。实际工程中可根据需要进行选择。

11.14.8 监测报告分为监测预警报告、定期报告与总结报告。监测预警报告分短信报告和纸质报告。短信报告和纸质报告的内容包括监测点位置、点号、预警控制值、预警报告值等。定期报告与总结报告主要包括项目概况、监测目的、监测内容、技术标准及依据、现场巡查、监测成果数据处理分析、监测结论及建议、附件等。自动化监测系统的技术资料包括系统的用户手册及系统验收资料等。

11.15 监测项目控制值和预警

11.15.1 由于各地建设单位的管理水平、施工单位的素质和施工经验,以及工程地质条件和施工环境的不同,对工程监测预警标准也不尽相同。通常由建设单位组织设计单位、施工单位、监理单位和相关专家,根据工程特点、监测项目控制值、当地施工经验等制定监测预警等级和预警标准。

11.15.2 监测项目控制值是工程施工过程中对工程自身及周边环境的安全状态或正常使用状态进行判断的重要依据,也是工程设计、工程施工及施工监测等工作的重要控制点。监测项目控制值的大小直接影响到工程自身和周边环境的安全,对施工方法、监测手段的确定以及施工工期和造价都有很大影响。因此必须合理确定监测项目控制值。

11.15.3 现场巡查过程中,出现本条规定的6种情况时需立即进行监测报警,以便采取相应措施,保证工程自身和周边环境的安全。

11.15.4 累计变化量反映的是监测对象即时状态与危险状态的关系,而变化速率反映的是监测对象发展变化的快慢。过大的变化速率,往往是突发事故的先兆。例如对围护墙变形的监测数据进行分析时,应把位移的大小和位移速率结合起来分析,考察其发展趋势,如果累计变化量不大,但发展很快,说明情况异常。因此在确定监测预警值时应同时给出变化速率和累计变化量,当监测数据超过其中之一时即进入异常或危险状态,监测人员必须及时预警。

11.15.5 当外业监测工作完成后,应及时对监测数据进行内业整理、计算和分析,发现监测数据达到监测项目控制值或连续3d超过该值的2/3时必须报警。

11.15.6 预警期间没有发生工程自身事故或环境风险事故,且没有发生次生灾害,监测数据变化持续在规定的控制值内,可以在履行相应审批程序后消警。

11.16 在线变形监测系统

11.16.1、11.16.2 这两条规定了在线变形监测系统的适用范围、基本功能。

11.16.4 变形监测传感器的分类,把卫星定位系统、全自动全站仪等视作广义监测传感器。

11.16.5 使用在线变形监测系统,只有确保传感器的生存率,才能体现其功能。

11.17 变形监测结果及信息反馈

11.17.1、11.17.2 每次变形监测数据经整理后得到监测结果,编制报表和曲线图,并提出变形监测结果及阶段性总结报告。

11.17.3 本条规定了启动应急变形监测方案的条件。

11.17.5 建议建立变形监测信息数据处理和管理系统平台,提高作业效率,并便于管理。

12 竣工测量

12.1 一般规定

12.1.1~12.1.3 竣工图与一般的地形图不完全相同。竣工图主要反映设计和施工的实际情况,以编绘为主。但资料不全时,需要实测补充或全面实测。为了使实测竣工图能与原设计图相协调,所采用的坐标高程系统、测图比例尺、图幅、图例等应与施工设计图相同。

12.2 火力发电厂、变电站和换流站竣工测量

12.2.1 完整、充分地搜集、整理已有的设计、施工和验收资料,是编绘竣工图的首要任务。通过实地对照检查,以确定资料的完整性、正确性和需要实测补充的范围。

12.2.3 竣工测量中的常规地形测量是为了测量工程区域的地形地貌,加测纵横断面是为了更清晰地反映管线、道路等设施建设后的状态,而细部测量是为了获得各种设施的位置、标高和尺寸等信息。

12.2.6 建(构)筑物的细部坐标点是指其外棱角。圆形建(构)筑物的中心坐标是根据所测圆周上不少于4个点的坐标推算得出。

12.3 输电线路竣工测量

12.3.1、12.3.2、12.3.7、12.3.8、12.3.13~12.3.15 输电线路竣工测量按照架空输电线路、地下电力电缆和海底电力电缆进行分类。输电线路竣工图的编绘最重要的是对已有施工图设计、施工和验收资料的整理利用工作。实地对照检查及实测工作是竣工测量工作的必要补充。架空输电线路和地下电力电缆竣工图实测是

在特殊情况下采用的方式,实施时执行相应的输电线路测量规定。

12.4 风力发电场和太阳能发电站竣工测量

本节规定了风力发电场和太阳能发电站竣工测量的技术要求,当风力发电场和太阳能发电站竣工图无法编绘时,应进行实测。

S/N:155182·0821



DL/T 5578—2020
代替 DL/T 5445—2010

中华人民共和国电力行业标准
电力工程施工测量标准

DL/T 5578—2020

代替 DL/T 5445—2010

☆

中国计划出版社出版发行

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)

三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 8.125 印张 204 千字

2021 年 1 月第 1 版 2021 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

☆

统一书号: 155182·0821

定价: 73.00 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