

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50633 – 2010

核电厂工程测量技术规范

Technical code for engineering surveying of
nuclear power station

2010 – 11 – 03 发布

2011 – 10 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

核电厂工程测量技术规范

Technical code for engineering surveying of
nuclear power station

GB 50633 - 2010

主编部门：中 国 电 力 企 业 联 合 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 1 年 1 0 月 1 日

中国计划出版社

2011 北 京

中华人民共和国国家标准
核电厂工程测量技术规范

GB 50633-2010

☆

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850×1168毫米 1/32 7.5印张 188千字

2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷

印数1—4000册

☆

统一书号:1580177·677

定价:45.00元

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 830 号

关于发布国家标准 《核电厂工程测量技术规范》的公告

现批准《核电厂工程测量技术规范》为国家标准,编号为 GB 50633—2010,自 2011 年 10 月 1 日起实施。其中,第 5.6.7、9.1.8 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一〇年十一月三日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2007〕126 号)的要求,由广东省电力设计研究院和电力规划设计总院会同有关单位共同编制完成的。

本规范在编制过程中,编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规范,最后经审查定稿。

本规范共分 10 章 15 个附录,主要技术内容有:总则,术语、符号和代号,平面控制测量,高程控制测量,地形测量,数字摄影测量,卫星遥感,施工测量,变形监测,其他测量等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国电力企业联合会负责日常管理,由广东省电力设计研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送广东省电力设计研究院(地址:广东省广州市科学城天丰路 1 号,邮政编码:510663),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 广东省电力设计研究院

电力规划设计总院

参 编 单 位: 华东电力设计院

中国核电工程有限公司(原核工业第二研究设计院)

东北电力设计院

山东电力工程咨询院

北京国电华北电力工程有限公司

中南电力设计院

西南电力设计院

主要起草人：张小望 姚麒麟 殷金华 王旭宏 薛艳东
常增亮 曹玉明 王圣祖 邓加娜 柳 林
代宏柏 刘小青 雷伟刚

主要审查人：孔祥元 田养权 尹洪斌 李广晔 刘光明
吴建杨 陈脉搏 何光源 马天勤 周美玉
陈亚明 石克勤 胡茂林 王 骢 谭国铨
柴秀伟

目 次

1	总 则	(1)
2	术语、符号和代号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
2.3	代号	(6)
3	平面控制测量	(7)
3.1	一般规定	(7)
3.2	卫星定位测量	(8)
3.3	导线测量	(13)
3.4	三角形网测量	(21)
4	高程控制测量	(25)
4.1	一般规定	(25)
4.2	水准测量	(25)
4.3	三角高程测量	(30)
4.4	GPS 高程测量	(33)
5	地形测量	(35)
5.1	一般规定	(35)
5.2	图根控制测量	(38)
5.3	测绘方法	(42)
5.4	地物测绘	(46)
5.5	地貌测绘	(49)
5.6	水下地形测量	(50)
5.7	海洋测绘	(54)
5.8	地形图整饰及检查	(58)

6	数字摄影测量	(61)
6.1	一般规定	(61)
6.2	航空摄影技术及资料要求	(62)
6.3	像控测量	(63)
6.4	像片调绘	(69)
6.5	数字化成图	(70)
6.6	数字影像产品	(74)
7	卫星遥感	(75)
7.1	一般规定	(75)
7.2	数据预处理	(75)
7.3	图像几何校正	(75)
7.4	影像整饰	(76)
8	施工测量	(77)
8.1	一般规定	(77)
8.2	初级网测量	(78)
8.3	次级网测量	(79)
8.4	微网测量	(84)
8.5	微网传递测量	(87)
8.6	建筑施工放样及检测	(88)
8.7	数据处理及成果提交	(94)
9	变形监测	(96)
9.1	一般规定	(96)
9.2	水平位移测量	(97)
9.3	垂直位移测量	(100)
9.4	数据处理与变形分析	(102)
10	其他测量	(104)
10.1	一般规定	(104)
10.2	勘探点、线测量	(104)
10.3	水文测量	(106)

10.4 管线工程测量	(108)
附录 A 坐标联系测量	(113)
附录 B 平面控制点标志及标石的埋设规格	(116)
附录 C GPS 控制点点之记	(119)
附录 D GPS 测量手簿记录格式	(120)
附录 E 经纬仪系列分级和基本技术参数	(121)
附录 F 方向观测法度盘和测微器位置变换计算公式	(122)
附录 G 大地坐标系的椭球基本参数和几种曲率 半径的计算	(124)
附录 H 全国主要几种高程系统零点高程互换表	(126)
附录 J 水准仪系列分级和基本技术参数	(127)
附录 K 各等级高程控制点标志、埋石类型及要求	(128)
附录 L 地形图分幅和编号	(130)
附录 M 控制像片整饰格式	(132)
附录 N 次级网点、微网点和测量通视孔标志、埋设 规格及要求	(134)
附录 P 建(构)筑物主体倾斜率和按差异沉降推算主体倾斜值 的计算公式	(138)
附录 Q 基础相对倾斜值和基础挠度计算公式	(139)
本规范用词说明	(141)
引用标准名录	(142)
附:条文说明	(143)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms, symbols and codes	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
2.3	Codes	(6)
3	Horizontal control network survey	(7)
3.1	General requirement	(7)
3.2	Satellite positioning	(8)
3.3	Traverse survey	(13)
3.4	Triangular control network survey	(21)
4	Vertical control network survey	(25)
4.1	General requirement	(25)
4.2	Leveling	(25)
4.3	Trigonometric leveling	(30)
4.4	GPS leveling	(33)
5	Topographic survey	(35)
5.1	General requirement	(35)
5.2	Mapping control survey	(38)
5.3	Methods of surveying and mapping	(42)
5.4	Ground-object survey	(46)
5.5	Geomorphological survey	(49)
5.6	Underwater topographic survey	(50)
5.7	Marine charting	(54)
5.8	Decoration and checking of topographic map	(58)

6	Digital photogrammetry	(61)
6.1	General requirement	(61)
6.2	Technology and document requirements of aerial photography	(62)
6.3	Photo-control point survey	(63)
6.4	Photo annotation	(69)
6.5	Digitized mapping	(70)
6.6	Product of digital image	(74)
7	Satellite remote sensing technology	(75)
7.1	General requirement	(75)
7.2	Data preprocessing	(75)
7.3	Geometric rectification of imagery	(75)
7.4	Decoration of imagery	(76)
8	Construction survey	(77)
8.1	General requirement	(77)
8.2	Primary control network survey	(78)
8.3	Secondary control network survey	(79)
8.4	Micro-grid control network survey of factory building	(84)
8.5	Micro-grid control network transfer survey of factory building	(87)
8.6	Setting-out and detection of construction	(88)
8.7	Data processing and results submitting	(94)
9	Deformation monitoring	(96)
9.1	General requirement	(96)
9.2	Horizontal displacement survey	(97)
9.3	Vertical displacement survey	(100)
9.4	Data processing and deformation analysis	(102)
10	Other surveys	(104)
10.1	General requirement	(104)

10.2	Exploratory point, line survey	(104)
10.3	Hydrographic survey	(106)
10.4	Pipeline engineering survey	(108)
Appendix A	Coordinate systems affiliation surveys	(113)
Appendix B	Markers of horizontal control points and buried specifications of the fixed monuments	(116)
Appendix C	GPS control points logging sheet	(119)
Appendix D	GPS surveying hand-written log forms	(120)
Appendix E	The ranks of theodolite series and their basic technique parameters	(121)
Appendix F	Aspect observation circle and the position interchange calculation formula for micrometer	(122)
Appendix G	The ellipsoid basic parameters of the geodetic coordinate system and several curvature radius calculations	(124)
Appendix H	The zero point elevation interchange table for the several mainly national elevation systems	(126)
Appendix J	The ranks of the water level and their basic technique parameters	(127)
Appendix K	The ranks of the different levels elevation control point signs, buried stone types and their requirements	(128)
Appendix L	The subdivisions and serial numbers of the topographic map	(130)
Appendix M	The decoration format of the control imagery	(132)

Appendix N	Secondary control network points, micro-grid control network points and survey visibility aperture signs, buried specification and their requirements	(134)
Appendix P	The inclined percent of the mainly component buildings and the calculation formulae for the extrapolated inclined value of the mainly component buildings based on the method of the differentia sedimentation	(138)
Appendix Q	Basic relevant inclined value and basic deflection calculation formulae	(139)
Explanation of wording in this code		(141)
List of quoted standards		(142)
Addition: Explanation of provisions		(143)

1 总 则

1.0.1 为统一核电厂及其附属设施测量的技术要求,保证核电厂工程得到正确的测绘资料,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于各种堆型的陆地固定式商用核电厂工程在规划设计阶段、工程建设阶段的测量。

1.0.3 本规范采用中误差作为衡量测绘精度的标准,以 2 倍中误差作为极限误差。

1.0.4 测量所使用的仪器和相关设备,使用前应进行检查、验证及校准。对于计量器具,应经过计量检定,并应在有效期内使用。对所使用的软件,应进行测试或验证。

1.0.5 对工程中所引用的测量成果资料应进行检核;测量过程中的原始记录,应真实和准确。

1.0.6 记录各项测绘活动的有关观测数据、数字图表、技术文档等具有保存价值的电子版资料,应分类整理、备份归档,并应与纸质资料一同长期保存。

1.0.7 各项测量工作应积极采用经过实践验证的、成熟的新技术、新工艺或新设备,且应满足工程建设及本规范规定的精度要求。

1.0.8 核电厂工程的测量除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号和代号

2.1 术 语

2.1.1 核电厂 nuclear power station

利用原子核裂变反应放出的核能来发电的发电厂,通常由一回路系统和二回路系统两大部分组成。

2.1.2 厂区 restricted area

具有确定的边界,并在核电厂管理人员有效控制下的核电厂所在领域。

2.1.3 测区起算点 original point of surveying area

指将国家或地方平面、高程控制引测至测区,作为整个核电厂区域内的控制起算数据。在国家或地方等级控制点距离测区较远或使用不便时建立。

2.1.4 初级网 primary control network

在测区起算点或国家或地方等级控制点基础上,为满足前期土建施工、附属工程的定位和放线、次级网的建立等,在整个核电厂区域内所布设的一组有特定精度要求的控制网,包括平面控制网和高程控制网。

2.1.5 次级网 secondary control network

在初级网基础上布设的,为满足平整后厂区内主要建(构)筑物的施工定位和放线、微网测设、变形监测及局部控制加密等,由覆盖于核岛、常规岛等主要厂房周围的、若干个观测墩组成的平面和高程控制网。

2.1.6 微网 micro-grid control network

由定位在核岛、常规岛等厂房内混凝土基础底板或平台上的多个测量标志组成,同时,为通视在板、墙上预留孔洞,满足各厂房

内部的土建和安装的定位、检查、变形监测及局部控制加密等,由次级网发展的微型精密工程测量控制网。

2.1.7 天线相位中心 antenna phase center

指微波天线的电气中心,其理论设计应与天线几何中心一致。

2.1.8 无线电指向标/差分全球定位系统 radio beacon-differential global position system

一种利用航海无线电指向标播发台播发 DGPS 修正信息、向用户提供高精度服务的助航系统,属单站伪距差分。主要由基准台、播发台、完善性监控台和监控中心组成。

2.2 符 号

- A ——GPS 接收机标称的固定误差;
- a ——电磁波测距仪器标称的固定误差;
- B ——GPS 接收机标称的比例误差系数;
- b ——电磁波测距仪器标称的比例误差系数;
- C ——照准差;
- D ——电磁波测距边长度;
- D_g ——测距边在高斯投影面上的长度(m);
- 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;
- D_o ——归算到参考椭球面上的测距边长度(m);
- d ——GPS 网相邻点间的距离、控制网平均边长、对向观测高差较差;
- f ——航摄仪主距;
- f_c ——挠度;
- f_h ——三角高程测量附和或环形闭合差;
- f_β ——导线环的角度闭合差或附和导线的方位角闭合差;
- H ——水深、建(构)筑物的高度;
- H_d ——地形图基本等高距;

H_m ——测距边两端点平均高程；

H_p ——测区平均高程；

h ——高差；

h_m ——测区大地水准面高出参考椭球面的高差；

i ——水准仪视准轴与水准管轴的夹角、指标差、三角形编号、度盘最小间隔分化值、主体倾斜率；

K ——大气折光系数、像片放大成图倍数、坐标系统长度比；

L ——路线长度、测段长度、垂直角盘左读数、视准线长度；

M ——测图比例尺分母、像片比例尺分母；

M_h ——加密点的高程中误差；

M_p ——点位中误差；

M_s ——加密点的平面中误差、水平位移中误差；

M_w ——高差全中误差；

M_Δ ——高差偶然中误差；

$M_{\text{控}}$ ——控制点中误差(m)；

$M_{\text{公}}$ ——公共点中误差(m)；

m ——测量中误差；

m_D ——测距中误差；

m_g ——固定角的角度中误差；

m_{a1} 、 m_{a2} ——起始方位角中误差；

m_β ——测角中误差；

$\frac{m_{S_1}}{S_1}$ 、 $\frac{m_{S_2}}{S_2}$ ——起始边边长相对中误差；

$\frac{m_D}{D}$ ——各边平均测距相对中误差；

N ——异步环、附合线路、导线或闭合环的个数；

n ——测站数、测段数、边数、点数、三角形个数、像片基线数；

P ——测量的权；

- R ——地球平均曲率半径, 盘右读数;
 R_{Λ} ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径;
 R_m ——测距边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径;
 r ——地球曲率及折光差的改正数;
 S ——边长、斜距;
 W ——闭(符)合差;
 W_j, W_b, W_f, W_g, W_z ——分别为角-极条件、边(基线)条件、方位角条件、固定角条件、边-极条件自由项的限值;
 W_r ——观测角与计算角的角值限差;
 W_x, W_y, W_z ——同步环或异步环坐标分量闭合差;
 y_m ——测距边两端点横坐标的平均值;
 α ——垂直角、地面倾角、长度比例系数;
 β ——求距角;
 α_w ——与极点相对的外围边两端的两底的余切函数之和;
 α_f ——中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和; 四边形中内辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和以及外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差;
 $\delta_{1,2}$ ——测站点 1 向照准点 2 观测方向的方向变化值;
 $\delta_{2,1}$ ——测站点 2 向照准点 1 观测方向的方向变化值;
 Δ ——较差、不符值;
 Δd ——长度较差;

$\Delta\alpha$ ——补偿式自动安平水准仪的补偿误差；

μ ——单位权中误差；

σ ——基线长度中误差。

2.3 代 号

DJ——经纬仪系列分级代码；

DS——水准仪系列分级代码；

GPS——全球定位系统(global positioning system)；

PDOP——GPS 的空间位置精度因子(position dilution of precision)；

GPS-RTK——全球定位系统实时动态测量(global position system real time kinematic)；

RBN-DGPS——无线电指向标/差分全球定位系统(radio beacon-differential global position system)。

3 平面控制测量

3.1 一般规定

3.1.1 平面控制网的建立,可采用卫星定位测量、导线测量、三角形网测量等方法。

3.1.2 平面控制网精度等级,可依次分为三、四等和一、二级。

3.1.3 首级平面控制网精度,最弱点的点位中误差不应大于5cm。

3.1.4 首级平面控制网布设应符合下列规定:

1 应全面规划、因地制宜、经济合理。

2 应与国家或地方系统联测。坐标联系测量方法应符合本规范附录 A 的规定。

3 作业前应进行资料收集和现场踏勘,对收集到的相关控制资料和地形图应进行综合分析,并应在图上进行优化设计和精度估算。

4 在满足精度要求的前提下,应根据工程规模,合理确定首级控制网的精度等级和观测方案,但等级不应低于四等。

3.1.5 平面控制网宜采用全国统一的平面坐标系统。所选平面坐标系统应在满足测区内投影长度变形不大于 $1/40000$ 的要求下,作下列选择:

1 采用统一的高斯正形投影 3° 带平面直角坐标系统。

2 采用高斯正形投影 3° 带,投影面为测区抵偿高程面或测区平均高程面的平面直角坐标系统;或任意带,投影面为 1985 国家高程基准面的平面直角坐标系统。

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。

- 4 在已有平面控制网的地区,可沿用原有的坐标系统。
- 5 厂区内可采用建筑坐标系统。

3.2 卫星定位测量

I 卫星定位测量的主要技术要求

3.2.1 各等级卫星定位测量控制网的主要技术指标,应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 卫星定位测量控制网的主要技术指标

等级	平均边长 (km)	固定误差 (mm)	比例误差系数 (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	$\leq 1/150000$	$\leq 1/70000$
四等	2	≤ 10	≤ 10	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$
一级	1	≤ 10	≤ 20	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$
二级	0.5	≤ 10	≤ 40	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$

3.2.2 卫星定位测量,各等级控制网的基线精度可按下式计算:

$$\sigma = \sqrt{A^2 + (B \cdot d)^2} \quad (3.2.2)$$

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 ——平均边长(km)。

3.2.3 卫星定位测量控制网观测精度的评定应符合下列规定:

1 GPS 网的测量中误差可按下列公式计算:

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[\frac{WW}{n} \right]} \quad (3.2.3-1)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (3.2.3-2)$$

式中: m ——GPS 网测量中误差(mm);

N ——GPS 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);

W_x 、 W_y 、 W_z ——异步环的各坐标分量闭合差(mm)。

2 GPS 网的测量中误差,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:

$$m \leq \sigma \quad (3.2.3-3)$$

II 卫星定位测量控制网的设计、选点与埋石

3.2.4 卫星定位测量控制网的布设应符合下列规定:

1 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,以及测区已有的测量资料进行综合设计。

2 首级网布设时,宜联测 2 个以上高等级国家控制点或地方控制点;对控制网内的长边,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合路线,各等级控制网中构成闭合环或附合路线的边数不宜多于 6 条。

4 各等级控制网中独立基线的观测总数不宜少于必要观测基线数的 1.5 倍。

5 加密网应根据工程需要,在符合本规范精度要求的前提下可采用较灵活的布网方式。

6 对于采用 GPS-RTK 测图的测区,应将参考站点的分布纳入首级网的布设方案中。

3.2.5 卫星定位测量控制点点位的选定应符合下列规定:

1 点位应选在土质坚实、稳固可靠的地方,并应有利于加密和扩展,每个控制点应至少有一个通视方向。

2 点位应选在视野开阔,高度角在 15° 以上的范围内,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 应充分利用符合要求的旧有控制点。

3.2.6 GPS 控制点的埋石应符合本规范附录 B 的规定,点之记

绘制应符合本规范附录 C 的规定。

III GPS 观测

3.2.7 GPS 控制测量作业的基本技术要求,应符合表 3.2.7 的规定。

表 3.2.7 GPS 控制测量作业的基本技术要求

等 级		三等	四等	一级	二级
接收机类型		双频	双频	双频或单频	双频或单频
仪器标称精度		5mm+5ppm	5mm+5ppm	10mm+5ppm	10mm+5ppm
观测量		载波相位			
卫星高度角(°)	静态	≥15	≥15	≥15	≥15
	快速静态	—	≥15	≥15	≥15
有效观测卫星数	静态	≥5	≥4	≥4	≥4
	快速静态	—	≥5	≥5	≥5
观测时段长度(min)	静态	≥60	≥45	≥30	≥30
	快速静态	—	≥30	≥15	≥15
数据采样间隔(s)	静态	10~30	10~30	10~30	10~30
	快速静态	—	5	5~15	5~15
点位几何图形强度因子		≤6	≤6	≤8	≤8

3.2.8 对于规模较大的 GPS 测区,应编制作业计划。

3.2.9 GPS 测量在观测前,应对接收机进行预热和静置,同时应检查电池的容量、接收机的内存和可储存空间是否充足。

3.2.10 GPS 观测,安置天线对中误差不应大于 2mm,天线高量取应精确至 1mm。

3.2.11 GPS 测量作业时,应避免在接收机近旁使用无线电通信工具。

3.2.12 GPS 测量作业时应做好控制点点名、接收机序列号、仪器高、开关机时间等相关信息的测站记录。GPS 记录手簿格式应符合本规范附录 D 的规定。

IV GPS 测量数据处理

3.2.13 GPS 测量数据处理,基线解算可采用随机软件,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解算模式,也可采用多基线解算模式。
- 3 解算成果应采用双差固定解。

3.2.14 GPS 控制测量外业观测的全部数据应经同步环、异步环和重复基线检核,并应符合下列规定:

- 1 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差,应按下列公式进行计算:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.14-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.14-2)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.14-3)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (3.2.14-4)$$

- 2 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差,应按下列公式进行计算:

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.14-5)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.14-6)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.14-7)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (3.2.14-8)$$

- 3 重复基线的长度较差应按下列公式进行计算:

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (3.2.14-9)$$

式中: σ ——相应等级基线长度中误差(mm),见本规范式(3.2.2);

n ——异步环或同步环中基线边的个数；

W ——异步环或同步环环线全长闭合差(mm)，见本规范式(3.2.3-2)；

Δd ——长度较差；

W_x, W_y, W_z ——异步环或同步环的各坐标分量闭合差(mm)。

3.2.15 当 GPS 观测数据不能满足检核要求时，应对成果进行全面分析，并应舍弃不合格基线，但应保证舍弃基线后，所构成异步环的边数不超过本规范第 3.2.4 条第 3 款的规定。当不满足本规范第 3.2.4 条第 3 款的规定时，应重测该基线或有关的同步图形。

3.2.16 GPS 外业观测数据检验合格后，应按本规范第 3.2.3 条对 GPS 网的观测精度进行评定。

3.2.17 GPS 测量控制网的无约束平差应符合下列规定：

1 应在 WGS-84 系中计算三维无约束平差，并提供各观测点在 WGS-84 系中的三维坐标、各基线向量观测值的改正数、基线长度、基线方位及相关的精度信息等。

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的基线长度中误差的 3 倍。

3.2.18 GPS 测量控制网的约束平差应符合下列规定：

1 应在国家坐标系或独立坐标系中进行二维或三维约束平差。

2 对于已知坐标、距离或方位，可以强制约束，也可加权约束。约束点间的边长相对中误差应符合本规范表 3.2.1 中相应等级的规定；

3 平差结果应输出观测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。有需要时，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规范表 3.2.1 中相应等级的规定。

3.3 导线测量

I 导线测量的主要技术要求

3.3.1 各等级导线测量的主要技术要求应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 各等级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
						DJ1	DJ2	DJ6		
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	1	2	4	$10\sqrt{n}$	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	1/14000	1	1	3	$16\sqrt{n}$	$\leq 1/10000$

注: n 为测站数。

3.3.2 当导线平均边长较短时,应控制导线边数不超过本规范表 3.3.1 相应等级导线长度和平均边长算得的边数;当导线长度小于本规范表 3.3.1 规定长度的 $1/3$ 时,导线全长的绝对闭合差不应大于 13cm。

3.3.3 导线网中,结点与结点、结点与高级点之间的导线长度不应大于本规范表 3.3.1 中相应等级规定长度的 0.7 倍。

II 导线网的设计、选点与埋石

3.3.4 导线网的布设应符合下列规定:

1 导线网用作测区的首级控制时,应布设成环形网,且宜联测 2 个已知方向。

2 加密网可采用单一附和导线或结点导线网形式。

3 导线宜布设成直伸形状,相邻边长之比不宜超过 $1:3$ 。

4 导线网内不同环节上的点也不宜相距过近。

3.3.5 导线点位的选定应符合下列规定:

1 点位应选在土质坚实、稳固可靠、便于保存的位置,视野应相对开阔,并应便于加密、扩展和寻找。

2 相邻点之间应通视良好,其视线距障碍物的距离,三、四等不宜小于 1.5m;四等以下宜保证便于观测,并应以不受旁折光的影响为原则。

3 当采用电磁波测距时,相邻点之间视线应避免烟囱、散热塔、散热池等发热体及强电磁场。

4 相邻两点之间的视线倾角不宜太大。

5 应充分利用旧有控制点。

3.3.6 导线点的埋石应符合本规范附录 B 的规定,点之记绘制应符合本规范附录 C 的规定。

III 水平角观测

3.3.7 水平角观测所使用的全站仪、电子经纬仪和光学经纬仪应符合下列规定:

1 经纬仪系列分级和基本技术参数应符合本规范附录 E 的规定。

2 管水准器气泡或电子水准器长气泡在各位置的读数较差,DJ1 级仪器不应超过 2 格,DJ2 级仪器不应超过 1 格,DJ6 级仪器不应超过 1.5 格。

3 光学经纬仪的测微器行差及隙动差指标,DJ1 级仪器不应大于 1",DJ2 级仪器不应大于 2"。

4 水平轴不垂直于垂直轴之差指标,DJ1 级仪器不应超过 10",DJ2 级仪器不应超过 15",DJ6 级仪器不应超过 20"。

5 在仪器补偿器的补偿区间,对观测成果应能进行有效补偿。

6 垂直微动旋转使用时,视准轴在水平方向上不应产生偏移。

7 仪器的基座在照准部旋转的位移指标,DJ1 级仪器不应超过 0.3",DJ2 级仪器不应超过 1",DJ6 级仪器不应超过 1.5"。

8 光学或激光对中器的视轴或射线与竖轴的重合度不应大于 1mm。

3.3.8 水平角观测宜采用方向观测法,应符合下列规定:

1 方向观测法的技术要求不应超过表 3.3.8 的规定。

表 3.3.8 水平角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 ($''$)
四等及 以上	DJ1	1	6	9	6
	DJ2	3	8	13	9
一级及 以下	DJ2	—	12	18	12
	DJ6	—	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 当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时,该方向 2C 互差可按相邻测回同方向进行比较,其值应符合表中一测回内 2C 互差的限值。

2 观测的方向数不多于 3 个时,可不归零。

3 观测的方向数多于 6 个时,可进行分组观测。分组观测应包括两个共同方向,其中一个应为共同零方向。其两组观测角之差,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。

4 各测回间应配置度盘,度盘配置应符合本规范附录 F 的规定。

5 水平角的观测值应取各测回的平均数作为测站成果。

3.3.9 三、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、右角的测回数应为总测回数的一半。但在观测右角时,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,不应大于本规范表 3.3.1 中相应等级导线测角中误差的 2 倍。

3.3.10 水平角观测的测站作业应符合下列规定:

1 仪器或反光镜的对中误差不应大于 2mm。

2 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。四等及以上等级的水平角观测,当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时,宜在测回间重新整置气泡位置,观测限差应满足本规范第 3.3.8 条第 1 款的规定。

3 如受震动等外界因素的影响,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。

3.3.11 水平角观测误差超限时,应在原来度盘位置上重测,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,并应联测零方向。

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。

3.3.12 首级控制网所联测的已知方向的水平角观测,应按首级网相应等级的规定执行。

3.3.13 每日观测结束,应对外业记录手簿进行检查。当使用电子记录时,应保存原始观测数据,并应打印输出相关数据和预先设置的各项限差。

IV 距离测量

3.3.14 各等级控制网的边长应采用中、短程全站仪或电磁波测距仪进行测距。

3.3.15 短程测距仪器应为 3km 以下,中程测距仪器应为 3km~15km。

3.3.16 测距仪的测距中误差应按下式进行估算:

$$m_D = a + b \cdot D \quad (3.3.16)$$

式中： m_D ——测距中误差(mm)；

a ——仪器标称精度中的固定误差(mm)；

b ——仪器标称精度中的比例误差系数(mm/km)；

D ——测距长度(km)。

3.3.17 各等级控制网边长测距的主要技术要求应符合表3.3.17的规定。

表 3.3.17 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)	往返测距 较差 (mm)
		往	返			
三等	I 级	2	2	≤ 2	≤ 3	$\leq 2(a + b \cdot D)$
	II 级	3	3	≤ 5	≤ 7	
	III 级	4	4	≤ 10	≤ 15	
四等	I 级	1	1	≤ 2	≤ 3	
	II 级	2	2	≤ 5	≤ 7	
	III 级	3	3	≤ 10	≤ 15	
一级	III 级	1	1	≤ 10	≤ 15	—
二级	III 级	1	—	≤ 10	≤ 15	

注：1 测距仪按 1km 测距中误差划分为三级，I 级为 $|m_D| \leq 2\text{mm}$ ；II 级为 $2\text{mm} < |m_D| \leq 5\text{mm}$ ；III 级为 $5\text{mm} < |m_D| \leq 10\text{mm}$ ；

2 测回指照准目标一次，读数 2 次~4 次的过程；

3 根据具体情况，边长测距可采取不同时间段测量代替往返观测。

3.3.18 测距作业应符合下列规定：

1 测站对中误差和反光镜对中误差不应大于 2mm。

2 当观测数据超限时，应重测整个测回，如观测数据出现分群时，应分析原因，并应采取相应措施重新观测。

3 四等及以上等级控制网的边长测量，应分别量取两端点观测始末的气象数据，计算时应取平均值。

4 气象数据的测量，应符合表 3.3.18 的规定。

表 3.3.18 气象数据的测量要求

等级	最小读数		测定的时间间隔	数据取用
	温度(℃)	气压(Pa)		
三等	0.2	50(或 0.5mmHg)	每边两端观测始末	每边两端的平均值
四等	0.5	50(或 0.5mmHg)	每边两端观测始末	每边两端的平均值
一级	1	100(或 1mmHg)	每边测定一次	测站端的数据
二级	1	100(或 1mmHg)	一时段始末各测定一次	测站端的数据

注:1 温度计应悬挂在与测距视线同高,且不受日光辐射影响和通风的地方;

2 气压计应置平,指针不应滞阻,避免日光曝晒。

5 当测距边用电磁波测距三角高程测量方法测定的高差进行修正时,垂直角的观测和对向观测高差较差要求,可按本规范第 4.3.2 条和第 4.3.3 条中五等三角高程测量的有关规定执行。

3.3.19 每日观测结束,应对外业记录进行检查。当使用电子记录时,应保存原始观测数据,并应打印输出相关数据和预先设置的各项限差。

V 导线测量数据处理

3.3.20 水平距离计算应符合下列规定:

1 测量斜距应经气象改正和仪器的加、乘常数改正后再进行水平距离计算。

2 当采用电磁波测距三角高程测量方法测定两点间的高差时,应进行大气折光改正和地球曲率改正;

3 水平距离可按下式计算:

$$D_p = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (3.3.20)$$

式中: D_p ——测线的水平距离(m);

S ——经气象改正及加、乘常数等改正后的斜距(m);

h ——仪器的发射中心与反光镜的反射中心之间的高差(m)。

3.3.21 导线网水平角观测的测角中误差应按下式计算：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta} f_{\beta}}{n} \right]} \quad (3.3.21)$$

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。

3.3.22 测距边的精度评定应按下式计算：

1 单位权中误差：

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \quad (3.3.22-1)$$

式中： μ ——单位权中误差；

d ——各边往、返距离的较差(mm)；

n ——测距边数；

P ——各边距离的先验权，其值为 $1/\sigma_D^2$ ， σ_D 为测距的先验中误差，可按测距仪器的标称精度计算。

2 任一边的实际测距中误差：

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (3.3.22-2)$$

式中： m_{Di} ——第 i 边的实际测距中误差(mm)；

P_i ——第 i 边距离测量的先验权。

3 当网中的边长相差不大时，可按式计算网的平均测距中误差：

$$m_D = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (3.3.22-3)$$

式中： m_D ——平均测距中误差(mm)。

3.3.23 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，应按下式计算：

$$D_H = D_P \left(1 + \frac{H_P - H_m}{R_A} \right) \quad (3.3.23-1)$$

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:

$$D_0 = D_P \left(1 - \frac{H_m + h_m}{R_A + H_m + h_m} \right) \quad (3.3.23-2)$$

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:

$$D_g = D_0 \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) \quad (3.3.23-3)$$

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)。

4 常用的几种大地坐标系地球椭球基本参数和曲率半径的计算方法,应符合本规范附录 G 的规定。

3.3.24 一级及以上等级的导线网计算应采用严密平差法。

3.3.25 导线网平差时,应先验中误差 m_θ 及 m_D ,应按本规范第 3.3.21 条和第 3.3.22 条中的方法计算,也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值,并用以计算角度及边长的权。

3.3.26 平差计算时,对计算略图和计算机输入数据应进行校对,对计算结果应进行检查。应打印输出的平差成果,应列有起算数据、观测数据以及必要的中间数据。

3.3.27 平差后的精度评定,应包含有单位权中误差、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。

3.3.28 内业计算中数字取值精度的要求,应符合表 3.3.28 的规定。

表 3.3.28 内业计算中数字取值精度的要求

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 (")
三、四等	0.1	0.001	0.001	0.1
一、二级	1			1

3.4 三角形网测量

I 三角形网测量的主要技术要求

3.4.1 各等级三角形网测量的主要技术要求应符合表 3.4.1 的规定。

表 3.4.1 三角形网测量的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	测角中误差 (")	测边相对中误差	最弱边边长相对中误差	测回数			三角形最大角度闭合差 (")
					DJ1	DJ2	DJ6	
三等	4.5	1.8	$\leq 1/150000$	$\leq 1/70000$	6	9	—	7
四等	2	2.5	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$	4	6	—	9
一级	1	5	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$	1	2	4	15
二级	0.5	10	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$	1	1	2	30

3.4.2 三角形网中的角度宜全部观测,边长可根据需要选择观测或全部观测;观测的角度和边长均应作为三角形网中的观测量参与平差计算。

3.4.3 首级控制网定向时,方位角传递宜联测 2 个已知方向。

II 三角形网的设计、选点与埋石

3.4.4 三角形网的布设应符合下列规定:

1 首级控制网中的三角形,宜布设为近似等边三角形,其三角形的内角不应小于 30° 。当受地形条件限制时,个别角可放宽,

但不应小于 25° 。

2 加密的控制网可采用插网、线形网或插点等形式；

3 三角点点位的选定应符合本规范第 3.3.5 条第 1 款～第 4 款的规定。

3.4.5 三角形网点位的埋石应符合本规范附录 B 的规定，点之记的绘制应符合本规范附录 C 的规定。

III 三角形网观测

3.4.6 三角形网的水平角观测宜采用方向法观测。

3.4.7 三角形网的水平角观测除应符合本规范第 3.4.1 条的规定外，尚应符合本规范第 3.3.7 条、第 3.3.8 条、第 3.3.10 条～第 3.3.13 条的规定。

3.4.8 三角形网的边长测量除应符合本规范第 3.4.1 条的规定外，尚应符合本规范第 3.3.14 条～第 3.3.19 条的规定。

IV 三角形网测量数据处理

3.4.9 三角形网的测角中误差应按下式计算：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \quad (3.4.9)$$

式中： m_{β} ——测角中误差（″）；

W ——三角形闭合差（″）；

n ——三角形的个数。

3.4.10 三角形网的水平距离计算和测边精度评定应按本规范第 3.3.20 条和第 3.3.22 条的规定执行。

3.4.11 当测区需要进行高斯投影时，四等及以上等级三角形网的方向观测值应进行方向改化计算。方向改化应按下列公式计算：

$$\delta_{1,2} = \frac{\rho}{6R_m^2} (x_1 - x_2)(2y_1 + y_2) \quad (3.4.11-1)$$

$$\delta_{2,1} = \frac{\rho}{6R_m^2} (x_2 - x_1)(y_1 + 2y_2) \quad (3.4.11-2)$$

式中： $\delta_{1,2}$ ——测站点 1 向照准点 2 观测方向的方向改化值（″）；

$\delta_{2,1}$ ——测站点 2 向照准点 1 观测方向的方向改化值(");

x_1, y_1, x_2, y_2 ——1、2 两点的坐标值(m);

R_m ——测距边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径(m);

ρ ——206265(")。

3.4.12 三角形网测距边长度的归化投影计算,应按本规范第 3.3.23 条的规定执行。

3.4.13 三角形网外业观测结束后,应计算网的各项条件闭合差。各项条件闭合差不应大于相应的限值,各项条件闭合差限值的计算应按下列公式计算:

1 角-极条件自由项的限值:

$$W_j = 2 \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum \cot^2 \beta} \quad (3.4.13-1)$$

式中: W_j ——角-极条件自由项的限值;

m_β ——相应等级的测角中误差(");

β ——求距角;

ρ ——206265(")。

2 边(基线)条件自由项的限值:

$$W_b = 2 \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum \cot^2 \beta + \left(\frac{m_{S_1}}{S_1}\right)^2 + \left(\frac{m_{S_2}}{S_2}\right)^2} \quad (3.4.13-2)$$

式中: W_b ——边(基线)条件自由项的限值;

$\frac{m_{S_1}}{S_1}, \frac{m_{S_2}}{S_2}$ ——起始边边长相对中误差。

3 方位角条件自由项的限值:

$$W_f = 2 \sqrt{m_{a1}^2 + m_{a2}^2 + n m_\beta^2} \quad (3.4.13-3)$$

式中: W_f ——方位角条件的自由项的限值(");

m_{a1}, m_{a2} ——起始方位角中误差(");

n ——推算路线所经过的测站数。

4 固定角自由项的限值:

$$W_g = 2 \sqrt{m_g^2 + m_\beta^2} \quad (3.4.13-4)$$

式中: W_g ——固定角自由项的限值(");

m_g ——固定角的角度中误差(")。

5 边-角条件的限值:

$$W_r = 2 \sqrt{2 \left(\frac{m_D}{D} \rho \right)^2 (\cot^2 \alpha + \cot^2 \beta + \cot \alpha \cot \beta) + m_\beta^2} \quad (3.4.13-5)$$

式中: W_r ——边一角条件的限值(");

$\frac{m_D}{D}$ ——各边平均测距相对中误差;

α, β ——除观测角外的另两个角度;

m_β ——相应等级的测角中误差(")。

6 边-极条件自由项的限值:

$$W_z = 2\rho \frac{m_D}{D} \sqrt{\sum \alpha_w^2 + \sum \alpha_i^2} \quad (3.4.13-6)$$

$$\alpha_w = \cot \alpha_i + \cot \beta_i \quad (3.4.13-7)$$

$$\alpha_i = \cot \alpha_i \pm \cot \beta_{i-1} \quad (3.4.13-8)$$

式中: W_z ——边-极条件自由项的限值(");

α_w ——与极点相对的外围边两端的两底的余切函数之和;

α_i ——中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和;四边形中内辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和以及外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差;

i ——三角形编号。

3.4.14 三角形网平差时,观测角(或观测方向)和观测边应视为观测值参与平差,角度和距离的先验中误差应按本规范第 3.4.9 条和第 3.3.22 条计算,也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值,并用以计算边长及角度(或方向)的权。平差计算应按本规范第 3.3.26 条和第 3.3.27 条执行。

4 高程控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 高程控制测量精度等级的划分,依次应为二等、三等、四等、五等。各等级高程控制宜采用水准测量,四等及五等控制网可采用电磁波测距三角高程测量,五等亦可采用 GPS 拟合高程测量。

4.1.2 测区内高程控制的水准网或水准路线中互为最远点的高差中误差不应超过 3cm。

4.1.3 首级高程控制网不应低于三等水准测量。首级网应布设成闭合环形网,加密网宜布设成附和路线或结点网。

4.1.4 高程系统宜采用 1985 国家高程基准。采用地方高程系统或相对独立的高程系统时,所采用高程系统宜与国家高程系统联测。

4.1.5 核电厂厂址区域应建立不少于 3 个永久性水准点。

4.1.6 首级高程网起算点的引测精度不应低于三等水准。当测区附近有几种高程系统时,可按需要进行联测,联测精度不应低于其中较低一等高程控制网精度。引测和联测之前应对各系统邻近高程点之间的高差进行检测。我国主要几种高程系统零点互换,可按本规范附录 H 执行。

4.2 水准测量

4.2.1 水准测量的主要技术要求应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 水准测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差(mm)	附和路线长度(km)	仪器精度等级	水准尺	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差(mm)	
					与已知点联测	附和或环线	平地	山地
二等	2	—	DS1	钢瓦	往返各一次	往返各一次	$\leq 4\sqrt{L}$	—

续表 4.2.1

等级	每千米高差全中误差 (mm)	附和路线长度 (km)	仪器精度等级	水准尺	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差 (mm)	
					与已知点联测	附和或环线	平地	山地
三等	6	≤ 50	DS1	钢瓦	往返各一次	往一次	$\leq 12\sqrt{L}$	$\leq 4\sqrt{n}$
			DS3	双面		往返各一次		
四等	10	≤ 20	DS3	双面	往返各一次	往一次	$\leq 20\sqrt{L}$	$\leq 6\sqrt{n}$
五等	15	—	DS3	单面	往返各一次	往一次	$\leq 30\sqrt{L}$	—

注:1 结点间或结点与高级点间水准路线的长度,不应大于表中规定的 0.7 倍;

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 为附和或环形路线的长度 (km); n 为附和或环形路线的测站数;

3 在特殊情况下,四等水准附和路线长度可适当放宽,但最长不得超过表中规定的 1.5 倍;

4 数字水准仪测量的技术要求和同等级的光学水准仪相同。

4.2.2 水准仪系列分级及基本技术参数应符合本规范附录 J 的规定。

4.2.3 进行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,DS05 型水准仪不应超过 $10''$,DS1 型不应超过 $15''$,DS3 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 $0.2''$,对于三等水准不应超过 $0.5''$ 。

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

4.2.4 水准点的布设与埋石应符合下列规定:

1 应将点位选在土质坚实、稳固可靠的地方或稳定的建筑物

上,且应便于寻找、保存和引测;当采用数字水准仪作业时,水准路线应避开电磁场的干扰。

2 宜采用水准标石,也可采用墙水准点。标志及标石的埋设规格,水准标志、标石埋设应符合本规范附录 K 的规定。

3 埋设在测图范围外的水准点完成后,应绘制点之记或作点位说明。

4.2.5 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 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 水准观测的主要技术要求

等级	仪器精度等级	视线长度(m)	前后视较差(m)	前后视累积距离较差(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)	检测间隙点高差较差(mm)
二等	DS1	50	1	3	0.5	0.5	0.7	1.0
三等	DS1	85	3	6	0.3	1.0	1.5	3.0
	DS3	75				2.0	3.0	
四等	DS3	100	5	10	0.2	3.0	5.0	5.0
五等	DS3	100	大致相等	—	—	—	—	—

注:1 三、四等水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时,所测两次高差较差应与黑面、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,但测站两次观测的高差较差应符合表中相应等级基、辅分划或黑、红面所测高差较差的限值;数字水准仪测量的技术要求和同等级的光学水准仪相同。

4.2.6 水准测量的观测方法和观测顺序可按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 和《国家三、四等水准测量规范》GB 12898 的有关规定执行。

4.2.7 水准观测应符合下列规定:

1 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,观测前应严格置平水准器。

2 尺台严禁安置在沟边或壕坑中。

3 除路线拐弯外,每一测站仪器和前、后视标尺的三个位置宜接近于直线。

4 同一测站观测时,不应两次调焦。转动仪器倾斜和测微螺旋时,其最后旋转方向均应为旋进。

5 每一测段的往测与返测的测站数均应为偶数;每一测段的往测或返测的测站数为奇数时,应加入标尺零点差改正。由往测转返测时,两根标尺应互换位置,并应重新整置仪器。

6 数字水准仪观测时,条形码尺面应光照均匀、成像清晰。

4.2.8 测段往返测高差较差超限时应重测。重测后,对于二等水准应选用两次异向观测的合格结果;其他等级应将重测结果与原测结果分别比较,较差均不超过限值时,应取三次结果的平均值。

4.2.9 工作间隙宜在水准点上结束;当工作间隙不在水准点上结束时,应选择两个坚稳可靠便于放置标尺的固定点作为间歇点,并应作出标记。间隙后应进行检测,检测结果不超过本规范表4.2.5规定的限差要求时,可由此起测;当检测间歇点高差较差超限差要求时,应从前一水准点起测。

4.2.10 当水准线路跨越障碍物时,应符合下列规定:

1 各等水准路线宜避免通过江河、湖塘、沼泽、宽沟或山谷等区域。需要通过江河、湖塘、沼泽、宽沟或山谷等区域时,水准视线的长度在200m以内仍应用一般观测方法单线过河,但在测站上应变换一次仪器高度,并应观测两次。两次高差之差不应超过7mm,应取两次结果的中数。

2 水准测量的视线长度超过200m时,应根据障碍物的宽度和仪器设备等情况,按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897和《国家三、四等水准测量规范》GB 12898的有关规定选用直接读数法、微动觇板法、经纬仪倾角法、测距三角高程法等方法进行观测。

4.2.11 水准观测读数和记录的取位应符合下列规定:

1 DS1 型水准仪使用钢瓦水准尺时,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仍按本条第 1、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。

4.2.12 水准测量的数据处理应符合下列规定:

1 应计算水准网中各测段往返测高差不符值,并应符合本规范表 4.2.1 的规定。每千米水准测量偶然中误差,应按下式计算:

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (4.2.12-1)$$

式中: M_{Δ} ——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 高差偶然中误差的绝对值不应超过表 4.2.1 规定的各等级每千米高差全中误差的 1/2。

3 每千米水准测量高差全中误差应按下式计算,并应符合本规范表 4.2.1 的规定:

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (4.2.12-2)$$

式中: M_w ——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。

4 平差计算应使用计算机软件。五等水准可进行简单配赋平差。用于平差计算的软件应符合本规范第 1.0.4 条的规定。对输入的原始数据和注记应进行核对,平差后每千米水准测量全中

误差应符合本规范表 4.2.1 的规定。

5 平差按测站数定权时,应将程序输出的每测站中误差乘以每千米平均测站数的平方根,以求得每千米高差全中误差。

6 高程成果的取值,二等水准应精确至 0.1mm,三、四、五等水准应精确至 1mm。

4.3 三角高程测量

4.3.1 三角高程测量宜在平面控制网的基础上布设成高程网或高程导线。

4.3.2 三角高程测量的主要技术要求应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 三角高程测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	边长 (km)	观测次数	往返观测高差较差 (mm)	附和或环形闭合差 (mm)
四等	10	≤ 1	对向观测	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{\sum D}$
五等	15	≤ 1	对向观测	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{\sum D}$

注:1 D 为电磁波测距边长度,单位为 km;

2 四等三角高程测量宜起讫于不低于三等水准的高程点上,五等宜起讫于不低于四等的高程点上;

3 线路长度不应超过相应等级水准路线的总长度;

4 补点可用两个以上单方向交会求得,其求得之高差较差与对向观测高差较差相同。

4.3.3 三角高程观测的技术要求应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 三角高程观测的技术要求

等级	垂直角观测				边长测量	
	仪器精度等级	测回数	指标差较差 (")	测回较差 (")	测距仪精度等级	观测次数
四等	DJ2	3	≤ 7	≤ 7	Ⅲ	往、返各一次
五等	DJ2	2	≤ 10	≤ 10	Ⅲ	往一次

注:DJ2 型仪器垂直角指标差不应超过 1'。

4.3.4 垂直角观测方法应符合下列规定:

1 垂直角观测的操作执行,应首先在垂直度盘的一个位置上,将望远镜中丝或上、中、下三丝依次照准该组的每一个目标并进行垂直度盘读数。然后纵转望远镜,应依中丝或下、中、上三丝的照准次序进行垂直度盘另一位置的观测,即完成该组中每一方向一测回的操作。

2 盘左、盘右两位置照准目标时,目标的成像应位于垂直丝左、右附近的对称位置。同一方向照准的部位应一致。用三丝法观测时,应纵转望远镜前后,水平丝照准一律应按上、中、下丝的次序进行。

3 在进行垂直角观测前,应将照准部水准器整置水平。在每次进行垂直度盘读数以前,应将垂直度盘上的气泡严格居中。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一格。

4 垂直角和指标差的计算公式,因垂直度盘刻划形式确定。DJ2 型(T2、010)仪器应按下列公式计算:

$$\alpha = \frac{R - L - 180}{2} \quad (4.3.4-1)$$

$$i = \frac{R + L - 360}{2} \quad (4.3.4-2)$$

式中: L ——盘左读数;

R ——盘右读数;

α ——垂直角;

i ——指标差。

5 宜直接使用天顶距计算高差,全站仪在输入各项改正参数后,可直接从显示屏上读取观测高差。

4.3.5 三角高程观测应符合下列规定:

1 当测距仪有对中杆时可直接读取仪器高,无对中杆时应采用卡尺或直角钢尺等特制工具量取仪器高和觇牌高,观测前后应各量测一次并取值至 1mm,应取其平均值作为记录高度。

2 三角高程垂直角观测应选择在气候条件良好、成像稳定的时间进行,不应在雨、雾、风、阳光照射下抢测。

3 观测顺序为前视时,应先测距后观测垂直角;后视时,应先观测垂直角后测距。有条件时,可争取在相同时间段内完成垂直角的对向观测。

4 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。

5 测距时,气压计应置平,并应防曝晒,温度计应悬挂在离地面 1.5m 以上的地方。如使用干湿温度计时,应按说明书规定的要求使用。

6 垂直角观测宜用特制的觇牌作为观测目标。

7 垂直角观测宜采用中丝法观测三测回。每测回指应用中丝分别照准觇牌的上、下缘并正倒镜各测一次。垂直角应取上、下缘读数的平均值。觇牌高应量至觇牌中心。

4.3.6 三角高程测量的数据处理应符合下列规定:

1 往返测的高差,应按下式进行地球曲率和折光差的改正:

$$r = \frac{1-K}{2R} S^2 \quad (4.3.6)$$

式中: r ——地球曲率及折光差的改正数(m);

R ——地球平均曲率半径,当纬度 35° 时,取 6369km;

S ——测距边水平距离(m);

K ——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。应计算对向观测高差较差、附合或环形闭合差,并应符合本规范表 4.3.2 的规定。

3 平差前,应按本规范式(4.2.12-2)计算每千米高差全中误差。

4 各等级高程网,应按最小二乘法进行平差并计算每千米高差全中误差。

5 高程成果的取值应精确至 1mm。

4.3.7 三角高程测量每千米高差测量的偶然中误差和全中误差，应按下列公式计算：

1 用对向观测高差较差计算每千米高差测量的偶然中误差：

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{dd}{S^2} \right]} \quad (4.3.7-1)$$

式中： M_{Δ} ——每千米高差测量偶然中误差(mm)；

d ——对向观测高差较差(mm)；

S ——测距边水平距离(km)；

n —— d 的个数。

2 用附和或环形闭合差计算每千米高差测量的全中误差：

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_h f_h}{S^2} \right]} \quad (4.3.7-2)$$

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)；

S ——每个闭合环(附和)长度(km)；

N ——闭合环(附和)的个数。

4.3.8 高程网平差宜使用计算机软件，单一路线平差可按边长成比例配赋。用于平差计算的软件应符合本规范第 1.0.4 条的规定，对输入的原始数据应进行核对。

4.3.9 内业计算值取位应精确至 1mm。

4.4 GPS 高程测量

4.4.1 GPS 高程测量仅适用于平原或丘陵地区的五等高程测量。

4.4.2 GPS 高程测量宜与 GPS 平面控制测量一起进行。GPS 观测的技术要求应符合本规范第 3.2 节中一级 GPS 的有关规定。

4.4.3 GPS 高程测量的主要技术要求应符合下列规定：

1 GPS 高程网应与测区四等及以上的水准点联测。联测的

GPS 点宜分布在测区四周和中央。若测区为带状地形,则联测的 GPS 点应分布于测区两端及中部。

2 联测点数量不应少于 3 个。

3 地形高差变化较大的地区应适当增加联测的点数。

4.4.4 GPS 拟合高程计算应符合下列规定:

1 应对联测的已知高程点进行可靠性检验,并应剔除不合格点。

2 对于地形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。

3 GPS 点的高程计算不宜超出拟合高程模型所覆盖的范围。

4 对拟合高程模型应进行优化。

5 应充分利用当地的重力大地水准面模型或资料。

4.4.5 对 GPS 点的拟合高程成果应进行检验。检测点数不应少于全部高程点的 10%,且不应少于 3 个点;高差检验可采用相应等级的水准测量方法或电磁波测距三角高程测量方法进行,其高差较差不应大于 $30\sqrt{D}\text{mm}$,其中 D 为检查路线的长度,单位为 km。

4.4.6 内业计算取位,GPS 天线高应精确至 1mm,计算值取位应精确至 1mm。

5 地形测量

5.1 一般规定

5.1.1 地形图的测图基本比例尺应符合表 5.1.1 的规定。

表 5.1.1 测图基本比例尺

设计阶段	基本比例尺
初步可行性研究、可行性研究	1 : 2000 ~ 1 : 10000
初步设计	1 : 1000 ~ 1 : 2000
施工图设计	1 : 500 ~ 1 : 1000

注:1 初步可行性研究和可行性研究阶段一般搜集已有地形图,也可采用数字摄影测量、卫星遥感等技术手段重新测图;

2 各设计阶段的地形图亦可根据工程需要的测图比例尺进行施测。

5.1.2 地形图基本等高距的确定应符合表 5.1.2 的规定。

表 5.1.2 地形图基本等高距(m)

地形类别	比 例 尺				
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000	1 : 10000
平地 $\alpha < 2^\circ$	0.5	0.5 或 1.0	0.5 或 1.0	1.0	1.0
丘陵地 $2^\circ \leq \alpha < 6^\circ$	0.5 或 1.0	1.0	1.0	2.5	2.5
山地 $6^\circ \leq \alpha < 25^\circ$	1.0	1.0	2.0 或 2.5	5.0	5.0
高山地 $\alpha \geq 25^\circ$	1.0	2.0	2.0 或 2.5	5.0	10.0

注:1 一个测区同一比例尺宜采用相同基本等高距;

2 根据用图需要,在平坦地区和建筑区可不绘等高线,只用高程注记点表示;

3 水域地形图可按水底地形倾角和比例尺选择基本等深距。

5.1.3 地形测量的区域类型可划分为一般地区、建筑区和水域。

5.1.4 地形测量的基本精度要求应符合下列规定:

1 地形图图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差应符合

合表 5.1.4-1 的规定。

表 5.1.4-1 图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差

区域类型	一般地区	建筑区	水域
点位中误差(mm)	0.8	0.6	1.5

注:在树林、隐蔽地区可按表中规定数值放宽 0.5 倍,特殊困难地区可放宽 1.0 倍。

2 等高线或等深线插求点相对于邻近图根点的高程中误差应符合表 5.1.4-2 的规定。

表 5.1.4-2 等高线或等深线插求点的高程中误差

地面倾角 α	$\alpha \leq 6^\circ$	$6^\circ < \alpha \leq 15^\circ$	$\alpha > 15^\circ$
高程中误差	$0.5H_d$	$0.9H_d$	$1.2H_d$

注:1 H_d 为地形图的基本等高距,单位为 m ;

2 隐蔽或施测困难的一般地区可按表中规定数值放宽 0.5 倍;

3 水下地形图测图按表中规定数值的 1.5 倍取值;当作业困难、水深大于 20m 或工程精度要求不高时,可再放宽 1.0 倍。

3 数字高程模型的精度应符合下列规定:

1)由外业数字测图方法野外实测生成的数字高程模型宜为不规则格网数字高程模型,参与构成不规则格网点的高程中误差相对于邻近图根点不应低于相应比例尺地形图的精度要求。

2)规则格网数字高程模型可由不规则数字高程模型内插生成。其格网点的高程中误差不应低于相应比例尺等高线插求点的高程中误差。

4 建筑区细部点的点位和高程中误差应符合表 5.1.4-3 的规定。

表 5.1.4-3 建筑区细部点的点位和高程中误差

地物类型	点位中误差(mm)	高程中误差(mm)
主要建(构)筑物	50	20
一般建(构)筑物	70	30

注:在树林、隐蔽地区可按表中规定数值放宽 0.5 倍,特殊困难地区可放宽 1.0 倍。

5 地形图中高程注记点密度应为图上每 100cm^2 内 5 个~20 个,宜选择明显地物点或地形特征点。地形点间距应符合表 5.1.4-4 的规定。地性线和断裂线应按其地形变化增大采点密度。

表 5.1.4-4 地形点间距的要求

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000	1 : 10000
点位间距(m)	15	30	50	100	200

注:平坦及地形简单地区可适当放宽。

6 地形图上高程测点的注记,当基本等高距为 0.5m 时,取位应精确至 0.01m,其余注记取位可精确至 0.1m。

5.1.5 地形图宜采用 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ 正方形分幅或 $40\text{cm} \times 50\text{cm}$ 矩形分幅,也可根据需要采用其他规格的分幅。地形图分幅和编号宜符合本规范附录 L 的规定,也可按西南角图廓点坐标公里数编号,X 坐标应在前,Y 坐标应在后。对于已施测过地形图的测区可沿用原有的分幅和编号。

5.1.6 地形图图式和地形图要素分类代码的使用应符合现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分:1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图图式》GB/T 20257.1 和《国家基本比例尺地图图式 第 2 部分:1 : 5000 1 : 10000 地形图图式》GB/T 20257.2 的有关规定,对于国家现行有关标准中针对核电厂的图式和要素分类代码不足部分可自行补充,对于同一个区域,应采用相同的补充图式和补充要素分类代码,并应在地形图上加以说明。

5.1.7 地形测图方法,1 : 500~1 : 2000 比例尺宜采用全站仪数字化测图、GPS-RTK 数字化测图等方法;1 : 5000、1 : 10000 比例尺宜采用航空摄影数字测图等方法。

5.1.8 地形图成果整理和检查应符合下列规定:

- 1 外业数据应及时处理,并形成图形文件。
- 2 实地对照检查发现问题时,应及时修正,但不得修改原始观测数据。

- 3 检查修改后的数据应及时存盘,并应做备份。

4 地形图平面检查点应均匀分布,并应随机选取明显地物点。平面和高程检测点数量应根据地物复杂程度等具体情况确定,每幅图宜选取 20 个~50 个点。

5 检测点的坐标和高程应采用外业散点法按测站点精度施测。用钢尺或测距仪量测相邻地物点距离,量测边数每幅图不宜少于 20 处。检测中如发现被检测的地物和高程点存在粗差时,应根据其情况重测。当一幅图的检测中误差超过本规范第 5.1.4 条规定中误差的 2 倍时,应分析误差分布情况,再对邻近图幅进行抽查,误差超限的图幅应重测。

5.2 图根控制测量

5.2.1 图根点相对于图根起算点的点位中误差应符合表 5.2.1 的规定。高程中误差不应大于基本等高距的 1/10。

表 5.2.1 图根点相对于图根起算点的点位中误差

测图比例尺	图根点相对于图根起算点的 点位中误差(cm)
1 : 500	5
1 : 1000	10
1 : 2000	10
1 : 5000	10

5.2.2 图根控制点和高等级控制点的密度应以符合测图需要为原则,每幅图控制点的数量宜符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 控制点数量的要求

测图比例尺	图幅尺寸(cm)	全站仪测图(个)	GPS-RTK 测图(个)
1 : 500	50×50	2	1
1 : 1000	50×50	3	2
1 : 2000	50×50	4	2
1 : 5000	40×40	6	3

注:仅有单幅地形图的小测区控制点数量不应少于 3 个点。

I 图根平面控制

5.2.3 图根点平面测量可采用 GPS-RTK、极坐标法、交会法和图根导线等方法布设。在各等级控制点下加密图根点,宜以附和方式发展但不宜超过二次附和。在难以布设附和导线的地区,可布设成支导线。图根点平面控制测量的主要技术要求应符合下列规定:

1 图根导线测量的主要技术要求应符合表 5.2.3-1 的规定。

图根导线的边长应采用测距仪单向施测一测回,一测回应进行二次读数,其读数较差应小于 10mm,测距边应加入气象和仪器常数改正。

表 5.2.3-1 图根导线测量的主要技术要求

附和导线长度 (m)	相对 闭合差	边 长	测角中误差 (")		测回数	方位角闭合差 (")	
			一般	首级控制		一般	首级控制
1.3M	1/2500	不大于碎部点 最大测距的 1.5 倍	30	20	1	$60\sqrt{n}$	$40\sqrt{n}$

注:1 n 为测站数;

2 M 为测图比例尺。

对于 1:500 或 1:1000 测图,附和导线长度可放宽至表 5.2.3-1 规定值的 1.5 倍,附和导线边数不宜超过 15 条,方位角闭合差不应大于 $\pm 40''\sqrt{n}$,绝对闭合差不应大于图上 0.5mm;导线长度短于表 5.2.3-1 规定的 1/3 时,其绝对闭合差不应大于图上 0.3mm。

图根支导线一般不设在难以布设附和导线或闭合导线的困难地区。图根支导线的长度不应超过表 5.2.3-1 中规定长度的 1/2,边数不宜多于 3 条。水平角应使用 DJ6 级经纬仪施测左、右角各一测回,其圆周角闭合差不应大于 $40''$ 。边长应采用测距仪单向施测一测回。

2 采用光电测距极坐标法测量时,应在等级控制点或一次附

合图根点上进行,且应联测两个已知方向,其主要技术要求应符合表 5.2.3-2 的规定。采用光电测距极坐标法所测的图根点,不应再次发展。

表 5.2.3-2 光电测距极坐标法测量技术要求

仪器精度等级	距离测量	半测回较差 (")	测距 读数较差 (mm)	高程较差	两组计算 坐标较差 (m)
DJ6	单向施测一测回	≤ 30	≤ 20	$\leq 1/5 H_d$	$0.2 \times M \times 10^{-3}$

注: H_d 为基本等高距,单位为 m。

3 全站仪测图的测距长度应符合表 5.2.3-3 的规定。

表 5.2.3-3 全站仪测图的测距长度

比例尺	最大测距长度(m)	
	地物点	地形点
1 : 500	160	300
1 : 1000	300	500
1 : 2000	450	700
1 : 5000	700	1000

4 图根解析补点,可采用有检核的测边交会和测角交会。交会角应为 $30^\circ \sim 150^\circ$,交会边长不宜超过图上 0.5m。分组计算所得的坐标较差不应大于图上 0.2mm。

5 GPS 图根控制测量宜采用 GPS-RTK 方法直接测定图根点的坐标和高程。采用 GPS-RTK 方法的作业半径不宜超过 5km,对每个图根点均应进行同一参考站或不同参考站的两次独立测量,其平面成果较差应符合本规范第 5.2.1 条的规定。

II 图根高程控制

5.2.4 图根点高程控制可采用图根水准测量或光电测距三角高程测量。图根点高程控制测量的主要技术要求应符合下列规定:

1 图根水准可沿图根点布设为附和路线、闭合路线或结点网。图根水准测量应起讫于不低于四等精度的高程控制点,其技术要求应符合表 5.2.4-1 的规定。

当水准路线布设成支线时,应采用往返观测,其路线长度不应大于 2.5km。当水准路线组成单结点时,各段路线的长度不应大于 3.7km。

表 5.2.4-1 图根水准测量技术要求

每千米 高差 全中误差 (mm)	附和路线 长度 (km)	i 角 (")	仪器 精度 等级	视线 长度 (m)	观测次数		往返较差、附和 或环线闭合差	
					附和或 闭合路线	支水准 路线	平地(mm)	山地(mm)
20	≤5	≤30	DS10	≤100	往一次	往返各一次	$\pm 40\sqrt{L}$	$\pm 12\sqrt{n}$

注:1 L 为往返测段、附和或环线的水准路线的长度,单位为 km;

2 n 为测站数。

2 图根光电测距三角高程测量技术要求应符合表 5.2.4-2 的规定。光电测距三角高程测量附和路线长度不应大于 5km,布设成支线不应大于 2.5km。仪器高和觇标高的量测应精确至 1mm。路线应起闭于不低于四等精度的高程控制点。

表 5.2.4-2 图根光电测距三角高程测量技术要求

每千米 高差中误差 (mm)	附和路 线长度 (km)	仪器 精度 等级	中丝法 测回数	指标差 较差 (")	垂直角 较差 (")	对向观测 高差较差 (mm)	符合或环形 闭合差 (mm)
20	5	DJ6	2	≤25	≤25	$80\sqrt{D}$	$40\sqrt{\sum D}$

注: D 为光电测距路线的长度,单位为 km。

5.2.5 当图根点密度不能满足测图要求时,可采用支导线、极坐标法、自由设站法等方法增设测站点。测站点相对于邻近图根点,点位精度的中误差不应大于图上 0.1mm,高程中误差不应大于测图基本等高距的 1/6。支导线和极坐标法测量的技术要求应符合本规范第 5.2.3 条的规定。

采用自由设站法测量时,观测的已知点数不应少于 2 个。水平角、距离各观测一测回,其半测回较差不应大于 $30''$,测距读数较差不应大于 10mm。自由设站法测量各方向解算水平角与观测水平角的差值,按测图比例尺,1:500 不应大于 $40''$,1:1000 和 1:2000 不应大于 $20''$ 。

5.2.6 图根控制测量内业计算的角度取值应精确至 $1''$,边长或坐标取值应精确至 0.001m,坐标成果、高程成果取值应精确至 0.01m。

5.3 测绘方法

I 全站仪测图

5.3.1 全站仪测图所使用的仪器和应用程序应符合下列规定:

1 全站仪的测角精度不宜低于 DJ6 级,测距标称精度不宜低于 IV 级。

2 测图的应用程序应满足内业数据处理和图形编辑的基本要求。

3 数据传输后,宜将测量数据转换为常用数据格式。

5.3.2 全站仪测图方法可采用编码法、草图法或内外业一体化的实时成图法等。

5.3.3 全站仪测图的仪器安置及测站检核应符合下列规定:

1 仪器的对中偏差不应大于 5mm,仪器高和反光镜高的量取应精确至 1mm。

2 以较远一测站点标定方向,另一测站点应作为检核,算得检核点平面位置误差不应大于图上 0.2mm,高程较差不应大于基本等高距的 $1/5$ 。

3 每站数据采集结束后应重新检测标定方向,检测结果如超出本条第 2 款所规定的限差,其检测前所测的碎部点成果应重新计算,并应检测不少于 2 个碎部点。

5.3.4 全站仪测图的测距长度应符合表 5.3.4 的规定。

表 5.3.4 全站仪测图的测距长度

比例尺	最大测距长度(m)	
	地物点	地形点
1 : 500	160	300
1 : 1000	300	500
1 : 2000	450	700
1 : 5000	700	1000

5.3.5 数字地形图测绘应符合下列规定：

1 碎部点观测记录应包括测站点号、仪器高、观测点号、编码、觇标高、斜距、垂直角、水平角、连接类型等。

2 当采用草图法作业时，应按测站绘制草图，并应对测点进行编号。测点编号应与仪器的记录点号一致。草图的绘制宜简化标示地形要素的位置、属性和相互关系等。

3 独立地物能够按比例表示时，应按实际形状采集，不能按比例表示时应精确测定其定位点或定线点。有方向性的独立地物应先采集其定位点，再采集其方向点。

4 对于线状地物、面状地物公共边、线状地物及面状地物边界线的重合部分应只采集一次，但应处理好多种属性之间的关系。

5 线状地物采集时，应根据其变化测定，并应适当增加地物点密度。

6 碎部点采集与控制测量同时进行，碎部点坐标应以经平差后的控制点坐标计算得到，当控制测量成果检核超限时，控制点应重测，并应重新计算碎部点坐标。

7 当采用编码法测图时，宜采用通用编码格式，也可使用软件的自定义功能和扩展功能建立用户的编码系统进行作业。外业数据文件宜为文本文件，其格式可自行规定，在上交成果时，应附加格式说明。

5.3.6 当采用无自动记录功能的仪器进行测图时，水平角、垂直角应读记至度盘最小分划，觇标高应量至厘米，测距应读数至毫

米,归零检查和垂直角指标差不得大于 $1'$ 。

5.3.7 对采集的数据应进行检查处理,应删除或标注作废数据、重测超限数据、补测错漏数据。对检查修改后的数据,应及时生成原始数据文件,并应存盘备份。

II GPS-RTK 测图

5.3.8 GPS-RTK 作业前,应搜集下列资料:

1 测区的控制点成果及 GPS 测量资料。

2 WGS-84 坐标系与测区地方坐标系的转换参数及 WGS-84 坐标系的大地高基准与测区的地方高程基准的转换参数。

5.3.9 GPS-RTK 转换关系的建立应符合下列规定:

1 基准转换可通过重合点求定参数的方法进行。

2 坐标转换参数和高程转换参数宜分别计算;坐标转换位置基准应一致,重合点的个数不得少于 4 个,且应分布在测区的周边和中部;高程转换可采用拟合高程测量方法,可按本规范第 4.4 节的有关规定执行。

3 坐标转换参数可直接应用测区 GPS 网二维约束平差所计算的参数。

4 对于面积较大的测区,需要分区求解转换参数时,相邻分区的重合点不得少于 2 个。

5 转换参数宜采取多种点组合方式分别计算,再予以优选。

5.3.10 GPS-RTK 转换参数的应用应符合下列规定:

1 转换参数的应用不应超越原转换参数计算所覆盖的范围,且输入参考站点的空间直角坐标应与求取平面和高程转换参数时所使用的空间直角坐标成果相同。

2 使用前,应对转换参数的精度、可靠性进行分析和实测检查。检查点应分布在测区的中部和边缘。检测结果,平面较差不应大于 50mm,高程较差不应大于 $40\sqrt{D}$ mm, D 为参考站至检测点间的距离,单位为 km。超限时,应分析原因并重新建立转换关系。

3 当局部差异较大时,应加强检查;超限时,应进一步精确求定高程拟合参数。

5.3.11 GPS-RTK 参考站点位的选择应符合下列规定:

1 应根据测区面积、地形地貌和数据链的通信覆盖范围,均匀布设参考站。

2 参考站所处的地势应相对较高,截止高度角 15° 以上不应有障碍物和强烈干扰接收卫星信号或反射卫星信号的物体。

3 参考站的有效作业半径不应超过 5km。

5.3.12 GPS-RTK 参考站的设置应符合下列规定:

1 接收机天线应精确对中、整平,对中误差不应大于 5mm,天线高的量取应精确至 1mm。

2 应正确连接天线电缆、电源电缆和通信电缆等。接收机天线与电台天线之间的距离不宜小于 3m。

3 应正确输入参考站的相关数据。

4 电台频率不应与作业区其他无线电通信频率相冲突。

5.3.13 GPS-RTK 流动站作业应符合下列规定:

1 流动站作业的有效卫星数不宜少于 5 个,PDOP 值应小于 6,并应采用固定解成果。

2 应正确设置和选择测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等,其设置应与参考站一致。

3 流动站的初始化应在比较开阔的地点进行。

4 作业前,宜检测 2 个以上不低于图根精度的已知点。检测结果与已知成果的平面和高程较差均不应大于 10cm,高山地区较差可放宽 1.0 倍执行。

5 数字地形图的测绘应符合本规范第 5.3.5 条的规定。

6 作业中,如出现卫星信号失锁,应重新初始化,并应经重合点测量检查合格后再继续作业。

7 结束前,应进行已知点检查。

8 每日观测结束,应及时转存测量数据,并应备份数据。

5.3.14 GPS-RTK 不同参考站作业时,流动站应检测一定数量的地物重合点,点位较差应符合本规范第 5.1.4 条的规定。

5.3.15 对采集的数据应进行检查处理,应删除或标注作废数据、重测超限数据、补测漏测或错误的的数据。

5.4 地物测绘

5.4.1 测量控制点应按现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1 和《国家基本比例尺地图图式 第 2 部分:1:5000 1:10000 地形图图式》GB/T 20257.2 规定的符号绘制。控制点的高程注记应根据等级区分小数点后的位数,水准点的平面位置应按主要地物测定坐标,坐标应取位至厘米;埋石图根点应逐点表示,不埋石图根点可根据用图需要表示。

5.4.2 水系测绘应符合下列规定:

1 江、河、湖、海、井、泉、水库、池塘、沟渠等水利设施,应按实际形状测绘,有名称的水利设施应加注名称。

2 河流、溪流、湖泊、水库的水涯线宜按测图时的水位测定,当水涯线与陡坎线在图上投影距离小于 1mm 时应以陡坎表示,平坦地区水系的水涯线不应表示,其边界线应用陡坎或斜坡表示;水库、池塘宜测绘水涯线。沟渠内侧宽度在图上大于 1mm 时应以双线表示,小于 1mm 时可用单线表示,并应加注流向符号。

3 水渠应测沟渠内侧上边缘线,高出地面 0.5m 的土堤应测绘。

4 海岸线宜以平均高潮线为准。干出滩在图上应用相应符号或注记表示。

5 水下地形的表示应以绘制等高线为主,也可根据需要以测注高程。时令河应测注河床高程,池塘应测注塘顶及塘底高程,沟渠底部应测记高程,并应标记沟渠深度;泉、井应测绘泉的出水口及井台高程,并应测记井台至水面深度;堤、坝应测注顶部及坡脚

的高程。

5.4.3 居民地及设施测绘应符合下列规定：

1 应采集各类建(构)筑物及主要附属设施的数据。建筑物轮廓应以滴水为准,应以滴水线在地面上的投影为测点;柱廊应以柱外围为准;檐廊应以外轮廓投影为准;架空通廊应以外轮廓水平投影为准;门廊应以柱或围护物外围为准;独立柱的门廊应以顶盖投影为准;挑廊应以外轮廓投影为准;阳台应以底板投影为准;门墩应以墩外围为准;门顶应以顶盖投影为准;室外楼梯和台阶应以外围水平投影为准;其他倒金字塔形的建筑物应按落地为实、投影为虚的原则测量及表示。对居民区应根据测图比例尺或需要适当加以综合。建(构)筑物轮廓凹凸在图上小于 0.5mm 时可直接连线;简易房、棚房在图上面积小于 16mm^2 的可舍去;临时性的活动房屋、施工时搭建的临时工棚及材料棚等可不表示。有名称的居民地、机关、学校等应标注名称。

2 房屋总层数应包括房屋地上层数和房屋地下层数。采光窗在室外地坪以上的半地下室,应以其室内层高在 2.2m 以上的计入层数;楼梯间、电梯机房、水箱间以及装饰性塔楼等附属于楼顶的建筑,层高不低于 2.8m 时应计入总层数;复式房屋、跃层建筑应按实际占有的自然层数计算;独立的车库、配电房、水泵房、垃圾站等单层建筑物应按一层计算。单层房屋应只标注房屋结构,悬空房屋的楼层数应按其实际包含的层数标注,建筑中的房屋和破坏房屋不应标注房屋层数,地下室、化粪池可选择表示。

3 测绘垣栅应类别清楚、取舍得当。围墙、栅栏、栏杆等可按其永久性、重要性等取舍。

5.4.4 交通设施测绘应符合下列规定：

1 应在图上准确反映陆道路路的类别和等级、附属设施的结构和关系,应准确处理道路的相交关系及其他要素的关系,应正确表示水运和海运的航行标志、河流的通航情况及各级道路的通过关系,应实测表示各类道路的收费站,红绿灯信号、测速和摄像机

站可选择表示。

2 铁路轨顶、道路交叉处、公路路中、桥面、坡度变换处等应测注高程。道路坡度平缓处在图上每 50mm~100mm 应测注地面高程。

3 公路及其他双线道路在图上均应按其实际宽度绘出,公路应注记技术等级,国道应注记国道线路编号,公路应注明路面材料,材料变化处应用点线分开,应注明主要道路的通向。

4 铁路与公路或其他道路在同一水平面交叉时,铁路符号不得中断,宜将公路或其他道路符号中断。不在同一水平面交叉的道路交叉点,应绘出相应的桥梁符号。

5 路堤、路堑应按实际宽度绘出其边界,并应适当测注坡度、坡脚高程,当斜坡宽度在图上小于 2mm 时,可按陡坎表示。

6 道路通过居民地不宜中断,应按真实位置绘出。

7 桥梁应实测桥头、桥身和桥墩位置,应加注建筑结构。码头的轮廓线应实测,有专有名称的码头应加注名称,无名称的应注码头,码头上的建筑物应实测,并应以相应符号表示。

5.4.5 管线测绘应符合下列规定:

1 管线测绘应包括各种管道、电力线和通信线的测绘。

2 永久性的电力线、通信线、变电室、电杆上的变压器等应实测表示,电杆、铁塔位置应实测,线路密集地区可摘要测绘。密集建筑区内电力线、通信线可不连接,但应绘出连线方向。临时性的通信线、广播线、路灯电线、灯箱电线和交通信号灯电线可省略。同一杆塔上架有多种线路时,应表示其中主要的线路,但各种线路走向应连贯,线类应分明;35kV 及以上等级输电线路应注明线路名称、电压等级和杆塔编号。

3 地上管线的转角点均应实测。管线直线部分的支架和附属设施密集时,可适当取舍,并应标注管道类别。地下检修井应按实际位置测绘注记。消防设施应实测表示,阀门可选择表示。

5.4.6 植被测绘应符合下列规定:

1 地形图上应正确反映植被类别特征和分布范围,以及一年分几季种植不同作物的耕地,应以夏季主要作物为准,大面积分布的植被在能表达清楚的情况下,可采用注记说明。

2 对耕地、园地和林地应实测范围,应用地类界表示,并应注记相应的符号,地类界与线状地物重合时,应按线状地物表示;有保留价值或具有方位意义的独立树应测绘。

3 各种植被在图上的面积小于 3cm^2 时可省略。

5.4.7 工矿建(构)筑物及其他设施测绘应符合下列规定:

1 露天采掘场范围应实测表示;工矿建(构)筑物及其他设施的测绘,应在图上准确表示其位置、形状和性质特征。

2 工矿建(构)筑物及其他设施应按比例尺表示时,应实测其外廓,并应配置符号或按图式规定用依比例尺符号表示;不依比例尺表示时,应按点状或线状地物实测位置,应用不依比例尺符号表示。

3 大型名称标牌和柱式独立大型广告牌应实测表示;街道、公园、小区、幼儿园内设有文体娱乐设施的场所,应实测其范围线;公共场所独立的公用电话亭、落地的独立固定邮政信箱应实测表示。

4 简易、临时、低矮的温室、菜窖、花房可不表示;坟地宜注记坟数,面积较大时应测出地类界,明显独立坟应实测位置。

5.5 地貌测绘

5.5.1 地貌可用等高线、规定符号和高程注记点表示,表示方法应符合下列规定:

1 山脊、山顶、鞍部、沟谷等可用等高线和高程注记点表示。

2 冲沟应实测沟边,坡度较陡时应用相应符号表示,其底部应适当加测高程点。沟底较宽、坡度较缓时应用等高线表示。

3 断崖、雨裂、崩土、自然洼坑、岩溶漏斗、蚀余陡岩、露岩等应用符号表示。

4 山洞、独立石、土堆、坑穴等不宜用等高线表示时,可用符号加高程注记点表示。

5 田坎的坡宽在图上大于 2mm 时应实测坡脚,小于 2mm 时可量注比高。坎上、坎下应测定适量的高程点。梯田密集地区,两坎间距在图上小于 1mm 或坎高小于 1 根等高距时,可适当取舍。两坎间距在图上大于 20mm 的倾斜旱地梯田应勾绘等高线。水田应分块施测,并应注记田中高程。

6 土垄、石垄、田埂的宽度在图上大于 1mm 时应实测宽度并绘双线,小于 1mm 时应绘单线。当其宽度小于 1mm 且高度小于 1/2 基本等高距时,可适当取舍。

5.5.2 等高线的测绘应符合下列规定:

1 地形点应取在地形特征点上。

2 按基本等高距测绘的首曲线应从高程基准面起算,每隔四根首曲线应描绘一根计曲线。当两计曲线间的空白小于 2mm 时,可只绘计曲线。当首曲线不足以显示地形特征时,可适当加绘间曲线。

3 当采用内外业一体化的实时成图法作业时,等高线应在野外对照实地现场勾绘。当采用草图法、编码法作业时,现场草图应勾勒出合水线、分水线等地性线。

4 山顶、鞍部、洼陷地、谷地、盆地、斜坡方向不宜判读的地方、凹地的最高和最低一条等高线上,应适当绘出示坡线,示坡线应与等高线正交。

5 等高线遇到各种注记、独立性符号时,在图上应断开 0.2mm;遇房屋、双线道路、双线河渠、水库、水田、湖、塘、冲沟、陡涯、路堤、路堑等符号时,应绘至符号边。人工填挖地段可不绘等高线,应以地类界表示,但应适当加测注记高程点。

5.6 水下地形测量

5.6.1 水下地形测量可分为内陆水域测量和海域测量。

5.6.2 水下地形测量的坐标系统和高程系统,应与陆域测量的坐标系统和高程系统一致。当不一致时,应求出陆域测量坐标高程系统与水下地形测量坐标高程系统间的换算关系。当同时进行陆域测量和水下地形测量时,应以陆域测量为主,布设统一的控制网。

5.6.3 平面控制网的基本精度应符合下列规定:

1 当测图比例尺小于 1:500 时,平面控制网最弱点相对于起算点的中误差不应大于 10cm。

2 当测图比例尺为 1:500 时,平面控制网最弱点相对于起算点的中误差不应大于 5cm。

5.6.4 测深点的平面定位中误差不应大于图上 1.5mm;当测图比例尺小于 1:1000 或水域浪大流急、水深超过 20m 时,不应大于图上 2mm。

5.6.5 水深测量可采用单波束或多波束回声测深仪、测深锤或测深杆等测深工具。测深点定位可采用 GPS 定位法、交会法、极坐标法等。

5.6.6 水深测量方法应根据水下地形情况和设备条件合理选择。测深点的深度中误差不应超过表 5.6.6 的规定。

表 5.6.6 测深点深度中误差

水深范围 (m)	测深仪器或工具	流速 (m/s)	测点深度中误差 (m)
0~4	宜用测深杆	—	±0.10
0~10	测深锤	<1	0.15
1~10	测深仪	—	
10~20	测深仪或测深锤	<0.5	±0.20
>20	测深仪	—	$H \times 1.5\%$

注:1 H 为水深,单位为 m;

2 水底树林和杂草丛生水域不宜使用回声测深仪;

3 取排水口等复杂的地段,测深宜加强复测。

5.6.7 水下地形测量开始前,应掌握测区的礁石、沉船、水流、险滩等水下情况。作业中,如遇有大风、大浪,应停止水上测量作业。

5.6.8 测深点宜按横断面布设,断面方向宜与岸线或主流方向相垂直。当用单波束测深仪时,主测深线应垂直于等深线的总方向;当用多波束测深仪时,主测深线宜平行于等深线的总方向。

5.6.9 测深线间隔,原则上应为图上 10mm~20mm,辐射线的间隔最大应为图上 10mm。

5.6.10 测点间隔宜为图上 10mm,可根据水下地形变化情况、比例尺和用途适当加密或放宽。

5.6.11 水尺的设置应能反映全测区水面的瞬时变化,并应符合下列规定:

1 当测区范围小于 3km^2 且水面平静时,可不设置水尺,但应于作业前后测量水面高程。

2 水尺的位置应避开回流、壅水、行船和风浪的影响,尺面应顺流向岸。

3 一般地段应 1.5km~2.0km 设置一把水尺。河床复杂、急流滩险河段及海域潮汐变化复杂地段,应 300m~500m 设置一把水尺。

4 河流两岸水位差大于 0.1m 时,应在两岸设置水尺。

5 当测区距离岸边较远且岸边水位观测数据不足以反映测区水位时,应增设水尺。

5.6.12 水位观测的技术要求应符合下列规定:

1 水尺零点高程的联测不应低于图根水准测量的精度。

2 作业期间,应定期对水尺零点高程进行检查。

3 水深测量时的水位观测宜提前 10min 开始、推迟 10min 结束;作业中,应按一定的时间间隔持续观测水尺,时间间隔应根据水情、潮汐变化和测图精度要求合理调整,宜为 10min~30min;水面波动较大时,宜读取峰、谷的平均值,读数应精确至 1cm。

4 当水位的日变化小于 0.2m 时,可于每日作业前、后各观

测一次水位,应取其平均值作为水面高程。

5.6.13 水深测量宜采用有模拟记录的测深仪或具有模拟记录的数字测深仪进行作业,并应符合下列规定:

1 工作电压与额定电压之差,直流电源不应超过 10%,交流电源不应超过 5%。

2 实际转速与规定转速之差应为 $\pm 1\%$,超出时应加修正。

3 电压与转速调整后,应在深、浅水处做停泊与航行检查,当有误差时,应绘制误差曲线图予以修正。

4 测深仪换能器可安装在距船头 $1/3 \sim 1/2$ 船长处,入水深度宜为 0.3m~0.8m。入水深度应精确至 1cm。

5 定位中心应与测深仪换能器中心位于同一条铅垂线上,其偏差不得超过定位精度的 $1/3$,超过时应进行偏心改正。

6 每次测量前、后均应在测区平静水域进行测深比对,并应求取测深仪的总改正数。比对可选用其他测深工具进行。对既有模拟记录又有数字记录的测深仪进行检查时,应使数字记录与模拟记录一致,数字记录与模拟记录不一致时应以模拟记录为准。

7 测深过程应实测水温及水中含盐度,并应进行深度改正。

8 测量过程中船体前后左右摇摆幅度不宜过大。当风浪引起测深仪记录纸上的回声线波形起伏值,在内陆水域大于 0.3m 或海域大于 0.5m 时,宜暂停测深作业。

5.6.14 测深点的水面高程应根据水位观测值进行时间内插和位置内插,当两岸水位差较大时,应进行横比降改正。

5.6.15 GPS 定位宜采用 GPS-RTK 或 RBN-DGPS 方式;当定位精度符合工程要求时,也可采用后处理差分技术。定位的主要技术要求应符合下列规定:

1 参考站点位的选择和设置应符合本规范第 5.3.12 条和第 5.3.13 条的规定,作业半径可放宽至 20km。

2 船台的流动天线应牢固地安置在船侧较高处并与金属物体绝缘,天线位置应与测深仪换能器位于同一条铅垂线上,其偏差

不得超过定位精度的 $1/3$, 超过时应进行偏心改正。

3 流动接收机作业的有效卫星数不宜少于 5 个, PDOP 值应小于 6。

4 GPS-RTK 流动接收机的测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等应与参考站一致, 并应采用固定解成果。

5 每日水深测量作业前、结束后, 应将流动 GPS 接收机安置在控制点上, 进行定位检测; 作业中, 发现问题应及时进行检测和比对。

6 定位数据与测深数据应同步, 不同步时应进行延时改正。

5.6.16 当采用 GPS-RTK 定位时宜采用无验潮水深测量方式, 但天线高应量至换能器底部并精确至 1cm, 其他技术要求应符合本规范第 5.6.13 条和第 5.4 节的有关规定。

5.6.17 交会法、极坐标法定位应符合下列规定:

1 测站点的精度不应低于图根点的精度。

2 作业中和结束前, 应对起始方向进行检查, 其允许偏差应小于 $1'$ 。

3 交会法定位的交会角宜为 $30^\circ \sim 150^\circ$, 个别角不应小于 20° 。

5.6.18 测深过程中或测深结束后, 应对测深断面进行检查。检查断面与测深断面宜垂直相交, 检查点数不应少于 5%。检查断面与测深横断面相交处, 图上 1mm 范围内水深点的深度检查较差不应超过表 5.6.18 的规定。

表 5.6.18 深度检查较差

水深 $H(\text{m})$	$H \leq 20$	$H > 20$
深度检查较差 $\Delta(\text{m})$	$\Delta \leq 0.4$	$\Delta \leq 0.02H$

5.7 海洋测绘

5.7.1 海底地形测量应按本规范第 5.6 节的有关规定执行。

5.7.2 海洋测绘使用的主要设备应包括侧扫声呐、浅地层剖面仪等。海洋测绘的内容应符合下列规定：

- 1 工程海区的海底微地貌起伏的高度、水深、形状特征或范围。
- 2 探测海底浅层地层分布特征和不良地质现象。
- 3 工程海区的海底礁石、沉船等障碍物的位置、高度、大小和范围。

5.7.3 侧扫声呐探测应符合下列规定：

1 侧扫探测之前，应全面了解工程需要。应调查搜集工程海区的水深、海底地形及特征、海底障碍物情况、海流的流速和流向、风向和风速、水温层变化情况。

2 侧扫的测线应设计成直线，测线方向应平行于工程海区的海流方向。

3 应根据测线间距选择合理的声呐扫描量程，在工程海区内应 100% 覆盖，相邻测线应有 20%~30% 的重叠覆盖；当水深太浅时可适当降低重叠覆盖率。

4 侧扫声呐工作频率应为 50kHz~500kHz，水平波束角应小于或等于 1° ，脉冲长度应小于或等于 0.2ms，作用距离应大于或等于 200m；应具有水体移去、航速校正、倾斜距校正等功能。

5.7.4 侧扫声呐探测实施应符合下列规定：

1 探测开始前，应在测区或附近选择有代表性的海域进行仪器设备调试，确定仪器的最佳工作参数。

2 声呐拖鱼入水后，勘察船只不得停船或倒车，应保持航向稳定，不得使用大舵角修正航向；换测线转向应使用小舵角大回旋圈方法。

3 声呐拖鱼离海底高度应为扫描量程的 10%~20%。

4 声呐记录仪记录为经水体移去、航速校正与倾斜距校正的图谱时，应用电子媒质记录储存未经校正的原始资料。

5 应用合适的定位设备对声呐拖鱼进行自动定位，也可采用

人工计算进行声呐拖鱼位置改正。

6 现场进行声呐图谱记录的初步判读,应根据需要对可疑目标在其周围增设不同方向的补充测线作进一步探测。

7 测线段漏测、航迹偏离设计测线大于测线间距 20%、记录图谱质量不合格导致无法进行正确判读时,应进行补充探测。

5.7.5 侧扫声呐探测资料的解释应与相关专业技术人员配合,宜结合海底取样、钻孔取芯和浅地层剖面探测成果进行海底面状况判读,应辨别并剔除声呐图谱记录上的干扰信号和噪声及不具有工程意义的回声信号;应识别海底沉积物类型,并应确定各类沉积物与海底裸露基岩分布范围;应分析海底微地貌;应进行海底障碍物识别和定位。对识别出的海底面特征和海底障碍物应进行航速、倾斜距和拖鱼位置校正,并应确定海底面特征和海底障碍物的真实位置、分布范围、大小形状,同时应标绘于航迹图上。具垂向起伏的海底面特征,应根据声呐记录图谱上声学阴影长度确定其近似高度和深度。判读出的海底明显起伏的不规则性应补充进水深图中。

5.7.6 侧扫声呐成果图件应根据侧扫声呐探测资料编绘成海底面状况图,该图应以航迹图作底图,并应包括海底取样、钻孔岩芯等方面的地质资料和岸线,以及周围陆域与主要地物标志等。可根据声呐探测资料完成测区声呐镶嵌图,采用计算机自动数字镶嵌或人工镶嵌方法。

5.7.7 浅地层剖面探测应符合下列规定:

1 浅地层剖面探测获得海底以下 30m 深度内的地层分布特征和不良地质现象,地层分辨率不应小于 30cm。

2 记录剖面图像应清晰,不应有强噪声干扰或图像模糊、空白、间断等现象。

5.7.8 浅地层剖面海上探测应符合下列规定:

1 浅地层剖面探测使用浅穿透地层剖面仪,换能器入水深度不应小于 0.5m。

2 海上探测开始以前应在测区内进行试验,获得最佳的地层穿透深度和分辨率从而确立探测作业参数,同时应将噪声和干扰降低到最低程度。

3 海上探测中对勘察船航行的要求应符合本规范第 5.7.4 条的规定。

4 水深变化时,应及时调整记录仪扫描时间及时间延迟。

5 记录剖面图像应完整,中间漏测或缺失部分不应大于 50m,累计漏测段应小于测线总长度的 2%。

6 初步分析记录剖面图像,发现可疑目标应增设补充测线以确定其性质,圈定其范围。

5.7.9 浅地层剖面资料的解释应与相关专业技术人员配合,并用复制地层剖面记录资料进行解释,应包括下列内容:

1 识别剖面记录上的各种干扰信号。

2 进行剖面地层序划分,并与测区的地质钻孔分层资料相对比;分析各层序的空间形态及各层序间的接触关系,确定各层序的地质特征与工程特性。

3 识别浅层气、古河谷、滑坡、塌陷、断层、泥丘、盐丘、海底软夹层、侵蚀沟槽、活动沙波等不良地质现象。确定浅层气、古河谷、滑坡、塌陷、断层、泥丘、盐丘、海底软夹层、侵蚀沟槽、活动沙波等的性质、大小、形态与分布范围。

5.7.10 浅地层剖面成果图应符合下列规定:

1 应根据地层剖面探测资料和测区地质资料编制地层剖面图和浅部地质特征图。

2 地层剖面图应根据需要选择测线编制;其平面比例尺可与其他解释图相同,垂直比例尺应根据要反映的剖面深度确定,纵、横比例尺应合理。图中应包括剖面线位置的水深、地层分界面、各层岩性、浅层气分布界面、断层等重要特征,并应标有所经过的主要地物标志和海底取样与钻孔岩芯的位置及相应海底沉积柱状图、岩芯的分层描述与测试结果。多种地层剖面探测同时进行,

可分别解释编制地层剖面图,也可合编为一种地层剖面图。

3 浅部地质特征图应包括下列内容:

- 1)重要地层层次的厚度等值线或顶面埋深等值线。
- 2)重要的地形、地貌及浅部地质现象。
- 3)主要不良地质现象分布及它们的成因、形态、性质、规模等。
- 4)测区内主要地物标志、海底取样站位、钻孔位置、地质取样结果描述和沉积物测试结果。
- 5)浅部地质特征图内容较少时可与海底面状况图合编。

4 地层剖面探测资料解释成图的时深转换应根据测区内和测区附近海域的声速测井资料或其他声速资料进行。没有实际声速资料时,可采用 1500m/s 的假设声速进行时-深转换,但应在图上注明。

5.8 地形图整饰及检查

5.8.1 地形图外业测量完成后,应进行内业编图、图幅整饰与内、外业检查,发现问题应及时纠正修改。

5.8.2 地形图的整饰应符合下列规定:

1 地形图要素应分层表示。分层的方法和图层的命名宜采用通用格式,也可根据工程需要对图层结构进行修改,但同一图层的实体宜具有相同的颜色和相同的属性结构。

2 地形、地物、地貌各要素应主次分明、线条清晰、位置准确、衔接清楚。

3 文字注记应使所指示的地物能明确判读。字头应朝北。道路河流名称,可随现状弯曲的方向排列。各字侧边或底边应垂直或平行于现状物体。各字间隔尺寸应在 0.5mm 以上。文字注记应避免遮挡主要地物和地形的特征部分。

4 高程点的注记应位于点的右方,字头应朝北,离点位的间隔应为 0.5mm;计曲线的平缓稀疏处应注记高程数字,数字的排

列方向应与曲线平行,其字头宜指向高处,不宜朝向图纸的下方。

5 地理名称、行政名称的标注应使用法定名称,且位置应适当,并应无遗漏和二义性。

6 等高线走向应合理、光滑、无遗漏。

7 图名、图号、坐标高程系统、图廓坐标、格网坐标、测图单位、测图者姓名、测图时间等应配置正确齐全。图廓整饰应按现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1的有关规定执行。

5.8.3 地形图的分幅除应符合本规范第5.1.5条的规定外,还应符合下列规定:

1 分区施测的地形图应进行图幅裁剪,并应对图幅边缘的数据进行检查、编辑。

2 按图幅施测的地形图应进行接图检查和图边数据编辑。图幅的接边误差不应大于本规范表5.1.4-1和表5.1.4-2规定值的 $2\sqrt{2}$ 倍,小于规定限值时可平均配赋;超过规定限值时,应进行外业实地检查和修改。

3 图廓及坐标格网应由成图软件自动生成。

5.8.4 地形图应经过内业检查、实地的全面对照及实测检查。实测检查工作量不应少于测图工作量的10%,检查测量的精度应符合本规范表5.1.4-1~表5.1.4-4的规定。

5.8.5 地形图的检查应按下列规定进行:

1 测站点、地形点的密度分布应符合本规范表5.1.4-4和表5.2.2的规定,各种图例符号应符合现行相应图式的规定,各项注记配置应适当,等高线走向应合理,应无点线矛盾,图廓整饰应正确齐全,不应有遗漏和差错。

2 地形图均应进行现场巡视检查。巡检中应重点查看地物应无遗漏,地形地貌的概括取舍应合理,各类地面线路的连接方向应与实地一致,等高线勾绘应与实地相符。

3 仪器实测检查的重点应为核岛和常规岛部分的重要建

(构)筑物的拟建区或扩建端,以及在内业检查和巡检中发现的错、漏和疑点,并应适量抽查细部点的坐标高程。检查点宜按断面布设,当采用散点布设时,应分布均匀。当一个测站上发现的错、漏、超限点数超过检查点的 20% 时,应扩大检查范围。

4 水下地形的检查测量宜使用不同的测深工具和定位手段进行。

5 检查点坐标高程与原图坐标高程的较差,应符合正态分布特性,并按式(5.8.5)计算。统计地物点和地形点中误差,其结果不应超过本规范表 5.1.4-1 和表 5.1.4-2 规定中误差的 $2\sqrt{2}$ 倍。

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (5.8.5)$$

式中: m ——地物、地形点的平面或高程中误差(m);

Δ ——地物、地形点的平面或高程较差(m);

n ——检查点的个数。

6 地形图的内、外业检查完成后,应将检测数据文件区别于原测数据文件命名保存,并应填写检查记录。

6 数字摄影测量

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于 1:1000、1:2000、1:5000、1:10000 数字摄影测量作业方法成图。

6.1.2 航摄像片资料宜通过航空摄影取得或利用能满足需求的已有航摄像片。

6.1.3 像控点相对于邻近等级控制点的点位和高程中误差应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 像控点点位和高程中误差

像控点	地形类别	图面距离(mm)
点位中误差	平丘	<0.10
	山区	<0.15
高程中误差	不应大于等高距的 1/10	

6.1.4 采用数字摄影测量作业方法成图,内业加密点相对于邻近平面控制点的点位中误差应符合表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 内业加密点的点位中误差

地形类别	平地、丘陵地				山地、高山地			
成图比例尺	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
加密点点位中误差(m)	≤0.40	≤0.80	≤1.75	≤3.50	≤0.55	≤1.10	≤2.50	≤5.00

6.1.5 采用数字摄影测量作业方法成图,内业加密点相对于邻近高程控制点的高程中误差应符合表 6.1.5 的规定。

表 6.1.5 内业加密点的高程中误差(m)

地形类别	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000	1 : 10000
平地	—	—	—	—
丘陵地	≤ 0.35	≤ 0.35	≤ 1.00	≤ 1.00
山地	≤ 0.50	≤ 0.80	≤ 2.00	≤ 2.00
高山地	≤ 1.00	≤ 1.20	≤ 2.50	≤ 3.00

6.2 航空摄影技术及资料要求

6.2.1 航空摄影作业前应编制作业计划书。

6.2.2 航摄仪和航摄比例尺应根据成图比例尺、像幅大小、图幅大小、布点方案、测区地形、仪器装备和加密、成图技术水平等情况选择,可按表 6.2.2 选择航摄比例尺,同时应注意航高与焦距的合理选择。

表 6.2.2 航摄比例尺

成图比例尺	航摄比例尺
1 : 1000	1 : 4000~1 : 6000
1 : 2000	1 : 8000~1 : 12000
1 : 5000	1 : 10000~1 : 20000
1 : 10000	1 : 20000~1 : 40000

6.2.3 航摄作业应选择适当的摄影季节和时间。

6.2.4 飞行质量应符合下列规定：

- 1 航向重叠宜为 60%~65%，且不得大于 75%，不应小于 53%。
- 2 旁向重叠宜为 30%~35%，且不应小于 15%。航线间不得有相对漏洞和绝对漏洞。
- 3 像片倾角不宜大于 2°，且不应大于 4°。
- 4 旋偏角不宜大于 6°，且不应大于 10°。在同一航线上达到或接近最大旋偏角的像片不得连续超过三片。
- 5 航线弯曲度不应大于 3%。

6 航线偏离图幅中心线不应大于像片上 3cm。

7 一条航线最大和最小航高之差不得超过 30m,分区实际航高与预定航高之差不应大于航高的 5%。

6.2.5 航摄影像质量应符合下列规定:

1 采用光学摄影仪时航摄底片不均匀变形不得大于 3/1000。

2 航摄底片应影像清晰、框标齐全。

6.2.6 采用原始航摄底片在影像扫描仪上扫描作影像数字化时,宜采用 25 μ m 扫描分辨率正像。

6.2.7 航摄资料检查验收宜采用目视检查法、数据测定法和样片比较法相结合的方式进行。

6.2.8 对航摄资料中飞行、摄影及摄影处理质量等检查验收的要求,应符合本规范第 6.2.4 条的规定。

6.2.9 航空摄影资料检查验收后,应提交下列航摄资料:

1 全部底片及航摄底片登记表。

2 像片及索引图像片。

3 航摄仪技术数据表和鉴定表。

4 航摄像片扫描片电子文档。

5 航摄成果质量鉴定表。

6 航摄底片、像片和索引图像片等移交清单。

7 航摄质量验收报告。

6.3 像控测量

6.3.1 像控点在像片上的位置应符合下列规定:

1 应布设在航向及旁向六片或五片重叠范围内。

2 距像片边缘不得小于 1.5cm。

3 相邻航线公用的像片控制点应布设在旁向重叠中线附近,离开上、下航线像片方位线的距离均不应小于 4.5cm;当旁向重叠过大,离开上、下航线像片方位线的距离小于 4.5cm 时,上、下航

线应分别布点；当旁向重叠过小，像控点在相邻航线不能公用时，应分别布点，此时控制范围在像片上裂开的垂直距离不应大于1cm。当条件受限制时，也不得大于2cm。

4 航线两端上、下像控点相互偏离值在同一像对内应小于半条基线，像控点左右偏离在规则区域网中间不应超过一条基线。

6.3.2 像控点布设可选择区域网布点法、全野外布点法、航线网布点法中的一种或两种相结合的布设方案。

6.3.3 区域网点应符合下列规定：

1 区域网应按周边6点法(图6.3.3-1)或周边8点法(图6.3.3-2)布设平高点。

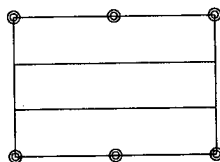


图 6.3.3-1 区域网周边6点法

⊙—平高控制点

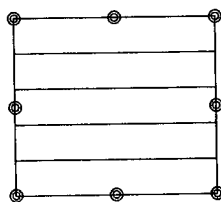


图 6.3.3-2 区域网周边8点法

⊙—平高控制点

2 区域网旁向控制点间的跨度不应大于4条航线，航向相邻控制点间的基线数应按表6.3.3-1进行估算。

表 6.3.3-1 航向相邻控制点间的基线数

n	$M_s=0.35$	$M_s=0.4$	$M_s=0.5$	$M_s=0.55$
$K=2$	10	11	12	13
$K=3$	7	8	9	10
$K=4$	6	6	8	8

注:1 M_s 为加密点的平面中误差,单位为 mm;

2 K 为像片放大成图倍数;

3 n 为相邻控制点间的像片基线数。

3 高程控制点的布设应采用网状布点,在布设平高点的基础上,应沿区域网航向垂直方向布设 3 排~5 排高程控制点(图 6.3.3-3~图 6.3.3-5)。

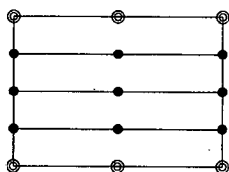


图 6.3.3-3 高程控制点的布设(3 排)

⊗—平高控制点;●—高程控制点

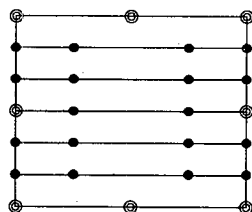


图 6.3.3-4 高程控制点的布设(4 排)

⊗—平高控制点;●—高程控制点

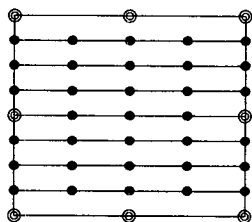


图 6.3.3-5 高程控制点的布设(5 排)

⊗—平高控制点;●—高程控制点

4 航线两端上、下应有一对高程点,航向方相邻两排高程控制点间的跨度应按表 6.3.3-2 估算。

表 6.3.3-2 航向方相邻两排高程控制点间的跨度

比例尺	航摄比例尺	航高(m)	M_h (m)	n
1 : 1000	1 : 4000	608	0.35	8
			0.5	11
	1 : 6000	912	0.35	5
			0.5	8
1 : 2000	1 : 8000	1216	0.35	3
			0.8	9
			1.2	12
	1 : 10000	1520	0.35	1
			0.8	7
			1.2	10
1 : 5000	1 : 10000	1520	1.0	9
			2.0	15
	1 : 20000	3040	1.0	4
			2.0	9
1 : 10000	1 : 20000	3040	1.0	4
			2.0	9
	1 : 40000	6080	1.0	—
			2.0	4

注:1 M_h 为加密点的高程中误差,单位为 mm;

2 n 为相邻控制点间的像片基线数。

5 当航向方相邻两排高程控制点间基线估值大于 3 排不足 4 排时或大于 4 排不足 5 排时,应按 3 排或 4 排布设高程点,并应在网的上、下边相邻两排高程控制点中部加布高程点(图 6.3.3-6)。

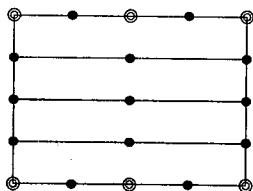


图 6.3.3-6 上、下相邻两排中部加布高程点法

⊙—平高控制点；●—高程控制点

6 在相邻两排高程控制点间的跨度值小于 4 条基线时,应按 4 条基线布设 1 排高程点,同时在上、下边应加布高程点(图 6.3.3-7)。

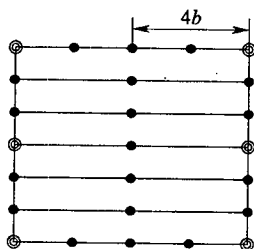


图 6.3.3-7 相邻两排高程控制点间距小于 4 条基线时加布高程点法

⊙—平高控制点；●—高程控制点； b —像片基线长度

7 不规则区域网在凸出处应布设平高点,凹进处应布设高程点。当凹角点和凸角点之间的距离超过两条基线时,凹角点处也应布设平高控制点(图 6.3.3-8 和图 6.3.3-9)。

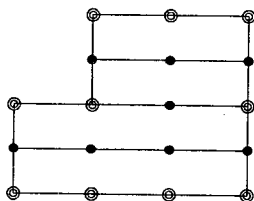


图 6.3.3-8 不规则区域网凹角平高点布设法

⊙—平高控制点；●—高程控制点

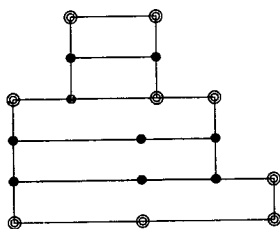


图 6.3.3-9 不规则区域网凸角平高点布设法

◎—平高控制点；●—高程控制点

6.3.4 特殊情况下布点应符合下列规定：

1 当航向重叠小于 53% 产生航摄漏洞时应分别布点，并应对漏洞处用野外测图方法补测。

2 旁向重叠小于 15% 时，应分别布点。当选定的控制点离开像片边缘大于 1cm，且重叠部分影像清晰，其范围内无重要地物时，除应分别布点外，还应在重叠部分加测 2 个~3 个高程点。

3 当像主点或标准点位处于水域内，或被云影、阴影、雪影等覆盖以及其他原因使影像不清，或无明显地物，且落水范围的大小和位置尚不影响立体模型连接时，可按正常航线布点。当像主点附近 3cm 范围内选不出明显目标，或航向三片重叠范围内选不出连接点时，落水像对应采用全野外布设像控点。当旁向标准点位落水，且在离开方位线 4cm 以外的航向三片重叠范围内选不出连接点时，落水像对应采用全野外布设像控点。

6.3.5 野外选刺像控点应符合下列规定：

1 平面控制点应选在影像清晰的明显地物点、接近正交的线状地物交点、地物拐角点或固定的点状地物上，实地辨认误差应小于图上 0.1mm。弧形地物与阴影处不得作为刺点目标。

各等级的测量控制点应刺出点位，并应加注点位说明。高程控制点的标石至地面的高差应量注至厘米。

2 高程控制点应选刺在局部高程变化很小的地方，狭沟、尖山顶和高程变化大的斜坡等不得选作刺点目标。

当点位选在屋顶、围墙、陡坎等高出或低于地面的地物上时,应量出其与地面的比高,注至厘米,并应详细绘出点位略图和断面图。

3 平高控制点的选刺应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求。

4 像控点在各张相邻像片上均应清晰可见,应选择影像最清晰的一张像片作为刺点片,刺点误差和刺孔直径不得大于 0.1mm,且应刺透,不得有双孔,刺偏时应换片重刺。

5 选刺目标时应判读像片,并应满足刺点目标要求,同时应满足像控点布设的点位要求和兼顾联测的方便,选定后宜打桩或埋石,并应进行编号和实地绘制略图。桩位、说明、略图和刺孔位置应一致和确切无误。控制像片整饰格式应符合本规范附录 M 的规定。

6.3.6 像控点测量应符合下列规定:

1 控制点的平面坐标测量可采用 GPS、电磁波测距附和导线和支导线等方法测定,其测量精度应符合本规范第 6.1.3 条的规定。

2 测定像片控制点的高程,可采用 GPS、电磁波测距高程导线等方法测定,其测量精度应符合本规范第 6.1.3 条的规定。

6.4 像片调绘

6.4.1 像片调绘工作宜采用室内判绘与野外调绘及仪器实测相结合的方式。

6.4.2 像片调绘应判读准确、描绘清楚、图式符号运用恰当、位置正确、各种注记准确无误,并应做到清晰易读。地物、地貌的类别和性质应由调绘确定,位置及尺寸应由立体模型测定。

6.4.3 调绘应反映调绘时现状,对航摄后新增地物、影像模糊地物、被影或阴影遮盖的地物,以及无明显影像的独立地物和水准点均应到实地补测。

对地物的调绘应注意其拆除或新增的变化情况,航摄后拆除的建(构)筑物,应在像片上用红色“×”划去。对新增地物可根据新增地物与四周明显点的相对位置关系,补充调绘在像片上,并应

在像片背面绘制略图和注记相对位置关系的数据。

6.4.4 水涯线的调绘宜以摄影时的影像为准,池塘、水渠等应依坎边为准。被阴影遮盖的及其他内业难以测绘的地物,应在外业量注有关数据。2m 以下的比高应于外业量注。

6.5 数字化成图

6.5.1 空中三角测量应使用数字化摄影测量系统。

6.5.2 空三加密前应取得下列资料并进行检查分析:

- 1 航摄仪技术数据表及鉴定表。
- 2 航摄技术及质量检查报告。
- 3 底片扫描片。
- 4 像片索引图。
- 5 航测外控提供的成果资料。
- 6 地形图资料及测区有关的控制成果资料。

6.5.3 空三加密中每张像片内业加密点的位置应按图 6.5.3 所示布设。每个位置宜有 2 个以上加密点,且上、下排点应成对出现,上、下排点的数量应均匀。点位的选择应符合下列规定:

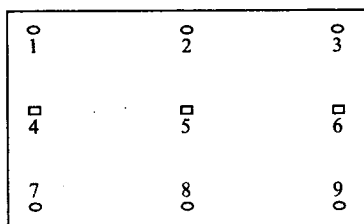


图 6.5.3 像片内业加密点的位置

□—像主点;○—加密点

1 加密点应选在本片和邻片的影像清晰、明显,并易于量测的目标点上,不应选在阴影和变形过大的地方。

2 点位应位于通过像主点且垂直于方位线的直线上,左、右偏离不应大于 1.5cm,上、下两点离方位线的距离宜相等;点位偏

离标准位置不宜大于 1cm;点与点之间的高差不宜大于 15m。

3 当旁向重叠过小时,应在两航线上分别选点,但其两点至重叠中线的距离之和不应大于 2cm;当旁向重叠过大,且所选加密点至方位线的距离小于 2cm 时,则相邻两条航线应分别选点并互相量测。

4 加密点应选在像片控制点连线附近,超出控制连线的垂距不应大于 1cm。

6.5.4 空三加密的内定向应符合下列规定:

1 应采用解析框标定向进行像片定向。

2 应对自动内定向的成果进行人工检查。

3 框标内定向坐标残差中误差不应大于 0.015mm。

6.5.5 空三加密的相对定向残余上下视差和模型连接较差应符合表 6.5.5 的规定。

表 6.5.5 相对定向限差

地形类别	残余上下视差 (mm)	模型连接较差	
		平面(mm)	高程(mm)
平丘	0.005	$0.06M \times 10^{-3}$	$0.04M \cdot f / b \times 10^{-3}$
山地	0.008		

注:1 M 为像片比例尺分母;

2 f 为航摄影主距,单位为 mm;

3 b 为像片基线长度,单位为 mm。

6.5.6 空三加密的绝对定向各项限差要求应符合表 6.5.6 的规定。

表 6.5.6 绝对定向限差

地形类别	限差类别	平面限差(m)				高程限差(m)			
		1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
平地	定向点残差	—	—	0.3	0.3	—	—	—	—
	多余控制点不符值	—	—	0.35	0.35	—	—	—	—
	网间公共点较差	—	—	0.7	0.7	—	—	—	—

续表 6.5.6

地形类别	限差类别	平面限差(m)				高程限差(m)			
		1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
丘陵地	定向点残差	—	—	0.3	0.3	0.26	0.26	0.8	0.8
	多余控制点不符值	—	—	0.35	0.35	0.4	0.4	1.0	1.0
	网间公共点较差	—	—	0.7	0.7	0.7	0.7	2.0	2.0
山地	定向点残差	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	1.5	1.5
	多余控制点不符值	0.7	0.7	0.5	0.5	0.6	1.0	2.0	2.0
	网间公共点较差	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.6	4.0	4.0
高山地	定向点残差	0.4	0.4	0.4	0.4	0.75	0.9	1.9	2.2
	多余控制点不符值	0.7	0.7	0.5	0.5	1.2	1.5	2.5	3.0
	网间公共点较差	1.1	1.1	1.0	1.0	2.0	2.4	5.0	6.0

6.5.7 当空三加密各项限差超限时,应利用各种资料,并根据各类误差产生的规律及超限误差的大小和方向,对相对定向和绝对定向的计算成果进行分析,并应进行处理。

6.5.8 加密点的中误差应按下列公式计算:

$$M_{\text{控}} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \quad (6.5.8-1)$$

$$M_{\text{公}} = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (6.5.8-2)$$

式中: $M_{\text{控}}$ ——控制点中误差(m);

$M_{\text{公}}$ ——公共点中误差(m);

Δ ——多余野外控制点的不符值(m);

d ——相邻航线公共点的较差(m);

n ——评定精度的点数。

6.5.9 空三加密的输出成果应包括下列内容：

- 1 加密点的坐标及其高程。
- 2 立体像对模型参数,便于后工序快速重建模型。
- 3 选加保密检查点,其加密成果形成独立数据文件,作为质量检查使用。

6.5.10 数字化测图应采用空三加密成果,在全数字摄影测量系统下应生成各像对的立体模型、测区正射影像图及数字高程模型等,构建三维可视化的立体作业平台应满足数字化测图要求。构建的像对立体模型精度应符合本规范第 6.5.4 条~第 6.5.6 条的规定。

6.5.11 数字化测图宜采用装有 X、Y 手轮与 Z 脚盘输入装置或三维鼠标的全数字摄影测量系统。

6.5.12 数字化测图工作应包括地物量测、编辑和文字注记等,并应符合下列规定：

- 1 数字化测图应按实地位置进行测绘,遇有位置相重叠的要素应按优先原则采集,相距很近的要素也应按真实位置测绘,采集时不应偏移,一个应“让”另一个。

- 2 对于有向线或有向点,数据采集时应注意其数字化的方向与顺序。

- 3 对等高线、河流湖泊水涯线等应采用“流”方式跟踪的线状要素,应恰当地选择记录参数。

- 4 对铁路、公路、围墙、人工堤等不依比例尺的双线要素数字化测图时,应沿其中心线采集。

- 5 数据采集时应处理好点、线、面状要素的相互关系。对房屋、湖泊、水库等面状要素应封闭,必要时应加辅助线;对铁路、单线河等线状要素应连续,必要时应加辅助线;线状要素相交,应采用“抓取”方法,并应避免悬挂现象等。

6.5.13 测绘等高线时应用测标切准模型描绘。在等倾斜地段,相邻两计曲线间距离在图上小于 5mm 时,可只测绘计曲线,首曲线可插绘。

有植被覆盖的地表,当只能沿植被表面描绘时,应加植被高度改正。在树林密集隐蔽地区,应依据野外高程点和立体模型进行测绘。

6.5.14 注记高程点时,应在立体下测注。密度宜为图上每格(100cm^2)15个。

6.5.15 编辑地形图,各地物要素之间关系应合理正确,注记应规范,配置符号应正确规整。可按国家现行标准《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量数字化测图规范》GB/T 15967 或《1:5000 1:10000 地形图航空摄影测量数字化测图规范》CH/T 1006 的有关规定执行。

6.5.16 数字化地形图成图后应重点进行点状地物、植被密集区等航测困难地区的检查测量工作,所检查地物、地形点的平面和高程较差应符合表 6.5.16 的规定。

表 6.5.16 检查点的平面和高程较差

点位较差(图面距离 mm)		高程较差	
主要地物	次要地物	$\alpha \leq 6^\circ$	$\alpha > 6^\circ$
$< \pm 1.7$	$< \pm 2.3$	$< 1.4H_d$	$< 2.2H_d$

注:1 H_d 为地形图的基本等高距;

2 在树林、隐蔽地区可按表中规定数值放宽 0.5 倍,特殊困难地区放宽 1.0 倍;

3 主要地物指重要的、外廓明显规整的地物。

6.6 数字影像产品

6.6.1 在数字化成图作业的同时,可生成测区范围内的数字线划地形图、数字栅格地图、数字正射影像图以及数字高程模型。

6.6.2 质量检测与评定应符合下列规定:

1 数字测绘产品质量检测与评定应按现行国家标准《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316 的有关规定执行。

2 可采用在全数字摄影测量系统上加入保密点检查的功能,并应根据保密点解算数据检测平面和高程精度。

7 卫星遥感

7.1 一般规定

7.1.1 卫星遥感影像适用于核电厂规划选址阶段制作 1:5000、1:10000 影像图。

7.1.2 卫星影像宜选择高分辨率的全色波段、多光谱、立体影像。多光谱影像的波段数不应少于 3 个波段。

7.1.3 选用的卫星影像,成像季节应相近,影像层次应丰富,纹理细节应清楚,色调应均匀,反差应适中。

7.1.4 选用的影像中云层覆盖应小于 5%,且不应覆盖重要地物。

7.1.5 相邻影像之间应有不小于图像宽度 4% 的重叠。

7.2 数据预处理

7.2.1 所采用的遥感数据应经过转换和压缩处理,并应以特征值和参数形式保存。

7.2.2 遥感数据应进行辐射校正,辐射校正的方式可采用对整个图像进行补偿或根据像点的位置进行逐点校正。

7.3 图像几何校正

7.3.1 平面投影应采用高斯-克吕格投影,并按 3°带分带。

7.3.2 几何校正应选择纠正精度高、控制点数量不多、迭代次数少、收敛快的数学模型。

7.3.3 控制点选择应符合下列规定:

- 1 所选取的控制点应均匀分布在影像内。
- 2 宜选取易于识别的明显特征点的地物做控制点。

3 控制点的数量应根据采用的纠正模型决定,剔除粗差后应至少保留 2 个以上多余控制点。

7.3.4 图像校正应使用纠正公式对影像逐像元进行纠正,精度应控制在 1 个像元之内。

7.3.5 卫星影像镶嵌应符合下列规定:

- 1 不同影像应有重叠区域。
- 2 应采用统一的地理坐标系统。
- 3 同名地物的像素应大小相同。

7.3.6 卫星影像镶嵌过程中,应对接缝线邻近区域进行辐射均衡处理,并应消除明显接边线。两边色调差别较大时,应对影像进行色调调整。接缝处影像灰度、色调应与整幅影像灰度、色调协调。

7.3.7 影像融合的方法可选用以像元为基础的加权融合、HIS 融合、KL 变换融合、加法融合、特征融合、分类融合,以及影像数据融合等一种或多种组合。

7.3.8 各波段影像融合匹配误差不应超过 1 个像元。

7.3.9 图像几何配准的重采样,应使融合的图像分辨率一致。

7.3.10 对于单片卫星影像应建立测区数字高程模型,若收集已有的数字高程模型,应根据成图比例尺的大小,对特征地物、地貌进行纠正完善。

7.4 影像整饰

7.4.1 生成正射影像图前,应对影像进行注记、整饰等编辑,其中注记内容应包括千米网格、工作区范围内的镇以上地名、主要河流等。

7.4.2 注记在影像图上的数字和文字应清晰易读,不应压盖主要地物,字体及大小应根据需要确定。

7.4.3 整饰内容应包括图名、图幅号、比例尺、地物、地名、数据来源、接图表、制作单位等。

8 施 工 测 量

8.1 一 般 规 定

8.1.1 本章适用于核电厂及其附属设施的施工测量。

8.1.2 作业前,应搜集有关的测量资料,熟悉施工设计图纸,明确施工要求,制定施工测量方案,并应对工程设计文件提供的测量资料进行复核。

8.1.3 核电厂施工控制网的等级划分,可依次为初级网、次级网、微网。

8.1.4 施工测量的平面坐标应采用独立的施工坐标系,并应与规划设计阶段采用的坐标系统有确定的换算关系。施工高程系统宜与规划设计阶段的高程系统一致。

8.1.5 各级施工控制网测设应根据网点的目标精度要求,并结合所采用的测量仪器设备,合理选取各观测项中误差先验值,应按最小二乘法进行精度估算,并应优化观测方案。

8.1.6 次级网、微网的观测数据不得进行高斯投影改化,宜将观测边长归算到核岛、常规岛等主厂房区域的场平标高面上。

8.1.7 厂房内部的微网观测、安装的定位和检查、局部控制网加密等项精密测量工作,宜在同等气象条件下进行。当环境因素变化显著时,应对温度、气压的影响进行改正。

8.1.8 主厂区以外其他独立子项工程的施工测量,在满足精度要求的前提下,可充分利用规划设计阶段测设的首级平面、高程控制网成果,但应进行复测检查。

8.1.9 各级施工控制网均可同级加密、扩展。其主要技术要求、施测方法应与同级控制网相同,观测数据宜与同级网点统一平差。

8.2 初级网测量

I 初级平面控制网

8.2.1 初级平面控制网应根据所收集的测区平面起算点和地形图等资料,并结合现场踏勘情况进行综合分析,宜布设成 GPS 网或三角形网等形式。

8.2.2 初级平面控制网精度的基本要求,最弱点坐标中误差不应大于 2cm。

8.2.3 初级网点位应选在通视良好、土质坚实、便于施测、利于长期保存的地点;若采用 GPS 网,还应符合本规范第 3.2.5 条和第 3.2.6 条的规定。初级网点的埋石应符合本规范附录 B 的规定。

8.2.4 初级平面控制网测量的技术要求应符合下列规定:

1 当采用 GPS 网时,其主要技术要求应符合表 8.2.4-1 的规定。

表 8.2.4-1 初级 GPS 网测量的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	固定误差 (mm)	比例误差系数 (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
初级网	1.0	≤ 5	≤ 2	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$

2 当采用三角形网时,其主要技术要求应符合表 8.2.4-2 的规定。

表 8.2.4-2 初级三角形网测量的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	测角 中误差 (")	测边 相对中误差	最弱边边长 相对中误差	水平角观测测回数		三角形最大 角度闭合差 (")
					DJ1	DJ2	
初级网	1.0	2.5	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$	4	6	9

8.2.5 初级平面控制采用 GPS 网、三角形网时,其观测、数据处理等其他技术要求应分别按本规范第 3.2 节和第 3.4 节的有关规

定执行。

II 初级高程控制网

8.2.6 初级高程控制网应根据测区高程起算点、地形图等资料,以及现场踏勘情况,并按水准网要求布设成闭合环线、附和路线或结点网。

8.2.7 初级高程控制网精度的基本要求,最弱点高程中误差不应超过 1cm。

8.2.8 初级高程控制网测量的等级应根据最弱点高程中误差的精度要求以及水准路线的长度合理选择,但不应低于四等水准。

8.2.9 初级高程控制网水准点宜单独布置在场地相对稳定的区域;水准点间距宜小于 1km,距离建(构)筑物不宜小于 25m,距离回填土边缘不宜小于 15m;水准点的布设与埋石应符合本规范第 4.2.4 条的规定。

8.2.10 初级高程控制网水准测量的其他技术要求应按本规范第 4.2 节的有关规定执行。

8.3 次级网测量

I 次级平面控制网

8.3.1 次级平面控制网宜布设成三角形网或 GPS 网等形式。网形设计应充分顾及精度、可靠性和灵敏度等指标。

8.3.2 次级平面控制网的主要技术要求应符合表 8.3.2 的规定。

表 8.3.2 次级平面控制网的主要技术要求

等级	平面坐标 中误差 (mm)	相邻点相对 坐标中误差 (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		三角形 最大角度 闭合差 (")
						DJ05	DJ1	
次级网	2.0	2.0	200	1.8	$\leq 1/150000$	4	6	7.0

注:1 次级网点的平面坐标中误差是相对于初级网中作为次级网平面起算的基准点;

2 GPS 次级测量控制网不受测角中误差和水平角观测测回数指标的限制;

3 实际平均边长对比表中规定数值相差较大时,宜重新进行验算。

8.3.3 次级网点位应根据核电厂总平面布置图和施工总布置图,结合施工场区内、外的地形条件布设,并应满足厂区内主要建筑施工测设的需要。

8.3.4 次级网点宜分为基准点和工作基点,并应符合下列规定:

1 基准点作为次级网复测检查的基准,其数量不应少于 3 个,点位应选在主要厂区周边、变形影响区域之外、稳固可靠的位置。

2 工作基点数量宜为 6 个~8 个,宜选在核岛和常规岛等主要厂房周围、相对稳定且方便使用的位置。

3 基准点和工作基点的布设应整体设计,并应进行一次布网。

8.3.5 次级网标石应采用有强制对中装置的钢筋混凝土观测墩,其基础宜建立在基岩上。观测墩形式应符合本规范附录 N 的有关规定。新建的观测墩应达到稳定后再开始观测。

8.3.6 次级网平面控制采用三角形网观测时,应符合下列规定:

1 水平角观测宜采用全站仪全圆方向观测法。每半测回每方向宜 2 次照准读数,各方向值应取多测回的平均值。其技术要求应符合表 8.3.6-1 的规定。

表 8.3.6-1 水平角全圆方向观测法的技术要求

等级	仪器精度等级	两次照准目标读数差 (")	半测回归零差 (")	一测回内 2C 互差 (")	同一方向值各测回较差 (")
次级网	DJ05	1.5	4	8	4
	DJ1	4	6	9	6

注:当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时,该方向 2C 互差可按相邻测回同方向进行比较,其值应符合表中一测回内 2C 互差的限制。

2 边长观测应采用电磁波测距方法,并应符合表 8.3.6-2 的规定。

表 8.3.6-2 电磁波测距的技术要求

等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回 读数较差 限值(mm)	单程测回 间较差 限值(mm)	气象数据测定 最小读数		往返或时段间 较差限值 (mm)
		往	返			温度(℃)	气压(Pa)	
次级网	I 级	3	3	1.5	2	0.2	50	$2(a+b \cdot D \cdot 10^{-6})$

注:1 测回指照准目标一次,读数 2 次~4 次的过程,时段指测边的时间段。

2 测量斜距,应经气象改正和仪器的加、乘常数改正后再进行水平距离计算。

3 计算测距往返较差的限时时, a 、 b 分别为所使用测距仪标称精度的固定误差和比例误差。

4 测距仪按 1km 测距中误差计分为三级, I 级为 $|m_D| \leq 2\text{mm}$; II 级为 $2\text{mm} < |m_D| \leq 5\text{mm}$; III 级为 $5\text{mm} < |m_D| \leq 10\text{mm}$ 。

3 垂直角观测宜每半测回 2 次照准读数,并应取多测回的平均值。其主要技术要求应符合表 8.3.6-3 的规定。

表 8.3.6-3 垂直角观测的技术要求

等级	仪器精度等级	测回数	指标差较差(")	测回较差(")
次级网	DJ05	2	4	4
	DJ1	4	6	6

8.3.7 次级网平面控制采用 GPS 网观测时,应符合下列规定:

1 应采用双频测量型 GPS 接收机。

2 应采用配备抑径板或扼流圈的 GPS 天线,其相位中心的变化应稳定。使用前宜对 GPS 天线进行相位中心偏差检定和稳定性测试。

3 应选择卫星 PDOP 值较小、电离层相对稳定的时段进行观测。同时应避免施工影响,并应避免点位上空旋转塔吊横臂的干扰。

4 每条基线的同步观测时间不应少于 120min。

5 WGS-84 起算坐标的获取,可与具有准确 WGS-84 坐标的基准站或等级控制点进行联测,也可通过长时间的观测数据进行单点定位;远距离坐标联测、单点定位的数据解算宜采用精密

星历。

6 GPS 测量数据处理基线解算前应进行数据编辑,应修正相位观测值的周跳,剔除粗差;卫星高度角设置不宜低于 15° ;解算成果应采用双差固定解;平差后最弱边相对中误差不应低于 $1/70000$ 。

7 GPS 测量成果应进行外符合精度的检测。宜采用测距方式检测基线边长,所使用的测距仪器等级不应低于 I 级,检测边数量不应少于全部基线数的 20%。

8.3.8 次级平面控制网在第一次测定坐标时,宜合理选用初级网中通过检测的一个点的坐标及一条边的方位角作为平面起算数据。

8.3.9 次级网平面控制,采用 GPS 网及三角形网的观测、数据处理等其他技术要求时,应分别按本规范第 3.2 节和第 3.4 节的有关规定执行。

II 次级高程控制网

8.3.10 次级高程控制网应采用精密水准测量方法,其网形宜布设成闭合环线、结点网或附和水准路线等形式。

8.3.11 次级高程控制网的主要技术要求应符合表 8.3.11 的规定。

表 8.3.11 次级高程控制网的主要技术要求

等级	每千米高差 全中误差 (mm)	水准点 高程中误差 (mm)	相邻点 高差中误差 (mm)	每站高差 中误差 (mm)	与已知点联 测、附和或环 线观测次数	往返较差、 附和或环线 闭合差(mm)	检测已测 高差较差 (mm)
次级 网	2	1.0	0.5	0.13	往返各一次	$0.30\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

8.3.12 高程基准点数量不应少于 3 个。当受地形或其他条件限制、不与平面基准点共墩设置时,也可在主施工场区外围相对稳定的区域单独埋设,并应符合下列规定:

1 高程基准点应选设在施工变形区以外、基础稳定、易于找

寻和长期保存的地方。点位附近应交通便利,但应避开交通干道主路。

2 布设在建筑区内,其点位与邻近建筑物的距离应大于建筑物基础最大宽度的 2 倍,其标石埋深应大于邻近建筑物基础的深度。

3 可根据点位所处的不同地质条件选埋在裸露基岩上,或在原状土层内采用深埋式标志。高程基准点标石形式应按本规范附录 K 的规定执行。

8.3.13 高程工作基点数量宜为 6 个~8 个,宜在平面工作基点观测墩下部某一侧设置一水准点标志表示。观测墩水准标志的设置应符合本规范附录 N 的有关规定。

8.3.14 次级网水准观测的主要技术要求应符合表 8.3.14 的规定。

表 8.3.14 次级网水准观测的主要技术要求

等级	仪器精度等级	水准尺	视线长度(m)	前后视距离较差(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)
次级网	DS05	钢瓦	25	0.5	1.5	0.5	0.3	0.4

注:1 视距长度小于 5m、观测至 1m 以上高的混凝土标墩墩面等特殊情况下,视线高可适当放宽。

2 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符合表中相应等级基、辅分划所测高差较差的限值。

8.3.15 次级网高程基准点在检测稳定时,宜固定选用其中的一个作为施工高程起算依据,另外两个用作参考和检查。

8.3.16 次级网水准观测使用的水准仪和水准标尺应符合本规范第 4.2.3 条的规定。

8.3.17 次级网水准测量的其他技术要求应符合本规范第 4.2.6 条~第 4.2.12 条的规定。

III 次级网复测

8.3.18 施工建设期间,次级网应定期复测。建网初期宜每 3 个

月复测一次,点位稳定后宜每半年复测一次。

8.3.19 当受到爆破、地震等外界影响时,应及时复测,并应对次级网点位的稳定性、可靠性进行评估。

8.3.20 次级网每期复测的结果应与当前使用的成果进行较差分析,当较差不超过较差中误差的 2 倍时,宜采用原测量成果。

8.4 微网测量

I 微网平面控制测量

8.4.1 微网平面控制测量宜联测全部边角,并应观测所有通视的边长和方向。可采用自由测站法加设临时点,宜使观测网形构成三角形、大地四边形、多边形、折线形或中点多边形等基本图形。

8.4.2 微网平面控制测量的主要技术要求应符合表 8.4.2 的规定。

表 8.4.2 微网平面控制测量的主要技术要求

等级	平面坐标 中误差 (mm)	相邻点相对 坐标中误差 (mm)	仪器、棱镜及 视牌对中误差 (mm)	测角 中误差 (")	水平角观测测回数		三角形最大 角度闭合差 (")
					DJ05	DJ1	
微网	2.0	2.0	≤0.3	5	4	6	15

注:1 厂房内部微网,其相邻点间距离宜为 5m~30m,平均边长宜为 20m。

2 影响短边测角中误差的主要因素指仪器与视标的对中误差,当所用仪器与视标的实际对中误差与表列值相差较大时,应重新进行验算。

8.4.3 厂房内部的微型平面控制网,应由埋设在各厂房内底板基础平台上的多个基本平面控制点组成。底板以上各楼层的平面控制应以底板微网的平面控制点为基准,确有需要宜按加密网形式布设。

8.4.4 底板微网点、加密网点及测量通视孔位置的选定应符合下列规定:

1 应根据各厂房内部结构和形状、各楼层设备的分布情况以及施工方法进行布设。

2 底板微网平面点正上方楼板上宜预留专用垂直通视孔,同

层微网点间连线上、浇筑墙体的合适高度处宜预埋适量的水平圆管。

3 底板微网基本平面点、加密网点、垂直通视孔以及水平通视孔位置的选择应保证投测至厂房最高层时至少还有 3 个互相通视的平面控制点。

8.4.5 微网平面控制点宜为预埋于楼板混凝土基础面上的一块不锈钢板,表面刻划应为十字线,交点处应冲一小孔代表点位中心,孔心直径不宜超过 1.5mm。微网平面点的埋设规格及要求应符合本规范附录 N 的有关规定。

8.4.6 微网测量作业的基本技术要求应符合下列规定:

1 平面控制网优化应结合所使用的仪器设备情况,合理配置测角、测边精度。

2 水平角观测、边长电磁波测距、垂直角观测的基本技术要求,应分别按本规范第 8.3.6 条第 1 款~第 3 款的有关规定执行。

3 当采用钢瓦线尺、钢尺丈量距离时,应符合表 8.4.6 的规定。

表 8.4.6 钢瓦线尺、钢尺丈量距离的技术要求

等级	尺别	作业尺数	丈量总次数	读数次数	最小估读值(mm)	定线最大偏差(mm)	尺段高差较差(mm)	最小温度读数(℃)	同尺各次或同段各尺的较差(mm)	成果取值精确至(mm)	经各项改正后的各次或各尺全长较差(mm)
微网	钢瓦尺	12	42	3	0.1	25	≤5	0.5	≤0.5	0.1	$3.0\sqrt{D}$
	钢尺	2	8	3	0.5	30	≤5	0.5	≤1.0	0.1	

注:1 D 为以 100m 为单位计的长度,表列规定所适应的边长丈量相对中误差为 1/100000;

2 钢瓦尺、钢尺在使用前应进行检定。各等级边长测量应采用往返悬空丈量方法。使用的重锤、弹簧秤和温度计,均应进行检定。丈量时,引张拉力重量应与检定时相同;

3 丈量结果应加入尺长、温度、倾斜改正,钢瓦尺还应加入悬链线不对称、分划尺倾斜等改正。

8.4.7 微网测量宜采用多联脚架法施测,并应符合下列规定:

1 照准目标,应使用精密觇牌、精密棱镜和精密支架;仪器对中,应使用精密基座和天底仪或光学垂准仪。

2 仪器安置应精确置平,转动照准部时宜匀速平稳。

3 测站观测过程中,宜避免二次调焦。当相邻方向的边长相差悬殊、方向目标成像模糊需调焦时,宜采用正倒镜同时观测法。

4 应选择良好的观测时段,每测回观测时间宜缩短。

8.4.8 微网测量应根据各厂房的施工进度,提前做好方案设计,分区分层建立。在厂房施工初期,微网测量应选择在标志稳定之后的适宜时段内进行。

8.4.9 底板微网的平面基点宜与邻近的次级网点进行坐标联测。底板以上各楼层加密网点的平面控制,应由底板平面基点进行传递和引测。

8.4.10 微网平面控制测量,采用边角网时的观测、数据处理等的其他技术要求应按本规范第 3.4 节的有关规定执行。

II 微网高程控制测量

8.4.11 微网的高程控制测量应采用精密水准测量方法,宜布设闭合水准路线。

8.4.12 微网高程控制测量的主要技术要求应符合表 8.4.12 的规定。

表 8.4.12 微网高程控制测量的主要技术要求

等级	每千米高差 全中误差 (mm)	水准点 高程中误差 (mm)	相邻点 高差中误差 (mm)	每站 高差中误差 (mm)	与已知点联 测、闭合环线 观测次数	往返较差、 环线闭合差 (mm)	检测已测 高差较差 (mm)
微网	2	1.0	0.5	0.13	往返各一次	$0.30\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

8.4.13 微型高程控制网应由埋设在各厂房内底板基础平台上的 2 个~3 个水准基点组成。底板以上各楼层的高程控制测量应以底板微网水准点为基准,也可在各独立厂房内部另外引测 1 个高程控制点。

8.4.14 微网高程控制点应为预埋在厂房内或结构中心附近基础上的水准标志。微网水准点的埋设规格及要求应符合本规范附录 N 的有关规定。

8.4.15 底板水准基点宜固定选用其中的一个作为独立厂房内部的施工高程起算依据,而将其他的水准基点用作参考和检查之用。

8.4.16 微网水准观测的主要技术要求应符合本规范第 8.3.14 条的规定。

8.4.17 水准测量的其他技术要求应符合本规范第 8.3.16 条和第 8.3.17 条的规定。

III 微网复测

8.4.18 微网应定期复测。布网初期宜(1~3)个月复测一次,点位稳定后宜每半年复测一次。

8.4.19 复测时,不宜再与次级网联系,应做微网内部相对位置的检查和调整。

8.4.20 每期复测的结果,应与前期成果进行较差分析,同时应对点位的变化趋势作出判断。

8.5 微网传递测量

8.5.1 厂房内部底板微网平面基准的竖向投测、水准标高的垂直传递宜选择在无施工干扰、阴天、风力较小的条件下进行。

8.5.2 底板微网平面基准的竖向投测宜采用天底准直法,其竖向投点误差不宜超过 1mm。

8.5.3 通过天底仪竖向投测的底板平面基点,应与该楼层新增的加密点一起构网,并应采用多联脚架法进行边、角组合观测。

8.5.4 厂房内部水准标高的垂直传递,宜采用悬吊钢尺、水准观测读数的方法,并应由底板微网的水准基点传递高程至其他楼层面。悬吊钢尺法竖向高程传递可按下式计算:

$$H_2 = H_1 + a + (c - b) - d \quad (8.5.4)$$

式中: H_1 、 H_2 ——分别为底层已知、上层未知高程值;

a 、 b ——分别为底层水准尺、钢尺读数；

c 、 d ——分别为上层钢尺、水准尺读数。

8.5.5 采用悬吊钢尺法进行高程传递测量时，楼上和楼下安置的两台水准仪应同时读数，并应在钢尺上悬吊与钢尺检定时质量相一致的重锤。

8.5.6 使用钢尺传递高程时，应符合下列规定：

1 钢尺读数零端应在下方。

2 水准仪观测，每一测站的前后视距差不宜大于 1m。

3 应独立观测至少两次，两次间应变动仪器高。

4 两次观测高差较差应小于 0.5mm。

5 观测高差应进行温度和尺长改正，其中温度应取上、下两层读数的平均值。

8.6 建筑施工放样及检测

8.6.1 本节适用于核岛、常规岛的施工放样。水工构筑物、BOP 建筑及其他建(构)筑物的施工放样可按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定执行。

8.6.2 建筑施工放样应收集下列技术资料：

1 施工图纸，包括土石方开挖图、总平面图、厂房基础图、各楼层平面图、结构模板图、设备基础图、设备安装图及技术条件、管网图等。

2 建筑物或设备的设计与说明，特别是限差的要求。

3 设计变更。

4 各级控制网资料。

8.6.3 放样前，宜依据设计图纸和说明编制作业计划，并应对控制点进行检核。

8.6.4 施工放样应根据限差要求采用不同的方法，主要包括基准线法、弦线支距法、距离或方向交会法等方法。

8.6.5 当已有的控制点布置不满足施工放样时，可适当建立加密

控制网点和临时加密点,加密网的施测方法、技术要求应与同级控制网相同。

8.6.6 施工测量控制基准的选择原则应符合下列规定:

1 对于基坑开挖土石方工程及独立的建(构)筑物,其施工测量基准应为初级网或次级网。

2 对于相互联系的建筑物,其施工测量基准应为次级网或该区域厂房内部微网。

3 对于某一建筑物内部结构或设备,施工测量基准应采用该区域微网。

4 每个厂房只应有一个高程基点。高程传递应采用精密水准测量。各厂房高程点高程确定后,不应改变。

8.6.7 大型设备基础浇筑过程中应进行监测,当发现位置及标高与设计不符时,应立即通知施工人员,并应及时处理。

8.6.8 放线后应进行检查,并应编制测量定位和检查记录。

8.6.9 施工放样的测量技术及精度要求应满足设计技术要求。如无具体要求可按本规范第8.6.10条~第8.6.13条确定测量精度。

8.6.10 混凝土工程及普通预埋件允许偏差应符合表8.6.10的规定。

表 8.6.10 混凝土工程及普通预埋件允许偏差

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	±10

8.6.11 构件允许偏差应符合表 8.6.11 的要求。

表 8.6.11 构件允许偏差

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	0～-8	
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
		$H\geq 10m$	$H/1000$,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	

注: H 为柱子高度, 单位为 mm。

8.6.12 核岛主要设备允许偏差应符合表 8.6.12-1 ~ 表 8.6.12-11 的规定。

表 8.6.12-1 核岛主系统设备预埋件允许偏差

预埋件分类	允许偏差 (mm)		
	平面	平整度	标高
蒸汽发生器下部水平支撑预埋件	±10	5	±3
蒸汽发生器上部水平支撑预埋件	±10	5	±3
主管道过渡段支架预埋件	±10	10	±5
阻尼器埋件	±10	10	—
稳压器垂直支撑预埋件	±10	—	0~10
稳压器水平防甩支架预埋件	±10	10	—
主管道穿墙套管	±10	—	±5
蒸汽发生器和冷却剂泵垂直支撑预埋件	±10	10	±3

表 8.6.12-2 反应堆压力容器环形支承在二次灌浆前、后的允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	平面位置尺寸	X 方向	± 0.5
		Y 方向	± 0.5
2	标高 Z 方向		± 1.0
3	平整度		0.5

表 8.6.12-3 反应堆压力容器允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	平面位置尺寸	X 方向	± 0.5
		Y 方向	± 0.5
2	标高 Z 方向		± 0.5
3	平整度		0.16
4	侧向间隙		(0, +0.1)

表 8.6.12-4 堆腔密封环允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	上部支承环平行度	≤ 2
2	上部支承环内径	± 5
3	凸缘上表面与密封环槽底间的距离	± 2

表 8.6.12-5 蒸汽发生器垂直支撑基板在二次灌浆前、后的允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	垂直支撑底板标高		± 3
2	垂直支撑底板平整度		1
3	垂直支撑基板	位置尺寸	± 2
		角度	$\pm 30''$
4	垂直支撑	位置尺寸	± 2
		角度	$\pm 30''$
5	垂直支撑垂直度(热态)		± 5

表 8.6.12-6 蒸汽发生器水平支撑允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	下部水平支撑最终安装位置		±5
2	下部水平支撑最终安装标高		±5
3	下部水平支撑挡架 与挡块的间隙	前端	±4
		两侧	±2
4	蒸汽发生器上部支撑环安装标高		±10
5	上部滑板与蒸汽发生器 支撑环间间隙 (二次灌浆前、后进行检查)	主泵对侧面(30mm)	±5
		主泵侧(30mm)	±5
6	阻尼器基板平面度(到货接收检查 及二次灌浆后检查)		0.15/800
7	阻尼器基板安装标高(二次灌浆前、后检查)		±10
8	阻尼器基板安装垂直度(二次灌浆前、后检查)		±2
9	阻尼器支座中心标高		±15

表 8.6.12-7 蒸汽发生器允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	设备垂直度(约 9m 高处测量)	±5
2	蒸汽发生器热段入口管嘴中心标高	±2

表 8.6.12-8 主泵泵壳允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	泵壳上表面标高	±1
2	泵壳上表面平整度	2

表 8.6.12-9 稳压器支撑允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	稳压器支撑环板	平整度	≤ 1
		标高	± 2
		位置尺寸	± 7
2	水平挡块标高		± 20
3	水平挡块安装	轴线角向	± 20
		径向	± 1

表 8.6.12-10 稳压器允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	稳压器安装垂直度(8m 高处测量)	± 5
2	稳压器安装位置偏移量(角向)	± 7

表 8.6.12-11 反应堆堆坑贯穿件允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	反应堆堆腔贯穿件安装位置	± 1
2	主回路管道热段中心线标高	± 4
3	防甩限位器与主回路管道间间隙	± 15

8.6.13 汽轮机基座预埋件允许偏差应符合表 8.6.13 的规定。

表 8.6.13 汽轮机基座预埋件允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	标高及中心轴线	≤ 2
2	水平倾斜度	$\leq 1/2500$
3	垂直面相对机组中心线的垂直度	$\leq 1/2500$
4	中轴线与机组中心线的平行度(准直度)	$\leq 1/10000$
5	汽门台板中心线与机组中心线的平行度	$\leq 1/500$
6	直埋的地脚螺栓或钢套管铅垂偏差	$< L/450$

注:L 为预埋长度,单位为 mm。

8.6.14 现场各种控制点、线、部件的测量放线标识应清楚、准确,

迹线应清晰耐久。轴线或基础划线时,线宽度不得大于 1.5mm。

8.6.15 测量结束后,应及时整理测量成果。当超过允许偏差或不符合技术要求时,应检查资料和计算过程,必要时应进行复测。

8.6.16 对重要的和精度要求高的结构、设备及构件宜编制专用的测量方案。在施工放样测量后,宜进行同等精度的检查测量。

8.6.17 所有的检测应作出检测结论和检测报告。

8.7 数据处理及成果提交

8.7.1 施工测量的资料整理应包括所有原始观测资料的整理与检查、内业数据分析及计算、观测成果汇总和相关资料归档等内容。单项工程完工后,应连同委托书、技术设计书、测量技术总结、检查验收材料及设计图纸等一并整理归档。

8.7.2 每项测量工作的原始观测记录应填写齐全,内容应包括角度、距离和高程测量的观测数据,以及仪器、观测、记录、日期、天气、仪器高、温度、气压、相对湿度、水准路线等有关的记事项目,均应现场采用钢笔或铅笔记录在规定格式的手簿中。

8.7.3 手工记录时,实际测量数据的平均值应在现场即时算出。当采用电子记录时,观测完毕后应及时将原始测量数据输出备份,编辑打印后还应加注必要的说明。所有原始记录均应经过检查校核后再使用。

8.7.4 控制网的内业处理应采用严密平差。平面控制网平差计算结果应表示出验后单位权中误差、观测值的改正数和平差值、点位坐标成果、点位坐标中误差和相邻点间误差等数据;高程控制网平差计算结果应表明点位高程、点位高程中误差、每千米高差全中误差、每千米高差偶然中误差等数据。

8.7.5 次级网复测应根据对基准点稳定性分析的结果,并以稳定的基准点为起算数据进行严密平差。

8.7.6 微网复测宜采用拟稳平差方法进行数据处理,应合理选取拟稳点和非拟稳点。

8.7.7 平差计算软件、计算模型、使用方法和处理过程,以及成果、图表和各种检验、分析资料,应完整清晰、准确无误。

8.7.8 施工测量内业计算和分析中的数字取位,应符合表 8.7.8 的规定。

表 8.7.8 内业计算和分析中的数字取位要求

类别	角度(″)			边长(mm)			坐标 (mm)	高程 (mm)
	观测值	改正数	平差值	观测值	改正数	平差值		
控制点	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
观测点	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

8.7.9 施工控制测量的各项工作完成后,宜提交下列资料:

- 1 经审定的技术设计书。
- 2 控制网展点图、水准路线示意图。
- 3 外业测量原始记录复印件。
- 4 各种测量仪器和工具的检验资料。
- 5 各项内、外业计算资料,精度评定及成果表。
- 6 检查、验收报告和测量技术报告。
- 7 其他有关的资料。

9 变形监测

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于核电厂工程变形监测项目,主要包括厂区内核岛、常规岛等重要建(构)筑物、水工建筑物、边坡等的变形监测。

9.1.2 核电厂变形监测的基准网宜由次级网的基准点和工作基点构成,变形监测网工作基点的加密应按本规范第 8.3 节的有关规定执行。

9.1.3 变形观测点应埋设在监测体上且最能反映变形特征和变形明显的部位。

9.1.4 核电厂变形监测的等级划分及精度要求应符合表 9.1.4 的规定。

表 9.1.4 变形监测的等级划分及精度要求

等级	高程中误差 (mm)	点位中误差 (mm)	适用范围
一级	0.5	3.0	核岛、常规岛等主体建筑物
二级	1.0	6.0	附属设施、边坡、水库坝体、码头、环廊基础等

注:1 变形观测点的测量中误差指相对于邻近基准点的中误差;

2 特定方向的位移中误差,可取表中相应中误差的 $1/\sqrt{2}$ 作为限值;

3 特殊情况下监测精度要求可根据实际情况,在设计中确定。

9.1.5 每个重要的建(构)筑物都应有独立的变形测量监测系统。在工程设计时,应对变形监测内容进行统筹安排;在工程建造时,各项监测设施应随施工的进展及时埋设安装。

9.1.6 首次观测宜连续进行两次独立观测,当两次较差不超过 2 倍中误差时应取其平均值作为变形监测初始值。

9.1.7 不同周期的变形监测应符合下列规定:

- 1 应选择良好的观测时段并在较短的时间内完成。
 - 2 应采用相同的网形或观测路线和观测方法。
 - 3 宜使用相同测量仪器和设备。
 - 4 观测人员宜固定。
 - 5 应记录荷载、天气、温度、气压、相对湿度等的环境因素。
 - 6 应采用统一基准处理数据。
- 9.1.8 每期观测结束后,应及时处理观测数据。当监测结果出现下列情况之一时,必须立即通知责任方采取安全措施:
- 1 变形量出现显著变化。
 - 2 变形量达到预警值或接近允许值。
 - 3 建筑物的裂缝快速扩大。
 - 4 地面的垂直位移量(沉降量)突然增大。

9.2 水平位移测量

9.2.1 水平位移的测量可采用测角前方交会法、边角交会法、极坐标法、小角法、经纬仪投点法、视准线法、正垂线或倒垂线法等。

9.2.2 水平位移监测的水平角观测宜采用方向观测法。其技术要求应符合表 9.2.2 的规定。

表 9.2.2 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器精度等级	测回数	两次照准目标读数差 (")	半测回归零差 (")	一测回中 2 倍照准差变动范围 (")	同一方向值各测回较差 (")
一级	DJ05	4	2	4	6	4
	DJ1	6	3	6	9	6
二级	DJ05	2	4	6	9	6
	DJ1	4	6	8	12	9

注:当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时,该方向的 2C 互差可按同一观测时段内相邻测回进行比较。

9.2.3 水平位移监测的距离测量宜采用电磁波测距。其技术要求应符合表 9.2.3 的规定。

表 9.2.3 电磁波测距的主要技术要求

等级	仪器精度等级	测回数		一测回读数较差限值 (mm)	单程各测回较差 (mm)	气象数据测定最小读数		往返较差 (mm)
		往	返			温度 (°C)	气压 (Pa)	
一级	I 级	4	4	1	1.5	0.2	50	$\leq 2(a + b \cdot D)$
二级	I 级	2	2	1	1.5			
	II 级	4	4	3	4			

注: 1 测回指照准目标一次, 读数 2 次~4 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 测量斜距应经气象改正和仪器加、乘常数改正后再进行水平距离计算;

4 测距仪按 1km 测距中误差计分为三级, I 级为 $|m_D| \leq 2\text{mm}$; II 级为 $2\text{mm} < |m_D| \leq 5\text{mm}$; III 级为 $5\text{mm} < |m_D| \leq 10\text{mm}$ 。

9.2.4 当采用交会法、极坐标法时, 其主要技术要求应符合下列规定:

1 采用测角交会时, 其交会角应为 $60^\circ \sim 120^\circ$, 并宜采用三方向交会; 采用测边交会时, 交会角宜为 $30^\circ \sim 150^\circ$ 。

2 极坐标法观测宜采用双测站极坐标法测定, 其边长应采用电磁波测距仪测定。

3 测站应采用有强制对中装置的观测墩, 变形观测监测点可埋设安置反光镜或觇牌的强制对中装置或其他固定照准标志, 也可采用光学垂准仪或天底仪对中。

9.2.5 当采用小角法、视准线法时, 其主要技术要求应符合下列规定:

1 视准线两端的延长线处宜设立校核基准点。

2 视准线应离开邻近障碍物 1m 以上。

3 各测点偏离视准线的距离不应大于 2cm; 采用小角法观测时可适当放宽, 小角角度不应超过 $30''$ 。

4 视准线法测量可选用活动觇牌法, 当采用活动觇牌法观测时, 监测精度宜为视准线长度的 $1/100000$ 。

5 当采用小角法观测时, 监测精度应按下式估算:

$$M_s = m_\beta L / \rho'' \quad (9.2.5)$$

式中: M_s ——位移中误差(mm);

m_β ——测角中误差(");

L ——视准线长度(mm);

ρ'' ——取值为 206265。

6 基准点和测站点应采用有强制对中装置的观测墩。

7 当采用活动觇牌法观测时,观测前应对觇牌的零位差进行测定。

9.2.6 正、倒垂线法主要技术要求应符合下列规定:

1 应根据垂线长度合理确定重锤质量。

2 垂线宜采用直径为 $\phi 0.8\text{mm} \sim \phi 1.2\text{mm}$ 的不锈钢丝或钼瓦丝。

3 单段垂线长度不宜大于 50m。

4 测站应采用有强制对中装置的观测墩。

5 垂线观测可采用光学垂线坐标仪,测回较差不应超过 0.2mm。

9.2.7 主体倾斜和挠度观测应符合下列规定:

1 可采用监测体顶部及其相应底部变形观测点的相对水平位移计算主体倾斜。

2 可采用基础差异沉降推算主体倾斜值和基础的挠度。

3 直立监测体的挠度观测可采用正倒垂线法。

4 监测体的主体倾斜率和按差异沉降推算的主体倾斜值应按本规范附录 P 的公式计算;按差异沉降推算的基础相对倾斜值和挠度应按本规范附录 Q 的公式计算。

9.2.8 边坡和高边坡监测的点位布设可根据边坡的高度,按上、中、下成排布点,其监测方法、精度和周期应符合下列规定:

1 边坡的水平位移监测可采用交会法、极坐标法、GPS 测量等方法。

2 边坡的水平位移监测精度宜符合本规范表 9.1.4 的规定。

3 进行边坡监测时,应同时进行垂直位移观测。当分析边坡位移的规律时,应将观测点的水平位移量和垂直位移量进行综合判断。

4 边坡监测周期宜每月观测一次,并可根据早、雨季或位移速度的变化进行适当调整。

9.2.9 水坝的水平位移监测,其点位布设、监测方法、精度和周期应符合下列规定:

1 水坝坝体的变形观测点宜沿坝轴线的平行线布设。点位应设在坝顶和其他能反映坝体变形特征的部位;混凝土坝每个坝段应至少设立 1 个变形观测点;土石坝的变形观测点可均匀布设,点位间距不应超过 50m。

2 坝体水平位移观测可采用边角交会法、视准线法、小角法和 GPS 测量等方法。

3 坝体水平位移的观测精度,相对于工作基点的坐标中误差,中型混凝土坝不应超过 1mm,小型混凝土坝不应超过 2mm;中型土石坝不应超过 3mm,小型土石坝不应超过 5mm。

4 在坝体施工过程中,水坝的变形监测应每半个月或每个月观测 1 次;坝体竣工初期,应每个月观测 1 次;基本稳定后,宜每 3 个月观测 1 次;当发生水库空库容、水库水位发生骤变、水库达到最高水位或警戒水位、位移量显著增大等情况时,应及时增加观测次数。

9.3 垂直位移测量

9.3.1 核岛、常规岛等建筑物的垂直位移宜采用精密水准测量方法进行监测,在变形较大或不便于立尺的地方可同时辅以静力水准法独立监测。单个构件可采用测微水准仪或机械倾斜仪、电子倾斜仪等测量方法。

9.3.2 沉降观测点的布设应符合下列规定:

1 能够反映建(构)筑物变形特征和变形明显的部位。

2 标志应稳固、明显、结构合理,不影响建(构)筑物的美观和使用。

3 点位应避免障碍物,并应布设在有利于观测和长期保存的位置。

9.3.3 沉降观测的各项记录应注明观测时的气象情况和荷载变化。

9.3.4 垂直位移监测的主要技术要求应符合表 9.3.4 的规定。

表 9.3.4 垂直位移监测的主要技术要求

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、附合 或环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)
一级	0.5	0.15	$0.30\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$
二级	1.0	0.3	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

9.3.5 水准观测的主要技术要求应符合表 9.3.5 的规定。

表 9.3.5 水准观测的主要技术要求

等级	仪器 精度 等级	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 (m)	基本分划、辅助 分划所测 高差较差(m)
一级	DS05	铟瓦	30	0.5	1.5	0.5	0.3	0.4
二级	DS05	铟瓦	50	2.0	3	0.3	0.5	0.7
	DS1	铟瓦	50	2.0	3	0.3	0.5	0.7

注: 视距长度小于 5m, 引测至观测墩等特殊情况下, 视线高可放宽。

9.3.6 建(构)筑物的沉降观测点应按设计图纸埋设, 并宜符合下列规定:

1 宜埋设在建筑物四角或沿外墙每 10m~15m 处或每隔 2 根~3 根柱基上。

2 宜埋设在裂缝、沉降缝或伸缩缝的两侧。

3 宜埋设在人工地基和天然地基的接壤处, 也可埋设在建筑物不同结构的分界处。

4 宜埋设在烟囱、水塔和大型储藏罐等高耸构筑物的基础轴

线的对称部位,每一构筑物不得少于4个点。

9.3.7 施工期间,建筑物的沉降观测周期应按施工进度和荷载变化确定,沉降观测总次数不应少于5次。

9.3.8 水坝的垂直位移监测,其点位布设、精度和周期应符合下列规定:

1 水坝坝体的变形观测点应沿坝轴线布设在能反映坝体变形特征的部位,并宜与水平位移观测点合设在一个标墩上。

2 坝体垂直位移的观测精度相对于工作基点的高程中误差,中型混凝土坝不应超过1mm,小型混凝土坝不应超过2mm;中型土石坝不应超过3mm,小型土石坝不应超过5mm。

3 水坝的垂直位移监测周期应按本规范第9.2.9条的规定执行。

9.4 数据处理与变形分析

9.4.1 观测工作结束后,应及时整理和检查外业观测手簿。

9.4.2 当采用电子记录时,观测完毕后应及时将原始测量数据输出备份,编辑打印后还应加注必要的说明。

9.4.3 数据处理工作可按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定执行,平差计算软件、计算模型、使用方法和处理过程,以及成果、图表和各种检验、分析资料,应完整清晰、准确无误。

9.4.4 内业资料整理应包括原始资料的整理与检查和变形观测点的成果汇总等内容。

9.4.5 变形测量内业计算和分析中的数字取位应符合表9.4.5的规定。

表 9.4.5 变形测量内业计算和分析中的数字取位要求

类别	方向值 ($''$)	边长 (mm)	坐标 (mm)	高程 (mm)	水平位移量 (mm)	垂直位移量 (mm)
一级	0.01	0.1	0.1	0.01	0.1	0.01
二级	0.1	1.0	1.0	0.1	1.0	0.1

9.4.6 水平位移测量结束后,宜提交下列资料:

- 1 水平位移量成果表。
- 2 水平位移测量报告。
- 3 观测点平面位置图。
- 4 水平位移量曲线图。
- 5 有关荷载、温度、位移值相关曲线图等。

9.4.7 垂直位移测量结束后,宜提交下列资料:

- 1 垂直位移量成果表。
- 2 垂直位移测量报告。
- 3 观测点平面位置图。
- 4 位移速率、时间、位移量曲线图。
- 5 荷载、时间、位移量曲线图。
- 6 等位移量曲线图。
- 7 相邻影响曲线图等。

10 其他测量

10.1 一般规定

10.1.1 本章适用于核电厂岩土工程勘测、水文工程勘测、各种拟建管线的测量工作,主要内容宜包括勘探点、线测量,水文测量以及管线工程测量。

10.1.2 勘探点、线测量,水文测量及管线工程测量采用的坐标、高程系统,应与核电厂现阶段所采用的坐标高程系统一致。

10.1.3 测量前应搜集测区及附近已有的各种比例尺地形图,国家及有关部门埋设的 GPS 点、三角点、导线点、水准点等资料,应对测量资料进行检测。

10.2 勘探点、线测量

10.2.1 勘探点、线测量内容宜包括工程地质测绘和调查、工程物探和勘探、原位测试等所需的测量工作。

10.2.2 工程地质测绘的底图宜采用比提交成图比例尺大一级的地形图。地质观测点的定位标测可采用目测法、半仪器法、仪器法等方法。一般性观测点和地质界线的测绘精度不应小于图上 3mm。

10.2.3 地质点和地质界线的实地测绘宜采用光电测距极坐标法或 GPS 定位法。当测绘填图区内已有的控制点不足时,可以邻近区域的控制点为起始点采用图根导线或支导线往返测加以补充。对于 1:10000~1:2000 比例尺地质填图测绘,可采用图解交会法求得。

10.2.4 工程物探和勘探点、剖面线的布设和定测应符合下列规定:

1 应根据物探和勘探点、剖面线的设计坐标,并以附近的控制点为起始点采用仪器法放样,设置有对应编号的木桩标志。

2 对已施工完毕的钻孔、探槽、探坑、探井、地质点、物探点、地质剖面线等的实际位置,应重新测定中心坐标及高程。

10.2.5 工程物探和勘探点位测量应符合表 10.2.5 的要求。

表 10.2.5 工程物探和勘探点位测量允许偏差

勘测阶段	原始地貌、通视较差		平整场地内、通视较好	
	平面位置允许偏差 (m)	高程允许偏差 (m)	平面位置允许偏差 (m)	高程允许偏差 (cm)
初步设计 勘测阶段	1.0	0.50	0.25	10
施工图设计 勘测阶段	0.5	0.25	0.10	5

注:1 初步可行性研究、可行性研究勘测阶段可利用适当比例尺的地形图,根据地形、地物特征确定物探和勘探点位中心坐标及高程;

2 水上钻孔的放样误差可根据现场情况以及原始地貌放宽 1.0 倍~2.0 倍执行。

10.2.6 初步设计、施工图设计勘测阶段工程物探和勘探点、剖面线的布设和定测宜选用光电测距极坐标法或 GPS-RTK 法;在初步设计勘测阶段,也可选用 RBN-DGPS 方法。

10.2.7 工程物探和勘探点、剖面线的高程测量宜采用五等水准测量、电磁波测距三角高程测量或 GPS 拟合高程测量方法测定。

10.2.8 地质剖面测量应符合下列规定:

1 剖面定线中应建立剖面线上的起讫点和转点,并在其间加设控制点。

2 剖面测量中剖面点的密度应充分反映地形、地貌变化,剖面测点间距不宜大于剖面图上 1cm。

3 应展绘成地质剖面图。

10.2.9 在无控制点的地区测量工程物探和勘探点、剖面线时,常规导线、三角形或 GPS 控制网的布设应符合本规范第 3 章、第 4

章的有关规定。当布设图根导线时,导线长度可适当放长,但相对闭合差不应大于 $1/2000$ 。

10.2.10 工程物探和勘探点、剖面线的坐标成果取值精确度应符合下列规定:

- 1 平面可取位至 0.1m 。
- 2 高程可取位至 0.01m 。

10.2.11 原位测试点位的布设和定测可按本规范第 10.2.4 条~第 10.2.10 条的规定执行。

10.3 水文测量

10.3.1 水文测量宜包括水准测量、平面控制测量、水尺零点高程测量、断面测量、比降测量、洪痕测量以及测流点、波浪观测点、泥沙底质探测点、专用潮位站、专用气象站等的定位测量。

10.3.2 水文测量应符合下列规定:

1 长距离水准测量路线最弱点的高程中误差不应大于 40mm ,专用水文站内的各水准点联测、比降观测和水尺零点高程测量路线最弱点的高程中误差不应大于 10mm 。

2 平面控制测量最低一级图根导线以及常用基线测设的最弱边相对边长中误差不应大于 $1/2000$,断面测量、距离控制桩之间相对距离中误差不应大于 $1/1000$ 。

3 平面、高程控制测量应按本规范第 3 章和第 4 章的有关规定执行。

10.3.3 专用水文站高程测量,在不同位置设置的基本水准点和校核水准点总数不应少于 3 个,宜构成高程自校系统。宜以国家一、二等水准点为起始点,应按不低于三等水准测量精度引测,条件不具备时,应以国家三等水准点为起始点引测。

10.3.4 水尺零点高程测量宜由校核水准点开始引测,应按四等水准测量精度要求观测。当受条件限制时,应符合表 10.3.4 的规定。

表 10.3.4 水尺零点高程测量技术要求

地势	同尺黑面、红面 读数较差 (mm)	同站黑面、红面 所测高差较差 (mm)	单程 测站数 (n)	往、返测 不符值 (mm)	视线长度(m)		单站前后 视距不等差 (m)
					DS1	DS3	
不平坦	≤3	≤5	≤11	≤10	5~75	5~50	≤5
平坦	≤3	≤5	≤6	≤10	≤100	≤75	≤5

注:1 视线距地面最低高度要求为三丝都能读数;

2 测量过程中应注意不使前后视距不等差累积增大;

3 采用单面水准尺时,变换仪器高度前后所测两尺高差之差限差与同站黑、红面所测高差之差限差相同;

4 校核水准点的位置和数量应满足进行水尺零点高程测量时对单程测站数的要求。

10.3.5 陆域断面测量宜采用光电测距极坐标法、GPS-RTK 定位法等方法,测点密度应充分反映地形、地貌变化,测点高程中误差不应大于 0.1m。

10.3.6 水域断面测量应符合本规范第 5.6 节的规定,宜采用 GPS-RTK、RBN-DGPS 定位加测深仪测深方法,断面上测点间距不应大于图上 2cm。水域测点平面点位误差不应大于 1m,高程中误差不应大于 0.2m。

10.3.7 大断面测量,内河应测至历年最高洪水位以上 1m 或防洪堤堤脚,沿海应测至海岸线。固定断面应埋设固定标桩,固定点高程可采用四等水准测量。

10.3.8 水文测量的断面图比例尺横向宜为 1:500,纵向宜为 1:50。

10.3.9 比降水尺或比降点的平面位置点位误差不应大于图上 0.6mm。

10.3.10 重要洪水痕迹的高程应采用四等水准测量,一般洪水痕迹的高程可采用五等水准或三角高程测量。

10.3.11 测流点、波浪观测点、泥沙底质探测点、专用潮位站的平面位置定位宜采用 GPS-RTK、RBN-DGPS 方法,测点平面点位中误差不应大于 1m。

10.3.12 专用气象站平面、高程定位测量宜采用光电测距极坐标法,平面点位误差不应大于图上 0.6mm,高程中误差不应大于 0.2m。

10.3.13 水文测量成果取值精确度应符合下列规定:

- 1 水文断面点间距应取至分米。
- 2 比降测量点间距应取至米。
- 3 高程应取至厘米。

10.4 管线工程测量

10.4.1 管线工程测量宜包括下列内容:

- 1 为管线工程设计提供地形图及纵、横断面图。
- 2 按设计要求将管线位置测设于实地。

10.4.2 管道线路的平面、高程控制点应靠近线路布设,点位标石宜埋设在土质密实、引测方便、易于保存、施工干扰区外围的位置,相邻平面控制点应两两通视。

10.4.3 平面控制宜采用 GPS、导线测量等方法,平面控制测量应符合本规范第 3.2 节和第 3.3 节的规定。当采用导线测量方法时,应符合下列规定:

1 导线的起点、终点及每间隔不大于 30km 的控制点应与高等级控制点联测。当导线联测有困难时,可分段测设 GPS 控制点作为检核。

2 导线测量应符合表 10.4.3 的规定。

表 10.4.3 导线测量的主要技术要求

附和线路长度 (km)	边长 (m)	仪器精度 等级	两半测回间 角值较差限值 (")	测角 中误差 (")	测距 相对中误差	联测检核	
						方位闭合差 (")	相对 闭合差
≤30	400~600	DJ2	20	12	≤1/2000	$24\sqrt{n}$	≤1/2000

注: n 为测站数。

3 导线水平角观测应采用两半测回测量右角,两半测回之间

应变换度盘位置。

10.4.4 高程控制宜采用水准测量或电磁波测距三角高程测量方法,高程控制测量应符合下列规定:

1 水准测量应符合本规范第 4.2 节中有关五等水准测量的规定。高程控制应布设成附和水准路线,山区每隔 0.5km~1km、平原区每隔 1km~2km 应埋设固定水准点,每隔 30km 应与高等等级水准点联测一次。

2 电磁波测距三角高程测量应符合本规范第 4.3 节中有关五等三角高程测量的规定。附和路线长度不应大于 30km,起讫点的精度等级不应低于四等水准测量要求。

3 重力自流管线的高程控制宜采用水准测量方法。

10.4.5 管线工程宜实地测量纵断面图,有特殊需要时应加测带状地形图,局部复杂地段应加测横断面图或大样图。测图比例尺应符合表 10.4.5 的规定。

表 10.4.5 管线工程测图比例尺

管线类型	带状地形图	工点地形图	纵断面图		横断面图	
			水平	垂直	水平	垂直
自流管线	1 : 500	1 : 200	1 : 500	1 : 50	1 : 100	1 : 100
	1 : 1000		1 : 1000	1 : 100		
压力管线	1 : 1000	1 : 500	1 : 1000	1 : 100	1 : 100	1 : 200
	1 : 2000		1 : 2000	1 : 200		

注:1 宜根据初步设计路径实地测量管线附近的带状地形图,宽度宜为两侧各 20m~50m。

2 管线工程地形图可根据设计要求的测图比例尺、带状宽度施测。

10.4.6 管线带状地形图宜采用全站仪极坐标法或 GPS-RTK 法测绘,并应采用数字化成图方法成图。地物、地貌的取舍应符合本规范第 5.4 节和第 5.5 节的规定,对线路具有制约作用的地物点应测量准确、突出表示。

10.4.7 初测路线方案宜根据地形图以及实地踏勘结果,在图上设计选定。当情况复杂需现场定线时,应由业主、设计、勘测等代

表共同确定,应实地直接设置中线控制点标志。

10.4.8 管线中心线定线测量可采用经纬仪正倒镜分中法延长直线,亦可采用 GPS-RTK 直线放样法定线,方向点偏离直线不应超过 $180^{\circ} \pm 1'$ 。

10.4.9 管线中线的起点、终点、方向点、转折点应设置固定标桩,其点位坐标及高程测定应符合下列规定:

1 当采用光电测距仪极坐标法测量时,水平角应观测一测回,半测回较差应小于 $30''$;边长应测量一测回,读数较差应小于 20mm;高程可采用变化镜高的方法各测一次,两次所测高差较差不应大于 0.2m。

2 当采用 GPS-RTK 测量时,每点应观测两次,两次测量的纵、横坐标及高程的较差均不应大于 0.2m。

10.4.10 管道线路的断面测量应符合下列规定:

1 纵断面测量时,在转角点与转角点之间或转角点与方向点之间应进行附和,其距离相对闭合差不应大于 $1/1000$,高程闭合差不应超过 $0.2\sqrt{n}$, n 为测站数。

2 纵断面测点密度应充分反映地形、地貌变化,相邻断面点间距不应大于图上 5cm;在地形变化处应加测断面点,局部高差小于 0.5m 的沟坎可舍去;当线路通过河流、水塘、道路或其他管道时应加测断面点。

3 管线与已有道路、沟管、架空线路交叉时,应根据需要测量交叉点平面位置及高程、净空高或负高。纵断面图中,平面图的地物可根据需要实测其位置、高程及高度。

4 横断面测量的相邻断面点间距不应大于图上 2cm。

10.4.11 管线施工前,应对水准测量、导线或 GPS 控制测量成果以及管线原有中线桩的桩间距离和高差进行检测。检测成果与初测成果的较差在限差以内时,应采用原成果作为放线依据;超出限差时,应重测。

10.4.12 中线校核测量宜采用光电测距法或 GPS-RTK 定位法。

应根据测量资料及设计图纸,对保存完好的桩位进行校核,恢复丢失的桩点或按改线资料重新测设新的中线控制桩,沿管线中心线应由起点开始测设里程桩和加桩。

10.4.13 高程检核应采用水准测量布设附合水准路线。在引测水准点时,宜联测所有控制桩和中线桩的高程,校核原有管线出入口以及与设计管线交叉处的高程,在沿线附近应设置间距不大于150m的临时施工水准点。

10.4.14 开槽管线施工过程的测量工作应符合下列规定:

1 在开挖沟槽前应测设施工中线控制桩。中线控制桩宜测设在管线起点、终点及转折点处的中线延长线上。

2 在基槽内投测管线中心线,间距宜为10m,最长不应大于20m。

3 在基槽内测设高程及坡度控制桩,或在槽口埋设坡度板测设坡度钉,间距不应大于10m,非自流管道的间距不应大于20m。

4 管线安装过程中应使用经纬仪、水准仪及时校测。

5 各种地下管线应在回填土前测出起点、终点、交点和井位的坐标及管顶高程。

10.4.15 架空管道施工测量应符合下列规定:

1 架空管道中线定位后应检查各交点处中心线转角,其测量值与设计值之差不得超过 $10'$;测量值与设计值之差超过 $10'$ 时,应进行调整。

2 中心线及夹角调整后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,基础间距测量精度不应低于 $1/2000$ 。

3 应根据中心桩采用十字线法或平行线法测定控制桩。

4 基础浇筑时应对直埋螺栓固定位置及高程进行检测。

5 支架柱模板铅垂度的测量允许偏差为1%。

6 管道安装前应在已校正好的支架上测设中心线及高程。

10.4.16 各类管线的起点、终点、交点及井位相对于附近定位依

据点的施工定位测量允许误差应符合表 10.4.16 的规定。

表 10.4.16 管线工程施工定位测量允许误差

类 型	点位允许误差(mm)
敷设在沟槽内及架空	±25
埋地	±50

注:允许误差的规定主要用于校测工作的精度控制。

10.4.17 各类管线安装高程与模板高程的测量允许误差应符合表 10.4.17 的规定。

表 10.4.17 管线安装高程与模板高程的测量允许误差

管 线 类 型	高程测量允许误差(mm)
自流管	±3
压力管	±10

10.4.18 管线工程竣工测量方法和精度要求应与施工测量相同。管线点应定位于管线的特征点或其附属物的几何中心上,施工中无变动的部分可采用调查和检测的方法,已变更施工设计的项目应按实际位置测量。

10.4.19 管线工程在施工过程中,宜分阶段完成项目的竣工资料搜集,竣工图的调查、测量和编绘工作,工程竣工后应及时进行竣工图的整理。对管线的属性、平面位置和高程等应标注清晰,宜采用建立数据库的方式进行管理。

10.4.20 核电厂公路专用线、架空输电线路等的测量工作,应按现行行业标准《公路勘测规范》JTG C10、《500kV 架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5122 和《220kV 及以下架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5076 的有关规定执行。

附录 A 坐标联系测量

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(图 A.0.1),联测精度不应低于两坐标系统中较低一级网的精度,联测点数不得少于 2 点,联测后应按下列公式换算。当使用计算机程序计算时,应符合本规范第 1.0.4 条的规定。

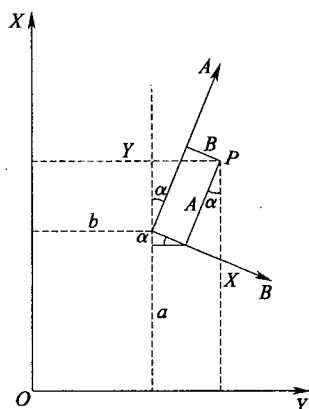


图 A.0.1 建筑坐标与国家坐标关系

- 1 由建筑坐标换算到国家坐标:

$$X = a + A \cos \alpha - B \sin \alpha \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$Y = b + A \sin \alpha + B \cos \alpha \quad (\text{A.0.1-2})$$

- 2 由国家坐标换算到建筑坐标:

$$A = (X - a) \cos \alpha + (Y - b) \sin \alpha \quad (\text{A.0.1-3})$$

$$B = (Y - b) \cos \alpha - (X - a) \sin \alpha \quad (\text{A.0.1-4})$$

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. 1-5)和式(A. 0. 1-6)计算(m);

α ——两坐标系坐标方位角之差。

3 建筑坐标系原点在国家坐标系中的坐标,可按下式计算:

$$a = X - A \cos \alpha + B \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 1-5})$$

$$b = Y - A \sin \alpha - B \cos \alpha \quad (\text{A. 0. 1-6})$$

4 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的差求得,即按下列公式计算,角度单位可采用弧度或秒(")为单位:

$$\alpha = \alpha_{12} - \alpha'_{12} \quad (\text{A. 0. 1-7})$$

$$\alpha_{12} = \arctan \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (\text{A. 0. 1-8})$$

$$\alpha'_{12} = \arctan \frac{B_2 - B_1}{A_2 - A_1} \quad (\text{A. 0. 1-9})$$

A. 0. 2 当两坐标系统中长度标准有差异时(相对误差大于1/150000),在坐标换算公式中应加入长度比,加入长度比例系数后可按下列公式换算:

1 由建筑坐标换算到国家坐标:

$$X = a + K A \cos \alpha - K B \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 2-1})$$

$$Y = b + K A \sin \alpha + K B \cos \alpha \quad (\text{A. 0. 2-2})$$

式中: K ——长度比例系数。

2 由国家坐标换算到建筑坐标:

$$A = \frac{1}{K} (X - a) \cos \alpha + \frac{1}{K} (Y - b) \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 2-3})$$

$$B = \frac{1}{K} (Y - b) \cos \alpha - \frac{1}{K} (X - a) \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 2-4})$$

3 式(A. 0. 2-1)和式(A. 0. 2-2)中 a, b 可按下式计算:

$$a = X - K A \cos \alpha + K B \sin \alpha \quad (\text{A. 0. 2-5})$$

$$b = Y - K A \sin \alpha - K B \cos \alpha \quad (\text{A. 0. 2-6})$$

4 加入长度比例系数后可按下式计算,宜取几个数据的平

均值：

$$K = \frac{S_g}{S_j} \quad (\text{A. 0. 2-7})$$

$$S_j = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2} \quad (\text{A. 0. 2-8})$$

$$S_g = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (\text{A. 0. 2-9})$$

式中： S_j ——建筑坐标系中点间距离；

S_g ——国家坐标系中点间距离。

附录 B 平面控制点标志及标石的埋设规格

B.1 平面控制点标志

B.1.1 三、四等平面控制标志可采用瓷质或金属等材料制作,其规格见图 B.1.1 和图 B.1.2。

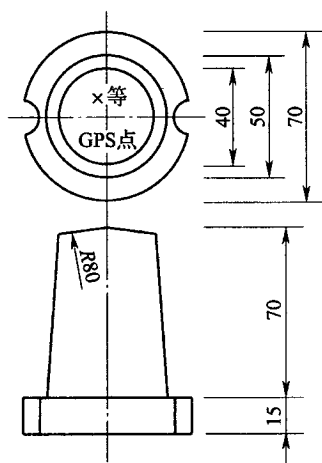


图 B.1.1 瓷质标志(单位:mm)

B.1.2 一、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。

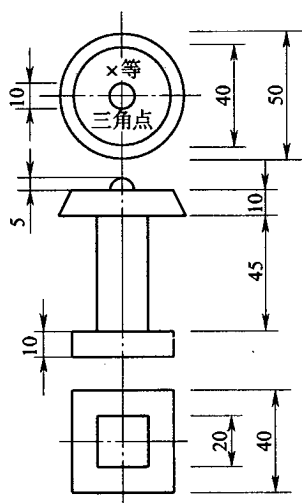


图 B. 1. 2 金属标志(单位:mm)

B. 2 平面控制标石埋设

B. 2. 1 三、四等平面控制点标石规格及埋设结构图见图 B. 2. 1, 冻土和岩石裸露地区的标石应根据具体情况另行设计。

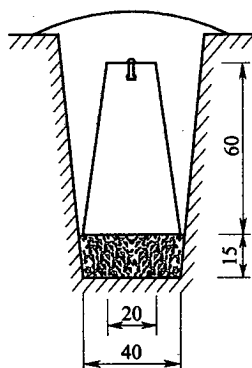


图 B. 2. 1 三、四等平面控制点标石规格(单位:cm)

B.2.2 一、二级平面控制点标石规格及埋设结构图见图 B.2.2。

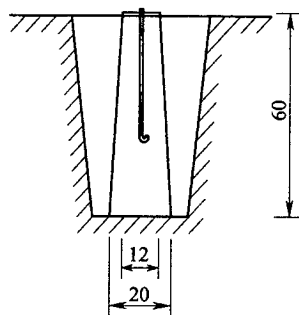


图 B.2.2 一、二级平面控制点标石规格(单位:cm)

附录 C GPS 控制点点之记

表 C GPS 控制点点之记

点名及 种类	GPS 点	点名		土质		
		点号				
	相邻点 情况				标石说明	
					旧点名	
所在地						
交通路线						
所在图幅号			概略位置	$X = \quad \quad \quad \text{m}$ $Y = \quad \quad \quad \text{m}$ $H = \quad \quad \quad \text{m}$		
				$L = \quad^\circ \quad' \quad'' \text{E}$ $B = \quad^\circ \quad' \quad'' \text{N}$		
(GPS 点位略图)			远景照片			
			近景照片			
埋石者		绘图者		记录者		
埋石日期		绘图日期		校对者		
备注						

附录 D GPS 测量手簿记录格式

表 D GPS 测量手簿记录格式

点号		测量员		日期	
接收机名称 及编号		天线类型 及编号		存储介质 名称及编号	
采样间隔		开始记录 时间		结束记录 时间	
天线高测定		天线高测定方法及略图		点位略图及交通线路图	
记录前					
记录后					
平均值					
时间(UTC)		跟踪卫星号及信噪比		天气状况	
备注					

附录 E 经纬仪系列分级和基本技术参数

E.0.1 光学经纬仪系列的分级和基本技术参数应符合表 E.0.1 的规定。

表 E.0.1 光学经纬仪系列分级和基本技术参数

参数名称		单位	精度等级			
			DJ05	DJ1	DJ2	DJ6
测回水平方向中误差	室外	(")	±0.7	±1.0	±2.0	±6.0
	室内		±0.6	±0.8	±1.6	±4.0
望远镜	放大倍数≥	倍	30、45、55	24、30、45	28	25
	物镜有效孔径≥	mm	66	60	40	35
	最短视距≥	m	3.0	3.0	2.0	2.0
水准器角值	圆水准器	(')/2mm	8	8	8	8
	照准部	(")/2mm	4	6	20	30
	垂直度盘指标		10	10	20	30
	望远镜		—	—	20	30
垂直度盘指标自动归零补偿器	补偿范围	(')	—	—	±2	±2
	安平中误差	(")	—	—	±0.3	±1.0
度盘刻划直径	水平度盘≥	mm	150	130	90	90
	垂直度盘≥		90	90	70	70
水平读数最小格值		(")	0.2	0.2	1	60
仪器净重≤		kg	17.0	13.0	6.0	4.5
主要用途			国家一等三角测量、天文测量和精密工程测量	精密工程测量	三、四等，一、二级导线，一般工程测量	大比例尺测图，图根控制测量，一般工程测量

E.0.2 电子经纬仪及全站仪系列的分级和基本技术参数也可按本规范 E.0.1 条的规定执行。

附录 F 方向观测法度盘和测微器位置 变换计算公式

F.0.1 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。

F.0.2 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。

F.0.3 度盘和测微器位置变换可按下式计算:

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m}(j-1) + i(j-1) + \frac{\omega}{m}(j - \frac{1}{2}) \quad (\text{F.0.3})$$

式中: σ ——度盘和测微器位置变换值(° ' ") ;

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 DJ1 型为 4', DJ2 型为 10') ;

ω ——测微盘分格数(值)(光学经纬仪的 DJ1 型为 60", DJ2 型为 600")。

F.0.4 DJ1 型光学经纬仪方向观测法度盘编制应符合表 F.0.4-1 的规定, DJ2 型光学经纬仪方向观测法度盘编制应符合表 F.0.4-2 的规定。

表 F.0.4-1 DJ1 型光学经纬仪方向观测度盘配制

测回序号	测 回 数		
	9	6	4
1	00°00'03"	00°00'05"	00°00'08"
2	20°04'10"	30°04'15"	45°04'22"
3	40°08'17"	60°08'25"	90°08'38"
4	60°12'23"	90°12'35"	135°12'52"

续表 F.0.4-1

测回序号	测 回 数		
	9	6	4
5	80°16'30"	120°16'45"	—
6	100°20'37"	150°20'55"	—
7	120°24'43"	—	—
8	140°28'50"	—	—
9	160°32'57"	—	—

表 F.0.4-2 DJ2 型光学经纬仪方向观测度盘配制

测回序号	测 回 数		
	9	8	6
1	00°00'33"	00°00'37"	00°00'50"
2	20°11'40"	22°11'52"	30°12'30"
3	40°22'47"	45°23'07"	60°24'10"
4	60°33'53"	67°34'22"	90°35'50"
5	80°45'00"	90°45'37"	120°47'30"
6	100°56'07"	112°56'52"	150°59'10"
7	120°07'13"	135°08'07"	—
8	140°18'20"	157°19'22"	—
9	160°29'27"	—	—

F.0.5 普通工程测量项目应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按本规范式(F.0.3)进行配置,并应事先编制度盘配置表。

附录 G 大地坐标系的椭球基本参数和 几种曲率半径的计算

G.0.1 我国常用的几种常见大地坐标系的地球椭球的基本几何参数应符合表 G.0.1 的规定。

表 G.0.1 几种常见大地坐标系的地球椭球的基本几何参数

基本参数	克拉索夫斯基 椭球体	1975 年国际 椭球体	WGS-84 椭球体	2000 国家大地 坐标系椭球体
a	6 378 245m	6 378 140m	6 378 137m	6 378 137m
b	6 356 863.018 8m	6 356 755.288 2m	6 356 752.314 2m	6 356 752.314 1m
c	6 399 698.901 8m	6 399 596.652 0m	6 399 593.625 8m	6 399 593.625 9m
α	1/298.3	1/298.257	1/298.257 223 563	1/298.257 222 101
e^2	0.006 693 421 622 966	0.006 694 384 999 588	0.006 694 379 990 13	0.006 694 380 022 901
e'^2	0.006 738 525 414 683	0.006 739 501 819 473	0.006 739 496 742 227	0.006 739 496 775 479

注:1 a 为椭圆的长半轴,单位为 m;

2 b 为椭圆的短半轴,单位为 m;

3 c 为极曲率半径(极点处的子午线曲率半径),单位为 m;

4 α 为椭圆的扁率;

5 e^2 为椭圆的第一偏心率平方;

6 e'^2 为椭圆的第二偏心率平方。

G.0.2 椭球面上任意一点的几种曲率半径可按下列公式计算:

1 两个常用的辅助函数:

$$\left. \begin{aligned} W &= \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B} \\ V &= \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B} \end{aligned} \right\} \quad (\text{G.0.2-1})$$

式中: B ——大地纬度;

W ——第一基本纬度函数;

V ——第二基本纬度函数。

2 子午圈曲率半径:

$$M = \frac{a(1-e^2)}{W^3} = \frac{c}{V^3} \quad (\text{G. 0. 2-2})$$

3 卯酉圈曲率半径:

$$N = \frac{a}{W} = \frac{c}{V} \quad (\text{G. 0. 2-3})$$

4 平均曲率半径:

$$R_m = \sqrt{MN} = \frac{c}{V^2} \quad (\text{G. 0. 2-4})$$

5 任意方向法截弧的曲率半径:

$$R_A = R_m - \frac{R_m}{2} e'^2 \cos B \cos 2A = R_m + \Delta \quad (\text{G. 0. 2-5})$$

式中: A ——任意方向的方位角。

其中, $\Delta = \frac{R_m}{2} e'^2 \cos B \cos 2A$ 。

附录 H 全国主要几种高程系统零点高程互换表

表 H 全国主要几种高程系统零点高程互换

吴淞零点高程							
+0.511	大沽口零点						
+1.677	+1.166	胶济铁路零点					
+1.744	+1.233	+0.067	废黄河零点				
+1.807	+1.296	+0.130	+0.063	1956 年黄海平均海面			
+1.836	+1.325	+0.159	+0.092	+0.029	1985 国家高程基准		
+1.890	+1.379	+0.213	+0.146	+0.083	+0.054	1954 年黄海平均海面	
+2.044	+1.533	+0.367	+0.300	+0.237	+0.208	+0.154	坎门零点

- 注:1 表中零点高程换算值可在判读地形图的高程时参考使用;精确零点高程换算值应通过搜集相应的高程系统水准点成果,并应经计算或联测得到;
- 2 表中所列数值均为正值,吴淞零点为最低。同一点的高程值在表 H 几种高程系统中以吴淞零点的高程值为最大,并且远离零点地区的两个系统高程值之差会略有不同;
- 3 相邻两种高程系统零点差值可直接从表中查取,所列数值均应为正值。不相邻两种高程系统零点差值换算可按表中对应数值进行。

附录 J 水准仪系列分级和基本技术参数

J.0.1 气泡式水准仪、自动安平水准仪系列的分级和基本技术参数应符合表 J.0.1 的规定。

表 J.0.1 水准仪系列分级基本技术参数

参数名称		单位	精度等级			
			DS05	DS1	DS3	DS10
仪器精度(每千米水准测量高差中数的偶然中误差)		mm	±0.5	±1.0	±3.0	±10.0
望远镜	放大倍数≥	倍	42	38	28	20
	物镜有效孔径≥	mm	55	47	38	28
	最短视距≤	m	3.0	3.0	2.0	2.0
管状水准气泡角值	符合式	(")/2mm	10	10	20	20
	普通式		—	—	—	—
自动安平补偿性能	补偿范围	'	8	8	8	10
	安平精度	(")	±0.1	±0.2	±0.5	±2
	安平时间≤	s	2	2	2	2
粗水准气泡角值	直交型管状	(")/2mm	2	2	—	—
	圆形		8	8	8	10
测微器	测量范围	mm	5	5	—	—
	最小格值		0.05	0.05	—	—
仪器净重≤		kg	6.5	6.0	3.0	2.0
主要用途			国家一等水准测量、地震水准测量及精密工程水准测量	国家二等水准测量及其他精密工程水准测量	国家三等、四等水准测量及一般工程水准测量	一般工程水准测量

J.0.2 数字水准仪系列的分级和基本技术参数也可按本规范 J.0.1 条的规定执行。

附录 K 各等级高程控制点标志、埋石类型及要求

K.0.1 以水准点标志和埋设为例,其他等级高程控制点的标志和埋设可按本规范附录 B 的有关规定执行。

K.0.2 水准标志、标石埋设规格(图 K.0.2-1~图 K.0.2-3),应符合下列规定:

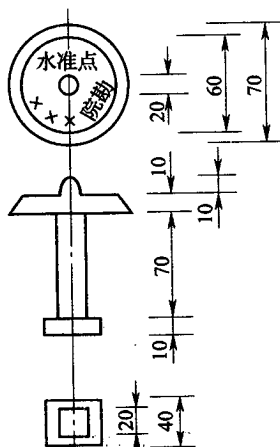


图 K.0.2-1 金属标志(单位:mm)

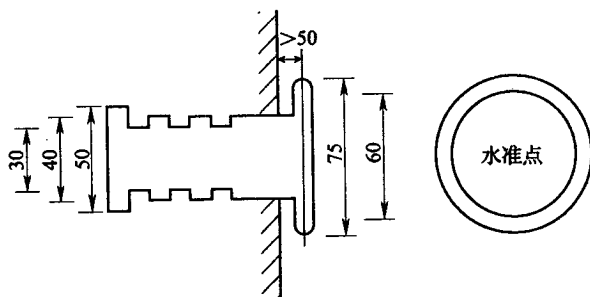


图 K.0.2-2 墙上水准点标志(单位:mm)

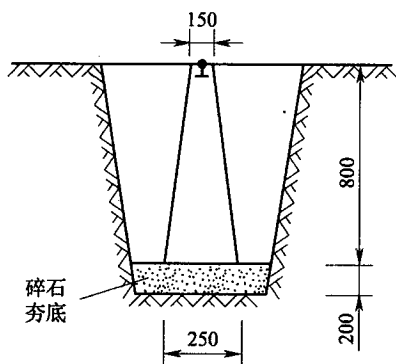


图 K. 0. 2-3 水准标石埋设(单位:mm)

- 1 水准标石如无专用标志,可采用不短于 40cm 的钢筋 $\phi 10 \sim \phi 20$ 代替,钢筋顶端应制成球状,下端应制成勾形插入混凝土中;
- 2 标石可采用自然石桩,也可用混凝土在现场浇灌;
- 3 冻土地区埋设规格可按现行国家标准《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 12898 的有关规定执行。

附录 L 地形图分幅和编号

L.0.1 1:500、1:1000、1:2000 地形图宜采用 40cm×50cm 矩形分幅或 50cm×50cm 正方形分幅,也可根据需要用其他规格的分幅;数字化成图的地形图可根据需要任意分幅。

L.0.2 地形图编号宜采用图廓西南角坐标千米数编号法,也可选用流水编号法或行列编号法。具体编号方法应符合下列规定:

1 采用图廓西南角坐标千米数编号时, x 坐标应在前, y 坐标应在后,1:500 地形图应取至 0.01km,1:1000、1:2000 地形图应取至 0.1km。

2 带状测区或小面积测区,可按测区统一顺序进行编号(流水编号法),宜从左到右、从上到下用阿拉伯数字 1、2、3、4、… 编定,见图 L.0.2-2 中的 $\times\times-15$ ($\times\times$ 为测区)。

3 行列编号法宜以代号的横号,由上到下排列,并应以阿拉伯数字为代号的纵列,从左到右排列编定,先行后列,见图 L.0.2-3:A-4。

	1	2	3	4	
5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16

图 L.0.2-2 流水编号法

A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
B-1	B-2	B-3	B-4		
	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6

图 L.0.2-3 行列编号法

4 在同一测区,要求同时提供几种相邻比例尺地形图时,可先用流水编号法或行列编号法给小比例尺地形图编号,再用行列法给大比例尺地形图编号。

L. 0.3 采用国家坐标系时,图廓间的千米数应根据需要加注带号和百千米数。

附录 M 控制像片整饰格式

M.0.1 控制像片正面整饰格式见图 M.0.1, 并应符合下列规定:

1 平面点、平高点和高程点, 在其编号前面分别冠以 P、PG 和 G 等字。

2 大山为三角点, 土山为小三角点, 凤凰山为不埋石图根点, II007 为水准点, 不能准确刺出的三角点, 小三角点及水准点用虚线以相应符号表示。

3 符号的边长或直径均为 7mm。

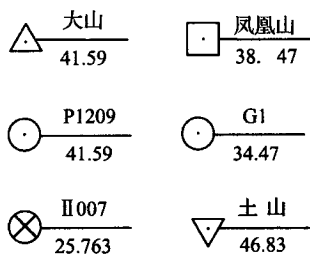


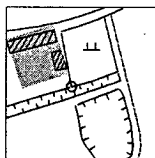
图 M.0.1 控制像片正面整饰格式

M.0.2 控制像片反面整饰格式见图 M.0.2, 并应符合下列规定:

1 用黑色铅笔整饰, 以相应符号标出点位。

2 在相应位置绘出 2cm×2cm 大小的点位略图, 略图方位要与实地对应, 并用文字准确描述点位位置。方向以像片编号字头方向为上, 用上下左右表示。

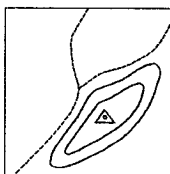
3 需签署刺点者、检查者姓名和日期。



PG1001 刺在黑色地块的
左下角

刺点者: 王平 2006.04.08

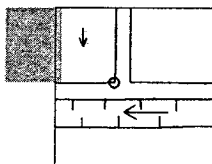
检查者: 李明 2006.04.08



大山三角点刺在山顶最高处

刺点者: 王平 2006.04.08

检查者: 李明 2006.04.08



PG1001 刺在黑色地块的
右下角

刺点者: 王平 2006.04.08

检查者: 李明 2006.04.08

图 M. 0. 2 控制像片反面整饰格式

附录 N 次级网点、微网点和测量通视孔标志、埋设规格及要求

N.1 次级控制网观测墩结构示意图

N.1.1 次级控制网强制对中观测墩钢筋混凝土结构制作规格, 见图 N.1.1。

N.1.2 观测墩桩基础可采用钻孔灌注桩、挖孔桩、沉管桩等, 桩深和桩径可根据地质条件确定, 应深埋至基岩。如点位基岩外露或岩面较浅, 也可直接将基础平台浇筑在基岩面上。

N.2 厂房内部微网控制点构造示意图

N.2.1 厂房内部微网平面控制点的构造规格, 见图 N.2.1。

N.2.2 厂房内部微网高程控制点的构造规格, 见图 N.2.2。

N.2.3 微网点位应按要求选择合适的位置, 应便于日后使用。

N.3 微网点测量通视孔构造示意图

N.3.1 厂房内部微网点测量专用垂直通视孔的构造规格, 见图 N.3.1。

N.3.2 测量通视孔钢管应垂直埋设, 通过钢管中心的铅垂线方向应与对应的微网点准确重合。

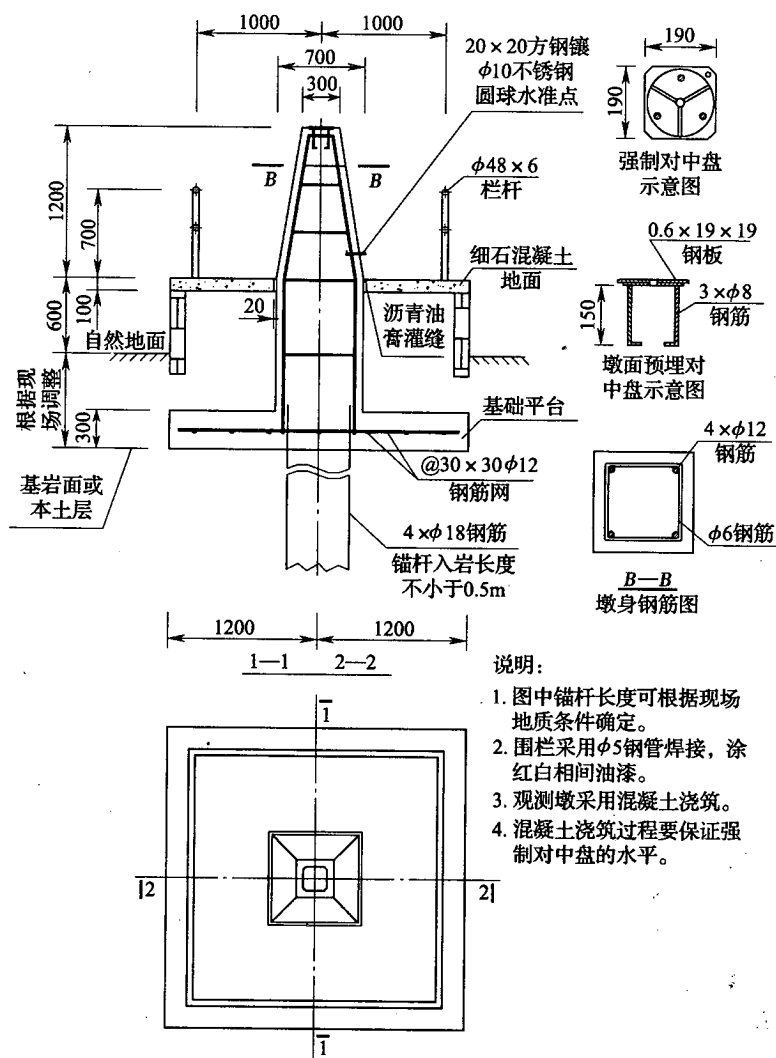


图 N.1.1 次级控制网观测墩结构(单位:mm)

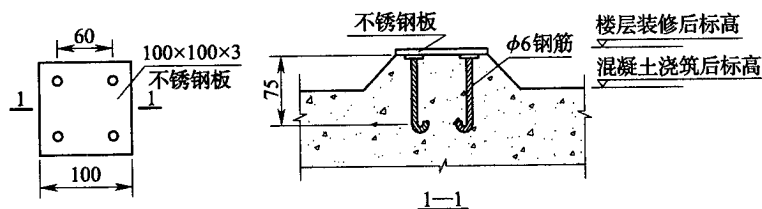
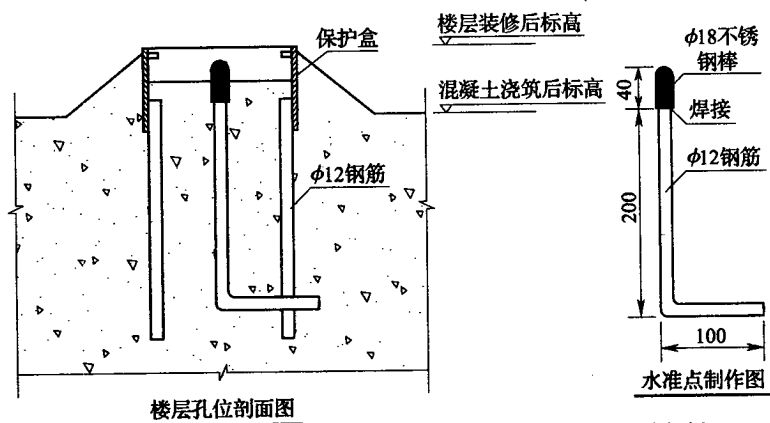


图 N.2.1 微网平面控制点构造(单位:mm)



注: 盖板及保护盒钢板
使用5mm厚碳钢钢板。

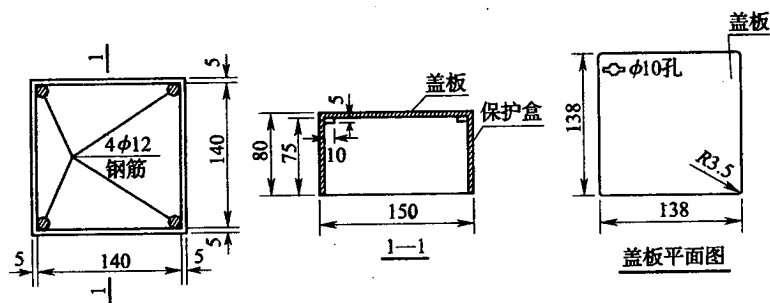


图 N.2.2 微网高程控制点构造(单位:mm)

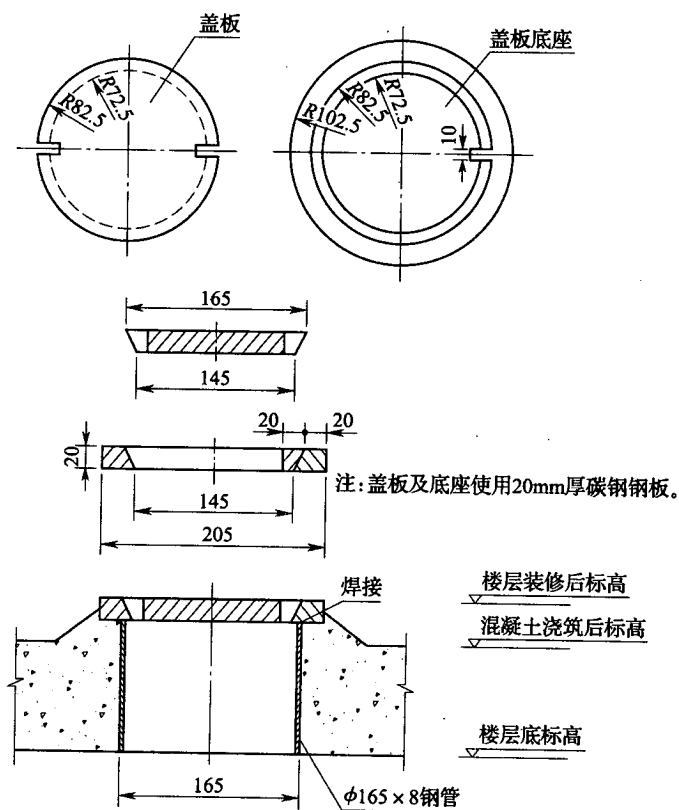


图 N. 3. 1 微网点测量通视孔构造(单位:mm)

附录 P 建(构)筑物主体倾斜率和按差异沉降推算主体倾斜值的计算公式

P.0.1 建(构)筑物主体的倾斜率,应按下式计算:

$$i = \tan \alpha = \frac{\Delta D}{H} \quad (\text{P.0.1})$$

式中: i ——主体的倾斜率;

ΔD ——建(构)筑物顶部观测点相对于底部观测点的偏移值(m);

H ——建(构)筑物的高度(m);

α ——倾斜角($^{\circ}$)。

P.0.2 按差异沉降推算主体的倾斜值,应按下式计算:

$$\Delta D = \frac{\Delta S}{L} H \quad (\text{P.0.2})$$

式中: ΔD ——倾斜值(m);

ΔS ——基础两端点的沉降差(m);

L ——基础两端点的水平距离(m);

H ——建(构)筑物的高度(m)。

附录 Q 基础相对倾斜值和基础挠度计算公式

Q. 0.1 基础相对倾斜值应按下式计算：

$$\Delta S_{AB} = \frac{S_A - S_B}{L} \quad (\text{Q. 0.1})$$

式中： ΔS_{AB} ——相对倾斜值；

S_A 、 S_B ——倾斜段两端观测点 A、B 的沉降量(m)；

L ——A、B 间的水平距离(m)，见图 Q. 0.1。

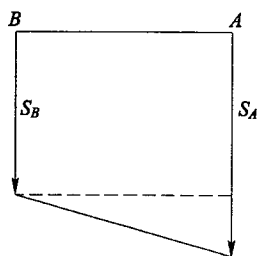


图 Q. 0.1 基础的相对倾斜

Q. 0.2 基础的挠度应按下式计算：

$$f_C = \Delta S_{BC} - \frac{L_1}{L_1 + L_2} \Delta S_{AB} \quad (\text{Q. 0.2})$$

式中： f_C ——挠度(m)；

ΔS_{BC} ——B、C 的沉降差(m)；

ΔS_{AB} ——A、B 的沉降差(m)；

L_1 ——B、C 间的水平距离(m)；

L_2 ——A、B 间的水平距离(m)，见图 Q. 0.2。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《工程测量规范》GB 50026

《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 12898

《1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图航空摄影测量数字化测图规范》GB/T 15967

《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316

《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图图式》GB/T 20257.1

《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1 : 5000 1 : 10000 地形图图式》GB/T 20257.2

《1 : 5000 1 : 10000 地形图航空摄影测量数字化测图规范》CH/T 1006

《建筑变形测量规范》JGJ 8

《公路勘测规范》JTG C10

《500kV 架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5122

《220kV 及以下架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5076

中华人民共和国国家标准

核电厂工程测量技术规范

GB 50633 - 2010

条文说明

制 定 说 明

《核电厂工程测量技术规范》GB 50633—2010,经中华人民共和国建设部 2010 年 11 月 3 日以第 830 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制组进行了广泛的调查研究(岭澳、秦山、田湾核电厂现场调研),总结了近十年来我国核电厂测量的实践经验,吸收了当代测绘技术(DPS、GPS、RS)和仪器(全站仪)发展的最新成果,同时参考了有关国际标准和国外先进标准(《法国压水堆核岛土建设计与建造规程》RCC-G88),通过试验(GPS 在次级网测量中的应用)取得了非常重要的技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《核电厂工程测量技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(149)
3	平面控制测量	(151)
3.1	一般规定	(151)
3.2	卫星定位测量	(152)
3.3	导线测量	(162)
3.4	三角形网测量	(173)
4	高程控制测量	(177)
4.1	一般规定	(177)
4.2	水准测量	(178)
4.3	三角高程测量	(178)
4.4	GPS 高程测量	(179)
5	地形测量	(180)
5.1	一般规定	(180)
5.2	图根控制测量	(181)
5.3	测绘方法	(182)
5.4	地物测绘	(182)
5.5	地貌测绘	(183)
5.6	水下地形测量	(183)
5.7	海洋测绘	(186)
5.8	地形图整饰及检查	(186)
6	数字摄影测量	(188)
6.1	一般规定	(188)
6.2	航空摄影技术及资料要求	(188)
6.3	像控测量	(191)

6.4	像片调绘	(192)
6.5	数字化成图	(193)
6.6	数字影像产品	(195)
7	卫星遥感	(196)
7.1	一般规定	(196)
7.2	数据预处理	(196)
7.3	图像几何校正	(197)
8	施工测量	(200)
8.1	一般规定	(200)
8.2	初级网测量	(201)
8.3	次级网测量	(202)
8.4	微网测量	(207)
8.5	微网传递测量	(213)
8.6	建筑施工放样及检测	(214)
8.7	数据处理及成果提交	(215)
9	变形监测	(216)
9.1	一般规定	(216)
9.2	水平位移测量	(216)
10	其他测量	(218)
10.1	一般规定	(218)
10.2	勘探点、线测量	(218)
10.3	水文测量	(219)
10.4	管线工程测量	(220)

1 总 则

1.0.1 本条是对编制本规范目的的说明。我国核电的发展已有二十多年历史,迄今为止已经投入商业运营的核电厂有秦山(一、二、三期)、大亚湾、岭澳一期、田湾,正在建设中的核电厂有秦山二期扩建、岭澳二期、三门、阳江、红沿河、宁德、台山、海阳等若干项,目前还有十多个省份正在开展核电厂前期规划、勘测选址和筹备建设工作(包括滨海厂址和滨河厂址)。核能作为一种清洁、安全、经济的新型能源,在我国正处在一个快速发展的时期,但至今仍没有一个统一的核电厂测量国家规范。为适应核电发展需要,健全核电厂建设规范,使核电厂测量工作有统一的标准,制定本规范。

1.0.2 本条是对本规范适用范围的说明。

1.0.3 国内、外现行的测量规范中,多以 2 倍、2.57 倍、3 倍中误差作为极限误差。根据偶然中误差出现的规律,大于 2 倍中误差的偶然误差出现的可能性不大于 4.5%,大于 2.57 倍中误差的偶然误差出现的可能性为 0.5%,大于 3 倍中误差的偶然误差,其出现的可能性仅为 0.3%。

目前国内已投入商业运营的核电厂中,除大亚湾、岭澳核电厂执行技术提供方(法国)的规范,以 2.57 倍中误差作为极限误差外,秦山、田湾核电厂都统一执行中国国家规范。为了便于和国家、行业现行测绘规范相一致,经编制组和大纲审查会集体讨论后决定,仍以 2 倍中误差作为极限误差。这对观测过程及成果评定的要求更加严格,经上述工程实践证明是合理可行的,其保证了对工程测量的精度衡量标准的统一。

1.0.4 测量仪器是工程测量的主要工具,其良好的运行状态对工程测量作业起到至关重要的作用。对测绘仪器、工具,必须做到及

时检查、验证及校准,加强维护保养、定期检修,使其保持在良好的状态,这是测量工作顺利进行的必备条件。计量器具应到国家法定的计量技术检定机构检定,送检周期宜为1年。

本条是对目前广泛使用测绘专业软件的规定。测绘软件已经成为工程测量作业的重要工具,正确的选择、验证和使用是保证工程测量产品质量的重要环节。

1.0.5 本条是对引用测量成果资料和外业测量原始记录的要求。

1.0.6 随着电子测量仪器、数字测量技术、测绘专业软件以及CAD技术等的广泛使用,传统测绘生产模式发生了根本性的转变,外业测量、内业数据处理以及测绘成果的提交等整个测绘生产过程都已基本实现数字化。核电厂的各项测绘活动,随着数字化技术手段的广泛使用,形成了大量的有关测量数据、数字地形图、技术文档等电子版资料;这些电子资料与传统的纸质媒介相比,在归档保存、分类统计、查询检索、反复使用等方面更加方便省力,应将其中具有保存价值的电子版文件进行分类整理、备份归档,与纸质资料一同长期保存。

有关数据、图形、文档等需要长期保存的电子版测绘资料,应采用文件形式并以通用格式存储在性能稳定、检索方便、显示还原容易的载体上。原始测量数据宜采用.txt文本格式,矢量地形图宜采用.dgn格式或.dwg格式,技术文档宜采用.doc格式。

1.0.7 各项测量工作在满足工程建设及本规范规定的精度要求的前提下,鼓励采用经过实践验证的、成熟的新技术、新工艺或新设备,促进科技创新和进步,提高测量技术水平。

1.0.8 我国现行工程建设标准数量多、覆盖的专业面广,即使是同一专业领域内也有多项标准。技术人员要完成一项工程活动,不可能只执行一项标准,通常会涉及多项标准,因此在执行本规范的同时,当然还需要执行其他的相关标准。

3 平面控制测量

3.1 一般规定

3.1.1 根据工程测量部门现时的情况和发展趋势,首级控制网大多采用卫星定位测量控制网,加密网较多采用导线或导线网形式。三角形网用于建立大面积控制或控制网加密已较少使用。所以本规范采用卫星定位测量、导线测量和三角形网测量的编写顺序。

3.1.2 本规范按照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 中精度等级划分的方法进行,考虑到核电项目的小区域、高精度的特点,舍去了二等及三级两个等级,因此平面控制网按测量方式划分为卫星定位测量控制网、导线及导线网、三角形网,按精度等级划分为三、四等和一、二级。

3.1.3 按照本规范中地形测量所要求的测图最大基本比例尺为 1:500,因此将平面控制精度的基本要求定为:最弱点相对于测区平面起算点点位中误差不应超过 5cm。

3.1.4 随着科学技术的发展,测量仪器和计算手段都得到了相应的提高,因此工程控制网不再强调逐级布网。只要在满足精度要求的前提下,各等级均可作为测区的首级控制网。当测区已有高等级控制网时,可越级布网。为提高核电首级控制网的精度,与国家系统联测时控制网应分别布设与解算,并且首级控制网等级不应低于四等。

3.1.5 当工程控制网的边长,每公里长度变形为 2.5cm 时,即相对中误差为 $1/40000$ 。这样的长度变形,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。经过近 30 年的应用,该指标已成为建立区域控制网的基本原则。

坐标系统的选择应首先考虑采用统一的高斯正形投影 3°带平面直角坐标系,跟国家坐标系相一致。投影面可采用 1985 国家高程基准面、抵偿高程面或测区平均高程面,特殊要求的工程也可采用建筑坐标系或独立坐标系。

3.2 卫星定位测量

I 卫星定位测量的主要技术要求

3.2.1 卫星定位测量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而提出的。

3.2.2 卫星定位网相邻点的弦长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。厂家给出的公式和规范式(3.2.2)是两种类型的精度计算公式,应用上各有其特点。

3.2.3 GPS 网的外业观测精度,应按异步环的实际闭合差进行统计计算。这里采用全中误差的计算方法来衡量 GPS 控制网的实际观测精度,网的全中误差不应超过基线长度中误差的理论值。

II 卫星定位测量控制网的设计、选点与埋石

3.2.4 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。

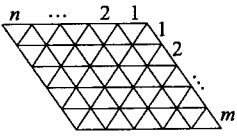
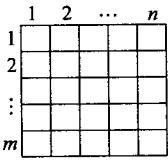
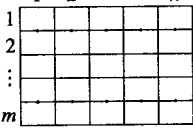
2 由于卫星定位测量所获得的是空间基线向量或三维坐标向量,其属于 WGS-84 坐标系,应将其转换至国家坐标系或地方

独立坐标系方能使用。为了实现这种转换便要求联测若干个旧有控制点以求得坐标转换参数,故规定联测 2 个~3 个高等级国家平面控制点或地方坐标系的高等级控制点。

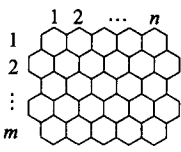
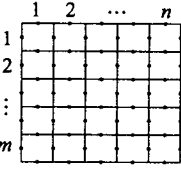
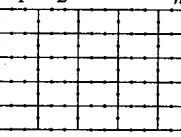
对控制网内的长边,宜构成大地四边形或中点多边形;主要是为了保证控制网进行约束平差后坐标精度的均匀性,也是为了减少尺度比误差的影响。

3 规范课题组对 $m \times n$ 环组成的连续网形进行研究,见表 1。

表 1 GPS 网最简闭合环的边数分析

最简闭合环的 基线数	网的平均 可靠性 指标	平均可靠 性指标 满足 1/3 时的条件	图 形	备 注
3	$\frac{2}{3 + \frac{1}{n} + \frac{1}{m}}$	不限		三角形: 点数: $nm + n + m + 1$ 总观测独立基线数: $3nm + n + m$ 环数: $2nm$ 必要基线数: $nm + n + m$ 多余观测数: $2nm$
4	$\frac{1}{2 + \frac{1}{n} + \frac{1}{m}}$	$n = m \geq 2$		四边形: 点数: $nm + n + m + 1$ 总观测独立基线数: $2nm + n + m$ 环数: nm 必要基线数: $nm + n + m$ 多余观测数: nm
5	$\frac{3}{7 + \frac{3}{n} + \frac{3}{m}}$	$n = m \geq 3$		五边形: 点数: $(nm + n + m + 1)4/3$ 总观测独立基线数: $(nm + n + m)2/3$ 环数: nm 必要基线数: $(nm + n + m)4/3$ 多余观测数: nm

续表 1

最简闭合环的基线数	网的平均可靠性指标	平均可靠性指标满足 1/3 时的条件	图 形	备 注
6	$\frac{1}{3 + \frac{1}{n} + \frac{2}{m}}$	$n = m = \infty$		六边形: 点数: $2nm + 2n + m + 1$ 总观测独立基线数: $3nm + 2n + m$ 环数: nm 必要基线数: $2nm + 2n + m$ 多余观测数: nm
8	$\frac{1}{4 + \frac{2}{n} + \frac{2}{m}}$	无法 满足		八边形: 点数: $3nm + 2n + 2m + 1$ 总观测独立基线数: $4nm + 2n + 2m$ 环数: nm 必要基线数: $3nm + 2n + 2m$ 多余观测数: nm
10	$\frac{1}{5 + \frac{2}{n} + \frac{3}{m}}$	无法 满足		十边形: 点数: $4nm + 3n + 2m + 1$ 总观测独立基线数: $5nm + 3n + 2m$ 环数: nm 必要基线数: $4nm + 3n + 2m$ 多余观测数: nm

注: m 表示行数, n 表示列数。

从表 1 中可以看出,三条边的网型、四条边 $n=m \geq 2$ 的网型、五条边 $n=m \geq 3$ 的网型、六条边无限大的网型都能达到要求。八条、十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 1/3 的要求。故 GPS 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。

4 由于卫星定位测量过程中要受到各种外界因素的影响,有可能产生粗差和各种随机误差,因此要求由非同步独立观测边构成闭合环或附合线路,是为了对观测成果进行质量检查,以保证成果的可靠并恰当地评定精度。

在一些规范和专业教科书中,各有观测时段数、施测时段数、重复设站数、平均重复设站数、重复测量的最少基线数、重复测量的基线占独立确定的基线总数的百分数等不同概念和技术指标的规定,且在观测量的计算中均涉及 GPS 网点数、接收机台数、平均重复设站数、平均可靠性指标等四项因素;工程应用上也显得比较繁琐、条理不清。

规范课题组研究认为:GPS 控制网的工作量与接收机台数不相关。

全网总的站点数为 $N_p \times N_r$,全网的观测时段数为 $\frac{N_p N_r}{K_i}$, K_i 台接收机观测一个时段的独立观测基线数为 $K_i - 1$ 条,则全网的独立观测基线数为:

$$S = \frac{N_p N_r}{K_i} (K_i - 1) \quad (1)$$

式中: N_p ——GPS 网点数;

K_i ——接收机台数;

N_r ——平均重复设站数。

由于网的必要观测基线数为 $N_p - 1$ (此处仅以自由网的情形讨论),则多余独立观测基线数为:

$$N_{\#} = S - (N_p - 1) \quad (2)$$

网的平均可靠性指标为:

$$\tau = \frac{N_{\#}}{S} = \frac{S - (N_p - 1)}{S}$$

即:

$$\tau = 1 - \frac{N_p - 1}{S} \quad (3)$$

可将公式转换为：
$$S = \frac{N_P - 1}{1 - \tau} \quad (4)$$

工程控制网通常取 1/3 为网的可靠性指标，即有

$$S = 1.5(N_P - 1) \quad (5)$$

故规定全网独立观测基线总数不宜少于必要观测量的 1.5 倍。必要观测量为网点数减 1。作业时，应准确把握以保证控制网的可靠性。

5 由于 GPS-RTK 测图对参考站有具体要求，所以在布设首级控制网时，应充分考虑 GPS-RTK 参考站点的分布和满足观测条件。

3.2.5 关于控制点点位的选定：

1 卫星定位测量控制网的点位之间原则上不要求通视，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，随着卫星高度的降低，对流层影响愈显著，测量误差随之增大。因此，卫星高度角一般都规定大于 15° 。

GPS 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，出现错误。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就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。

3.2.6 布设在高层建筑物顶部的点位，其标石应浇筑在楼板的混凝土面上。内部骨架可采用在楼板上钉入 3 个~4 个钢钉或膨胀螺栓，再绑扎钢筋的方法。标石底部四周应采取防漏措施。

III GPS 观测

3.2.7 关于 GPS 控制测量作业的基本技术要求:

1 GPS 定位有绝对定位和相对定位两种形式,本规范所指的定位方式为相对定位。

依据测距的原理,GPS 定位可划分为伪距法定位、载波相位测量定位和 GPS 差分定位等。本章的 GPS 定位特指载波相位测量定位,测地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 GPS 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工程控制网特别是部分基线边很长时,建议采用双频卫星定位接收机。

3 GPS 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 GPS 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,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 工程控制网的建立可采用静态和快速静态两种 GPS 作业

模式。

在现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 中规定建立四等及四等以上的工程控制网时,需采用静态定位。但考虑到 GPS 测量规范中 C、D 级控制网均允许采用快速静态定位的模式,同时考虑到快速静态定位在观测时间上及 GPS 观测数据处理上的优越性,故在本规范中允许四等工程控制网采用快速静态定位的模式。

5 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。足够的数据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。

6 GPS 定位的精度因子通常包括:平面位置精度因子 HDOP,高程位置精度因子 VDOP,空间位置精度因子 PDOP,接收机钟差精度因子 TDOP,几何精度因子 GDOP 等。

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,来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。

7 由于工程控制网边长相对较短(二等网的平均边长也不超过 10km),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。

3.2.8 GPS 测量作业计划的编制仅限于规模较大的测区,其目的是为了进行统一的组织协调。编制预报表时所需测区中心的概略经纬度,可从小比例尺地图上量取并精确至分。小测区则无需进行此项工作。

3.2.9 接收机预热和静置的目的,是为了让接收机自动搜索并锁定卫星,并对机内的卫星广播星历进行更替,同时也是为了使机内的电子元件运转稳定。随着接收机制造技术的进一步完善,本条对预热和静置的时间不进行统一规定,应根据接收机的品牌及性能具体掌握。

3.2.10 关于天线安置的对中误差和天线高的量取规定,主要是为了减少人为误差对测量精度的影响,通常情况下都应该满足这一要求。

本条只提供了量取天线高的限差要求,由于当前 GPS 接收机天线类型的多样化,则天线高量取部位各不相同,因此作业前应熟悉所使用的 GPS 接收机的操作说明,并严格按其要求量取。

3.2.12 由于 GPS 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,应记录包括控制点点名、接收机序列号、仪器高、开关机时间等相关的测站信息。

IV GPS 测量数据处理

3.2.13 关于基线的解算说明如下:

1 基线解算时,起算点在 WGS-84 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

WGS-84 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也不同,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双差固定解。

3.2.14 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 由同步观测基线组成的闭合环称为同步环。同步环闭合差理论上应为零。但由于观测时同步环基线间不能做到完全同步,即观测的数据量不同,以及基线解算模型的不完善,即模型的解算精度或模型误差而引起同步环闭合差不为零。因此,应对同步环闭合差进行检验。同时也规定同步环环线全长相对闭合差的限差。

2 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 GPS 控制网质量检核的主要指标。计算公式是以各等级 GPS 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。

3 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。

3.2.15 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超过本规范第 3.2.4 条第 3 款的规定。

3.2.17 关于无约束平差的说明:

1 无约束平差的目的,是为了提供 GPS 网平差后的 WGS-84 系三维坐标,同时也是为了检验 GPS 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 WGS-84 坐标系中进行。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,因此称之为无约束平差。起算点坐标可选用控制点 30min 的单点定位结果(见本规范第 3.2.13 条的规定)或已知的控制点 GPS 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 3 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,并符合本规范第 3.2.15 条的规定。

3.2.18 关于约束平差的说明:

1 约束平差的目的是为了获取 GPS 网在国家或地方独立坐标系的控制点平差坐标。

2 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 GPS 网与地面网之间的转换参数。

3 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。起算数据精度较差或分布不均匀,将引起 GPS 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。权的大小与约束值精度不匹配,也会引起 GPS 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本规范表 3.2.1 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。

为了避免由于起算点相互间的内符合精度不高而引起的 GPS 网扭曲变形,约束平差时可采用一个点的坐标和一个方位作为起算数据。

4 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。

3.3 导线测量

I. 导线测量的主要技术要求

3.3.1 导线测量的主要技术要求说明如下:

1 随着全站仪在我国的普及应用,工程测量部门对中小规模的控制测量大部分采用导线测量的方法。基于控制测量的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,将导线测量方法排列在三角形网测量之前。

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,基于以下条件确定的:

1) 三、四等导线的测角中误差采用同等级三角形网测量的测

角中误差值 m_{β} 。

2) 导线点的密度应比三角形网密一些, 故三、四等导线的平均边长 S 采用同等级三角测量平均边长的 0.7 倍左右 (参见第 3.3.3 条的条文说明)。

3) 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, 该指标是容易满足的。

4) 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 关于导线的总长限差说明:

对于导线中点 (最弱点) 即有:

$$m_{起中} = m_{测中} = \frac{50}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

最弱点点位中误差:

$$m_{最弱}^2 = m_{起中}^2 + m_{测中}^2 \quad (7)$$

中点的测量误差 $m_{测中}$ 又包含纵向误差 $m_{纵中}$ 和横向误差 $m_{横中}$ 两部分, 即有:

$$m_{测中}^2 = m_{纵中}^2 + m_{横中}^2 \quad (8)$$

附和与高级点间的等边直伸导线, 平差后中点纵横向误差可按下列公式计算:

$$m_{纵中} = \frac{1}{2} m_D \sqrt{n} \quad (9)$$

$$m_{横中} = 0.35 m_{\beta} [S] \sqrt{5+n} \quad (10)$$

式中: n ——导线边数;

$[S]$ ——导线总长。

则所求的导线长度的理论公式为:

$$\frac{0.1225 m_{\beta}^2}{S} [S]^3 + 0.6125 m_{\beta}^2 [S]^2 + \frac{0.25 m_D^2}{S} [S] - 1250 = 0 \quad (11)$$

分别将各等级的 m_{β} 、 S 及 m_D 值代入式 (11), 解出 $[S]$, 即得导

线长度。

3 关于相对闭合差限差的说明：

理论和计算证明，中点和终点的横向误差比值约为 1 : 4，纵向误差和起始数据的误差比值为 1 : 2。

则有导线终点的总误差 $M_{\text{终}}$ 的理论公式为：

$$M_{\text{终}} = \sqrt{4m_{\text{纵}}^2 + 16m_{\text{横}}^2 + 4m_{\text{起}}^2} \quad (12)$$

取 2 倍导线终点的总误差作为限值，则求导线相对闭合差公式为：

$$1/T = 2M_{\text{终}} / [S] \quad (13)$$

根据上述计算，并适当取舍整理，得出导线测量的主要技术要求见规范表 3.3.1。

以上导线测量的主要技术要求与在某测区的试验报告所提指标基本相符合。

4 关于测角仪器和测距仪器的分级与命名：

关于测角仪器的分级，沿用我国光学经纬仪的系列划分方法，即划分为 DJ05、DJ1、DJ2、DJ6 等，本规范对仪器的分级仍基于传统的按一测回方向中误差为分级标准，采用测绘工作者对测角仪器的习惯称谓，并涵盖全站仪、电子经纬仪和光学经纬仪等测角仪器。

关于测距仪器的分级，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 ($m_D = a + bD$) 分别为 5mm 和 10mm 的电磁波测距仪器，见本规范表 3.3.17 的注释部分。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。

3.3.2 关于超短导线，全长绝对闭合差不应大于 13cm 的说明：

根据理论公式验证，直伸导线平差后，导线中点的点位中误差和导线终点的点位中误差的关系为：

$$m_{\text{中}} = \frac{1}{K} m_{\text{终}} \quad (14)$$

则导线全长的相对闭合差为：

$$1/T = 2m_{\text{容}}/[S] = 2Km_{\text{中}}[S] \quad (15)$$

当附和导线长度小于本规范表 3.3.1 所规定长度的 1/3 时，导线全长的最大相对闭合差不能满足规范的最低要求。此时，则以导线全长的绝对闭合差来衡量，亦即 $Km_{\text{中}}$ 来计算。 K 为比例系数，取 $K=\sqrt{7}$ ； $m_{\text{中}}=0.05\text{m}$ ，故 $\sqrt{7} \times 5 \approx 13(\text{cm})$ 。

3.3.3 从较常用的导线网形出发，当最弱点的中误差与单一附和导线最弱点中误差近似相等时，各环节段的长度，以附和导线长度为单位，经过计算求得各图形结点间、结点与高级点间长度约为 0.5 倍～0.75 倍之间，本规范取用 0.7 倍来限制结点间、结点与高级点间的导线长度。

II 导线网的设计、选点与埋石

3.3.4 导线网的布设要求：

1 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并且点位分布均匀的要求而提出的。

3 直伸布网主要指导线网中结点与已知点之间、结点与结点之间的导线宜布设成直伸形式；直伸布网时，测边误差不会影响横向误差，测角误差不会影响纵向误差。这样可使纵、横向误差保持最小，导线的长度最短，测边和测角的工作量最小。

导线相临边长不宜相差过大（一般不宜超过 1:3 的比例），主要是为了减少因望远镜调焦所引起的视准轴误差对水平角观测的影响。

3.3.5 相邻两点之间的视线倾角不宜太大的规定，是因为当视线倾角较大或两端高差相对较大时，其观测误差将对导线的水平距离产生较大影响。

视线两端相对高差、视线倾角对测距边精度影响公式为：

$$m_s^2 = m_D^2 + \left(\frac{h}{S} m_h \right)^2 \quad (16)$$

或
$$m_s^2 = m_D^2 + (\sin \alpha \times m_h)^2 \quad (17)$$

$$m_h = \sqrt{E^2 + F^2 + G^2 + H^2} \quad (18)$$

式中： h ——测距边两端的高差；

S ——测距边的长度；

α ——测距边的视线倾角；

m_s ——测距边中误差；

m_D ——测距中误差；

m_h ——高差中误差；

E ——垂直角观测的偶然误差；

F ——仪器系统误差；

G ——地面大气析光差；

H ——垂线偏差及水准面不平行影响。

由上述公式可以看出：测距边视线倾角（或高差）越大，测距中误差 m_s 也越大。且高差中误差 m_h 公式中的 E 、 F 、 H 三个分项均相应增大。因而本规范提出测距边视线倾角不能太大的要求。

3.3.6 考虑到在建筑区内埋石的一些具体情况，本条对导线点的埋石作了有一定灵活性的规定。

III 水平角观测

3.3.7 本条规定是水平角观测仪器作业前检验。水平角观测所用的仪器是以 DJ1、DJ2 型仪器的原理为基础的，而这两种仪器精度不同，因此我们只有根据实际的需要和两种仪器可能达到的精度，分别规定出不同的指标。本条增加了全站仪、电子经纬仪的相关检验要求，其中包括电子气泡和补偿器的检验等。

对具有补偿器（单轴补偿、双轴补偿或三轴补偿）的全站仪、电子经纬仪的检验可不受本条前 3 款相关检验指标的限制，但应确保在仪器的补偿区间（通常在 $3'$ 左右）对观测成果能够进行有效的补偿。

光学对中器或激光对中器的对中误差指标，是指仪器高度在 $0.8\text{m} \sim 1.5\text{m}$ 时的对中误差检验校正值不应大于 1mm 。

3.3.8 关于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,水平角方向观测法的主要技术要求同规范表 3.3.8,但其不受测微器重合读数指标的限制。

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:

$$L-R=\frac{2C}{\cos\alpha}+2i\tan\alpha \quad (19)$$

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, $2C$ 的较差受垂直角的影响为:

$$\begin{aligned} \Delta_{2C} &= \left(\frac{2C}{\cos\alpha_1} + 2i\tan\alpha_1 \right) - \left(\frac{2C}{\cos\alpha_2} + 2i\tan\alpha_2 \right) \\ &= 2C \left(\frac{1}{\cos\alpha_1} - \frac{1}{\cos\alpha_2} \right) + 2i(\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2) \\ &\approx C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} + 2i\tan\Delta\alpha \end{aligned} \quad (20)$$

对于 DJ2 型仪器, $2C$ 可校正到小于 $30''$, 即 $C \leq 15''$, 这时式(20)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 $2C$ 较差限差 $13''$ 相比是较小的,因此式(20)第二项才是影响 $2C$ 较差变化的主项。

对于 DJ2 型仪器,一般要求 $i \leq 15''$,但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,也得用于外业。

i 角对 $2C$ 较差的影响,见表 2。

表 2 i 角对 $2C$ 较差的影响值 $2i\tan\Delta\alpha$

$i \backslash \alpha$	5°	10°	15°
$15''$	2.6''	5.3''	8.0''
$20''$	3.5''	7.1''	10.7''

由表 2 数值可知, $2C$ 较差即使允许放宽 30% 或 50%, 有时还显得不够合理, 但是若再放宽此较差, 则对于 i 角较小的仪器又显得太宽, 失去限差的意义。

因此, 规范表 3.3.8 注释规定: 当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时, 该方向的 $2C$ 较差可按相邻测回进行比较。

当用 DJ2 型仪器观测一级及以下控制网时, 规定一测回中, 2 倍照准差 ($2C$) 的变动范围可放宽为 $18''$ 。这主要考虑到其测角精度要求较低, 同时由于边长较短, 照准目标简陋, 因此 $2C$ 较差放宽为 $18''$ 后, 对成果精度影响不大, 同时有利于作业, 所以本规范予以放宽。

2 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, 归零观测增加了观测的工作量, 因此没有必要。

3 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。

4 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。目前工程类的全站仪、电子经纬仪很少采用动态法测角系统, 故规定应配置度盘。

3.3.9 由于三、四等单一导线要测左、右角, 左、右角的测回数分别为总测回数的一半。三等导线测回数调整为偶数的目的是为了三、四等单一导线的左、右角观测的测回数相同, 即把相对于三角形网的 9 测回观测调整为 10 测回观测。

在此应特别指出的是,按本规范附录 F 公式计算时,当 $m=10$ 时的度盘配置应如表 3 所示。其按公式计算的配置尾数全为 $30''$, 是不合理的。故观测时应注意再均匀调整一下度盘的尾数值。

表 3 度盘配置

测回序号 j	Σ
1	$0^{\circ}0'30''$
2	$18^{\circ}11'30''$
3	$30^{\circ}22'30''$
4	$54^{\circ}33'30''$
5	$72^{\circ}44'30''$
6	$90^{\circ}55'30''$
7	$109^{\circ}06'30''$
8	$127^{\circ}17'30''$
9	$145^{\circ}28'30''$
10	$163^{\circ}39'30''$

3.3.10 关于测站的技术要求说明如下:

1 增加仪器、反光镜(或觇牌)用脚架直接在点位上整平对中时,对中误差不应大于 2mm 的限制,以减少人为误差的影响。

2 测回间重新整置气泡位置的要求,是因为本规范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。

具有垂直轴补偿器的仪器(补偿范围一般为 $3'$),其对观测的水平角可以进行自动改正,故其不受此款的限制;作业时,应注意补偿器处于开启状态。

3 剧烈振动下,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。

3.3.12 对已知方向的联测,宜采用与所布设控制网相同的精度等级进行即可,不必采用过高的精度,更不必采用与已知点相同的精度。

IV 距离测量

3.3.14 由于核测精度要求很高,且测量部门全站仪及测距仪已得到很好的普及,因此本规范规定均采用全站仪或电磁波测距仪进行测距。

3.3.15 测距仪器中、短程的划分:短程为 3km 以下,中程为 3km~15km,是根据目前国内、外生产的测距仪器的规格而统一规定的。

3.3.16 仪器厂家多采用固定误差和比例误差来直观表示测距仪器的精度。但在高海拔地区作业时,对辅助工具的检验校正是很有必要的。

3.3.17 测距的主要技术要求是根据多数工程测量部门历年来的工程实践经验,按以下各项而制定的:

- 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 仪器的等级、每边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。

3.3.18 测距边用垂直角进行平距改正时,垂直角的观测误差将对水平距离的精度产生影响。由于高差测定误差(m_h)而引起水平距离改正数的中误差 m_D 为:

$$m_D = \frac{h}{S} m_h \quad (21)$$

按式(21)分析,当要求测距边倾斜边尽量保持水平时,则 h 之值远比 S 之值小得多,故其高程误差影响水平距离改正的中误差则更微小。根据本规范第 4.3.2 条五等电磁波测距三角高程的高程精度为 1km,中误差仅为 15mm,故本条规定其垂直角的观测和对向观测高差较差放宽 1.0 倍,是完全能保证测距边精

度的。

3.3.19 本条增加了对电子记录和电子测角仪器内存记录的要求。

V 导线测量数据处理

3.3.20 水平距离计算公式,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

$$D_0^2 = 2R^2 - 2R^2 \cos\theta \quad (22)$$

则
$$\cos\theta = 1 - \frac{D_0^2}{2R^2} \quad (23)$$

又
$$S^2 = (R+H_1)^2 + (R+H_2)^2 - 2(R+H_1)(R+H_2)\cos\theta \quad (24)$$

令两点间的高差 $h = H_1 - H_2$

则归算到参考椭球面上的水平距离严密计算公式为:

$$D_0 = \sqrt{\frac{(S+h)(S-h)}{\left(1 + \frac{H_1}{R}\right)\left(1 + \frac{H_2}{R}\right)}} \quad (25)$$

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:

$$D_H = \sqrt{\frac{(S+h)(S-h)}{\left(1 + \frac{H_1 - H_0}{R + H_0}\right)\left(1 + \frac{H_2 - H_0}{R + H_0}\right)}} \quad (26)$$

式中: D_H ——归算到测区平均高程面上的水平距离(m);

S ——经气象改正及加、乘常数等改正后的斜距(m);

D_0 ——归算到参考椭球面上的水平距离(m);

H_1 、 H_2 ——分别为仪器的发射中心与反光镜的反射中心的高程值(m);

h ——仪器的发射中心与反光镜的反射中心之间的高差(m);

H_0 ——测区平均高程面的高程(m);

R ——地球平均曲率半径(m)。

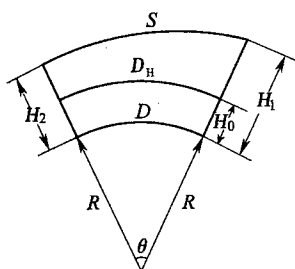


图1 观测边长归化计算

式(26)可以看作是水平距离计算的通用严密公式。应用时,当 H_0 为 0 时,其计算结果为参考椭球面上的水平距离;当 H_0 取测区平均高程面的高程时,其结果为测区平均高程面上的水平距离;当 H_0 取测区抵偿高程面的高程时,其结果为测区抵偿高程面上的水平距离;当 H_0 取测线两端的平均高程时,其结果为测线的水平距离。

2 若令式(26)的分母为:

$$K = \sqrt{\left(1 + \frac{H_1 - H_0}{R + H_0}\right) \left(1 + \frac{H_2 - H_0}{R + H_0}\right)} \quad (27)$$

则有:

$$D_p = \frac{1}{K} \sqrt{S^2 - h^2} \quad (28)$$

通过计算,当 H_0 为测线两端的平均高程时, $K \approx 1$, 其误差小于 10^{-8} 。

则测线的水平距离计算公式可表示为:

$$D_p = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (29)$$

要说明的是,在上面公式的推导中,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。由于工程测量控制网边长较短、控制面积小,椭球高和正常高之间的差别通常忽略不计。

3.3.23 本条给出了测距长度归化到不同投影面的计算公式。在作业时,应根据本规范第 3.1.5 条对平面控制网的坐标系选择

的不同而取用不同的公式。

我国建立 1954 年北京坐标系应用的是克拉索夫斯基椭球,建立 1980 年国家大地坐标系应用的是 1975 年国际椭球,全球定位系统(GPS)应用的是 WGS-84 系椭球参数。根据《中华人民共和国测绘法》,经国务院批准,我国自 2008 年 7 月 1 日起,启用 2000 国家大地坐标系,这几种大地坐标系地球椭球基本参数和曲率半径的计算方法详见本规范附录 G。

3.3.24 本条规定了严密平差和近似平差方法的选用。根据历年来各工程测量单位的实践经验,对一级及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要求。对二级及以下精度等级的平面控制网,由于其质量要求较低一些,允许有一定的灵活性,不作严格要求。

3.3.25 关于先验权的计算。控制网平差时,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,采用经典的计算公式和数理统计的经验公式,经过计算,反复迭代完成,但最终结果一样,都是可行的办法。

3.3.27 本条规定了平差后的精度评定。根据历年来的实践,只有将本规范中提出的各个评定项目完成后,才能充分说明控制网的实际精度情况。

3.3.28 本条规定了内业计算中数字取值的精度要求。根据各等级网的边长不同,取位规定的标准也不同,等级越高,取位精度要求越严格。不严格执行取位要求,不能达到最终边长与坐标的实际有效位数为毫米位的精度要求。

3.4 三角形网测量

I 三角形网测量的主要技术要求

3.4.1 随着全站仪、电子经纬仪在工程测量单位的广泛应用,角度和距离测量已不再像以前那么困难,现在的外业观测不仅灵活且很方便。就布网而言,纯粹的三角网、三边网已极少应用。所以

本规范引入三角形网测量的统一概念,对已往的三角网、三边网、边角网不再严加区分,将所有的角度、边长观测值均作为观测量看待。

三角形网测量的精度指标是基于原三角网和三边网的相关指标制定的。即测角中误差和最弱边边长相对中误差仍沿用原三角网测量的相应指标,测距相对中误差仍沿用原三边网的相应指标。

具体指标的确立是根据工程测量单位所建立控制网的统计资料 and 考虑不同行业的测量技术要求,在综合分析的基础上确定的,具体说明如下:

1 关于测角中误差和测回数。

对三、四等三角形网测量的测角中误差仍分别沿用我国经典的 $\pm 1.8''$ 、 $\pm 2.5''$ 等划分方法。

水平角观测的测回数是根据多数工程测量单位的水平角观测中误差与测回数统计表而规定出来的,见表4。

表4 水平角观测中误差与测回数统计

DJ1 型			DJ2 型		
测回数	测角中误差 (")	网的个数	测回数	测角中误差 (")	网的个数
3	0.90~1.66	4	1	5.00	1
4	0.89~2.40	8	3	2.40	2
6	0.80~1.70	17	4	1.55~2.10	4
8	0.85~1.68	3	6	1.30~2.50	9
9	0.55~1.79	26	8	1.90~2.20	5
10	1.01	1	9	0.95~1.80	6
12	0.40~1.02	7	9	2.12	1
			12	1.17~1.64	2

一、二级三角形网测量的测角中误差和测回数也是根据多数工程测量单位已采用的指标规定的。

2 关于平面控制网的基本精度。

工程测量单位平面控制网的基本精度,应使四等以下的各级平面控制网的最弱边边长(或最弱点点位)中误差不大于地形图上0.1mm。即对于1:500和1:1000比例尺的地形图,其误差分别为5cm和10cm。因此,三、四等三角形网的建立,本规范取四等三角形网最弱边边长中误差为5cm。

3 关于最弱边的精度系列。

对于以测角为主的三角形网而言,控制网的边长精度主要取决于测角的精度。有如下关系式:

$$T_{Qi} : T_i = m''_{\beta i} : m''_{\beta i-1} \quad (30)$$

式中: T_{Qi} 、 T_i ——分别为第 i 级加密三角形网的起始边和最弱边的边长相对中误差的分母;

$m''_{\beta i}$ 、 $m''_{\beta i-1}$ ——分别为第 i 级和第 $i-1$ 级三角形网的测角中误差。

三、四等和一、二级三角形网的测角中误差,分别规定为: $\pm 1.8''$ 、 $\pm 2.5''$ 、 $\pm 5''$ 、 $\pm 10''$,那么各等级控制网的 T_{Qi} 和 T_i 也就基本确定。

三、四等三角形网的起始边,本规范根据需求和目前电磁波测距仪器的精度指标,采用1/150000和1/100000;一、二级分别采用1/40000和1/20000,以上系列在实际工作中验证均可达到。随着电磁波测距仪器的普及应用,加测边长变得很容易,满足规范最弱边或最弱点的精度指标应该不成问题。

3.4.2 三角形网测量概念的提出,就是将所有的角度、边长观测值均作为观测量看待,所以均应参加平差计算。

II 三角形网的设计、选点与埋石

3.4.4 随着测绘科技的发展和作业技术手段的提高,工程测量已不再强调逐级布网,但应重视在满足工程项目基本精度要求的情况下,合理确定网的精度等级和观测方案,也允许在满足精度要求的前提下,采用比较灵活的布网方式。

III 三角形网观测

3.4.7 由于工程控制网的平均边长较短,成像清晰、稳定(相对大地测量而言),通常测站的观测时间也较短,因此,方向观测法是三角形网水平角观测的主要方法。

IV 三角形网测量数据处理

3.4.12 增加了三、四等三角形网的方向观测值,应进行高斯正形投影方向改化的技术要求,并提供了方向改化的计算公式。即要求把椭球面上的方向观测值归化到高斯平面上,才能进行三角形网的平差计算,距离的改化也是如此,见本规范第 3.3.23 条条文说明。

3.4.13 边-角条件的限值是指三角形中观测的一个角度与由观测边长根据各边平均测距相对中误差计算所得的角度限差。

3.4.14 各种几何条件的检验是衡量其整体观测质量的主要标准,其理由如下:

1 测站的外业观测的检查只能反映出测站的内部符合精度,其仅能部分体现出观测质量,无法体现系统误差的影响,更不能反映整体三角形网的观测质量。

2 就单个三角形而言,其闭合差只能反映出该三角形的观测质量或测角精度;

3 对于整个三角形网,其以三角形闭合差为数最多,因此按菲列罗公式(本规范第 3.4.10 条)计算出的测角中误差是衡量三角形网整体测角精度的主要指标。但当三角形的个数较少时,其可靠性就不是很高。

4 对三角形网所构成的各种几何条件的检验是衡量其整体观测质量的主要标准。不满足时,应及时检查处理或进行粗差剔除,然后才能进行控制网的整体解算。

由于计算机的普及应用,本次修订时取消了有关对数形式的检验计算公式。

4 高程控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 高程控制网精度等级的划分,采用现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 中水准测量等级系列。其中四等三角高程测量与四等水准测量的精度是相当的,GPS 高程测量主要指采用拟合的方法计算高程。

4.1.3 从核电厂 1:1000 测量范围考虑,首级高程控制应考虑采用三等水准测量较合适,同时也为了满足核电厂临时水文站设立水尺零点高程的精度要求。

4.1.4 1985 国家高程基准是我国目前推荐使用的高程系统,其高程起算点是位于青岛的“中华人民共和国水准原点”,高程值为 72.2604m。1956 年黄海平均海面及相应的水准原点高程值为 72.289m,两系统相差 -0.0286m 。除上述两种常用高程系统外,还有以吴淞零点、大沽口零点、废黄河零点、坎门零点为基准的高程系统。

4.1.5 永久性水准点应设立在核电主厂区附近,可单独命名。高程控制点一般与平面控制同点名同点位;当设置观测墩时,同点名而不同点位。

4.1.6 当测区附近没有 I、II 等国家水准点时,就要进行测区高程起算点的引测,因首级控制网采用三等水准,故引测应采用不低于三等水准测量。当工程建设需要利用有不同高程系统的测量资料,就要进行高程系统间的联测。引测和联测之前应进行高差检测,检测高差与原高差之差小于测设等级限差的 1.5 倍时方可作为测区高程起算点。

4.2 水准测量

4.2.1 水准测量的主要技术要求与现行国家标准《国家三、四等水准测量规范》GB 12898 基本相同。

4.2.2 水准仪系列分级及基本技术参数包含气泡式水准仪、自动安平水准仪,数字水准仪归类于相应等级的光学水准仪中,并按相应等级仪器的要求作业。

4.2.3 本条文列出了所使用的仪器及水准尺经检验和校正的有关规定,指出应需满足有关主要指标值:水准仪视准轴与水准管轴的夹角 i 、补偿式自动安平水准仪的补偿误差 $\Delta\alpha$ 和水准尺上的米间隔平均长与名义长之差。

4.2.12 本条文列出水准测量的数据处理的两个精度评定公式。

式 4.2.12-1 用水准网中各测段往返测高差不符值,计算出每千米水准测量偶然中误差 M_{Δ} 。

式 4.2.12-2 用水准网中的环闭(符)合差,计算出每千米水准测量全中误差 M_w 。

4.3 三角高程测量

4.3.1 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,并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。

4.3.2 本条文规定了三角高程测量的技术要求。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一致,但需要较高等级的高程点作为三角高程测量的起算点,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。

4.3.5 三角高程观测要求不同于三角高程观测的技术要求,本条文可理解为三角高程观测的注意事项。

4.4 GPS 高程测量

4.4.1 本条文对 GPS 高程测量适用条件作了规定,只可在五等及以下等级高程测量中使用。GPS 高程点主要用于地形测量。GPS 高程测量主要是以拟合方法计算的 GPS 高程测量。

4.4.3 本条文对 GPS 高程测量的主要技术要求作了规定,主要说明了对高程联测点的等级、分布、点数要求以及分区拟合的方法。

4.4.4 本条文规定了 GPS 拟合高程计算的要求,可利用已有资料、已知点检核和拟合模型的优化。条文最后一点,利用 WGS-84 大地高差按常规高程网进行平差,计算 GPS 高程值。

4.4.5 本条文规定了对 GPS 点的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。

5 地形测量

5.1 一般规定

5.1.2 本条依据现行国家标准《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量内业规范》GB/T 7930、《1:5000 1:10000 地形图航空摄影测量内业规范》GB/T 13990 划分地形类别和确定地形图等高距。

5.1.4 地形图地物点点位中误差,主要根据用图需要和测图的实际情况确定,主要参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 中的精度要求。其中数字高程模型(DEM)的精度要求按照《1:500 1:1000 1:2000 外业数字测图技术规程》GB/T 14912 中的规定制定。

依据现行国家标准《工程测量规范》GB 50026,确定了建筑区细部坐标点的点位和高程中误差。地形图上细部点的点位和高程中误差是相对于邻近图根点而言的,主要是根据核电厂项目用图需要和测绘的实际情况确定的。由于核电厂项目对测量精度要求较高,一般的图面精度无法满足其要求。建筑区的地形图可能涉及拆迁和规划问题,对地形图测量精度要求较高;建筑区应保留的建筑,对新建建筑的制约比较强,对测量精度要求也较高,以满足新建建筑对楼间安全距离的要求。

5.1.5 地形图分幅可以采用测量标准图幅,也可采用各测绘单位的 A0~A3 标准设计图幅。

5.1.7 针对目前测量仪器设备的应用状况,地形测量采用的仪器设备中没有选用平板仪、塔尺等传统测量仪器设备。

5.1.8 地形图成果整理和检查的要求,都是历年来工程测量单位为了确保质量而总结出来的行之有效的办法。

5.2 图根控制测量

5.2.1 图根点主要用于地形测量工作,为保证大比例尺地形图的成图质量,图根点的精度相对于临近等级控制点点位中误差不应大于图上 0.1mm。

5.2.2 为保证在不同测站测图时以最大测距测得的地形点能够衔接,取最大距离长度的 0.7 倍作为半径求出有效控制面积,分别推算出各种比例尺每幅图Ⅲ类困难地区的最低控制点数量,再按两相邻困难类别梯度系数 0.75 换算出其他类别每幅图的最低图根点数量。

I 图根平面控制

5.2.3 图根平面测量采用现行国家标准《1:500 1:1000 1:2000 外业数字测图技术规程》GB/T 14912 中的相关规定。

为了保证图根导线测量的精度,规定光电测距一个测回两次读数,其读数较差要求在 10mm 以内,并进行气象和仪器常数改正。

图根解析补点时,根据理论计算分析,当交会角在 $30^{\circ}\sim 150^{\circ}$ 之间时,交会误差最小,交会成果质量最高。

GPS-RTK 图根控制测量方法限定了作业半径为 5km,受周围障碍物遮挡和外界无线电信号干扰,GPS 测量精度会受到影响,因此要求对 GPS-RTK 图根点进行两次独立测量予以校核。

II 图根高程控制

5.2.4 图根水准测量的技术规格按照每公里高差中误差为 20mm 进行设计,并参考历年来的实际经验而制定。

1 由于水准支线缺少附和或闭合条件,精度较低,因此将其路线长度缩短为附和路线长度 5km 的一半,即不大于 2.5km,并采用往返观测予以校核。

2 随着全站仪精度的提高,光电测距三角高程可在平坦地区达到图根水准测量的精度要求。

5.2.6 图根控制测量成果计算取值精确度的要求是从图根点间的边长出发,保证经计算后最终边长及坐标成果准确至 1mm 有效位的精度。

5.3 测绘方法

I 全站仪测图

5.3.2 根据各个测绘单位的作业特点,全站仪测图方法可选择编码法、草图法或内外业一体化实时成图法等方法。

II GPS-RTK 测图

5.3.9 WGS-84 系统的坐标和大地高的可靠性对求解转换参数的精度影响较大,因此,要求采用平差后的 WGS-84 成果。

5.4 地物测绘

5.4.2 渠和塘的测绘,特别对其顶部,应测绘其顶部的适当位置,以确保不对渠、塘的容积大小产生疑义为原则。

5.4.3 居民地及设施的测绘规定了建(构)筑物测点的位置,规范了房屋层数的概念。

建(构)筑物轮廓凸凹部分一般均应实测,但当图上小于 0.5mm,或 1:500 比例尺图上小于 1mm,也就是实地小于 0.5m 的凸凹部分,可视为一直线,用直线连接表示。

5.4.4 对于主要公路和铁路,要求标注路名、里程桩的里程数和通向。

5.4.5 为了考虑电源出线等因素,要求在地形图上标注 35kV 及以上电压等级输电线路的名称、电压等级和杆塔编号。线路密集时,摘要测绘的原则是保证用图者的需要,使图纸负载合理,清晰易读。

5.4.7 独立地物如水塔、烟囱、杆塔,在图上具有明显的方位意义,但又不能按比例尺表示其外廓形状时,应准确表示其定位点或定位线位置。

5.5 地貌测绘

5.5.1 本条规定了地貌的表示方法和应遵循的基本原则。

5.5.2 本条说明了等高线的测绘和表示地貌的方法,重点强调了地形特征点(如山脊、山顶、鞍部、山脚、谷口、谷底、河川、湖地的岸边等变坡点位置)和地性特征线(如合水线、分水线)在计算机构网生成等高线中的重要作用。

5.6 水下地形测量

5.6.1 已建和将建的核电厂厂址基本分为滨海厂址与内陆厂址,内陆厂址主要是滨江、滨湖等。因此,水下地形测量按厂址类型可分为海域测量、水域测量(江、湖、河和水库等),海域测量、水域测量统称为水下地形测量。

5.6.2 核电厂测量内容一般有陆域测量、水下地形测量。水下地形测量的坐标系统和高程系统应与陆域测量的坐标系统和高程系统一致。当水下地形测量与陆域测量同时进行,应以陆域测量为主,布设统一的测量控制网。当水下地形测量先于陆域测量进行时,应以陆域测量的坐标高程系统为准,求出两者换算关系。

5.6.3 本条规定了平面控制网的基本精度:最弱点相对于起算点的中误差不应大于 10cm,当测图比例尺为 1:500 时不应大于 5cm。

5.6.4 本条规定了测深点的定位中误差,在图上一般不应超过 1.5mm。

5.6.5 水下地形测量主要有水深测量和测深点定位两部分工作,本条列出了水深测量的常用设备和测深点定位的常用方法。多波束回声测深作为新技术逐渐在水下地形测量中应用。

5.6.6 本条说明了各种水深测量方法的适用条件,应合理选用或组合使用。由于测深的相关工具和仪器所适应的深度范围分别为:测深杆 0~4m,测深锤 0~20m;测深仪 1m 以上。测杆测深在

0~4m 范围内,其较差为 0.2m~0.3m;测深锤测深,在流速不大、水深小于 20m 的情况下,其较差为 0.3m~0.5m;测深仪测深,在电压、转速正常情况下,测深精度为水深的 1%~2%,据此估算出测深深度中误差,如本规范表 5.6.6 所示。

5.6.7 本条为强制性条文。水上作业危险源比较多,风险比较大。因此,在水下环境不明的区域进行测量时,须对潜在的危险情况进行详细调查了解,并做好安全应急措施。

5.6.11 水尺设置的原则:要使所设立的水尺对水位变化的范围做到有效控制,且相邻水尺的控制范围要有适当的重叠,水位观测资料要能充分反映全测区水位的变化。所以当水尺的控制范围不能重叠时,应增设水尺。

5.6.12 为了与水深测量精度相匹配,并略高于其精度,因此对水尺零点高程的联测要求不低于图根水准测量精度的规定是适宜的。

5.6.13 关于测深仪作业规定的说明:

1 对于工作时电压与额定电压及实际转速与规定转速之差的变动范围,这里仅作了一般性规定。作业时,还应以仪器说明书(鉴定书)为依据,适当调整。

4 换能器安装位置的规定,主要是要求尽量避免因船体机械运动而产生的干扰。船首附近受水流冲击影响较大,也容易在换能器底部产生气泡。故将换能器安装在距船头 $1/3 \sim 1/2$ 船长处是比较合适的;

5 对于坡度变化较大的水下地形,如果定位中心与换能器中心偏移较大将导致所测的水下地形图失真,影响成图质量,因此应进行偏心改正。

8 根据实践经验及有关资料,测船因风浪造成的摇动大小,取决于风浪的强弱及测船的抗风性能,而测深仪记录纸上回声线的起伏变化可反映出其对测深的影响。当变化不大时可正常作业,风浪对测深精度影响不大。如记录纸上出现有 0.3m~0.5m

的锯齿形变化时,实际水面浪高一般将超出其值的 1 倍~2 倍,此时船身大幅度摇动,直接造成换能器入水深度变化较大,引起测深误差较大。按内河和海域船舶的抗风能力,规定了内陆水域和海域不同的回声线波形起伏限值。

5.6.14 测深点的水面高程,根据时间和位置进行内插,容易理解。而当两岸水位差较大时,水面呈倾斜面而非水平面,因此还应进行横比降改正。

5.6.15 GPS 定位有 GPS-RTK 和 RBN-DGPS 两种方式。其主要技术要求说明如下:

1 技术要求主要是基于本章第 5.3 节的相关规定提出的,着重考虑了水深测量实际需要及目前 GPS 接收机的发展现状。

2 在控制点上对流动 GPS 接收机测出坐标进行检验和比对时间的长短,以能判断 GPS 接收机可稳定接收数据为原则。

3 由于 GPS 与测深仪是两种类型的仪器,GPS 用于点位测量,测深仪用于水深测量。两种仪器采集到的数据进入计算机时,应保持同步。

5.6.16 采用 GPS-RTK 定位时,可采用验潮水深测量、无验潮水深测量方式;采用 GPS-RTK 定位时高程数据可直接由 RTK 测得,验潮数据在数据处理中不会用到,通常情况下只能作为检测数据。

5.6.17 交会法、极坐标法定位是常规的方法。其相当于陆地经纬仪和平板仪地形测量。作业与检查的精度要求与陆地相当。使用交会法定位时,由于交会点位的精度随交会角的变小($<20^\circ$)和变大($>150^\circ$)而急剧恶化,所以控制交会角在合理的范围内是必要的。

5.6.18 由于水深测量的特殊性,对测深结果进行检查比对尤为重要。规定比对结果的限差理由为:由于受多种因素的影响,对 20m 以下的水深测量,取不同深度测点水深中误差平均值的 $2\sqrt{2}$ 倍,即为 0.4m,作为比对比较差的限值指标;对大于 20m 的水深测

量,将前述 0.4m 的限值按 20m 水深折合成百分比误差,即为 $0.02H(m)$ 。

5.7 海洋测绘

5.7.1 滨海厂址,海洋测绘的内容包括:工程海区的微地貌特征,海底礁石、沉船等障碍物的位置、高度大小的探测以及工程海区海底浅地层分布情况和不良地质现象的探测;目前主要使用的是侧扫声呐和浅地层剖面仪。

5.7.5 侧扫声呐探测资料的解释涉及物探、地质、水文等专业知识,因此需要相关专业配合完成。

5.7.9 浅地层剖面资料的解释涉及物探、地质、水文等专业知识,因此需要相关专业配合完成。

5.8 地形图整饰及检查

5.8.1 数字地形图的编辑整饰,类似于平板测图中的内业自检,是数字化成图不可缺少的一个过程。

5.8.2 对地形图整饰要求的说明:

1 对地形图要素进行分层表示是十分必要的。基于目前的现状,本规范对地形要素的分层属性未作统一规定。

5 法定名称是指各级行政主管机关颁布的名称。注记的名称不得自行命名。

7 图名、图号、坐标高程系统、图廓及格网坐标、测图单位、测图者姓名、测图时间等,一般应编辑在成图软件的相关设置后,使其自动生成。

5.8.3 关于地形图分幅的说明:

1 应根据成图需要分幅裁剪,检查编辑每幅图的图边数据,避免出现如下情况:

1) 点位(如控制点、地形点等)与注记分离。

2) 点状符号(如独立地物、控制点、管线等符号)被裁分。

3) 注记文字被裁分, 出现注记不完整。

4) 图边线条(或文字)被意外删除等。

3 图廓及坐标格网一般由成图软件自动绘制。当个别格网需要编辑时, 应采用坐标输入展绘。由计算机屏幕量取的图廓及格网坐标应与理论值一致。

5.8.5 地形图检查一般按内业检查、外业巡视检查和仪器实测检查的步骤进行, 各步骤互为补充, 不能替代。其要点为:

1 内业检查主要在于测站点、地形点的分布密度及其合理性、各种图例符号、注记配置的规范性、等高线走向的合理性、等高线的点线矛盾、图廓整饰有无遗漏和差错等, 其目的在于发现图面矛盾和疑问, 为外业巡检和仪检做准备。

2 外业巡检的重点是查看地物有无遗漏、图面的概括取舍是否恰当, 各种线路连接是否与实地一致, 等高线勾绘与实地有无矛盾等, 并由此确定仪检的范围和内容。

3 仪检的重点是内业检查和外业巡检中发现的错、漏和疑点部分, 是检查人员从图面认识到实测证实的过程。断面法布点有利于发现不同测站间的系统性差错。当发现的差错点数超过我们的容忍范围时(20%), 自然要加大检测的范围和内容。

4 由于水下地形的隐蔽性增加了检测难度, 水深测量的准确性尤为重要。使用不同的检测工具, 有利于避免测量工具带来的系统性误差。

5 对检查点进行统计分析, 从而估算出地形图所能达到的精度, 是检测测量的目的之一。

6 检测数据文件的分类保存, 有利于数据的检索查找和再利用。

6 数字摄影测量

6.1 一般规定

6.1.1 核电厂工程在规划选址、可行性研究、初步设计、施工图设计等各阶段所采用的地形图比例尺是不一样的,核电工程建设周期较长,施工图设计阶段建设场地大比例尺测量一般面积较小且易于工程测量作业完成,所以本章主要涵盖了核电厂工程在规划选址阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段中 $1:1000 \sim 1:10000$ 各比例尺地形图的数字摄影测量成图方法。

摄影测量的发展经历了模拟摄影测量、解析摄影测量、数字摄影测量三个阶段。相应的测图方法包括了模拟测图仪测图、解析测图仪测图、机助立体坐标量测仪测图、数字摄影测量系统测图。除数字摄影测量系统测图外,其他测图方法的应用已经很成熟,所以本章主要规定了应用数字摄影测量作业方法成图的有关要求。

6.1.3~6.1.5 这几条规定了像控点、内业加密点、地物点、等高线的精度要求,与现行国家标准《 $1:500$ $1:100$ $1:2000$ 地形图航空摄影测量内业规范》GB/T 7930、《 $1:500$ 、 $1:1000$ 、 $1:2000$ 地形图航空摄影测量外业规范》GB/T 7931、《 $1:5000$ 、 $1:10000$ 地形图航空摄影测量内业规范》GB/T 13990、《 $1:5000$ 、 $1:10000$ 地形图航空摄影测量外业规范》GB/T 13977 相关内容要求是一致的。

6.2 航空摄影技术及资料要求

6.2.2 航摄比例尺选择的正确与否,直接影响成图的平面和高程精度,因此航摄比例尺的确定,即测图放大倍数的控制应由成图的平面和高程预期精度来进行估算。由相关资料可知(见《城市测量

规范》CJJ 8—99 第 5 章),航测测图放大倍数应同时满足平面和高程的精度要求。测图放大倍数在 1:1000 或 1:2000 成图时,平地、丘陵地不宜大于 4 倍,山地宜为 3.5 倍~6 倍;1:5000 和 1:10000 成图时,均不宜大于 4 倍。

航测成图精度与像片比例尺、航高有密切关系。因此航摄比例尺、航高的选择应根据成图比例尺、图幅大小、布点方案、测图地形和仪器装备以及航测成图、加密技术水平等情况合理选择。

6.2.3 本条规定的目的是减少植被覆盖和阴影等外界条件的影响。

6.2.4 对飞行质量的要求是为了保证成图的基本要求,应按有关规定做好航摄方案的选择和验收工作。当航摄比例尺大于 1:4000 时,旋偏角不宜大于 10° (最大不得大于 12° ,且不得连续超过三片的规定),主要是考虑到目前航摄飞行的具体困难,如在低空摄影时,受气象状况的影响较大,不易稳定,故略放宽一些。

6.2.7 航摄成果检查验收的方法有如下三种:

1 数据测定法:就是采用人工量测和仪器测定,并以数据表示所测定的指标。如用解析法检查航摄影片的压平质量就是一种数据测定的方法。它是应用解析空中三角测量的原理,将要检查的两个连续立体像对在精密立体坐标量测仪上进行方位线定向后,测定每个像对的标准配置点及检查点的坐标和视差,并应用连续像对相对定向计算程序进行解算。如果在航摄过程中,底片没有得到严格压平,则地物点的构像就会产生移位,也就满足不了相对定向的几何条件。因此,可在解算相对定向元素的逐渐趋近过程中,检查模型定向点及多余检查点上的剩余上下视差(Δq)是否为零或小于某一限定值作为评定底片压平质量的标准。

2 样片比较法:就是在底片摄影质量检查抽样测定数据的基础上,根据有关航空摄影规范所规定的质量指标,制作出不同地区和不同景物特征的标准样片,如城市密集区、一般平地、丘陵地、山地等。在实际检查验收工作中,要通过对照同类样片进行比较的

方法,鉴别摄影质量的优劣。

3 目视检查法:该法是检查验收工作中经常采用的主要方法。对规范、合同条款的正确理解及摄影与摄影测量的实践经验,是目视检查者必须具备的基本条件。

6.2.8 对航摄资料的飞行质量、摄影质量及摄影处理质量进行检查验收时,凡是摄区合同和本规范第 6.2.4 条和第 6.2.5 条中有明确质量指标的,应按规定执行。检查验收人员不得自行放宽限差,降低质量标准。在执行规范和摄区合同各项规定的前提下,对航摄过程中确系难以预见的客观原因或某种特殊情况所造成的局部质量问题,应从综合经济效益考虑,充分协商,灵活处理。在检查验收工作中,如双方代表对规范条款有不同的理解,经过协商又不能取得一致认识时,应及时报请主管上级处理。

6.2.9 本条规定了提交航摄资料的内容,对航摄底片、航摄像片和像片索引图的有关要求如下:

1 底片编号应以反体字在乳剂面上注记,号码与航线前进方向一致,字大小为 $4\text{mm} \times 6\text{mm}$ 。东西方向飞行时,片号应编在相应于实地的西北角上;南北方向飞行时,片号应编在相应于实地的东北角上。片号应尽量靠近像幅边缘,但又不得压盖框标。号码应包括摄区代号及底片片号,同一摄区内不得出现重号。

2 底片应进行装筒包装,每筒内装一卷或两卷底片。每卷底片应填写登记卡片一式两份,一份置于筒内,一份贴在筒外,卡片上注明筒号、图号、起止号码等。每卷底片的两端分别作出如下内容相同的注记:航摄日期、机组号、摄区代号、分区编号、底片卷号、所在图幅编号、航摄仪类型及号码、主距、框标距、暗盒号、起止片号、总片数等。

3 航摄像片扫描片应按规定要求的分辨率进行扫描,存储数据按单张像片为文件存储,编号与像片编号严格一致,扫描时应按底片正片进行作业,电子文档应硬盘或刻盘作为载体进行交付。

4 像片应按航线段整理装盒,填写像片登记卡片一式两份,

一份置于盒内,一份贴在盒上。卡片的内容应包括:摄区代号、所在的图幅编号、航线序号和每条航线的起止片号、片数及总片数。

5 像片索引图的幅面一般为 $25\text{cm} \times 30\text{cm}$ 。图内应注出较大的城镇、河流等主要地物的名称,图外应标明所在的图幅号、摄区代号、航摄年月、航摄比例尺和制作者、检查者等有关内容。像片索引图应能如实反映所含范围内全部像片资料的情况。索引图的比例尺应尽量大些,要确保能够判读每条航线的像片号码。

6.3 像控测量

6.3.2 随着技术设备和作业技术的发展,现在各单位均已主要采用区域网布点法作为厂区地形图航测作业像控点的布设方案,因此本规范只规定了区域网布点法的技术要求;对全野外布点法、航线网布点法可参照现行国家标准《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量外业规范》GB/T 7931 和《1:5000、1:10000 地形图航空摄影测量外业规范》GB/T 13977 的相关内容执行。

6.3.3 本条规定的平面区域网和平高区域网的布点方案,是根据理论估算并结合生产单位的经验总结确定的。采用现行国家标准《1:5000 1:10000 地形图航空摄影测量外业规范》GB/T 13977 中航线网解析空中三角测量的精度估算公式进行估算。

1 航向相邻控制点间的基线数估算公式:

$$M_s = \pm 0.28K \cdot m_q \sqrt{n^3 + 2n + 46} \quad (31)$$

式中: M_s ——加密点的平面中误差(mm);

K ——像片放大成图倍数;

m_q ——视差量测的单位权中误差(mm);

n ——相邻控制点间的像片基线数。

表 6.3.3-1 中基线数估算值按式(31)计算, m_q 取值为 0.20mm。

2 航向方相邻两排高程控制点间的跨度估算公式:

$$M_h = \pm 0.088H/b \cdot m_q \sqrt{n^3 + 23n + 100} \quad (32)$$

式中： M_h ——加密点的高程中误差(mm)；

H ——相对航高(m)；

b ——像片基线长度(mm)；

m_q ——视差量测的单位权中误差(mm)；

n ——相邻控制点间的像片基线数。

表 6.3.3-2 中基线数估算值按式(32)计算， m_q 取值为 0.20mm， b 取值为 85mm。

6.3.5 有关像片控制点的选刺与整饰的要求与现行的国家标准规定是一致的。

6.3.6 随着测绘技术的发展，采用 GPS 技术进行像控点平高测量已是主要作业手段，因此本规范只规定像控点平高测量精度，对具体作业手段未再作具体要求，其他作业方法可参照国家规范相关规定进行。

6.4 像片调绘

6.4.1~6.4.4 像片调绘主要是确定地物、地貌的类别和性质。因此调绘时，对地物、地貌类别和性质应判读准确，若能参考收集到的有关图文资料，则将有利于像片判读深入进行。虽然地物、地貌的位置和尺寸应有室内立体模型测定，但是对于电力线、通信线、小点状地物，还需要通过调绘将其平面位置准确刺出。

对航摄后新增地物或被遮盖地物的补测，不宜按地物的影像相关位置在像片上调绘，补测应根据已有明显地物点量测相关尺寸，采用交会作图等方法。小面积补测可绘草图，标明相关尺寸，较大的面积应采用测量仪器并依规定比例尺进行测绘。调绘片上要圈出补测范围并加以编号以便查对，必要时应利用内业测绘的原图到外业直接进行补测。

被阴影遮盖的道路、河宽以及一些陡坎、堤坎，在立体模型上影像不清晰难以切准，需要现场调绘，量注其宽度或高度，供内业

测图时描绘、校核。

6.5 数字化成图

6.5.1 各测绘单位目前已普遍应用数字摄影测量系统进行航测作业,数字化摄影测量系统一般应具有以下功能:

- 1 全自动内定向。
- 2 全自动选点、相对定向、转点、测量像点坐标。
- 3 半自动/人工加入连接点、保密点、地面控制点。空三加密作业已可在计算机上全部完成。

6.5.2 空三加密所需的资料可归结为:航片资料、外业资料和收集的资料等三部分。

1 航片资料:底片扫描片供量测用;航摄仪技术数据表及鉴定表和航摄技术及质量检查报告等文件,一方面让作业员了解和掌握航片整体的摄影质量情况及各张像片的具体质量情况(如倾角、旋偏角及重叠度等),另一方面为作业员提供必要的输入参数(如主距、航高、内方位元素、镜头畸变差等数据)。

2 外业资料:包括控制和调绘的资料及像片。控制成果是空三加密的数学依据。控制观测及计算手簿、控制片、调绘片等,是供空三加密成果分析及差错处理的备查资料。

3 收集资料:包括地形图及测区已有的控制成果资料。地形图系供选取图解控制之用。已有控制成果资料供查处外业测量差错之用。

空三加密作业员在接受上述三方面资料之后,应检查资料项目与内容是否齐全,并分析这些资料是否满足内业加密和测图的要求。

6.5.3 空三加密内业加密点的选取是作业过程中的关键工作,是建立像对关系及构建空三加密网的数学基础,有着严格的选点要求,本节所规定的选点要求与现行的国家标准规定是一致的。

6.5.4 目前采用的全数字摄影测量软件系统一般具有自动和手

动两种定向方式,在自动解析定向方式下,当扫描片框标十字丝不清晰时,系统会产生粗差,在满足限差要求的情况下,其框标定向仍会偏离实际位置,因此本条规定对于自动解析定向结果应进行人工检查。

单点量测较差限差为 0.01mm,其左右和上下方向的改正均应满足限差要求,按照误差公式 $m = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = 0.0143$ 计算,考虑到核电厂工程的实际要求,规定框标内定向坐标残差中误差不应大于 0.015mm。

由于 1:10000 地形图已为国家基本地理用图,因此只给出了在 1:10000 地形图上选取图解控制点的定向限差要求。

6.5.7 有关空三加密成果分析及处理的问题说明如下:

1 当内业方面的观测、转刺点、外业成果转抄与输入和摄影参数数值(如主距、框标值、摄影比例尺)等出错时,应更正并重新量测和计算。

2 当外业控制点刺错,应根据点位说明与略图结合像片上目标影像进行改刺并重新量测计算。外业控制点计算错或成果转抄错的应更正并重新计算。

3 错点改刺应在排除了内、外业观测和计算的错误之后进行。改刺时应按误差的方向、大小所提供的范围进行改刺;改刺后的点位应与外业刺空略图及说明基本相符;应重新量测、计算,平面和高程的不符值应在限差以内。

6.5.9 输出的加密点的坐标及其高程和立体像对模型参数等成果可以便于后工序快速重建模型(构建像对立体模型、正射影像、DEM 等)。

6.5.10 数字化测图需要在立体模型环境下进行。对于在不同作业系统上引用空三加密成果时,就需要重新构建像对立体模型。

6.5.11~6.5.14 这几条规定了数字化测图的作业步骤、注意事项、技术要求。

6.5.16 由于植被密集区、电力线、通信线及小点状地物等在立体

模型下不易准确判读,考虑到人肉眼对地形起伏判断在航片不清晰时会有误差,因此本规范强调了数字化地形图成图后,应重点进行点状地物、植被密集区等航测困难地区的检查测量工作。

6.6 数字影像产品

6.6.1 数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)是在某一投影平面(如高斯投影平面)上规则格网点的平面坐标(X, Y)及高程(Z)的数据集。DEM的格网间隔应与其高程精度相适配,并形成有规则的格网系列。根据不同的高程精度,可分为不同类型。为完整反映地表形态,还可增加离散高程点数据。

1 数字线划地形图(Digital Line Graphic, DLG)是现有地形图要素的矢量数据集,能保存各要素间的空间关系和相关的属性信息,全面地描述地表目标。

2 数字栅格地图(Digital Raster Graphic, DRG)是现有纸质地形图经计算机处理后得到的栅格数据文件。每一幅地形图在扫描数字化后,经几何纠正,并进行内容更新和数据压缩处理,彩色地形图还应经色彩校正,使每幅图像的色彩基本一致。数字栅格地图在内容上、几何精度和色彩上与国家基本比例尺地形图保持一致。

3 数字正射影像图(Digital Orthophoto Map, DOM)是利用数字高程模型(DEM)对扫描处理的数字化航空像片,经逐像元进行投影差改正、镶嵌,按国家基本比例尺地形图图幅范围剪裁生成的数字正射影像数据集。它是同时具有地图几何精度和影像特征的图像,具有精度高、信息丰富、直观真实等优点。

现在使用的全数字摄影系统在完成地形图成图的同时,可以根据需求方便地生成数字线划地形图、数字栅格地图、数字正射影像图以及数字高程模型等产品,便于三维设计需求等。

6.6.2 保密点是指外业或内业空三加密过程中形成的用以检测内业成果的数据点。

7 卫星遥感

7.1 一般规定

7.1.1 随着遥感技术的发展,在很多行业、领域,利用高分辨率卫星遥感影像绘制地形图已得到广泛的应用,处理技术和配套软件也比较成熟。核电站选址阶段需要的地形图比例尺一般为 $1:5000$ 、 $1:10000$,利用现实性很强的高分辨率卫星影像,测量小比例尺地形图或制作正射影像图可完全满足核电站厂址的选择和评价之用。

7.1.2 对影像选择的要求是为了满足制作不同平面图的需要。一般单色遥感影像平面图选择全色影像,彩色遥感影像平面图则要求选择不少于3个波段的多光谱数据,主要的目的是为了保持图像的清晰和地理要素的易于分辨。

7.1.3~7.1.5 对卫星遥感影像选择的要求是为了保证制作的地形图清晰准确。

7.2 数据预处理

7.2.1 从传感器上收集的遥感数据,由于受传感器的性能、飞行条件、环境因素等条件的影响,还不能反映目标实际的真实信息,需要进行数据转换、数据压缩和数据校正的预处理。数据转换的方法一般有:模数转换、数模转换、格式转换等形式。一般接收到的遥感图像数据量十分庞大,为了除去无用或多余的数据,就需要进行数据压缩,并以特征值和参数的形式保存有用的数据以便于方便处理。这两项工作一般是在提供给用户使用前就完成了。

7.2.2 为了保证遥感数据的可靠性,应对因仪器自身的精度、飞行姿态等因素影响数据产生的误差进行校正。辐射校正的目的是

为了剔除掉传感器接受的因大气发射与散射、地物光照、大气作用等产生的能量,保留遥感研究目标本身发射的能量和目标反射的太阳能量。辐射校正的方式一般有对整个图像进行补偿和根据像点位置进行逐点校正两种。

7.3 图像几何校正

7.3.1 平面投影方式很多,如 UTM 投影、Lambuda 投影等,在我国一般比例尺大于或等于 1:100000 采用高斯-克吕格投影,比例尺小于 1:100000 采用正轴等角圆锥投影。

7.3.2 几何校正的目的是为了获得最佳的图像配准,以改正因不同因素引起的几何误差。对数学模型的要求是为了保证能获得高精度的成果。

7.3.3 控制点的数量选取是根据纠正公式来决定的。一般控制点数量 N 可按式计算:

$$N=(n+1)(N+2)/2+1 \quad (33)$$

式中: n ——多项式阶数。

7.3.4 像元是影像能够区分的最小单元,对于制作 1:10000 比例尺的地形图,纠正误差的要求是不大于图上的 0.2mm。

7.3.5、7.3.6 遥感图像的镶嵌就是对若干幅互为邻接的遥感数字图像通过彼此间几何镶嵌、色调调整、去重叠等数字处理,镶嵌拼接成一幅统一的新数字图像。

遥感图像镶嵌工作的进行主要是基于相邻图像的重叠区。无论是色调调整,还是几何镶嵌,都是将重叠区作为基准进行的。重叠区确定准确与否直接影响到镶嵌的结果。

色调调整是遥感图像数字镶嵌技术中的一个关键环节。不同时相或成像条件存在差异的图像,由于要镶嵌的图像辐射水平不一样,图像亮度的差异较大,若不进行色调调整,镶嵌在一起的几幅图像,即使几何位置配准很理想,由于色调各不相同,也不能很好地应用到各个专业上。另外,成像时相和成像条件接近的图像,

也会由于传感器的随机误差造成不同像幅的图像色调不一致,从而影响应用的效果。因此应进行色调调整这一工作。

图像镶嵌的一个很重要的问题是在待镶嵌图像的重叠区内选择出一条曲线,按照这条曲线把图像拼接起来,待镶嵌图形按照这条曲线拼接后曲线两侧的亮度变化不显著或最小时,就认为找到了接缝线。

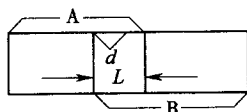


图 2 图像镶嵌

如图 2 所示,假定现在要对左右两幅相邻图像 A 和 B 进行镶嵌,这两幅图像间存在一宽为 L 的重叠区域,要在重叠区内找出一接缝线。此时只要找出这条线在每一行的交点即可,为此可取一长度为 d 的一维窗口,让窗口在一行内逐点滑动,计算出每一点处 A 和 B 两幅图像在窗口内各个对应像元点的亮度值绝对差的和,最小的即为接缝线在这一行的位置,其计算公式为:

$$\sum_{j=0}^{d-1} |g_A(i, j_0 + j) - g_B(i, j_0 + j)| \quad (34)$$

$(j_0 = 1, 2, \dots, L - d + 1)$

式中: $g_A(i, j_0 + j)$ 、 $g_B(i, j_0 + j)$ ——图像 A 和 B 在重叠区 $(i, j_0 + j)$ 处的亮度值;

j_0 ——窗口的左端点;

i ——窗口所在的图像行数。

满足上述条件的点就是接缝点,所有接缝点的连线就是接缝线。

7.3.7~7.3.9 随着空间技术的发展,利用多种不同传感器获取可见光、红外、微波及其他电磁波的遥感影像数据与日俱增。这些数据在空间、时间、光谱等方面对于同一区域构成多源数据。单一传感器的影像数据通常不能提取足够的信息来完成某些应用。而

对多传感器的数据进行融合,可以充分发挥各种传感器影像自身的特点,从而得到更多信息。下面介绍几种主要融合方法:

1 HIS 融合法: HIS 融合法是将三个波段的低分辨率的数据通过 HIS 变换转换到 HIS 空间,同时将单波段高分辨率图像进行对比度拉伸以使其灰度的均值与方差和 HIS 空间中亮度分量图像一致,然后将拉伸过的高分辨率图像作为新的亮度分量代入 HIS 反变换到原始空间中。这样获得的高分辨率彩色图像既具有较高空间分辨率,同时又具有与影像相同的色调和饱和度,有利于目视解译和计算机识别。

2 KL 变换融合法: KL 变换融合法又称为主成分分析法。与 HIS 变换法类似,它将低分辨率的图像(三个波段或更多)作为输入分量进行主成分分析,而将高分辨率图像拉伸使其具有与第一主成分相同的均值和方差,然后用拉伸后的高分辨率影像代替主成分变换的第一分量进行逆变换。高空间分辨率数据与高光谱分辨率数据通过融合得到的新的数据包含了源图像的高分辨率和高光谱分辨率特征,保留了原图像的高频信息。这样,融合图像上目标细部特征更加清晰,光谱信息更加丰富。

3 加法融合法: 将高分辨率图像中的边缘信息提取出来,加入到低分辨率高光谱图像中。首先,通过高通滤波器提取高分辨率图像中的高频分量,然后将高通滤波结果加入到高光谱分辨率的图像中,形成高频特征信息突出的融合影像。

7.3.10 地形纠正主要工作是建立测区 DEM,并将其叠加到影像图上。有些地区有现成的 DEM,但比例尺不一定和制作的影像图一致。因此就需要对地物、地貌等进行纠正完善,以使比例尺统一。

8 施 工 测 量

8.1 一 般 规 定

8.1.1 本条说明施工测量的适用范围。主要包括核电厂初级网、次级网和微网的定义和建立,对建筑物、预埋件和管线等进行定位、放线、检查及监测,主要厂房沉降观测,施工水准点的控制等。

8.1.3 从国内已投产的浙江秦山、广东大亚湾和岭澳、江苏田湾等核电厂的工程建设经验来看,除秦山核电一期未建立初级网外,其他几个核电厂的施工控制网都是按初级网、次级网、微网三个等级布设的。如果规划设计阶段所施测的首级平面、高程控制网能够满足核电厂在施工建设阶段对测区平面、高程起算点以及附属设施施工测量的需要,则可以减少施工控制网的布网层次,省略初级网而直接布设次级网,这里不作强制的规定。

8.1.4 为资料保密和施工使用方便,核电厂施工测量应采用独立的施工坐标系。

8.1.5 各级施工控制网,特别是次级网、微网点位相对精度要求高,控制网形及观测时段选择容易受施工现场条件的限制,应事先设计好测量技术方案,并用电算法进行精度估算以优化方案设计,选用最简单的网形,以最小工作量、在最短的时间段内施测。由于短边测角误差大,高精度的微型控制网精度估算时,应以仪器与觇标对中误差、目标照准误差、仪器测角误差等因素对测角综合影响的中误差作为角度观测项的误差先验值。

8.1.6 施工测量需要用的是控制点间的实际距离,将施工控制网的基线长度投影到核电厂的核岛、常规岛等主要厂房区域的场平标高面上,是为了施工时对已知坐标和边长使用方便,同时保证设

备、构件的安装精度。但核电厂的主要厂房区域一般较小,为避免施工控制网的长度变形对施工放样的影响,只需将观测边长归算到测区的主要厂房区域的场平标高面上,没有必要进行高斯投影。

8.1.7 反应堆等厂房内部的微型控制网,由于控制点与钢衬或壁体相连,建网时与使用时的温差对微网的影响不可忽视。由于受到沉降、收缩等影响,网点之间的水平长度会发生一定的变化,必须进行检测,并对控制点加温度改正,方可保证测量精度。

8.1.8 对规划设计阶段控制网的充分利用,主要是基于全局和经济的考虑。

8.1.9 由于现场施工的影响,可能造成控制网点的破坏;而随着施工的进展,局部地方也确需增加新的控制点位。相同的施测方法和技术要求,可以保证控制网变化前、后基准的统一。

8.2 初级网测量

I 初级平面控制网

8.2.2 大亚湾核电厂是我国大陆第一座大型商业核电厂,其测量工作参照执行了法国电力部 EDF 制定的《法国压水堆核岛土建设计与建造规程》RCC-G88,该规程第 2 部分“实施准则”第 2.11 章“测量、公差及判断”中,对核电厂工程测量控制网的分级布设,以及初级网、次级网和微网的基本精度要求都作了明确的规定。国内随后的几个核电厂建设项目,如岭澳、秦山(二、三期)、田湾等,根据工程建设需要或参照了该规程的基本要求,其主厂区及其附属设施区域工程测量控制网的等级划分以及对应的精度指标都与其相一致。

坐标中误差是指控制点的纵向、横向坐标中误差。本条规定的最弱点坐标中误差不应超过 2cm,是要求每个控制点的纵向、横向坐标中误差都不应大于 2cm。

8.2.3 控制网点位作为施工定位的依据,将在一定的时期内使用,只有这些点位标志的正确完好,才能确保定位测量的正

确性。

8.2.4 新建的初级网应满足核电厂次级网起算以及附属设施施工测量的需要,为便于工程使用其平均边长一般为 1.0km 左右。要求最弱点坐标中误差不超过 2cm,其最弱边边长相对中误差不应低于 1/40000;因此,通常按四等三角形网或 GPS 网的技术要求施测。

II 初级高程控制网

8.2.8 测区高程起算点可能是规划设计阶段施测的首级高程网点,也可能直接就是测区附近的国家三等及以上等级水准点。应根据预计水准路线长度以及最弱点高程中误差的精度要求合理选择初级网的水准观测等级,但作为施工阶段的场区初级高程测量精度不应低于四等水准。

8.3 次级网测量

I 次级平面控制网

8.3.2 次级平面控制网的主要技术要求说明如下:

平面坐标中误差、相邻点相对坐标中误差是次级网最基本的精度要求,应满足。

关于测角中误差,根据现行国家标准《精密工程测量规范》GB/T 15314,相邻点 i, j 相对点位中误差 M_{ij} 与边长中误差 m_s 及测角中误差 m_β 的关系为:

$$M_{ij} = \pm \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho} S\right)^2} \quad (35)$$

在边、角测量误差等影响的原则下有:

$$M_{ij}^2 = 2m_s^2 \quad (36)$$

或

$$M_{ij}^2 = 2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} S^2 \quad (37)$$

次级网平均边长 $S = 200\text{m}$, 相邻点相对坐标中误差为

$\pm 2\text{mm}$, 相邻点相对点位中误差为 $M_{ij} = \pm 2 \times \sqrt{2} = \pm 2.828$ (mm), 则测角中误差为:

$$m_{\beta} = \frac{M_{ij} \times \rho}{\sqrt{2} S} = \pm 2.06''$$

为与国家标准相统一, 测角中误差按三等三角测量的要求取 $1.8''$ 。根据核电厂施工测量多使用徕卡精密监测全站仪 TPS2000 系列(如 Leica TC2003)的情况, 该指标要求也是切实可行的。

由次级网相邻点相对点位中误差和平均边长, 得最弱边相对中误差为:

$$\frac{m_s}{S} = 2.828 / 2000000 \approx 1 / 70000$$

边长观测值精度与角度观测值精度相匹配的理论公式为:

$$m_s / S = m_t / \rho'' = m_{\beta} / (\sqrt{2} \rho'') \quad (38)$$

根据上式计算, 中误差 $1.8''$ 的角度观测值精度, 匹配的边长观测精度为:

$$m_s / S = m_{\beta} / (\sqrt{2} \rho'') = 1.8 / (1.414 \times 206265) \approx 1 / 162000$$

为与国家标准相统一, 测边相对中误差按三等三角测量的要求取 $1 / 150000$ 。由此可知, 中误差 $1.8''$ 的角度观测值精度略优于相对中误差 $1 / 150000$ 的边长观测值精度; 次级网测量应以测角为主, 另外加测部分或全部边长。

次级网平均边长要求为 200m , 但由于受厂区内地形条件、施工布置等的限制, 也容易出现个别边长较短的情况; 因此, 这里未对最弱边边长相对中误差作出规定。

核电厂次级控制网以独立网形式施测, 采用“一点一方位”挂到初级网上, 这里未考虑起算点误差的影响。

8.3.3 次级网点位选择的基本要求: 根据核电厂厂区总平面布置图, 尽可能选在通视良好、便于施测、基础稳定、易于长期保存的地方; 使其在施工中不被摧毁、无需搬迁, 并能保持良好的通视视线(避免因各厂房施工进度使点位之间的通视受到影响), 以便于

复测。

8.3.4 现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 根据变形监测精度要求高的特点,以及标志的作用和要求不同将变形监测点分为三种:

1 基准点是变形监测的基准,点位要具有更高的稳定性,且须建立在变形区以外的稳定区域。其平面控制点位一般要有强制归心装置。

2 工作基点是作为高程和坐标的传递点使用,在观测期间要求稳定不变。其平面控制点位也要具有强制归心装置。

3 变形观测点是直接埋设在监测体上且最能反映变形特征和变形明显的部位。

本条参照《法国压水堆核岛土建设计与建造规程》RCC-G88,并结合我国大亚湾、秦山、岭澳、田湾等核电厂工程建设的实践经验,对基准点、工作基点数量作了规定。3个及以上的平面点才能构成平面基准,3个及以上的高程基准点才能构成独立的高程自校系统。

8.3.5 观测墩是一个高约 1.2m 的固定的钢筋混凝土平截棱锥体,它们可以直接固定在外露的基岩上,也可通过钻孔灌注桩深埋至稳定的基岩,必要时还可使用水泥沉桩或倒垂点锚桩,四周宜设置有红、白相间的安全保护栏杆。顶部的强制对中底盘应调整水平,倾斜度不得大于 1/1000,底盘对中误差不应大于 0.1mm。

8.3.7 GPS 短基线测量的主要误差来源包括:多路径误差、天线相位中心位置的偏差、接收机天线的对中误差、地面起始点的坐标误差、卫星的 PDOP 值以及电离层的影响。

1 次级网平均边长约 200m,对于两个距离较近的 GPS 接收机,电离层的影响在每个点位上几乎都是一样的。采用双频机采集两个频率的卫星观测信息,可以加速模糊度的解算,还可以通过建立模型有效消除这种误差,提高次级网观测精度。

2 多路径误差是指 GPS 信号射至其他的物体上又反射到

GPS 接收天线上,对 GPS 信号直接射至 GPS 接收天线上的直接波的干扰。多路径误差的大小取决于反射波的强弱和用户天线抗衡反射波的能力。天线带有抑径板或扼流圈,可有效抑制多路径效应的影响。

在利用 GPS 进行精密测量时,其测量结果是对应于 GPS 天线相位中心的。而天线相位中心是指微波天线接收卫星信号的电气中心,与其机械几何中心并不完全一致,其差值称之为天线相位中心偏差。在实际测量中,由于天线相位中心随着卫星信号输入强度和方向不同而有所改变,即观测时相位中心的瞬时位置与理论上的相位中心还会随时间而变化。因此,对高精度 GPS 测量,应对天线相位中心偏差进行检测;同时要求天线相位中心变化稳定,变化量不应大于 1mm。

3 施工区域内的 GPS 观测应尽量避免旋转的塔吊横臂的影响;山体、永久及临时性建(构)筑物对卫星信号的遮挡是相对固定的,而旋转的塔吊横臂会干扰卫星信号的接收,影响基线解算及整个网的精度。

4 GPS 天线的相位中心是接收机测量时的电磁耦合中心。GPS 天线的相位中心并不是固定不变的,它会随接收信号的不同入射方向发生移动。对高精度的 GPS 测量来说,一定长度的观测时间是必要的。对于同步观测时间不少于 120min 的要求,是基于本规范编写过程中对 GPS 测量试验专题报告的结论。

5 GPS 测量需首先获取控制网中某个起始点的 WGS-84 坐标,然后才能根据观测数据和卫星轨道参数计算出基线向量。但起始点 WGS-84 坐标的绝对误差会影响基线解算结果的精度;因此,为了保证相对定位的精度,应尽可能获得高精度的地面起始点的坐标。另外,采用卫星精密星历,对单点定位和长基线边的解算结果还是有明显改善的。

7 对 GPS 测量成果的外符合精度检测,是确保精密测量成果可靠性的重要手段。

8.3.8 次级网整体点位精度远高于初级网,故应以独立网形式施测,只以“一点一方位”挂到初级网上,其起算坐标和方位在第一次测定时从初级网传递得到。

II 次级高程控制网

8.3.11 关于次级高程控制网的主要技术要求,说明如下:

1 相邻点高差中误差、每站高差中误差、检测已测高差较差是核电厂设计文件《核岛土建技术规格书——工程测量》变形监测系统章节中对水准基准点的基本精度要求,经过了多年的工程实践证明是合理可行的,是制定相关技术指标的依据。

2 取水准观测的往返较差、附和或环线闭合差为每站高差中误差的 $2\sqrt{n}$ 倍,作为各自的限值,其中 n 为测站数。

8.3.12 若位于主场区外围的首级高程控制网中的水准点,其埋设规格满足规范要求,可直接作为次级网的高程基准点。3 个及以上的基准点才能构成独立的高程自校系统。

8.3.14 次级网水准观测的主要技术要求,参考了现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 和本规范第 4.2 节中二等水准测量的相关要求制定的。但将最大视距控制在 25m 以内,也是工程经验的总结,有利于提高水准测量精度。

8.3.15 高程基准点在检测稳定时,只选一个点作为施工高程起算依据,对场区内所有点的高程影响都是一致的。

III 次级网复测

8.3.18 由于现场施工交叉进行,区域内的控制点容易受到填挖方、抽水、机械振动、车辆行驶乃至撞击等因素的影响而产生位移;因此,应对次级网进行定期的复测,通过对测量结果的综合分析来检验控制网点位的稳定性。建网初期的复测周期不宜超过 3 个月一次。

8.3.20 次级网复测对于坐标较差超限的点位应尽量不再使用,同时还应对超限点位可能造成的影响进行评估,并提出建议。

8.4 微网测量

I 微网平面控制测量

8.4.1 平面控制测量的目的是精确测定控制点的平面位置。控制网以三角形为主要图形,用经纬仪观测全部角度(至少要有一条起算边长)的网称三角测量网(或称测角网);以三边形为主要图形,用测距仪观测全部边长的网称三边测量网(或称测边网);边、角均测的称边角网;以折线形为基本图形,既测角又测边的网称为导线网;单一折线形则称导线。

根据施工测量需要,除在厂房内部按设计要求预埋点位标志外,必要时可适当增加少量过渡点,使控制点间构成三角形、大地四边形、矩形、中点多边形、折线形和多边形等基本网形。厂房内部微网亦尽可能按边角网布设。

8.4.2 关于微网的测角中误差,说明如下:

平面坐标中误差、相邻点相对坐标中误差是微网最基本的精度要求,必须满足。

关于测角中误差,由于短边测角误差大,影响角度观测量精度的主要因素是仪器对中与觇标偏心误差、目标照准误差以及仪器本身误差等。因此,角度观测量的综合误差应按式(39)进行估算。

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{m_e^2 + m_v^2 + m_1^2} \quad (39)$$

式中: m_e ——对中及偏心误差对角度测量的综合影响(");

m_v ——目标照准误差(");

m_1 ——按菲列罗公式计算的先验测角中误差(")。

根据武汉大学出版社出版的《数字测图原理与方法》(潘正风, 2004年)第五章第5.4节中对水平角观测中的几种主要误差来源的说明,仪器对中误差如图3所示,设 O 为测站标志中心, O' 为仪器中心, β 为无对中误差时的角度(即正确的角度), β' 为有对中误差时的角度(即实测的角度), e 为对中误差。

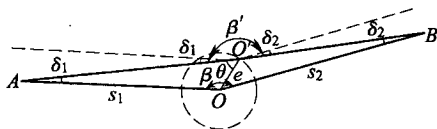


图3 仪器对中误差

参考该书中的推导结果,仪器对中误差对水平角影响的中误差为:

$$m_{\text{中}} = \frac{\rho e}{\sqrt{2}} \cdot \frac{s_{AB}}{s_1 \cdot s_2} \quad (40)$$

由式(40)知,仪器对中误差对水平角的影响与两目标之间的距离 s_{AB} 成正比,即水平角在 180° 时影响最大,此时 $s_{AB} = s_1 + s_2$;而与测站至目标的距离 s_1 和 s_2 的乘积成反比,距离越短,影响越大。因此,对于短边测角要特别注意对中误差的影响。

觇标偏心误差如图4所示, A 、 B 分别为标志实际中心, A' 、 B' 为照准的中心。 β 为正确的角度, β' 为观测的角度, e_1 、 e_2 为觇标偏心误差。

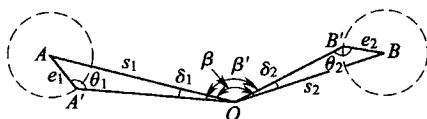


图4 觇标偏心误差

参考该书中的推导结果,觇标偏心误差对水平角影响的中误差为:

$$m_{\text{偏}} = \rho \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{e_1^2}{s_1^2} + \frac{e_2^2}{s_2^2}} \quad (41)$$

由式(41)知,目标偏心误差对水平角的影响与测站至目标的距离 s_1 和 s_2 有关,距离越短,影响越大,但与角度本身的大小无关。

由此,仪器对中与觇标偏心误差对角度测量的综合影响为:

$$m_e = \sqrt{m_{\text{中}}^2 + m_{\text{偏}}^2}$$

$$= \sqrt{\frac{\rho^2}{2s_2^2 s_1^2} [s_2^2 e_1^2 + s_1^2 e_2^2 + e^2 (s_2^2 + s_1^2 - 2s_2 s_1 \cos\beta)]} \quad (42)$$

核电厂房内部微网,边长一般为 5m~30m 不等,平均边长约 20m。根据式(42)计算仪器对中与觇标偏心误差对角度测量的综合影响为:

当 $e_1 = e_2 = e = 0.3\text{mm}$ 、 $s_1 = s_2 = 20\text{m}$ 、 $\beta = 180^\circ$ 时,误差最大,即 $m_e = \pm 5.4''$ 。

值得注意的是,目标偏心误差和仪器对中误差均属于“对中”性质的误差。就对中本身而言,它是偶然误差,一旦目标标志和仪器已经安置,则对中误差的真值不再发生变化,因此无论水平角观测多少个测回,这两项误差分别在各测回之间均保持相同,绝不会因增加测回数而减少它们对水平角观测成果的影响。

照准误差主要与望远镜的放大倍率、人眼的判别能力、照准标志的形状及目标影像的亮度和清晰度等因素有关,一般认为人眼分辨两个点的最小视角为 $60''$,三次照准取平均值的照准误差 m_v 约为:

$$m_v = \pm 60'' / (\sqrt{3} v) \quad (43)$$

式中: v ——望远镜的放大倍率。

对于 Leica TCA2003 型全站仪,有 $v = 30$,故仪器照准误差为: $m_v = \pm 60'' / (30 \times \sqrt{3}) = \pm 1.2''$ 。

采用电子仪器观测时,不考虑测微器读数误差的影响。当三角形的个数较少时,测角中误差宜用经验值代替。通常取 DJ1 型仪器的测角中误差先验值为 $\pm 1''$ 。

因此,按式(39)估算的角度观测量的综合误差为: $m_\beta = \pm \sqrt{5.4^2 + 1.2^2 + 1^2} = \pm 5.6''$,取测角中误差为 $5''$;其中,每个三角形的最大角度闭合差为 $2\sqrt{3} m_\beta$ 。

微网测量一般采用多联脚架法,并使用天底仪协助仪器、觇标

精确对中,观测过程中仪器对中(觇标偏心)误差的影响较小。由于受场地条件等的限制,厂房内部微网的观测网形难以全部构成三角形等基本图形,实际测角中误差可能与本规范表 8.4.2 中所列值有一定出入。对影响角度观测量精度的几个主要因素进行分析,并推导其综合影响大小,主要是为了推算三角形最大角度闭合差的限差值,以剔除原始观测数据中可能存在的粗差,提高微网测量精度和可靠性。表 8.4.2 中所列的测角中误差指标宜参考使用。

微网测量通常使用 DJ05 型 Leica TCA2003 全站仪,采用常规边角网施测,但受厂房施工、设备安装等现场条件的限制,无法对控制网的网形及边长、角度作出具体要求。采用多联脚架法可减少仪器对中和目标照准误差的影响,但控制网形、调焦、照准、整平以及仪器本身、周围环境等因素的不利影响也不容忽视。由于现场条件及观测时段的限制,微网测量通常采用完全的边角联测,观测所有可通视的边长和方向,控制网通常都有较多的多余观测量,宜通过三角形最大角度闭合差限差值来分析并剔除粗差。

8.4.4 对底板微网点、加密点及测量通视孔位置的选定,说明如下:

1 对厂房内部微网点位的选择,宜使各相邻点位之间相互通视,设备安装时无需点位加密或尽可能少点位加密。

2 各层楼板相应位置设置测量专用垂直通视孔,通过微网点的铅垂线方向应避开横梁和楼板中的主钢筋;竖向垂直通视孔应在各施工层浇筑混凝土顶板时埋设,孔洞大小一般在 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 左右。横向水平通视孔应预埋在相邻微网点间的连线上,高出基础楼板约 1.5m 的位置。

3 核电厂施工中,反应堆中心点位置的垂直提升主要通过底板微网平面基准点的垂直传递来实现,不仅对每个平面基点的竖向投点精度要求较高,而且通过天底仪投测至厂房最高层的平面点数量也不应少于 3 个;经过微型网加密测量及平差处理后,才能

在厂房各楼层准确恢复反应堆堆心点位置,保证反应堆堆心的垂直度,减少竖向偏差。

8.4.5 下端焊有钢筋的不锈钢标板预埋件宜在混凝土浇筑前埋入,并与楼板钢筋焊接牢固,使微网点位在各层楼板结构基础上直接与钢衬或墙体相连。埋设的不锈钢板宜稍低于混凝土基面,防止其他重物撞击,造成点位移动。

为了设备或构架的安装定位和检查,某些关键的轴线基点或微网控制点可以采用焊接临时强制对中观测台的标石形式。

8.4.6 微网测量作业的基本技术要求,说明如下:

1 厂房内部的微型精密控制网,应根据点位分布及通视状况设计控制网形状。根据精度估算的结果,优化配置测角、测边精度和工作量。

2 边长测量采用电磁波测距时,其综合测量误差说明如下:

仪器与觇标偏心如图 5 所示, A 、 B 分别为标志实际中心, A' 为仪器中心、 B' 为照准的中心, e_1 、 e_2 分别为仪器与觇标偏心误差。

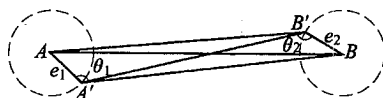


图 5 仪器与觇标偏心误差

经推导的归心改正公式为:

$$\Delta D_{\text{中}} = -e_1 \cdot \cos \theta_1 \quad (44)$$

$$\Delta D_{\text{偏}} = -e_2 \cdot \cos \theta_2 \quad (45)$$

$$\Delta D_e = -(e_1 \cdot \cos \theta_1 + e_2 \cdot \cos \theta_2) \quad (46)$$

按中误差定义,可得仪器对中误差 $\Delta D_{\text{中}}$ 引起的距离测量中误差为:

$$m_{\text{中}}^2 = \frac{[\Delta D_{\text{中}} \cdot \Delta D_{\text{中}}]}{\frac{2\pi}{d\theta_1}}$$

$$\text{则 } m_{\text{中}}^2 = \frac{e_1^2 \sum_0^{2\pi} \cos^2 \theta_1}{\frac{2\pi}{d\theta_1}} = \frac{e_1^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} -\cos^2 \theta_1 d\theta_1$$

$$\text{因 } \int_0^{2\pi} -\cos^2 \theta_1 d\theta_1 = \pi$$

$$\text{故 } m_{\text{中}}^2 = \frac{e_1^2}{2} \quad (47)$$

同理,可得

$$m_{\text{偏}}^2 = \frac{e_2^2}{2} \quad (48)$$

这样,再顾及测距仪自身的影响,电磁波测距边长综合误差应按式(49)计算:

$$m_s = \pm \sqrt{m_D^2 + (e_1^2 + e_2^2)/2} \quad (49)$$

式中: m_D ——测距中误差($m_D = a + b \cdot D$)(mm);

a ——测距仪标称精度中的固定误差(mm);

b ——测距仪标称精度中的比例误差系数(mm/km);

e_1 ——电磁波测距仪器对中误差(mm);

e_2 ——反射棱镜偏心误差(mm)。

3 边长测量,当采用钢瓦线尺、钢尺丈量距离时,其综合测量误差说明如下:

用钢瓦线尺丈量的全长中误差 m_{Σ} 应按式(50)计算:

$$m_{\Sigma} = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2} \quad (50)$$

式中: m_1 ——边长量线中误差(mm);

m_2 ——轴杆头水准测量所引起的误差(mm);

m_3 ——温度膨胀系数测定所引起的误差(mm);

m_4 ——标准长度误差所引起的误差(mm)。

用钢尺丈量的全长中误差 m_{Σ} 应按式(51)计算:

$$m_{\Sigma} = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_4^2} \quad (51)$$

当微网估算的点位精度达不到设计要求时,可采取的针对性

措施包括:重新优化布网方案;建造临时观测台采用强制对中方式;增加边、角观测数量;适当增加边、角测回数;使用更高精度测距仪器来提高边长观测值精度。

8.4.8 微网施测应选择在适宜的时段内进行。在厂房基础浇筑好之后、高层结构施工开始之前,其内部各点位之间的通视条件最好。太晚则由于墙体、设备的影响,通视条件受到限制;太早则由于混凝土没有养护稳定,坐标(或标高)在日后有变形的可能。

II 微网高程控制测量

8.4.14 水准点标志一般为埋设在各楼层结构基础表面,密封在盒状保护装置中的一个圆头不锈钢棒。

8.4.15 底板水准基点宜固定选用其中一点作为独立厂房内部的施工高程起算依据,而将其他的水准点用作参考和校核之用。这样,每个独立厂房内部只有一个高程起算点,对厂房内其他点的高程影响都是一致的。

III 微网复测

8.4.18 各厂房内部微网点一般预埋在每层楼板的混凝土基础面上,由于混凝土基础在浇灌后的几个月内会产生微量收缩,微网点的平面位置会随之变化。

在混凝土龄期,尽量利用中心点设站和周边点定向的定位方法。在养护期过后,需要对控制点进行复测,进入安装阶段后,需要再次检查。

8.5 微网传递测量

8.5.1 厂房内部微网的传递测量,最有利的观测时间段为清晨或阴天等。

8.5.2 天底准直法:在所需施工楼层使用精密基座安置天底垂准仪,通过预留在楼板中的垂直通视孔,以天底方向投测光束与底板上平面控制点标志中心严格重合的方式,将平面基准传递到施工层。在仔细对中、精确整平后,保持脚架和基座不动,再换上仪

器、棱镜或觇牌,即完成竖直方向平面位置的精确传递。

8.5.6 本条文中每测站前后视距差、测回间高差较差的规定,参照本规范第4章中二等水准测量的有关技术要求制定。

8.6 建筑施工放样及检测

8.6.2 核电站建筑施工放样要求具备的施工图纸较多,因为核电站,尤其是核岛厂房不同层,结构均有变化,设备很多,作业空间有限,施工放样前必须了解这些施工图纸,一方面有利于制订出优秀的方案,另一方面可避免和减少位置和作业空间的冲突。

8.6.3 全站仪极坐标法放样点位时,若不考虑起算点误差的影响,则放样点的误差为:

$$m_p = \pm \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot S^2} \quad (52)$$

式中: m_p ——放样点点位中误差;

m_s ——边长中误差;

m_β ——角度中误差;

S ——测站点至放样点的距离。

由此可以看出,放样点点位中误差 m_p 与边长中误差 m_s 、角度中误差 m_β 和测站点至放样点的距离 S 有关。当放样距离较短时,点位误差主要受测距误差影响;当放样距离较长时,点位误差不仅受测距误差影响,而且受测角误差影响。

因此,在实际放样时,应精心设计放样方案,并根据放样距离的大小,合理确定测角和测距的精度匹配;有特殊精度要求的,应直接纳入微网进行控制测量。

8.6.4 施工放样的方法很多,应根据施工场地条件、仪器设备情况和放样精度要求来选择,对于精度要求较高的应采用距离和方向交会法。

8.6.7 大型设备基础的安装孔或槽会提供一定的余量来保证设备的顺利安装,但该余量的设计主要针对混凝土浇筑过程中的小

变形和混凝土凝固过程中的变形,在混凝土浇筑过程中混凝土本身的流动和振捣棒对钢筋和设备基础往往会形成较大的位移,并且该位移会超过安装孔或槽提供的余量,导致安装不能顺利进行,所以应进行监测。

8.6.8 施工放线测量定位记录中应包括定位物项、执行图纸、允许偏差、已知点坐标值(高程)、测站、定位目标理论计算值、实测值及二者的差值、是否符合允许偏差的结论、采用仪器、测量方法的简易说明及附图,此外,还应包括测量单位名称、时间、温度、湿度、观测人、记录人、检核人、测量负责人、定位记录编制人和定位记录编号等内容。检查记录中应包括检查项目、检查依据、检查单位数据、被查单位数据及二者差值、是否合格的结论、记录编号、检查单位、时间、温度、湿度、采用仪器、观测人、记录人、检核人等内容。

8.6.9 对于核电站的施工放样来说,图纸或说明中要求的精度是第一层次的,是应该满足的,只有在图纸或说明中无具体要求时,才可参照本规范第 8.6.10 条~第 8.6.13 条执行。

8.6.12 本规范表 8.6.12-3 中的 1、2、3 的允许偏差是以反应堆压力容器支承环上的基准为测量基准点进行测量和计算的结果。

8.6.16 重要的和精度要求高的结构、设备及构件主要包括反应堆压力容器、主泵、蒸汽发生器、主管道、装卸料机、稳压器、安注箱、检查井、人员闸门、设备闸门、水封门、环吊、牛腿、钢衬里、汽轮机等。

8.7 数据处理及成果提交

8.7.3 对各项观测数据,应进行认真的检查和验算,剔除超限的观测值,并对存在的系统误差进行补偿改正。

8.7.6 拟稳平差作为秩亏自由网平差的一种特例,平差时这些拟稳点的重心坐标以及各点到重心坐标的向径加权方位角以该向径距离平方为权的带权平均数保持不变。

9 变形监测

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于核电厂工程施工阶段的变形监测工作,生产运行阶段可参照执行。变形监测的目的是为了对监测体的变形情况有更全面、准确的把握,使监测数据基本能反映监测体变化的真实情况,反映变形量与相关变形因子间的物理关系或统计关系,找出监测体的变形规律,合理地解释监测体的各种变化现象,比较准确地评价监测体的安全性态,并提供较为准确的分析预报。

9.1.2 核电厂的次级网主要有两个方面的作用:一是施工控制网,二是变形监测基准网。次级网的建立与复测见本规范第8章的有关规定。

9.1.4 根据核电厂建设的性质和使用的测量仪器的情况,核电厂变形测量分为两级,一级为主体建筑区,该区域建筑物基础较好,变形量相对较小,对变形的要求较高;二级为附属建筑区,该区域建筑物基础相对较差,变形量相对较大,对变形的要求也低一些。

9.1.8 本条为强制性条文。变形监测的目的是及时掌握监测体的变形情况,确保监测体在施工和运营期间安全,并提供准确的安全预报。所以一旦观测成果出现本条所指的异常情况,要求即刻通知建设单位和施工单位,及时采取相应措施,防止工程事故发生。

监测项目的变形允许值可参考相关设计规范,或由设计部门确定。变形监测的变形量预警值通常取允许值的75%。

9.2 水平位移测量

9.2.1 本条列出了水平位移的测量方法,具体应用时,应根据监

测项目的特点、精度要求、变形速率以及监测体的安全性等指标综合选用。

9.2.7 本条给出了主体倾斜和挠度观测的常用方法和计算公式。

10 其他测量

10.1 一般规定

10.1.2 在前期勘测阶段,一般采用统一的国家平面坐标和高程系统;在初步设计、施工图设计及工程建造阶段,一般采用核电厂独立的施工坐标和高程系统。

10.2 勘探点、线测量

10.2.2、10.2.3 为了达到工程地质测绘精度要求,通常要求在测绘填图中采用比提交成图比例尺大一级的地形图作为填图的底图;如进行 1:10000 比例尺测绘时,常采用 1:5000 的地形图作为外业填图底图;外业填图完成后再缩成 1:10000 的成图,以提高测绘的精度。

根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021,地质点和地质界线的测绘精度不应低于图上 3mm。这里调整为一般性观测点和地质界线的测绘精度不应低于图上 3mm。关于定位标测方法,控制性观测点和重要地质、地貌、水文地质体位置应采用仪器实测或精确的 GPS 定位,一般性点可采用手持 GPS 或地形图定位。

在没有航测像片或遥感资料的地区,工程地质测绘和调查主要依靠野外工作,即实地测绘法。地质观测点的定位标测对成图的质量影响很大,常采用以下方法:目测法:适用于小比例尺的工程地质测绘,该法系根据地形/地物以目估或步测距离标测;半仪器法:适用于中等比例尺的工程地质测绘,它是借助于罗盘仪、气压计等简单的仪器测定方位和高度,使用步测或测绳量测距离;仪器法:适用于大比例尺的工程地质测绘,即借助于 GPS、全站仪、

水准仪等较精密的仪器测定地质观测点的位置和高程。对于有特殊意义的地质观测点,如地质构造线、不同时代地层接触线、不同岩性分界线、软弱夹层、地下水露头以及有不良地质作用等均宜采用仪器法。

10.2.4 勘探前应按设计要求核对桩号及其实地位置,两者必须符合。对已施工完毕的勘探点、线实际位置,宜重新测定点位中心坐标及高程。

勘探成果中的平面图除表示实际完成勘探点位之外,尚应提供各点的坐标及高程数据,且宜采用当地的统一坐标和高程系统。

10.2.5 表 10.2.5 中所列的允许误差值,参照了《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87 中对钻探点位测设的精度要求;并结合核电厂工程勘测各阶段的实际情况,在征求岩土工程有关专业技术人员意见的基础上,经编制组成员集体讨论决定的。

10.2.6 工程物探和勘探点、剖面线的布设一般由物探和地质专业技术人员决定,并由测量专业人员根据点位设计坐标,从附近的控制点,采用光电测距极坐标法、GPS 静态法或 RTK 实时动态法以及信标定位法,将设计点位测设于实地上。

采用 RBN-DGPS 定位时,利用指向标接受无线电信标台差分改正信息,并对 GPS 定位信息进行改正,把瞬时定位点坐标传输到计算机。仅限于沿海能接收信号的地区。

10.3 水文测量

10.3.1 水文站是设置在河流、渠道、湖泊、水库和海岸河口上,以测定流量和水位为主,进行水文测验的观测站,水文站所观测的项目有:水位、流量、泥沙、降水、蒸发、水温、冰凌、水质、地下水位等。只观测上述项目中的一项或少数几项的测站,则按其主要观测项目而分别称为水位站、流量站(也称水文站)、雨量站、蒸发站、实验站等。根据测站的性质,河流水文站又可分为:水文主管部门设立的基本站、各部门自行设立的专用站。

水文站一般应布设的基线、水准点和各种断面,即基本水尺断面、流速仪测流断面、浮标测流断面、比降断面(包括设立比降水尺)。断面测量工作包括水道断面测量和大断面测量两种,水道断面是指自由水面线与河床线之间的范围,大断面为历年最高洪水位以上 0.5m~1.0m 的水面线与岸线、河床线之间的范围。

水文测量是为工程专用的水文站建设、水文观测和测验、水文调查等所需进行的测量工作。

10.3.2 本条技术要求参照《水文普通测量规范》SL 58 制定。

10.3.3 根据《水文测验规范补充规定》,核电厂专用水文站作为二、三类精度的水文站,可在不同位置设置 2 个基本水准点(可包括按基本水准点设置要求而设立的校核水准点)构成本站高程自校系统;其中一个作为校核水准点的常用引据点;基本水准点相互间距以 300m~500m 为宜。引测水准资料一经选用,如无特殊情况,不得变换。

10.3.4 根据《水文普通测量规范》SL 58 的规定,不平坦地势水尺零点高程测量累计站数不能超过 11 站,制定这个规定的依据是允许高差不符值计算值为 $3\sqrt{n}$,当 n 大于 10 站时,其值大于 10mm。当站数很少时,按上式计算的允许不符值就很小,根据规定就要重测。比如当站数为 1 时,允许不符值为 3,这种情况下,往往出现超限的情况。因此,这里统一将往返测不符值修订为小于或等于 10mm。

10.4 管线工程测量

10.4.1 管线工程测量是为核电厂工程各种拟建自流管线、压力管线等的设计和施工所需进行的测绘工作。

10.4.9 为了测定管道的长度,进行管道中线测量和测绘纵、横断面图,从管道起点开始,需沿管线方向在地面上设置整桩和加桩,这项工作称为中桩测设。整桩间距一般为 20m、30m,最长不超过 50m。

10.4.10 纵断面测量的目的是根据管线附近敷设的水准点,用水准仪测出中线上各里程桩和加桩处的地面高程,并绘制断面图。纵断面图表示沿管道中心线地面的高低起伏和坡度陡缓情况,是作为设计管道埋深、坡度和计算土方量的主要依据。为了保证管道全线的高程测量精度,应先沿线布设足够的水准点。纵断面测量按水准点的分布情况分段按普通水准测量要求施测。

横断面的测量方法:按前进方向分成左右侧,分别测量横断面方向上各变坡点至中桩的平距及高差。平距及高差的精度要求一般为 0.1m。横断面图的绘制:绘图时一般先将中桩标在图中央,再分左、右侧按平距为横轴、高差为纵轴展出各个变坡点,绘出横断面图。

10.4.12 根据初步设计的管线路径测量地形图,设计重新确定了管线的最终走向。中线测量时所定各桩,在施工过程中会丢失或被破坏一部分,为保证中线位置准确可靠,应根据设计及测量数据进行复核,并补齐已丢失的桩。

里程桩是按照固定的距离设置的,一般间隔为 20m,最长不超过 50m;加桩是在管线穿越重要地物(如道路、原有管线等)和地形变化处增设的中线桩;中桩的编号是用管线的起点(桩号为 0+000)到该桩的距离作为该桩的桩号。

10.4.14 在施工时由于中线上各桩要被挖掉,为便于恢复中线和其他附属构筑物的位置,应在不受施工干扰、引测方便和易于保存桩位处设置施工控制桩。槽口放线就是按设计要求的埋深和土质情况、管径大小等计算出开槽宽度,并在地面上定出槽边线位置,划出白灰线,以便开挖施工。

开槽管道施工测量分为准备工作和施工测量。准备工作:主要包括检核中线、测设施工控制桩、加密水准点和槽口放线等工作。施工测量:管道施工测量的主要工作是控制中线和高程,具体工作是埋设坡度板、测设中线钉、测设坡度钉等。

10.4.16 本规范表 10.4.16 的点位允许误差是参照《建筑给排水

水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242—2002 中表 10.2.3 室外排水管道安装的允许偏差确定的。根据《建筑工程测量规程》DBJ 01-21—95 中第 1.0.7.2 款的规定,测量允许误差一般应为工程允许误差的 $1/3 \sim 1/2$,管道敷设在沟槽内的安装允许偏差为 50mm,则 $50\text{mm} \times 1/2 = 25\text{mm}$ 。

10.4.17 本规范表 10.4.17 的允许误差的规定主要用于校测工作的精度控制。

10.4.18 管线点是指管线特征点及其附属物。管线特征点主要有:弯头,三通,四通,五通,预留口,分支,交叉,转折,变深,进、出水口,起、终点井,变径,出地,出露,进墙,进房等。管线附属物主要有:各种窨井、阀门、消防栓、放水口、水表、污水算、人孔、手孔、变压器、接线箱等。



S/N:1580177•677



9 158017 767704 >



统一书号:1580177 • 677

定 价:45.00 元