

前 言

本标准是根据住房城乡建设部《关于印发〈2015 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2015〕189 号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结油气田工程测量的实践经验,吸取了近年来工程测量领域的科研成果和油气田工程测量生产管理经验,参考有关标准,广泛征求意见,在原国家标准《油气田工程测量规范》GB/T 50537—2009 的基础上,修订本标准。

本标准共分为 9 章和 1 个附录,主要技术内容包括总则,术语,平面控制测量,高程控制测量,地形测量,线路测量,厂、库、站址测量,变形测量,航空摄影测量等。

修订新增的主要内容包括:

1. 部分术语定义;
2. GNSS-RTK 测量;
3. 厂、库、站地面三维激光扫描测量;
4. 低空数字航空摄影测量;
5. 机载激光雷达。

删去的主要内容包括:

1. 不适用的术语;
2. 个别章节不适用的条款;
3. 第十章“勘探点测量”;
4. 附录 B。

补充调整的主要内容包括:

1. 原规范的第 6 章调整为第 9 章;
2. 原规范第 7 章~第 9 章分别调整为第 6 章~第 8 章;
3. 调整后各章、节、条、款的逻辑顺序合理,条、款的内容及各

项精度指标量化明确,语言表述简练精准,概念、术语使用严密清晰。

本标准由住房城乡建设部负责管理,由石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理,由大庆油田工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送大庆油田工程有限公司(地址:大庆市让胡路区西苑街 42 号;邮政编码:163712)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:大庆油田工程有限公司

参 编 单 位:中国石油工程建设有限公司西南分公司

中石化石油工程设计有限公司

中油辽河工程有限公司

主要起草人:张金良 李相斌 高 波 张允亭 韩 江

郭铁民 韩海刚 辜利江 刘昌霖 万仕平

杨风学 季厚振 蔡润彬 李 振 吕继书

王 愔 李作开 宫克非 罗继先 张建国

夏树新 那忠庆 田军庆

主要审查人:何 军 王小林 张维智 王福东 陈瑞良

计长飞 史耀民 张 彪 王国利 周兴泽

李小显 魏艳平

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	平面控制测量	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	GNSS 静态测量	(4)
3.3	导线测量	(10)
3.4	GNSS-RTK 测量	(17)
3.5	测量记录与成果提交	(19)
4	高程控制测量	(21)
4.1	一般规定	(21)
4.2	选点与埋石	(21)
4.3	水准测量	(22)
4.4	全站仪三角高程测量	(27)
4.5	GNSS 拟合高程测量	(28)
4.6	测量记录与成果提交	(29)
5	地形测量	(30)
5.1	一般规定	(30)
5.2	图根控制测量	(32)
5.3	地形测绘	(35)
5.4	水域地形测量	(38)
5.5	地形图修测	(40)
5.6	纸质地形图数字化	(42)
5.7	成果检查和提交	(42)
6	线路测量	(44)

6.1	一般规定	(44)
6.2	线路工程的控制测量	(46)
6.3	道路测量	(47)
6.4	管道测量	(48)
6.5	渠道测量	(48)
6.6	送电线和通信线测量	(49)
6.7	地下管网测量	(49)
7	厂、库、站址测量	(52)
7.1	一般规定	(52)
7.2	导线法建立建筑方格网测量	(53)
7.3	辐射法建立建筑方格网测量	(57)
7.4	GNSS 测量建立建筑方格网	(59)
7.5	厂、库、站址工程测图	(60)
7.6	厂、库、站地面三维激光扫描测量	(60)
8	变形测量	(64)
8.1	一般规定	(64)
8.2	地面形变测量	(64)
8.3	建(构)筑物变形测量	(66)
8.4	河、海、湖和水库堤岸冲蚀测量	(67)
8.5	季节性冻土冻胀观测	(68)
9	航空摄影测量	(70)
9.1	一般规定	(70)
9.2	航空摄影	(70)
9.3	首级和像片控制测量	(72)
9.4	像片调绘	(77)
9.5	航空摄影测量内业	(79)
9.6	低空数字航空摄影测量	(82)
9.7	机载激光雷达	(82)
9.8	成果检查和提交	(84)

附录 A 大地坐标系有关资料 (85)

本标准用词说明 (86)

引用标准名录 (87)

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Horizontal control survey	(4)
3.1	General requirements	(4)
3.2	GNSS static survey	(4)
3.3	Traverse survey	(10)
3.4	GNSS-RTK survey	(17)
3.5	Measurements and results submitting	(19)
4	Vertical control survey	(21)
4.1	General requirements	(21)
4.2	Control point setting and monumentation	(21)
4.3	Leveling survey	(22)
4.4	Trigonometric leveling by total station	(27)
4.5	GNSS fitting vertical survey	(28)
4.6	Measurements and results submitting	(29)
5	Topographic survey	(30)
5.1	General requirements	(30)
5.2	Mapping control survey	(32)
5.3	Topographic survey	(35)
5.4	Water area topographic survey	(38)
5.5	Topographic map revision	(40)
5.6	Digitization of paper topographic map	(42)
5.7	Inspection and submission of the results	(42)
6	Route survey	(44)

6.1	General requirements	(44)
6.2	Control survey for the route engineering	(46)
6.3	Road survey	(47)
6.4	Pipeline survey	(48)
6.5	Channel survey	(48)
6.6	Survey for power transmission line and communication line	(49)
6.7	Underground pipeline network survey	(49)
7	Survey for the location of plant, store and station	(52)
7.1	General requirements	(52)
7.2	Establish building square grids survey by transversing method	(53)
7.3	Establish building square grids survey by radiation method	(57)
7.4	Establish building square grids by GNSS survey	(59)
7.5	Topographic map survey for the location of plants, stores and stations engineering	(60)
7.6	Ground three-dimensional laser scanning survey for the location of plants, stores and stations engineering	(60)
8	Deformation survey	(64)
8.1	General requirements	(64)
8.2	Ground surface deformation survey	(64)
8.3	Deformation survey for buildings(structures)	(66)
8.4	Survey for the erosion of the bank of river, sea, lake and reservoir	(67)
8.5	Observation for frost heaving of seasonal frozen earth	(68)
9	Aerophotogrammetry	(70)
9.1	General requirements	(70)
9.2	Aerial photography	(70)
9.3	First class control survey and control surveying of	

photograph	(72)
9.4 Photograph annotation	(77)
9.5 Indoor works for aerophotogrammetry	(79)
9.6 Low-altitude digital aerophotogrammetry	(82)
9.7 Airborne laser scanning survey	(82)
9.8 Inspection and submission of the results	(84)
Appendix A Information about geodetic coordinate	
system	(85)
Explanation of wording in this standard	(86)
List of quoted standards	(87)

1 总 则

1.0.1 为了统一油气田工程测量技术要求,做到技术先进、经济合理、安全适用、满足用户需求,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于油气田工程设计阶段的工程测量、施工阶段的控制测量及变形测量。

1.0.3 测量作业所使用的仪器、设备应按规定进行检查校正,加强维护和保养、定期检修。

1.0.4 本标准以中误差作为衡量测量精度的标准,应以二倍中误差作为极限误差。

1.0.5 工程中所引用的测绘成果应明确来源,并做相应检核。

1.0.6 工程中采用新技术、新方法时,测量成果应符合本标准规定。

1.0.7 地形图的图式应按现行国家标准《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执行,根据油气田工程的用图特点和需求可制定补充图式。

1.0.8 工程测量的资料图纸格式应符合现行行业标准《石油天然气工程制图标准》SY/T 0003 有关规定。

1.0.9 工程测量除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 全球导航卫星系统 Global Navigation Satellite System(GNSS)

利用卫星信号实现全球导航定位的系统。

2.0.2 2000 国家大地坐标系 China Geodetic Coordinate System 2000(CGCS2000)

采用 2000 参考椭球,原点在地心的右手地固直角坐标系。Z 轴为国际地球旋转局参考极方向,X 轴为国际地球旋转局的参考子午面与垂直于 Z 轴的赤道面的交线,Y 轴与 Z 轴和 X 轴构成右手正交坐标系。

2.0.3 建筑方格网 Building square grid

各边组成矩形或正方形且与拟建的建(构)筑物轴线平行的施工平面控制网。

2.0.4 建(构)筑物变形 Deformation of building and structure

建(构)筑物的地基、基础、上部结构及其场地受各种作用力而产生的形状或位置变化现象。

2.0.5 地面三维激光扫描 terrestrial 3D laser scanning

基于地面固定站的一种通过发射激光获取被测物体表面三维坐标、反射光强度等多种信息的非接触式主动测量技术。

2.0.6 点云 point cloud

以离散、不规则方式分布在三维空间中的点的集合。

2.0.7 点云密度 density of point cloud

单位面积上激光点的数量,以每平方米点数表示。

2.0.8 点云分类 classification of point cloud

对激光点按属性进行分类的过程。

2.0.9 点云拼接 point cloud registration

把不同站点获取的点云数据转换到同一坐标系的过程。

2.0.10 线路平纵图 pipeline topographic-profile map

集成数字线划图或数字正射影像图、纵断面图于一体的测绘图件。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

3 平面控制测量

3.1 一般规定

3.1.1 平面控制网的坐标系统应采用 2000 国家大地坐标系 (CGCS2000);当油气田规划设计有特殊要求时,控制网可采用独立坐标系统,并应与 2000 国家大地坐标系联测。

3.1.2 平面控制网精度等级应按二等、三等、四等和一级、二级划分。

3.1.3 平面控制网的建立宜采用 GNSS 静态测量、导线测量、GNSS-RTK 测量等方法。

3.1.4 平面控制网的布设应遵循下列原则:

1 控制网的等级应根据工程规模、控制网的用途和精度要求合理确定;

2 控制网的布设应因地制宜,兼顾后期扩展和加密;

3 加密控制网可越级布设或同级扩展。

3.1.5 选择平面坐标系统时,测区内投影长度变形值不应大于 2.5cm/km,并应根据所在地理位置和平均高程选择其一:

1 采用统一的高斯投影带平面直角坐标系统;

2 采用高斯投影 3°带平面直角坐标系统,投影面为测区抵偿高程面;采用任意带的平面直角坐标系统,投影面可采用 1985 国家高程基准面、1956 年黄海平均海面或测区平均高程面;

3 面积小于 25km²的油气田,可以不经投影采用假定平面直角坐标系统在平面上直接进行计算。

3.2 GNSS 静态测量

3.2.1 各等级 GNSS 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 GNSS 测量控制网的主要技术指标

等级	平均边长 (km)	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b	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
二等	10~20	≤ 10	≤ 2	$\leq 1/250000$	$\leq 1/120000$
三等	5~10	≤ 10	≤ 5	$\leq 1/150000$	$\leq 1/70000$
四等	2.5~5	≤ 10	≤ 10	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$
一级	1~2.5	≤ 10	≤ 20	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$
二级	< 1	≤ 10	≤ 40	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$

注:最短边不宜小于平均边长的 1/3。

3.2.2 各等级 GNSS 控制网的基线精度应按下式计算。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \quad (3.2.2)$$

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 GNSS 控制网观测精度的评定应满足下列要求:

1 控制网的测量中误差应按下式计算;

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

式中: m ——控制网的测量中误差(mm);

N ——控制网中异步环的个数;

n ——异步环边数;

W ——异步环环线全长闭合差(mm)。

2 控制网的测量中误差应满足相应等级控制网的基线精度要求,并应满足下式的要求:

$$m \leq \sigma \quad (3.2.3-2)$$

3.2.4 GNSS 控制网的布设应符合下列规定:

1 GNSS 控制网应根据工程需求、测区实际情况、精度要求、设备及人力资源情况、工作进度、测区已有测量资料和 CORS 站

分布等情况进行优化设计,并应满足 GNSS-RTK 测量和导线测量的需要;

2 GNSS 控制网布设时,点位应均匀分布,宜联测 3 个及以上高等级国家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;

3 GNSS 控制网应由一个或若干个异步环构成,也可采用附和线路形式;异步环或附和线路的边数不应多于 6 条;

4 各等级 GNSS 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 GNSS 控制网的布设宜满足高程控制测量的要求。

3.2.5 GNSS 控制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,交通便利,作业安全,利于保护的地方;

2 点位应有利于加密和扩展,在需要导线测量加密控制网的地区,各等级控制网点至少应有一个通视方向;

3 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;

4 点位附近不应有强烈干扰卫星信号的干扰源或强烈反射卫星信号的物体;

5 点位选定应充分利用符合要求的已有控制点。

3.2.6 控制点应埋石,标志及标石的埋设规格应按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 的第 3.2.6 条执行,二等、三等、四等应绘制点之记。

3.2.7 GNSS 控制网观测的主要技术要求应符合表 3.2.7 规定。

表 3.2.7 GNSS 控制网观测的主要技术要求

等 级	二等	三等	四等	一级	二级
卫星高度角($^{\circ}$)	≥ 15				
有效观测卫星数	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4
观测时段长度(min)	30~90	20~60	15~45	10~30	10~30

续表 3.2.7

等 级	二等	三等	四等	一级	二级
观测时段数	≥ 2	≥ 1.6	≥ 1.6	≥ 1	≥ 1
数据采样间隔(s)	10~30				
点位几何图形强度因子 PDOP	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 8	≤ 8

3.2.8 各等级 GNSS 网观测方法宜以多个同步观测环为基本组成的网观测模式,网观测模式中的同步环之间,应以边连接的方式进行。

3.2.9 对于规模较大的测区,应编制观测计划,在作业实施过程中可依据实际情况做出调整。

3.2.10 作业前,应对仪器设备进行工作状态测试,保证仪器设备运行状态良好。

3.2.11 GNSS 观测应符合下列规定:

1 观测前,应对接收机进行预热和静置,同时应检查电池容量、接收机存储空间、各连接线的接口;

2 天线安置的对中误差不应大于 2mm;

3 天线高应量测至毫米;两次量测的天线高互差不应大于 3mm,并取均值作为天线高;

4 作业时,观测记录内容应包括控制点点名、接收机序列号、仪器高、开关机时间等相关测站信息;

5 各项观测参数及点名、天线高设置后,应确认与观测记录一致;

6 观测中,应避免在接收机近旁使用无线电通信工具。

3.2.12 GNSS 基线解算应符合下列规定:

1 解算前,应对外业观测数据进行传输备份,检查数据的完整性是否符合规范或技术设计规定。有 CORS 的地区,宜根据需要收集坐标成果和相应时段观测数据参与基线解算;

2 基线解算模式可采用单基线模式或多基线模式;

3 基线解算宜选择 GNSS 控制网的中部点作为起算点;

4 基线解算结果应采用双差固定解。

3.2.13 GNSS 基线应经同步环、异步环和复测基线检核,并应满足下列要求:

1 同步观测环的坐标分量闭合差和环线全长闭合差应满足下列公式的要求:

$$W_X \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.13-1)$$

$$W_Y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.13-2)$$

$$W_Z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (3.2.13-3)$$

$$W = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \quad (3.2.13-4)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (3.2.13-5)$$

式中: W_X 、 W_Y 、 W_Z ——坐标分量闭合差(mm);

W ——同步环环线全长闭合差(mm);

n ——同步环中基线边的个数。

2 异步观测环的坐标分量闭合差和环线全长闭合差应满足下列公式的要求:

$$W_X \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.13-6)$$

$$W_Y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.13-7)$$

$$W_Z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.13-8)$$

$$W = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \quad (3.2.13-9)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (3.2.13-10)$$

式中: W_X 、 W_Y 、 W_Z ——坐标分量闭合差(mm);

W ——异步环环线全长式中:闭合差(mm);

n ——异步环中基线边的个数。

3 复测基线的长度较差,应满足下式要求:

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (3.2.13-11)$$

3.2.14 当观测数据不能满足要求时,应对成果进行全面分析,并舍弃不合格基线,舍弃基线后所构成异步环的边数多于6条时,应重测该基线或有关的同步图形。

3.2.15 外业观测数据检验合格后应按本标准第3.2.3条对GNSS网的观测精度进行评定。

3.2.16 GNSS测量控制网的无约束平差应符合下列规定:

1 GNSS无约束网平差,应在CGCS2000坐标系或在WGS-84坐标系中进行;

2 无约束平差中,基线分量的改正数绝对值应满足下列公式要求:

$$V_{\Delta X} \leq 3\sigma \quad (3.2.16-1)$$

$$V_{\Delta Y} \leq 3\sigma \quad (3.2.16-2)$$

$$V_{\Delta Z} \leq 3\sigma \quad (3.2.16-3)$$

3 平差结果应提供各观测点在相应坐标系统中的三维坐标、基线向量改正数、基线长度、基线方位及相关的精度信息等。

3.2.17 GNSS测量控制网的约束平差应符合下列规定:

1 应在国家坐标系或地方独立坐标系下进行二维或三维约束平差;

2 对于已知坐标、距离或方位,应强制约束或加权约束。约束点间的边长相对中误差应满足本标准表3.2.1中相应等级的规定;

3 约束平差中,基线分量的改正数与无约束平差结果的同一基线分量改正数较差的绝对值,应满足下列公式要求:

$$dV_{\Delta X} \leq 2\sigma \quad (3.2.17-1)$$

$$dV_{\Delta Y} \leq 2\sigma \quad (3.2.17-2)$$

$$dV_{\Delta Z} \leq 2\sigma \quad (3.2.17-3)$$

4 平差结果应输出观测点在相应坐标系统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。需要时,还应输出坐标转换参数及精度信息;

5 控制网约束平差的最弱边边长相对中误差,应满足本标准表 3.2.1 中相应等级的规定。

3.3 导线测量

3.3.1 各级导线(网)测量宜采用全站仪进行。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 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	测角测回数		方位角闭合差 (")	相对闭合差
						1级	2级		
四等	10	1.7	± 2.5	± 20	1/80000	4	6	$\pm 5\sqrt{n}$	1/40000
一级	8	1.1	± 5	± 25	1/40000	1	2	$\pm 10\sqrt{n}$	1/20000
二级	4	0.8	± 10	± 30	1/20000	1	1	$\pm 20\sqrt{n}$	1/10000

注:1 n 为测站数;

2 当附和导线长度小于规定长度的 1/3 时,导线全长的绝对闭合差不应大于 13cm。

3.3.2 导线(网)的布设应符合下列规定:

1 导线(网)作为首级控制网时,应布设成环形网;作为加密网时,可布设成单一附和导线或多结点导线网;

2 导线宜布设成近似直伸形状,相邻边长之比不宜超过 1:3;当附和导线长度超过规定时,应布设成结点网形;结点与高级点、结点与结点间的导线长度不应超过规定长度的 70%;

3 对不存在通视条件的 GNSS 点、三角点,进行一级、二级导线加密时,不宜采用两起算点之间单线附和形式,可布设结点导线网。

3.3.3 导线(网)点位的选定应符合下列规定:

1 点位应选在稳固可靠,视野开阔,便于安置仪器的地方;

2 相邻点之间应通视良好;视线与障碍物的距离,四等不宜小于 1.5m,一级、二级不宜小于 0.5m;

3 相邻点之间视线应避开发热体和强电磁场;

4 相邻点之间的视线倾角宜符合表 3.3.3 的规定；

表 3.3.3 相邻点之间的视线倾角

等 级	视 线 倾 角
四等	$\leq 10^\circ$
一级	$\leq 20^\circ$
二级	$\leq 50^\circ$

5 应充分利用已有点位,并使所选点位构成图形良好。

3.3.4 导线点应埋石,个别点位可采用刻石、钢钉的方法设置。

3.3.5 水平角观测应采用方向观测法。观测时,当一个测站的方向数不多于 3 个,可不归零。当测站上方向总数超过 6 个,可分两组观测,每组不应少于两个共同方向(其中一个为共同零方向),两组共同方向角值之差不应大于本等级测角中误差的 2 倍。分组观测最后结果,按等权分组观测进行测站平差。

3.3.6 水平角方向观测法的技术要求应符合表 3.3.6 的规定。

表 3.3.6 水平角方向观测法的技术要求

等级	全站仪型号	半测回归零差 (")	一测回内 2C 互差(")	同一方向值 各测回互差(")
四等	1"级	6	9	6
	2"级	8	13	9
一级、二级	1"级	6	9	6
	2"级	12	18	12

3.3.7 各测回间应配置度盘,并按下列公式计算度盘变换角:

$$1''\text{级}: \sigma = \frac{180^\circ}{m} + 4' \quad (3.3.7-1)$$

$$2''\text{级}: \sigma = \frac{180^\circ}{m} + 10' \quad (3.3.7-2)$$

式中: σ ——变换角;

m ——测回数。

3.3.8 水平角观测时,仪器对中误差不应超过 2mm,气泡中心位

置不应偏离中心 1 格。

3.3.9 全站仪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。

3.3.10 水平角观测误差超限时,应在原来度盘位置进行重测,并应符合下列规定:

1 一测回内 2C 互差或同一方向值各测回较差超限时,应重测超限方向,并联合测零方向;

2 半测回归零差或零方向的 2C 互差超限时,应重测该测回;

3 本测回重测方向数超过总方向数的 1/3 时,该测回应重测。重测测回数超过总测回数 1/3 时,该测站应重测。

3.3.11 水平角的观测值应取各测回的平均值作为测站成果。

3.3.12 全站仪测距的标称精度应按下式表示:

$$m_D = a + b \times 10^{-6} \times D \quad (3.3.12)$$

式中: m_D ——测距中误差(mm);

a ——标称精度中的固定误差(mm);

b ——标称精度中的比例误差系数;

D ——测距边长度(km)。

3.3.13 各等级导线使用全站仪测距的技术要求应符合表 3.3.13 的规定。

表 3.3.13 全站仪测距技术要求

等级	仪器类型	总测回数	观测次数	
			往	返
四等	5mm 级	4	2	2
	10mm 级	6	3	3
一级	10mm 级	2	2	—
二级	10mm 级	2	2	—

注:一级、二级测距可用往、返测各一测回代替往测二测回。

3.3.14 全站仪测距限差应符合表 3.3.14 的规定。

表 3.3.14 全站仪测距限差

仪器类型	一测回读数较差 (mm)	单程测回间较差 (mm)	往、返测距较差 (mm)
5mm 级	5	7	$2m_D$
10mm 级	10	15	$2m_D$

注:1 一测回的含义是照准目标一次,读数 3 次;

2 往返测较差应将斜距归算到同一水平面上方可进行比较;

3 测边时应根据具体情况,可采取不同时间段观测代替往返观测。

3.3.15 测距作业应符合下列规定:

1 测距应在成像清晰和气象条件稳定时进行;

2 测站对中误差和反光镜对中误差不应大于 2mm;

3 视线距离地面或障碍物应大于 1.3m,当反光镜前后有干扰时,应采取相应措施;

4 视线应避开强电磁场干扰的地方,宜离开高压线 5m 以外;

5 不宜顺、逆光观测,严禁将仪器照准头对准太阳;

6 测距过程中,视线被遮挡出现粗差时,应重新启动测量;

7 观测值超限时,应重测整测回;观测数据分群时,应分析原因,并采取相应措施重新观测;

8 气象仪器的采用:温度计宜采用通风干湿温度计,气压表宜选用高原型空盒气压计。温度计应悬挂在离开地面和人体 1.5m 以外阳光不能直射的地方,且读数精确至 0.2°C ;气压表应平置,指针不应阻滞,且读数精确至 50Pa。

3.3.16 测距边的倾斜改正可用两端点水准测量的高差、三角高程测定的高差或采用观测的垂直角进行倾斜改正。

当采用对向三角高程测定高差时,高差 h 的限值不应超过按下式计算的数值:

$$h \leq \frac{8S}{T} 10^3 \quad (3.3.16)$$

式中: h ——三角高程测量高差;

S ——测距边边长(m);

T ——测距边要求的相对中误差分母。

垂直角的观测和对向观测高差较差的要求,可按本标准第4.4.5条的规定执行。

3.3.17 独立计算水平距离时,应符合下列规定:

1 测量的斜距,需经气象改正和仪器的加、乘常数改正后才能进行水平距离计算。

2 当求得两点间高差时,水平距离应按下式计算:

$$D = \sqrt{S^2 - h^2} \quad (3.3.17-1)$$

式中: D ——观测边的水平距离(m);

S ——经气象、加常数、乘常数改正后的斜距(m);

h ——测距仪与反光镜之间的高差(m)。

3 当观测垂直角时,水平距离应按下式计算:

$$D = S \cos(\alpha + f) \quad (3.3.17-2)$$

$$f = (1 - k) \frac{S}{2R} \rho'' \quad (3.3.17-3)$$

式中: S ——经气象、加常数、乘常数改正后的斜距(m);

α ——垂直角观测值;

f ——地球曲率与大气折光对垂直角的改正值,不论仰角或俯角, f 恒为正值;

k ——当地的大气折光系数;

R ——地球平均曲率半径(m)。

3.3.18 导线(网)水平角观测的测角中误差应按下式计算:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{f_{\beta_i}^2}{n}} \quad (3.3.18)$$

式中: m_{β} ——导线(网)测角中误差(");

f_{β_i} ——附和导线或闭合导线环的方位角闭合差(");

n ——计算 f_{β_i} 时的测站数;

N ——闭合环及附合导线的总数。

3.3.19 测距边的精度评定可按公式(3.3.19-1)、公式(3.3.19-2)、公式(3.3.19-3)计算；当导线(网)中边长相差不大时,可按公式(3.3.19-4)计算导线(网)的平均测距中误差。

1 单位权中误差：

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_i d_i^2}{2n}} \quad (3.3.19-1)$$

$$p_i = \frac{1}{\sigma_D^2} \quad (3.3.19-2)$$

式中： μ ——单位权中误差(mm)；

p_i ——各边距离测量的先验权；

σ_D ——测距的先验中误差,可按测距仪的标称精度计算；

d_i ——各边往、返测距离的较差；

n ——测距边数。

2 任一边的实际测距中误差：

$$m_{D_i} = \pm \mu \sqrt{\frac{1}{p_i}} \quad (3.3.19-3)$$

式中： m_{D_i} ——任一边的实际测距中误差(mm)；

p_i ——第 i 边距离测量的先验权。

3 网的平均测距中误差：

$$m_D = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{2n}} \quad (3.3.19-4)$$

式中： m_D ——平均测距中误差(mm)；

d_i ——各边往、返测距离的较差；

n ——测距边数。

3.3.20 测距边水平距离的高程归化和投影改化计算应符合下列规定：

1 归算到参考椭球面上的边长应按下式计算:

$$D_0 = D_p \left[1 - \frac{H_m + h_m}{R_A} + \frac{(H_m + h_m)^2}{R_A^2} \right] \quad (3.3.20-1)$$

式中: D_0 ——归化到参考椭球面上的边长(m);

D_p ——测距边水平距离(m);

H_m ——测距边高出大地水准面的平均高程(m);

h_m ——测距边所在地区大地水准面对于参考椭球面的高差(m),可由相应测区高程异常图中查得;

R_A ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径(m)。

2 归算到高斯平面的边长应按下式计算:

$$D_g = D_0 \left[1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{(\Delta y)^2}{24R_m^2} \right] \quad (3.3.20-2)$$

式中: D_g ——归化到高斯平面的边长(m);

y_m ——测距边两端点近似横坐标的平均值(m);

Δy ——测距边两端点近似横坐标的增量(m);

R_m ——参考椭球面在测距边中点的平均曲率半径(m)。

3 归算到任意高程面上的边长应按下式计算:

$$D_H = D_p \left(1 - \frac{H'_m}{R_A} \right) \quad (3.3.20-3)$$

式中: D_H ——任意高程面上的测距边长度(m);

D_p ——测距边的水平距离(m);

H'_m ——测距边两端点仪器中心和反光镜中心高出任意高程面的高度平均值(m);

R_A ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径(m)。

3.3.21 导线网应采用严密平差的方法。平差时,可按本标准第3.3.18条、第3.3.19条中的方法计算中误差 m_β 和 m_{D_i} ,也可用数理统计等方法求得的经验公式来估算先验中误差的值,并用以计算角度及边长的权。

3.3.22 当采用简化平差时,精度评定可相应简化。

3.3.23 内业计算及成果的数字取位应符合表 3.3.23 的规定。

表 3.3.23 内业计算及成果的数字取位

等 级	观测方向值及 各项改正数(″)	边长观测值及 各项改正数(m)	边长与坐标 (m)	方位角 (″)
四等、一级、二级	1	0.001	0.001	1

3.4 GNSS-RTK 测量

3.4.1 GNSS-RTK 测量主要技术要求应符合表 3.4.1 规定。

表 3.4.1 GNSS-RTK 测量主要技术要求

等级	相邻点间平均 边长(km)	点位 中误差(cm)	边长相对 中误差	与基准站的 距离(km)	起算点 等级	独立观测 次数
一级	≥ 2	5	$\leq 1/20000$	≤ 5	四等及以上	≥ 4
二级	≥ 1	5	$\leq 1/10000$		一级及以上	≥ 3

注：1 点位中误差指控制点相对于最近基准站的误差；

2 高程较差指相邻已知点间高差与 RTK 观测值高差的差值。 L 为已知点间距离(km)；

3 采用网络 RTK 测量与基准站距离可不受上表限制，但应在网络有效服务范围内。

3.4.2 GNSS-RTK 作业前，应计算并输入坐标转换参数和相关作业数据，检查仪器设备的工作状态。

3.4.3 GNSS-RTK 坐标系统转换参数的获取或计算应符合下列规定：

- 1 可以直接利用测区已知的转换参数；
- 2 没有已知转换参数时，可以自行求解；
- 3 求解转换参数应采用不少于 3 个高等级起算点的两套坐标成果，所选起算点应分布均匀，且能控制整个测区；
- 4 转换参数的计算应根据测区范围及具体情况，采用合理的数学模型进行多种组合方式分别计算和优选；
- 5 对于面积较大或线路较长的测区，需要分区或分段求解转换参数时，接合处应不少于 2 个重合点；

6 平面坐标转换残差不应大于 2cm,相邻高程控制点高差转换残差不应大于 $20\sqrt{L}\text{mm}$;

7 转换参数的可靠性应实地进行验证。

3.4.4 GNSS-RTK 可采用单基站或网络 RTK 的方法进行。

3.4.5 GNSS-RTK 观测时的卫星状态应符合表 3.4.5 规定。

表 3.4.5 GNSS 卫星状态表

观测窗口状态	截止高度角 15°以上的 卫星个数	PDOP 值
良好	≥ 6	< 4
可用	5	≥ 4 , 且 ≤ 6
不可用	< 5	> 6

3.4.6 GNSS-RTK 基准站设置应满足下列要求:

- 1 基准站架设位置应符合本标准第 3.2.5 条相关规定;
- 2 基准站各项参数设置应符合本标准第 3.2.11 条相关规定;
- 3 选择和设置统一约定的数据链接方式,电台频率应避免与测区内其他无线电通信频率相冲突。

3.4.7 GNSS-RTK 流动站测量应满足下列要求:

- 1 流动站的坐标系统、转换参数、通信参数应与基准站一致;
- 2 GNSS-RTK 观测值应在得到固定解且收敛稳定后开始记录;
- 3 流动站作业前应至少在同等级或高等级的 2 个已知点上做检核,检核精度应满足本标准表 3.4.1 相关规定;
- 4 GNSS-RTK 观测应符合下列规定:
 - 1) 平面收敛精度不应大于 2cm,高程收敛精度不应大于 3cm;
 - 2) 独立观测平面坐标较差不应大于 3cm,高程较差不应大于 4cm,取中数作为最终成果,独立观测应重新初始化;
 - 3) GNSS-RTK 测量应采用三角架对中、整平,每测回观测

历元数应不少于 20 个；

- 4) 作业过程中,如出现卫星信号失锁或数据链中断,应重新初始化,并经重合点检测合格后,方能继续作业；
- 5) 当利用 CORS 作为基准站时,需取得系统服务授权,流动站应在有效服务区内进行测量工作,其他要求亦要符合本条规定；
- 6) 作业结束前,宜进行已知点检查或多台流动站针对同一点的互查；
- 7) 作业结束后,应及时转存、备份、处理数据。

3.4.8 GNSS-RTK 测量成果检查应满足下列要求：

- 1 GNSS-RTK 测量成果应进行 100% 的内业检查和不少于总点数 10% 的外业检测；
- 2 外业检测点应均匀分布测区的中央和四周边缘；
- 3 平面坐标成果外业检测可采用已知点比较法、重测比较法、常规测量方法等进行,点位中误差应满足本标准表 3.4.1 相关规定。

3.5 测量记录与成果提交

3.5.1 外业采用 GNSS 接收机、全站仪作业时,观测记录应符合下列规定：

- 1 当采用外业手簿记录时,字迹应清楚、整齐,不得涂改、擦改、转抄,外业手簿或记录纸应编号；
- 2 当使用计算机记录时,计算机记录和输出的主要内容应与手记相同。

3.5.2 对原始观测数据更改应符合下列规定：

- 1 水平角观测的秒值读记错误应重新观测,度、分读记错误可在现场更正,同一方向盘左、盘右不得更改相关数字；垂直角观测的分的读数,各测回不得连环更改；
- 2 距离测量中,厘米及以下数值不得更改；厘米以上的读记

错误,在同一距离,两次测量的相关数字不得连环更改;

3 当应用手簿进行观测记录时,凡更正错误,均应将错误数字和文字整齐划去,在上方另记正确数字或文字。凡划改的数字和超限划去的成果,均应注明原因和重测结果的所在页数。

3.5.3 观测工作结束以后,应及时整理和检查外业观测手簿。检查计算是否正确,观测成果是否满足各项限差要求。确认无误方可进行计算。

3.5.4 内业计算结束后,应将所采用的程序名称、使用程序的相关说明、输出的成果资料等一并附在计算资料中。

3.5.5 平面控制测量工作结束后,成果提交宜包括下列内容:

- 1 技术设计书;
- 2 平面控制网图;
- 3 GNSS 接收机、全站仪等仪器检定证书;
- 4 点之记;
- 5 成果表;
- 6 技术总结。

4 高程控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 高程系统宜采用 1985 国家高程基准。对于已开发建设的油气田,在扩展高程控制网时,可沿用原高程系统。小面积测区高程联测有困难时,可采用假定高程。

4.1.2 高程控制测量宜采用水准测量、全站仪测距三角高程测量、GNSS 拟合高程测量。水准测量的等级分为二等、三等、四等,全站仪测距三角高程和 GNSS 拟合高程测量可代替四等水准测量。

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

4.1.4 高程控制网的布设应兼顾平面控制网。

4.1.5 高程控制网起算点的联测应符合下列规定:

1 在已有高等级起算点的地区,高程控制网应与高等级点联测;

2 在没有高等级起算点时,可选用同级的结点作为起闭点,联测精度不应低于首级高程控制网的测量精度。

4.1.6 高程控制网最弱点(相对于起算点)的高程中误差不应超过 $\pm 3\text{cm}$ 。

4.2 选点与埋石

4.2.1 高程控制网设计应在收集测区已有水准测量成果等资料的基础上进行,应根据设计路线现场踏勘、分析优化。

4.2.2 各等级水准路线宜选择在坡度较小、土质坚实、施测方便

的道路附近,不宜通过大河、沙滩和沼泽。当采用数字水准仪时,水准路线应避开强电磁场的干扰。

4.2.3 水准点的选择应符合下列规定:

1 二等、三等水准路线上应每隔 30km~40km 或在结点处埋设基本水准标石,沿线宜每隔 4km~8km 埋设一座普通水准标石,四等水准路线上宜每隔 3km~5km 埋设一座普通水准标石;

2 地面水准点应选在坚固稳定处;墙上水准点应选在永久性建(构)筑物上。各级水准点应便于寻找、保存和引测。

4.2.4 水准标石的埋设应符合下列规定:

1 季节性冻土地区的水准标石底部应埋设在冻深线以下 50cm;

2 沙漠地区的水准标石可采用混凝土桩或钢管桩;

3 当沙漠地区采用钢管桩时,底部应焊有钢板或浇灌混凝土基础,钢管顶部露出地面不应少于 0.4m;

4 各等级水准标石(包括墙上水准点),均应进行标识;

5 各级平面控制点与水准点共用时,埋石应符合水准点埋石要求。

4.2.5 各等级水准观测均应在标石稳定后进行。二等水准观测应经过一个雨季;季节性冻土地区观测应经过一个解冻期。

4.2.6 水准埋石结束后,应详细绘制点之记。点之记中应记录水准点的平面坐标。

4.2.7 采用 GNSS 拟合高程测量时,选点、埋石应符合本标准第 3.2.5 条、第 3.2.6 条规定。

4.2.8 全站仪测距三角高程测量时,选点、埋石应符合本标准第 3.3.3 条、第 3.3.4 条规定。

4.3 水准测量

4.3.1 各等级水准网的主要技术要求应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 水准网主要技术要求

等级	附和路线或 闭合环线周长 (km)	往返较差、附和或环线闭合差 (mm)		每千米高差 全中误差 (mm)	检测高差之差 (mm)
		平地	山地		
二等	400	$\pm 4\sqrt{L}$	—	± 2	$\pm 6\sqrt{L}$
三等	65	$\pm 12\sqrt{L}$	$\pm 4\sqrt{n}$	± 6	$\pm 20\sqrt{L}$
四等	24	$\pm 20\sqrt{L}$	$\pm 6\sqrt{n}$	± 10	$\pm 30\sqrt{L}$

注:1 水准网的结点与结点、结点与高级点间的路线长度不应超过表中规定的 70%;

2 L 为路线长度(km);

3 n 为测站数。

4.3.2 水准测量各等级的观测限差要求应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 水准测量观测限差要求

等级	仪器 类型	基、辅分划 (黑红面) 读数之差 (mm)	基、辅分划 (黑红面) 所测高 差之差 (mm)	视线最 大长度 (m)	前后视 距差 (m)	前后视距 累积差 (m)	视线高度 下丝读数 (m)	检测间 歇点高 差之差 (mm)
二等	DS ₀₅ DS ₁	0.4	0.6	50	1	3	0.3	1.0
三等	DS ₀₅ DS ₁	1.0	1.5	100	2	5	三丝 能读数	3.0
	DS ₃	2.0	3.0	75				
四等	DS ₀₅ DS ₁	3.0	5.0	150	3	10	三丝 能读数	5.0
	DS ₃			100				

注:使用数字水准仪观测、双摆位自动安平水准仪时,不计算基、辅分划读数差。

使用数字水准仪只有视线最大长度、前后视距差、前后视距累积差、检测间歇点高差之差等限差要求。

4.3.3 水准测量各等级读数和计算取位应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 水准测量读数和计算取位

等级	读数 (mm)	往返测高差 总和(mm)	往返测高差 中数(mm)	各测站高差 (mm)	高程 (mm)
二等	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1
三等	0.1	0.1	0.1	0.1	1
四等	1	1	1	1	1

4.3.4 水准测量对准仪 i 角的检校应符合下列规定：

1 水准作业开始后的一周内，应每天检校一次 i 角，若 i 角每天保持在 $10''$ 以内，以后可每隔 15d 检校一次；

2 用于二等水准测量的仪器的 i 角不得大于 $15''$ ；

3 用于三等、四等水准测量的仪器的 i 角不得大于 $20''$ 。

4.3.5 水准尺的米间隔平均真长与名义长之差应符合下列规定：

1 线条式钢瓦标尺不应大于 0.15mm；

2 区格式木质标尺不应大于 0.5mm；

3 条形码尺不应大于 0.1mm。

4.3.6 水准测量的观测方法应符合下列规定：

1 二等水准测量应采用单路线往返观测。同一测段的往返测应分别在上午和下午进行。在日间气温变化不大的阴天和观测条件较好时，部分里程的往返测可同在上或下午进行，但里程的总站数，不应超过该区段总站数的 30%。往测时，奇数站观测顺序为后-前-前-后，偶数站为前-后-后-前。返测时，奇、偶测站和往测时偶、奇测站观测顺序相同。

2 三等水准测量采用中丝法读数进行往返观测；当使用 DS_1 类型仪器和钢瓦标尺进行观测时，可采用光学测微法进行单程双转点观测。两种方法每站观测顺序均为后-前-前-后。

3 四等水准测量采用中丝读数法，观测顺序为后-后-前-前。水准路线为附合或闭合环时采用单程测量。水准支线应进行往返观测或单程双转点观测。

4 使用自动安平水准仪的操作程序与一般水准仪相同，但在

一个测站上不应两次调焦。

5 使用数字水准仪观测时,首先应设置仪器的基本参数(如高程单位、数位、观测日期、时间等),输入测量限差参数(如视距、视线高、测站高差之差等)。激活记录模式后,应输入测量附加信息和注记。选择测量模式,应输入测线编号和起始点高程值。然后将仪器对准条形码标尺,成像清晰后开始测量。对标尺的测量顺序在二等水准测量时和一般水准仪观测顺序应相同。在三等、四等水准测量时,可选择符合相应等级观测精度要求的一种测量模式。

4.3.7 水准测量的转点尺承可采用尺桩和尺台,用于二等水准测量的尺台重量不应小于 5kg。

4.3.8 水准测量成果的重测和取舍应符合下列规定:

1 凡超出本标准第 4.3.1 条与第 4.3.2 条规定限差的结果均应重测;

2 本站观测限差超限应重测;迁站后发现时,应从水准点或间歇点开始重测;

3 测段往返测高差不符值超限,应就可靠性小的测程进行整测段重测;当重测的结果与同方向原测结果的不符值未超限,且其中数和反向原测结果亦未超限时,应取中数作为该单程的高差结果;当同向超限时,应取重测结果;当该单程重测后仍超限时,应重测量一单程;当出现同向不超限、但异向超限的分群现象时,应具体分析,采取有效措施(如选择有利的观测时间、缩短视距等)再进行重测,达到符合限差要求;

4 当每千米高差的偶然中误差 M_{Δ} 和每千米高差全中误差 M_w 、区段往返测高差不符值、附合路线或环线闭合差超限时,应认真分析,先选择路线上可靠性较小的一些测段进行重测。

4.3.9 水准测量的内业计算应符合下列规定:

1 平差前每条水准路线若分测段进行计算时,应按往返测高差较差计算每千米水准测量高差的偶然中误差, M_{Δ} 的绝对值不应

超过本标准表 4.3.1 规定的各等级每千米高差全中误差的一半，每千米高差的偶然中误差 M_{Δ} 按下式计算：

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta_i^2}{L_i}} \quad (4.3.9-1)$$

式中： M_{Δ} ——每千米高差的偶然中误差(mm)；

Δ_i ——水准路线测段往返测高差不符值(mm)；

L_i ——水准测段长度(km)；

n ——往返测的水准路线测段数。

2 每条水准路线应按附和路线和环形闭合差计算每千米水准测量高差全中误差，且应按下式计算：

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{W_i^2}{L_i}} \quad (4.3.9-2)$$

式中： M_w ——每千米水准测量高差全中误差(mm)；

W_i ——闭合差(mm)；

L_i ——计算各 W 时，相应的路线长度(km)；

N ——附和路线或闭合路线的个数。

3 高山地区受地形起伏和重力异常的共同影响，二等、三等水准测量与国家水准点(正常高系统)附和时，除应进行正常位水准面不平行改正外，还应加入重力异常的归算改正。

4 各等级水准网的计算，应采用严密平差。

4.3.10 水准测量使用的计算机记录、计算程序必须经鉴定合格才能使用。

4.3.11 平差计算的输出成果应包括水准网图、起算数据、观测数据和各点高程成果表。平差后的精度评定应包括每千米高差全中误差、最弱点高程中误差。

4.3.12 水准网的复测周期宜 5 年一次，也可根据油气田开发建设的需要和地面形变的速率大小而定。

4.4 全站仪三角高程测量

4.4.1 三角高程测量应起闭于不低于三等水准点。

4.4.2 三角高程测量宜与平面控制同时进行,也可布设成独立的三角高程导线网或附和三角高程导线。三角高程导线应符合下列规定:

1 边长不应超过 1km,边数不宜超过 6 条;

2 边长不超过 0.5km 时,边数可适当增加,但不应超过 12 条。

4.4.3 三角高程测量观测时,镜站应使用特制的觇牌;距离 0.5km 以内照准目标清楚时,可使用单反光镜。

4.4.4 三角高程测量宜采用直返觇法或中点单觇法施测,直返觇法和中点单觇法同时使用时,精度等级应相同。采用中点单觇法施测时,前后视距差不应超过其中长边 D 的 $1/10$ 。

4.4.5 三角高程测量的主要技术要求应符合表 4.4.5 的规定。

表 4.4.5 三角高程测量主要技术要求

等级	仪器类型	测角测回数 (中丝法)	测距测回数	指标差较差 (")	垂直角较差 (")	对向观测高差较差 (mm)	附和或环线闭合差 (mm)
四等	2"级、10mm 级	3	往 3 返 3	7	7	$\pm 40\sqrt{D}$	$\pm 20\sqrt{\sum D_i}$

注:1 测距 1 测回的含义是照准反光镜一次,读数 1 次;

2 D 为测距边长度(km)。

4.4.6 测前和测后应分别量测仪器高、反光镜或觇牌高度,量测至毫米,二次较差不应大于 2mm。

4.4.7 三角高程测量垂直角观测宜采用觇牌作为目标,每照准一次,读数二次,二次读数之差不应大于 3"。距离测量测回间读数较差不应大于 10mm。

4.4.8 对向观测的高差,应考虑地球曲率和折光差的影响,较差符合要求时取高差中数。

4.4.9 三角高程网的平差计算应采用严密平差的方法,高程取至毫米。

4.5 GNSS 拟合高程测量

4.5.1 GNSS 拟合高程测量宜与 GNSS 平面控制测量一起进行。

4.5.2 GNSS 拟合高程测量的主要技术要求应符合下列规定:

1 GNSS 网应与四等及以上的水准点联测,联测的 GNSS 点宜分布在测区的四周和中央;若测区为带状,联测的 GNSS 点应分布于测区两端和中部;

2 联测宜采用水准测量或全站仪三角高程测量按照本标准第 4.3 节、第 4.4 节的有关规定执行;

3 联测点数宜大于选用计算模型中未知参数个数的 1.5 倍,点间距宜小于 10km;

4 地形高差变化较大的地区应增加联测的点数;

5 地形趋势变化明显的大面积测区或线路较长的带状地区宜采取分区拟合方法;

6 GNSS 观测的主要技术要求应按本标准第 3.2.7 条有关规定执行。

4.5.3 GNSS 拟合高程计算应符合下列规定:

1 利用当地的重力大地水准面模型或资料;

2 对不同拟合模型输出结果进行对比、分析,选择精度高的拟合模型;

3 GNSS 点的高程计算不宜超出拟合高程模型所覆盖的范围。

4.5.4 GNSS 高程点的检验应符合下列规定:

1 检查宜采用同等级水准测量或全站仪三角高程测量方法进行;

2 检查点数应为拟合高程点的 10% 以上,且不应少于 3 个点;

3 检测计算结果,四等不应超过 $\pm 30 \sqrt{D}$ mm(D 为检查线路的长度,单位为 km。当 D 小于 1km 时,以 1km 计算)。

4.6 测量记录与成果提交

4.6.1 各等级水准测量的观测记录应符合下列规定:

1 电子记录的格式和要求宜符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897、《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898 的规定;

2 采用手簿进行手工记录时,记录项目应齐全,记录数据应字体清晰、整齐;

3 纸质原始记录中,厘米及以下数据不应改动,厘米以上数据有错,应在现场检查后再以单线划去,在上方写出正确数字并注明原因。在一个测站内不应有两个相关数字连环涂改。不用的废站划去应注明原因,并注明补测或重测所在的页码。

4.6.2 各等级水准测量资料的整理应符合下列规定:

- 1 纸质记录应按观测日期排序,应经检查合格后提供使用;
- 2 电子记录应打印成纸质资料,应经检查合格后提供使用;
- 3 各种计算资料及成果表应完整无缺、签署齐全。

4.6.3 GNSS 接收机和全站仪测距三角高程测量记录应按本标准第 3.5 节相关规定执行。

4.6.4 成果提交宜包括:

- 1 技术设计书;
- 2 高程控制网图;
- 3 仪器检定证书;
- 4 点之记;
- 5 成果表;
- 6 技术总结。

5 地形测量

5.1 一般规定

5.1.1 地形图测图比例尺可根据不同用途按表 5.1.1 确定。

表 5.1.1 测图比例尺的确定

比例尺	用 途
1 : 10000 1 : 5000	规划、可行性研究、初步设计等
1 : 2000	可行性研究,初步设计,线路施工图设计,城镇、厂区详细规划等
1 : 1000	城镇、厂区详细规划、管理、初步设计,施工图设计等
1 : 500	厂、库、站初步设计,施工图设计,竣工验收等

注:1 1 : 10000 地形图应向国家有关部门采购,也可利用 1 : 5000 地形图编绘;
自行编绘 1 : 10000 地形图的技术要求应符合国家相关规范规定;

2 局部 1 : 200 或 1 : 100 地形图,可按 1 : 500 地形测量的精度要求进行测绘;

3 精度要求较低的专用地形图,可按小一级比例尺地形图编绘成图。

5.1.2 1 : 5000 基本地形图应采用梯形分幅,按国家标准统一编号;1 : 500、1 : 1000、1 : 2000 地形图应采用正方形或矩形分幅,图幅编号采用图幅西南角的坐标值(千米),也可沿用原有的分幅和编号方法。

5.1.3 依据精度要求,地形测绘地区类别可划分为:一般地区、建筑区和水域。

5.1.4 地形类别划分和地形图基本等高距的确定应符合下列规定:

1 地形类别应按地面倾角 α 划分:

1)平地: $\alpha < 3^\circ$;

2)丘陵地: $3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$;

3)山地: $10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$;

4) 高山地: $\alpha \geq 25^\circ$ 。

2 地形图的基本等高距应按表 5.1.4 确定;

表 5.1.4 地形图基本等高距(m)

比例尺	平地	丘陵地	山地	高山地
1 : 500	0.5	0.5(1)	1	1
1 : 1000	0.5	0.5(1)	1	2
1 : 2000	0.5(1)	1(2)	2(5)	2(5)
1 : 5000	1(2)	2(5)	5	5

注:1 同一测区同一种比例尺地形图,宜采用同一种基本等高距;

2 水域测图基本等高(深)距宜和陆地一致;

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

5.1.5 地物点相对于邻近图根点的点位中误差应符合表 5.1.5 的规定。

表 5.1.5 图上地物点点位中误差(mm)

地区类别	点位中误差
一般地区	± 0.8
建筑区	± 0.6
水域	± 1.5

注:1 山地、森林、街坊等隐蔽地区,可放宽 1.5 倍;

2 1 : 500 比例尺水域测图、其他比例尺的大面积平坦水域或水深超出 20m 的开阔水域测图,根据具体情况,可放宽至 2.0mm。

5.1.6 地形图高程精度应符合表 5.1.6 的规定:

表 5.1.6 等高(深)线插求点的高程中误差

一般地区	地形类别	平地	丘陵地	山地	高山地
	高程中误差(m)	$\frac{1}{3}h_d$	$\frac{1}{2}h_d$	$\frac{2}{3}h_d$	$1h_d$
水域	高程中误差(m)	$\frac{1}{2}h_d$	$\frac{2}{3}h_d$	$1h_d$	$\frac{3}{2}h_d$

注:1 h_d 为基本等高距(m),对于数字高程模型, h_d 的值按表 5.1.4 取用;

2 特殊困难地区,可按上表规定放宽 50%;

3 当作业困难、水深大于 20m 或工程精度要求不高时,水域测图可放宽 1 倍。

5.1.7 使用全站仪测量地形图时,仪器对中误差、测距长度、地形点间距等技术要求应符合表 5.1.7 的规定。

表 5.1.7 仪器对中误差、测距最大长度、地形点间距等技术要求

比 例 尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
仪器对中误差(mm)	不大于 5			
测距最大长度(m)	300	500	700	1000
地形点间距(m)	15	30	50	100
高程注记点的密度(个/1dm ²)	8~20	8~20	8~20	8~20
高程注记到(m)	0.01	0.01,0.1	0.01,0.1	0.01,0.1

5.1.8 每一测站在施测前和结束时,应进行测站检查。测站检查项目及精度要求应符合表 5.1.8 的规定。

表 5.1.8 测站检查的精度要求(m)

比 例 尺	距离较差 ΔS	高程较差 ΔH
1 : 500	0.05	$\frac{1}{5} h_d$
1 : 1000	0.1	$\frac{1}{5} h_d$
1 : 2000	0.2	$\frac{1}{5} h_d$
1 : 5000	0.5	$\frac{1}{5} h_d$

注: h_d 为基本等高距(m)。

5.1.9 地形图编辑整饰注记应按现行国家标准《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 相关规定执行;也可以根据油气田具体情况制定补充规定。

5.2 图根控制测量

5.2.1 图根点应在各等级控制点下加密。

5.2.2 图根点的位置精度以相对于邻近等级控制点的点位中误差衡量,不应大于所测比例尺图上 0.1mm,高程中误差不应大于

测图基本等高距的 1/10。

5.2.3 图根点可采用 GNSS-RTK、全站仪极坐标法、图根导线等方法进行加密。

5.2.4 图根导线不宜超过二次附和，困难地区不宜超过三次附和。

5.2.5 每幅图控制点的数量不应少于表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 每幅图控制点数量

图幅 (cm)	测图比例尺			
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
50×50	2	3	4	—
梯形分幅	—	—	—	6

5.2.6 图根点可采用木(铁)桩标志。当测区高级控制点稀少时，图根点宜埋设标石。

5.2.7 GNSS 图根控制测量宜采用 GNSS-RTK 方法直接测定图根点的坐标和高程。GNSS-RTK 方法的作业半径不宜超过 10km,对每个图根点均应进行两次独立测量,点位较差应符合本标准表 5.1.8 的规定。

5.2.8 全站仪图根导线测量的主要技术要求应符合表 5.2.8 的规定。

表 5.2.8 全站仪图根导线测量的主要技术要求

比例尺	导线平均 边长 (m)	附和导线 长度 (m)	相对 闭合差	测角中 误差 (")	测角、测距 测回数 (6"级、5mm 级)	测距中 误差 (mm)	方位角 闭合差 (")
1 : 500	200	1000	1/2000	±20	1	15	$\pm 40\sqrt{n}$
1 : 1000	400	2000	1/2000	±20	1	15	$\pm 40\sqrt{n}$
1 : 2000	600	3000	1/2000	±20	1	15	$\pm 40\sqrt{n}$
1 : 5000	1000	5000	1/2000	±20	1	15	$\pm 40\sqrt{n}$

注:1 n 为测站数;

2 极坐标法支导线最大边长为:1 : 500 测图取 300m;1 : 1000 取 500m;
1 : 2000取 700m;1 : 5000 取 1000m。边长相对误差不应低于 1/4000。

5.2.9 在隐蔽地区测量,图根导线无法附合时,可布设不多于 4 条边的支导线,水平角应采用 2"级全站仪施测左、右角各一测回,圆周角闭合差不应超过 40",边长单程二测回测定,平均边长应符合本标准表 5.2.8 的规定。

5.2.10 图根高程控制可采用图根水准、全站仪三角高程或 GNSS-RTK 测量方法。

5.2.11 图根水准测量,起算点高程不应低于四等水准精度,技术要求应符合表 5.2.11 的规定。

表 5.2.11 图根水准测量的技术要求

仪器类型	视线长度 (m)	附合或环线长度 (km)	观测次数		往返较差、附合或环线闭合差		每千米高差中误差 (mm)
			附合或环线	与已知点联测	平地	山地	
DS ₃	150	16	往一次	往返各一次	$\pm 40\sqrt{L}$	$\pm 12\sqrt{n}$	± 20

注: L 为线路长度(km); n 为测站数。

5.2.12 水准路线布设成支线时,应采用往返观测,路线不应大于 3km。

5.2.13 图根全站仪三角高程测量起算点高程不应低于四等水准精度,主要技术要求应符合表 5.2.13 的规定。

表 5.2.13 图根全站仪三角高程测量主要技术要求

等级	仪器类型	测角 测回数 (中丝法)	测距 测回数	指标差 较差 (")	垂直角 较差 (")	对向观测 高差较差 (mm)	附合或环线 闭合差 (mm)
图根	2"级、10mm 级	2	往 2	10	10	$\pm 80\sqrt{D_i}$	$\pm 40\sqrt{\sum D_i}$

注:1 测距 1 测回的含义是照准反光镜 1 次,读数 1 次;

2 D_i 为测距边长度(km)。

5.2.14 图根高程控制采用 GNSS-RTK 测量方法时,起始检查点高程不应低于四等水准精度。每个测点应两次独立观测高程,高程较差不应超过 $\pm 40\sqrt{L}$ (mm)(L 为检测水准路线长度,以 km 计。当 L 小于 1km 时,以 1km 计算)。

5.2.15 图根平面、高程控制测量观测记录、计算取位要求应符合表 5.2.15 的规定。

表 5.2.15 观测记录、计算取位要求

观测水平角 或垂直角(″)	各项改正数 (″)	方位角 (″)	边长或坐标 (mm)	高程观测记录 (mm)	高差或高程 (mm)
1	1	1	1	1	1

5.3 地形测绘

5.3.1 实测地形图可选用全站仪数字测图或 GNSS-RTK 测图的方法。

5.3.2 全站仪数字测图应符合下列规定：

1 使用的全站仪和反光镜应经过检定合格，全站仪的类型宜为 6″级和 10mm 级仪器。

2 测站检查应符合本标准第 5.1.8 条的规定。

3 当采用绘制草图作业方式测图时，应符合下列规定：

1)绘制的草图应清晰；

2)草图上注记的测点顺序号应与实测顺序号完全一致；

3)记录所测地物形状应与实地形状相符；

4)草图上应准确标注相应地物的名称注记；

5)观测数据输入计算机后，应在测图软件的支持下，对照草图进行测点连线和图形编辑；

6)图上地形地物较为复杂的地区，应将绘制的测区地形图绘成纸质地形图，在实地对照检查。存在错漏时，应进行补测修测。

4 当采用碎部点编码作业方法测图时，应符合下列规定：

1)作业时，应将每个观测的碎部点给予规定的编码，并键入一个编号；

2)对于碎部点编码输入的信息，应由计算机成图软件进行编码识别，自动完成测点连线和生成图形；

3)图上地形地物较为复杂的地区,应将绘制的测区地形图绘成纸质地形图,在实地对照检查。存在错漏时,应进行补测修测。

5 当采用电子平板(笔记本电脑)测图时,应符合下列规定:

- 1)使用的电子平板(笔记本电脑)应性能良好;
- 2)野外作业时,地物、地性线应现场连接好,做到站站清;
- 3)换站测量时,应对上一站所测地形、地物进行必要的检测。

5.3.3 GNSS-RTK 测图应符合下列规定:

1 GNSS-RTK 测图适用于开阔地区,流动站的有效作业半径应小于 10km,使用 CORS 系统应在有效服务区域内进行;

2 GNSS-RTK 测图时,应使用当地 GNSS 网解算时求得的参数,也可现场解算测区转换参数;

3 GNSS-RTK 仪器高量取应精确到 mm;

4 GNSS-RTK 测图作业前应检测两个以上已知点,检测结果与已知点平面位置较差不应大于图上 0.1mm,高程较差不应大于 1/5 基本等高距;

5 隐蔽地区及测区内有建筑物时,应利用 GNSS-RTK 建立图根点,用全站仪进行碎部点采集;

6 应绘制测量草图;

7 应将 GNSS-RTK 采集数据形成地形图数据文件。在计算机相应软件支持下,对照外业绘制草图,完成数字地形图编辑整饰工作。

5.3.4 测图方式可按分区施测,也可按分幅施测,测图范围应测至图幅外 5mm。

5.3.5 地形、地物测绘应符合下列规定:

1 各种井位及构筑物(如检修井、阀门池、分离器、管道标志桩、加热炉等)均应实测。

2 各种管道均应测注高程点并注记名称,比高大于 0.5m 时应用管堤符号表示;管道转角处应实测,弯道处的测点不应少于 3

个;管道密集的管组应测绘管组宽度,可表示主要管道的位置和符号,并在适当位置注记所含各类管道的性质。

3 测绘多边形轮廓地物应以棱角与地面交界点为准,圆形轮廓地物可以圆心为准。

4 测图范围内的厂、站、库、居民区、机关、学校、医院、独立地物、管线及指示桩、电力线、通信线、院墙和县以上行政区划境界线的界标、道路、水系及桥涵、车站、里程碑等附属设施均应实测表示,草原大车道可择要测绘。各类地物应按现有名称注记。

5 能长期保持的各类测量控制点以相应符号表示,控制点与地物重合而地物不能依比例尺表示时,可只绘独立地物符号,控制点符号可省略。

6 各类建筑物、构筑物及其主要附属设施均应实测。临时性的建筑物、构筑物可不测。建筑物、构筑物轮廓凸凹在图上小于 0.5mm 时,可不表示。

7 独立地物依比例尺表示的应实测外廓,填绘符号;不依比例尺表示的,应准确表示定位点或定位线。

8 道路交叉口应测注中心高程,其他路段每 10cm~15cm 测注一处路中心高程,桥涵应测注顶、底高程,铁路应测轨面高程,在曲线段应测内轨面高程。1:2000、1:5000 比例尺地形图,可舍去车站范围内的部分附属设施。小路可选择测绘。

9 电力线、通信线的杆位和电力线的变压器位置应实测;同一杆上架有多种线路时,只表示其中主要的线路;临时架设的电力线、通信线可不表示。

10 水系及其附属物应按照实际形状测绘。河流、湖泊等应注明水位高程及施测日期。水渠应测注渠底高程,堤、坝应测注顶部和坡脚高程,河沟、水渠在图上宽度小于 1mm 时,可用单线表示。

11 坟地应测绘范围,并标注符号、注记数目,独立坟应实测。

12 栅栏、篱笆、铁丝网、围墙应按实际位置测绘。居民住房前、后土墙、围障可不表示。

13 树林、苗圃、菜园、耕地应实测范围,独立树应实测位置,当植被面积较小时,应采用相应的符号表示。对于图内分布面积较大的土壤和植被,可用文字注记。

14 地类界与地面的线状地物重合时,可只绘线状地物符号。

15 梯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。当梯田坎密集时,两坎间距在地形图上小于 5mm(1:500 图上小于 10mm)或坎高小于一个等高距时,可适当取舍。

16 苇塘、水塘、水田应测出代表性高程,水田埂宽在地形图上小于 1mm 时,可用单线表示。

17 天然地貌应用等高线表示,地貌特征点(包括山顶、鞍部、山脊、谷底、坡脚、陡崖、冲沟、凹地等)应测注高程点;陡崖、露头、独立石、陡坎、土堤、冲沟、取土坑、土堆等应以符号表示,并应测注高程或比高。取土坑在图上小于 1cm^2 、深度小于 0.5m 时,可不表示。油、水、气井旁的土油池、泥浆池等应实测位置,并用规定符号表示。

18 微地貌用等高线表示时,可依据对等高线的精度要求综合表示。

19 未经铺装或平整的居民区内的地貌应以等高线表示,地形坡度较陡时,当相邻两条计曲线在图上间距小于 5mm 时,可中断首曲线。

20 分散取土的地区可用乱掘地符号圈绘,但其中较大的土坎应实测并注记高程点。

21 道路和管堤两侧的取土坑,当土坎比高小于 1/2 等高距时,可视为缓坡小沟,不用取土坑符号表示,但沟底应测注高程点,并用等高线表示。

5.4 水域地形测量

5.4.1 水域地形测量的平面和高程系统应与该地区陆上地形测

量控制系统一致。水域地貌应以等高(深)线表示,等高距应与陆上地形一致,两者应互相衔接。

5.4.2 水域地形测量的精度要求应符合下列规定:

1 测点相对于邻近图根点位置中误差,在图上不应超过 1.5mm。1:500 测图时,大面积水域或水深超过 20m 的开阔水域,可放宽至 2.0mm。

2 测深方法及精度要求应符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 测深方法及精度要求

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	测深杆	—	±0.10
0~10	测深锤	<1	±0.15
1~10	测深仪	—	±0.15
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(m);

2 在工程要求不高或特殊困难地区以及用锤测而流速大于表中规定时,精度可放宽 2 倍;

3 测深水域遇有水草时,不得使用测深仪。

5.4.3 季节性冻土地区,冬季作业应凿开冰层或使用测深仪测量深度。

5.4.4 测深点定位方法可采用全站仪跟踪定位或 GNSS-RTK 等方法。

5.4.5 采用测深仪进行水下地形测量时,测点布设应符合下列规定:

1 测点应按断面布设,断面间距宜为地形图上 2cm,测点间距宜为地形图上 1cm;根据水下地形变化和用图要求不同,可适当加密或放宽;

2 在静水或流速较小的水域,断面方向宜与河岸线(或主流方向)相垂直;

3 在流速较大的河流,断面方向宜与河岸线(或主流方向)平行。

5.4.6 用于测点定位的测站点不应低于图根点精度。

5.4.7 水面的高程测量和水深测量应符合下列规定：

1 水面的高程可直接测定或设置临时水尺测定，水尺位置的设置应能控制整个测区内水位的瞬时变化；

2 水尺零点高程或水面高程应以不低于图根水准测量的精度进行联测；

3 测水深时，有关水面应同步观测；

4 水面观测的次数宜为每次测深开始和结束各测定一次；潮汐河段及海域宜每隔 10min 观测一次潮位，水面宜读至厘米。

5.4.8 当采用 GNSS-RTK 定位，测深仪测深时，天线高应量至测深仪换能器底部，并精确至 1cm。

5.4.9 测水深时，当风浪引起测深仪回声线的起伏变化大于 0.3m 时，应停止工作。

5.4.10 在水上作业中，当水上风力达到四级或四级以上时，应停止作业返港避风。

5.4.11 水涯线应实测出点位，并注记高程和测量日期。

5.4.12 测深过程中或测深结束后，应对测深断面进行检查。检查断面宜与测深断面垂直相交。检查断面应占测深断面的 5%~10%，检查断面与测深断面相交处，图上 1mm 范围内水深点的深度较差应符合表 5.4.12 的规定。

表 5.4.12 深度检查较差的限差

水深 h (m)	$h \leq 20$	$h > 20$
深度检查较差的限差 (m)	0.4	$0.02 \times h$

5.5 地形图修测

5.5.1 修测前宜收集如下资料：

- 1 可供修测且与成图比例尺相同或较大比例尺地形图；
- 2 航摄资料或卫星影像资料；
- 3 原图测绘时的外业控制成果、航测内业成图资料；

- 4 成图时的检查验收或质量评定报告；
 - 5 有关文字资料和各种专题图资料。
- 5.5.2** 修测方案应根据收集的资料情况、仪器设备编制。
- 5.5.3** 修测宜采用外业实测法、摄影测量法。
- 5.5.4** 外业实测法应符合下列规定：
- 1 修测时应应在原有的图根点、新布设的图根点或有坐标的固定地物点上进行；局部地区地物变动不大时，也可利用经过校核检查、位置准确的地物进行装测或设站修测；
 - 2 新建的联合站、转油站、变电站等地物变化面积较大或周围地物关系控制不足时，应布设新图根点；
 - 3 修测时应检查校对原图中计量站名、井号、管线性质等地物名称，有矛盾时应按现场实际编号、名称标注；井场栅栏、铁丝网应实测；井口高程测至井台，未修整井台时可不测注高程；
 - 4 修测图幅中铁路轨顶、公路路面、水渠渠底漏测高程处，图上每隔约 15cm 应补测一个高程点；
 - 5 各类新增管道应实测位置，注记性质；
 - 6 修测平地高程点宜从邻近的高程控制点引测，局部地区的少量高程点也可利用 3 个固定的高程点作为依据进行补测。利用固定高程点引测的高程较差不得超过 10cm，并取平均值。
- 5.5.5** 采用摄影测量法时应符合本标准第 9 章的规定。
- 5.5.6** 修测后的地物与邻近原有地物间距的相对误差不应大于图上 0.7mm。
- 5.5.7** 地形图的接边应符合下列规定：
- 1 当平面位置误差小于 $2\sqrt{2}M$ (M 为地物点点位中误差) 时，可平均配赋；
 - 2 当高程在平地小于 1/3 等高距、丘陵小于 1/2 等高距时，可平均配赋。
- 5.5.8** 当一幅地形图内容变动面积超过 1/2 时，宜全幅重测。
- 5.5.9** 每幅图修测后应将修测情况做出记录和说明。

5.6 纸质地形图数字化

5.6.1 纸质地形图的数字化宜采用扫描仪扫描数字化法。

5.6.2 用于数字化作业的地形图宜选用聚酯薄膜图;若使用纸质图为作业底图时,要求变形均匀,经扫描仪数字化处理后能达到相应的精度。

5.6.3 图纸、图像的定向应符合下列规定:

1 宜选用内图廓的四角坐标点或格网点作为定向点,定向点不应少于4点,位置应分布均匀、合理;

2 当地形图变形较大时,应适当增加图纸定向点;

3 定向完成后,应做格网检查,坐标值与理论坐标值的较差不应大于图上0.3mm;

4 数字化仪采集数据的作业过程中和结束时,还应对图纸做定向检查。

5.6.4 地形图要素的数字化应符合下列规定:

1 对图纸中有坐标数据的控制点和建(构)筑物的细部坐标点的点位绘制,应采用输入坐标的方式进行;

2 图廓及坐标格网的绘制,由绘图软件自动生成;

3 原图中地形、地物符号与现行图式不相符时,应采用现行图式规定的符号;

4 点状符号、线状符号和地貌、植被的填充符号的绘制,应采用绘图软件生成。

5.6.5 每幅图数字化完成后,应进行图幅接边和图边数据编辑。

5.6.6 点状符号、线状符号、面状符号的平面位移的误差不应大于图上0.3mm。

5.7 成果检查和提交

5.7.1 地形图测绘成果检查应符合现行国家标准《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316 或《测绘成果质量检查与验收》

GB/T 24356 有关规定。

5.7.2 测绘成果提交宜包括：

- 1 技术设计书；**
- 2 平面和高程控制成果资料；**
- 3 地形图；**
- 4 技术总结。**

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

6 线路测量

6.1 一般规定

6.1.1 测量人员宜配合设计人员合理确定线路起点、转(折)点、曲线点、直线点及终点。

6.1.2 线路桩宜按前进方向以阿拉伯数字顺序编号,编号方法宜符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 线路桩的编号方法

线路性质	汉字表示	代码表示
油管线	油 1、油 2...	Y1、Y2...
气管线	气 1、气 2...	Q1、Q2...
供水管线	供 1、供 2...	G1、G2...
排水管线	排 1、排 2...	P1、P2...
注水管线	注 1、注 2...	Z1、Z2...
污水管线	污 1、污 2...	W1、W2...
送电线路	电 1、电 2...	D1、D2...
通信线路	信 1、信 2...	X1、X2...
道路	路 1、路 2...	L1、L2...

注:1 表中没有列入的线路,如热注管线、渠道等,可由设计人员与测量人员共同确定编号方法;

2 直线点可用“—1”、“—2”表示。

6.1.3 线路桩应因地制宜,可选用木桩、水泥桩、钢管桩等。

6.1.4 线路测量宜绘制线路平纵图,亦可根据需要分别绘制线路带状地形图及线路纵断面图,比例尺可按表 6.1.4 选用。

表 6.1.4 线路平纵图的比例尺

线 路 名 称	线路平纵图	
	带状地形图/横向	纵向
道 路	1 : 1000	1 : 100
	1 : 2000	1 : 100
	1 : 5000	1 : 100
	1 : 10000	1 : 200
压 力 管 道	1 : 1000	1 : 100
	1 : 2000	1 : 100
	1 : 5000	1 : 100
	1 : 10000	1 : 200
热 注 管 道	1 : 500	1 : 100
自 流 管 道	1 : 1000	1 : 100
	1 : 2000	1 : 100
	1 : 5000	1 : 100
送 电 线、通 信 线	1 : 2000	1 : 200
	1 : 5000	1 : 500
	1 : 10000	1 : 500
渠 道、排 水 沟	1 : 1000	1 : 100
	1 : 2000	1 : 100
	1 : 5000	1 : 100

注:纵断面的纵向比例尺可根据用户需求进行调整。

6.1.5 中线测量应符合下列规定：

1 中线转点测量宜采用 GNSS-RTK、全站仪测量等方法，技术要求应符合本标准第 5.2 节的规定。

2 中线转点里程应按坐标反算距离推算，水平角应按坐标反算结果取用。里程书写形式应符合下式的规定：

$$aaa+aaa.a \tag{6.1.5}$$

式中:a——0~9 的自然数，“+”前为整公里数，“+”后为以“m”为单位的长度。

3 中线成果取位要求应符合表 6.1.5 的规定。

表 6.1.5 中线成果取位要求

里程(m)	高程(m)	水平转角(′)	纵坐标(m)	横坐标(m)
0.1	0.1	1	0.01	0.01

6.1.6 线路平纵图的绘制应符合下列规定：

1 平面(带状地形图)部分应与线路实地走向一致；绘图宽度不应小于中线两侧各 30mm；

2 断面点高程和里程应注记至 0.1m，断面点间距不应大于图上 50mm。

6.1.7 线路通过架空线路时，应施测净空高，净空高测定误差不应超过 $\pm 0.2\text{m}$ ；线路通过桥涵时，应施测顶、底标高，注记至 0.1m。

6.1.8 线路纵断面测量应符合下列规定：

1 纵断面测量宜采用 GNSS-RTK 或全站仪直接测定断面点的坐标和高程；

2 断面点的取舍视地形情况而定，地形复杂处应加测断面点；

3 局部高差变化小于 0.5m 的沟坎可舍去；

4 中线通过河流、水塘、冲沟和管道等时应加密断面点。

6.1.9 油气输送线路穿(跨)越、隧道应根据需要测绘大比例尺地形图和纵断面图，技术要求应分别符合现行国家标准《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539 相关规定。

6.2 线路工程的控制测量

6.2.1 线路工程的平面控制与高程控制测量宜一并进行。

6.2.2 道路、渠道、自流管道、地下管网、送电线、通信线和长度不大于 30km 的油气输送管道工程控制测量应按本标准第 3 章、第 4 章的相关规定执行。

6.2.3 长度大于 30km 的油气输送管道工程控制测量宜按现行国家标准《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539 的相关规定执行。

6.2.4 选点和埋石应符合本标准第 3.2 节和第 4.2 节相关规定。

6.3 道路测量

6.3.1 道路中线可根据图上的设计方案在实地确定起点、终点、转(折)点桩的位置。

6.3.2 道路初测阶段应进行控制测量并施测线路带状地形图。

6.3.3 道路中线定测放线应根据线路控制点及图纸上定线线位,可采用极坐标法、拨角法、支距法、直接测定交点法或 GNSS-RTK 法进行。

6.3.4 道路曲线测设应符合下列规定:

1 各级道路不论转角大小均应测设平曲线,一级道路应测设缓和曲线;

2 当曲线全长小于 100m 时,平坦地区可只测设起点(ZY)、中点(QZ)、终点(YZ);

3 曲线上的千米桩、百米桩应实地测设;

4 曲线计算,角度取至分,距离取至厘米。

6.3.5 道路与主要道路、水渠交叉时,根据设计需要应施测穿越地形图、穿越纵断面图,并记录交叉处已有道路的里程。

6.3.6 既有道路改造测量时,中线应设外移桩,桩号右上部加“,”。

6.3.7 道路横断面测量应符合下列规定:

1 道路横断面宜采用全站仪、水准仪、GNSS-RTK 施测;

2 横断面间距应根据设计需要确定,宜为每百米测设一处,平坦地区可放至 200m,丘陵或山地应适当加密;

3 横断面施测宽度应满足路基及排水设计需要;

4 横断面比例尺宜为:横 1:200,纵 1:200 或横 1:500,纵 1:500;

5 横断面的测量技术要求应符合表 6.3.7 的规定。

表 6.3.7 横断面测量技术要求(m)

公路等级	距离误差	高程误差
高速公路,一级、二级公路	$\pm \left(\frac{L}{100} + 0.1 \right)$	$\pm \left(\frac{h}{100} + \frac{L}{200} + 0.1 \right)$
三级及以下公路	$\pm \left(\frac{L}{50} + 0.1 \right)$	$\pm \left(\frac{h}{50} + \frac{L}{100} + 0.1 \right)$

注:1 L —测点至中桩的水平距离(m);

2 h —测点至中桩的高差(m)。

6.4 管道测量

6.4.1 自流和压力管道应采用 GNSS-RTK 或全站仪施测中线桩坐标和高程,测量带状地形图,测图要求可按小一级比例尺地形图的规定执行。

6.4.2 轻烃管道测量时,除定有起终点桩、折点桩、千米桩、百米桩,还应施测平曲线控制桩。测设平曲线时,在平坦地区可只测设起点(ZY)、中点(QZ)、终点(YZ)。

6.4.3 管道纵断面测量应符合本标准第 6.1.8 条的规定。

6.5 渠道测量

6.5.1 新建渠道中线测量、带状地形图测量、平曲线测量、纵断面测量应符合本标准第 6.4.1 条、第 6.1.8 条的规定。

6.5.2 渠道清淤测量应符合下列规定:

- 1 起点、终点、转(折)点桩应埋设在渠道一侧的岸上;
- 2 渠道中心纵断面测量应符合本标准第 6.1.8 条的规定,并测注渠底表面和淤泥深度;
- 3 横断面测量间隔应根据清淤要求而定,宜为 100m~200m,渠道变化较大处应加密;
- 4 水下横断面测量时,断面线图解点高程与检测高程之差不应超过 $\pm 0.3\text{m}$ 。

6.5.3 渠道横断面测量应符合本标准第 6.3.7 条的规定。

6.6 送电线和通信线测量

6.6.1 中线测量、带状地形图测量应符合本标准第 6.4.1 条的规定。

6.6.2 线路通过架空索道、特殊(易燃、易爆)管道、渡槽、房屋等建筑物时,应施测交叉点顶部高程,并注记被跨越物的名称、材料等。

6.6.3 架空送电线定线测量时,直线点偏离直线不应超过 $\pm 1'$ 。

6.6.4 线路跨越沟、渠、堤坝时,在带状地形图中应表示出位置并注记宽度;线路跨越土堤或道路时,比高大于 0.5m 时应注记。

6.6.5 架空线路通过山谷、深沟等不影响对地距离安全之处,纵断面可中断;在线路对地距离可能有危险影响的地段,应加密断面点;当地形地物在线路风偏影响线路安全时,应施测风偏横断面或风偏点。

6.6.6 110kV 或地形复杂的 35kV 输电线路宜提供线路平纵图,也可根据需要提供线路带状地形图和线路纵断面图。

6.6.7 地下电缆、地下光缆的纵断面测量应符合本标准第 6.1.8 条的规定。

6.7 地下管网测量

6.7.1 地下油气集输管道系统、水管线系统和地下电缆系统的线路位置测量和属性调查应按本节规定执行。

6.7.2 地下管网测量的准备工作应符合下列规定:

- 1 根据用户需求制定测量方案;
- 2 施测前应做好自然情况调查和测点开挖;
- 3 应查清管线属性与走向;
- 4 应利用专业图或基础地形图确定探测点位置;
- 5 采取必要的安全措施。

6.7.3 地下管网测量取舍应符合下列规定:

- 1 各类管线位置特征点、地面标识桩及附属设施应施测；
- 2 附属设施距管线中心线图上距离大于 1mm 时，应注记附属设施至管线中心线的垂直距离和方向；
- 3 原油生产井至计量间的油、水、气管线可不测，计量站至其他区间的内部集输和外输管线应施测；
- 4 集气站、压气站外输的湿气管线、轻烃管线应施测；
- 5 水源井间集水管线可不测，其他水管线应施测；
- 6 两条以上并行(间距小于 2m)或同沟敷设的管线，可施测管径最大的一条，并测量管廊带宽度，按序进行属性注记；
- 7 地下电缆从电缆入地处至用户的支线电缆可不测；
- 8 若地下电缆有地沟等附属设施时，应测量电缆地沟平面位置及集水井、通风孔等位置。

6.7.4 地下管网的施测应符合下列规定：

1 地下管网宜采用探管仪结合 GNSS-RTK 测量、探管仪结合全站仪测量方法，GNSS-RTK、全站仪测量的技术要求应符合本标准第 5 章相关规定；

2 使用探管仪确定地下管线位置时，平面位置和埋深应取两次读数的平均值，管位探测误差应满足下列公式的要求。

$$\Delta S \leq 0.10 \times h \quad (6.7.4-1)$$

$$\Delta H \leq 0.15 \times h \quad (6.7.4-2)$$

式中： ΔS —— 水平位置偏差；

ΔH —— 埋深较差；

h —— 管线埋深(cm)，当 $h < 100\text{cm}$ 时，按 100cm 计。

6.7.5 地下管网测量内业工作应符合下列规定：

1 管线测点坐标、高程计算完成后，应分条逐点编制成果表，数据以电子文档形式存储；

2 外业工作完成后，应编绘测区综合管网图，综合管网图宜分色表示，图内应标注相应厂、库、站的位置和名称；

3 综合管网图上管线点的高程可在图面垂直或平行点号注

记,也可采用图边表格等形式;

- 4 生产单位提供的相关数据宜在综合管网图内适当表示;
- 5 地下管网测量工作完成后,应编制技术总结或工作说明。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

7 厂、库、站址测量

7.1 一般规定

7.1.1 施工控制测量可利用测区原有的平面和高程控制网作为建(构)筑物放样定位的依据。当测区原有控制网不能满足需要时,应另测施工控制网。

7.1.2 施工控制网点应根据厂区或民用建筑区的总平面图(应有管线布置方案)、竖向设计图布置,点位应避开拟建管架、地下管线及道路施工开挖区,控制网边不得通过建筑红线。

7.1.3 大型工业厂址施工平面控制网应符合下列规定:

- 1 坐标系统应与设计坐标系统一致;
- 2 测区高级平面控制网的精度等级不应低于四等;
- 3 高级控制网精度不能满足要求时,可选用其中两点作为施工平面控制网坐标和方位的起算点,在控制网的最远点应联测已知点作为方位校核;

4 当采用 GNSS 进行测区首级控制测量时,应对已知点进行校核,平面坐标点位误差不应超过 $\pm 5\text{cm}$ 。

7.1.4 中小型厂、库、站址面积小于 60000m^2 时,平面控制网点可以根据设计坐标在实地直接放样定位,也可以在实地选点定位。

7.1.5 高程测量应符合下列规定:

1 建筑方格网桩的高程测量应采用不低于三等水准精度的测量方法进行;

2 中、小型厂、库、站址测图控制桩应采用不低于图根水准精度的测量方法进行。

7.2 导线法建立建筑方格网测量

7.2.1 导线法建立建筑方格网布设应符合下列规定：

1 中小型厂、库、站址平面控制宜布设成直角轴线或单矩形导线,控制网的固定桩不应少于 2 个；

2 大型厂矿及民用建筑区的平面控制网应布设建筑方格网。

7.2.2 中小型厂、库、站址平面控制(网)测量应符合下列规定：

1 采用直角轴线时,边长应往返施测或单向二测回施测；

2 采用单矩形导线时,边长可单向一次施测；

3 平面控制(网)与已知点联测时,联测边应往返施测或单向二次施测；边长观测相对误差不应大于 $1/3000$ ；

4 采用精度不小于 $5''$ 的全站仪,测角应为一测回；

5 平面控制(网)为直角轴线时,水平角观测与 90° 之差不应超过 $\pm 45''$ ；

6 平面控制(网)为矩形导线时,水平角观测与 90° 之差不应超过 $\pm 45''$,矩形导线角度闭合差不应超过 $\pm 45'' \sqrt{n}$ (n 为测站数)。

7.2.3 建筑方格网的等级应符合下列规定：

1 控制面积大于 1km^2 或重要工业厂区,宜建立 I 级建筑方格网；

2 控制面积小于 1km^2 或普通建筑区,宜建立 II 级建筑方格网；

3 同一厂区根据控制面积大小、重要性及精度要求,可分级布设,当分级布设时, I 级网为主网, II 级网为加密网。

7.2.4 建筑方格网的测量技术要求应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 建筑方格网的测量技术要求

等级	边长(m)	测角中误差($''$)	点位中误差(mm)	边长相对中误差
I 级	100~300	± 5	± 10	$1/30000$
II 级	100~300	± 10	± 20	$1/20000$

7.2.5 建筑方格网的方案设计应符合下列规定：

1 依据厂区总体布局、现场实际情况和施工条件,方格网应图形简单、桩位稳定、有利保存、施工放样方便、满足定位精度;

2 建筑方格网的主轴线方向应平行于总平面布置图中拟建建筑物的中心轴线;

3 建筑方格网的各角应为 90° ,平均边长宜为 200m,变动范围应在 100m~300m 之间。根据总平面图布设的方格网边长若不能是整百米时,则应是 10m 或米的整数。

7.2.6 导线法建立建筑方格网的测设程序应为:测前准备、初测、换桩和埋石、定测、点位改正、点位复查。

7.2.7 建筑方格网测前准备应符合下列规定:

1 应详细了解厂区主要建(构)筑物和竖向工艺设计、机电安装等精度要求,确定建筑方格网的精度等级;

2 应在绘有平面直角坐标系和建筑坐标系的总平面图上,用图解或解析的方法,确立建筑方格网原点的平面直角坐标 X 、 Y 和建筑坐标 A 、 B 以及主轴线的方位,并根据下列公式进行坐标换算:

1)由建筑坐标换算平面直角坐标:

$$\begin{cases} X = A\cos\alpha - B\sin\alpha + X_0 \\ Y = A\sin\alpha + B\cos\alpha + Y_0 \end{cases} \quad (7.2.7-1)$$

2)由平面直角坐标换算建筑坐标:

$$\begin{cases} A = (X - X_0)\cos\alpha + (Y - Y_0)\sin\alpha \\ B = (Y - Y_0)\cos\alpha - (X - X_0)\sin\alpha \end{cases} \quad (7.2.7-2)$$

式中: X 、 Y ——高斯平面直角坐标;

A 、 B ——建筑坐标;

X_0 、 Y_0 ——建筑坐标系原点高斯平面直角坐标;

α ——建筑方格网旋转角(方位角)。

7.2.8 建筑方格网的初测应符合下列规定:

1 利用已有平面控制点作为测站和起始方向放样方格网原点时,方向应为正倒镜中数;测距时,应加入倾斜、温度、气压和仪

器常数改正；

2 根据观测的角度与边长重新计算原点坐标，修正原点位置；

3 标定主轴线方向后，应由远而近逐次放样长轴线的轴交点，短轴线应在长轴线确定后测定；各轴交点均应设立临时标志；

4 放样后的点位应进行角度观测和距离测量，测量的轴线直线度及交点与 90°方向的偏差不应超过±5″；测距相对误差不大于 1/40000，实测距离与设计长度较差不应超过±5mm；

5 建筑方格网角度观测可采用方向观测法，主要技术要求应符合表 7.2.8-1 的规定；

表 7.2.8-1 角度观测的主要技术要求

等级	仪器类型	测回数	测角中误差 (″)	测微器两次读数差 (″)	半测回归零差 (″)	一测回中 2C 变动范围 (″)	各测回 方向较差 (″)
Ⅰ级	1″级	2	±5	1	6	9	6
	2″级	3	±5	3	8	13	9
Ⅱ级	2″级	2	±10	3	8	13	9

6 建筑方格网距离测量的主要技术要求应符合表 7.2.8-2 的规定；

表 7.2.8-2 距离测量的主要技术要求

方格网等级	仪器类型	总测回数
Ⅰ级	5mm 级	4
Ⅱ级	10mm 级	2

注：“一测回”系指仪器照准目标一次，读数三次，同一测回读数较差不应超过 3mm。

7 建筑方格网各矩形环线角度闭合差的限差按下式计算：

$$f_{\beta} = 2 \cdot m''_{\beta} \cdot \sqrt{n} \quad (7.2.8)$$

式中： f_{β} ——矩形环线角度闭合差限差(″)；

m''_{β} ——测角中误差；

n ——测站数。

7.2.9 建筑方格网的换桩和埋石应符合下列规定：

1 初测放样工作结束后，应将临时点位标志换埋水泥标石，标石埋深应根据厂区竖向设计和冻深线确定，标石底面在冻深线以下不应少于 0.5m；

2 换桩后，点位应投影在桩顶钢板的中央，桩面高出设计地面 0.1m~0.2m。

7.2.10 建筑方格网定测应符合下列规定：

1 换桩后，应对投影到桩顶钢板中央的点位再测量一次距离和角度，技术要求应符合本标准第 7.2.8 条的规定；

2 应根据定测的距离和角度，对建筑方格网进行平差计算；平差计算应按建筑坐标系统计算出各点的实际坐标，并进行精度评定；

3 平差计算时，角度取位到 1"，距离和坐标应取位到 1mm。

7.2.11 现场进行点位改正时，应使方格厘米纸上的黑点对准钢板上的实际点位，标定方向，将设计坐标点位投影在钢板上，做一临时标记，即为改正后的点位。

7.2.12 点位复查应符合下列规定：

1 应根据改正后的点位，进行角度的全面复查，距离可抽查，施测方法和精度要求与定测要求相同；实测角度与设计角度的较差不应超过 $\pm 10''$ ，实测距离与设计距离的较差不应超过 $\pm 7\text{mm}$ ；

2 复查合格后，应在改正后的点位上钻一直径为 3mm、孔深为 4mm~5mm 的圆孔，即为最终点位。

7.2.13 高斯平面直角坐标联测应符合下列规定：

1 联测点不应少于 2 点，联测精度不应低于定测的要求；

2 任选一点作为起算点，推算所有点的高斯平面直角坐标，其他被联测点仅做校核，不进行误差分配。

7.2.14 建筑方格网需要加密时，可采用 2 台全站仪交会定点。定点后角度复测结果与设计角度较差不应超过 $\pm 15''$ ，测距相对精

度不应大于 1/20000。

7.3 辐射法建立建筑方格网测量

7.3.1 辐射法建立建筑方格网测前准备工作应符合下列规定：

1 应在测区内选择便于观测的两个以上四等已知点，利用平面直角坐标和建筑坐标的换算公式，换算成厂区的建筑坐标；

2 由已知点放样各建筑网点的角度和边长应按下列公式计算。

$$\begin{cases} \cos\alpha = \frac{\Delta A}{b} \\ \sin\alpha = \frac{\Delta B}{b} \\ b = \frac{\Delta A}{\cos\alpha} = \frac{\Delta B}{\sin\alpha} \end{cases} \quad (7.3.1)$$

式中： α ——放样的角度元素，取位至 0.1″；

b ——放样的边长元素，取位至 0.1mm；

ΔA ——纵坐标差；

ΔB ——横坐标差。

7.3.2 初测放样时，应按照计算的各点角度和边长，逐点将各建筑方格网的设计点位放样到厂区实地上，并做好标志。初测放样点的主要技术要求应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 初测放样点的主要技术要求

仪器对中误差 (mm)	放样角度误差 (″)	测回数	测距误差 (mm)	测距最大边长 (m)	反光镜个数
1.5	6	1	5	700	1

注：测距前应将现场实测温度（精确到 0.2℃）、气压（精确到 50Pa）输入到全站仪内，进行距离改正。

7.3.3 辐射法放样建筑方格网的换桩和埋石，应符合本标准第 7.2.9 条的规定。

7.3.4 辐射法建立建筑方格网的定测应符合下列规定：

1 定测应采用与初测相同的角度和边长，测角和测距的技术要求应符合表 7.3.4 的规定；

表 7.3.4 定测放样点位的主要技术要求

仪器类型	仪器对中误差 (mm)	放样角度误差 (")	角度测回数	距离测回数	观测次数	一测回读数较差 (mm)	测距最大边长 (m)	反光镜个数	点位标定误差 (mm)
2"级、5mm 级	1.5	1	2	2	3	2	700	1	1.5

2 根据定测的角度和边长，计算各方格网点的建筑坐标；

3 由建筑坐标反算方格网的各边边长；

4 计算时，方位角应取位至 0.1"，边长应取位至 0.1mm，坐标应取位至 1mm。

7.3.5 点位改正时，应根据定测的建筑方格网点的计算坐标与设计 A、B 坐标之差，调整标桩上的点位到设计点位。

7.3.6 点位检查应符合下列规定：

1 在已知点设全站仪对各建筑方格网点用全圆方向观测二测回，并对各点实测边长；

2 实测边长时，应输入温度、气压及常数项改正；

3 实测边长对于设计边长的较差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ；

4 实测角度对于设计角值较差不应超过 $\pm 10''$ ；

5 点位检查精度符合要求后，应在混凝土桩顶部钢板上钻直径为 3mm、深度为 4mm~5mm 的圆孔作为最终点位。

7.3.7 建筑方格网测角中误差按下式计算：

$$m_a = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta a_i)^2}{n}} \quad (7.3.7)$$

式中： m_a ——测角中误差；

a_i ——实测角值与设计角值之差；

n ——各测站实测角度的总数。

7.3.8 建筑方格网点位中误差和边长相对中误差按下列公式计算：

$$m_A = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta A_i)^2}{n}} \quad (7.3.8-1)$$

$$m_B = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta B_i)^2}{n}} \quad (7.3.8-2)$$

$$M = \pm \sqrt{m_A^2 + m_B^2} \quad (7.3.8-3)$$

$$1/T = \frac{M}{S} \quad (7.3.8-4)$$

式中： m_A ——纵坐标中误差；

m_B ——横坐标中误差；

ΔA_i ——实测纵坐标与设计值之差值；

ΔB_i ——实测横坐标与设计值之差值；

n ——建筑方格网总点数；

M ——点位中误差；

$1/T$ ——边长相对中误差；

S ——建筑方格网平均边长。

7.4 GNSS 测量建立建筑方格网

7.4.1 GNSS 测量前,应在厂区总平面图上对建筑方格网控制点位布设进行设计,计算出各点的高斯平面直角坐标和建筑坐标,并给出换算公式。

7.4.2 在测区附近应联测两个及以上高级控制点,作为起算坐标。联测等级宜按平面四等精度要求执行,技术要求应符合本标准第 3.2.1 条和第 3.2.7 条的规定。

7.4.3 在厂区 GNSS 平面控制网已建立的基础上,应以 GNSS

控制点作为基准站,用 GNSS-RTK 方法,将设计好的建筑方格网点逐点测设到实地,并应做好临时点的标识。

7.4.4 建筑方格网的测设,可使用 GNSS-RTK 进行。GNSS-RTK 天线应架设在带有支架的对中杆上。测定的点位,应在混凝土标石顶面钢板上做好标识。

7.4.5 GNSS-RTK 测设的建筑方格网点应用全站仪进行边长和角度检查。对出现的误差,应在混凝土桩点的钢板上调整和改正,将已改正的点位用钻孔的方法表示在桩位上。

7.5 厂、库、站址工程测图

7.5.1 厂、库、站址工程测图比例尺根据设计需要和测图范围大小,宜采用 1:200、1:500、1:1000 三种。

7.5.2 测绘地形图的技术要求、作业方法、地物地貌的表示方法和综合取舍,应符合本标准第 5 章的相关规定。

7.5.3 对于精度要求较低的专用地形图,可采用小一级比例尺地形图放大。放大地形图不符合现状时,应进行修测和补测。

7.5.4 测图范围以外的地物,如生产井、电力线、道路、管线等,可按不同专业需要,实测相对位置和高程,表示在图上。

7.5.5 厂、库、站址地形图除表示地形图所应具备的内容外,还应在图上表示格网注记、站桩坐标及高程注记、北方向和建北方向及其夹角等内容。

7.6 厂、库、站地面三维激光扫描测量

7.6.1 厂、库、站三维建模及改造设计等宜采用地面三维激光扫描测量技术。

7.6.2 作业前,应依据现行行业标准《测绘技术设计规定》CH/T 1004 编写技术设计书,并应包括点云精度要求、扫描点间距、控制测量、扫描站及标靶布测、纹理获取、内业数据处理、应提交的成果等。

7.6.3 点云密度及精度应符合下列规定：

- 1 最大点间距不宜超过 25mm；
- 2 点云拟合处理后特征点间距中误差不应大于 30mm；
- 3 点云拟合处理后特征点相对于邻近控制点的点位中误差不应大于 50mm。

7.6.4 地面三维激光扫描控制测量应符合下列规定：

- 1 坐标系统及高程基准宜与测区现有控制资料一致，因投影变形导致平面精度不能满足要求时宜采用独立坐标系；
- 2 平面精度不应低于油气田平面控制网二级的要求，高程精度不应低于四等水准的要求；
- 3 平面控制测量宜采用静态卫星定位或全站仪导线的方法；
- 4 高程控制测量宜采用 GNSS 拟合高程、水准测量或三角高程测量；
- 5 坐标联测应采用实测标靶的方式完成，标靶数不应少于 3 个。

7.6.5 三维激光点云数据获取应符合下列规定：

- 1 相邻站间扫描重叠度不应低于 20%；当采用公共区域法进行点云拼接时，扫描重叠度还应满足点云拼接的需要；
- 2 有效作业距离内原始激光点数据的回波比例不宜低于 90%；
- 3 当采用具有对中功能的扫描仪作业时，扫描站及标靶宜采用附合导线或导线网的形式连续布测，设备及标靶对中误差不应大于 2mm，仪器高量测误差不应超过 2mm；
- 4 扫描作业时倾斜补偿功能应处于打开状态；
- 5 应做好测站观测记录，内容包括扫描站点名、标靶信息、仪器高、操作人、作业日期、天气情况等。

7.6.6 纹理图像采集应符合下列规定：

- 1 宜采用数码相机采集；
- 2 宜选择光线较为柔和、均匀的天气进行拍摄，避免逆光拍

摄,能见度过低或光线过暗时不宜拍摄;

3 拍摄图像时应保持镜头正对目标面,无法拍摄全景时,应先拍摄部分,再逐个正对拍摄,后期再合成;

4 相邻两幅图像的重叠度不应低于 30%;

5 采集图像时应绘制图像采集点分布示意图。

7.6.7 点云数据处理应符合下列规定:

1 每日外业完成后,应及时下载观测数据,并备份保存到相互独立的两份物理介质中;

2 多站间点云拼接宜采用公共区域法和特征点匹配方法;

3 点云数据应进行去噪处理,可在点云拼接前对各扫描站点云数据单独去噪,也可在拼接完成后对整体点云数据统一处理;若采用公共区域法进行点云拼接时,应先完成点云去噪,再进行点云拼接;

4 拼接后点云成果不应存在漏洞,否则应补测;

5 点云成果提交前宜进行稀化,稀化后的点云不应影响曲面重构或降低模型精度,且稀化后的点间距应符合本标准第 7.6.3 条的规定。

7.6.8 图像数据处理应符合下列规定:

1 宜利用相机畸变参数对图像进行纠正处理;

2 图像出现曝光过度、曝光不足、阴影、相邻图像间的色彩差异等现象时,应进行色彩调整,保持图像反差适中、色彩一致;

3 图像配准时,应保证图像细节表现清晰,无配准镶嵌缝隙。

7.6.9 采用三维激光点云及图像数据构建三维模型时,应符合下列规定:

1 对于球面、弧面、柱面、平面等规则几何体,宜利用点云数据采用数学算法拟合生成;

2 对于不规则模型宜采用不规则三角网方式建模,并应采用孔填充、边修补、简化、细化、光化处理等方法进行优化;

3 纹理映射宜采用在模型和图像上选定同名点对的方式进行

行,同名点不应少于4对,同名点对应位置明显、特征突出、分布均匀,且不共线、共面,纹理映射后,图像与模型应无明显偏差;

4 三维模型成果文件格式应与三维设计软件或用户指定的三维平台相兼容。

7.6.10 成果提交前,应检查下列内容:

- 1 点云完整性、密度、精度;
- 2 模型与点云数据符合性;
- 3 模型细节表达合理性;
- 4 模型完整性;
- 5 模型纹理。

7.6.11 成果提交应包括下列内容:

- 1 点云成果;
- 2 纹理图像;
- 3 三维模型;
- 4 技术总结。

8 变形测量

8.1 一般规定

8.1.1 变形测量宜采用水准测量、全站仪测量、GNSS 测量等方法获取形变数据。

8.1.2 对于需要进行重复观测的变形测量项目宜做到观测人员、测量设备、观测路线相对固定。

8.1.3 控制桩的埋设,季节性冻土地区应埋至冻深线以下 0.5m,并应采取防冻胀措施,其他地区不应小于 1.4m。

8.2 地面形变测量

8.2.1 油气田开采过程中引起地面沉降、隆起以及水平方向的位移时,宜根据风险监测需求进行地面形变测量。

8.2.2 地面形变测量网的布设应根据形变区域的大小和服务对象的需求而定。形变测量控制网的布设应符合下列规定:

1 当形变测量网为独立高程监测网时,网形宜布设成闭合水准路线或带有结点的水准网;变形监测点间距不宜超过 500m,地下断裂带两侧应适当加密;网形大小应以能否控制形变区的有效监测来确定;

2 当形变测量网为三维监测网时,监测网应布设成大地四边形、中点多边形,或这两种图形的组合图形,平均边长不宜超过 500m;

3 地面形变测量的控制网点宜采用有强制归心装置的观测墩,观测墩的规格应按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 相关规定执行。

8.2.3 地面形变测量分为 I 级、II 级二个等级。各等级的技术要求应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 地面形变测量各等级技术要求

等级	仪器类型	仪器对中 (mm)	平均边长 (m)	边长测距中误差 (mm)	相邻点相对点位中误差 (mm)	每千米高差全中误差 (mm)	测段往返测高差不符值 (mm)
I 级	1mm 级, DS05	0.2	300	1	± 3	± 1.0	$\pm 2\sqrt{L}$
II 级	5mm 级, DS1	1	500	3	± 5	± 2.0	$\pm 4\sqrt{L}$

注: L 为测段长, 以 km 为单位。当长度不足 0.1km 时, 以 0.1km 计。

8.2.4 使用全站仪测边时, 应符合下列规定:

1 测回始末, 测记温度和气压, 温度读至 0.1°C , 气压读至 0.1hPa ;

2 测距边两边的高差, 宜使用二等水准或相当精度的其他方法测量。

8.2.5 全站仪测量边长的主要技术要求应符合表 8.2.5 的规定。

表 8.2.5 全站仪测量边长主要技术要求

等级	一测回 读数次数	测回数		一测回 读数间互差	单程测回间 互差	同一水平面上 往返测互差
		往	返			
I 级	4	2	2	$a+b \cdot D \cdot 10^{-6}$	$\sqrt{2} (a+b \cdot D \cdot 10^{-6})$	$2(a+b \cdot D \cdot 10^{-6})$
II 级						

注: 表中, a 为仪器固定误差 (mm), b 为比例误差系数, D 为距离 (km)。当 $D < 0.5\text{km}$ 时, 以 0.5km 计。

8.2.6 地面形变观测的周期, 应根据服务对象的需求和年均形变量的大小来确定。通常观测周期为半年观测一次, 3 年~5 年结束一项变形监测网的测量任务。

8.2.7 地面形变测量的数据处理, 应遵守最小二乘法原则。当监测网布设为独立网时, 数据处理应采用自由网平差的方法:

1 当自由网中存在稳定的不动点时, 应采用固定基准, 平差

可采用经典平差；

2 当自由网中存在一部分点相对另一部分是稳定点时,应采用拟稳基准,平差应采用拟稳平差；

3 当自由网中各点都是变形点时,应采用重心基准,平差应采用伪逆平差。

8.2.8 地面形变监测网复测工作完成后,在进行数据处理和变形分析的基础上,应提供观测和计算资料,绘制各点平面位移矢量图、测区垂直形变等值线图。

8.3 建(构)筑物变形测量

8.3.1 变形测量观测前,应在建(构)筑物变形影响区域之外埋设不少于 3 个基准水准标石。

8.3.2 应按照建设工程的要求,在建筑物底部埋设变形观测标志。标志的埋设应符合下列规定：

1 建筑物的主要墙角及外墙每 10m~15m 或每隔 2 根~3 根桩基上；

2 建筑物沉降缝两侧及高低层连接处两侧；

3 框架结构建筑物的每个或部分桩基上或沿纵横轴线设点；

4 箱形基础底板或接近基础的结构部分的四角处及其中部位置；

5 埋设的标志应便于观测、便于保存。观测点的标高宜高出室外地坪 0.2m~0.5m。

8.3.3 建(构)筑物沉降观测的主要技术要求应符合表 8.3.3 的规定。

表 8.3.3 建(构)筑物沉降观测主要技术要求

仪器类型	视线最大长度 (m)	前后视距差 (m)	前后视距 累积差(m)	每站高差 中误差(mm)	附和或环线 闭合差(mm)
DS05 DS1	50	1	3	± 0.5	$\pm 4\sqrt{L}$

注:L 为测段长,以 km 为单位。当 L 小于 0.5km 时,以 0.5km 计。

8.3.4 建(构)筑物倾斜观测可使用两台全站仪交会投影,将高层观测点投影到平地上。投影时,应采用正倒镜投影取中数确定投影的正确点位。

8.3.5 建筑物沉降观测在施工过程中的观测次数和间隔时间应符合下列规定:

1 建筑物沉降观测在施工过程中的观测次数和间隔时间,应视地基和增加载荷情况而定,宜为每增加 1 层~2 层观测 1 次;

2 建筑物封顶后,第 1 年宜观测 3 次~4 次,第 2 年及以后宜观测 1 次~3 次。当各点的沉降速率小于 0.02mm/日时,可终止观测。

8.3.6 大型油罐用于沉降观测的标志应对称焊埋在罐基础上,埋设数量应符合表 8.3.6 的规定。

表 8.3.6 油罐沉降观测标志埋设数量

油罐容积 $V(\text{m}^3)$	埋设数量(个)
$10 \times 10^4 \leq V < 15 \times 10^4$	24
$V \geq 15 \times 10^4$	32

8.3.7 油罐沉降观测应在大罐充水试验前进行,以二等水准精度进行观测。大罐充水后,每天观测次数不少于 2 次,包括放水的整个过程都要进行观测,直到放完水为止。

8.3.8 罐体变形观测可采用极坐标法测量罐体边缘和中心的位置,绘制罐体形状图,确定变形位置和变形量。

8.3.9 缓冲罐变形测量主要测量罐体基础沉降引起的罐身倾斜。应分别在每个罐的基础关键位置设置测量标志,以二等水准定期对其进行观测,直到稳定为止。

8.3.10 每次变形测量工作完成后,应及时将观测资料进行整理和分析,将变形测量的成果上交给有关部门。

8.4 河、海、湖和水库堤岸冲蚀测量

8.4.1 堤岸冲蚀测量首级平面和高程控制点的精度不应低于四

等点的精度。

8.4.2 堤岸测量应首先沿堤岸布设附和导线,附和导线的技术要求应符合表 8.4.2 的规定。

表 8.4.2 堤岸附和导线技术要求

总长 (km)	边长 (km)	相对闭合差	测角测回数	测角中误差 (")	方位角闭合差 (")
16	≤1	1/2000	1	±20	±40√n

注:n 为测站数。

8.4.3 堤岸附和导线各点的高程,可采用图根水准或全站仪三角高程测量的方法施测。施测的技术要求应符合本标准第 5.2.11 条、第 5.2.13 条的规定。

8.4.4 当堤岸冲蚀测量采用 GNSS-RTK 测量时,技术要求应符合本标准第 5.2.7 条、第 5.2.14 条的规定。

8.4.5 应测绘堤岸带状地形图、纵断面图和横断面图。测绘横断面图时,宜每 100m 测绘一次,但在堤岸冲蚀严重地区应适当加密。横断面测量范围为堤岸两侧底部向外延伸到自然地面处,延伸长度不宜超过 20m。

8.4.6 堤岸测量工作完成后,应对观测的数据进行处理。提交资料应包括测量成果表、带状地形图、纵断面图、横断面图。

8.5 季节性冻土冻胀观测

8.5.1 观测季节性冻土地区的基准点应加套管保护。

8.5.2 季节性冻土观测标志,应根据地质和水文情况分层埋设。

8.5.3 季节性冻土观测应采用二等水准。

8.5.4 季节性冻土观测周期和时间应根据当地气候变化情况确定。应在上冻之前埋好测量标志,上冻后即开始观测,观测间隔时间宜为 7d~15d,直到地下冻土全部融化后停止。

8.5.5 对观测的数据应及时进行整理。任务完成后,宜包括下列技术资料:

- 1 交测区冻胀观测记录；
- 2 计算成果表；
- 3 测区冻胀曲线图。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

9 航空摄影测量

9.1 一般规定

9.1.1 平面坐标系应符合本标准第 3.1.1 条的规定,高程系统应符合本标准第 4.1.1 条的规定。

9.1.2 地形类别划分及基本等高距应符合本标准第 5.1.4 条的规定。

9.1.3 数字线划图的平面精度应符合本标准第 5.1.5 条的规定,高程精度应符合本标准第 5.1.6 条的规定。

9.2 航空摄影

9.2.1 航空摄影的成图比例尺与影像地面分辨率、摄影比例尺之间的关系应符合下列规定:

1 数字摄影的成图比例尺与影像地面分辨率的关系应符合表 9.2.1-1 的规定;

表 9.2.1-1 数字摄影的成图比例尺与影像地面分辨率的关系

成图比例尺	影像地面分辨率(m)
1 : 500	≤ 0.05
1 : 1000	≤ 0.1
1 : 2000	≤ 0.2
1 : 5000	≤ 0.4

2 胶片摄影的摄影比例尺的选择应符合表 9.2.1-2 的规定。

表 9.2.1-2 胶片摄影的摄影比例尺

成图比例尺	摄影比例尺
1 : 500	1 : 2000 ~ 1 : 3500
1 : 1000	1 : 3500 ~ 1 : 6000

续表 9.2.1-2

成图比例尺	摄影比例尺
1 : 2000	1 : 6000~1 : 8000
1 : 5000	1 : 10000~1 : 20000

9.2.2 航向覆盖超出摄区边界线不应少于 1 条基线,旁向覆盖超出摄区边界线一般不应少于像幅的 30%。

9.2.3 摄影时间应选择太阳高度角大于 45° ,阴影倍数小于 2 的时间段。

9.2.4 航摄飞行质量应符合下列规定:

1 像片航向重叠度宜为 60%~65%,最小不应小于 53%;相邻航线的像片旁向重叠度宜为 20%~30%,最小不应小于 15%;

2 像片倾斜角不宜大于 2° ,1 : 500、1 : 1000、1 : 2000 测图最大不应大于 4° ,1 : 5000 测图最大不应大于 3° ;

3 胶片航空摄影航摄比例尺小于 1 : 7000,相对航高大于 1200m 时,像片旋偏角应小于 6° ,最大不应大于 8° ;航摄比例尺小于 1 : 3500,大于或等于 1 : 7000 时,像片旋偏角应小于 8° ,最大不应大于 10° ;

4 框幅式数字航空摄影 1 : 500、1 : 1000、1 : 2000 测图像片旋偏角不应大于 15° ,1 : 5000 测图像片旋偏角不应大于 10° ;

5 航线弯曲度不应大于 3%;

6 成图比例尺为 1 : 500、1 : 1000、1 : 2000 时,同一条航线上相邻航片的航高差不应大于 20m,最大航高与最小航高之差应小于 30m;成图比例尺为 1 : 5000 时,同一条航线上相邻航片的航高差不应大于 30m,最大航高与最小航高之差应小于 50m;

7 在每条摄影航线的两端应至少超出 1 条基线。

9.2.5 摄影质量应符合下列规定:

1 胶片摄影时底片应影像清晰、层次丰富、反差适中、色调柔

和,光学框标的影像应清晰齐全;底片上不应有云、云影、划痕、静电斑痕、折伤、脱膜等缺陷;

2 数字摄影时影像应清晰,层次丰富,反差适中,色调柔和;影像上不应有云、云影、烟、大面积反光、污点等缺陷。

9.3 首级和像片控制测量

9.3.1 首级平面控制网宜按四等 GNSS 网要求布设及测量,技术设计、选点埋石及主要技术要求应符合本标准第 3.2.4 条~第 3.2.11 条的规定。保持测区内首级控制测量精度一致性,对测区内的原有同等级控制点应进行联测。

9.3.2 高程控制网点宜与平面控制网点共用,网点高程可按四等水准测量要求联测,技术要求应符合本标准第 4.3.1 条的规定,观测限差要求应符合本标准第 4.3.2 条的规定,读数计算取位应符合本标准第 4.3.3 条的规定;也可采用 GNSS 高程测量,具体要求应符合本标准第 4.5 节的规定。

9.3.3 控制测量可采用 CORS 系统测量,点位分布应满足像片控制测量的需要。

9.3.4 像片控制点布设的点位要求应符合国家现行标准《数字航空摄影测量控制测量规范》CH/T 3006 的规定。

9.3.5 全野外布点应符合现行国家标准《数字航空摄影测量控制测量规范》CH/T 3006 的规定。

9.3.6 不采用 POS 辅助数据进行空中三角测量平差计算时,航线网布点应符合下列规定:

1 航线网布点应在航线两端各布设 2 个像片平高控制点,其余像片的像片控制点应在航线内均匀布设,如图 9.3.6 所示。

2 航线首末端上下两控制点应位于通过像主点且垂直于方位线的直线上,偏离不应大于半条基线,上下两控制点应布在同一立体像对内。

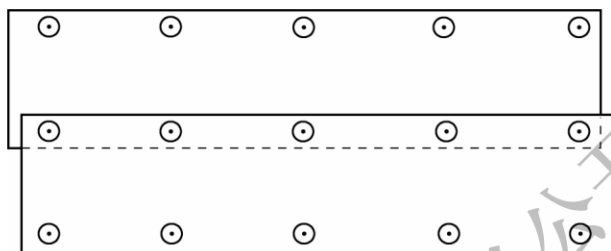


图 9.3.6 航线网布点

○表示平高控制点

3 像片控制点的个数应按下式计算：

$$N = 4 + \text{Int}\left(1 + \frac{n}{2}\right) \quad (9.3.6)$$

式中： N ——平高控制点个数；

n ——航线模型数。

9.3.7 不采用 POS 辅助数据进行空中三角测量平差计算时，区域网布点应符合下列规定：

1 区域网的划分宜按图廓线整齐划分，亦可根据航摄分区、地形条件等情况划分，应使网的图形呈方形或矩形。区域网内不应包括有像片重叠不符合要求的航线和像对，并且不应包括有大片云影、阴影等影响内业加密建网连接的像对。无论是平高控制网还是高程控制网，航线跨度、控制点间基线数应符合表 9.3.7 规定。

表 9.3.7 控制点间基线数

成图比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000、1 : 5000
航线数(条)	4~5	4~6	2~4
平高控制点间基线数(条)	4~5	6~7	2~4
高程控制点间基线数(条)	5~6	6~10	4~6

注：1 : 500 地形图平底、丘陵地采用平高全野外布点，1 : 1000、1 : 2000 地形图平地采用高程全野外布点。

2 当区域网用于加密平高控制点时,可沿周边布设 6 个或 8 个平高点(图 9.3.7-1、图 9.3.7-2)。

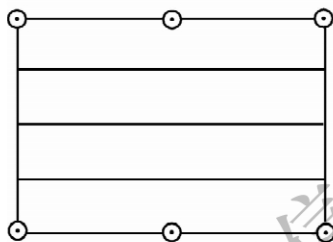


图 9.3.7-1 区域网布点一

⊙表示平高控制点



图 9.3.7-2 区域网布点二

⊙表示平高控制点

3 当区域网用于加密平高控制点时,可沿周边布设 6 个或 8 个平高点。高程点控制点的跨度对于 1 : 2000、1 : 5000 成图时,航线方向间隔 4 条~6 条基线(图 9.3.7-3、图 9.3.7-4);1 : 500、1 : 1000成图的定向点高程宜采用全野外布点,若采用内业加密时,跨度为 2 条~4 条基线。

4 因受地形条件限制,可采用不规则区域布点。应在凸出处布平高点,凹进处布高程点,当凹角点和凸角点之间距离超过两条基线时,在凹角处也应布设平高点,如图 9.3.7-5 所示。

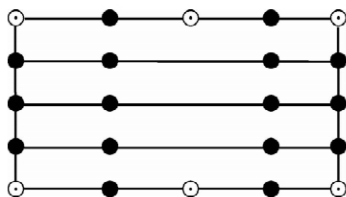


图 9.3.7-3 区域网布点三

○表示平高控制点；●表示高程点

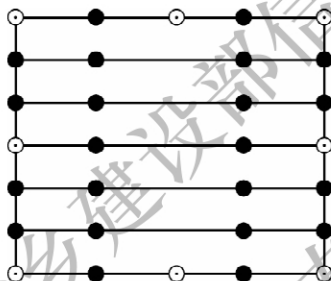


图 9.3.7-4 区域网布点四

○表示平高控制点；●表示高程点

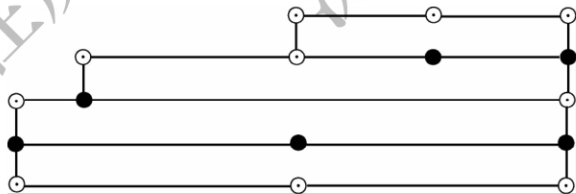


图 9.3.7-5 区域网布点五

○表示平高控制点；●表示高程点

9.3.8 采用 POS 数据辅助空中三角测量平差计算时,像片控制点数及布设应符合下列规定:

1 航线网布设时,航线两端应各布设 2 个像片平高控制点,中部应布设不少于 1 个平高点;

2 区域网布设时,在区域四角附近和中部附近应各布设 1 个像片平高控制点。

9.3.9 特殊情况布点应符合下列规定:

1 航区或航摄分区接合处,控制点应布设在航线重叠接合处,邻区应尽量公用;不能满足公用要求应分别布点;

2 当航向重叠度小于 53% 时,视为航摄漏洞,应分别布点,漏洞部分应采用全野外数据采集的测图方法补测;

3 当旁向重叠度小于 15% 时,应分别布点;若重叠部分大于 1cm,影像清晰,且范围内无重要地物,可在重叠部分内加测 2 个~3 个高程点,否则重叠不足部分应采用全野外数据采集的测图方法补测;

4 像主点或标准点位处于水域内,或被云影、阴影、雪影等覆盖,或无明显地物时,均视为点位落水;当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;

5 定向点的标准位置附近为落水区,若在离开方位线 4cm (23cm×23cm 像幅)或 2.5cm (18cm×18cm 像幅)以外的航向 3 片重叠范围内选不出连接点时,落水像对应全野外布点;当使用数字航摄影像时,可按具体航摄仪像幅大小进行比例换算;

6 水域地区,可按全野外布点,以最大限度控制测绘面积为原则。超过控制点连线 1cm 以外的陆地部分应加测平高点,困难时可改为高程点。当用航测方法难以保证精度时,可采用全野外数据采集的测图方法补测。

9.3.10 像片控制点的判刺应符合下列规定:

1 野外控制点应以判点为主,刺点为辅;

2 平面控制点和平高控制点的实地判点精度应为图上 0.1mm,数码像控时点位精度应为 1 个像素;

3 点位目标应选在影像清晰的明显地物上,可选在交角良好的细小线状地物交点、明显地物折角顶点、影像小于 0.2mm 的点状地物中心;弧形地物及阴影等均不应选作点位目标;

4 高程控制点的点位目标应选在高程变化较小的地方,以线状地物的交点和平山头为宜;狭沟、尖山顶和高程变化急剧的斜坡等,不宜选作刺点目标;

5 平高控制点的点位目标应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求;

6 点位刺在陡坎等地物边缘时,应在像片反面注明刺在坎上或坎下,并注出坎的比高;

7 点位应刺在影像最清晰的控制像片上,刺孔直径不应大于0.1mm,并要刺透;刺偏时应换片重刺,不应有双孔;

8 像片控制点刺点后应绘制刺点略图,并经第二人在实地检查;

9 刺点者、转刺者、检查者应在像片反面签字。

9.3.11 像片控制测量应符合下列规定:

1 平面控制点和平高控制点的平面测量,可采用光电导线或GNSS-RTK等测量方法,对最近等级控制点的平面位置中误差应小于地物点平面位置中误差的1/5;

2 高程控制点和平高控制点的高程测量,可采用光电测距高程导线或GNSS-RTK等测量方法,对最近等级控制点的高程中误差应小于基本等高距的1/10。

9.4 像片调绘

9.4.1 像片调绘宜采用先野外判读调查,后室内清绘的方法;也可采取先室内判读、清绘,后野外检核和调查,再室内修改和补充清绘的方法。调绘应符合下列规定:

1 像片调绘宜采用黑、棕、绿、蓝、红五色清绘,也可采用红、蓝、黑三色清绘;

2 调绘时有简化符号的应使用“图式”中规定的简化符号,在一张调绘片内不应同时使用标准符号和简化符号;

3 调绘片的放大倍数可视地物复杂程度而定,调绘像片的比

例尺,不应小于成图比例尺的 1.5 倍;

4 调绘像片采用隔号像片,为使调绘面积界线避开复杂地形,个别可出现连号;

5 调绘像片的编号应由图号、航线号及像片号组成,应注记在调绘像片的上中部;

6 调绘面积线在不切割居民地等重要地物的情况下,应绘在像片重叠中线附近,以不产生漏洞或重叠为原则;绘面积线时,东、南边用直线,西、北边用直线或折线;自由图边的调绘面积线应绘出 1cm;

7 构成面状的要素,面状内部不同性质的要素之间应用范围线符号分隔表示,利于内业进行属性数据采集;

8 影像模糊的地物、被影像或阴影遮盖的地物、个别新增地物,且未破坏地貌时,可采取外业判调的方法进行补调,补调方法可采用以明显地物点为起始点的交绘法或截距法,补调的地物应在调绘像片上标明与明显地物点相关的距离;对于成片的新增地物,且实地地貌发生变化时,应采用全野外数据采集的方法进行补测,并向内业提供草图和各碎部点的三维坐标;

9 航摄后拆除的建筑物应在像片上用红色“×”划去。

9.4.2 测区内测量控制点、水系、居民地及设施、交通、管线、境界、地貌、植被与土质、注记等,应按照图式要求调绘清楚,准确表示。

9.4.3 油气田重要设施,如联合站、转油站、脱水站、变电站、压气站、含油污水处理站及各种井位和构筑物,如油井、探资井、注水井、水源井、气井、观察井、储罐、阀门池、加热炉、油池、计量间、配水间、配注站等,应调绘准确,名称应注记齐全。

9.4.4 图幅接边应符合下列规定:

1 图幅接边宜在相同比例尺的相邻图幅间进行,应在离开测区前严密接好,并认真检查;自由图边除应保证图满幅外,还应调绘出图廓线外 6mm(1:5000 比例尺地形图应调绘出图廓线外 4mm);应在调绘图幅两边注上接边片号、调绘者和调绘日期,并

应经第二人实地检查；

2 各类地物的接边,不应改变真实形状及相关位置。

9.5 航空摄影测量内业

9.5.1 航空摄影测量内业工作包括:底片扫描、空中三角测量、生产数字高程模型(DEM)、制作数字正射影像图(DOM)、测绘数字线划图(DLG)等。

9.5.2 底片扫描应符合下列规定:

1 扫描分辨率宜为 $7\mu\text{m}\sim 21\mu\text{m}$;

2 扫描参数的调整原则应使扫描影像灰度直方图布满 0~255 个灰阶,并接近正态分布;

3 扫描影像应反差适中、色调饱满、全幅影像及框标清晰,应保持各影像目视效果一致。

9.5.3 空中三角测量应符合下列规定:

1 空中三角测量应为生产数字高程模型(DEM)、制作数字正射影像图(DOM)、测绘数字线划图(DLG)提供绝对定向数据,以及提供作业所需的仪器安置元素数据;

2 相邻的加密区应各自保证加密满幅,重叠区域的连接点要进行转刺接边;

3 绝对定向后,基本定向点(测图定向点)残差限值、检查点误差限值及公共点较差限值应符合表 9.5.3 的规定。

表 9.5.3 基本定向点残差、检查点误差、公共点较差最大限值

成图 比例尺	点别	平面位置中误差(m)				高程中误差(m)			
		平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1:500	基本定向点	0.13	0.13	0.2	0.2	0.11	0.2 (0.11)	0.26	0.4
	检查点	0.175	0.175	0.35	0.35	0.15	0.28 (0.15)	0.4	0.6
	公共点	0.35	0.35	0.55	0.55	0.3	0.56 (0.3)	0.7	1.0

续表 9.5.3

成图 比例尺	点别	平面位置中误差(m)				高程中误差(m)			
		平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1 : 1000	基本 定向点	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2 (0.11)	0.26	0.4	0.75
	检查点	0.5	0.5	0.7	0.7	0.28 (0.15)	0.4	0.6	1.2
	公共点	0.8	0.8	1.1	1.1	0.56 (0.3)	0.7	1.0	2.0
1 : 2000	基本 定向点	0.6	0.6	0.8	0.8	0.2 (0.11)	0.26	0.6	0.9
	检查点	1.0	1.0	1.4	1.4	0.28 (0.15)	0.4	1.0	1.5
	公共点	1.6	1.6	2.2	2.2	0.56 (0.3)	0.7	1.6	2.4
1 : 5000	基本 定向点	1.5	1.5	2.0	2.0	0.22	0.8	1.5	1.9
	检查点	1.75	1.75	2.5	2.5	0.3	1.0	2.0	2.5
	公共点	3.5	3.5	5.0	5.0	0.6	2.0	4.0	5.0

注:表中加括号处为 0.5m 等高距的精度要求。

9.5.4 数字高程模型(DEM)应符合下列规定:

1 数字高程模型(DEM)宜采用正方形格网存储,应用规则的像元阵列来表达地理要素。数字高程模型(DEM)格网间距应符合表 9.5.4 的规定。

表 9.5.4 数字高程模型(DEM)格网间距

成图比例尺	数字高程模型格网间距(m)
1 : 500	0.5
1 : 1000	1.0
1 : 2000	2.0
1 : 5000	2.5

2 数字高程模型(DEM)格网点,对于附近野外控制点的高程中误差,应符合本标准表 5.1.6 的规定。

3 相邻图幅应平滑拼接,不应出现漏洞,数据应覆盖整个测区范围。

9.5.5 数字正射影像图(DOM)应符合下列规定:

1 DOM中地物点的平面位置精度应满足数字线划图上地物点的平面位置精度要求。

2 数字正射影像图(DOM)地面分辨率应符合表 9.5.5 的规定。

表 9.5.5 数字正射影像图(DOM)地面分辨率

成图比例尺	数字正射影像图地面分辨率(m)
1 : 500	0.05
1 : 1000	0.1
1 : 2000	0.2
1 : 5000	0.5

3 相邻图幅的 DOM 影像镶嵌处的同名像元拼接限差不应大于 2 个像元。

4 DOM 影像应清晰、反差适中、色调均匀;影像不应有重影、模糊或纹理断裂等现象;影像应连续完整,灰度无明显不同;对于彩色影像,色彩应平衡一致;覆盖范围内的影像应无漏洞。

9.5.6 数字线划图(DLG)应符合下列规定:

1 地物地貌元素应参照调绘片根据立体模型仔细辨认和测绘,不应有错漏、移位和变形;道路、管线、沟堤等应跟迹描绘、走向明确、衔接合理;用符号表示的各种地物,定位点或定位线应描绘准确;

2 外业补测的地物,新增、无影像或阴影覆盖的地物,应根据野外实测的三维坐标和草图内业绘制;

3 等高线测绘应用测标切准模型测绘;

4 在测绘等高线时,有植被覆盖的地表宜切准地面描绘;当只能沿植被表面描绘时,应加植被高度改正。

9.6 低空数字航空摄影测量

9.6.1 低空数字航空摄影测量采用无人飞行器航摄系统,主要性能指标应符合下列规定:

- 1 无人飞行器应具备 4 级风力气象条件下安全飞行的能力;
- 2 相对航高不应超过 2000m;
- 3 航测数码相机应采用定焦镜头,且对焦无限远;
- 4 成像探测器面阵应大于 2072 万像素;
- 5 快门速度不应低于 1/1000s,存储速度应与快门速度匹配。

9.6.2 低空数字航空摄影的技术要求应符合现行行业标准《油气管道工程无人机航空摄影测量规范》SY/T 7344 的相关规定。

9.6.3 低空数字航空摄影测量的外业作业技术要求应符合现行行业标准《油气管道工程无人机航空摄影测量规范》SY/T 7344 的相关规定。

9.6.4 低空数字航空摄影测量的内业作业技术要求应符合本标准第 9.5 节的规定。

9.7 机载激光雷达

9.7.1 机载激光雷达测量获取的数据应包括点云数据、地面基准站的 GNSS 观测数据、机载 GNSS 观测数据及 IMU 观测数据等。

9.7.2 点云密度应符合表 9.7.2 的规定。

表 9.7.2 点云密度要求

成图比例尺	点云密度(点/m ²)
1:500	≥16
1:1000	≥4
1:2000	≥1
1:5000	≥1

9.7.3 点云数据高程中误差不应大于表 9.7.3 的规定。

表 9.7.3 点云数据高程中误差

成图比例尺	地形类别	点云数据高程中误差(m)
1 : 500	平地	0.15
	丘陵地	0.25
	山地	0.35
	高山地	0.50
1 : 1000	平地	0.15
	丘陵地	0.35
	山地	0.50
	高山地	1.00
1 : 2000	平地	0.25
	丘陵地	0.35
	山地	0.85
	高山地	1.00
1 : 5000	平地	0.35
	丘陵地	0.85
	山地	1.75
	高山地	2.80

9.7.4 机载激光雷达测量数据获取设计应符合下列规定：

1 航线敷设和划分分区时,应根据 IMU 误差积累的指标确定每条航线的直线飞行时间；

2 飞行高度的确定应综合考虑点云密度和精度要求、激光有效距离及飞行安全的要求,同时应考虑激光对人眼的安全性要求；

3 分区应基于激光有效距离及地形起伏等情况进行设计,应考虑基站布设情况以及测区跨带等问题；

4 每个分区应至少设计一条构架航线,航高保持一致；

5 航线旁向重叠度应不小于 13%；

6 同一航线内航高变化不应超过相对航高的 10%；

7 如需同时获取影像进行数字正射影像图或数字线划图生产制作,还应符合本标准第 9.2 节的规定；

8 检校场宜在测区附近选择,应包含平坦裸露地形和明显地物点;

9 机载激光雷达设备每次拆卸安装,或设备各部件相对关系发生改变后,均应重新进行检校飞行;

10 激光雷达测量前后,飞机宜采用“∞”字形飞行方式进行IMU初始化;同向连续航飞时间超过15min时,应重新进行IMU初始化。

9.7.5 点云分类应符合下列规定:

1 点云分类应按从整体到局部、从一般到特殊的原则进行,分类应保留地形特征信息;

2 点云分类宜采用自动分类与手动分类相结合的方法,并宜利用多种数据源进行辅助分类;

3 建筑物、植被等非地面数据应与地面数据分离。

9.7.6 基于点云数据生产的数字高程模型应符合本标准第9.5.4条的规定。

9.7.7 数字正射影像图生产制作应符合本标准第9.5.5条的规定。

9.8 成果检查和提交

9.8.1 航空摄影测量成果检查应符合现行国家标准《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316 或《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356 有关规定。

9.8.2 航空摄影测量完成后,成果提交宜包括下列资料:

- 1 设计书;
- 2 首级控制测量成果;
- 3 数字高程模型(DEM)成果;
- 4 数字正射影像图(DOM)成果;
- 5 数字线划图(DLG)成果;
- 6 技术总结。

附录 A 大地坐标系有关资料

A.0.1 2000 国家大地坐标系地球椭球参数。

长半轴 $a=6378137\text{m}$;

扁率 $f=1/298.257222101$;

地心引力常数 $GM=3.986004418\times 10^{14}\text{m}^3\text{s}^{-2}$;

自转角速度 $\omega=7.292115\times 10^{-5}\text{rads}^{-1}$ 。

A.0.2 WGS-84 大地坐标系的地球椭球基本几何参数。

长半轴 $a=6378137\text{m}$;

短半轴 $b=6356752.3142\text{m}$;

扁率 $f=1/298.257223563$;

第一偏心率平方 $e^2=0.00669437999013$;

第二偏心率平方 $e'^2=0.006739496742227$ 。

A.0.3 1980 西安坐标系的参考椭球基本几何参数。

长半轴 $a=6378140\text{m}$;

短半轴 $b=6356755.2882\text{m}$;

扁率 $f=1/298.257$;

第一偏心率平方 $e^2=0.00669438499959$;

第二偏心率平方 $e'^2=0.00673950181947$ 。

A.0.4 1954 年北京坐标系的参考椭球基本几何参数。

长半轴 $a=6378245\text{m}$;

短半轴 $b=6356863.0188\text{m}$;

扁率 $f=1/298.3$;

第一偏心率平方 $e^2=0.006693421622966$;

第二偏心率平方 $e'^2=0.006738525414683$ 。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

- 《工程测量规范》GB 50026
- 《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539
- 《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897
- 《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898
- 《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
- 《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356
- 《测绘技术设计规定》CH/T 1004
- 《数字航空摄影测量控制测量规范》CH/T 3006
- 《石油天然气工程制图标准》SY/T 0003
- 《油气管道工程无人机航空摄影测量规范》SY/T 7344