

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50539 – 2017

油气输送管道工程测量规范

Code of survey for oil and gas transportation
pipeline engineering

2017 – 07 – 31 发布

2018 – 04 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

油气输送管道工程测量规范

Code of survey for oil and gas transportation
pipeline engineering

GB/T 50539 - 2017

主编部门：中国石油化工集团公司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 8 年 4 月 1 日

中国计划出版社

2017 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1635 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《油气输送管道工程测量规范》的公告

现批准《油气输送管道工程测量规范》为国家标准，编号为 GB/T 50539—2017，自 2018 年 4 月 1 日起实施。原国家标准《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539—2009 同时废止。

本规范在住房和城乡建设部门户网站（www.mohurd.gov.cn）公开，并由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2017 年 7 月 31 日

前 言

本规范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〔2014〕189 号)的要求,由中国石油工程建设有限公司西南分公司会同参编单位组成修订组,对原国家标准《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539—2009 进行全面修订而成。

修订过程中,修订组经过调研,广泛征求了意见,总结了近年来国内外工程的实践经验,吸收了有关科研和技术发展的成果,参考了国内外有关标准,经多次讨论,反复修改,先后形成了初稿、征求意见稿、送审稿,最后经审查定稿。

修订后,本规范共分 12 章,主要技术内容包括:总则、术语、基本规定、平面控制测量、高程控制测量、地形测量、线路测量、穿(跨)越测量、隧道测量、站址测量、卫星遥感测量和航空摄影测量。

修订新增、调整及删去的主要内容包括:

1. 第 2 章新增全球导航卫星系统、GNSS 静态定位、GNSS 拟合高程、平纵图等术语,删去数字栅格地图、数字线划图、数字高程模型、数字正射影像图术语。

2. 第 3 章新增可行性研究阶段的测量工作及成果,将原各阶段的工作及成果分别合并为一节,并调整相关技术内容。

3. 将原第 4 章分为平面控制测量和高程控制测量,分别成为目前的第 4 章和第 5 章,并调整平面控制测量和高程控制测量的等级划分和适用范围。

4. 删去了原第 5 章图根控制测量的内容,将原第 5 章线路带状地形图测量的内容纳入到目前的第 7 章线路测量中,并将原第

5 章进行修改后成为目前的第 6 章。

5. 将原第 6 章调整为目前的第 7 章,新增线路配套工程测量的内容。

6. 将原第 7 章调整为目前的第 8 章,原第 8 章调整为目前的第 9 章,原第 9 章调整为目前的第 10 章,并根据目前第 4 章、第 5 章、第 6 章的相关内容进行综合修改。

7. 将原第 10 章的内容分别纳入目前的第 4 章、第 5 章和第 6 章,并在新章节中增加网络 RTK 测量、GNSS RTK 平面及高程控制测量等内容。

8. 第 11 章新增 1:5000、1:10000 比例尺影像图的内容。

9. 第 12 章新增无人飞行器低空航空摄影测量、机载激光雷达测量的要求;将航空摄影测量地形图精度要求调整为与地形测量一致;删去水系、植被、境界等各要素调绘的内容。

本规范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,由中国石油工程建设有限公司西南分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,请寄送中国石油工程建设有限公司西南分公司(地址:成都市高新区天府三街升华路 6 号,邮政编码:610041)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主编单位:中国石油工程建设有限公司西南分公司

参编单位:中国石油管道局工程有限公司设计分公司
大庆油田工程有限公司
中油辽河工程有限公司

主要起草人:万仕平 宋代诗雨 郭成华 秦兴述 肖德仁
吕继书 王福东 张允亭 马晓元 陈瑞良
李束为 李相斌 傅贺平 张建国 杜毅
韩江 刘丽 王创立 罗沅 杨洋
徐国杰 李玮 陈西 杨胜 王晴生
何波 杨汝芬 王栋

主要审查人:何 军 郭铁民 张金良 牛根良 于 哲
张 彪 刘昌霖 史耀民 王 峰 周兴泽
李 鑫 王小林

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(4)
3.1	阶段划分和测量方法	(4)
3.2	可行性研究阶段的测量工作及成果	(4)
3.3	初步设计阶段的测量工作及成果	(4)
3.4	施工图设计阶段的测量工作及成果	(5)
4	平面控制测量	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	GNSS 静态定位测量	(7)
4.3	GNSS RTK 测量	(11)
4.4	全站仪导线测量	(13)
5	高程控制测量	(16)
5.1	一般规定	(16)
5.2	GNSS 拟合高程测量	(16)
5.3	全站仪三角高程测量	(18)
5.4	GNSS RTK 高程测量	(18)
6	地形测量	(20)
6.1	一般规定	(20)
6.2	测量方法及要求	(22)
6.3	水域地形测量	(24)
6.4	内业成图	(25)
7	线路测量	(27)

7.1	一般规定	(27)
7.2	线路控制测量	(27)
7.3	中线测量	(28)
7.4	线路带状地形图测绘	(28)
7.5	纵断面测量	(29)
7.6	横断面测量	(30)
7.7	曲线测设	(30)
7.8	线路配套工程测量	(31)
8	穿(跨)越测量	(33)
8.1	一般规定	(33)
8.2	控制测量	(34)
8.3	地形测量	(34)
8.4	纵断面测量	(34)
9	隧道测量	(36)
9.1	控制测量	(36)
9.2	地形测量	(36)
9.3	纵断面测量	(37)
10	站址测量	(38)
11	卫星遥感测量	(39)
11.1	一般规定	(39)
11.2	正射纠正与镶嵌	(40)
11.3	正射影像图精度	(42)
12	航空摄影测量	(43)
12.1	一般规定	(43)
12.2	航空摄影	(44)
12.3	线路控制测量	(45)
12.4	像片控制测量	(45)
12.5	影像调绘	(47)
12.6	航空摄影测量内业	(47)

本规范用词说明	(51)
引用标准名录	(52)
附:条文说明	(53)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(4)
3.1	Work phases and survey methods	(4)
3.2	Survey work and results of feasibility design phase	(4)
3.3	Survey work and results of preliminary design phase	(4)
3.4	Survey work and results of construction drawing design phase	(5)
4	Horizontal control survey	(7)
4.1	General requirements	(7)
4.2	GNSS static positioning survey	(7)
4.3	GNSS RTK survey	(11)
4.4	Traverse survey	(13)
5	Vertical control survey	(16)
5.1	General requirements	(16)
5.2	GNSS vertical survey	(16)
5.3	Trigonometric leveling	(18)
5.4	GNSS RTK vertical survey	(18)
6	Topographic survey	(20)
6.1	General requirements	(20)
6.2	Survey methods and requirements	(22)
6.3	Water area topographic survey	(24)
6.4	Office mapping	(25)
7	Route survey	(27)

7.1	General requirements	(27)
7.2	Rout control survey	(27)
7.3	Center line survey	(28)
7.4	Surveying and mapping of route strip topographic map	(28)
7.5	Profile survey	(29)
7.6	Cross-section survey	(30)
7.7	Curve ranging	(30)
7.8	Supporting projects survey	(31)
8	Crossing survey	(33)
8.1	General requirements	(33)
8.2	Control survey	(34)
8.3	Topographic survey	(34)
8.4	Profile survey	(34)
9	Tunnel survey	(36)
9.1	Control survey	(36)
9.2	Topographic survey	(36)
9.3	Profile survey	(37)
10	Site survey	(38)
11	Remote sensing	(39)
11.1	General requirements	(39)
11.2	Image ortho-rectification and mosaic	(40)
11.3	Accuracy of the orthophoto map	(42)
12	Aerophotogrammetry	(43)
12.1	General requirements	(43)
12.2	Requirements for aerial photography	(44)
12.3	Route control survey	(45)
12.4	Photo-control points survey	(45)
12.5	Classification survey	(47)
12.6	Photogrammetric office work	(47)

Explanation of wording in this code	(51)
List of quoted standards	(52)
Addition; Explanation of provisions	(53)

1 总 则

1.0.1 为了统一油气输送管道建设中工程测量的技术要求,做到技术先进、经济合理、安全适用,为工程建设提供准确的测绘资料,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于陆上油气输送管道工程设计阶段的测量,不适用于城市油气输送管网的测量。

1.0.3 本规范以中误差作为衡量测绘精度的标准,二倍中误差作为极限误差。

1.0.4 各类测绘仪器和设备应及时检查校正,加强维护保养,按规定进行检定。

1.0.5 油气输送管道工程测量在采用新技术和新方法时,成果应符合本规范的规定。

1.0.6 油气输送管道工程测量中所采用的测量成果资料应进行检核。

1.0.7 油气输送管道工程测量除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

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 GNSS 静态定位 GNSS static positioning

通过在多个测站上进行同步观测,确定测站之间相对位置的 GNSS 定位测量。

2.0.3 GNSS 实时动态相对定位 GNSS real time kinematic relative positioning (GNSS RTK)

利用全球导航卫星系统,根据载波相位差分原理,通过无线电通信技术将基准站差分数据传输给流动站卫星定位接收机,经过解算,确定流动站卫星定位接收机天线实时移动轨迹的相对定位,简称 GNSS RTK 测量。

2.0.4 2"级仪器 2" class instrument

一测回水平方向中误差为 2" 的测角仪器,包括全站仪、电子经纬仪、光学经纬仪。

2.0.5 10mm 级仪器 10mm class instrument

当测距长度为 1km 时,测距的标称精度为 10mm 的仪器,包括测距仪、全站仪。

2.0.6 GNSS 拟合高程 GNSS fitting height

采用全球导航卫星系统静态观测技术和相关数学模型确定的地面点高程。

2.0.7 GNSS RTK 高程 GNSS RTK height

采用 GNSS RTK 技术确定的地面点高程。

2.0.8 数字地形图 digital topographic map

按一定的数据组织形式表达地形要素的地理信息数据集。

2.0.9 中线 center line

油气输送管道设计中所定出的管道中心线。

2.0.10 线路带状地形图 route strip topographic map

沿油气输送管道线路两侧一定范围内反映地形地貌的专用地形图。

2.0.11 平纵图 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。

2.0.12 定位定向系统 positioning and orientation system (POS)

利用惯性测量单元(IMU)和GNSS的组合测量技术,获取摄影瞬间摄影中心位置参数和影像姿态参数的系统。

3 基本规定

3.1 阶段划分和测量方法

3.1.1 油气输送管道工程测量按设计深度可划分为可行性研究阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段。

3.1.2 油气输送管道工程测量各设计阶段可采用下列测量方法：

- 1 地面人工测量；
- 2 卫星遥感测量；
- 3 航空摄影测量；
- 4 机载激光雷达测量。

3.1.3 测量方法的选择应根据项目需要、地形、植被、气象等因素决定，方法可联合使用。

3.2 可行性研究阶段的测量工作及成果

3.2.1 测量人员应收集线路沿线相关基础测绘资料、卫星影像资料及数字高程模型(DEM)数据。

3.2.2 测量人员应进行下列工作：

- 1 宜参加线路重点地段的现场踏勘，辅助相关专业人员选线；
- 2 应根据需要对收集和踏勘资料进行内业处理。

3.2.3 可行性研究阶段宜提交下列成果：

- 1 线路走向图；
- 2 线路纵断面图。

3.3 初步设计阶段的测量工作及成果

3.3.1 测量人员应进行下列工作：

1 在勘测前应收集可行性研究报告和沿线可供利用的基础测绘资料；

2 宜参加线路方案的研究，辅助相关专业人员图上选线；

3 宜参加现场踏勘，对初拟各线路方案进行核查和优化。

3.3.2 线路断面点宜用 1 : 10000 或 1 : 50000 比例尺的地形图解析，并绘制线路纵断面图。

3.3.3 局部复杂地段、大型穿(跨)越工程、隧道、站址宜进行实测，技术要求应符合本规范第 4 章~第 10 章的规定。

3.3.4 采用卫星遥感测量方法时，除应符合本规范第 3.3.1 条、第 3.3.3 条的规定外，还应制作卫星遥感正射影像图。

3.3.5 采用航空摄影测量或机载激光雷达测量方法时，除应符合本规范第 3.3.1 条、第 3.3.3 条的规定外，还应完成下列工作：

1 线路控制测量；

2 航空摄影；

3 像片控制测量；

4 建立数字高程模型；

5 制作正射影像图。

3.3.6 初步设计阶段宜提交下列测量成果：

1 线路走向图或线路带状地形图；

2 线路纵断面图；

3 站址地形图；

4 局部复杂地段地形图；

5 大、中型穿(跨)越地形图和纵断面图；

6 隧道地形图和纵断面图。

3.4 施工图设计阶段的测量工作及成果

3.4.1 采用地面人工测量方法时，宜进行下列测量工作：

1 线路控制测量；

2 线路中线测量；

- 3 线路带状地形图测绘；
- 4 线路纵断面测量；
- 5 穿(跨)越测量；
- 6 隧道测量；
- 7 站址、阀室、阴极保护站及阳极区地形图测绘；
- 8 必要时进行局部复杂地段大比例尺地形图测绘及纵断面测量；
- 9 必要时进行横断面测量和曲线测设。

3.4.2 采用卫星遥感测量、航空摄影测量或机载激光雷达测量方法时,宜进行下列工作：

- 1 像片调绘；
- 2 线路中线桩放样测量；
- 3 线路数字线划图测绘；
- 4 线路纵断面图制作；
- 5 完成本规范第 3.4.1 条中第 5 款～第 9 款的工作。

3.4.3 施工图设计阶段宜提交下列成果：

- 1 线路控制点成果表及中线成果表；
- 2 线路平纵图(或线路带状地形图及线路纵断面图)；
- 3 穿(跨)越地形图及纵断面图；
- 4 隧道洞身地形图及纵断面图、洞口地形图、堆渣场地形图、连接道路带状地形图；
- 5 站址、阀室、阴极保护站及阳极区地形图；
- 6 局部复杂地段大比例尺地形图、纵断面图；
- 7 横断面测量和曲线测设成果；
- 8 说明书。

4 平面控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 平面控制测量应采用国家统一的平面坐标系统,宜采用高斯-克吕格投影,按三度或六度带计算,也可根据实际情况或委托方要求选用其他坐标系统。

4.1.2 平面控制测量精度等级应按四等、一级、二级和三级划分。

4.1.3 平面控制测量宜采用 GNSS 静态定位测量、GNSS RTK 测量、全站仪导线测量等方法。

4.1.4 平面控制测量等级和测量方法的选用应符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 平面控制测量等级和测量方法的选用

等级	测量方法	适用范围
四等	GNSS 静态定位	线路、隧道(长度>1km)、大型跨越
一级	GNSS 静态定位	隧道(长度≤1km)、大型穿越、中型跨越
二级	GNSS 静态定位/全站仪导线	井场、站场、中型穿越、小型跨越
三级	GNSS RTK/全站仪导线	像片控制测量、小型穿越、阀室及放空区、中线测量等

4.1.5 内业计算时,数字取位要求应符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 数字取位要求

角度(″)	长度(m)	坐标(m)
1	0.001	0.001

4.1.6 除线路工程外,平面控制测量测区内投影长度的变形值不应大于 2.5cm/km。

4.2 GNSS 静态定位测量

4.2.1 GNSS 控制网相邻点间的基线长度中误差应按下式计算:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (4.2.1)$$

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 ——相邻点间的距离(km)。

4.2.2 GNSS控制测量的主要技术要求应符合表4.2.2的规定。

表 4.2.2 GNSS控制测量的主要技术要求

等级	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	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
四等	≤ 10	≤ 10	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$
一级	≤ 10	≤ 20	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$
二级	≤ 10	≤ 40	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$

4.2.3 GNSS控制网应根据工作范围、测区已有控制成果情况、精度要求、接收机的类型和数量以及交通情况进行综合设计，并应顾及GNSS RTK测量和全站仪导线测量的需要。

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

4.2.5 GNSS控制网的选点及埋石应符合下列规定：

1 点位的选择应符合技术设计要求，并应利于其他测量方法进行扩展或联测；

2 点位应便于安置接收设备和操作，高度角 15° 以上范围内应无障碍物阻挡卫星信号；

3 点位附近不应有强烈干扰卫星信号接收的物体，点位应远离大功率无线电发射源（如电视台、微波站等），距离不宜小于200m，点位应远离高压输电线，距离不宜小于50m；

4 点位应便于保存、寻找和到达；

5 选点完毕，应实地绘制点之记；

6 控制点宜埋设混凝土桩,当混凝土桩埋设困难时,可在稳定的地表设天然桩;

7 应充分利用符合要求的已有控制点。

4.2.6 GNSS 静态定位测量观测的主要技术要求应符合表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 GNSS 静态定位测量观测的主要技术要求

等级	卫星高度角 (°)	有效观测 卫星总数	观测时段长度 (min)	数据采样间隔 (s)	点位几何图形 强度因子 PDOP
四等	≥15	≥4	≥15	10~30	≤6
一级、二级	≥15	≥4	≥10	10~30	≤8

4.2.7 观测人员应按照 GNSS 接收机操作手册中的规定进行作业。

4.2.8 天线宜采用三脚架对中,对中允许偏差不应大于 2mm,每次观测前后应各量取一次天线高,两次量测较差不应大于 3mm,限差内取平均值作为天线高。

4.2.9 观测时应逐项填写观测手簿,并应注意仪器的警告信息,及时处理各种特殊情况。

4.2.10 观测过程中不应进行以下操作:

- 1 关闭接收机又重新启动;
- 2 进行自测试(发现故障除外);
- 3 改变接收机预置参数;
- 4 改变天线位置;

5 不应在天线附近使用无线电通信设备(必须使用时,对讲机、手机应距天线 10m 以上,车载电台应距天线 50m 以上)。

4.2.11 每日观测结束后,应及时将数据转存,不应进行任何剔除或删改,也不应调用任何对数据实施重新加工组合的操作指令。

4.2.12 基线解算可采用随机软件,基线解算应符合下列规定:

1 宜采用双差相位观测值,作为起算值的卫星坐标宜由广播星历确定;

2 起算点应有 WGS84 坐标,精度要求不宜低于 25m,宜采用不少于 30min 观测的单点定位结果的平差值;

3 同一级别的 GNSS 网,根据基线长度不同可采用不同的数学处理模型;

4 15km 以内的基线宜采用双差固定解,长度大于 15km 的基线,可在双差固定解和双差浮点解中选择最优结果。

4.2.13 基线向量的检核应符合下列规定:

1 复测基线长度的较差应满足下式要求:

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.2.13-1)$$

式中: d_s ——复测基线长度较差(mm);

σ ——相应等级的基线长度中误差(mm),计算时边长按复测基线的平均边长计算。

2 同步环应进行闭合差检验,闭合差应满足下列公式要求:

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (4.2.13-2)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (4.2.13-3)$$

$$W_z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (4.2.13-4)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \cdot \sigma \quad (4.2.13-5)$$

式中: W_x 、 W_y 、 W_z ——坐标分量闭合差(mm);

n ——环的边数;

σ ——相应等级的基线长度中误差(mm),计算时边长按环的平均边长计算;

W ——环的全长闭合差(mm)。

3 异步环应进行闭合差检验,闭合差应满足下列公式要求:

$$W_x \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma \quad (4.2.13-6)$$

$$W_y \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma \quad (4.2.13-7)$$

$$W_z \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma \quad (4.2.13-8)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq 3\sqrt{3n} \cdot \sigma \quad (4.2.13-9)$$

4.2.14 基线向量检核不合格时,应对成果进行全面的分析,并对其中部分数据进行补测或重测。

4.2.15 基线向量检核符合要求后,GNSS 控制网应进行无约束平差,平差时应符合下列规定:

- 1 应以一个点的 WGS84 三维坐标作为起算数据;
- 2 基线分量改正数的绝对值不应大于该基线长度中误差的 3 倍;
- 3 平差结果应输出控制点在 WGS84 坐标系下的三维坐标、各基线向量三个坐标差观测值的改正数、基线长度、基线方位、点位和边长等,以及相关的精度信息。

4.2.16 约束平差应以无约束平差后确定的有效观测数据为基础,平差时应符合下列规定:

- 1 应在国家坐标系或地方坐标系下,进行三维约束平差或二维约束平差;
- 2 作为约束条件的已知坐标、距离或方位,宜作为强制约束的固定值,也可作为加权约束的可变值;
- 3 采用三维约束平差时,可只假定一个点的大地高作为高程起算数据;
- 4 采用二维约束平差时,应先将三维 GNSS 基线向量转换为二维基线向量;
- 5 约束平差基线向量改正数与无约束平差的同名基线改正数的较差不应大于该基线长度中误差的 2 倍;
- 6 平差结果应输出控制点在国家坐标系或地方坐标系下的三维或二维坐标、基线向量改正数、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。

4.3 GNSS RTK 测量

4.3.1 GNSS RTK 测量可采用单基站 RTK 测量和网络 RTK

测量两种方法进行。在卫星定位连续运行参考站(CORS)系统的有效覆盖范围内,宜采用网络 RTK 测量。

4.3.2 GNSS RTK 测量的主要技术要求应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 GNSS RTK 测量的主要技术要求

等级	点位中误差 (mm)	起算点等级	流动站至单基准 站的距离(km)	观测次数
三级	≤50	二级及以上	≤5	≥2

注:1 点位中误差指控制点相对于起算点的误差。

2 网络 RTK 测量可不受起算点等级、流动站至单基准站的距离限制。

4.3.3 GNSS RTK 控制点的点位选择应符合本规范第 4.2.5 条的规定,各测区 GNSS RTK 控制点总数不应少于 3 个,每个控制点宜有 1 个以上的通视方向。

4.3.4 GNSS RTK 控制点视工程需要可埋设混凝土桩、天然桩或木桩等。

4.3.5 GNSS RTK 坐标转换应符合下列规定:

1 施测前应收集测区控制点成果、GNSS 静态定位测量资料及 WGS84 坐标系与测区坐标系的转换参数;

2 坐标转换参数可直接使用测区 GNSS 网约束平差所计算的参数;

3 转换参数使用前,应对精度、可靠性进行分析;

4 无坐标转换参数时,坐标转换宜采用重合点求定参数(七参数或三参数)的方法进行;

5 参与坐标转换的控制点不应少于 3 个,且应覆盖测区范围。

4.3.6 GNSS RTK 基准站设置和流动站作业应符合下列规定:

1 采用单基站 GNSS RTK 测量时,基准站架设的地势应相对较高,周围无高度角超过 15°的障碍物和强烈干扰卫星信号或反射卫星信号的物体;

- 2 电台频率不应与测区其他无线电通信频率相冲突；
- 3 流动站测量作业前，宜检测 2 个以上不低于三级精度的已知控制点，检测点位较差不应大于 0.1m；
- 4 流动站的初始化应在开阔的地点进行，作业中出现卫星信号失锁应重新初始化，并应经重合控制点测量检查合格后，方能继续作业；
- 5 流动站作业的有效卫星数不宜少于 5 个，PDOP 值应小于 6，并应采用固定解成果；
- 6 手簿记录数据应及时下载、备份、处理。

4.4 全站仪导线测量

4.4.1 全站仪导线测量的主要技术要求应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 全站仪导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (km)	平均边长 (km)	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测回数		方位角闭合差 (")	导线全长相对闭合差
						2"级 仪器	6"级 仪器		
二级	2.4	0.25	≤8	≤15	≤1/14000	≥1	≥3	≤16√n	≤1/10000
三级	1.2	0.10	≤12	≤15	≤1/7000	≥1	≥2	≤24√n	≤1/5000

注：1 n 为测站数。

- 2 当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时，各等级导线长度、平均边长可适当放宽，但最大长度不应大于表中规定长度的 2 倍。

4.4.2 全站仪导线测量布网应符合下列规定：

- 1 各等级导线宜布设为附合导线；
- 2 当附合导线长度短于规定长度的 1/3 时，导线的全长闭合差不应大于 0.13m；

3 导线相邻边长之比不宜大于 1:3。

4.4.3 全站仪导线测量选点及埋石应符合下列规定：

- 1 点位应选在稳定可靠、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应保证便于观测，不受旁折光影响；

3 相邻点之间的视线应避免烟囱、散热塔、散热池等发热体及强电磁场；

4 相邻点之间的视线倾角应小于 50° ；

5 选点时应充分利用已有控制点；

6 全站仪二级导线控制点宜埋设混凝土桩，当混凝土桩埋设困难时，可设天然桩，全站仪三级导线控制点视工程需要，可埋设混凝土桩、天然桩、木桩等。

4.4.4 全站仪导线水平角观测应符合下列规定：

1 全站仪导线水平角观测宜采用方向观测法。

2 水平角方向观测法的主要技术要求应符合表 4.4.4 的规定。

表 4.4.4 水平角方向观测法的主要技术要求

等级	仪器精度	半测回归零差(")	一测回内 2C 互差(")	同一方向值各测回互差(")
二级	2"级	≤ 12	≤ 18	≤ 12
三级	6"级	≤ 18	—	≤ 24

3 仪器和反光镜对中误差不应超过 2mm，气泡中心位置不应偏离中心 1 格。

4 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。

5 水平角观测误差超限时，应进行重测。

6 当天观测数据应及时下载、备份、处理。

4.4.5 全站仪导线测距应符合下列规定：

1 测距仪器的标称精度应按下式计算：

$$m_D = a + b \times 10^{-6} \times D \quad (4.4.5)$$

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(mm)。

2 全站仪导线测距的主要技术要求应符合表 4.4.5 的规定。

表 4.4.5 全站仪导线测距的主要技术要求

等级	仪器类型	一测回读数 较差(mm)	单程各测回 较差(mm)	观测次数	
				往	返
二、三级	10mm 级	≤ 10	≤ 15	1	1

注：测回是指照准目标 1 次，读数 2 次~4 次的过程。

3 测站对中误差和反光镜对中误差不应大于 2mm。

4 当观测数据超限时，应重测整个测回。

5 当天观测数据应及时下载、备份、处理。

4.4.6 全站仪导线平差宜采用严密平差法。

5 高程控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 高程控制测量应采用国家统一的高程基准,也可根据实际情况或委托方要求选用其他高程基准。

5.1.2 高程控制测量精度等级应按四等、五等、等外划分。

5.1.3 高程控制测量宜采用 GNSS 拟合高程测量、全站仪三角高程测量、GNSS RTK 高程测量。

5.1.4 高程控制测量等级和测量方法的选用应符合表 5.1.4 的规定。

表 5.1.4 高程控制测量等级和测量方法的选用

等级	测量方法	适用范围
四等	GNSS 拟合高程/全站仪三角高程	线路、隧道(长度>1km)、大型跨越
五等	GNSS 拟合高程/全站仪三角高程	隧道(长度≤1km)、大中型穿越、中小型跨越、井场、站场
等外	GNSS RTK 高程/全站仪三角高程	像片控制测量、小型穿越、阀室及放空区、中线测量等

5.1.5 高程控制点宜与平面控制点共用,高程控制测量宜与平面控制测量一并进行。

5.1.6 内业计算时,高程数字取位应至 0.001m。

5.2 GNSS 拟合高程测量

5.2.1 GNSS 拟合高程测量的主要技术要求应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 GNSS 拟合高程测量的主要技术要求

等级	联测点/控制点高程较差(mm)	联测点等级
四等	$\leq 20\sqrt{D}$	四等
五等	$\leq 30\sqrt{D}$	四等

注: D 为联测点/控制点间坐标反算边长, 单位为 km, D 小于 1km 时, 按 1km 计。

5.2.2 GNSS 拟合高程控制网的联测应符合下列规定:

- 1 联测点应分布于测区周边及中部;
- 2 线路 GNSS 拟合高程控制网联测点应分布在线路两端及中部;
- 3 地形高差变化较大的地区应适当增加联测点的个数;
- 4 GNSS 拟合高程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。

5.2.3 GNSS 拟合高程的观测作业要求应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 GNSS 拟合高程的观测作业要求

等级	GNSS 平面观测等级
四等	四等
五等	二级及以上

5.2.4 GNSS 拟合高程计算应符合下列规定:

- 1 计算应充分利用当地的大地水准面或重力场模型资料;
- 2 应对联测点进行可靠性检验, 并应剔除不合格点;
- 3 对于较短和平坦的线路可采用平面拟合模型, 对于较长线路宜采用曲面拟合模型;
- 4 地形趋势变化明显的测区可采取分区拟合的方法;
- 5 计算过程中应对拟合高程模型进行优化;
- 6 GNSS 高程控制点的高程计算应在拟合高程模型所覆盖的范围内进行, 不宜外扩。

5.2.5 对 GNSS 高程控制点的拟合高程成果应进行检验。检测点数不宜少于全部高程点的 10%, 且不宜少于 3 个点, 高差检验可采用相应等级的全站仪三角高程测量方法进行, 精度应符合本

规范表 5.2.1 的规定。

5.3 全站仪三角高程测量

5.3.1 全站仪三角高程测量的主要技术要求应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 全站仪三角高程测量的主要技术要求

等级	每千米高差 全中误差(mm)	边长 (km)	观测方式	对向观测高差 较差(mm)	附和或环形 闭合差(mm)
四等	≤ 10	≤ 1	对向观测	$\leq 40\sqrt{D}$	$\leq 20\sqrt{\sum D}$
五等	≤ 15	≤ 1	对向观测	$\leq 60\sqrt{D}$	$\leq 30\sqrt{\sum D}$
等外	≤ 20	≤ 0.5	对向观测	$\leq 80\sqrt{D}$	$\leq 40\sqrt{\sum D}$

注: D 为测距边的长度(km)。

5.3.2 全站仪三角高程观测的主要技术要求应符合下列规定:

1 观测的主要技术要求应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 全站仪三角高程观测的主要技术要求

等级	垂直角观测				边长测量	
	仪器类型	测回数	指标差较差 (")	测回较差 (")	仪器类型	观测次数
四等	2"级	≥ 3	≤ 7	≤ 7	10mm级	往返各一次
五等	2"级	≥ 2	≤ 10	≤ 10	10mm级	往一次
等外	6"级	≥ 1	≤ 25	≤ 25	10mm级	往一次

2 高差应对向观测,对向观测高差较差应在限差内取平均值。

3 仪器高、反射镜高应量至 1mm。

4 对向观测高差应进行地球曲率和折光差改正。

5 测距的技术要求应符合本规范第 4.4.5 条的规定。

5.3.3 高程控制网的平差宜采用严密平差法。

5.4 GNSS RTK 高程测量

5.4.1 GNSS RTK 高程测量可采用单基站 RTK 测量或网络

RTK 测量方法进行。在 CORS 系统有效覆盖范围内,宜采用网络 RTK 测量。

5.4.2 GNSS RTK 高程测量的主要技术要求应符合表 5.4.2 的规定。

表 5.4.2 GNSS RTK 高程测量的主要技术要求

等级	高程中误差 (mm)	起算点等级	流动站至单基准 站的距离(km)	观测次数
等外	≤50	五等及以上	≤5	≥2

注:1 单基站 RTK 高程中误差指控制点相对于起算点的误差。

2 网络 RTK 高程中误差指相对于邻近控制点的高程中误差。

3 GNSS RTK 用于中线转点测量时,高程中误差可放宽至 2 倍。

4 网络 RTK 高程测量可不受起算点等级、流动站至单基准站距离的限制。

5.4.3 GNSS RTK 高程计算应符合本规范第 5.2.4 条的规定。

5.4.4 GNSS RTK 高程测量基准站设置和流动站作业应符合本规范第 4.3.6 条的规定。

6 地形测量

6.1 一般规定

6.1.1 测图比例尺可根据设计阶段和工作内容按表 6.1.1 选用。

表 6.1.1 测图比例尺的选用

设计阶段	工作内容	比例尺
可行性研究、 初步设计	线路	1 : 2000, 1 : 5000, 1 : 10000, 1 : 50000
	大型穿(跨)越、隧道	1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000
	站场	1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000
	局部复杂地段	1 : 1000, 1 : 2000
施工图设计	线路	1 : 2000, 1 : 5000, 1 : 10000
	大型穿(跨)越、隧道	1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000
	站场	1 : 500
	局部复杂地段	1 : 500, 1 : 1000
	小型穿(跨)越、阀室及放空区等	1 : 200, 1 : 500

注:1 1 : 200 比例尺的地形图可按 1 : 500 地形图测量的要求执行。

2 1 : 10000, 1 : 50000 线路走向图可采用相应比例尺的基础地形图或卫星影像数据制作。

3 根据委托方要求,地形图要素可增减。

6.1.2 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 地形类别应根据地面倾角 α 大小确定,地形类别的划分应符合表 6.1.2-1 的规定。

表 6.1.2-1 地形类别的划分

地面倾角 $\alpha(^{\circ})$	地形类别
$\alpha < 3$	平坦地
$3 \leq \alpha < 10$	丘陵地
$10 \leq \alpha < 25$	山地
$\alpha \geq 25$	高山地

2 地形图基本等高距应符合表 6.1.2-2 的规定。

表 6.1.2-2 地形图基本等高距(m)

地形类别	比例尺			
	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
平坦地	0.5	0.5	1	2
丘陵地	0.5	1	2	5
山地	1	1	2	5
高山地	1	2	2	5

注:1 一个测区同一比例尺应采用一种基本等高距。

2 水域测图的基本等高距可按水底地形倾角比照地形类别和测图比例尺选择。

6.1.3 地形测量的基本精度应符合下列规定:

1 地形图图上地物点相对于邻近控制点的点位中误差不应超过 0.8mm,水域不应超过 1.5mm。隐蔽或施测困难地区,可放宽 50%。

2 等高线插求点或数字高程模型格网点相对于邻近控制点的高程中误差,应符合表 6.1.3-1 的规定。

表 6.1.3-1 等高线插求点或数字高程模型格网点的高程中误差

一般地区	地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
	高程中误差(m)	$\leq \frac{1}{3}h_d$	$\leq \frac{1}{2}h_d$	$\leq \frac{2}{3}h_d$	$\leq h_d$
水域	水底地形倾角 $\alpha(^{\circ})$	$\alpha < 3$	$3 \leq \alpha < 10$	$10 \leq \alpha < 25$	$\alpha \geq 25$
	高程中误差(m)	$\leq \frac{1}{2}h_d$	$\leq \frac{2}{3}h_d$	$\leq h_d$	$\leq \frac{3}{2}h_d$

注:1 h_d 为地形图的基本等高距(m)。

2 对于数字高程模型, h_d 的取值应以模型比例尺和地形类别按表 6.1.2-2 选用。

3 隐蔽或施测困难的一般地区测图,可放宽 50%。

4 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。

3 地形测图地形点的最大点位间距,应符合表 6.1.3-2 的规定。

表 6.1.3-2 地形点的最大点位间距(m)

比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
一般地区	15	30	50	100

注:水域测图的断面间距和断面的测点间距,根据地形变化和用图要求可适当加密或放宽。

4 地形图上高程点的注记,当基本等高距为 0.5m 时,应注记至 0.01m;当基本等高距大于 0.5m 时,应注记至 0.1m。

6.2 测量方法及要求

6.2.1 地形测量宜采用 GNSS RTK 测图、全站仪测图等方法。

6.2.2 GNSS RTK 测图应符合下列规定:

- 1** GNSS RTK 测图宜采用单基站 RTK 或网络 RTK 测图;
- 2** GNSS RTK 坐标和高程转换分别应符合本规范第 4.3.5 条、第 5.2.4 条的规定;
- 3** 采用网络 RTK 测量时,应在 CORS 网络的有效覆盖范围内作业;
- 4** 采用单基站 RTK 测量时,基准站应设在地势相对较高、无强烈干扰或阻碍接收卫星信号的位置;
- 5** 采用单基站 RTK 测量时,流动站距基准站的距离不宜超过 10km,电台频率不应与测区其他无线电通信频率冲突;
- 6** 流动站测量作业前,宜检测 2 个以上控制点,检测结果与已知成果的平面较差不应大于图上 0.2mm,高程较差不应大于基本等高距的 1/5;
- 7** 流动站的初始化应在开阔的地点进行,作业中出现卫星信号失锁应重新初始化,并经重合点测量检查合格后方能继续作业;
- 8** 流动站作业的有效卫星数不宜少于 5 个,PDOP 值应小于 6,并应采用固定解成果;
- 9** 不同基准站或不同时段的网络 RTK 测量作业时,流动站

应检测一定数量的地物重合点,点位较差不应大于图上 0.6mm,高程较差不应大于基本等高距的 1/3;

10 作业结束前,应进行已知点检查;

11 当天记录数据应及时下载、备份、处理,发现漏点或超限点要及时补测、重测,并做好备忘录。

6.2.3 全站仪测图可采用编码法、草图法或内外业一体化实时成图等方法。

6.2.4 全站仪测图的仪器安置及测站检核应符合下列规定:

1 仪器的对中偏差不应大于 5mm,仪器高和反射镜高量至 1mm;

2 应选择较远的控制点作为测站定向点,并施测另一控制点的坐标和高程作为测站检核,检核点的平面位置较差不应大于图上 0.2mm,高程较差不应大于 1/5 基本等高距;

3 作业过程中和作业结束前,应对定向方位进行检查。

6.2.5 全站仪测图的最大测距长度应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 全站仪测图的最大测距长度

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

6.2.6 地形测量应绘好草图,测点应做好编号。地物、地貌应分类顺序施测,并按规定图式标注,地形要素间的相对位置应清楚正确。每天应及时对照草图检查所采集的数据。

6.2.7 施测地形图应遵循“看不清不测绘”的原则,根据地形点和地形结合草图实际形象地勾绘等高线。每一测站工作完毕后,应对照实地检查地物、地貌有无错漏,综合取舍是否恰当。

6.3 水域地形测量

6.3.1 水域地形测量的主要技术要求应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 水域地形测量的主要技术要求

测图比例尺	断面间距(m)	测点间距(m)
1 : 500	10	5~10
1 : 1000	15~20	10~15
1 : 2000	25~40	15~20
1 : 5000	80~100	30~50

6.3.2 水边线的测量应在最短时间内一次测完, 并应标注测量日期。

6.3.3 水深测量方法应根据水下地形状况、水深、流速和测深设备合理选择。测深点的深度中误差应符合表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 测深点的深度中误差

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

注: 1 H 为水深(m)。

2 当精度要求不高、作业特别困难、用测深锤测深流速大于表中规定或水深大于 20m 时, 测点深度中误差可放宽 1 倍。

3 当采用测深仪时, 换能器的安装、仪器的操作应严格按照说明书要求进行。

6.3.4 测深点的定位可采用 GNSS RTK 测量、交会法或极坐标测量等方法。

6.3.5 采用交会法定位时应符合下列规定:

1 控制点均可作为交会的测站;

- 2 两岸相应测站的连线宜垂直于流向,测站距水边宜大于 50m;
- 3 同岸两测站间距应大于河流水面宽的 1/2;
- 4 测站高度与测船上目标高宜相等;
- 5 当测船靠近异岸测站连线 1/8 水面宽时,宜停止交会;
- 6 交会水下地形点之示误三角形的内切圆直径不应大于 3mm。

6.4 内业成图

6.4.1 内业成图的数据获取可采用地面人工测量、卫星遥感测量、航空摄影测量、机载激光雷达测量、原图数字化和已有测量资料采集等方法。

6.4.2 内业成图的主要工序应包括数据采集、数据处理、图形处理与成果输出。

6.4.3 观测数据的处理应符合下列规定:

- 1 观测数据应转存至计算机并生成原始数据文件,数据量较少时,可采用键盘输入,但应加强检查;

- 2 对地形测量数据处理,可增删和修改测点的编码、属性和信息排序等,但不应修改测量数据;

- 3 生成等高线时,应确定地性线的走向和断裂线的封闭。

6.4.4 数据处理的主要成果应包括下列文件:

- 1 原始数据文件;
- 2 控制点成果文件;
- 3 碎部点成果文件;
- 4 绘图信息数据文件。

6.4.5 图形处理的成果应符合下列规定:

- 1 图形文件与相关的数据文件应彼此对应;
- 2 图形文件的格式宜与国家标准统一或便于相互转换;
- 3 图形文件应便于显示、编辑、输出。

6.4.6 内业成图应提交下列成果：

- 1 成果说明文件；**
- 2 控制点成果文件；**
- 3 地形图文件。**

7 线路测量

7.1 一般规定

7.1.1 中线转点宜作为线路带状地形图平面和高程控制点。

7.1.2 中线跨两个分度带时,应计算分度带界线两侧各两个中线转点的邻带坐标。

7.1.3 线路走向图宜利用同等比例尺或小一级比例尺地形图或卫星遥感影像图进行编制,对沿线变化较大的地物、地貌应予以修测。成图的图面宽度不应小于 10cm,线路中线宜位于图中央。

7.2 线路控制测量

7.2.1 平面控制测量宜采用 GNSS 静态定位测量方法,技术要求应符合本规范第 4 章的规定。

7.2.2 高程控制测量宜采用 GNSS 拟合高程测量、全站仪三角高程测量方法,技术要求应符合本规范第 5 章的规定。

7.2.3 控制网的布设应符合下列规定:

1 线路控制点宜沿线路布设成点对,构成由四边形或大地四边形组成的带状网;

2 点对与点对之间的距离宜为 8km~15km,最长不应超过 20km,组成点对的两点间距不宜小于 500m;

3 线路过长时可视情况分段,在各段交界处应布设一对 GNSS 控制点;

4 线路起终点、隧道两端、大中型穿(跨)越点及大型站址等附近宜布设 GNSS 点对。

7.2.4 控制网的联测应符合下列规定:

1 联测国家高等级控制点数不应少于 3 个,特殊情况下不应

少于 2 个；

2 联测点为 3 个及以上时，宜在网中均匀分布，联测点为 2 个时，应分布在网的两端；

3 联测点间距不应大于 100km；

4 联测时，应采用 GNSS 静态定位测量验证联测点的精度是否满足要求。

7.3 中线测量

7.3.1 中线转点测量宜采用 GNSS RTK、全站仪测量等方法，技术要求应符合本规范第 4 章、第 5 章的规定。

7.3.2 GNSS RTK、全站仪测量中线转点应符合下列规定：

1 坐标应测量两次，较差不应大于 0.1m，限差内取平均值；

2 高程应测量两次，较差不应大于 0.2m，限差内取平均值。

7.3.3 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：

$$x + yyy.y \quad (7.3.3)$$

式中： x ——自然数；

y ——0~9 的自然数，+前为千米数(km)，+后为米数(m)。

7.3.4 中线成果取位应符合表 7.3.4 的规定。

表 7.3.4 中线成果取位

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

7.4 线路带状地形图测绘

7.4.1 线路带状地形图宜实测数字地形图，比例尺宜为 1:2000 或 1:5000，可按小一级比例尺地形图的规定进行测绘。带状地形图测图宽度应符合下列规定：

1 1:2000 中线两侧不应小于 60m；

2 1:5000 中线两侧不应小于 100m。

7.4.2 线路带状地形图测绘的主要技术要求应符合表 7.4.2 的规定。

表 7.4.2 线路带状地形测图测绘的主要技术要求

测图比例尺	1:2000	1:5000
基本等高距(m)	1、2、5	2、5、10
最大测距长度(m)	700	1000
地形点最大间距(m)	60~80	100~200
地形点高程注记(m)	0.1	

7.4.3 地形测量可采用 GNSS RTK、全站仪测量方法进行,测量时宜绘制草图。地形测量时可以中线转点作测站。测绘主要技术要求除应符合本规范第 7.4.2 条的规定外,还应符合本规范第 6.2 节的有关规定。

7.4.4 线路带状地形图地物、地貌的测绘应符合下列规定:

1 中线两侧各 60m 以内的管道、送电线、通信线、铁路、公路、里程碑、河流、桥涵、独立树、房屋及省、市、县界等应实测,道路应注明去向,地类界应按种类、经济价值和面积大小适当取舍,并注明种类名称;

2 中线两侧各 60m~100m 以内的居民点、厂矿、变电站、易燃易爆危险品仓库等宜测其外廓;

3 地貌以等高线表示,明显特征地貌应以符号表示,山顶、鞍部、山脊、谷底、独立石、坑穴、陡崖等应测注高程。

7.5 纵断面测量

7.5.1 纵断面测量可采用全站仪、GNSS RTK 直接测定断面点的坐标和高程,技术要求应符合本规范第 6.2 节的规定。

7.5.2 断面点的取舍视现场情况而定,以能合理表达地形变化为原则。局部高差变化小于 0.5m 的沟坎可舍去。断面点间距不应大于图上 5cm。

7.5.3 中线通过河流、水塘、冲沟、道路和管道时,应加密断面点。

中线通过的地类界、植被应标明。

7.5.4 纵断面测量应绘制草图。在中线两侧各 25m 内的各种线路、管道、建筑物、水井、坟地、植被、坎子等应绘于平面示意图栏中,地物应与纵断面线对应,可不画等高线。

7.5.5 纵断面及线路带状地形图测量完成后宜绘制线路平纵图,线路平纵图比例尺可按表 7.5.5 选用。

表 7.5.5 线路平纵图比例尺的选用

平面及横向比例尺	1 : 2000	1 : 5000
纵向比例尺	1 : 100 或 1 : 200	1 : 200 或 1 : 500

7.5.6 采用全站仪测量纵断面时,在转点间或转点与方向点间应进行附和,距离相对闭合差不应大于 $1/500$,高程闭合差不应超过 $0.2\sqrt{n}$ (高程闭合差单位为 m, n 为测站数)。

7.6 横断面测量

7.6.1 局部地段宜根据需要进行横断面测量。

7.6.2 横断面图纵、横比例尺宜相同,可选 1 : 200 或 1 : 500。

7.7 曲线测设

7.7.1 需要进行曲线测设时,管道在平面转点处的连接形式应以设计要求为依据。

7.7.2 管道曲线测设前应收集下列资料:

- 1 各种直径的管道弯管连接时的允许最大转角;
- 2 各种直径的管道弹性敷设时的一般曲率半径和最小曲率半径;
- 3 弯管连接时的允许最小曲率半径。

7.7.3 根据实测转角和规定的曲率半径,应在现场算出曲线元素(切线长、曲线长、外矢距),测定曲线起点、终点、中点之高程和位置,并推算曲线里程。在地形起伏较大的地段,应测出曲线断面。

7.8 线路配套工程测量

7.8.1 伴行道路测量应符合下列规定：

1 道路中线宜在实地一次选点，确定起点、终点、转(折)点桩的位置；

2 线路带状地形图测绘技术要求应符合本规范第 7.4 节的规定；

3 道路中心线两侧各 25m 范围内的地物、地形应按相应比例尺地形图的要求实测；

4 伴行道路纵断面、横断面宜实测，亦可根据 1 : 500 或 1 : 1000 比例尺地形图解析断面点坐标及高程；

5 伴行道路横断面的密度视设计需要而定，平原地区宜为 50m~100m 测设一处，丘陵地或山地宜加密至每 20m 测设一处，道路转弯曲线及陡坡处宜加密；

6 纵断面图比例尺宜为纵比例 1 : 200 或 1 : 500、横比例 1 : 1000 或 1 : 2000，横断面图纵、横比例尺宜相同，可选 1 : 200 或 1 : 500；

7 伴行道路纵、横断面图除应提交图形成果外，还应提交数据成果。

7.8.2 送电线路和通信线路测量应符合下列规定：

1 送电线路和通信线路宜分为架空线路和地下线路；

2 中线测量应符合本规范第 7.3 节的规定；

3 线路带状地形图测绘应符合本规范第 7.4 节的规定；

4 架空线路通过既有架空线路、索道、特殊(易燃、易爆)管道、渡槽、房屋等建筑物时，应施测交叉点顶部或底部高程，并注记被跨越物的名称、材料等；

5 架空线路跨越沟、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，高度大于 0.5m 时应标注；

6 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,必要时,应施测风偏横断面或风偏点;

7 地下线路纵断面测量技术要求应符合本规范第 7.5 节的规定。

7.8.3 水管道测量应符合本规范第 7.3 节~第 7.7 节的规定。

8 穿(跨)越测量

8.1 一般规定

8.1.1 水域穿越工程及跨越工程等级划分应符合表 8.1.1-1、表 8.1.1-2 的规定。

表 8.1.1-1 水域穿越工程等级

工程等级	穿越水域工程的水文特征	
	多年平均水位水面宽度(m)	相应水深度(m)
大型	≥ 200	不计水深
	$\geq 100 \sim < 200$	≥ 5
中型	$\geq 100 \sim < 200$	< 5
	$\geq 40 \sim < 100$	不计水深
小型	< 40	不计水深

注:1 若采用裸管敷设或沟埋穿越,当施工期间最大流速大于 2m/s 时,中、小型工程等级可提高一级。

2 有特殊要求的工程,可提高工程等级。

表 8.1.1-2 跨越工程等级

工程等级	总跨长度(m)	主跨长度(m)
大型	≥ 300	≥ 150
中型	$\geq 100 \sim < 300$	$\geq 50 \sim < 150$
小型	< 100	< 50

8.1.2 大、中型水域穿越工程及跨越工程应单独建立控制网。初步设计阶段可建立独立坐标系统和假定高程系统,施工图设计阶段的坐标、高程系统宜与线路一致。

8.1.3 陆地定向钻穿越工程应施测大比例尺地形图和纵断面图,技术要求应符合本规范第 6 章和第 7.5 节的规定。

8.1.4 铁路、公路、冲沟等穿越工程及小型跨越工程应施测大比

例尺地形图和纵断面图,技术要求应符合本规范第 6 章和第 7.5 节的规定。

8.2 控制测量

8.2.1 各穿(跨)越点附近宜布设不少于 2 个相互通视的控制点。穿(跨)越的主断面桩宜为控制点。

8.2.2 平面控制测量宜采用 GNSS 静态定位测量、GNSS RTK 测量、全站仪导线测量方法,技术要求应符合本规范第 4 章的规定。

8.2.3 高程控制测量宜采用 GNSS 拟合高程测量、全站仪三角高程测量、GNSS RTK 高程测量方法,技术要求应符合本规范第 5 章的规定。

8.3 地形测量

8.3.1 跨越工程中除因设立支墩和水文计算需要外,可不测水下地形。

8.3.2 两岸地形图除按一般要求测绘外,还应测绘和注记下列内容:

- 1 穿(跨)越边两端的线路走向;
- 2 埋地管线、送电线、航道设施等;
- 3 有关专业人员指定的不良地质区。

8.3.3 陆上、水域地形测量技术要求应符合本规范第 6 章的规定。

8.4 纵断面测量

8.4.1 穿越纵断面测量,除应执行本规范第 7.5 节的有关规定外,还应符合下列规定:

- 1 两岸应分别测至顺纵断面桩各外延 50m;
- 2 当用机动船配合测深仪测穿越纵断面时,应沿断面线往返

复测数次,经取舍后图解断面;

3 应绘出实测水边线。

8.4.2 跨越纵断面测量应符合本规范第 7.5 节的规定。未测水下地形时,纵断面宜测到水边线,纵、横比例尺宜相同。

8.4.3 对于非开挖穿越方式,除测量主纵断面外,宜在中线两侧各 15m~20m 处施测两条辅助纵断面。

9 隧道测量

9.1 控制测量

9.1.1 隧道工程应单独建立控制网。初步设计阶段可建立独立坐标系统和假定高程系统,施工图设计阶段的坐标、高程系统宜与线路一致。

9.1.2 隧道进、出洞口处应各布设至少 3 个控制点,点与点之间宜互相通视。进出洞口桩宜为控制点,其连线宜为 GNSS 网直接观测边。

9.1.3 平面控制测量宜采用 GNSS 静态定位测量方法,技术要求应符合本规范第 4 章的规定。

9.1.4 高程控制测量宜采用 GNSS 拟合高程测量、全站仪三角高程测量方法,技术要求应符合本规范第 5 章的规定。

9.2 地形测量

9.2.1 隧道工程地形测量内容宜包括洞口地形图、洞身地形图、堆渣场地形图及连接道路带状地形图。

9.2.2 隧道工程地形图的比例尺宜根据工作内容按表 9.2.2 选用。

表 9.2.2 隧道工程地形图比例尺的选用

工作内容	测图比例尺	备注
洞口地形图	1 : 500	—
洞身地形图	1 : 2000, 1 : 1000	长度 > 1km 的隧道宜选 1 : 2000
堆渣场地形图	1 : 500, 1 : 1000	—
连接道路带状地形图	1 : 2000, 1 : 1000	—

9.2.3 地形测量的技术要求应符合本规范第 6 章的规定。

9.2.4 连接道路带状地形图测绘的技术要求应符合本规范第 7.8.1 条第 2 款、第 3 款的规定。

9.3 纵断面测量

9.3.1 隧道洞身纵断面测量平面长度应与隧道进出洞口桩的平面长度一致。

9.3.2 隧道进出洞桩上端 50m 高差范围内应详测,上端山顶部分宜测出地形变换点。测量范围内遇冲沟、峡谷可能使隧道覆盖层较薄或隧道出露,则应详细测量断面数据并绘制纵断面图。

9.3.3 水下隧道的水下断面测量应符合本规范第 8.4.1 条的规定。

9.3.4 隧道洞身纵断面图纵、横比例尺宜相同,并宜与洞身地形图比例尺一致。

9.3.5 纵断面测量的技术要求应符合本规范第 7.5 节的规定。

10 站址测量

10.0.1 控制网的坐标系统和高程系统应与线路一致。可行性研究和初步设计阶段可采用独立坐标系统和假定高程系统。

10.0.2 站址布设控制点不应少于 3 个,控制点间宜相互通视。

10.0.3 平面控制测量宜采用 GNSS 静态定位测量、GNSS RTK 测量、全站仪导线测量方法,技术要求应符合本规范第 4 章的规定。

10.0.4 高程控制测量宜采用 GNSS 拟合高程测量、全站仪三角高程测量、GNSS RTK 高程测量方法,技术要求应符合本规范第 5 章的规定。

10.0.5 站址地形图的比例尺宜为 1 : 500 或 1 : 1000。要求更大比例尺的专用地形图时,在能满足设计需要的前提下,可按 1 : 500 比例尺地形图的技术要求进行测绘,或利用 1 : 500 比例尺地形图放大。

10.0.6 地形测量的主要技术要求应符合本规范第 6 章的规定。

10.0.7 进出站管线应测绘,并按设计人员指定的位置测出埋地管线。

10.0.8 站址地形图应注记地名、行政区名、道路去向等。

10.0.9 站址地形图应有简要说明和控制点成果表。

11 卫星遥感测量

11.1 一般规定

11.1.1 卫星遥感测量可用于 1:5000、1:10000、1:50000 卫星遥感正射影像图的制作。

11.1.2 卫星遥感测量宜采用油气输送管道工程统一的坐标系统和高程系统。

11.1.3 1:5000、1:10000、1:50000 卫星遥感正射影像图制作,宜采用全色或多光谱卫星数据。遥感影像的技术参数应符合下列规定:

1 影像分辨率的选择应符合表 11.1.3 的规定。

表 11.1.3 影像分辨率的选择

比例尺	分辨率(m)
1:5000	≤ 0.5
1:10000	≤ 1
1:50000	≤ 5

注:特殊困难地区,分辨率可放宽至 2 倍。

2 接边影像重叠度不应小于 4%,最小不应小于 2%。

3 云、雪覆盖不应大于 5%,且不应覆盖重要地物,分散的云雪总和不应超过 15%。

4 平原地区侧视角不应大于 25°,山区不应大于 20°。

11.1.4 卫星遥感正射影像图的制作应符合下列规定:

1 单色遥感正射影像图的制作宜选择全色影像,也可选单波段影像;

2 彩色遥感正射影像图的制作宜选择不少于 3 个波段的层次丰富、图像清晰、色调均匀、反差适中的多光谱影像;

3 影像获取时间应一致或接近；

4 各波段影像的配准误差不应大于 0.2mm，影像套合误差不应大于 0.3mm。

11.1.5 卫星遥感正射影像图宜标注主要地理名称及重要地物。

11.1.6 卫星遥感正射影像图幅规格应符合现行石油天然气行业标准《石油天然气工程制图标准》SY/T 0003 的规定。

11.2 正射纠正与镶嵌

11.2.1 卫星遥感正射影像图制作可采用 DEM 正射纠正、相同或较大比例尺地形图正射纠正、实测控制点正射纠正等方法。

11.2.2 卫星遥感影像的正射纠正应符合下列规定：

1 采用全色与多光谱影像纠正，应根据地区光谱特性选择合适的光谱波段组合，分别对全色与多光谱影像进行正射纠正；

2 高山地、山地应根据影像控制点采用严密物理模型或有理函数模型，通过 DEM 数据进行几何纠正，对影像重采样，获取正射影像；

3 丘陵地可利用低一等级的 DEM 进行正射纠正，平坦地可直接采用多项式拟合进行纠正；

4 影像正射纠正的作业还应符合《基础地理信息数字产品 1:10000 1:50000 生产技术规程》系列标准 CH/T 1015 的有关规定。

11.2.3 纠正用的影像控制点布设应符合下列规定：

1 控制点的点位应均匀分布，控制区域应大于作业区范围。每景影像控制点数量应有 9 个~15 个，山地应适当增加控制点，相邻景重叠区应选取不少于 3 个公共点。当整景影像涉及大面积水域、沙漠、森林、草地、戈壁、高山高原等特征地物点稀少地区时，可适当减少控制点数量，但不宜少于 6 个。

2 纠正用的影像控制点应为明显地物，可选在两条明显道路的交叉部位，应优先选择正十字或丁字交叉口，不应选斜交叉口作

为控制点。控制点较难选取的山区,应选择走向明显的山脊交叉点或拐点作为控制点。

11.2.4 纠正用的影像控制点精度应符合下列规定:

1 平高控制点相对于邻近平面控制点的平面位置中误差应小于图上 0.1mm。

2 平高控制点、高程控制点相对于邻近高程控制点的高程中误差应符合表 11.2.4 的规定。

表 11.2.4 平高控制点、高程控制点高程中误差(m)

地形类别	1:5000,1:10000	1:50000
平地	≤0.1	≤0.8
丘陵地	≤0.25	≤1.0
山地	≤0.5	≤1.2
高山地	≤0.5	≤2.5

3 大面积森林、沙漠、戈壁、沼泽等困难地区,平面位置中误差可放宽至图上 0.15mm,高程中误差可按表 11.2.4 的规定放宽至 1.5 倍。

11.2.5 采用数字高程模型(DEM)进行正射纠正时,应符合下列规定:

1 DEM 数据覆盖区域应大于作业区;

2 DEM 应具有元文件;

3 DEM 数据接边不应存在错位、缺失等错误;

4 DEM 数据应有良好的现势性,纠正后的影像不应产生明显畸变;

5 DEM 应有重叠区域,且重叠区域的高程应保持一致;

6 应选择同等级或高一等级的 DEM。

11.2.6 在现有地形图上采集用于正射纠正的控制点时,应符合下列规定:

1 地形图比例尺不应小于成图比例尺;

2 地形图覆盖区域应大于作业区;

3 地形图图面内容应完整。

11.2.7 采用实测控制点进行正射纠正时,应符合下列规定:

1 控制点应在测区范围均匀分布;

2 控制点宜采用 GNSS RTK 测量,技术要求应符合本规范第 4 章、第 5 章的规定。

11.2.8 影像的镶嵌和处理应符合下列规定:

1 相邻两景影像应按几何位置对准,成为完整的一幅图,去掉接边部分多余的行(列)像元实现数字镶嵌;

2 应对影像进行色调调整;

3 接缝处影像灰度、色调应与整幅影像灰度、色调协调。

11.3 正射影像图精度

11.3.1 正射影像图的分辨率应符合表 11.1.3 的规定。

11.3.2 平面位置中误差按成图比例应符合表 11.3.2 的规定。

表 11.3.2 平面位置中误差(mm)

平坦地、丘陵地	山地、高山地
≤ 0.5	≤ 0.75

注:1 特殊困难地区,平面位置中误差可按上表中相应地形类别放宽至 1.5 倍。

2 接边误差不应大于 2 个像元。

11.3.3 纠正控制点残差中误差应符合表 11.3.3 的规定。

表 11.3.3 纠正控制点残差中误差(像素)

平坦地、丘陵地	山地、高山地
≤ 1	≤ 2

11.3.4 配准控制点残差应符合表 11.3.4 的规定。

表 11.3.4 配准控制点残差(像素)

平坦地、丘陵地	山地、高山地
≤ 1	≤ 2

注:全色与多光谱影像不同步或不同源时,限差可按上表放宽至 1.5 倍。

12 航空摄影测量

12.1 一般规定

12.1.1 航空摄影测量可为油气输送管道工程初步设计与施工图设计提供 1:2000 或 1:5000 数字高程模型(DEM)、数字正射影像图(DOM)、数字线划图(DLG)。

12.1.2 线路中线转点和纵断面可利用航空摄影测量数据进行采集。

12.1.3 内业加密点的精度要求应符合下列规定：

1 以成图比例尺计算,内业加密点相对于邻近控制点的平面位置中误差应符合表 12.1.3-1 的规定。

表 12.1.3-1 平面位置中误差

地形类别	平坦地、丘陵地		山地、高山地	
	1:2000	1:5000	1:2000	1:5000
内业加密点(mm)	≤0.40	≤0.35	≤0.55	≤0.50

2 内业加密点相对于邻近控制点的高程中误差应符合表 12.1.3-2 的规定。

表 12.1.3-2 高程中误差

成图比例尺	1:2000				1:5000			
	平坦地	丘陵地	山地	高山地	平坦地	丘陵地	山地	高山地
内业加密点(m)	—	≤0.35	≤0.8	≤1.2	—	≤1.0	≤2.0	≤2.5

12.1.4 无人飞行器低空航空摄影测量的技术要求应符合现行石油天然气行业标准《油气管道工程无人机航空摄影测量规范》SY/T 7344 的规定。

12.1.5 机载激光雷达测量的技术要求应符合现行石油天然气行业标准《石油天然气工程建设遥感技术规范》SY/T 6965 的规定。

12.2 航空摄影

12.2.1 航摄比例尺的选择宜符合表 12.2.1 的规定。

表 12.2.1 航摄比例尺的选择

成图比例尺	航摄比例尺	
	平坦地、丘陵地	山地、高山地
1 : 2000	1 : 8000~1 : 10000	1 : 9000~1 : 16000
1 : 5000	1 : 12000~1 : 25000	1 : 12000~1 : 25000

12.2.2 航空摄影应选择适当的季节和时间进行。摄影航线宜按线路走向分段敷设,有效成像范围不应低于图上中线两侧各 150mm。

12.2.3 航空摄影地面分辨率应符合表 12.2.3 的规定。

表 12.2.3 航空摄影地面分辨率

成图比例尺	地面分辨率(m)
1 : 2000	≤ 0.2
1 : 5000	≤ 0.5

12.2.4 管道的起、终点两端及每条航线的两端应至少向外超出 2 条基线。

12.2.5 摄影时间宜选择太阳高度角大于 45° , 阴影倍数小于 2 的时间段。

12.2.6 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 30%~35%, 最小不应小于 15%。

12.2.7 像片倾斜角不应大于 2° , 最大不应大于 3° , 像片旋偏角应小于 15° 。

12.2.8 航线弯曲度不应大于 3%。成图比例尺为 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。

12.2.9 彩色像片应校色正确、色调均匀、不偏色、影像层次丰富、清晰一致。

12.3 线路控制测量

12.3.1 线路控制测量应符合本规范第 7.2 节的规定。

12.3.2 控制网的布设应满足采用 GNSS RTK 方法进行像片控制测量和中线转点桩放样测量的需要。

12.4 像片控制测量

12.4.1 像片控制测量平面可采用 GNSS RTK、全站仪导线测量等方法,技术要求应符合本规范第 4 章的规定。

12.4.2 像片控制测量高程可采用 GNSS RTK 高程、全站仪三角高程测量方法,技术要求应符合本规范第 5 章的规定。

12.4.3 野外像片控制点的点位选择应符合下列规定:

1 像片控制点应布设在航向及旁向 6 片或 5 片重叠范围内。点位目标影像应清晰、易于判别和立体量测。当目标与其他像片条件发生矛盾时,应着重考虑目标条件。

2 像片控制点应选在旁向重叠中线附近,当旁向重叠不能满足要求时,应分别布点。测区周边的控制点应布设在图廓线外。

12.4.4 像片控制点的布设可采用全野外布点、航线网布点方法。

12.4.5 全野外布点应符合下列规定:

1 全能法测图时,每个立体像对应布设 4 个平高控制点。当航摄比例尺是成图比例尺的 4 倍时,应在像主点附近增设 1 个平高点,如图 12.4.5 所示。

2 控制点的平面位置由内业加密完成,高程由全野外施测时,图 12.4.5 中的平高控制点应改为高程控制点。

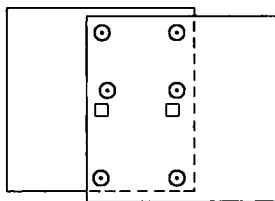


图 12.4.5 全野外布点

注：○平高控制点；□像主点

3 全野外布点时，点位离开通过像主点且垂直于方位线的直线距离不应大于 1cm，困难时个别点可适当放宽，但不应大于 1.5cm。当一张像片(两个立体像对)覆盖一幅图时，4 个基本纠正点或定向点应选在靠近图廓点与图廓线的位置上，离图廓点与图廓线的距离宜在 1cm 以内。

12.4.6 航线网布点应符合下列规定：

1 航线网布点应按航线分段布设，每段布设 6 个平高点，如图 12.4.6 所示。

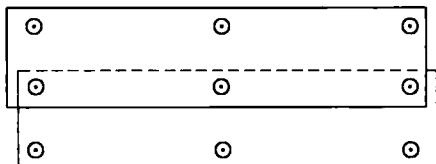


图 12.4.6 航线网布点

注：○平高控制点

2 航线首末端上下 2 个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 2 个控制点应布在同一立体像对内。

3 航线中间两控制点宜布设在首末控制点的中线上，向两侧偏离不应超过 1 条基线，其中一个应在中线上。应避免两控制点

向中线同侧偏离。

4 采用 POS 辅助航空摄影测量时,航线两端应各布设 2 个平高控制点,中部不应少于 1 个平高控制点。

12.5 影像调绘

12.5.1 影像调绘范围应为:1:2000 比例尺成图中线两侧不应小于 60m;1:5000 比例尺成图中线两侧不应小于 100m。

12.5.2 调绘要素宜包括管道、送电线、通信线、铁路、公路、大车路、里程碑、河流、房屋、村庄、植被及境界等。

12.5.3 调绘时应重点调查管道中心线两侧各 20m 范围内的地面与地下设施,宜根据地面标志标注地下设施的性质和位置,对于并行或交叉的地下管线、电缆等重要的地下设施,可根据委托方要求进行位置探测与定位测量。

12.5.4 调绘像片应采用黑红蓝三色清绘。影像调绘应判读准确,描绘清楚,图式符号运用恰当,各种注记准确无误。

12.5.5 调绘影像的分辨率或清晰度可视地物复杂程度而定,应以满足实地调绘要素的准确判读为原则。影像模糊的地物、被影像或阴影遮盖的地物、个别新增地物,未破坏地貌时,可采取外业判调的方法进行补调。

12.5.6 航摄后拆除的建筑物,应在影像上标注。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。地物、地貌的综合取舍应满足管道设计需要,以图面允许负载量和保持实地特征为原则。与管道中线交叉的冲沟、干沟应调绘是否有水,不同季节的水深和水面宽度应注明调绘日期。

12.6 航空摄影测量内业

12.6.1 空中三角测量加密应符合下列规定:

1 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。

2 绝对定向后,基本定向点残差、多余控制点的不符值及公共点较差的平面位置按成图比例限差和高程限差应符合表 12.6.1-1、表 12.6.1-2 的规定。

表 12.6.1-1 平面位置限差

地形类别	类别 \ 限差 比例尺	平面位置限差(mm)	
		1 : 2000	1 : 5000
平坦地	基本定向点	0.3	0.3
	多余控制点	0.5	0.35
	公共点较差	0.8	0.7
丘陵地	基本定向点	0.3	0.3
	多余控制点	0.5	0.35
	公共点较差	0.8	0.7
山地	基本定向点	0.4	0.4
	多余控制点	0.7	0.5
	公共点较差	1.1	1.0
高山地	基本定向点	0.4	0.4
	多余控制点	0.7	0.5
	公共点较差	1.1	1.0

表 12.6.1-2 高程限差

地形类别	类别 \ 限差 比例尺	高程限差(m)	
		1 : 2000	1 : 5000
平坦地	基本定向点	—	—
	多余控制点	—	—
	公共点较差	—	—
丘陵地	基本定向点	0.26	0.8
	多余控制点	0.4	1.0
	公共点较差	0.7	2.0
山地	基本定向点	0.6	1.5
	多余控制点	1.0	2.0
	公共点较差	1.6	4.0

续表 12.6.1-2

地形类别	类别 比例尺	限差	
		高程限差(m)	
		1:2000	1:5000
高山地	基本定向点	0.9	1.9
	多余控制点	1.5	2.5
	公共点较差	2.4	5.0

注:1 基本定向点残差应为加密点中误差的 0.75 倍。

2 1:2000 比例尺多余控制点的不符值应为加密点中误差的 1.25 倍, 1:5000 比例尺为 1 倍。

3 公共点的较差应为加密点中误差的 2 倍。

4 1:5000 比例尺相邻航线间的公共点较差应为模型连接限差的 $\sqrt{2}$ 倍。

12.6.2 数字高程模型(DEM)应符合下列规定:

1 数字高程模型(DEM)采集范围按成图比例尺不应小于图上中线两侧各 100mm。

2 数字高程模型(DEM)格网间距应符合表 12.6.2 的规定。

表 12.6.2 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)
1:2000	≤ 2.0
1:5000	≤ 2.5

3 数字高程模型(DEM)格网点,对于附近野外控制点或加密点的高程中误差,应符合本规范表 6.1.3-1 中等高线的高程中误差的规定。

4 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。

12.6.3 数字正射影像图(DOM)应符合下列规定:

1 成图范围按比例尺不应小于图上中线两侧各 100mm。

2 地面分辨率应符合表 12.6.3 的规定。

表 12.6.3 地面分辨率

成图比例尺	地面分辨率(m)
1:2000	≤ 0.2
1:5000	≤ 0.5

3 明显地物点的平面位置精度,应符合数字线划图上明显地物点的平面位置精度要求。

4 影像图应清晰、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。

12.6.4 线路中线测量应符合下列规定:

1 坐标和高程宜在立体模型中量测;

2 采用立体模型量测时,应切准地表,测量两次,两次测量的纵、横坐标和高程较差均不应大于 0.2m,限差内取平均值;

3 立体模型量测困难时,宜采用地面人工测量方法施测。

12.6.5 线路纵断面测量应符合下列规定:

1 成图比例尺的选用应符合本规范第 7.5.5 条的规定;

2 沿管道中线,在地形变化处应采集地形点高程,水域地区采集的是水面高程,应减去调绘时外业实地量测的水深,获得水下高程;

3 树林、竹林、灌木林、深沟等复杂地段,纵断面测量无法准确采集地面点时,应实测纵断面;

4 线路纵断面图应测至大中型河流、公路、铁路等的穿越桩。

12.6.6 数字线划图(DLG)应符合下列规定:

1 测绘宽度,1:2000 比例尺不应小于管道中线两侧各 60m;1:5000 不应小于各 100m,亦可根据设计委托方要求确定带宽;

2 等高距应符合本规范第 6.1.2 条的规定;

3 测量精度应符合本规范第 6.1.3 条的规定;

4 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;

5 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。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

引用标准名录

《基础地理信息数字产品 1 : 10000 1 : 50000 生产技术规程》
系列标准 CH/T 1015

《石油天然气工程制图标准》SY/T 0003

《石油天然气工程建设遥感技术规范》SY/T 6965

《油气管道工程无人机航空摄影测量规范》SY/T 7344

中华人民共和国国家标准

油气输送管道工程测量规范

GB/T 50539 - 2017

条文说明

编制说明

《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539—2017,经住房和城乡建设部 2017 年 7 月 31 日以第 1635 号公告批准发布。

本规范是在《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539—2009 的基础上修订而成的,上一版的主编单位是中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司(即中国石油工程建设有限公司西南分公司),参编单位是中国石油天然气管道工程有限公司(即中国石油管道局工程有限公司设计分公司)、大庆油田工程有限公司、中油辽河工程有限公司,主要起草人员是王洪生、秦兴述、肖德仁、万仕平、王瑞萍、陈瑞良、刘丽、傅贺平、李束为、王福祥、王福东、李玮、吕继书、马晓元、杨善文、王创立、张建国、罗沅、徐俊科。

本规范修订过程中,修订组进行了油气输送管道工程测量方面的调查研究,总结了我国几十年来油气输送管道工程测量工作的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,通过专题研究和讨论确定了油气输送管道工程测量方面的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《油气输送管道工程测量规范》修订组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(59)
2	术 语	(61)
3	基本规定	(62)
3.1	阶段划分和测量方法	(62)
3.2	可行性研究阶段的测量工作及成果	(62)
3.3	初步设计阶段的测量工作及成果	(62)
4	平面控制测量	(63)
4.1	一般规定	(63)
4.2	GNSS 静态定位测量	(64)
4.3	GNSS RTK 测量	(72)
4.4	全站仪导线测量	(73)
5	高程控制测量	(74)
5.1	一般规定	(74)
5.2	GNSS 拟合高程测量	(74)
5.3	全站仪三角高程测量	(77)
5.4	GNSS RTK 高程测量	(77)
6	地形测量	(79)
6.1	一般规定	(79)
6.3	水域地形测量	(79)
6.4	内业成图	(81)
7	线路测量	(83)
7.1	一般规定	(83)
7.2	线路控制测量	(83)
7.3	中线测量	(84)

7.4	线路带状地形图测绘	(84)
7.5	纵断面测量	(85)
7.6	横断面测量	(85)
7.8	线路配套工程测量	(85)
8	穿(跨)越测量	(86)
8.1	一般规定	(86)
8.2	控制测量	(86)
9	隧道测量	(88)
9.1	控制测量	(88)
9.2	地形测量	(88)
10	站址测量	(89)
11	卫星遥感测量	(90)
11.1	一般规定	(90)
11.2	正射纠正与镶嵌	(91)
12	航空摄影测量	(92)
12.1	一般规定	(92)
12.2	航空摄影	(92)
12.4	像片控制测量	(92)
12.5	影像调绘	(93)
12.6	航空摄影测量内业	(93)

1 总 则

1.0.1 本条明确了本规范制定的目的。本规范编制中以国家的技术经济政策为依据,总结和采纳了我国油气输送管道工程在勘测、设计、施工、生产管理等方面多年的经验,以及实践证明确实可行的国内外的新技术。

本规范的编制参考了国内外有关规范,并进行分析对比,提出了符合国情和实际的条款。

本规范的贯彻将起到促进、统一、提高我国油气输送管道工程测量技术水平的作用。

1.0.2 本条明确了本规范的适用范围,着重于油气输送管道工程设计阶段的测绘工作,城市油气输送管网的测绘工作可参照执行城市测量相关规范,施工、生产(运营)阶段以及其他介质输送管道的测绘工作可参照执行。具体适用范围参见图1、图2。

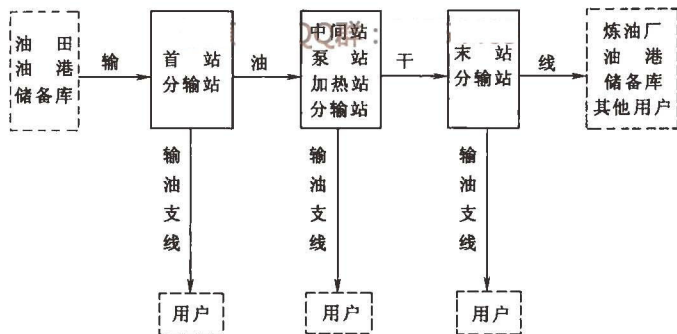


图1 本规范对输油管道的适用范围

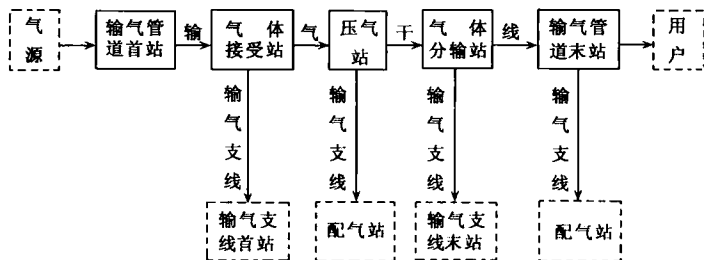


图2 本规范对输气管道的适用范围

1.0.3 本规范条文中的中误差、闭合差、限差及较差,除特别标明外,通常省略正负号表示。根据偶然中误差出现的规律,以二倍中误差作为极限误差时,其误差出现的或然率不大于5%,这样规定是合理的。

1.0.4 对测绘仪器和设备,根据作业实践,只有做到及时检查校正,加强维护保养,定期检修,才能保证它们经常处于良好状态,不致影响作业,延误工期,保证测绘产品质量。

1.0.5 现在测量方面的新技术、新设备、新方法很多,而规范制定工作往往滞后。本条鼓励在符合规范规定的精度情况下积极采用高新技术和先进方法,以提高管道工程测量技术水平。

2 术 语

2.0.1 全球导航卫星系统包含了美国的 GPS 系统、欧盟的 GALILEO 系统、俄罗斯的 GLONASS 系统和中国的 BDS 系统等目前全球范围内可实现卫星定位测量的系统。

2.0.4、2.0.5 这两条是关于测角、测距仪器的分级与命名。现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 对测角、测距仪器的分级与命名做了规定,是比较科学的,本规范予以采用。6"级仪器与 2"级仪器的定义方法类似。

3 基本规定

目前在油气管道工程建设中,鉴于多种因素,设计阶段往往比较混淆,各个设计阶段所应进行的测量工作和应提供的成果都与通常的规定不相符合。本章内容仅按照国家有关政策和多年的传统做法做了一般规定。当业主和设计有特殊要求时,可将下一阶段的测量工作提前到上一阶段进行。

3.1 阶段划分和测量方法

3.1.2 地面人工测量是指以实地人工采集测量数据为主的地面测量工作,主要包括全站仪测量、GNSS 测量、地面三维激光扫描测量等。

3.1.3 工作方法的选择主要应考虑业主要求,如投资、工期、技术水平等,同时作业单位也应考虑地形、植被、气象、成本等因素,故本条中的几种测量方法常联合使用。

3.2 可行性研究阶段的测量工作及成果

3.2.2 测量人员是否参加定线各单位不尽相同。根据实践,参加定线对于线路的选择、转点位置的选定、后续测量工作的调度均有好处,故规定测量人员宜参加线路定线。

3.2.3 关于可行性研究阶段的线路纵断面图,其比例尺视设计需要和现有基础资料的情况而定,通常采用小比例尺(1:10000 或 1:50000)地形图或相当精度的 DEM 解析断面点的平面坐标和高程。一般而言,平面比例尺为 1:10000 或 1:50000,纵比例尺分母视地表起伏情况取平面比例尺分母的 1/10~1/20。

3.3 初步设计阶段的测量工作及成果

3.3.5 采用机载激光雷达测量时,无需进行像片控制测量。

4 平面控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 油气输送管道工程测量要求提供符合规定的坐标和高程成果,是施工和建设管理部门的需要。目前平面坐标系使用较多的是1980西安坐标系和1954年北京坐标系;高程系统使用较多的是1985国家高程基准和1956年黄海高程系。国务院批准自2008年7月1日启用我国的地心坐标系——2000国家大地坐标系,过渡期8年~10年。目前新建项目已逐步采用2000国家大地坐标系和1985国家高程基准,延续项目则可根据设计要求选用其他坐标系和高程系统。

常用的大地坐标系地球椭球基本参数如下:

(1)2000国家大地坐标系地球椭球参数

长半轴: $a=6378137\text{m}$;

短半轴: $b=6356752.3141\text{m}$;

扁率: $f=1/298.257222101$;

第一偏心率平方: $e^2=0.00669438002290$;

第二偏心率平方: $e'^2=0.00673949677548$ 。

(2)WGS84大地坐标系地球椭球参数

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: $e'^2=0.006739496742227$ 。

(3)1980西安坐标系的参考椭球基本参数

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： $e'^2=0.00673950181947$ 。

(4)1954年北京坐标系的参考椭球基本参数

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： $e'^2=0.006738525414683$ 。

4.1.2~4.1.4 这几条规定了平面控制测量的等级划分、测量方法和适用范围。

(1)参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 和《油气田工程测量规范》GB/T 50537,建立了油气输送管道平面控制测量的精度体系,并给出了建立平面控制网的几种常用测量方法,以及它们适用的测量等级和适用范围(工作内容)。

(2)平面控制测量的方法一般包括三角形网测量、导线测量、GNSS测量等。随着科学技术的发展,在油气管道测量中,GNSS静态定位测量、GNSS RTK测量和全站仪导线测量已是平面控制测量的主要方法,三角形网测量已极少采用。

(3)由于技术的进步,工程控制网也不再强调逐级布网,只要满足工程的精度要求,各等级均可作为测区的首级控制网。当测区已有高等级控制网时,可越级布网。测区联测困难时,可允许同级联测,但观测和计算应按相应的等级要求进行。

4.2 GNSS 静态定位测量

4.2.1 本条规定用基线测量的标准差(即中误差)表示 GNSS 测量的精度标准。基线测量的误差根据其性质及对基线精度的影响,可分为固定误差和比例误差两种,前者主要指天线相位中心的

偏差、多路径误差、天线对中误差等,后者主要指星历误差、时钟误差、电离层和对流层残余误差。这两类误差彼此独立,所以规定 GNSS 测量相邻点间基线精度用式(4.2.1)表示。

4.2.2 GNSS 静态定位控制测量主要技术要求的确定,是从油气输送管道工程对相应等级和工程规模、性质的基本要求出发,参考现行国家标准《工程测量规范》GB 50026,按经典三角测量的基本指标为依据制定的,也是为了使 GNSS 静态定位测量的应用具有良好的可操作性而提出的。

4.2.6 本条是关于 GNSS 静态定位测量观测的主要技术要求。

(1)卫星高度角大于或等于 15° 。

理论和实践研究表明,随着卫星高度角降低,GNSS 接收机的信噪比随之减小。当卫星高度角为 30° 以下时,信噪比随高度角的降低而急剧下降,特别是在 L_2 频率上更为明显。另外,高度角越小,对流层影响越显著,测量误差随之增大。各级 GNSS 测量的卫星高度角一般选定为 15° ,这样可以在简化气象模型条件下保证所需的测量精度。

(2)有效观测卫星总数。

GNSS 定位的实质是空间距离后方交会,原则上观测三颗卫星有三个独立的空间距离就可以确定测站的三维坐标 $X、Y、Z$,但为消除接收机钟差的影响,一个测站上至少应同步观测四颗卫星。同步观测的卫星越多,多余观测量就越多,用最小二乘法计算的成果精度就越高。因此,规定有效观测卫星数为四颗以上。

(3)观测时段长度。

观测时段长度主要是由成果精度的高低和整周模糊度的求解确定的。从实测统计数据来看,当收集的数据能正确解出整周模糊度后,再延长观测时间,提高精度的量是有限的。经验表明,在不出现周跳情况下,四等 GNSS 网 $15\text{min}\sim 30\text{min}$ 的同步观测是必要的。另外,接收机内使用晶体振荡器,频率稳定度只能达到 10^{-8} ,观测时间越长,钟差引起的模糊度求解误差就越大,因此,观

测时段也不宜太长。综合 GNSS 测量需要的数据量和晶体振荡器不稳定两个因素,四等 GNSS 网观测时段宜大于 15min。对一级、二级 GNSS 静态测量来说,观测时间长短与基线长度、观测卫星个数、几何因子和电离层状况有关。考虑到静态测量的效率,测量短基线比测量长基线优越,一级、二级静态观测时段长定为 10min 以上。

(4)数据采样间隔。

密集的数据采样有助于载波相位观测值周跳的诊断与修复。静态测量观测时间较长,规定数据采样间隔为 10s~30s,这对于保证成果质量是必要的。

(5)点位几何图形强度因子。

利用 GNSS 进行绝对定位,成果精度取决于观测精度和被测卫星在空中的分布。后者通常用三维定位精度因子 PDOP 或三维定位及时间综合几何精度因子 GDOP 表示。在所测卫星相同情况下,PDOP 和 GDOP 有良好的一致性。当仪器噪声水平一定时,PDOP(或 GDOP)值对绝对定位的成果精度有重大影响,但在相对定位中就不能反映本质情况。美国学者提出相对几何图形强度因子 RDOP 的概念,但 RDOP 目前只能由后处理获取,还没有软件提供测前预报。所以规范暂取各商用软件普遍采用的 PDOP 或 GDOP 预报值来取代,并采用了测绘行业规范和由 Leica、Trimble、Ashtech 三家 GNSS 接收机制造商提供的作业指南中的取值,作为本规范的取值。

4.2.12 本条是对基线解算的规定。

1 关于基线计算中原始观测值的具体类型。接收机收到的某颗卫星的载波相位与接收机中产生的同频参考信号相位的差拍称为该颗卫星的相位观测值,这一观测值中包含了待定的初始整周模糊度参数、卫星轨道误差、卫星钟与 GNSS 标准时间的钟差、传播路径中的电离层延迟和对流层延迟、接收机钟与 GNSS 标准时间的钟差、接收机的热噪声误差等。为了克服这些误差的影响,

常通过基线两端测站的原始相位观测值的线性组合构成所谓差分观测值来削弱或抵消某些误差的影响。两测站对同一颗卫星在同一时刻的原始相位观测值之差称为站间单差相位观测值,它几乎完全抵消了卫星钟差的影响,当两站相距不太远时,大大地削弱了卫星轨道误差和电离层对流层延迟的影响。两个测站相对于两颗不同卫星的站间单差相位观测值之差称为双差相位观测值,在削弱和抵消上述误差影响的基础上,它又进一步地几乎完全抵消了接收机钟差的影响并大大削弱了接收机热噪声误差的影响。因此,双差相位观测值是一种误差影响很小的观测值,但是双差相位观测值中仍然包含了由初始整周模糊度线性组合形成的双差整周模糊度这一待定参数。解算出这一模糊度参数需要有一定的几何条件和观测条件,一是基线不能太长,二是每颗卫星在空中被基线两端测站同时观测的时间不能太短。

基线解算时,作为已知起算数据类型之一的卫星坐标获取方式,其一是直接采用广播星历计算的卫星坐标,其二是精密星历计算的卫星坐标。卫星星历误差对 GNSS 相对定位误差的影响估算一般采取以下经验公式:

$$\frac{1}{4} \times \frac{\Delta r}{r} \leq \frac{\Delta b}{b} \leq \frac{1}{10} \times \frac{\Delta r}{r} \quad (1)$$

为保守计,估计时不妨取:

$$\frac{\Delta b}{b} \approx \frac{1}{5} \times \frac{\Delta r}{r} \quad (2)$$

式中: $\Delta b/b$ ——基线相对误差;

Δr ——卫星轨道的误差;

r ——卫星至地表面的平均距离,约为 20000km。

在执行 GPS SA 政策的不利情况下, Δr 一般可达 $\pm 100\text{m}$,按上式估算,其对 GNSS 基线相对定位的影响约为 1×10^{-6} ,这一影响可能是偶然的,但由于广播星历的特点,往往带有系统性,即它可能影响 GNSS 网的尺度标准。无论怎样,这一影响远小于本规范控制网对基线向量弦长精度的要求。因此采用广播星历完全满

足 GNSS 控制网的精度要求。

2 关于基线解算对地面已知坐标精度的要求。地面已知点对基线相对定位误差的影响也可以用以下近似公式予以估算：

$$\frac{\Delta b}{b} \approx \frac{\Delta s}{r} \quad (3)$$

式中： Δs ——已知点在基线方向上的误差；

r ——卫星距地平均距离。

显然，当要求 $\Delta b/b$ 基线的相对误差小于 1×10^{-6} 时，起算点的误差应小于 $\pm 20\text{m}$ ，对于要求 0.1×10^{-6} 和 0.01×10^{-6} 精度的长基线，起算点的精度应分别优于 $\pm 2\text{m}$ 和 $\pm 0.2\text{m}$ 。

根据国家测绘局有关文件和资料的公布，我国 A 级网整体平差后任一点的坐标分量精度，在某一全球参考框架中可达 $\pm 0.2\text{m}$ ，B 级网中任一点的坐标分量精度可优于 $\pm 1\text{m}$ ，因此可分别满足基线相对精度要求 0.01×10^{-6} 和 0.1×10^{-6} 的起算数据精度需要。采用国家通过 A 级或 B 级 GNSS 网与国家现有坐标系公共点确定的国家整体或某些局部的坐标系转换参数，把国家已知坐标系的控制点坐标转换到 WGS84 坐标系中，目前，其在 WGS84 系中的精度只能在几米级，因此，可满足相对精度要求接近 0.1×10^{-6} 的基线处理对起算点的要求。单点定位也是获取已知点在 WGS84 坐标系中已知坐标的方法，但是在有 SA 的情况下，采用广播星历和 C/A 码伪距定位，瞬时历元定位精度在 $\pm 100\text{m}$ 左右，不计系统误差影响，25 个历元的单点定位平均值精度应该可达 $\pm 20\text{m}$ 左右，如果采样间隔取 15s 或 30s，相当于 10min 左右的定位时间，考虑到消除一些系统误差的影响，取 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。

由于国家或其他高等级的 GNSS 控制网点的既有 WGS84 坐标值难以获取，国家或其他高等级的控制点转换至 WGS84 后的坐标值也难获取，且我们进行的是四等及以下低精度的 GNSS 测

量,故本规范规定基线解算中,可采用不少于观测 30min 的单元定位结果的平差值作为起算值。

3.4 基线长度不同,其解算整周模糊度的能力不同,我们把能获得全部模糊度参数整数解的结果称为双差固定解,把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(三差解)。本规范规定,长度大于 15km 的基线,可在双差固定解和双差浮点解中选择最优结果,这里所谓最优解应是基线处理中数据采用率最高,基线解的 RMS 最小,特别是在异步环和复测基线检验中闭合差最小的那一种解算结果。

对于 15km 以内的短基线,无论采用单频还是双频接收机静态定位,根据经验和理论分析,只要根据本规范规定观测,都应能满足具有获得整周模糊度参数固定解的能力。若得不到好的固定解,不是观测条件太差(如靠近强无线电干扰源、高压线、强反射体,处于树荫下等),就是卫星星组的几何条件不好或星组中信号不正常的卫星太多,这样的观测量是不能采用的。

4.2.13 本条是基线向量的质量要求。

1 关于重复测量基线长度较差的限差。两次独立观测基线长度差的限差公式是按误差传播定律导出的,这一公式是完全严密的公式。

2 关于对采用同一处理数学模型的单基线解产生的同步环闭合差所做的限差规定。理论上同步环闭合差应为零,不存在规定其闭合差限差的依据。但在实际上,同步环中各条基线单独解算时,由于基线间不能做到完全严格的同步,一同步图形中各条基线处理时对应的起算点坐标不是从同一起算点导出的,而是各自端点 C/A 码伪距单点定位值,都可能产生较大的同步环闭合差。若一个等边的三角形同步环,各基线处理时采用各自端点 C/A 码伪距定位值作起算点,若起算点坐标分量误差为 $\pm 20\text{m}$,则可能引起基线各分量 $\pm 1 \times 10^{-6}$ 的相对误差,三角形坐标分量闭合差则可

达 $\pm\sqrt{3}\times 10^{-6}$ ，顾及同步闭合环理论上应为零，并参照现行国家标准《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314 对本条做出了规定。

理论上，同一基线的不同数学模型解算是等价的。但在实际上，固定解、浮点解和三差解之间互差可达几厘米，因此，对于不同数学模型解算基线构成的同步三角形闭合差，实际上可按异步环要求进行。

同步环中超过三角形的多边形同步环，都可由三角形同步环组合得到，故可不重复检核。

3 由独立基线组成的闭合环称为独立环或异步环。在有误差的前提下，异步环闭合差不可能为零，因此它是 GNSS 网质量检核的主要指标。限差公式把组成异步环的基线看成是彼此独立的，以 GNSS 基线的边长各等级规定的精度指标为依据按误差传播定律导出。本款式(4.2.13-6)~式(4.2.13-9)中，限差取 3 倍中误差是参照了现行国家标准《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314 的规定。

4.2.15 本条规定了 GNSS 网平差的第一步是必须进行三维无约束平差。三维无约束平差应在 WGS84 坐标系下进行。通常以网中一个点的已知 WGS84 坐标作为无约束平差的起算点，实际上是对网的一个位置约束，又称最小约束平差。它与完全无约束的秩亏自由网平差是等价的，通过平移变换可互相转换，因此我们不加区分地都称为无约束平差。无约束平差的观测量是独立基线向量及其方差协方差阵，待定未知数是 GNSS 网控制点的 WGS84 系三维坐标。作为观测量的基线应是经过核检后的合格基线。无约束平差的目的，一是提供全网平差后的 WGS84 系三维坐标，这些坐标是进一步用 GNSS 定位方式加密控制网的起算依据，二是考察 GNSS 网有无残余的粗差基线向量和其内符合精度。因此，进行无约束平差的软件应有剔除粗差基线的能力。为了检验精度和可靠性，无约束平差后应输出各基线向量的改正数，基线边长、

方位、点位的精度信息。

4.2.16 GNSS网在国家或地方独立坐标系下的平差,因为要引入这些坐标系的已知数据或观测数据而称为约束平差。约束平差可以三维方式进行,也可以二维方式进行。在三维方式中,观测量是经三维无约束平差检核过的原始基线向量,约束量是三维大地坐标或三维直角坐标、斜距、大地方位角或法截弧方位角。在二维方式中,观测量是已经转换投影到国家或地方坐标系的高斯平面坐标系的二维基线向量及其转换后的方差协方差阵,作为已知数据的约束值是平面坐标系中的点的坐标、平面距离和坐标方位角。约束平差可以是强制性约束,即所有起算数据的约束值均作为固定值参与平差,即不顾及这些起算数据的误差。约束也可以是松弛的,即估计所有或部分约束值的误差,按其精度的高低定权参与平差并在平差中给予适当的修正。作为强制性约束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GNSS网的扭曲和变形,损害GNSS网精度。在松弛性约束中,约束值权的确定须尽力做到符合约束值的实际精度,偏高可能会引起GNSS网的变形,偏低可能起不到提供基准的作用。本规范规定当采用三维平差时,一般只假定一个点的大地高作为起算数据,主要是考虑到我国目前三角点高程精度较低的原因。当所联测的三角点高程精度较高,不至于影响平差结果时则应尽可能地采用。

由于无约束平差中已剔除了异常观测值,基线向量改正数应是最或是改正数。加入了约束条件进行约束平差,同名基线改正数的变化可以认为主要是由约束条件的误差所造成。按照误差理论,较差不应大于测量误差。根据测量误差概率分布,较差应小于两倍中误差。某工程加密国家四等点测量中较差统计值如表1。表列69条基线统计数字显示,大多数较差均小于中误差,只有一个较差等于中误差,故采用两倍中误差作为较差的限差。为验证限差有效性,人为地给已知边加进0.5m的位移值,同名基线改正数之差最大的达10m,绝大多数在0.3m以上,用此限差标准可以

确定已知数据是否存在问题。

表 1 约束平差前后同名基线改正数较差

较差范围	$0 \sim \frac{1}{3}\sigma$	$\frac{1}{3}\sigma \sim \frac{1}{2}\sigma$	$\frac{1}{2}\sigma \sim \sigma$	$\sigma \sim 2\sigma$
基线条数	68	0	1	0

注： σ 为基线长度中误差(mm)。

4.3 GNSS RTK 测量

4.3.2 本条是 GNSS RTK 控制测量的主要技术要求。随着卫星定位技术的发展,线性工程越来越多地使用 RTK 进行控制测量。表 4.3.2 中所述的主要技术指标是根据油气输送管道工程测量的实际作业情况和精度需求而定。

4.3.5 本条是对坐标转换的规定。

1 施测前所收集的资料是 GNSS RTK 测量推算转换参数应具备的基础资料。对已有转换参数的测区,应尽量收集。

2 要将空间三维直角坐标转换到高斯平面,必须通过某一椭球面作为过渡。这种转换可采用三参数或七参数法实现。对于小于 $80\text{km} \times 80\text{km}$ 的测图范围,可采用三参数单点定位转换关系。

3 为了保证转换坐标的起始数据与地方平面坐标系的一致性,可在高斯平面坐标系内将 GNSS 网进行平移和旋转来实现。确定平移、旋转和缩放参数,不应少于 3 个已知点,并采用最小二乘法求解。由于转换参数的质量与所用控制点的精度及分布有关,因此转换参数的使用具有区域性,仅适用于控制点圈定的范围和邻近区域,其外推精度明显低于内插精度,故要求在使用转换参数施测前,做好相应的检查和验证工作。

4.3.6 本条是对 GNSS RTK 基准站设置和流动站作业的规定。

4 施测前应检测控制点的规定是为了保证 GNSS RTK 控制测量成果的精度而实施的多余观测的要求。

5 实践表明,GNSS RTK 测量的浮动解成果精度极差,无法

满足工程控制测量和测图的要求,故规定采用固定解成果。

4.4 全站仪导线测量

在油气输送管道工程建设中,控制测量一般采用 GNSS 进行,很少采用全站仪导线测量。但在一些特定的环境和条件下(如 GNSS 信号盲区和设备限制等),全站仪导线测量仍然作为小测区控制测量的主要手段,故本节保留了这一方法,对主要技术指标和各项作业程序进行了规定,便于使用者参考。

本节所列的全站仪导线测量的主要技术要求,与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 基本一致,表 4.4.1 及其他条文中各项指标的理论推导可见《工程测量规范》GB 50026 中的相关条文及说明。

5 高程控制测量

5.1 一般规定

5.1.2~5.1.4 这几条规定了高程控制测量的等级划分、测量方法和适用范围。

(1)四等、五等高程控制测量的划分与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 一致。引入等外高程控制测量等级的概念,是为了便于给油气输送管道工程中精度要求不高的小型穿(跨)越、基地、阀室及放空区、像片控制测量等提供合理的精度定义,这是符合实际情况的。

(2)高程控制测量的方法是目前油气输送管道工程测量的常用测量方法。

(3)测量等级的选用是根据多年的实践和现状规定的,完全可以满足设计和施工的要求。

5.2 GNSS 拟合高程测量

5.2.1 本条规定了 GNSS 拟合高程测量的主要技术要求。

(1)根据多年实践经验,高程控制测量采用 GNSS 拟合高程测量方法进行是可行的。20 世纪 90 年代以来,GNSS 拟合高程测量已被广泛采用,大量的资料和石油行业多年的实践表明,GNSS 拟合高程测量用于四等高程控制测量是可行的。由于技术的进步,工程控制网也不再强调逐级布网。只要满足工程的精度要求,各等级均可作为测区的首级控制网。当测区已有高等级控制网时,可越级布网。测区联测困难时,可允许同级联测,但观测和计算应按相应的等级要求进行。为成果安全起见,GNSS 拟合高程的同级联测仅限于四等。

(2)关于 GNSS 拟合高程测量和应用等级的确定。

由于我国采用的是正常高高程系统,我们所应用的高程是相对似大地水准面的高程值,而 GNSS 高程是相对于椭球面的高程值,为大地高,二者之间的差值为高程异常。因此,确定高程异常值是 GNSS 拟合高程测量的必要环节。高程异常的确定方法,一般分为用数学模型拟合法和用地球重力场模型直接求算两种方法。对于一般工程单位而言,由于无法获得必要的重力数据,主要是根据联测的水准资料,利用一定的数学模型拟合推求似大地水准面。

GNSS 高程数学模型拟合法:

大地高 H 与正常高 h 的关系为:

$$h = H - \zeta \quad (4)$$

$$\zeta = f(x, y) \quad (5)$$

式中: ζ ——高程异常拟合函数。

高程异常拟合函数应根据工程规模、测区的起伏和高程异常的变化情况选择合理的拟合形式。除了平面拟合、曲面拟合和表 2 第 3 栏中的拟合类型外,还有自然三次样条函数、几何模型法、附加参数法、相邻点间高程异常差法、附加已有重力模型法、神经网络法等。方法的选择,在满足规范精度要求的前提下,不做具体规定。

国内部分工程项目 GNSS 拟合高程精度统计见表 2。

表 2 GNSS 拟合高程精度统计表

测区	面积(km ²)	拟合类型	结点个数	检查点数	中误差(mm)
河北某地	10×12	平面拟合	3~4	9~10	8~10
		二次曲面	6	7	7~14
某地	170	多项式	10	17	14
		多面函数	10	17	15
某地	50×10	曲面样条	6~18	96~108	73~76
		二次多项式	6~18	96~108	80~189
		加权平均	6~18	96~108	205~273

续表 2

测区	面积(km ²)	拟合类型	结点个数	检查点数	中误差(mm)
某地	37	平面模型	6	6	11
		二次曲面	6	6	12
		多重曲面	6	6	12
华南某地		二次曲面	9	10	22
		二次曲面	9	5(拟合区外)	290
某地	100	最佳三点平面	6~8	8~10	25~38
		二次多项式	6~8	8~10	26~33
		多面函数	6~8	8~10	22~34
某地	140		外围 5 点 中部 3 点	13	3
			外围 8 点	13	3
			东部 8 点 西部 0 点	13	4
某地	—	多面函数	3~6	19~22	15~25
鲁西南	300	平面拟合	4~10	9~15	16~31
		平面相关	4~10	9~15	16~33
		二次多项式	6~7	12~13	17~18

注：工程实例来自公开发表的刊物。

从表 2 看出，少部分测区拟合精度较差，大多数测区则可达四等精度。

随着拟合模型精度的提高和拟合点(收集点)精度的提高，近年所开展的大多数油气输送管道工程项目，其首级网的 GNSS 拟合高程均达到四等，故本规范规定 GNSS 拟合高程精度定位为四等、五等。

5.2.2 本条规定了 GNSS 拟合高程联测的技术要求。

1、2 由于拟合区外部检查点的中误差显著增大，故要求联测点宜均匀分布在测区周围，线路应分布在两端和中部。

3 对于高差变化较大的地区，由于重力异常的变化导致高程异常变化较大，故要求增加联测点的数量。

4 为了保证拟合高程测量的可靠性和粗差剔除后精度评定的准确性,故规定对联测点数的要求,间距小于 10km 的要求,见第 5.2.4 条的说明。

5.2.4 本条是关于 GNSS 拟合高程的计算。

(1)对于似大地水准面的变化,通常认为受长、中、短波项的影响。长波 100km 以内曲面非常光滑;中波 20km~100km 使区域或局部发生变化;短波小于 20km 由地形起伏影响。因此利用已有的重力大地水准面模型能改善长、中波的影响。短波影响靠联测的密度来弥补,故第 5.2.2 条第 4 款规定联测点的点间距不大于 10km。

(2)拟合高程模型的选择或优化,是为了获取较好的拟合精度,这也是作业中普遍采用的方法。

(3)对于超出拟合高程模型所覆盖范围的推算点,因缺乏必要的校核条件,在高程异常比较大的地方要慎用,并且要严格限制边长。

5.3 全站仪三角高程测量

5.3.1 本条规定了全站仪三角高程测量的主要技术要求。全站仪三角高程测量的各项指标与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026的规定一致。

5.3.2 本条规定了全站仪三角高程观测的主要技术要求。

2 为了减少大气折光对全站三角高程测量精度的影响,要求即刻迁站进行对向观测,这样整个观测环境相对稳定,折光系数变化不大,取往返高差的平均值可削弱折光差的影响。

4 由于全站仪三角高程测量大多是在平面控制点的基础上实施,测距边超过 200m 时,地球曲率和折光差对高差将产生影响,因此,本款规定应进行地球曲率和折光差改正。

5.4 GNSS RTK 高程测量

5.4.2 经过大量试验统计,GNSS RTK 测量的平面点位中误差

优于 20mm,高程中误差优于 40mm,为安全起见,本条规定 GNSS RTK 进行等外控制测量的精度定位为 50mm。

5.4.3 GNSS RTK 高程属于 GNSS 拟合高程的范畴,故 GNSS RTK 高程计算应符合 GNSS 拟合高程计算的相关规定。

6 地形测量

6.1 一般规定

6.1.1 地形图的比例尺反映了用户对地形图精度和内容的要求，是地形测量的基本属性之一。表 6.1.1 中的比例尺是根据多年实践确定的，基本能满足设计要求。有时设计要求较大比例尺，并不是精度不够，而是画图的需要。

6.1.2、6.1.3 这两条内容与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—一致。

6.3 水域地形测量

6.3.1~6.3.3 这几条对水域地形测量做出规定。

(1)测点深度中误差。

测深工具一般为测杆、测深锤、测深仪等。

一般认为，用测杆测深在 0m~4m 范围内其较差为 0.2m~0.3m；用测深锤测深，在流速不大、水深小于 20m 时，其较差为 0.3m~0.5m；用测深仪测深，在电压转速正常的情况下，测深精度为水深的 1%~2%。

在长江、嘉陵江等水域的测量作业中，统计两次实测的重合点的深度误差，一般为 0.2m~0.3m，因此本规范做了相应的规定。

水域测量受自然条件影响因素较多，例如测区水底情况、水中含沙量情况、风浪影响、设备情况等，所以在条文中给予了较大灵活性。如风浪影响，测船因风浪造成的摇动大小取决于风浪的强弱及测船的抗风性能，因此由测深仪记录纸上回声线反映出的起伏变化来定，变化不大时尚可作业，这时应尽量取起伏变化的中数为水深读数。而当记录纸上出现 0.4m~0.5m 的锯齿性变化时，

实际水面浪高一般将超出其值 1~2 倍,此时船身大幅度地摇动,换能器随测船摇动而改变了入水深度,直接造成深度误差,此时在记录纸上出现锯齿形回声线,而无法辨别水深。据实践经验,按内河船舶抗风能力,规定在内陆水域当测深仪正常工作时回声线在记录纸上出现大于 0.3m 的锯齿变化,一般应暂停作业。

用测深锤、测深杆作业时,则应考虑风浪引起水面起伏变化大小,因水面直接影响测深的读数精度。

(2) 断面间距及测点密度。

水下地形测量与陆地地形测量不同,不能按地形变化选择地性点,所以测点密度应加大。一般情况下,水下地貌垂直于岸线的横向变化远大于平行岸线的纵向变化,所以测点间距应小于断面间距。结合各单位多年作业实践,并考虑到图面负荷,本规范做了规定。作业中为适应水下地形变化剧烈的情况,可将断面间距、测点密度做适当调整。

(3) 等高线的中误差。

等高线的中误差主要取决于测点的深度误差和点位误差,按水下地形不同的坡度可算出等高线在图上的中误差。水下地形坡度一般分为四类,基本等高距按表 6.1.2-2 的规定,并根据有关资料采用:

测点深度中误差 $m_h = \pm 0.15\text{m}$;

测点平面位置中误差 $m_1 = \pm 0.0015\text{m}$;

等高线内插和勾绘中误差 $m_2 = \pm 0.0005\text{m}$;

等高线描绘跑线中误差 $m_3 = \pm 0.0002\text{m}$;

等高线概括中误差 m_4 取基本等高距的 1/5。

m_1 、 m_2 、 m_3 的平面位置中误差化为深度误差必须乘以水底坡度倾角 τ 的正切,则等深线深度的中误差 m_T 为:

$$\begin{aligned} m_T^2 &= m_h^2 + (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2) \cdot M^2 \tan^2 \tau + m_4^2 \\ &= m_h^2 + 2.54 \times 10^{-6} \cdot M^2 \tan^2 \tau + m_4^2 \end{aligned} \quad (6)$$

式中: M ——测图比例尺分母。

最后求得的等高线中误差见表 3。

表 3 等高线中误差

水底倾角 τ	比例尺	基本等高距 (m)	深度中误差	
			m_T	相当基本等高距
$<3^\circ$	1 : 500	0.5	0.17	1/3
	1 : 1000	0.5	0.20	2/5
	1 : 2000	1	0.30	1/3
$3^\circ \sim 10^\circ$	1 : 500	0.5	0.22	1/2
	1 : 1000	1	0.37	2/5
	1 : 2000	2	0.71	1/3
$10^\circ \sim 25^\circ$	1 : 500	1	0.45	1/2
	1 : 1000	1	0.78	3/4
	1 : 2000	2	1.55	3/4
$>25^\circ$ (按 45° 计算)	1 : 500	1	0.83	1
	1 : 1000	2	1.68	4/5
	1 : 2000	2	3.22	8/5

注：当测区流速大，作业困难时，等深线的深度中误差可适当放宽。

6.3.4 采用 GNSS RTK 定位已得到广泛的应用，技术也相当成熟。其他定位方法也有采用，予以保留。

6.3.5 采用交会法定位，根据航道测量单位多年的实践，应符合该条规定。

6.4 内业成图

6.4.1 地面人工测量采集数据是数字化成图主要的数据来源，其内容包括控制测量和碎部测量。卫星遥感测量、航空摄影测量采集数据应符合本规范第 11 章和第 12 章的规定。

6.4.2 本条规定是基于内业成图的经验总结。用户使用的软件系统不同，成图的工序和内容则有所差别，但主要的工序是一致的。

6.4.3 数据处理是数字地形图绘制的重要环节。数据处理软件

通常与成图软件为一体组成数字地形图绘制系统,其基本功能是将采集的数据传输至计算机,并将不同记录格式的数据进行转换、分类、计算、编辑,为图形处理提供必要的绘图信息和数据源。

6.4.4 数据处理的成果是数字化成图的阶段性成果。

1 原始数据文件是指数据采集所生成的文件。

2 控制点成果文件包括测区范围内所有控制点的三维坐标成果表。

3 碎部点成果文件包括全部碎部点的三维坐标成果表。

4 绘图信息数据文件包括按地物、地貌分类分层存贮,并能统计绘图信息的数据文件。

6.4.5 图形处理的成果是图形文件。它应便于使用、便于编辑、便于管理,同时,图形文件与数据文件应保持一一对应的关系,以便为建立图形数据库奠定基础。此外,要求图形文件兼容性要好,便于互相转换,各单位的成果可以共享,向标准化、规范化发展。

7 线路测量

7.1 一般规定

7.1.1 本条中线转点是指实测的中线转角桩。图上解析的中线转点则不适合作为线路带状地形图的平面和高程控制点。

7.2 线路控制测量

7.2.3 本条对控制网的布设做出规定。

1 GNSS 网设计的主要技术经济指标是网的精度、网的可靠性及测量成本。据原铁道部有关单位的研究表明,在同样的技术条件下,三角形网可以获得很高的精度和良好的可靠性,点位误差椭圆均匀。与三角形相比,四边形网也具有很好的精度和可靠性,点位误差椭圆也均匀,但平均点位误差增大约 26%。导线环形式布网的平均点位误差约是四边形的两倍,是三角形的三倍。附合线路形式精度低于导线环的精度,且可靠性最差。据此,条文规定线路控制采用四边形或大地四边形组成的带状网,线路控制网采用附合线路或由若干个独立观测环构成的网。布设 GNSS 点是为了给导线提供联测起闭点。

2 GNSS 点对是为了给导线提供联测起闭点,其间距 8km~15km,最长不超过 20km,根据是测边在 20km 以下,GNSS 很容易解出整周模糊度和双差固定解,工作效率也容易提高,且便于导线闭合并能提高导线精度,同时也便于 RTK 测量时流动站与基准站距离保持在最佳范围内。组成点对两点的间距不宜小于 500m,主要是考虑方便导线联测,其边长也与导线边长相匹配。

7.2.4 GNSS 网与既有 GNSS 点、国家大地点联测的目的有两个,一是为 GNSS 网提供 WGS84 坐标系统的基准,二是为 GNSS

网提供换算成我国坐标系统的约束条件。对于要求提供国家坐标的 GNSS 网来说,联测是必不可少的。约束条件包括边长条件、方位角条件和坐标条件。显而易见,至少联测两个国家大地点才能满足要求。考虑到国家大地点施测年代久远,标志破坏严重,点位可靠性需进行检验。为了较好地解决 GNSS 成果与国家控制网的转换问题,据国内外研究和实践,联测 3 个~6 个精度较高、分布合理的大地点最理想。

7.3 中线测量

7.3.2 测两次均是为了防止粗差。纵、横坐标及高程两次测量较差限差的规定,是将中线转点作为公路、铁路等小型穿越 1:500 地形图测图控制点考虑。

7.3.3 本条规定了中线成果表中关于中线转点里程的书写形式。如内业计算得中线转点里程为 21345.6m,则成果表中中线转点里程书写形式为“21+345.6”。

7.4 线路带状地形图测绘

7.4.1 线路带状地形图的主要作用是为设计、施工人员在图上进行阀井、堡坎、护坡和施工组织等的设计。由于管道设计要素和专题要素仅限于在带状地形图的图面做相对的展示,较少涉及确切数值,故要求精度不高,但尺度必须一致。内容的选取避免包罗万象的全要素反映,而是按本专业需要,采取适当的取舍与概括,最大限度减轻负荷,使构图简明,性质区分明确,以突出专题要素为标准。设计对地形图的要求是,凡有碍施工的地物要测详细,如房屋、村庄外轮廓,最高洪水位线,水井和通信线、电力线、道路等。根据我国线路设计对带状地形图的要求,本条规定测图要求按小一级比例尺地形图的规定进行,如 1:2000 比例尺的测图按 1:5000 比例尺的精度要求。

7.4.3 根据近年来的实践,采用全站仪数字化测图、GNSS RTK

测量时,认真绘制好草图是保证质量的重要因素之一,当日对照草图进行数据的核对也极为重要。

7.4.4 根据第 7.4.1 条的说明和多年的实践,对地物、地貌的测量提出要求,可达到事半功倍的作用,也可满足设计、施工的使用要求。

7.5 纵断面测量

纵断面图的主要用途是让设计人员在图上就管道的纵向变化确定管沟挖掘深度等进行设计。但由于施工方法的不同,如在平原地区进行机械化施工,则断面图的作用就小一些;但在丘陵地区如四川等地,梯田密集,仅依赖纵断面做纵向设计就不能满足设计、施工要求,必要时还得辅以纵断面成果表,故在本节中仅提出一般规定。

7.6 横断面测量

根据多年的生产实践经验,横断面测量对设计及施工无实际意义,苏联规范及国家现行线路测量规范亦无规定。故本节提出如委托方需要,可在局部地段如隧道洞口、特殊挡土墙等重点工程地段或不良地质地段测绘。

7.8 线路配套工程测量

根据多年来油气输送管道工程实践经验,本节对伴行道路、送电线路、通信线路的测量要求进行了统一规定,便于使用者实施。线路配套工程一般为线性工程,为保证资料成果的统一和延续,除特别规定外,其主要技术要求基本与油气输送管道线路一致。

8 穿(跨)越测量

本章适用于油气输送管道穿(跨)越人工或天然障碍,需要进行单独设计的测量工作。穿(跨)越工程测量系指油气管道穿越或跨越河流、湖泊、冲沟、深谷、公路或铁路等,需要进行单独设计的测量。穿(跨)越管段系指穿(跨)越人工或天然障碍地段的管道,其长度包括穿(跨)越障碍地段的长度和两侧连接过渡段的长度。本章所指的穿(跨)越工程不包括山岭隧道,山岭隧道穿越见第9章的规定。

8.1 一般规定

8.1.1 水域穿越工程及跨越工程根据现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 和《油气输送管道跨越工程设计规范》GB 50459 分为大型、中型、小型三类。水域是指天然或人工建造的河流、湖泊、水库、沼泽、鱼塘、水渠等区域。水域穿越管段可采用挖沟埋设、水平定向钻敷设等形式。

8.1.4 管道穿越铁路、公路一般采用无套管、有套管或涵洞形式。冲沟系指水流冲刷形成的沟壑,管道穿越冲沟一般采用沟埋形式。

8.2 控制测量

我国有关部门关于测区面积与控制等级关系的规定,如电力部门的《火力发电厂工程测量技术规程》DL/T 5001 的规定见表4。

表4 各级导线网控制面积的规定(km²)

导线网等级	测图比例尺		
	1:500	1:1000	1:2000
四等	>10	>30	>50

续表 4

导线网等级	测图比例尺		
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
一级	5~10	10~30	20~50
二级	0.5~5	1~10	2~20
图根	<0.5	<1	<2

苏联的有关法规如《建筑工程勘察规范》СНИП1.02.07 的有关规定见表 5。

表 5 各级控制网测区面积的规定

勘察场地面积 (km^2)	三角测量、三边测量、导线测量		水准测量
	等 级		
<1	—	—	—
1~5	—	2	IV
5~10	—	1,2	IV
10~25	4	1,2	IV
25~50	3,4	1,2	III~IV
50~200	3,4	1,2	II~IV
>200	2,3,4	1,2	I~IV

现阶段穿(跨)越工程的测量面积一般均在 10km^2 以内,故规定一、二级为测区平面控制,高程控制则采用四等、五等。

9 隧道测量

本章适用于油气输送管道隧道测量,包括山岭隧道和 underwater 隧道。隧道测量一般有洞外测量、洞内测量、施工测量、竣工测量等,本章规定的测量工作主要是为满足隧道设计需要的洞外测量。

9.1 控制测量

隧道工程是指在隧道中敷设穿越管段的线路控制性工程,按施工方法分为矿山法、盾构法、顶管法等。

从国内现有主要管道隧道长度统计来看,较长的有西气东输二线果子沟一号隧道(3.2km)、金丽温输气管道石门洞隧道(4.2km),因此控制测量适用长度主要考虑 5km 以内的隧道。根据实践经验,长度 2km 以内的隧道居多,故以 1km 长度分成两种。根据本规范条文说明第 8.2 节,参照铁路、公路隧道规范,结合管道自身的特点,平面控制采用 GNSS 四等测量。高程控制测量采用水准方法难度大,实际应用极少,故采用 GNSS 拟合高程测量或全站仪三角高程测量,等级应根据隧道穿越长度选用四等或五等。

9.2 地形测量

9.2.4 本条规定了隧道连接道路带状地形图测绘的要求。隧道连接道路纵、横断面测量的实际工作较少,如有需要时,其测量的技术要求可按本规范第 7.8.1 条第 4 款~第 7 款的规定执行。

10 站址测量

本章适用于油气输送管道工程场站、基地、阀室及放空区等的测量。

10.0.2 本条规定是为满足施工放样的需要。

10.0.5~10.0.9 这几条规定均是为满足设计的需要。

11 卫星遥感测量

11.1 一般规定

11.1.1 卫星遥感测量是 20 世纪 60 年代发展起来的一门对地观测综合性技术。自 20 世纪 80 年代以来得到了长足的发展,并且应用日趋广泛。随着卫星遥感测量技术的不断进步和应用的不断深入,卫星遥感测量技术在我国国民经济建设中发挥着越来越重要的作用。卫星遥感测量技术以其获取速度快、单景影像覆盖范围大、成本低的优势,在油气输送管道工程线路设计中得到了广泛的应用。使用 1:5000~1:50000 卫星遥感正射影像图结合地形图及地方规划图等资料,进行线路走向的初选和优化工作,有着明显的优势。

11.1.3 本条对卫星遥感影像图的技术参数做出规定。

影像的地面分辨率是指在影像数据中一个像素代表地面的大小,通常也是人眼能识别的最小地物大小。

影像地面分辨率和影像输出比例尺是使用最多的两个影像指标,它们之间存在着下列公式的数量关系,这种关系需要通过影像的实际分辨率来转换,影像的实际分辨率是图像数据中文件头信息中表示的分辨率大小,在 TIF、BMP、JPG 等文件格式中专门用几个字节表示图像的实际分辨率,通常用 dpi 表示,即指每英寸打印多少个点,默认值为 72dpi。

$$s = 39.37 \times D \times N_1 \quad (7)$$

$$s = 100 \times D \times N_2 \quad (8)$$

式中: s ——影像的输出比例尺分母;

D ——遥感影像的地面分辨率(m);

N ——遥感影像的实际分辨率(N_1 单位为像素/in; N_2 单位为

像素/cm)。

如果要將影像按一定的輸出比例尺進行輸出,則需要重新設置參數,而這裡主要設置的內容就是實際分辨率 N 。保持 D 不變的情況下(不進行影像像素的重新採樣),變化 N 值的大小可以實現輸出比例尺的改變。而比例尺保持不變,在變化 N 值的時候,必然使得 D 進行改變,這樣就需要進行影像像素的重新採樣。

11.2 正射糾正與鑲嵌

11.2.5 本條是採用數字高程模型(DEM)進行正射糾正的規定。用於正射糾正的數字高程模型(DEM)的技術指標應符合表6的規定。

表 6 1:5000、1:10000、1:50000 數字高程模型技術指標

項 目	參 數	
	1:5000、1:10000	1:50000
格網尺寸	5m(0.25")或 12.5m(0.625")	25m(1.25")
高程數據取位	0.1m	1m
高程中誤差		
(一級)	平坦地 0.5m, 丘陵地 1.2m, 山地 2.5m, 高山地 5.0m	平坦地 3m, 丘陵地 5m, 山地 8m, 高山地 14m
(二級)	平坦地 0.7m, 丘陵地 1.7m, 山地 3.3m, 高山地 6.7m	平坦地 4m, 丘陵地 7m, 山地 11m, 高山地 19m
(三級)	平坦地 1.0m, 丘陵地 2.5m, 山地 5.0m, 高山地 10.0m	平坦地 6m, 丘陵地 10m, 山地 16m, 高山地 28m

注:森林等隱蔽地區的高程中誤差可按表6中的規定放寬至1.5倍,DEM內插點的高程精度按格網高程精度的1.2倍計,採樣點數據最大誤差應小於高程中誤差的2倍。

11.2.6 本條是在現有地形圖上採集控制點的規定。

1 控制點應在不小於成圖比例尺的最新地形圖、數字線劃圖(DLG)或數字柵格圖(DRG)上選取。

12 航空摄影测量

12.1 一般规定

12.1.1 航空摄影测量技术生产的数字高程模型(DEM)、数字正射影像图(DOM)、数字线划图(DLG),可用于油气管道工程的初步设计与施工图设计。管道沿线经济发达、地物密集、植被类型丰富或水网密布等地区,宜选择 1:2000 成图比例尺;管道沿线经济欠发达、地物稀少、植被类型单一、荒漠、戈壁等地区,可选择 1:5000成图比例尺。

12.2 航空摄影

12.2.1 航空摄影比例尺选择的正确与否,直接影响成图的平面和高程精度,因此航空摄影比例尺的确定,即测图放大倍数(k 值)的控制,应根据成图的平面和高程预期精度进行估算。平坦地、丘陵地像片比例尺分母与成图比例尺分母之比 k 值取 3 为宜,山地、高山地 k 值取 4~5 为宜。当急需用图 k 值为 6~8 时,应采取必要的技术措施,以保证成图精度符合本规范的要求。目前一些常用的成图作业方法(如全能法测图)有专门估算测图放大倍数的关系式,可参考相关规范,在此不做详细说明。

目前航空摄影使用的相机焦距有四种:88mm、152mm、210mm、305mm。根据油气输送管道工程航空摄影测量近年的实践,成图比例尺为 1:2000 和 1:5000 时,宜选择 152mm 的焦距,个别情况可选择 88mm 的焦距。

12.4 像片控制测量

本节结合生产实际情况对像片控制点的布设、全野外布点和

航线网布点做了规定,而对于区域网和特殊情况的布点未做规定,需要时可参照国家有关规范。

12.5 影像调绘

关于影像调绘,作业人员应注意与国家相关规范的区别和协调。综合考虑成本和效率,本节规定的影像调绘内容仅为满足基本设计需求,进行非全要素调绘,调绘时应根据比例尺和设计 requirements 适当取舍和综合。

12.6 航空摄影测量内业

12.6.1 加密点的中误差估算公式为:

$$m_{\text{控}} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i \Delta_i) / n} \quad (9)$$

$$m_{\text{公}} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i d_i) / n} \quad (10)$$

式中: $m_{\text{控}}$ ——控制点中误差(m);

$m_{\text{公}}$ ——区域网间公共点中误差(m);

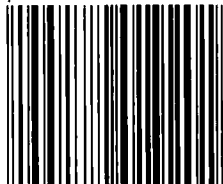
Δ ——多余控制点的不符值(m);

d ——相邻区域网间公共点的较差(m);

n ——评定精度的点数。

12.6.2 数字高程模型(DEM)采集是利用全数字摄影测量系统,在立体状态下,在高斯投影平面上进行规则数字高程模型(DEM)格网点平面坐标(X, Y)及高程(Z)的数据采集。

S/N:155182·0192



9 155182 019201

统一书号: 155182·0192

定 价: 21.00 元