

ICS 17.020
P 72
备案号: J1785-2014

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3100—2013
代替 SH 3100—2000

石油化工工程测量规范

Specification for the engineering survey
in petrochemical industry



2013-10-17 发布

2014-03-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	2
5 基本规定	3
6 平面控制测量	3
6.1 一般规定	3
6.2 平面控制测量的主要技术要求	3
6.3 控制网布设、选点与埋石	4
6.4 GPS 测量	5
6.5 导线测量	7
6.6 观测成果的记录、整理和计算	9
7 高程控制测量	10
7.1 一般规定	10
7.2 选点与埋石	12
7.3 水准测量	12
7.4 电磁波测距三角高程测量	13
7.5 GPS 拟合高程测量	13
7.6 观测成果的记录、整理和计算	14
8 建筑方格网测设	15
8.1 一般规定	15
8.2 建筑方格网的设计	16
8.3 建筑方格网的测量	16
8.4 建筑方格网的平差计算	16
8.5 建筑方格网点的归化、固定和检测	16
9 地形测量	17
9.1 一般规定	17
9.2 图根控制测量	18
9.3 测绘方法与技术要求	20
9.4 一般地区地形测图	21
9.5 现状图测量	22
9.6 地形图、现状图的修测与编绘	24
9.7 图的拼接与检查	24
9.8 原图数字化	25

10 施工测量	25
10.1 一般规定	25
10.2 建（构）筑物施工控制测量	26
10.3 建筑施工测量	27
10.4 安装施工测量	28
10.5 地下管线施工测量	29
11 成果验收	30
附录 A（资料性附录） 技术设计编写要求	32
附录 B（资料性附录） 技术总结编写要求	33
本规范用词说明	35
附：条文说明	37

Contents

Foreword	V
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	1
4 Symbols	2
5 General requirements	3
6 Horizontal control survey	3
6.1 General requirements	3
6.2 Major technical requirements of horizontal control survey	3
6.3 Technical design, reconnaissance for control point selection and setting monument	4
6.4 GPS surveying	5
6.5 Traverse survey	7
6.6 Recording, finishing and calculation of observation results	9
7 Vertical control survey	10
7.1 General requirements	10
7.2 Reconnaissance for control point selection and setting monument	12
7.3 Leveling	12
7.4 EDM-trigonometric leveling	13
7.5 GPS height fitting	13
7.6 Recording, finishing and calculation of observation results	14
8 Design and surveying of building square grids	15
8.1 General requirements	15
8.2 Design of building square grids	16
8.3 Survey of building square grids	16
8.4 Adjustment calculation of building square grids	16
8.5 Correction for centering, fixation and checking of building square grids	16
9 Topographic survey	17
9.1 General requirements	17
9.2 Mapping control survey	18
9.3 Surveying and mapping method and technical requirements	20
9.4 Topographic survey of the general area	21
9.5 Survey of present situation map	22
9.6 Revision and compilation of topographic map and situation map	24
9.7 Tiling and checking of maps	24
9.8 Digitalization of paper map	25

10 Construction survey.....	25
10.1 General requirements.....	25
10.2 Construction control survey of buildings and structures.....	26
10.3 Construction survey.....	27
10.4 Installation construction survey.....	28
10.5 Underground pipeline construction survey.....	29
11 Acceptance of results.....	30
Annex A (Informative) general rules for technical design.....	32
Annex B (Informative) general rules for technical summaries.....	33
Explanation of wording in this specification.....	35
Add: Explanation of articles.....	37

前 言

根据国家发展和改革委员会办公厅《2008年行业标准计划》（发改办工业[2008]1242号）的要求，规范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外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规范。

本规范共分11章和2个附录。

本规范的主要技术内容是：基本规定、平面控制测量、高程控制测量、建筑方格网测设、地形测量、施工测量及成果验收。

本规范是在SH 3100—2000《石油化工工程测量规范》的基础上修订而成，修订的主要技术内容是：

- 删除了地下管线探查与测量；
- 删除了现状图与地下管线数据库的建立；
- 删除了附录E补充图例；
- 删除了附录F管线探查记录表及管线点成果表；
- 删除了附录G地下管线代号和色别；
- 修改了GPS测设建筑方格网；
- 增加了GPS拟合高程测量；
- 增加了GPS RTK图根测量；
- 增加了施工测量。

本规范由中国石油化工集团公司负责管理，由中国石油化工集团公司总图技术中心站负责日常管理，由北京东方新星石化工程股份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，请寄送日常管理单位和主编单位。

本规范日常管理单位：中国石油化工集团公司总图技术中心站

通信地址：河南省洛阳市中州西路27号

邮政编码：471003

电 话：0379-64887144

传 真：0379-64887301

本规范主编单位：北京东方新星石化工程股份有限公司

通信地址：北京市丰台区南四环西路188号七区28号

邮政编码：100070

本规范参编单位：中国石化集团资产经营管理有限公司长岭分公司

长岭炼化岳阳工程设计有限公司

岳阳百利勘测科技有限公司

湖南百利工程技术有限公司

本规范主要起草人员：魏文强 曲维孟 王宝成 李玉富 杨俊平 张景山 侯仁波 吴柱国
谢群良 叶宏跃

本规范主要审查人员：何 军 葛春玉 于 哲 王瑞萍 史耀民 许 京 谭建勋 刘吕霖
陆 勇 郁 健 刘四新

本规范于2000年首次发布，本次为第1次修订。

石油化工工程测量规范

1 范围

本规范规定了石油化工企业工程测量使用的仪器设备、作业方法、精度指标以及成果验收。

本规范适用于石油化工企业施工建设各阶段的控制测量、地形测量、施工测量及成果验收。不适用于线路测量和变形监测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

GB/T 14689 技术制图 图纸幅面和格式

GB 50484 石油化工建设工程施工安全技术规范

GB 50026 工程测量规范

CH 1016 测绘作业人员安全规范

CH/T 2004 测量外业电子记录基本规定

SH/T 3133 石油化工企业现状图图式

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1

观测时段 observation session

测站上开始接收卫星信号进行观测到停止接收，连续观测的时间间隔。

3.2

同步观测 simultaneous observation

两台及以上接收机同时对同一组卫星进行的观测。

3.3

同步环 simultaneous observable loop

三台及以上接收机同步观测所获得的基线向量构成的闭合环。

3.4

异步环 independent observable loop

由非同步观测所获得的基线向量构成的闭合环。

3.5

天线高 antenna height

观测时接收机天线平均相位中心到测站中心标志面的高度。

3.6

数据剔除率 percentage of data rejection

同一时段中，删除的观测值个数与获取的观测值总数的比值。

3.7

全球定位系统 global positioning system (GPS)

利用多颗卫星和接收机，在全球范围内确定空间或地面点的三维坐标。

3.8

实时动态差分法 GPS RTK (real-time kinematic)

RTK 定位技术就是基于载波相位观测值的实时动态定位技术，它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果。

3.9

图纸定向 map orientation

将数字化仪坐标系的坐标数据转换为地图坐标系的坐标数据，也就是求出两个坐标系之间的转换参数。

3.10

现状图 present situation map

根据技术标准的要求，对工厂现状实测的地形图。

4 符号

下列符号适用于本规范。

- a ——固定误差；
- b ——比例误差系数；
- D ——测距长度、水平距离、测区平均高程面上的测距边长度；
- D_0 ——测距两端的平均高程面的水平距离；
- f ——地球曲率和大气折光的改正值；
- f_{β} ——附和导线或闭合导线环的方位角闭合差；
- H ——基本等高距；
- $H_{\bar{}}$ ——测区的平均高程；
- H_m ——测距两端的平均高程；
- h ——仪器与反光镜之间的高差、地下管线的中心埋深；
- i ——仪器高；
- k ——当地的大气折光系数；
- L ——水准测段长度；
- M_w ——每千米高差全中误差；
- M_{Δ} ——每千米高差偶然中误差；
- m ——位置中误差、高程中误差、探查定位中误差、定深中误差、探查埋深中误差；
- m_D ——测距中误差；
- m_{β} ——测角中误差；
- N ——方位角闭合差的个数、附和路线或闭合路线环的个数；
- n ——测站数，独立环中的边数，测站圆周角闭合差的个数，往返测的水准路线测段数，检测点数；
- R ——地球平均曲率半径；
- R_A ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径；
- S ——经气象及加、乘常数等改正后的斜距，建、构筑物的长度；
- V ——检测值和原值的较差；
- v ——觇标高；

- W ——闭合差；
 α ——垂直角观测值；
 ρ'' ——常数 206265''；
 Δ ——测站圆周角闭合差，水准路线测段往返高差不符值。

5 基本规定

- 5.1 测绘单位应根据任务委托书开展工作。
- 5.2 测绘单位宜根据任务委托书的内容收集资料，进行质量策划、编写技术设计。技术设计的编写内容参见附录 A。
- 5.3 测绘计量器具应按照国家规定的检定规程和检定周期进行检定或校准。未经检定或检定不合格的，不得提供使用。测量作业前，应对仪器进行常规检查。
- 5.4 测量软件，首次使用前应进行试用验证。
- 5.5 工作完成后，应根据作业情况，编写技术总结。技术总结的编写内容参见附录 B。
- 5.6 测绘成果应依次通过测绘单位作业部门的过程检查、测绘单位质量管理部门的最终检查。各级检查工作应独立进行，不应省略或代替。
- 5.7 进入测区作业应遵守 GB 50484、CH 1016 和测区有关安全规定。

6 平面控制测量

6.1 一般规定

6.1.1 平面控制网的坐标系统，应在满足测区内投影长度变形值小于 2.5cm/km 的要求下，按下列选择：

- a) 在已有平面控制网的地区，可沿用原有坐标系统；
- b) 建立独立坐标系统，但应与国家或地方坐标系统联测。

6.1.2 平面控制网的布设，应符合从整体到局部、分级布网的原则。在满足本规范精度指标的情况下，可越级布设。

6.1.3 建立平面控制网，宜采用 GPS 测量、导线测量，也可采用三角测量等其他方法。

平面控制网等级的划分，GPS 测量控制网依次为三等、四等和一级，导线及导线网依次为四等和一、二级，三角形网依次为四等和一、二级。根据工程需要，以上各等级均可作为测区的首级控制。

6.1.4 平面控制网的基本精度，应符合下列规定：

- a) 四等网最弱相邻点的相对点位中误差不得大于 $\pm 5\text{cm}$ ；
- b) 四等以下平面控制网最弱点（相对于各个网的起算点）的点位中误差不得大于 $\pm 5\text{cm}$ 。

6.2 平面控制测量的主要技术要求

6.2.1 各等级 GPS 网相邻点间基线弦长精度，按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots\dots\dots (6.2.1)$$

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。

6.2.2 GPS 测量的主要技术要求，应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 GPS 测量的主要技术要求

等级	平均边长 km	a mm	b mm/km	约束点间的 边长相对中误差	约束平差后 最弱边边长相对中误差
三等	4.5	≤ 10	≤ 5	$\leq 1/250000$	$\leq 1/70000$
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	$\leq 1/20000$	$\leq 1/20000$

6.2.3 GPS 外业测量宜采用协调世界时 (UTC) 记录。

6.2.4 GPS 测量应采用世界大地坐标系 WGS-84; 为求定 GPS 点在某一参考坐标系中的坐标, 应联测 2 个以上该参考坐标系中的控制点, 进行坐标转换。

6.2.5 GPS 网宜由一个或若干独立观测环构成, 也可采用附和路线形式构成。各等级 GPS 网中每个闭合环或附和路线的边数应符合表 6.2.5 的规定。

非同步观测的 GPS 基线向量边, 宜由所设计的图形选定, 也可按软件功能自动挑选独立基线构成环线。

表 6.2.5 闭合环或附和线路的边数

等级	三等、四等、一级
闭合环或附和线路的边数/条	≤ 6

6.2.6 导线测量的主要技术要求, 应符合表 6.2.6 的规定。

表 6.2.6 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 ($''$)	相对 闭合差
						DJ ₁	DJ ₂	DJ ₃		
四等	9	1.5	± 2.5	± 18	$\leq 1/80000$	4	6	—	$\pm 5\sqrt{n}$	$\leq 1/35000$
一级	4	0.5	± 5	± 15	$\leq 1/30000$	—	2	4	$\pm 10\sqrt{n}$	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	± 8	± 15	$\leq 1/14000$	—	1	3	$\pm 16\sqrt{n}$	$\leq 1/10000$

注 1: n 为测站数。

注 2: 当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时, 一、二级导线的平均边长及总长可适当放长, 但最大长度不应大于表中规定的 2 倍。

6.2.7 当导线平均边长较短时, 应控制导线边数。导线边数不得超过表 6.2.6 相应等级导线长度和平均边长算得的边数。

当导线长度小于表 6.2.6 规定长度的 1/3 时, 导线全长的绝对闭合差不应大于 13cm。

6.2.8 导线宜布设成直伸形状, 相邻边长不宜相差过大。当附和导线长度超过规定时, 应布设成结点网形。结点与结点、结点与高级点之间的导线长度, 不应大于表 6.2.6 中规定长度的 0.7 倍。

当导线网用作首级控制时, 应布设成环形网, 网内不同环节上的点不宜相距过近。

6.3 控制网布设、选点与埋石

6.3.1 布设测区首级控制网, 应制定出经济合理的方案。首级网应一次全面布设。

首级平面控制的起算点, 应进行联测检查, 联测检查合格后, 方可作为起算数据。

6.3.2 控制点加密可采用电磁波测距导线或 GPS 测量。导线宜布设成附(闭)合导线或结点导线网。

- 6.3.3 在设计和选点时，宜利用原有点位，并使所选点位构成良好的图形。
- 6.3.4 平面控制点宜选在稳定坚实的岩石、土层、建筑物顶上等能长期保存及满足观测扩展、确保作业安全的地点。
- 6.3.5 当采用电磁波测距时，视线应通视良好，避开强磁场、高压线、烟雾、粉尘、蒸汽、发热体。视线距障碍物的距离：四等不宜小于 1.5m，一、二级不宜小于 0.5m。
- 6.3.6 当采用 GPS 测量时，选点还应符合下列要求：
- a) 点位应远离大功率无线电发射源，其距离不得小于 200m；应远离高压线，其距离不得小于 50m；远离强烈反射卫星信号的物体；对不能避免的地方，应延长观测时间；
 - b) 点位视野开阔，被测卫星的地平高度角应大于 15° ；
 - c) 点位选择应考虑下一级控制的发展；
 - d) 充分利用符合要求的原有控制点桩位。
- 6.3.7 各等级控制点应埋设永久性标石，坑底填以砂石，捣固夯实或浇灌混凝土底层。各等级控制点标志宜采用不锈钢、铜芯、合金钢等材料制作。

6.4 GPS 测量

- 6.4.1 各等级 GPS 网观测的基本技术要求，应符合表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 GPS 网观测基本技术要求

项 目	观测方法	三等	四 等	一 级	二 级
卫星截止高度角/ $(^\circ)$	静态	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15
有效观测卫星数	静态	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4
平均重复设站数	静态	≥ 2	≥ 1.6	≥ 1.6	≥ 1.6
观测时段长度/min	静态	≥ 60	≥ 40	10~30	10~30
数据采样间隔/s	静态	15~30	15~30	15~30	15~30

- 6.4.2 进行 GPS 观测时，点位几何图形强度因子 (PDOP) 值应小于 6。
- 6.4.3 观测准备的具体要求，应按接收机操作手册进行。
观测前，应检查电池的容量、接收机内存和可存储空间是否充足。
- 6.4.4 观测作业时，应遵守下列要求：
- a) 观测组应遵守调度命令，按规定的时间进行同步观测；
 - b) 经检查测站上电源电缆和天线等各项连接无误，且接收机预置状态正确后，方能启动接收机进行观测；
 - c) 安置天线对中误差不应大于 2mm；
 - d) 仪器正常工作后，应及时填写测站记录，包括控制点点名、接收机序列号、仪器高、开关机时间、本时段相关点草图等相关的测站信息；
 - e) 每时段观测前后应各量取天线高一次，两次量高之差不应大于 1mm，取平均值作为最后天线高。若互差超限，应查明原因，提出处理意见并记入测量手簿记事栏；
 - f) 在静置和观测期间防止接收设备震动，更不得移动，要防止人员和其他物体碰动天线和阻挡信号；
 - g) 经检查，所有规定作业项目均已完成，并符合要求，记录与资料完整无误，方可迁站。
- 6.4.5 基线解算可采用随机软件，并应满足下列要求：

- a) 起算点的单点定位观测时间, 不宜少于 30min;
- b) 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;
- c) 解算成果, 应采用双差固定解。

6.4.6 GPS 控制测量外业观测的全部数据应经同步环、异步环及复测基线检核, 并应满足下列要求:

- a) 同一时段观测值的数据剔除率不宜大于 10%;
- b) 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差, 应满足下列各式要求:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-2)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-3)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad \dots\dots\dots (6.4.6-4)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-5)$$

式中:

- n ——同步环中基线边的个数;
- W ——同步环环线全长闭合差, mm。

- c) 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差, 应满足下列各式要求:

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-6)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-7)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-8)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-9)$$

式中:

- n ——异步环中基线边的个数。

- d) 复测基线的长度较差, 应满足下式要求:

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad \dots\dots\dots (6.4.6-10)$$

6.4.7 当各项质量检验符合要求时, 在 WGS-84 系下进行 GPS 网的无约束平差。

6.4.8 无约束平差中, 基线向量的改正数 ($V_{\Delta x}$ 、 $V_{\Delta y}$ 、 $V_{\Delta z}$) 绝对值, 应符合下列要求:

$$\left. \begin{aligned} V_{\Delta x} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta y} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta z} &\leq 3\sigma \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (6.4.8)$$

当超限时, 可认为该基线或其附近存在粗差基线, 应采用软件提供的方法或人工方法剔除粗差基线, 直至符合上式要求。

6.4.9 在无约束平差确定的有效观测量的基础上, 在国家坐标系或城市独立坐标系下应进行三维约束平差或二维约束平差。

6.4.10 约束平差中, 基线向量的改正数与剔除粗差后的无约束平差结果的同名基线相应改正数的较差 ($dV_{\Delta x}$ 、 $dV_{\Delta y}$ 、 $dV_{\Delta z}$), 应符合下列要求:

$$\left. \begin{aligned} dV_{\Delta x} &\leq 2\sigma \\ dV_{\Delta y} &\leq 2\sigma \\ dV_{\Delta z} &\leq 2\sigma \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6.4.10)$$

当超限时，可认为作为约束的已知坐标、距离、已知方位与 GPS 网不兼容，应采用软件提供的方法或人工方法剔除某些误差较大的约束值，直至符合上式要求。

6.5 导线测量

6.5.1 水平角观测所用的全站仪、电子经纬仪、光学经纬仪，应符合下列相关规定。

- a) 照准部旋转轴正确，各位置气泡读数较差：DJ₁ 型仪器不应超过二格，DJ₂ 型仪器不应超过一格；
- b) 光学测微器行差及隙动差：DJ₁ 型仪器不应超过 1"，DJ₂ 型仪器不应超过 2"；
- c) 水平轴不垂直于垂直轴之差：DJ₁ 型仪器不应超过 10"，DJ₂ 型仪器不应超过 15"；
- d) 补偿器的补偿要求，在仪器补偿器的补偿区间，对观测成果应能进行有效补偿；
- e) 垂直微动螺旋使用时，视准轴在水平方向上不产生偏移；
- f) 仪器的底部在照准部旋转时，无明显位移；
- g) 光学（或激光）对中器的视轴（或射线）的重合度不应大于 1mm。

6.5.2 各等级导线水平角观测均应在通视良好、成像清晰稳定时进行。

6.5.3 各等级导线水平角观测，应符合下列规定：

- a) 当导线点上应观测的方向数多于 2 个时，宜采用方向观测法；当方向数不多于 3 个时，可不归零；
- b) 在各等导线点上，当只有两个方向时，宜按左、右角观测，在总测回数中应以奇数测回和偶数测回分别观测导线前进方向的左角和右角。观测右角时仍以左角起始方向为准变换度盘位置。左角和右角分别取中数后，按 $[\text{左角}]_n + [\text{右角}]_n - 360^\circ = \Delta$ ，所计算的 Δ 值限差（即测站圆周角闭合差）不应超过 $\pm 5.0''$ 。

6.5.4 水平角方向观测法的各项限差不应超过表 6.5.4 的规定。

表 6.5.4 水平角方向观测法的各项限差（"）

等级	仪器型号	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	DJ ₁	1	6	9	6
	DJ ₂	3	8	13	9
一级及以下	DJ ₁	—	12	18	12
	DJ ₂	—	18	—	24

注 1：当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 范围时，该方向 2 倍照准差的变动范围，可按相邻测回同方向进行比较，其值应满足表中一测回内 2C 互差的限值。

注 2：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的限制。

6.5.5 当水平角观测结果超出本规范规定限差时，均应重测。

6.5.6 各等级导线边长，应采用相应精度的电磁波测距仪测定。

6.5.7 电磁波测距的精度，应按下列规定分级：

- a) 仪器的精度表达式：

$$m_D = a + b \times D \dots\dots\dots (6.5.7)$$

式中:

- m_D ——测距中误差, mm;
- a ——固定误差, mm;
- b ——比例误差系数, mm/km;
- D ——测距长度, km.

- b) 测距仪的精度分级, 按 1km 测距中误差 (即 $m_D = a + b \times D$, $D=1\text{km}$ 时) 划分:
 - I 级: $m_D \leq 5\text{mm}$;
 - II 级: $5\text{mm} < m_D \leq 10\text{mm}$.

6.5.8 各等级导线边长的测量, 应符合下列要求:

- a) 四等导线边长应由 I 级电磁波测距仪测定, 一、二级导线的边长应由 II 级以上电磁波测距仪测定;
- b) 四等导线边长的测定, 应在两个时间段内往返测量, 其测回数不应少于四测回, 一测回中的读数次数宜为三次;
- c) 一、二级导线边长应往返观测, 一级导线施测二测回, 二级导线施测一测回。

6.5.9 电磁波测距的各项限差, 应符合表 6.5.9 的规定:

表 6.5.9 电磁波测距的各项限差

单位为 mm

仪器类别	一测回读数较差	单程测回间较差	往返或不同时间段较差
I 级	5	7	$2(a+b \times D)$
II 级	10	15	

6.5.10 气象数据的测定方法和精度要求, 应符合表 6.5.10 的规定:

表 6.5.10 气象数据的测定方法和精度

等级	最小读数		测定的时间间隔	数据的取用
	温度 ℃	气压 Pa		
四等	0.2	50 (或 0.5mmHg)	一测站同时段观测的始末	测边两边的平均值
一级	0.5	100 (或 1mmHg)	每边测定一次	观测一端的数据
二级	0.5	100 (或 1mmHg)	一时段始末各测定一次	取平均值

注: 在高海拔地区使用空盒气压表时, 宜送当地气象台(站)校准。

6.5.11 测距边平均高程面上的水平距离, 应按下列程序进行计算:

- a) 按仪器厂商给定的公式计算气象改正;
- b) 加常数、乘常数、周期误差的改正, 应根据仪器检测结果进行;
- c) 测距仪与反光镜的平均高程面上的水平距离, 应按 6.5.11-1 或 6.5.11-2 公式计算:
 - 1) 用测定两点高差计算:

$$D = \sqrt{S^2 - h^2} \dots\dots\dots (6.5.11-1)$$

式中:

D ——水平距离, m;

S ——经气象及加、乘常数等改正后的斜距, m;

h ——仪器与反光镜之间的高差, m;

2) 用观测垂直角计算:

$$D = S \cos(\alpha + f) \quad \dots\dots\dots (6.5.11-2)$$

$$f = (1-k) \frac{S \cos \alpha \rho''}{2R} \quad \dots\dots\dots (6.5.11-3)$$

式中:

α ——垂直角观测值;

f ——地球曲率和大气折光的改正值, 仰角或俯角, f 恒为正值;

ρ'' ——常数, 恒为 206265";

k ——当地的大气折光系数;

R ——地球平均曲率半径。

注: 用平均高差和垂直角计算平距时, 垂直角的观测和对向观测高差较差要求, 可按第 7.1.8 条中五等三角高程测量的有关规定放宽一倍执行。

6.5.12 测距边的水平距离归算到测区平均高程面上的测距边长度, 应按下式计算:

$$D = D'_0 \left(1 + \frac{H_p - H_m}{R_A} \right) \quad \dots\dots\dots (6.5.12)$$

式中:

D ——测区平均高程面上的测距边长度, m;

D'_0 ——测距两端的平均高程面的水平距离, m;

H_p ——测区的平均高程, m;

H_m ——测距两端的平均高程, m;

R_A ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径, m。

6.6 观测成果的记录、整理和计算

6.6.1 外业记录使用电子手簿时, 应及时拷贝到存储器上。

6.6.2 外业电子记录应符合 CH/T 2004 的有关规定。

6.6.3 手工记录原始数据, 应符合下列规定:

- a) 外业手簿或记录纸应编号。所有原始记录不应转抄;
- b) 手簿各记事项, 每一测站或每一观测时间段的首末页均应记载清楚, 填写齐全;
- c) 水平角观测, 秒值读记错误应重新观测本测回, 度、分读记错误可在现场更正, 但同一方向盘左、盘右不得同时更改相关数字; 垂直角观测中, 分的读数, 在各测回中不得连环更改;
- d) 距离测量中, 厘米及以下数值不得更改, 米和分米的读记错误, 在同一距离、同一高差的往、返测或两次测量的相关数字不得连环更改;
- e) 更正错误, 应将错误数字、文字整齐划去, 在上方另记正确数字和文字。划改的数字和超限划去的成果, 应注明原因和重测结果所在页数。

6.6.4 观测工作结束后, 应及时整理和检查外业观测手簿, 检查所有计算是否正确, 观测成果是否满足各项限差要求, 确认观测成果全部符合本规范的有关规定后, 方可进行计算。

6.6.5 导线(网)测角中误差, 应按下列公式进行计算:

- a) 按左、右角观测的四等导线(网)计算测角中误差;

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \quad \dots\dots\dots (6.6.5-1)$$

式中:

- m_{β} ——测角中误差, " ;
- Δ ——测站圆周角闭合差, " ;
- n —— Δ 的个数

b) 按导线方位角闭合差计算测角中误差:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta} f_{\beta}}{n} \right]} \quad \dots\dots\dots (6.6.5-2)$$

式中:

- f_{β} ——附和导线或闭合导线环的方位角闭合差, " ;
- n ——计算 f_{β} 时的测站数;
- N ——闭合环及附和导线的总数。

6.6.6 内业计算数据取位, 应符合表 6.6.6 的规定:

表 6.6.6 内业计算数字取位

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	0.1	0.001	0.001	0.1
四等以下	1	0.001	0.001	1

6.6.7 平差计算时应仔细校对计算略图和输入数据, 检查计算成果。打印输出的平差成果, 应包含起算数据、观测数据、必要的中间数据以及平差后的精度评定。

一级以上平面控制网的计算应采用严密平差, 二级可采用近似平差。

平差后的精度评定, 应包含有单位权中误差、相对点位误差椭圆参数、最弱相邻点点位中误差或最弱边的边长中误差等。当采用近似平差时, 平差后的精度评定, 可作相应简化。

6.6.8 内业计算资料的整理, 应包括下列内容:

- a) 所使用的程序名称及出版单位;
- b) 画出平面控制网的草图, 标出外业观测数据(水平角和边长)以及起算坐标、方位角;
- c) 根据电算程序要求, 逐项列出程序所要求的输入数据;
- d) 将打印成果附在计算手册中, 并逐项说明打印成果的内容。

6.6.9 当采用电算进行平差计算时, 应仔细检查平面控制网草图中的起算数据、角度值、边长值、编码、编号、先验中误差以及其他数据, 计算结果亦应进行校验; 当采用手工计算时, 应由两人分别计算。

6.6.10 平面控制测量计算结束后, 应保存下列资料:

- a) 起算数据;
- b) 原始观测记录;
- c) 平面控制网展开图;
- d) 平差计算成果。

7 高程控制测量

7.1 一般规定

- 7.1.1 高程系统，宜采用 1985 国家高程基准；在已建成区，可采用原高程基准。
- 7.1.2 在建成区内存在两种以上高程基准时，应建立不同高程基准之间的换算关系。
- 7.1.3 收集的高程资料宜包括以下内容：高程成果、高程基准、点之记、标石类型和施测年代等。
- 7.1.4 首级高程控制的起算点，应进行联测检查。联测检查成果应符合表 7.1.7 的规定。
- 7.1.5 高程测量等级的划分依次为三等、四等、五等。高程控制测量，可采用水准测量和电磁波测距三角高程测量，五等也可以采用 GPS 拟合高程测量。
- 7.1.6 首级高程控制网的等级，应根据工程规模、控制网用途和精度要求合理选择，宜布设成附（闭）合线路或结点网。
- 7.1.7 各等级水准测量的主要技术要求，应符合表 7.1.7 的规定。

表 7.1.7 水准测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 mm	路线长度 km	水准尺	观测次数		往返较差、附合或环线闭合差 mm		检测已测测段高差的差 mm
				与已知点联测	附合或环线	平地	山地	
三等	±6	≤50	双面	往返各一次	往返各一次	±12√L	±4√n	±20√L
四等	±10	≤16	双面	往返各一次	往一次	±20√L	±6√n	±30√L
五等	±15	—	单面	往返各一次	往一次	±30√L	—	—

注 1：结点之间或结点与高级点之间，其路线长度，不应大于表中规定的 0.7 倍。

注 2：L 为往返测段、附合或环线的水准路线长度，km，n 为测站数。

注 3：山区指高程超过 1000m 或路线中最大高差超过 400m 的地区。

- 7.1.8 电磁波测距三角高程测量的技术要求，应符合表 7.1.8 的规定。

表 7.1.8 电磁波测距三角高程测量的技术要求

等级	每千米高差全中误差 mm	边长 km	观测方式	对向观测高差较差 mm	附合或环形闭合差 mm
四等	±10	≤1	对向观测	±40√D	±20√ΣD
五等	±15	≤1	对向观测	±60√D	±30√ΣD

注 1：D 为电磁波测距边的长度，km。

注 2：计算对向观测高差较差时，应考虑地球曲率和大气折光的影响。

- 7.1.9 电磁波测距三角高程的高差按下式计算：

$$\Delta h = S \cos(\alpha + f) + i - v \quad \dots\dots\dots (7.1.9)$$

式中：

S——经气象及加乘常数等改正后的斜距，m；

α——垂直角观测值；

i、v——分别为仪器高和视标高，m；

f——地球曲率和大气折光的改正值，仰角或俯角，f 恒为正值。

7.2 选点与埋石

7.2.1 在充分收集测区地质、水文、交通、冻土等资料的基础上，经实地踏勘后进行选点、埋石。

7.2.2 各等级水准路线应设在土质坚实、坡度较小、测量方便的道路附近，宜联测各等级平面控制点。

7.2.3 地面水准点应选在土质坚硬、排水良好、不易被破坏和使用方便之处；墙水准点应设在基础稳定的建筑物上。水准点的位置应便于竖立水准尺。

7.2.4 各等级的水准点，应埋设水准标石，满足水准点规格和埋设要求的永久性平面控制点可兼作水准点。

7.2.5 每个测区埋设永久性水准点标石或标志的数量不应少于3个。埋设预制标石时，应整平坑底并分层夯实，其顶部应低于地面。

7.2.6 四等以上水准点，应绘制点之记。

7.3 水准测量

7.3.1 水准测量所使用的水准仪和水准尺，应符合下列规定：

- a) 水准仪视准轴与水准管轴的夹角*i*，不应超过20″；
- b) 水准尺的米间隔平均长度与名义长度之差，不应超过0.5mm。

7.3.2 水准测量外业，应符合下列原则：

- a) 三等水准测量采用中丝读数法，往返观测，每站观测顺序为后、前、前、后；
- b) 四等水准测量采用中丝读数法，直读距离，每站观测顺序为后、后、前、前；闭合环或附合路线采用单程观测；支线水准测量采用往返观测；
- c) 五等水准测量采用中丝读数法，单面读数；
- d) 观测前，圆水准气泡应严格校正；观测时，在同一测站上不得两次调焦；
- e) 转点支撑应采用尺垫；
- f) 观测中，不得为增加视线高度而把尺垫安置在低洼处；
- g) 每测段的往测和返测的测站数均应为偶数。

7.3.3 各等水准观测的视线长度、前后视距差、视线高度的要求，应符合表7.3.3的规定。

表 7.3.3 视线长度、前后视距差、视线高度的要求

单位为 m

等级	视线长度	前后视距差	前后视距累计差	视线高度
三等	≤75	≤3	≤6	≥0.3
四等	≤100	≤5	≤10	≥0.2
五等	≤100	近似相等	—	—

7.3.4 各等水准测量的测站限差不得超过表7.3.4的规定。

表 7.3.4 各等水准测量的测站限差

单位为 mm

等级	基、辅分划或黑红面读数的差	基、辅分划或黑红面所测高差的差	检测间歇点高差的差
三等	2.0	3.0	3.0
四等	3.0	5.0	5.0
五等	—	—	5.0

注1：三、四等水准测量采用变动仪器高度观测单面水准尺时，所测两次高差较差，应与黑红面所测高差之差的要求相同。

注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，应满足表中相应等级基、辅分划或黑、红面所测高差较差的限值。

- 7.3.5 观测读数和记录的数字取位，应读记到 1mm。
- 7.3.6 水准测量成果的重测与取舍，应符合下列规定：
- a) 测站观测限差超限：
 - 1) 当视线长度、前后视距累计差或视线高度超限时，均应在当站调整测站或立尺点的位置后重测；
 - 2) 黑红面的读数差或高差之差超限时，该站全部重测；
 - 3) 若迁站以后发现某站限差超限时，则应从水准点或经检测符合限差要求的间歇点开始重测；
 - b) 测段往返高差不符值超限应重测。当重测结果与原测结果分别比较，其较差均不超限时，应取三次结果的平均数；
 - c) 每千米高差全中误差、每千米高差偶然中误差、区段往返测高差不符值、附合线路或环线闭合差超限时，选择可靠性较小的一些测段进行重测。
- 7.4 电磁波测距三角高程测量
- 7.4.1 电磁波测距三角高程控制，宜在平面控制点的基础上布设成三角高程网或高程导线。
- 7.4.2 四等应起迄于不低于三等水准的高程点上，五等应起迄于不低于四等水准的高程点上；四、五等的边长均不应超过 1km，路线长度不应超过相应等级水准路线的总长度。
- 7.4.3 电磁波测距三角高程观测的技术要求，应符合下列规定：
- a) 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求，应附合表 7.4.3 的规定；
 - b) 垂直角的对向观测，当直觇完成后应即刻进行返觇测量；
 - c) 仪器、反光镜或觇牌的高度，应在观测前后各量测一次并精确至 1mm，两次读数较差不应大于 2mm，在限差之内取中数。

表 7.4.3 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求

等级	垂直角观测				边长测量	
	仪器精度	测回数	指标差较差 / "	测回较差 / "	仪器精度	观测次数
四等	DJ ₂	3	≤7	≤7	≤10mm 级仪器	往返各一次
五等	DJ ₂	2	≤10	≤10	≤10mm 级仪器	往一次

- 7.4.4 垂直角观测限差超限时，应重测：
- a) 指标差超限时，该测回重测；
 - b) 垂直角较差超限时，重测一测回，剔除孤值，直至满足限差。
- 7.4.5 垂直角观测读数记录到 1"；边长观测记录到 1mm。
- 7.5 GPS 拟合高程测量
- 7.5.1 GPS 拟合高程测量，仅适用于平原或丘陵地区的五等高程测量。
- 7.5.2 GPS 拟合高程测量宜与 GPS 平面控制测量一起进行。
- 7.5.3 GPS 拟合高程测量的主要技术要求，应符合下列规定：
- a) GPS 网应与四等或四等以上的水准点联测。联测水准的 GPS 点，宜均匀分布在测区；
 - b) 联测水准的 GPS 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；
 - c) 地形高差较大的地区，应适当增加联测的点数；
 - d) 地形趋势变化明显的大面积测区，宜采取分区拟合的方法；
 - e) GPS 观测的技术要求，应按本规范 6.4 条的有关规定执行；其天线高应在观测前后各量测一次，取其平均值作为最终高度。

7.5.4 GPS 拟合高程计算, 应符合下列规定:

- a) 应对联测的已知高程点进行可靠性检验, 并剔除不合格点;
- b) 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;
- c) 对拟合高程模型应进行优化;
- d) GPS 点的高程计算, 不宜超出拟合高程模型所覆盖的范围。

7.5.5 对 GPS 点的拟合高程成果, 应进行检验。检查点数不少于全部高程点的 10% 且不少于 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 $30\sqrt{D}$ mm (D 为检查线路的长度, 以 km 计)。

7.6 观测成果的记录、整理和计算

7.6.1 观测数据, 宜采用经过鉴定的电子手簿记录, 也可采用手工记录。

7.6.2 各项目和原始观测数据的记录字迹清楚、填写齐全。外业手簿中任何记录不得涂改, 更不能转抄。

7.6.3 原始记录中, 米和分米或文字记录有误时, 应以单线划去, 写出正确的数字和文字, 并注明原因。但同一测站内, 不得连环涂改。不采用的记录应划去, 并注明原因。

7.6.4 内业计算所用的各项数据, 均应全面检查确认无误后, 方可使用。

7.6.5 水准测量的内业计算, 应符合下列规定:

a) 平差前每条水准路线若分测段进行施测时, 每千米高差偶然中误差, 应按水准路线往返测段高差较差计算, 且按下式计算:

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad \dots\dots\dots (7.6.5-1)$$

式中:

M_{Δ} ——每千米高差偶然中误差, M_{Δ} 的绝对值不应超过表 7.1.7 规定的各等级每千米高差全中误差的 1/2, mm;

Δ ——水准路线测段往返高差不符值, mm;

L ——水准测段长度, km;

n ——往返测的水准路线测段数。

b) 当水准网的环数超过 20 个时, 每千米高差全中误差, 应按附和路线和环形闭合差计算, 且按下式计算:

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad \dots\dots\dots (7.6.5-2)$$

式中:

M_{Δ} ——每千米高差全中误差, mm;

W ——闭合差, mm;

L ——计算各闭合差 W 时, 相应的路线长度 km;

N ——附和路线或闭合路线环的个数。

c) 各等水准网的平差计算, 应采用条件平差或间接平差, 平差后求出最弱点相对于起算点的高程中误差和每千米高差全中误差;

d) 平差计算可由一人完成, 另一人检查图形的录取、编码和数据录入, 并校验输出资料。

7.6.6 电磁波测距三角高程测量的内业计算, 应符合下列规定:

- a) 直返规的高差, 应进行地球曲率和折光差的改正;
- b) 平差前, 应按本章 7.6.5-2 式计算每千米高差全中误差;
- c) 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。

7.6.7 内业计算数据取位, 应符合表 7.6.7-1 和表 7.6.7-2 的规定。

表 7.6.7-1 水准测量内业计算取位

等级	往(返)测距离总和 km	往返测距离中数 km	各测站高差 mm	往(返)测高差总和 mm	往返测高差中数 mm	高程 mm
三等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0
四等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0
五等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0

表 7.6.7-2 电磁波测距三角高程内业计算数据取位

等级	垂直角中数 "	边长中数 mm	高差 mm	高差中数 mm	高程 mm
四等	0.1	1.0	1.0	1.0	1.0
五等	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

8 建筑方格网测设

8.1 一般规定

8.1.1 建筑方格网的坐标系统, 应符合下列规定:

- a) 建筑方格网的坐标系统, 应与工程设计所采用的坐标系统相同;
- b) 建筑方格网所采用的坐标系统应满足测区内投影长度变形值不超过 2.5cm/km;
- c) 在满足投影长度变形值的条件下, 宜优先选择当地城市坐标系统;
- d) 当投影长度变形值不能满足要求时, 应利用原网中一个点的坐标和此点与另一点的方位角作为起算数据, 建立独立坐标系统;
- e) 当采用独立坐标系时, 应建立与国家或地方坐标系统的换算关系。

8.1.2 建筑方格网平面控制的主要技术要求, 应符合表 8.1.2 的规定。

表 8.1.2 建筑方格网平面控制的主要技术要求

等级	边长 m	测角中误差 "	边长相对中误差
一级	100~300	5	≤1/30000
二级	100~300	8	≤1/20000

注: 特殊情况下边长可缩短。

8.1.3 建筑方格网高程控制, 应布设成闭合环线、附合路线或结点网, 宜按三等或四等高程测量方法施测, 其技术要求应按本规范第 7 章的有关规定执行。

8.2 建筑方格网的设计

8.2.1 设计建筑方格网点，应考虑下列因素：

- a) 建、构筑物施工放样的定线精度要求；
- b) 工厂规模及场地大小；
- c) 总平面图布置情况；
- d) 使用方便程度。

8.2.2 建筑方格网点位布置，应符合下列规定：

- a) 方格网平均边长宜为 200m，且可在 100m~300m 之间变动；
- b) 坐标数值宜为整米数；
- c) 点位应布设在便于使用和永久保存的地方。

8.2.3 建筑方格网标志桩应根据不同地区的地质特点采用混凝土预制桩或现浇标志桩。建筑方格网点应设置保护设施。

8.3 建筑方格网的测量

8.3.1 建筑方格网的首级控制，宜采用中心轴线法或布网法。

8.3.2 轴线法施测的主要技术要求，应符合下列规定：

- a) 当采用主轴线作为整个建筑方格网控制的基础时，主轴线应按高一级精度测设；
- b) 主轴线应布设在场地中央，长轴线上的定位点不得少于 3 个，轴线点位中误差不得大于 ±5cm；
- c) 放样后的主轴线点位，应进行角度测量，检查直线度。测定交角的测角中误差，不应大于 ±2.5"，直线度的限差应在 180° ±5" 以内，否则予以纠正；
- d) 主轴线经纠正后，测定长轴线全长，定出主轴线交点和方格点点位；
- e) 短轴线应根据长轴线定向后测定，其测量精度与长轴线相同，交角的限差在 90° ±5" 以内。

8.3.3 布网法施测建筑方格网点，可不分级布设，放样后，直接在桩面上划线、组网观测、计算、归化、检查和定位。

8.3.4 建筑方格网的测量可采用 GPS 测量或导线测量。采用 GPS 测量，其主要技术要求应符合本规范表 6.2.2 和第 6.4 条中的有关规定。采用导线测量，其主要技术要求应符合本规范表 6.2.6 中的相应等级规定。

- a) 角度采用方向观测法，其主要技术要求应符合本规范表 6.5.4 中的相应等级规定；
- b) 边长采用电磁波测距，其主要技术要求应符合本规范第 6.5.8 条、第 6.5.9 条的相应等级的规定。

8.4 建筑方格网的平差计算

8.4.1 外业记录应进行下列检查：

- a) 外业记录是否在规定的限差之内；
- b) 原始记录有无涂改，签署是否齐全。

8.4.2 建筑方格网的平差计算应符合下列规定：

- a) 主轴线按高一级精度测定时，可不参加平差；
- b) 一般方格网采用整体平差计算；
- c) 建筑方格网的平差计算与检查、内业整理应符合本规范第 6.4 条、第 6.6 条的有关规定。

8.5 建筑方格网点的归化、固定和检测

8.5.1 建筑方格网点的归化，应符合下列规定：

- a) 归化改正值，应按下列公式计算：

$$\delta_A = A_{\text{设计}} - A_{\text{平差}} \dots\dots\dots (8.5.1-1)$$

$$\delta_B = B_{\text{设计}} - B_{\text{平差}} \dots\dots\dots (8.5.1-2)$$

式中：

δ_A 、 δ_B ——分别为纵、横坐标的归化改正值，mm；

$A_{\text{设计}}$ 、 $B_{\text{设计}}$ ——分别为纵、横坐标的设计值，mm；

$A_{\text{平差}}$ 、 $B_{\text{平差}}$ ——分别为纵、横坐标的平差值，mm。

b) 改正值较大的，先绘出归化改正图，再现场改正；改正值较小的，可直接在现场改正。

8.5.2 建筑方格网点的检测和固定，应符合下列规定：

a) 建筑方格网归化改正后，应进行角度和边长的检测；

角度偏差值：一级方格网应在 $180^\circ \pm 8''$ 以内，二级方格网应在 $180^\circ \pm 12''$ 以内；

边长偏差值：一级方格网不应大于 $D/25000$ ，二级方格网不应大于 $D/15000$ 。

b) 经检测合格后，方可在不锈钢板面上正确点位处钻孔，嵌入铜丝。

8.5.3 建筑方格网点竣工后，应注意下列事项：

a) 使用前应确认点位、点号，同时要各项检查确认；

b) 一般情况下，复测周期为 3 个月~6 个月；根据场地及施工情况定期进行复测；特殊情况下应马上复测。

9 地形测量

9.1 一般规定

9.1.1 厂区、生活区现状图应施测 1:500 比例尺图，新建项目的地形图宜施测 1:500 比例尺图，也可施测 1:1000 比例尺图。

各种比例尺地形图除直接施测外，也可利用大比例尺地形图缩编成图。

9.1.2 测区范围应根据现有的地形资料、工程规模及其发展用地和其他特殊要求具体而定，一般可比工程范围每侧扩大 50m~100m。

9.1.3 1:500、1:1000 比例尺图分幅宜采用矩形 (40cm×50cm)、正方形 (50cm×50cm)，也可根据生产流程系统分幅。1:2000、1:5000 比例尺图可采用矩形、正方形分幅，也可按 GB/T 14689 执行。对于已测过图的测区，可沿用原有的分幅方法。

9.1.4 图幅的编号，宜采用西南角坐标千米数表示，也可采用顺序编号、行列编号。根据需要，可同时加注图幅的名称，图幅的名称可用主要装置名称、单位名称等。对已测过图的测区，可沿用原有的编号方法。

9.1.5 地形图、现状图的图式应符合国家现行有关标准的规定。石油化工企业特有的建、构筑物宜按 SH/T 3133 表示。

9.1.6 地形分类应按下列规定：

a) 平坦地——地面倾角在 2° 以下的地区；

b) 丘陵地——地面倾角在 $2^\circ \sim 6^\circ$ 的地区；

c) 山地——地面倾角在 $6^\circ \sim 25^\circ$ 的地区；

d) 高山地——地面倾角在 25° 以上的地区。

9.1.7 地形图的基本等高距，应符合表 9.1.7 的规定。

9.1.8 地形图测量的基本精度要求，应符合下列规定：

a) 地形图图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差和邻近地物点点间的距离中误差，不应超过表 9.1.8-1 的规定；

b) 等高线的插求点相对于邻近图根点的高程中误差，不应超过表 9.1.8-2 的规定；

c) 工矿区细部坐标点的点位和高程中误差，不应超过表 9.1.8-3 的规定。

表 9.1.7 基本等高距

单位为 m

地形类别	比例尺		
	1:500	1:1000	1:2000
平坦地	0.5	0.5	1
丘陵地	0.5	1	1
山地	1	1	2
高山地	1	2	2

注：一个测区同一比例尺应采用一种基本等高距。

表 9.1.8-1 地物点的点位中误差

区域类型	比例尺	点位中误差 m	邻近地物点间的距 高中误差 m
城镇、工业建筑区、平地、丘陵地	1:500	±0.15	±0.12
隐蔽地区 困难地区	1:500	±0.23	±0.18

表 9.1.8-2 等高线插求点的高程中误差

地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差/m	$\frac{1}{3}H$	$\frac{1}{2}H$	$\frac{2}{3}H$	H

注 1: H 为地形图的基本等高距。
注 2: 隐蔽或施测困难的一般地区测图, 可放宽 50%。

表 9.1.8-3 细部坐标点的点位和高程中误差

地物类别	点位中误差 cm	高程中误差 cm
主要建、构筑物	±5	±2
次要建、构筑物	±7	±3

9.2 图根控制测量

9.2.1 图根点相对于邻近各等级控制点的点位中误差, 不应大于±5cm, 用于地形测量的图根点的高程中误差不应大于±5cm, 用于现状图测量的图根点的高程中误差不应大于±1.5cm。

9.2.2 图根控制宜在各等级控制点下加密。

9.2.3 加密图根点可采用图根电磁波测距导线、电磁波测距极坐标、GPS RTK 测量等方式。图根控制不应超过两次附和, 在难以布设附和导线的困难地区, 可布设成支导线。

9.2.4 图根点的密度应以满足测图的需要为原则, 并根据测图比例尺大小、地形条件及测图方法等因素综合确定。

9.2.5 图根点一般采用临时标志, 但厂区内应有一定数量的固定点, 可采用道钉、钢钉等作为标志。

9.2.6 图根导线测量的主要技术要求, 应符合表 9.2.6 的规定。

表 9.2.6 图根导线测量的主要技术要求

一般地区	附和导线长度 m	平均边长 m	测角中误差 "	方位角闭合差 "	相对闭合差
一般地形	1000	80	±30	±60√n	1/2000
城镇、工业建筑区	1000	80	±20	±40√n	1/4000

注：n 为测站数。

9.2.7 图根导线宜布设成等边直伸形。

9.2.8 图根导线的水平角可采用 DJ 级仪器方向法观测一测回，观测方向多于 3 个时，应归零。

9.2.9 图根导线的边长，宜采用电磁波测距仪单向施测一测回，边长改正时，可不考虑温度、气压改正。

9.2.10 当图根导线布设成支导线时，水平角可采用 DJ 级经纬仪方向法施测左右角各一测回，其圆周角闭合差不应大于 40"，总长度不应超过表 9.2.6 规定的附和长度的 1/3，边数不应超过 3 条，边长应双向施测，往返较差相对误差不应大于 1/3000。

9.2.11 图根点可采用极坐标法加密。应在等级控制点或一次附和图根点上进行，且应联测两个已知方向，边长用电磁波测距仪测定，边长不应超过表 9.2.6 规定平均边长的 3 倍，单向观测一测回；角度可用 DJ 级经纬仪方向法观测一测回，并应进行本站检核，较差不应超过 30"。

9.2.12 图根导线可采用近似平差进行计算，坐标增量闭合差按坐标增量绝对值进行配赋。计算时角度取至秒，边长取至毫米，最后坐标取至厘米。

9.2.13 图根点高程可采用图根水准、电磁波测距三角高程、GPS RTK 等测量方法测定。

9.2.14 图根水准一般沿图根点布设成附和水准线路或闭合水准环，也可布设成有结点的水准网。特殊情况下，水准线路也可布设成支线，但应往返观测。图根水准应起迄于不低于五等的高程控制点上。

9.2.15 图根水准测量的主要技术要求，应符合表 9.2.15 的规定。

表 9.2.15 图根水准测量的主要技术要求

每公里高差中误差 mm	附（闭）合路线长度 km	视线长度 m	往返较差附和或环线闭合差 mm	
			平地	山地
±20	≤5	≤100	±10√L	±12√n

注 1：L 为往返测段、附和或环线的水准路线的长度 km，n 为测站数。
注 2：组成结点网时各单线的线长不应大于表规定的 0.7 倍。
注 3：图根水准支线长度不应大于 2.5km。

9.2.16 图根水准测量使用的水准仪，i 角应小于 30"。

图根水准测量按中丝读数法单面观测，估读至毫米，前后视距近似相等。

9.2.17 图根水准可采用近似平差进行计算。附和路线或闭合路线可按测站配赋，结点网可按等权代替法进行平差计算。计算时，取位至毫米，最后高程取至厘米。

9.2.18 图根电磁波测距三角高程路线应起迄于不低于五等的高程控制点上，宜沿图根点布设成附和路线或闭合路线。两已知点之间的路线长度，不应超过 5km；路线长度超限时，可布设成结点网。

9.2.19 图根电磁波测距三角高程，垂直角可采用 DJ 级经纬仪中丝读数法观测二测回，对向观测，边数不应超过 15 个，指标差较差和垂直角较差不应大于 25"。垂直角采用 DJ 级经纬仪观测时，中丝读数法观测一测回。仪器高和觇标高应准确量取至毫米。对向观测高差较差不应大于 ±60√D mm，附和或环线闭合差不应大于 ±40√ΣD mm。

注：D 为电磁波测距边长度，km。

9.2.20 计算图根三角高程时，应考虑地球曲率和大气折光的改正。

9.2.21 图根电磁波测距三角高程的计算可采用近似平差，如构成结点网时，可按等权代替法求出结点的高程，再按附合或环线路线计算各点的高程。平差时，以路线长度公里数的倒数作为观测高差的权。计算时，高差取至毫米，最后高程点的高程取至厘米。

9.2.22 一般地形测量可采用 GPS RTK 方法直接测定图根点的坐标和高程，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下的两次独立测量，其点位较差不应大于 $\pm 5\text{cm}$ ，高程较差不应大于 $\pm 5\text{cm}$ 。

9.3 测绘方法与技术要求

9.3.1 各种比例尺地形图测绘宜采用全站仪测图或 GPS RTK 测图的数字测图方法。

一般地形图测量宜采用全站仪或 GPS RTK 测图。采用 GPS RTK 测图时，应符合 GB 50026 的有关规定。

厂区现状图测量宜采用全站仪测图。

9.3.2 数字化测图时，应根据工程需要添加相应的符号库。

9.3.3 数字化测图时，宜按照地形、地物的自然分界分区，在控制点数据文件中筛选各分区范围内的控制点。分区施测时，应测出区域界线外图上 5mm。

9.3.4 测图使用的仪器和工具应符合下列规定：

- a) 仪器的光学对点器应检验、校正；
- b) 棱镜杆圆气泡应检验、校正；
- c) 经纬仪视准轴和测距仪照准轴之间的平行性应检验、校正；
- d) 垂直度盘指标差不应超过 $1'$ 。每天测定其值，超限时加以改正。

9.3.5 测图时，当图根点不能满足测图需要时，应采用电磁波测距极坐标法补测图根，其技术要求应符合本规范第 9.2.11 条的规定。

9.3.6 测图时，仪器的设置及测站检核应符合下列规定：

- a) 仪器对中的偏差不应大于 5mm；仪器高和反光镜高的量取应精确至 1mm；
- b) 以一个图根点精确标定方向，检核相邻的控制点，求出平面位置较差不应大于 $\pm 5\text{cm}$ ，高程较差不应大于 $\pm 3\text{cm}$ 。一般地形测量时，其各项限差可放宽 50%；
- c) 测站宜设置在已检核过的控制点上；
- d) 每测站测图过程中，应检核定向方向，归零值不应大于 $1'$ 。

9.3.7 每站应检查重合点，点数不得少于 3 个。

9.3.8 地形图中地形点间距、电磁波测距长度，不应超过表 9.3.8 的规定。

表 9.3.8 地形图中地形点间距、电磁波测距长度

单位为 m

比例尺	地形点间距	电磁波测距长度
1:500	15	300
1:1000	30	400

9.3.9 现状图中地形点间距和电磁波测距长度，不应超过表 9.3.9 的规定。

9.3.10 非建筑区的高程点宜在地势起伏变化处测注，如：山顶、鞍部、山脊、山脚、谷底、谷口、沟边、沟底、凹地、塘边、河湖岸边与水涯线、旱地、水田和坡坎上下等。

9.3.11 建筑区的高程点宜在下列位置测注：建、构筑物墙基角和地坪、道路中心线、检查井井中心、排水明沟沟边和沟底、管架接地处、防火堤的堤上和堤下、罐基础接地处、草坪或大的空地以及其他地面倾斜变化处。

表 9.3.9 现状图中地形点间距和电磁波测距长度

单位为 m

比例尺	地形点间距	电磁波测距长度	
		地物点	地形点
1:500	20	100	300
1:1000	50	100	300

注：现状图测量不得使用视距测量。

9.3.12 现状图测量，高程应注记至 0.01m。地形图测量，基本等高距为 0.5m 时，高程应注记至 0.01m；基本等高距大于 0.5m 时，高程可注记至 0.1m。

9.3.13 建筑区、平坦地域、稻田地、梯田宜用散点高程表示，一般不绘等高线。

9.3.14 地物、地貌应随测随绘。各种注记应采用规范化的名称。

9.3.15 测图过程中，应进行自检。每一测站完成后，对照实地检查地物、地貌有无错漏，取舍是否恰当。

9.3.16 地形图要素应分层表示。分层的方法和图层的命名对同一工程宜采用统一格式，也可根据工程需要对图层部分属性进行修改。

9.3.17 街区与道路的衔接处，应留出图上 0.2mm 的间隔。

9.3.18 当公路遇桥梁时，公路和桥梁应留出图上 0.2mm 的间隔。

9.3.19 等高线的生成应考虑各种地性线、断裂线和微地貌的表示，以保证地貌的真实性。

9.4 一般地区地形测图

9.4.1 各种比例尺图宜绘出各等级的 GPS 点、三角点、导线点、水准点等测量控制点，并以规定的符号表示。在 1:500、1:1000 图上，埋石图根点应以规定的符号表示，不埋石图根点可不表示。1:2000 图上图根点不表示。

9.4.2 居民区内各类建、构筑物以及其主要附属设施，如阳台、廊柱、室外楼梯等均应施测其外轮廓。对于有纪念意义、历史性的房屋，统一按特殊房屋处理。

房屋外轮廓以墙角为准，并应注记建筑材料、层数。当层次不一时，应分开表示。如难以分开，依其主体层次注记。

当建、构筑物的外轮廓凹凸部分实地小于 0.5m 时，可用直线连接。

房屋一般不综合，1:500 测图房屋内部天井宜区分，1:1000 比例尺图在图上 6mm² 以上宜区分。

9.4.3 简易公路、大车路、机耕路、乡村路均应按实地宽度测绘。若实地宽窄不一，且变化频繁，宜取中等宽度绘成平行线表示。

道路通过居民地时，一般不中断，但村内道路不规则时，可不表示。

乡村小路测绘小路中心线，种地的小路可作田埂测绘。

山区道路均应实地测绘；阶梯路应按阶梯测绘。

9.4.4 具有方位意义的独立地物（如宝塔、旧碉堡、钟鼓楼、庙宇、亭、碑、坟、独立坟、独立树、粪池、氨水池、沼气池等），应在其平面位置上注记符号、名称和高程。

9.4.5 各种电杆、电线架、电线塔的位置均应实测。

电线塔应依比例尺测其范围线，施测部位在铁塔底角；电线架上的变压器和电缆入地处应表示。

建筑区内的电力线、通讯线不连线，仅在杆架处绘出线路方向。两种线路同杆架设时，只表示电力线。两种不同电力线同杆架设时，只表示高压电力线。

9.4.6 自然形态的地貌应用等高线表示。特征地貌如：崩崖、滑坡、陡崖、冲沟、山洞、溶洞、独立石、石堆、石垄、土堆、坑穴、乱掘地和人工修筑的梯田坎、斜坡、陡坎等用相应符号表示，并加注高程。

等高线应绘出计曲线和首曲线。

等高线遇到地物、符号、注记时可中断。

在山顶、鞍部、洼地坡向不够明显处，应加绘示坡线。

人工修筑的梯田坎、斜坡、陡坎的位置和坡坎上下高程应实测，斜坡应实测坡坎脚线，坡坎的比高小于 0.5m 时，可略去；通常大块梯田内以散点高程表示，不绘等高线；小块梯田坎甚密时，可适当取舍。

9.4.7 海岸、河流、湖泊、池（鱼）塘、水库、沟渠等各种水工设施及附属设施均应按实际形状测绘。

海岸线以高潮线为准，海滩地根据需要测绘，不同性质的应以地类区分，分别注记。

河流、湖泊、池（鱼）塘、水库的水涯线，应按测图时的水位测定，并注明水位高和施测日期。沟渠应测注渠顶、渠底的高程。池（鱼）塘应测注塘顶边、塘底的高程。堤坝应测注顶部和坡脚的高程。水井应测井台高程。

9.4.8 树林、灌木丛、苗（花）圃、草地、荒地、草坪、芦苇地等的位置界线应实地测绘，用相应的符号和文字表示。

农业用地可分为：稻田、旱地、菜地以及经济作物地。一年分几季种不同作物的耕地，按夏季主要农作物表示。

稻田地应实测田埂的位置和高程，田地中央应测注高程，不绘等高线。

各类地类界与线状地物重合时，只表示线状地物。

9.4.9 牧场、粮仓、饲养场、温室、菜窖、花房均应实测轮廓线，并加注名称。

9.5 现状图测量

9.5.1 现状图测量中，建、构筑物的坐标宜采用极坐标法施测。使用仪器应符合本规范第 9.3.4 条的规定，设站应符合本规范第 9.3.7 条的规定，水平角采用 DJ 级经纬仪施测半测回，距离采用测距仪施测，电磁波测距长度不应超过本规范表 9.3.12 的规定；同时施测细部点高程时，垂直角范围应在 $\pm 10^\circ$ 以内。

9.5.2 注记内容包括：单位机构名称，车间名称，装置名称，建、构筑物名称和层数，罐区的名称和罐的编号及存储介质，道路名称和铺面材料等。

9.5.3 生活区房屋及配套设施、厂前区行政管理设施房屋、各车间的厂房及附属设施（控制室、仪表室、变电室、配电室等）、库区厂房等建筑物均应按实地形状测绘。

测点部位一般选取在建筑物露出地面的基础面与墙棱线的交点，其轮廓线以墙基外角连线为准，宜表示建筑物主体。

房屋附属物，如阳台、室外楼梯、走廊、平台、台阶、柱廊、悬空走廊、地下通道等均应实测，并用规定的符号表示，图上不足三阶的台阶不表示。

屋檐、雨檐、房屋的墩（柱）其凸出部分可不测。

在建的房屋应测绘。

大于 0.5m 的围墙依比例尺表示，门顶按实际投影测绘。

主要建筑物主体测注室内地坪标高。

9.5.4 各类泵房、无围护的框架房、漏斗等均应实测表示，地下泵房还应测注最底处标高。

框架结构的构筑物，其支柱位置应实测，支柱不依比例尺按其形状相似的符号表示，其外檐连线作为范围线，其底层的换热器、容器、机泵、卧罐、漏斗、房屋等建、构筑物宜表示。

9.5.5 安装在室外的生产设备，如塔、炉、换热器、容器、卧罐、机泵、烟囱、烟道、鼓风机等构筑物均应按实地形状逐一测绘，其支柱位置也应实测。各设备之间的连接管线可不表示。

9.5.6 罐主体、罐基础、球罐支柱、防火堤、管线的跨越梯应按实地形状测绘。

球罐支柱、罐梯、罐之间的悬空建筑、防火堤上的台阶宜表示。

当罐基础外沿距罐主体外沿图上小于 1.0mm 时，可不表示罐基础。

防火堤堤顶和坡脚应测注高程。

9.5.7 各种地上地下水池、沉淀池、凉水塔、生化池、隔油池等应按实地形状测绘，并应测注其地面高程。池中间隔可适当表示。

地上水池、地下水池宜区分，注记名称。池的附属物，如：台阶、梯子、池之间的悬空建筑、闸门、机泵、简易房、阀门、阀门池、连接管线根据图面情况适当取舍。

凉水塔、生化池等构筑物的地面以上部分截面变大时，应实测最大截面轮廓部分和地面接触部分，其内部结构可不表示。

9.5.8 架空管线、管墩管线、管沟管线、传送带均应逐一实测，依比例尺表示，测注柱脚处地面高程。

架空管线的柱脚位置应实测表示，直线部分的柱脚不宜取舍，膨胀弯按实测测绘。

H 型管架的宽度为两柱脚外沿的距离；T 型管架的宽度为横梁的宽度，测绘支柱和横梁边线。

架空管线穿越道路、铁路时，注记净空高。

规则的管墩管线实测管墩边线。不规则的管墩管线实测管线外沿。

管沟管线应实测管沟的宽度，测绘管沟的边线。

单根管线施测其中心位置，按相应的符号表示。

传送带按其类型逐一表示，其支柱位置应实测，不依比例尺表示。

管线的附属设施如：消火栓、消防炮、阀门池（井）应实测表示。

9.5.9 排水明沟的主沟、干沟宜实测沟两边，支沟可不表示。注记沟边和沟底的高程，高程应根据坡度的变化注记，变坡点、交叉点处应测注高程。

排水明沟穿越公路时，也应表示连接关系。

9.5.10 电杆、电线架、电线塔、探照灯、路灯、避雷针应施测，电杆、电线架、电线塔的测绘应符合第 7.4.5 条的规定。电缆桥架均应实测，电缆桥架的支柱位置实测，不依比例尺表示，中间加绘高压符号。电缆沟应实测沟的宽度，测绘沟的边线，加注相应的符号。

有固定支架的探照灯、避雷针、发射塔应依比例尺测其范围线。路灯一般以独立符号表示。

9.5.11 围墙、栅栏、篱笆、活树篱笆、铁丝网等均应测绘，施测外墙角。一般栅栏、栏杆的基座不表示。

9.5.12 地下管道检修井如：上水检修井、下水检修井、人孔、手孔等宜按实际位置测绘。圆形井和边长图上小于 3mm 的方形井，施测其中心位置，用独立符号表示；边长图上大于 3mm 的方形宜按实地大小依比例尺表示，并加绘独立符号。

9.5.13 道路应实测，表示铺面宽度；路肩宽度图上大于 1mm 时，依比例尺表示，并注记铺面材料、道路等级和名称。路面材料不同时，应测绘分界线，用点线表示，并在其两侧分别注记铺面材料。

道路的里程碑和坡度标均应测绘，注记里程。

当道路的边线与其他建、构筑物的边线重合时，用建、构筑物的边线代替道路边线。

道路宜测注路基和道路中心线的高程，并注记明显变坡点的高程。

道路两旁的人行道、装置区内的道路及一些没有明显路边的地段可不表示。罐区内的小路宜按内部路表示。

9.5.14 铁路路轨、路堤、坡脚及附属设施，如：车档、高柱（矮柱）色灯信号机、警冲标、装车台、独立的鹤管位等的位置均应表示。轨道衡实测其范围线，加注地磅的符号。

装车台的表示方法同架空管线的表示方法。

铁路与其他道路在同一水平相交时，铁路符号不中断，而将另一道路符号中断。不在同一水平相交的道路交叉点，应绘相应的桥梁符号。

铁路、公路以及其他通车道路上的涵洞均应测绘，并测注涵洞出入口的高程。

一般情况，在直线段上每 20m~50m，曲线段上每 20m 及变坡点应测出轨顶（曲线段取内轨顶）、路

肩、坡角高程；根据图面的情况，高程可做适当取舍。

9.5.15 厂区的独立地物，如突出的大烟囱、天吊、龙门吊、地磅、水塔及其他各种特殊地物，均应表示。

天吊、龙门吊等轨道起重机应实测其轨道及柱架位置，两轨道的连线符号绘在轨道线中间。地磅应实测其轮廓线，加注独立符号。

9.5.16 按照码头型式分别测出下列内容：

- a) 直立式码头应测出靠船边缘线位置，起、终点或折点的位置和高程；
- b) 斜坡式码头应测出斜坡人工护面的位置，坡顶、坡脚线的起、终点或折点的位置和高程，斜坡为台阶式时按台阶测绘；
- c) 浮码头应测出引桥（堤）和联桥的位置、宽度以及引桥（堤）与联桥连接处和引桥与岸堤连接处的位置和高程；
- d) 各种码头应测出各种护岸工程的位置和高程，根据情况标明护岸类型。

9.5.17 行树应实测位置，草坪、花池施测其范围线，加注相应符号。

9.5.18 特殊建、构筑物在图式中无相应符号表示，又不便于归类表示者，可实测其地面轮廓，并加注名称。

9.6 地形图、现状图的修测与编绘

9.6.1 地形图、现状图的修测内容、精度应符合本规范第 7.3 条、第 7.4 条、第 7.5 条的有关规定。

9.6.2 以数字地图形式保存的地形图、现状图，应在数字地图上修测。

9.6.3 修测前，应了解原图施测质量，收集有关资料，并实地进行 100% 图面检查，标出变化之处，制定修测方案。

9.6.4 当原有控制点不能满足修测图需要时，应补设图根点，图根点的精度应符合第 9.2 条的规定。

9.6.5 修测宜设站进行，测绘方法应符合本规范第 9.3.1 条的规定。

9.6.6 当局部区域变化不大时，也可利用原有经校核位置准确的地物进行量测。修测后的地物与邻近原有地物的间距误差不应大于本规范表 9.1.8-1 规定值的 2 倍。修测后的地物不能再作为修测新地物的依据。

9.6.7 修测中，发现原图上有明显错误（即超过 2 倍中误差的粗差）的地物、地貌应予以纠正。

9.6.8 编绘图应以实测图为基础进行编绘，各种专业图应以地形图为基础结合专业要求进行编绘；编绘图的比例尺不应大于实测图的比例尺。

9.6.9 地形图要素的综合取舍，应根据编绘图的用途、比例尺和区域特点合理确定。

9.6.10 编绘完成后，应对图的内容、接边进行检查，发现问题及时修改。

9.7 图的拼接与检查

9.7.1 每幅图应测出图廓外 5mm，自由图边在测绘过程中应检查。

9.7.2 图幅的接边误差不应大于本规范表 9.1.8-1 的规定值的 2 倍。小于规定值时，可平均配赋；超过本规定值时，应进行实地检查和纠正。

9.7.3 作业人员和测图小组应对完成的成果资料进行自检，确认无误后方可上交资料。检查内容包括：

- a) 图根控制点的密度；
- b) 原始记录和计算成果；
- c) 地物、地貌各要素取舍；
- d) 图式符号运用；
- e) 接边。

9.7.4 每幅图均应经过室内图面 100% 检查、室外 100% 巡视和 10% 野外设站检查。每幅图至少设一站，每站地物、地形点的平面位置和高程的检查量应大于 20 点。

9.7.5 两相邻的地物点间，反算距离与实地丈量距离的较差，不应大于表 9.7.5 的规定。

表 9.7.5 反算距离与实地丈量距离的较差

单位为 cm

项 目	较 差
主要建、构筑物	$7 + S/2000$
次要建、构筑物	$10 + S/2000$

注：S 为建、构筑物的长度。

9.7.6 用同精度的施测方法施测同一点，求出其坐标、高程的较差，其位置中误差和高程中误差按下式计算：

$$m = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{2n}} \quad \dots\dots\dots (9.7.6)$$

式中：

m ——位置中误差或高程中误差；

V ——检测值和原值的较差；

n ——检测点数。

按公式 (9.7.6) 计算的结果应满足本规范表 9.1.8-1、表 9.1.8-2、表 9.1.8-3 的有关规定。若测量中误差超限，应增加检测点数，并重新计算测量中误差。

9.7.7 各项检查工作均应记录，说明检查的内容、方式、数量和结果。当检查超限时应说明处理方法和结果。

9.8 原图数字化

9.8.1 原图数字化的数据采集方法可采用键盘输入、手工跟踪数字化、扫描数字化。

9.8.2 原图数字化应在原底图上进行。

9.8.3 作业前，应了解原图成图质量，并应收集原有控制点、细部点的资料。

9.8.4 控制点、细部点的数据资料应采用键盘录入。

9.8.5 手工跟踪数字化，图纸定向误差不应大于图上位置 0.2mm。

9.8.6 利用数字化仪采集数据，应选用点方式数字化。数字化仪上的取点器十字丝应对准采点位置。弧段跟踪时，应注意取点的密度。

9.8.7 扫描数字化应采用半自动化矢量软件，根据图象情况选择手动输入或自动跟踪。

9.8.8 数字化完成以后，应按原图相同比例尺输出数字化的内容，与原图叠加检核数字化质量。发现位置错误、遗漏等现象应标注出来，重新数字化，予以改正。

9.8.9 图幅接边误差不应大于本规范表 9.1.8-1 的规定值的 2 倍。小于规定值时，可平均配赋；超过本规定值时，应重新数字化。

10 施工测量

10.1 一般规定

10.1.1 施工测量前，应对建设方提供的场区测量控制点进行交接、复测、确认，并制定施工测量方案。

10.1.2 施工测量应具备下列资料：

- a) 场区测量控制点成果及点位布置图；
- b) 设计总平面布置图；
- c) 建（构）筑物的建筑结构设计图与说明；
- d) 建（构）筑物的基础平面图；
- e) 设备基础图；
- f) 管网图。

10.1.3 由施工单位加密的控制点和施工放样测设成果，应报建设方/监理方复测确认。

10.2 建（构）筑物施工控制测量

10.2.1 建（构）筑物施工控制网应根据场区测量控制点进行定位、定向和起算。并应布设成十字轴线或矩形网。

10.2.2 机械设备联系紧密的建（构）筑物，应根据建（构）筑物的分布、结构、高度和机械设备传动的连接方式、生产工艺的连续程度等特点，布设一级或二级施工测量控制网。一级或二级控制网的主要技术要求应符合表 10.2.2 的规定。

表 10.2.2 建（构）筑物施工平面控制网的主要技术要求

等级	边长相对中误差	测角中误差
一级	1/30000	$7''/\sqrt{n}$
二级	1/15000	$15''/\sqrt{n}$

注：n 为建筑物的跨数。

10.2.3 测设建（构）筑物平面控制点，应符合下列规定：

- 平面控制点应选在通视良好、土质坚实、利于保存、便于施工放样的位置；
- 平面控制点宜选在建筑物行列线或主要设备中心线方向上；
- 主要控制点和主要设备中心线端点，应埋设固定桩；
- 控制轴线起始点的定位误差，不应大于 20mm，建（构）筑物间有联动关系时不应大于 10mm，定位点不得少于 3 个；
- 控制点应定期复测检查。

10.2.4 施工水平角测量及测距应符合下列规定：

- 水平角观测的测回数，应根据表 10.2.2 测角中误差的大小，按表 10.2.4 选定；

表 10.2.4 水平角观测的测回数

仪器精度等级	测角中误差				
	2.5''	3.5''	4.0''	5.0''	10''
DJ ₁	4	3	2	—	—
DJ ₂	6	5	4	3	1
DJ ₆	—	—	—	4	3

- 矩形网的角度闭合差，不应大于测角中误差的 4 倍；
- 边长测量宜采用电磁波方法测距，各项限差应符合本规范 6.5.9 的规定。

10.2.5 施工高程控制测量应符合下列规定：

- 施工高程控制应采用水准测量，附和路线闭合差不应低于四等水准测量的要求；
- 水准点可设置在平面控制网的桩点上或外围的固定地物上，也可以单独埋设；水准点的个数不应少于 2 个；
- 当场区高程控制点距离施工建筑物小于 200m 时，可直接采用。

10.2.6 当施工中高程控制点标桩不能保存时，应将其高程引测至稳固的建筑物上，引测的精度不应低于四等水准。

10.2.7 建（构）筑物的围护结构封闭前，应根据施工需要将建（构）筑物外部控制点转移至内部。内部的控制点宜设置在建（构）筑物完成的预埋件上或预埋件的测量标板上。引测的投点误差，一级

不应超过 2mm，二级不应超过 3mm。

10.3 建筑施工测量

10.3.1 建（构）筑物定位放线和基础施工测量的主要内容包括：建（构）筑物定位放线、桩基施工测量、基槽（坑）开挖的放线与抄平、建（构）筑物基础±0.000 以下的测量放线与抄平等。

10.3.2 建（构）筑物定位放线根据平面控制网点，测设建（构）筑物主轴线控制桩，按本规范 10.2 条有关规定执行。

10.3.3 建（构）筑物定位放线时，起点允许误差为 20mm，边长相对误差不应大于 1/6000，且边长误差不应大于 20mm。

10.3.4 桩位放样：单排桩或群桩中的边桩允许误差±10mm，群桩允许误差±20mm。

10.3.5 槽（坑）开挖应符合下列规定：

- 条形基础放线，以轴线控制桩为准测设基槽边线，允许误差+20 mm、-10mm；
- 环形基础放线，以轴线控制桩为准测设柱中心桩，再以柱中心桩及其轴线方向定出柱基开挖边线；
- 整体开挖基础放线，地下连续墙施工时，应以轴线控制桩为准测设连续墙中线，中线横向允许误差±10mm；
- 混凝土灌注桩施工时，应以轴线控制桩为准测设灌注桩中线，中线横向允许误差±20 mm；
- 大开挖施工时应根据轴线控制桩分别测设出槽上、下口位置桩，并标定开挖边界线，上口桩允许误差+50 mm、-20 mm，下口桩允许误差+20 mm、-10 mm。

10.3.6 建（构）筑物定位放线后，按有关规定申请验线，经建设方/监理方复测确认，方可施工。

10.3.7 建（构）筑物施工放样的偏差，不应超过表 10.3.7 的规定：

表 10.3.7 建（构）筑物施工放样的允许偏差

项目	内容	允许偏差 mm	
各施工层上放线	外廓主轴线长度 L m	$L \leq 30$	±5
		$30 < L \leq 60$	±10
		$60 < L \leq 90$	±15
		$90 < L$	±20
	细部轴线		±2
	承重墙、梁、柱边线		±3
	非承重墙边线		±3
门窗洞口线		±3	
轴线竖向投测	每层		3
	总高 H m	$H \leq 30$	5
		$30 < H \leq 60$	10
		$60 < H \leq 90$	15
		$90 < H \leq 120$	20
		$120 < H \leq 150$	25
		$150 < H$	30

表 10.3.7 建（构）筑物施工放样的允许偏差（续）

项 目	内 容		允许偏差 mm
标高竖向传递	每 层		±3
	总高 H m	$H \leq 30$	±5
		$30 < H \leq 60$	±10
		$60 < H \leq 90$	±15
		$90 < H \leq 120$	±20
		$120 < H \leq 150$	±25
		$150 < H$	±30

10.3.8 施工层高程传递宜采用悬挂钢尺代替水准尺的水准测量方法，并应对钢尺进行温度、尺长和拉力改正。一般建（构）筑物宜从不少于两处向上传递，传递的标高较差小于 3mm 时，可取其平均值作为施工层的标高基准，否则应重新传递。

10.3.9 施工层的轴线投测，宜使用 DJ₂ 级激光经纬仪或激光铅直仪，控制轴线投测至施工层后，应在结构平面上按闭合图形对投测轴线进行校核，合格后方可进行其他投测。

10.3.10 建（构）筑物基础施工过程中应进行下列测量：

- a) 土方开挖接近槽底时，应在基槽（坑）壁测设挖土深度控制标桩，允许误差±5mm；
- b) 基础垫层施工前、复测垫层底标高，允许误差 0、-10 mm；
- c) 在垫层上进行基础放线，应根据基础轴线控制桩投测主轴线，允许误差±3mm；
- d) 模板、钢筋安装期间，根据施工需要投测轴线（中心线）允许误差±2mm、标高控制点（线）允许误差±3mm；
- e) 地脚螺栓安装前后、浇筑混凝土中间、浇筑混凝土后检测螺栓安装中心线允许误差±2mm 和标高允许误差 0、+10mm；
- f) 现浇砼构（框）架、排架施工中，每层柱浇筑砼前复测柱的垂直度允许误差按表 10.3.7 有关规定。

10.3.11 设备基础、杯口基础完成后应测设基础竣工轴线（中心线）和控制标高，并以红色三角标注。

10.4 安装施工测量

10.4.1 设备安装前应对设备基础中心线进行复测，并符合下列规定：

- a) 设备基础竣工中心线与复测中心线的较差不应大于 5mm；
- b) 对于埋设有中心标板的设备基础，同一中心标点的复测偏差不应超过±2mm；
- c) 对纵横中心线应进行正角度的检查，并调整横向中心线；
- d) 同一设备基准中心线的平行偏差或同一生产系统的中心直线偏差应在±1mm 以内；
- e) 预留地脚螺栓孔中心位置允许偏差±10mm，深度容许偏差孔 0、+20mm，孔壁铅垂度允许偏差 10mm。

10.4.2 设备安装标高测量偏差应符合下列规定：

- a) 一般设备基础其标高偏差应在±2mm 以内；
- b) 传动装置有联系的设备基础，其相邻两标高控制点的标高偏差应在±1mm 以内。

10.4.3 钢结构高层施工测量，应将地面控制网的纵横轴线测设到基础混凝土层面上，组成基础平面控制网，其精度与地面控制网精度相同，并测设出柱行列中轴线，其向相邻柱中心间距的测量允许误差±1mm，第一根柱至 n 根柱间距的测量允许误差为 $\sqrt{n-1}$ ，mm。

10.4.4 高大设备（塔）施工测量，应根据平面与高程控制网直接测定施工轴线及标高，允许误差均为3mm。

10.4.5 柱子、桁架和梁安装测量的偏差，不应超过表10.4.5的规定。

表 10.4.5 柱子、桁架和梁安装测量的允许偏差

测量内容		允许偏差/mm
钢柱垫板标高		±2
钢柱±0标高		±2
混凝土柱±0标高		±3
柱垂直度	柱高10m以内	10
	柱高10m以上	$H/1000 \leq 20$
桁架和实腹梁、桁架和钢架的支承结点间相邻高差的偏差		±5
梁间距		±3
梁面垫板标高		±2

注：H为柱子高度。

10.4.6 构件预装测量的偏差不应超过10.4.6的规定。

表 10.4.6 构件预装测量允许偏差

测量内容	测量允许偏差/mm
平台面抄平	±1
纵横中心线的正交度	$\pm 0.8\sqrt{L}$
预装过程中心的抄平工作	±2

注：L为自交点起算的横向中心线长度的米数，长度不足5m时以5m计。

10.4.7 附属构筑物、架空管道安装测量的偏差，不应超过表10.4.7规定。

表 10.4.7 附属构筑物、架空管道安装测量允许偏差

测量项目	测量允许偏差/mm
栈桥和斜桥中心线投点	±2
轨道面标高	±2
轨道跨度丈量	±2
管道构件中心线定位	±5
管道标高测量	±5
管道垂直度测量	$H/1000$

注：H为管道垂直部分长度。

10.4.8 施工的垂直度测量，应根据建筑物的高度、施工精度、现场观测条件和垂直度测量设备等综合分析确定精度，但不应低于表10.3.4轴线竖向投测精度要求。

10.5 地下管线施工测量

10.5.1 以管网设计图为依据，推算出管线的起点、交点及终点坐标。

10.5.2 地下管线施工测量的对象包括：给水、排水、热气、热力管道，各类工业管道，电力、通信电缆等。

10.5.3 施工测量应沿管道线路设置便于观测的临时水准点和管道轴线控制桩，按10.2条的有关规定执行。

10.5.4 测设管线的起点、交点、井位及终点相对于邻近控制点的测量点位中误差不应大于 50mm，测量高程中误差不应大于 20mm。

10.5.5 管线施工挖槽前应测设中心线控制桩，允许误差±20mm。

10.5.6 沟槽挖到一定深度时，在槽壁测设挖土高程控制桩，允许误差±10mm。

10.5.7 沟槽开挖应符合下列规定：

- a) 管道中心线两侧的净宽不宜小于规定尺寸；
- b) 沟槽底面高程允许偏差：
 - 1) 土壤底面±20mm；
 - 2) 岩石底面 0mm～-200mm。

10.5.8 管道安装过程中应及时监测，不应超过表 10.5.8 的规定。

表 10.5.8 管道基础及管道安装的允许偏差

单位为 mm

项 目		允许偏差值		
		无压力管道	压力管道	
垫 层	中线每侧宽度	不小于设计文件规定		
	标 高	0	-15	
管道基础	管座垫基	中线每侧宽度	+10	
		标 高	0	
		厚 度	-15	
		宽 度	不小于设计文件规定	
	混凝土管座	肩 宽	+10	
		肩 高	-5	
		抗压强度	±20	
		蜂窝麻面面积	不高于设计文件规定	
土弧、砂或砂砾	厚 度	不高于设计文件规定		
	支承角侧边高程	不小于设计文件规定		
管道安装	轴线位置	15	30	
		管道内底标高	±10	±20
	相邻接口相邻管节内底错口	$DN \leq 1\,000$	±15	±30
		$DN > 1\,000$	3	3
		$DN \leq 1\,000$	5	5
		$DN > 1\,000$	5	5

注：DN 为管道公称直径。

10.5.9 地下管线在回填前应进行竣工测量。

11 成果验收

11.1 成果验收应根据本规范规定的技术要求，由委托方组织对工程质量进行验收。

11.2 验收时，测绘单位应提交下列资料：

- a) 任务合同书和委托书；
- b) 技术设计；
- c) 收集到的所有资料（原有的技术报告书、控制点、地形图等）；

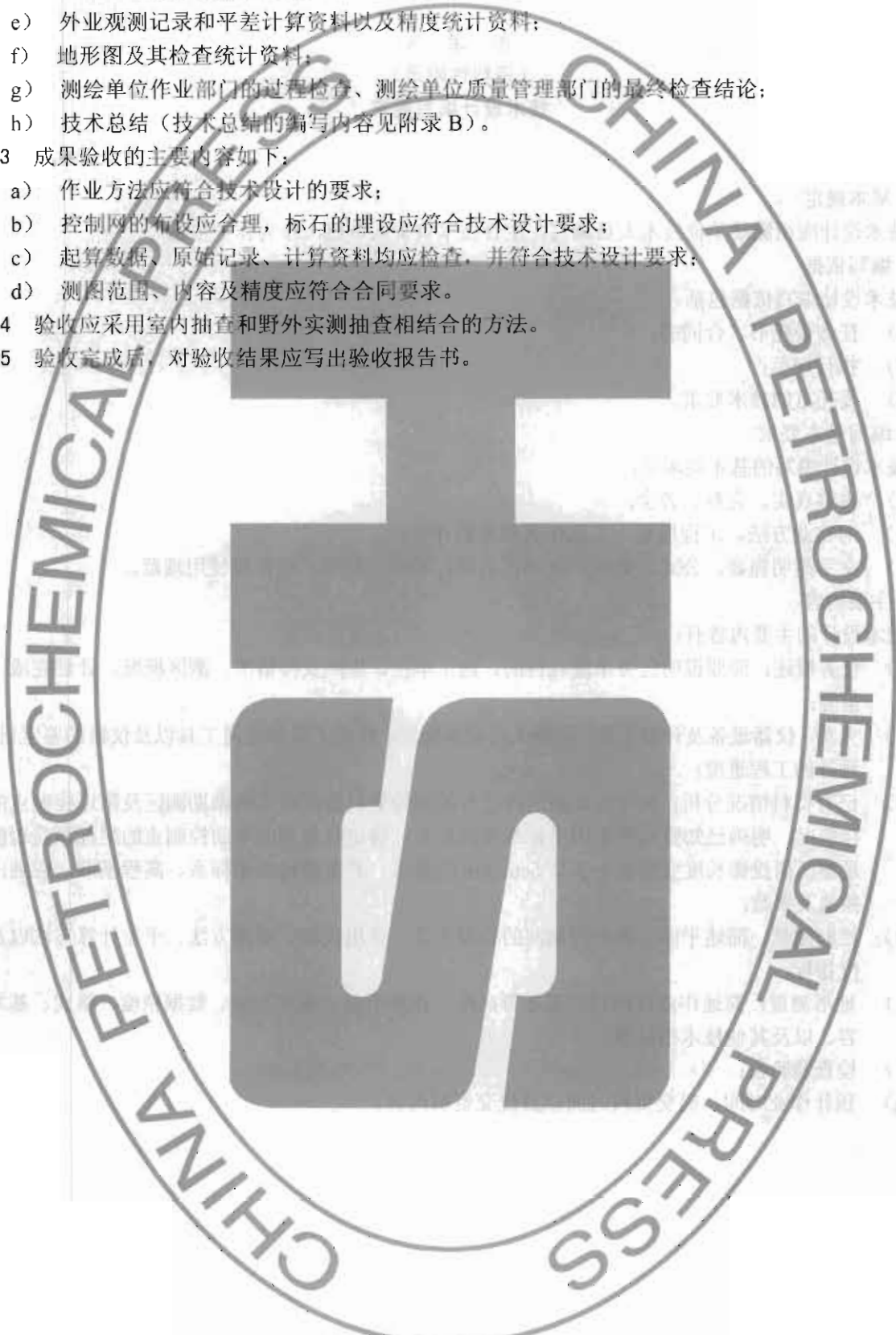
- d) 主要仪器设备的检查资料;
- e) 外业观测记录和平差计算资料以及精度统计资料;
- f) 地形图及其检查统计资料;
- g) 测绘单位作业部门的过程检查、测绘单位质量管理部门的最终检查结论;
- h) 技术总结(技术总结的编写内容见附录 B)。

11.3 成果验收的主要内容如下:

- a) 作业方法应符合技术设计的要求;
- b) 控制网的布设应合理,标石的埋设应符合技术设计要求;
- c) 起算数据、原始记录、计算资料均应检查,并符合技术设计要求;
- d) 测图范围、内容及精度应符合合同要求。

11.4 验收应采用室内抽查和野外实测抽查相结合的方法。

11.5 验收完成后,对验收结果应写出验收报告书。



附录 A
(资料性附录)
技术设计编写要求

A.1 基本规定

技术设计应由测绘单位技术人员编写，主管技术负责人审核，作为作业依据。

A.2 编写依据

技术设计编写依据包括：

- a) 任务委托书、合同书；
- b) 执行规范；
- c) 委托方的技术要求。

A.3 编写基本要求

技术设计编写的基本要求是：

- a) 内容真实、完整、齐全；
- b) 对作业方法、工程质量、工期作客观分析评价；
- c) 文字简明扼要，公式、数据应准确，名词、术语、符号、单位等使用规范。

A.4 主要内容

技术设计的主要内容有：

- a) 任务概述：简要说明任务来源、目的、施工单位、生产安排情况、测区概况、计划完成工作量等；
- b) 人员、仪器设备及计划工期：明确人员设备配置、作业工具和交通工具以及仪器的鉴定日期，预计的工程进度；
- c) 已有资料情况分析：说明收集测区内已有的测绘资料情况和实地踏勘测区及附近控制点的保存情况，明确已知资料所采用坐标系及高程系，确定收集到的平面控制点的坐标系是否能满足测区内投影长度变形值小于 2.5cm/km 的要求。若需要转换坐标系、高程基准，应列出转换式及参数；
- d) 控制测量：简述平面、高程控制网的布设方法、使用仪器、观测方法、平差计算方法以及精度指标；
- e) 地形测量：简述作业比例尺、基本等高距、作业手段、成图方法、数据精度、格式、基本内容、以及其他技术指标等；
- f) 检查及验收；
- g) 预计作业时间、提交资料时间以及提交资料内容。

附 录 B
(资料性附录)
技术总结编写要求

B.1 基本规定

技术总结应由项目技术负责人编写，主管技术负责人审核，总工程师审定。

B.2 编写依据

技术总结的编写依据包括：

- a) 任务书、合同书；
- b) 技术设计书；
- c) 记录计算成果、图纸（图形文件）以及工程的检查、验收报告；
- d) 其他有关文件。

B.3 编写基本要求

技术总结编写的基本要求是：

- a) 内容真实、完整，文字简明扼要，语言规范化；
- b) 用数据对技术设计、作业方法、成果质量作出客观分析评价，采用新技术、新方法时，应认真细致地总结；
- c) 公式、数据、图表应准确，名词术语、符号、单位应与标准一致；
- d) 各项精度统计项目应齐全，明确说明实际达到的精度指标。

B.4 编写内容

技术总结的编写内容有：

- a) 任务完成情况概述：
 - 1) 任务名称、依据、目的、作业区概况；
 - 2) 测区名称、范围、行政隶属、地理特征、交通情况、困难类别；
 - 3) 作业人员情况概括及作业起止日期；
 - 4) 任务内容及实际完成工作量统计；
- b) 利用已有资料情况：
 - 1) 资料的来源；
 - 2) 起算数据采用的基准、系统、投影方法；
 - 3) 对起算数据的检核分析、技术评价和利用情况；
- c) 平面、高程控制测量：
 - 1) 采用基准。如有两种以上基准，要求列出转换公式及参数；
 - 2) 等级控制网的布设说明；
 - 3) 控制点的编号、等级与埋石情况；
 - 4) 使用仪器设备的名称、型号，仪器的检校时间、地点及检校结果；
 - 5) 野外观测执行的技术标准、观测精度、计算采用的平差程序、程序来源及审查情况；
 - 6) 出现问题及处理方法、实际测量结果与各项限差的比较以及平差计算后的精度评定结果；
 - 7) 技术结论；
- d) 地形测量：
 - 1) 图根布设、标志设置、观测使用仪器状态、平差计算精度的说明；

- 2) 测图方法、使用仪器的检校情况;
- 3) 测图精度的评定;
- 4) 成图方法;
- 5) 技术结论;
- e) 检查与验收:
 - 1) 检查验收的项目、方法以及检查的工作量;
 - 2) 检查出现的问题和处理情况;
 - 3) 对本工程的评价。
- f) 执行的技术标准;
- g) 存在问题及建议: 提出存在的问题及补救措施, 使用资料时的注意事项;
- h) 提交资料清单;
- i) 主要仪器设备的检定证书复印件。



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”。

印分用册张本



CHEMICAL

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工工程测量规范

SH/T 3100—2013

条文说明

2013 北京

中国科学院植物研究所

中国科学院植物研究所



中国科学院植物研究所

修 订 说 明

SH/T 3100—2013《石油化工工程测量规范》，经工业和信息化部 2013 年 10 月 17 日以第 52 号公告批准发布。

本规范是在 SH 3100—2000《石油化工工程测量规范》的基础上修订而成，上一版的主编单位是中国石化集团勘察设计院，主要起草人员是魏文强、欧树超、柯有华、王宝成、王庆婵、戴保庆、潘辉、刘池才、谭建勋。

本规范修订过程中，编制组进行了比较广泛的调查研究，总结了我国石油化工工程勘察设计的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，征求了有关设计、施工、生产等方面的意见，最终经审查定稿。

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，《石油化工工程测量规范》编制组按章、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。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。

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

100-1000-1000

目 次

1	范围	43
5	基本规定	43
6	平面控制测量	43
6.1	一般规定	43
6.2	平面控制测量的主要技术要求	43
6.3	控制网布设、选点与埋石	43
6.4	GPS 测量	44
6.5	导线测量	45
6.6	观测成果的记录、整理和计算	45
7	高程控制测量	45
7.1	一般规定	45
7.2	选点与埋石	46
7.3	水准测量	46
7.4	电磁波测距三角高程测量	46
8	建筑方格网测设	46
8.1	一般规定	46
8.2	建筑方格网的设计	46
8.3	建筑方格网的测量	47
8.4	建筑方格网的平差计算	47
8.5	建筑方格网点的归化、固定和检测	47
9	地形测量	47
9.1	一般规定	47
9.2	图根控制测量	48
9.3	测绘方法与技术要求	48
9.4	一般地区地形测图	51
9.5	现状图测量	52
9.6	地形图、现状图的修测与编绘	52
9.7	图的拼接与检查	52
9.8	原图数字化	52
10	施工测量	53
10.1	一般规定	53
10.2	建(构)筑物施工控制测量	53
10.3	建筑施工测量	53
10.4	安装施工测量	53
10.5	地下管线施工测量	53
11	成果验收	53

石油化工工程测量规范

1 范围

本规范系根据石油化工企业特点和特殊要求编制而成的，适用于控制测量、大比例尺测图和施工测量。

本规范不适用于长距离输油输气管道、铁路、公路、架空送变电等线路测量和变形监测。

5 基本规定

5.1 任务委托书是双方签定经济合同的主要附件之一。任务委托书的内容一般包括测量范围、坐标系统、高程系统、控制测量等级、成图方法和精度、测图比例尺、等高距、图幅尺寸、图幅编号、建立数据库的要求、提交资料的时间、内容和份数等。

5.3 GPS 接收机、全站仪、经纬仪、测距仪、水准仪等测绘计量器具按规定定期送到经政府计量行政主管部门考核合格的测绘计量检定机构的检定，实施细则见《测绘计量管理暂行办法》；其他测绘仪器和工具按规定要求进行检校。

5.5 技术总结是对已完成的工程项目从技术设计、作业方法、成果质量以及完成工作量等方面加以分析研究，给予总结。

5.6 参照 GB/T 24356—2009《测绘成果质量检查与验收》、GB/T 18316—2008《数字测绘成果质量检查与验收》执行。

5.7 进入厂区进行入厂安全教育，考试合格方可进厂作业。

6 平面控制测量

6.1 一般规定

6.1.1 本规范规定的投影长度变形值小于 2.5cm/km，是基于石化企业大比例尺测图和施工放样测量精度要求推算出来的，并与国家规范相一致。

目前，石化企业主要采用的坐标系统有：厂区独立坐标系统、城市坐标系统等，不论采用哪种坐标系统，均应满足投影长度变形值的要求。同时应注意收集各坐标系之间的换算公式。

6.1.3 一般情况下，测区的首级平面控制，最高布设三等网能满足大比例尺测图和施工放样所需的精度要求。利用附近高等级控制网时，如精度满足要求，可同级扩展，进行加密。

6.1.4 基本精度是根据测图所需精度制定的。

6.2 平面控制测量的主要技术要求

6.2.1 基线长度中误差公式主要应用于控制网的设计和野外观测数据的检测。

6.2.2 GPS 测量具有精度高、灵活性强等特点，已得到广泛应用。GPS 网等级的划分应同常规控制网等级的划分一致，其相应的精度指标也和相应等级的常规控制网相同，即不论 GPS 网、三角网、导线网，其等级相同，精度指标也相同。

6.2.3 时间的精度对 GPS 测量有直接影响。若采用北京标准时 BST 时记录，两者可用 $BST = UTC + 8$ 公式换算，此时应注意日期变化。

6.2.7 各等级导线根据导线长度和平均边长求出最大边数，四等不应超过 6 条，一级不应超过 8 条，二级不应超过 10 条。否则，考虑重新布设导线网。

6.3 控制网布设、选点与埋石

6.3.1 联测检查时,一般只检测边长和夹角,限差为施测等级 $2\sqrt{2}$ 倍的中误差。也可检查坐标。

6.3.2 本条规定了控制点加密的主要手段。由于目前测量手段比较先进,删掉了原来“困难地区布设成支导线”的控制点加密技术手段。

6.3.3 厂区内原有点位比较多,充分利用保存完好、稳定的原有点位,可以避免用错点位。

6.3.5 厂区内各种干扰源比较多,选点时要设法避开,同时避免旁折光等其他外界因素的影响。

6.4 GPS 测量

6.4.2 PDOP 为三维位置几何图形的强度因子。GPS 观测所选有效卫星与测站组成的几何图形尽可能坚强,选择有利的观测时间,则可提高观测精度。当卫星高度角 $\geq 15^\circ$, PDOP 值小于 6 时,观测精度较高。

6.4.4 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。

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。

6.4.5 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将不同,所以,解算整周期模糊度的能力不同。能获得全部模糊度参数整数解的结果,称为双差固定解;只能获得双差模糊度参数实数解的结果,称为双差浮点解;对于较长的基线,浮点解也不能得到好的结果,只能用三差分相位解,称为三差解。

石油化工企业布设的 GPS 网,一般情况下,边长小于 10km。对于这样的短基线,观测时段短,如果采用三差相位观测值,观测量大大减少,其解算基线的精度是不高的,因此规定采用双差相位观测值。

6.4.6 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;

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。

6.4.7 平差第一步进行三维无约束平差,以三维基线向量及其相应方差协方差阵作为观测信息,通常以网中一个点的 WGS—84 坐标作为无约束平差的起算点,解算待定点的 WGS—84 坐标。三维无约束平差用来考察网中是否有残余的粗差基线向量和其内符合精度。

6.4.8 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。

6.4.9、6.4.10 二维约束平差引入国家坐标系或地方独立坐标系下的约束条件，如网中点的已知坐标、已知边长、已知方位角等，解算出待定点在国家坐标系或地方独立坐标系下的坐标。约束平差中的起算数据应有很好的内符合精度，即自身是兼容的，否则将引起GPS网的扭曲和变形，影响GPS网的精度。同名基线在约束平差和无约束平差中的两类改正数差太大，说明起算数据误差大，引起了GPS网变形，这时应该分析起算数据精度，去掉不兼容的点，采用精度高的已知数据。

6.5 导线测量

6.5.1 作业前仪器的检验。规定的指标为仪器能达到的精度。使用电子经纬仪时，作业人员要了解仪器性能，熟记操作说明。观测时，一般采用倾角自动改正；但当震动或强风而引起显示不稳定时，应将自动倾角改正关掉。

6.5.6 由于测距仪已得到广泛应用，而且精度比钢尺量距高，钢尺量距除施工放样时还在使用外，其他平面控制测量中已很少使用，故本规范规定各等级导线边长，应采用相应精度的电磁波测距仪测定。

6.5.7 代表仪器的精度，目前经常使用的主要是I级、II级仪器。

6.5.8 根据测距边测距精度的要求，确定使用何种等级的仪器以及总测回数。

6.5.9 本条规定了测距限差。

- 1) 一测回读数较差是根据仪器的标称精度规定的；
- 2) 单程测回间较差是一测回读数较差的 $\sqrt{2}$ 倍；
- 3) 往返或不同时间段较差是仪器的标称精度的2倍。

6.5.10 测量温度时要量取空气的温度，气压表置平，指针不应阻滞。

6.5.12 当测区内原坐标系投影变形值大于2.5cm/km时，需建立独立坐标系，边长采用本规范公式(6.5.12)进行改正。

6.6 观测成果的记录、整理和计算

6.6.3 限制更改原始记录数据，是为了保证观测数据的可靠性和可追溯性。

6.6.4 为了保证原始资料的准确性，应及时检查，然后进行整体平差计算。

6.6.6 等级愈高，取位精度要求愈高，这样就可以保证最终边长和坐标达到毫米位的精度。

6.6.7 计算机和计算程序已普遍使用，采用严密平差计算已变得相当简单而且检核比较方便，我们推荐使用程序平差计算。

6.6.8 网形图是检查的依据，整理清楚是必要的。

6.6.9 电算的主要检查内容是数据来源。

7 高程控制测量

7.1 一般规定

7.1.1 目前，在各厂区使用的高程基准包括1985国家高程基准、1956年黄海高程基准、吴淞高程基准、大沽高程基准、渤海高程基准以及在以上高程基准上转换的独立高程基准。根据我们的经验，应按如下选择原则：

- 1) 新建项目时，选择1985国家高程基准；
- 2) 修测、补测及扩建时，可沿用原高程基准；
- 3) 如果条件允许，可将原高程基准换算成1985国家高程基准。

7.1.2 不同高程基准之间的换算关系是转换依据。

7.1.3 厂区内一般有两种以上高程基准，收集资料应特别注意。

7.1.4 由于各种因素的影响，点位可能有程度不同的变化，检测后，可以剔除异常点。起算点的精度直接影响整个测区的测量精度，应严格检查起算点，并在技术说明书中说明检测结果。

7.1.5 工程的性质决定测区的面积一般不大于 10km^2 ，以三等水准测量作为首级控制能满足工程的需要，所以本规范以三等水准作为高程控制测量的最高等级。一般小规模的水准测量，如几幅图、甚至不足一幅图时，可选用五等作为首级控制。几个平方公里的测量，可选用四等水准作为首级控制。

7.1.6 整个测区统一布设控制网，可以使误差分布比较均匀，没有明显的弱点。

7.1.7 水准测量的主要技术要求选自 GB 50026—2007《工程测量规范》。

7.1.8、7.1.9 电磁波三角高程测量的技术要求选自 GB 50026—2007《工程测量规范》。

陕西省测绘局曾经统计分析我国中部、西北部、西南部地区的十二个测区的实测结果，求出大气折光系数 k 值如表 1。

表 1 k 值的统计

地区类别	沙漠	平原与山地	森林	沼泽地	水网与湖泊
k 的平均值	+0.095	+0.115	+0.143	+0.145	+0.157

从表 1 中可以看出，大气折光对竖角观测的影响随地区而异，一般认为平均 $k=0.13$ 。应根据测区实际情况，正确求定 k 值，减少不必要的返工。

7.2 选点与埋石

7.2.2、7.2.3 三、四等水准测量的目的主要是为地形测量和工程建设提供高程控制，因而其路线的布设宜与测区平面控制网结合起来，尽可能联测各等级平面控制点。除适量的单独水准点外，可将部分平面控制点按水准点要求埋设，充分利用平面控制网的埋石点。

7.2.4 根据用户使用情况布设水准点，改扩建附近可多布设几个水准点。

7.3 水准测量

7.3.1 水准仪和水准尺的精度直接影响水准测量成果，限差是根据水准仪灵敏度和水准尺的最小刻度而定的。

7.3.2 这是根据多个作业单位、多年的实践总结出来的经验，已得到广泛认同。

7.3.3、7.3.4 合乎仪器本身的精度，经过了水准观测的理论分析，已得到广泛认可。

7.4 电磁波测距三角高程测量

7.4.1 小范围内，电磁波测距三角高程可作为首级控制。通常，电磁波测距三角高程只作为水准测量的补充，为平面控制点提供高程控制。一般情况同平面控制一起布设，不作单独的电磁波测距三角高程导线（网）。

7.4.5 仪器的最小刻度。

8 建筑方格网测设

8.1 一般规定

8.1.1 在满足投影长度变形值的条件下，应优先选择当地的坐标系统。

8.1.2 建筑方格网的技术要求是从建、构筑物定位需要满足的精度估算而制定的，主要精度指标与一、二级电磁波测距导线相同。本规范规定，建筑方格网观测的主要技术要求与相应等级的电磁波测距导线相同。

8.1.3 高程控制网的精度根据施工精度而定。一般情况，高程系统要与原系统保持一致。特殊情况可建立独立高程系。

8.2 建筑方格网的设计

8.2.1 设计建筑方格网点的要求：

- 1) 了解设计对建、构筑物的施工要求；
- 2) 根据建、构筑物的分布及场地，判断一级布网是否能够满足施工要求，否则分级布网。

8.2.2 建筑方格网点位的布设:

- 1) 边长控制在 100m~300m 之间是从保障网的整体精度考虑提出的,但由于实际情况是复杂多变的,特殊情况可能有 50m 的边长,这时施测角度、边长的限差可放宽一倍;
- 2) 由于施工放样比较频繁,出现零数容易发生错误,避免小于 1m 的零数是为了减少错误;
- 3) 建筑方格网点是施工放样的基点,利用频率高,为了不受施工机械及临时设施的影响,最好布设在厂区道路的中心线或道路的交叉点上。

8.2.3 建筑方格网点的规格一般采用桩顶面为 25cm×25cm,桩底面为 60cm×60cm,高 120cm,并在桩的顶面予制不锈钢板和半球体不锈钢头分别作为平面位置和高程点的标志。视地质情况底部和四周加固砼,在冻土地区,标石底部应埋在当地最大冻土层以下不小于 300mm 处。

建筑方格网点竣工后,因施工周期长,工厂竣工后仍需不断改扩建,为了便于长期保存使用,避免大型施工机械的碰撞碾压,加设保护盖。

8.3 建筑方格网的测量

8.3.1~8.3.3 建筑方格网的首级控制可采用网轴线控制测量,将方格网分割成几个大矩形,测量控制轴线,通过提高交角的观测精度,来减少整个网形的扭曲。

一级建筑方格网,其首级控制应为四等导线;二级建筑方格网其首级控制应为一等导线。观测方法同相应的等级导线。

三角网、三边网,在实际中不常用,可用导线网代替,联测对角线后,边角同测,可使网形强度得到提高。

8.3.4 建筑方格网是工程施工放样的依据,因其要求精度高,坐标预先设定等条件的限制,测量起来比较困难。用 GPS 测量建筑方格网可以很好的克服障碍物阻挡视线、天气因素影响观测以及相邻边长悬殊等状况。

8.4 建筑方格网的平差计算

8.4.1 检查外业观测是否达到相应等级规定的要求。如测回数、各项限差规定、精度指标等;原始资料有无涂改,签署是否齐全,是证明资料可靠程度的依据,不齐全的资料不可取。

8.4.2 主轴线不参加平差计算,是由于施测时已提高了作业精度;整体平差计算是为了局部和整体的精度要求协调一致。

8.5 建筑方格网点的归化、固定和检测

8.5.1 改正的方法:

- 1) 将归化改正值按 1:1 的比例,在透明纸上绘出归化改正图,现场改正;
- 2) 标石埋设方向正南、正北,临时坐标点的十字线与标石平行,且十字线相互垂直,归化改正值小时,可直接在现场改正。

8.5.2 建筑方格网点的检测一般采用角度 100% 检查、边长隔一检查。角度检测的方法和技术规格与实测方格网的技术要求一致,采用相同精度检测时,限差不得超过 2 倍测角中误差;边长检测的方法和技术规格同实测方法,规格保持一致,各项指标应满足本规范相应要求。

建筑方格网点经过初放、换标志桩、投点、观测、计算、改正、划线、检查、调整、固定后,最终检查。固定即在不锈钢板面上钻孔,嵌入铜丝。方格网点固定时,注意不要弄错点位。

8.5.3 作业前检查,是为了确认点位是否下沉、碰动、用错。

建筑方格网的复测目的是为了检测因场地有填方、挖方的等原因引起的点位变动,一般情况,复测周期为 3 个月~6 个月。

9 地形测量

9.1 一般规定

9.1.1 厂区现状图测量具有其独特的性质,内容比其他大比例尺测图繁杂,测图精度不以图解误差为

主,而是采用解析数据计算的。因为现状图上的所有建筑物、构筑物、地下管线的特征点均用解析法测出细部坐标来表示平面位置,故其精度用细部点的位置中误差表示,而不取决于测图比例尺。确定1:500为总图管理的基本比例尺是由图面的负荷和用图视读方便而决定的。

大比例尺地形测量的测图精度是根据图解误差推算的,比例尺愈大,反映在图上的地形、地貌愈详细,相应的精度也愈高。通常1:500、1:1000测图均能满足初步设计的需要。

1:1000、1:2000、1:5000等其他比例尺图均可利用1:500图进行缩编,以满足不同用户需要。

根据目前现状,本规范仍把1:500比例尺测图作为常用测图比例尺。

9.1.3 各单位基本图可沿用过去的分幅方法,1:2000、1:5000比例尺图主要目的用于总体规划,可根据输出设备情况,按GB/T 14689《技术制图 图纸幅面和格式》执行,以便使用。

9.1.5 现行的GB/T 20257.1—2007《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》未包括石油化工企业一些特有的建、构筑物的表示方法,石油化工企业特有的建、构筑物可按SH/T 3133《石油化工地形图图式》表示。

9.1.8 现状图平面位置中误差是衡量现状图平面位置的精度标准,满足工程建设和生产管理的需要,厂区内施工误差、新建建筑物与已有建筑物相关位置误差、工业管线、铁路的改线和接线的接点误差,一般规定在10cm~20cm,故本规范规定主要建、构筑物的平面位置中误差,不应大于±5cm,一般建、构筑物的平面位置中误差,不应大于±7cm。

厂区现状图所测定的固定性细部高程点,是提供设计作为厂房、运输管线、工业管线和其他构筑物的扩展、衔接和改线竖向布置和推算高程点的依据。其精度要求:重要厂房的地坪标高相互之间误差在5cm~10cm,次要厂房的地坪标高相互之间误差在10cm~15cm,铁路轨面和公路路面标高相互之间的高程误差为10cm,工业管线的定位允许高程误差为10cm,综合以上几种情况,规定高程误差为10cm。故本规范规定主要建构筑物高程中误差±2cm,次要建构筑物高程中误差±3cm。

9.2 图根控制测量

9.2.6 根据作业统计,采用电磁波测距导线布设图根时,通常最大坐标闭合差不超过20cm,全长相对闭合差在1/3000~1/6000之间,比较容易达到本规范的要求。

9.2.9 考虑到目前各作业单位的现状,钢尺量距这种作业方法已不再采用,故本规范不考虑这种作业方法。

9.2.22 GPS RTK图根控制测量为本次规范修订的新增内容,其作业半径主要是出于精度和作业方便的考虑。对图根点的两次独立测量,主要是出于成果安全可靠的考虑,因为该作业方法缺少必要的检核条件,同时也可以提高图根点的测量精度。GPS RTK图根高程精度达不到现状图测量的要求,一般还是布设图根水准或图根电磁波测距三角高程导线。

9.3 测绘方法与技术要求

9.3.1 厂区现状图测绘内容包括厂区现状、预留地、连接地带和生活区现状。随着全站仪的普及应用,数字地形图已成为测绘部门的主要产品,由于GPS RTK测图受地形限制使用较少,一般采用全站仪数字测图方式,因此本规范主要规定了全站仪测图的技术要求。

9.3.2 根据不同要求、不同测图比例尺,添加相应的符号。

9.3.3 在实际工作中,将一个大测区按照地形、地貌的自然分界,划分为若干个小测区,每一个小测区建立一个工程文件,这样就可以保证对地物不漏测。

9.3.4 作业设备的质量直接影响最终的成图精度,故将其控制在人的肉眼最小分辨率之内。

9.3.6 采用光学对中时,对中偏差的限差比较容易达到要求。测站检核限差是根据图根精度和成图精度而确定的。

9.3.7 每站检查重合点是为了检核粗差。

9.3.8、9.3.9 根据各比例尺点位误差精度要求,规定各比例尺的测距长度。

数字法测图是利用电子速测仪(全站式或半站式)或其他测量仪器配合棱镜在野外测量测站至地

物点的方向、距离和高差，并将野外测量的数据自动传输（或人工键入）到电子手簿、磁卡或便携式微机记录。现场绘制地形草图，到室内将数据自动传输到计算机，借助计算机及配套的数字测图软件，人机交互编辑后，按一定的比例尺及图示符号自动生成数字地形图，并控制绘图仪自动输出地形图。

1. 数字法测图时地物点平面位置的误差来源分析

数字法测图时地物点平面位置的精度可以利用临近图根点的点位中误差（实地）来衡量，数字法测图时地物点平面位置的误差主要受下列误差的影响：

- 1) 定向误差对地物点平面位置的影响—— $m_{\text{定}}$ ；
- 2) 对中误差对地物点平面位置的影响—— $m_{\text{中}}$ ；
- 3) 观测误差对地物点平面位置的影响—— $m_{\text{测}}$ ；
- 4) 棱镜中心与待测地物点不重合对地物点平面位置的影响—— $m_{\text{重}}$ ；

数字法测图的地物点相对临近图根点平面位置的点位中误差可以用下式表示：

$$m_{\text{物}} = \sqrt{m_{\text{定}}^2 + m_{\text{中}}^2 + m_{\text{测}}^2 + m_{\text{重}}^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

2. 数字法测图时地物点平面位置的精度分析

1) 定向误差对地物点平面位置的影响 $m_{\text{定}}$

定向误差对地物点平面影响可用下式计算：

$$m_{\text{定}}^2 = D^2 \cdot m_{\alpha_0}^2 / \rho^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

D ——测站点到地物点的平距；

m_{α_0} ——定向方位角中误差；

$\rho'' = 206265$ 。

设测站点坐标为 (x_0, y_0) ，定向点坐标为 (x_1, y_1) ，则定向方位角 α_0 为：

$$\alpha_0 = \arctan(\Delta y_0 / \Delta x_0) \quad \dots\dots\dots (3)$$

其中， $\Delta x_0 = x_1 - x_0$ ， $\Delta y_0 = y_1 - y_0$ 。

对公式（3）微分得：

$$d\alpha_0 = -(\sin\alpha_0 / D_0) \cdot d\Delta x_0 + (\cos\alpha_0 / D_0) \cdot d\Delta y_0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中， D_0 为测站点到定向点的平距。将上式转化为中误差形式：

$$m_{\alpha_0}^2 = (\rho^2 / D_0^2) \cdot (\cos^2\alpha_0 m_{\Delta y_0}^2 + \sin^2\alpha_0 m_{\Delta x_0}^2) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中，设两个图根点之间的相对中误差为 m_{xy} ，且 $m_{\Delta x_0} = m_{\Delta y_0} = \sqrt{2} / 2 \cdot m_{xy}$ ，则

$$m_{\alpha_0}^2 = D^2 / (2D_0^2) \cdot m_{xy}^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

2) 对中误差对地物点平面位置的影响 $m_{\text{中}}$

对中误差包括测站对中误差和定向对中误差，它通过对测角的影响而影响地物点平面位置。根据对中误差对测角的影响可推求得

$$m_{\text{中}}^2 = 5D^2 / (2D_0^2) \cdot m_i^2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中， m_i 为仪器上光学对中器的对中误差，一般不超过 5mm。 D 、 D_0 意义同上。

3) 观测误差对地物点平面位置的影响 $m_{\text{测}}$

数字法测图时是根据测量的距离和角度直接结算地物点坐标，观测误差主要包括测距误差和测角误差两部分，根据误差传播理论，推出观测误差对地物点平面位置的影响 $m_{\text{测}}$ 为（不考虑测站点起始

误差):

$$m_{\text{平}}^2 = A^2 + B^2 \cdot D^2 + D^2 \cdot M_{\beta}^2 / \rho^2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

A——测距仪固定误差;

B——测距仪比例误差;

M_{β} ——测角中误差。

4) 棱镜中心与待测地物点不重合对地物点平面位置的影响 $m_{\text{非}}$

此项误差的影响可控制在 2cm 之内。取 $m_{\text{非}}=2\text{cm}$ 。

一般情况下, $D/D_0 \leq 1.5$, 两个图根点之间的相对中误差 m_{xy} 取 2.0cm, 分别代入公式 (6)、公式 (7), 得 $m_{\text{平}}=2.1\text{cm}$, $m_{\text{非}}=0.5\text{cm}$ 。

根据不同的测距测角精度和观测平距, 由公式 (8) 计算出 $m_{\text{平}}$, 并与上述的 $m_{\text{平}}=2.1\text{cm}$, $m_{\text{非}}=0.5\text{cm}$, $m_{\text{非}}=2\text{cm}$, 计算所得的地物点平面位置中误差列于表 2 中。

表 2 数字法测图地物点 (实地) 平面位置中误差

单位为 cm

仪器标称精度	半侧回水平角中误差 (")	平距 m					
		50	100	150	200	300	500
3mm+2ppm·D 2"级	4	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1
5mm+5ppm·D 6"级	12	3.0	3.1	3.2	3.2	3.5	3.8
5mm+10ppm·D 10"级	20	3.1	3.2	3.4	3.6	4.2	5.0

由表 2 可以看出: 即使用最低精度的仪器 (测距精度 5mm+10ppm·D, 测角精度 10"级), 在观测平距不超过 400m 时, 所测地物点相对于临近图根点的平面位置中误差可以保证在 5cm 以内 (实地), 均能满足规范要求。

3. 数字法测图时地物点高程的误差来源

数字法测图时, 地物点高程的误差来源主要有: 测距误差、测角误差、量测仪器高和目标高误差以及球气差影响。根据分析, 测距误差和球气差对所测地物点高程的影响可忽略不计。因此, 相对于邻近图根点的地物点高程中误差可以用下式计算:

$$m_{\text{H}}^2 = D^2 \cdot m_z^2 / \rho^2 + m_i^2 + m_v^2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

m_{H} ——仪器高量测中误差;

D——测站至地物点间水平距离;

m_z ——天顶距观测中误差;

m_i ——仪器高量测中误差;

m_v ——目标高量测中误差。

用钢尺量取仪器高和目标高时, 中误差一般不超过 0.5cm, 取 $m_i = m_v = 0.5\text{cm}$, 按公式 (9) 计算地物点高程中误差列于表 3 中。

表3 数字法测图地物点(实地)高程中误差

单位为 cm

仪器标称精度	半侧回 天顶距 中误差 ″	平距 m					
		50	100	150	200	300	400
3mm+2ppm·D 2″级	6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.1	1.4
5mm+5ppm·D 6″级	18	0.8	1.1	1.5	1.9	2.7	3.6
5mm+10ppm·D 10″级	24	1.0	1.6	2.3	3.0	4.4	5.9

通过以上分析,均能满足规范要求。

9.3.10 地形点的注记是根据地势变化取舍的,以能准确反映地貌特征为原则。

9.3.11 一般要求每一建、构筑物应有一地坪标高和基础的接地高程,高程不要求注记太密,能反映地形特征即可。

9.3.12 高程注记位数不同,是为了满足不同用户的需要而定的,也考虑到现状图测量的特殊性。同时要求同一测区,高程注记位数一致。

9.3.13 散点高程更能表示建筑区、稻田地、梯田地的地形变化特征。一般要求每一块稻田地、梯田至少注记一个高程。

9.3.14 “看不清不绘”是测绘工作者遵循的原则,要求作业人员实地调查,心中有数,准确描述地形、地物的特征。

9.3.15 自检是提高作业质量的重要措施,是质量保证体系的一个重要步骤。在测图完成后应按相应比例尺打印地形图样图,进行一次全面的自检,如发现疑问或测错等情况,须重新复核纠正,消灭错误。

9.3.16 对地形图要素进行分层表示是十分必要的。基于目前现状,本规范对地形要素的分层等属性不作统一规定。

9.3.17、9.3.18 地形图的编辑内容,可参见 GB/T 14912—2005《1:500、1:1000、1:2000 外业数字测图技术规程》。

9.3.19 应用成图软件形成地形图时,应使构建的三角网符合地形走势。

9.4 一般地区地形测图

9.4.1 各等级控制点是测图、修测、施工放样的依据,应表示。

9.4.2 居民区内建、构筑物的凹凸部分实测,但实地小于 0.5m 时,实测起来太复杂,意义不大,尤其农村内的陈旧房屋,可只施测主轮廓。

房前屋后的简易厕所、牲畜棚、简陋的临时性房屋,可不表示。

9.4.3 一般不规则、无明显界限、宽窄不一的道路,施测时突出主干线。

9.4.4 具有明显方位意义的独立地物,实地比较明显的表示。不依比例尺表示的,应准确测定其定位点位置。特别注意南方村边的小土地庙。

9.4.5 电杆定位点采用偏心观测测定,临时性的电杆、空杆可不测,电杆不区分建筑材料、断面形状,用同一符号表示。没有特殊要求时,电力线高度不测。

9.4.6 注意取舍、合并明显的人工地貌和自然地貌。

9.4.7 池(鱼)塘没有明显界限的顶部、水涯线注意适当取位,不要有明显差异。

9.4.8 一般加绘主要作物的符号,树林用相应的符号并注记树名,散树一般可略去,各种不同的地类分界线,一般均应闭合。可以用坎边、沟渠边、围墙、路边等作为地类界,没有地物作分界线的,以地类界线表示。

9.5 现状图测量

9.5.1 根据多年来对建、构筑物细部点的检查结果统计，这种作业方法是可行的。

9.5.2 名称宜注记全称，如过长可适当简略，但对注记对象的主要组成部分应保持完整；注记放在适当位置，以所注名称能控制全部范围为原则，不要偏于一隅，也不要妨碍地物线条。

9.5.3 许多建筑物柱子有较多突出部分，测绘内容太多。一般要求：屋角有墩、凹凸部分大于0.5m时，施测出墩位；否则，以最外边作为轮廓线。中间的墩凹凸部分大于0.8m时，应一一实测。屋檐、雨檐取点不易准确，可不测。

9.5.5 在GB/T 20257.1—2007《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》中规定：室外毗连成群的生产设备，只测出其范围线，配置符号，我们认为这样表示不能准确反应石化企业的生产特点，使用也不方便。本规范规定：室外设备应逐一实测，并加注专有名称。

9.5.6 罐梯的地面投影与罐基础、罐边的地类界和排水沟重合不易一一表示清楚时，可综合取舍。

9.5.8 架空管线的支柱要求全部实测，但有时在一条架空管线下，又铺设了架空管线、管墩管线时，可只表示主要部分。管线的性质和用途不需注明。

9.5.9 装置区内、罐区内、房前屋后的支沟可不表示，由于施工等原因引起实地不明显的排水明沟可不测。

9.5.10 建、构筑物上的避雷针一般不要求测。

9.5.11 道路两旁，一般的绿化栅栏、行树可根据图面的负载情况取舍。

9.5.12 测图时，区分井的性质比较困难。作业中，比较容易区分的井，用相应符号表示；不明用途的井可只测其范围，用不明用途的符号表示即可。

9.5.13 装置区、厂前区域等几乎全部是水泥面，路边很难确定，本规范考虑到实际的具体情况，一般不测。内部路的划分，不易统一，可根据具体情况确定。建筑区内不重要的人行道可不表示或按地类界处理。

9.5.14 在编组站、装卸台等铁路比较密集的地段，高程注记可根据图面负荷做适当调整，以能表示坡度变化为原则。

在1:500、1:1000地形图上，标准轨距的铁路一般用双线表示，1:2000地形图上不依比例尺表示。

9.5.16 注意区分固定物体和浮动物体。

9.5.17 地类界与线状地物重合时，只表示线状地物。

9.6 地形图、现状图的修测与编绘

9.6.3 本条规定了修测前应实地进行100%图面检查。实地巡视对图是修测的关键环节，直接关系到最终的成图质量，应予以重视。

9.6.8 编绘图比例尺较小，应减少图面负荷，保证图面清晰。

9.7 图的拼接与检查

9.7.2 图幅的拼接一般在工地进行，直线的拼接应按两幅图的直线端点联直，不要在图边外硬接成折线。拼接误差超限时，应查明原因，并到实地检核校正。

9.7.3 在检查过程中，发现问题及时纠正解决，并记录于地形图检查表内，作为质量评定的标准。

9.7.5 根据统计工程验收的检验数据，能达到本规范的要求。

9.8 原图数字化

9.8.1 原图数字化可以充分利用原有的图纸资料，建立空间图形数据库。至于选择哪种数字化方法，需根据应用图形数据的方式、图形数据的类型、现有人力资源状况和设备状况等综合考虑，一般采用键盘输入和手工数字化、扫描数字化相结合的方法。

9.8.4 现状图精度是由解析点精度决定的，键盘录入控制点、细部点的成果可以保持原有成图质量，保证资料的延续性和可靠性。

9.8.6 操作员采用点方式数字化能选择最有利表现曲线特征的点位进行数字化。采用流方式数字化

时,往往未按操作员希望的移动速率工作而记录过多的坐标,后续处理删除多余坐标,不能正确数字化尖锐的弯曲顶点。操作员在考虑鼠标的移动速度时,没有更多的时间和精力来注意十字丝与线划的重合精度。流方式比简单的点方式的位置误差要大。

10 施工测量

10.1 一般规定

10.1.2 施工放样应具备的资料,是测量人员多年在施工现场总结出来的,是施工测量人员应具备的基本资料。

10.1.3 建设方/监理方复测确认施工单位测设成果的目的,是为了防止和避免施工放样错误发生。

10.2 建(构)筑物施工控制测量

10.2.1 布设建筑物十字轴线或矩形控制网,是为了满足施工测设的需要。

10.2.2 一级建筑物施工控制网主要技术指标在 GB 50026—2007《工程测量规范》有推算。取一级施工控制网边长相对中误差和测角中误差的 2 倍作为二级网的主要技术指标值。

10.2.4 施工控制网水平角观测的测回数,见 GB 50026—2007《工程测量规范》条文说明 10.3.3 条。

10.2.6 引测高程点精度不应低于四等水准,主要是基于建筑规模大小、建筑结构的复杂程度和建筑物的高度等因素综合确定的。

10.2.7 建(构)筑物的围护结构封闭前,将外部控制点转移至内部,其规定的投点误差,一般能做到。

10.3 建筑施工测量

10.3.4 基础桩位放样,只提到单排桩和群桩,独立桩放样按单排桩要求去做。

10.3.5 基槽(坑)开挖边线是根据基础大小、深度、当地土质情况确定的。

10.3.7 建(构)筑物施工放样允许偏差的规定,是依据建筑工程各专业工程质量验收规范 GB 50202~GB 50209 等的施工要求限差制定的。

10.3.8 施工层的标高传递较差,是按每层的标高允许偏差规定的。

10.3.11 基础竣工测量,为安装提供施工依据。

10.4 安装施工测量

10.4.1 设备安装前对中心、标高进行复测是设备安装工艺过程的主要工作,它的目的是调整设备中心线、标高和水平,作为设备定位的依据。

10.4.3 钢结构安装前,对基础中心线及其间距进行复测、调整,符合要求后,再进行安装施工。

10.4.5 柱子、梁、构件预装、附属构筑物安装测量精度,是根据国标建筑工程各专业工程施工质量验收规范和施工测量部门所提供的数据确定的,经历年来实践验证是可行的。

10.5 地下管线施工测量

10.5.1 管线的起点、交点及终点称为管线的主点,在装置区内要精确定位。

10.5.9 地下管线在回填土前,要测量管线中心坐标及标高。

11 成果验收

11.1 本条规定了成果验收的组织及验收依据。验收工作是管理的重要内容,提高成果质量的手段,评价工程质量的方法;验收由委托方组织,验收工作一般可分为中间验收和最终验收。

11.2 本条规定了测量单位提供的主要资料。

11.3、11.4 本条规定了验收的主要内容和方法。验收采用随机抽样的方法,可根据情况,选定检查的区域。细部点检查可采用本规范第 9.7.5 条、9.7.6 条的方法;地形图、现状图、管线图均以室内图面检查为主,配合野外巡视。

中 华 人 民 共 和 国
石 油 化 工 行 业 标 准
石 油 化 工 工 程 测 量 规 范
SH/T 3100—2013

*

中国石化出版社出版
中国石化集团公司工程标准发行总站发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011 电话：(010) 84271850
石化标准编辑部电话：(010) 84289937
读者服务部电话：(010) 84289974
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 4 字数 112 千字
2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

*

书号：155114·0911 定价：50.00 元
(购买时请认明封面防伪标识)