

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50539 - 2009

油气输送管道工程测量规范

Specifications of survey for oil and gas
transportation pipeline engineering

2009 - 11 - 30 发布

2010 - 06 - 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

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 448 号

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—2009,自 2010 年 6 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇〇九年十一月三十日

前 言

根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标[2007]126 号)的要求,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,制定本规范。

本规范共分 12 章,主要技术内容包括:油气输送管道各设计阶段的测量工作内容、应提交的成果,常规测量、GPS 测量、卫星遥感测量、航空摄影测量的技术要求。

本规范由住房和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,由中国石油集团工程设计有限责任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,请寄送中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司(地址:成都市小关庙后街 25 号,邮政编码:610017)。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人名单:

主 编 单 位: 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司

参 编 单 位: 中国石油天然气管道工程有限公司
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: 王洪生 秦兴述 肖德仁 万仕平 郭成华
杜 毅 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

主要审查人：郭铁民 宋 岚 叶宏跃 何 军 刘昌霖
计长飞 王国利 于 哲 周贵良 史耀民
周兴泽 吴 航 王小林

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(3)
3	基本规定	(4)
3.1	测量方法的选择	(4)
3.2	初步设计阶段的测量工作	(4)
3.3	初步设计阶段的测量成果	(5)
3.4	施工图设计阶段的测量工作	(6)
3.5	施工图设计阶段的测量成果	(7)
4	控制测量	(8)
4.1	平面控制测量	(8)
4.2	高程控制测量	(10)
5	地形测量	(12)
5.1	一般规定	(12)
5.2	图根控制测量	(14)
5.3	测量方法及要求	(16)
5.4	水域地形测量	(17)
5.5	线路带状地形图测绘	(19)
5.6	数字化成图	(20)
6	线路测量	(22)
6.1	一般规定	(22)
6.2	平面控制测量	(22)
6.3	高程控制测量	(23)
6.4	其他线路转点测量	(24)
6.5	纵断面测量	(24)

6.6	横断面测量	(25)
6.7	曲线测设	(25)
6.8	内业计算	(25)
7	穿(跨)越测量	(27)
7.1	一般规定	(27)
7.2	控制测量	(28)
7.3	地形测量	(28)
7.4	主断面测量	(29)
8	隧道测量	(30)
8.1	一般规定	(30)
8.2	控制测量	(30)
8.3	地形测量	(30)
8.4	洞身纵断面测量	(31)
9	站址测量	(32)
10	全球定位系统(GPS)测量	(33)
10.1	一般规定	(33)
10.2	国家等级点加密控制测量	(34)
10.3	线路控制测量	(35)
10.4	选点与埋石	(36)
10.5	观测	(37)
10.6	数据处理	(38)
10.7	控制网平差计算	(39)
10.8	GPS RTK 测量	(40)
11	卫星遥感测量	(43)
11.1	一般规定	(43)
11.2	正射纠正与镶嵌	(43)
11.3	正射影像图技术指标及精度	(46)
12	航空摄影测量	(48)
12.1	一般规定	(48)

12.2 对航空摄影的要求	(49)
12.3 首级控制测量	(50)
12.4 像片控制测量	(50)
12.5 像片调绘	(52)
12.6 航空摄影测量内业	(55)
本规范用词说明	(59)
引用标准名录	(60)
附:条文说明	(61)

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,为工程提供准确的测绘资料,以适应石油工业建设发展的需要,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 测量前应根据委托方的要求及工作内容制定技术方案,编写测量纲要或技术设计书。测量成果应进行检查验收。

1.0.4 油气输送管道工程测量应遵守国家现行标准《石油天然气工业健康、安全与环境管理体系》SY/T 6276 的有关规定。

1.0.5 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。

1.0.6 油气输送管道工程测量,在采用新技术和新方法时应符合本规范要求。

1.0.7 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。

注: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。

1.0.8 对油气输送管道工程测量中所使用的测量成果资料应进行检核。

1.0.9 油气输送管道的配套工程,如通信线路、送电线路、道路、给排水管道等的测量,以及埋于地下的各类管道、各种电(光)缆的探测应按现行国家标准《油气田工程测量规范》GB 50537 的规定执行。

1.0.10 本规范规定了油气输送管道工程测量的基本技术要求。

当本规范与国家法律、行政法规的规定相抵触时,应按国家法律、行政法规的规定执行。

1.0.11 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 2"级仪器 2" class instrument

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

注: 6" 级仪器定义方法相似。

2.0.2 5mm 级仪器 5mm class instrument

当测距长度为 1km 时, 光电测距仪的标称精度为 5mm, 包括测距仪、全站仪。

注: 10mm 级仪器的定义方法相似。

2.0.3 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。

2.0.4 中线 center line

油气输送管道设计中所定出的管道中心线。

2.0.5 数字栅格地图 DRG Digital Raster Graphic;

以栅格数据形式表达地形要素的地理信息数据集。

2.0.6 数字线划图 DLG Digital Line Graphic

以矢量数据形式表达地形要素的地理信息数据集。

2.0.7 数字高程模型 DEM Digital Elevation Model

以规则格网点的高程值表达地表起伏的数据集。

2.0.8 数字正射影像图 DOM Digital Orthophoto Map

经过正射投影改正的影像数据集。

3 基本规定

3.1 测量方法的选择

3.1.1 初步设计阶段的测量可采用常规测量、卫星遥感测量与航空摄影测量方法;施工图设计阶段的测量可采用常规测量或航空摄影测量方法。

3.1.2 测量方法的选择应根据项目需要、地形、植被、气象等综合因素决定,几种测量方法可联合使用。

3.1.3 下列情况之一,宜选择常规测量方法:

- 1 线路长度较短。
- 2 沿线森林覆盖密集,植被茂盛。
- 3 地形起伏大,隐蔽地区多。

3.1.4 下列情况之一,宜选择航空摄影测量方法:

- 1 线路长度较长。
- 2 投资和工期允许。
- 3 航空摄影条件好。

3.2 初步设计阶段的测量工作

3.2.1 为满足初步设计的需要,勘测前宜收集可行性研究报告、沿线可供利用的 1:10000 和 1:50000 比例尺地形图、卫星遥感影像资料、航道图、最新交通图和国家或有关部门设立的三角点、GPS 点、导线点、水准点等资料。

3.2.2 测量人员宜参加线路方案的研究,并宜配合有关专业技术人员,根据任务书和工程可行性报告书拟定的线路方案,在地形图或遥感正射影像图上进行图上选线。经过各线路方案的初步比选,提出踏勘方案和现场需要调查落实的问题。

3.2.3 测量人员宜参加现场踏勘,并宜对初拟各线路方案进行核查和优化。

3.2.4 根据需要,宜用 1:50000 或 1:10000 比例尺地形图图解线路断面点,绘制线路纵断面图。

3.2.5 根据需要,应对重要的站址、局部复杂地段、大型穿(跨)越、隧道进行实测,其技术要求应符合本规范第 9 章、第 5 章、第 7 章、第 8 章的规定。

3.2.6 选择卫星遥感测量方法时,除上述要求外,还应制作卫星遥感正射影像图。

3.2.7 选择航空摄影测量方法时,除上述要求外,还应完成下列工作:

- 1 首级控制测量。
- 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 初步设计阶段的测量成果

3.3.1 常规测量方法宜提交下列测量成果:

- 1 线路走向示意图。
- 2 线路纵断面图。
- 3 站址和局部复杂地段地形图。
- 4 大型穿(跨)越及隧道地形图和纵断面图。

3.3.2 卫星遥感测量方法宜提交下列测量成果:

- 1 线路走向影像图。
- 2 控制点文件。
- 3 影像文件。
- 4 其他成果资料。
- 5 本规范第 3.3.1 条中第 3、4 款的成果。

3.3.3 航空摄影测量方法宜提交下列测量成果：

- 1 首级控制成果。
- 2 加密区成果报告。
- 3 加密成果。
- 4 正射影像图。
- 5 数字高程模型。
- 6 其他成果资料。
- 7 本规范第 3.3.1 条中第 3、4 款的成果。

3.4 施工图设计阶段的测量工作

3.4.1 常规测量方法应进行下列测量工作：

- 1 线路首级控制测量。
- 2 线路控制测量。
- 3 线路中线测量。
- 4 线路带状地形图测绘。
- 5 线路纵断面测量。
- 6 大、中型穿(跨)越测量；小型河流穿越纵断面测量。
- 7 隧道测量。
- 8 站址、阀室、阴极保护站及阳极区地形图测绘。
- 9 铁路、公路、冲沟等穿越测量。
- 10 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。
- 11 必要时进行横断面测量和曲线测设。

3.4.2 航空摄影测量方法应进行下列工作：

- 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 6~11 款的工作。

3.5 施工图设计阶段的测量成果

3.5.1 常规测量方法应提交下列成果：

- 1 线路控制点成果表及中线成果表。
- 2 线路带状地形图。
- 3 线路纵断面图。
- 4 大、中型穿(跨)越地形图及纵断面图；小型河流穿越纵断面图。
- 5 隧道洞身地形图及纵断面图、洞口地形图、堆渣场地形图、进场道路地形图。
- 6 站址、阀室、阴极保护站及阳极区地形图。
- 7 铁路、公路、冲沟等穿越地形图及纵断面图。
- 8 局部复杂地段大比例尺地形图、纵断面图。
- 9 横断面和曲线测设成果。
- 10 说明书。

3.5.2 航空摄影测量方法应提交下列成果：

- 1 首级控制点成果表及中线成果表。
- 2 线路数字线划图。
- 3 线路纵断面图或线路三合一图(线划、影像、纵断面合一)。
- 4 本规范第 3.5.1 条中第 4~10 款的成果。

4 控制测量

4.1 平面控制测量

4.1.1 平面控制测量应采用国家统一的平面坐标系,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。

4.1.2 平面控制测量应符合下列规定:

1 平面控制测量宜采用 GPS 测量或光电测距导线测量方法进行。

2 平面控制测量的等级选用应符合表 4.1.2-1 的规定。

表 4.1.2-1 平面控制测量等级选用

工程类别	工作内容	测量等级	备 注
线路工程	首级控制	GPS D 级	
	线路控制	GPS E 级/线路导线	线路导线测量见本规范第 6 章
大、中型水域穿越工程 大、中型跨越工程	联系测量	GPS D 级/E 级	按联测距离定
	首级控制	GPS E 级/光电测距 二级或三级导线	大型选二级 中型选一级
隧道工程	联系测量	GPS D 级/E 级	与首级控制同级
	首级控制	GPS D 级/E 级	长度大于或等于 1km 选 D 级长度小于 1km 选 E 级
站址	联系测量	GPS D 级/E 级	按联测距离定
	首级控制	光电测距二级或 三级导线/GPS E 级	大型站址选二级 中型站址选一级

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

4 数字取位要求应符合表 4.1.2-2 的规定。

表 4.1.2-2 数字取位要求

角度(°)	长度(m)	坐标(m)
1	0.001	0.001

5 平面控制点应埋设固定桩。

4.1.3 平面控制测量技术要求应符合下列规定：

- 1 线路导线主要技术要求应符合本规范第 6 章的规定。
- 2 GPS 测量主要技术要求应符合本规范第 10 章的规定。
- 3 光电测距导线主要技术要求应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 光电测距导线主要技术要求

等级	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测距相对 中误差	方位角闭合差 (")	导线全长相对闭合差
二级	8	15	1/14000	$16\sqrt{n}$	1/10000
三级	12	15	1/7000	$24\sqrt{n}$	1/5000

注： n 为测站数。

4.1.4 平面控制测量观测技术要求应符合下列规定：

- 1 线路导线观测主要技术要求应符合本规范第 6 章的规定。
- 2 GPS 测量观测主要技术要求应符合本规范第 10 章的规定。
- 3 光电测距导线观测主要技术要求应符合表 4.1.4-1、表 4.1.4-2 的规定。

表 4.1.4-1 水平角观测主要技术要求

仪器精度等级	测回数	半测回归零差 (")	一测回内 2C 互差 (")	同一方向值各测回较差 (")
2"级仪器	1	12	18	
6"级仪器	2	18		24

表 4.1.4-2 光电测距主要技术要求

仪器精度等级	观测次数	一测回读数较差(mm)	往返较差(mm)
≤5mm 级仪器	往返各一测回	5	≤2 m_D
≤10mm 级仪器	往返各一测回	10	

注：1 测回是指照准目标一次，读数 2 次~4 次的过程。

2 m_D 为仪器标称精度。

4.1.5 平面控制测量平差宜采用近似平差法,也可采用严密平差法。

4.2 高程控制测量

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

4.2.2 高程控制测量应符合下列规定:

1 高程控制测量宜采用 GPS 拟合高程测量或光电测距三角高程方法进行。

2 高程控制测量的等级选用应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 高程控制测量等级选用

工程类别	工作内容	测量等级	备 注
线路工程	首级控制	GPS 拟合高程	—
	线路控制	GPS 拟合高程/ 线路高程控制测量	线路高程控制测量见 本规范第 6 章
大、中型水域穿越工程 大、中型跨越工程	联系测量	GPS 拟合高程	—
	首级控制	GPS 拟合高程/ 四等或五等光电 测距三角高程测量	大型选用四等 中型选用五等
隧道工程	联系测量	GPS 拟合高程	—
	首级控制	GPS 拟合高程/ 四等或五等光电 测距三角高程测量	长度大于或等于 1km 选用四等 长度小于 1km 选用五等
站址	联系测量	GPS 拟合高程	—
	首级控制	GPS 拟合高程/ 四等或五等光电 测距三角高程测量	大型站址选用四等 中型站址选用五等

3 高程控制测量数字取位均到毫米。

4 高程控制测量宜与平面控制测量同时进行。

4.2.3 高程控制测量技术要求应符合下列规定:

1 线路高程测量主要技术要求应符合本规范第 6 章的规定。

2 GPS 拟合高程测量主要技术要求应符合本规范第 10 章

的规定。

3 光电测距三角高程测量主要技术要求应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 光电测距三角高程测量主要技术要求

等级	每千米高差全中误差(mm)	边长(km)	观测次数	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	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{\sum D}$
五等	15	≤ 1	对向观测	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{\sum D}$

注: D 为测距边的长度(km)。

4.2.4 高程控制测量观测技术要求应符合下列规定:

1 线路高程测量观测主要技术要求应符合本规范第 6 章的规定。

2 GPS 拟合高程测量观测主要技术要求应符合本规范第 10 章的规定。

3 光电测距三角高程观测主要技术要求应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 光电测距三角高程测量观测主要技术要求

等级	垂直角观测				边长测量	
	仪器精度等级	测回数	指标差较差(")	测回较差(")	仪器精度等级	观测次数
四等	2"级仪器	3	≤ 7	≤ 7	$\leq 10\text{mm}$ 级仪器	往返各一次
五等	2"级仪器	2	≤ 10	≤ 10	$\leq 10\text{mm}$ 级仪器	往一次

4.2.5 高程控制测量平差宜采用近似平差法,也可采用严密平差法。

5 地形测量

5.1 一般规定

5.1.1 测图比例尺根据设计阶段、工程性质及地形等具体情况,可按表 5.1.1 选用。

表 5.1.1 测图比例尺选用

设计阶段	工作内容	比例尺
初步设计	线路	1:10000、1:50000
	大型穿(跨)越、隧道	1:1000、1:2000
	站址	1:1000、1:2000
	局部复杂地段	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
	站址	1:500
	局部复杂地段	1:500、1:1000

注:1 对于局部施测大于 1:500 比例尺的地形图,可按 1:500 地形图测量的要求执行。

2 对于线路带状地形图,可按本规范第 5.5 节要求执行。

3 根据委托方要求,一些地形要素可增减;建设用地按规定比例尺测量,其他的要求可测绘小比例尺区域位置图。

5.1.2 地形类别划分和地形图基本等高距的确定,应分别符合下列规定:

1 地形类别应根据地面倾角(α)大小确定:

平坦地: $\alpha < 3^\circ$;

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

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

高山地: $\alpha \geq 25^\circ$ 。

2 地形图的基本等高距应按表 5.1.2 的规定选用。

表 5.1.2 地形图的基本等高距(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。

5.1.3 地形测量的基本精度要求,应符合下列规定:

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

2 等高线的插求点或数字高程模型格网点相对于邻近图根点的高程中误差,应符合表 5.1.3-1 的规定。

表 5.1.3-1 等高线插求点或数字高程模型格网点的高程中误差

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

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 5.1.2 取用。

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 5.1.3-2 的规定。

表 5.1.3-2 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,应精确至 0.01m;当基本等高距大于 0.5m 时,应精确至 0.1m。

5.2 图根控制测量

5.2.1 图根平面控制和高程控制测量可同时进行,也可分别施测。图根点相对于邻近等级控制点的点位中误差不应大于图上 0.1mm,高程中误差不应大于基本等高距的 1/10。

5.2.2 对于较小测区,图根控制可作为首级控制。图根点可埋设木桩,当图根点作为首级控制时应埋设固定桩。

5.2.3 一般地区解析图根点的数量应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 解析图根点的数量

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

注:表中所列数量,是指施测该幅图最少可利用的全部解析控制点数量。单体图应考虑施工需求适当增加图根点数量。

5.2.4 图根控制测量数字取位要求应符合表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4 图根控制测量数字取位要求

各项计算修正值 ($''$ 或 mm)	方位角计算值 ($''$)	边长及坐标计算值 (m)	高程计算值 (m)	坐标成果 (m)	高程成果 (m)
1	1	0.001	0.001	0.01	0.01

5.2.5 图根平面控制测量可采用图根导线、极坐标法或 GPS 测量等方法。

5.2.6 图根导线测量应符合下列规定：

1 图根导线测量宜采用 $6''$ 级仪器 1 测回测定水平角。主要技术要求应符合表 5.2.6 的规定。

表 5.2.6 图根导线测量的主要技术要求

导线长度(m)	相对闭合差	测角中误差($''$)		方位角闭合差($''$)	
		一般	首级控制	一般	首级控制
$\leq a \times M$	$\leq 1/(2000 \times a)$	30	20	$60\sqrt{n}$	$40\sqrt{n}$

注：1 a 为比例系数，取值宜为 1，当采用 1:500、1:1000 比例尺测图时，其值可在 1~2 之间选用。

2 M 为测图比例尺的分母， n 为测站数。

3 隐蔽或施测困难地区导线相对闭合差可放宽，但不应大于 $1/(1000 \times a)$ 。

2 在等级控制点下加密图根控制时，不宜超过 2 次附合。

3 图根导线的边长，宜采用光电测距仪单向施测。

5.2.7 极坐标法图根点测量应符合下列规定：

1 宜采用 $6''$ 级全站仪，角度、距离 1 测回测定。

2 观测限差应符合表 5.2.7-1 的规定。

表 5.2.7-1 极坐标法图根点观测限差

半测回归零差($''$)	两半测回角度较差($''$)	测距读数较差(mm)	正倒镜高程较差(m)
≤ 20	≤ 30	≤ 20	$\leq h_d/10$

注： h_d 为基本等高距(m)。

3 测设时，可与图根导线或等级导线一并测设，也可在等级控制点上独立测设。独立测设的后视点应为等级控制点。

4 在等级控制点上独立测设时，也可直接测定图根点的坐标和高程，并将上、下两半测回的观测值取平均值作为最终观测结

果,其点位误差应符合本规范第 5.2.1 条的规定。

5 极坐标法图根点测量的边长应符合表 5.2.7-2 的规定。

表 5.2.7-2 极坐标法图根点测量的最大边长

比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
最大边长(m)	300	500	700	1000

5.2.8 GPS 图根控制测量宜采用 GPS-RTK 方法直接测定图根点的坐标和高程。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图上 0.1mm,高程较差不应大于基本等高距的 1/10。其他技术要求应符合本规范第 10.8 节的规定。

5.2.9 图根高程控制可采用光电测距三角高程、GPS-RTK 等测量方法。光电测距三角高程测量应符合下列规定:

1 起算点的精度不应低于五等光电测距三角高程点的精度。

2 图根光电测距三角高程测量的主要技术要求应符合表 5.2.9 的规定。

表 5.2.9 图根光电测距三角高程测量的主要技术要求

每千米高差 全中误差 (mm)	附和路线 长度(km)	仪器精度 等级	中丝法 测回数	指标差 较差(")	垂直角 较差(")	对向观测 高差较差 (mm)	附和或环形 闭合差 (mm)
20	≤ 5	6"级仪器	2	25	25	$80\sqrt{D}$	$40\sqrt{\sum D}$

注: D 为光电测距边的长度(km)。

3 仪器高和视标高的量取应精确至 1mm。

5.3 测量方法及要求

5.3.1 地形测量宜采用全站仪测图、GPS-RTK 测图等方法。

5.3.2 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。

5.3.3 全站仪测图的仪器安置及测站检核应符合下列要求:

1 仪器的对中偏差不应大于 5mm, 仪器高和反射镜高应量至 1mm。

2 应选择较远的图根点作为测站定向点, 并施测另一图根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, 高程较差不应大于基本等高距的 1/5。

3 作业过程中和作业结束前, 应对定向方位进行检查。

5.3.4 全站仪测图的最大测距长度应符合表 5.3.4 的规定。

表 5.3.4 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

5.3.5 采用 GPS-RTK 测图时, 主要技术要求应符合本规范第 10.8 节的规定。

5.3.6 采用全站仪、GPS-RTK 测量时, 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; 地形要素间的相关位置应清楚正确; 每天应及时对照草图检查所采集的数据。

5.3.7 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。

5.4 水域地形测量

5.4.1 水域地形测量的主要技术要求应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 水域地形测量主要技术要求

测图比例尺	断面间距(m)	测点间距(m)	等高距(m)	
			计曲线	首曲线
1:500	10	5~10	2.5 或 5	0.5 或 1
1:1000	15~20	10~15	5	1
1:2000	25~40	15~20	5 或 10	1 或 2
1:5000	80~100	30~50	10 或 25	2 或 5

5.4.2 测量时的水面高宜以半个工作日为单位及时获取。开工、收工时在工作水域的上下游及两岸各测一组共八个数据取平均值。

5.4.3 水边线的测量宜在尽可能短的时间内一次测完。

5.4.4 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 5.4.4 的规定。

表 5.4.4 测深点深度中误差

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

注:1 H 为水深(m)。

2 水底树林和杂草丛生水域不适合使用回声测深仪。

3 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。

4 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。

5.4.5 测深点的定位可采用交会法、GPS 定位、极坐标法和断面索法等。

5.4.6 采用交会法定位时,应符合下列规定:

1 等级控制点、图根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。

5.5 线路带状地形图测绘

5.5.1 线路带状地形图可利用同等比例尺或小一级比例尺地形图进行编制,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100mm,线路中线宜位于图中央。

5.5.2 编制的带状地形图不能满足设计需要时,应实测数字地形图,比例尺为1:2000及1:5000两种,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为:

1:2000 中线两侧不应小于60m。

1:5000 中线两侧不应小于100m。

5.5.3 线路带状地形图测绘主要技术要求应符合表5.5.3的规定。

表 5.5.3 线路带状地形图测绘主要技术要求

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	

5.5.4 地形测量可采用全站仪测图、GPS-RTK 测量方法进行,测量时应绘制草图。地形测量时可以导线点作测站。测绘主要技术要求除应符合本规范第5.5.3条规定外,尚应符合本规范第5.3节有关规定。

5.5.5 带状地形图地物、地貌的测绘应符合下列要求:

1 中线两侧各 60m 以内的管道、送电线、通信线、铁路、公路、大车路、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。地类界应按其种类、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;道路、各类线路应实测。

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

5.6 数字化成图

5.6.1 数字化成图的数据获取可采用野外测量、航空摄影测量、卫星遥感测量、原图数字化与已有测量资料采集等方法。

5.6.2 数字化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。

5.6.3 数字化成图运行的软件系统应包括:操作系统、数字化成图软件系统、全屏幕编辑软件系统、成图应用软件系统及图形编辑系统。

5.6.4 数字化成图的成果应包括:图及其相应的数据文件、图形文件。成果的格式、内容宜与相应的国家标准统一,以便于互相转换。

5.6.5 常规测量、航空摄影测量、卫星遥感测量采集数据应符合本规范及国家现行标准的有关规定。

5.6.6 原图数字化可采用图形扫描仪数字化法,将图形转化为数据文件。图形扫描仪的主要技术指标应满足大比例尺成图的精度要求。

5.6.7 观测数据的处理应符合下列规定:

1 观测数据应采用与计算机联机通信的方式,转存至计算机并生成原始数据文件;数据量较少时也可采用键盘输入,但应加强检查。

2 应采用数据处理软件,将原始数据文件中的控制测量数据、地形测量数据和检测数据进行分离(类),并分别进行处理。

3 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,但不得修改测量数据。

4 生成等高线时,应确定地性线的走向和断裂线的封闭。

5.6.8 数据处理软件系统应具有数据通信、数据转换、数据编辑等功能。

5.6.9 数据处理的主要成果应包括下列文件:

1 原始数据文件:数据采集所生成的文件。

2 图根点成果文件:测区范围内所有图根点三维坐标成果表。

3 碎部点成果文件:全部碎部点三维坐标成果表。

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

5.6.10 应用绘图软件系统,将数据处理的成果转换成图形文件。使用数据文件自动生成的图形或使用软件批处理生成的图形,应对其进行人机交互图形编辑。所绘制的图形,应符合国家现行图式标准的要求。

5.6.11 图形处理的成果应符合下列的要求:

1 图形文件与相关的数据文件应彼此对应,并能互相转换。

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。

5.6.12 数字化成图应提交下列成果:

1 成果说明文件。

2 数据采集原始数据文件。

3 图根点成果文件。

4 碎部点成果文件。

5 地形图文件。

6 地形图底图。

6 线路测量

6.1 一般规定

- 6.1.1 测量人员宜参加线路定线。
- 6.1.2 实地确定转点时应顾及点的通视、距离及测站观测条件。
- 6.1.3 线路转点宜选作平面和高程控制点。

6.2 平面控制测量

- 6.2.1 线路的平面控制测量,宜采用 GPS 测量或光电测距附和导线测量方法。采用 GPS 测量时,技术要求应符合本规范第 10.3 节的规定。附和导线宜沿线路或靠近线路中线贯通布设,即线路中线转点尽可能作为导线点。
- 6.2.2 采用附和导线方法时,线路的起点、终点和线路长度不大于 30km 的点应与国家或其他高等级控制点联测检核。其主要技术要求应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 导线测量主要技术要求

导线长度(km)	测角中误差(")	联 测 检 核	
		方位角闭合差(")	相对闭合差
≤ 30	12	$24\sqrt{n}$	1/2000

注: n 为测站数。

- 6.2.3 导线联测困难时,可采用 GPS 测量方法在国家等级点下加密,进行首级控制测量,增设 GPS 控制点,技术要求应符合本规范第 10.2 节的规定。
- 6.2.4 导线点的水平角观测应采用两半测回测量线路前进方向的左角。两半测回间应变动度盘位置,水平角角值较差的限差应符合表 6.2.4 的规定,限差内取平均值。

表 6.2.4 水平角角值较差的限差 (")

仪器等级	两半测回间角值较差的限差
2"级仪器	15
6"级仪器	30

6.2.5 导线边长测量可采用全站仪、光电测距仪进行。读数取位至毫米。

6.2.6 全站仪、光电测距仪测距时,应往返各测一测回。光电测距主要技术要求应符合本规范表 4.1.4-2 的规定。

6.3 高程控制测量

6.3.1 线路的高程控制可采用 GPS 拟合高程测量,其技术要求应符合本规范第 10.2.6 条~第 10.2.9 条的规定。线路的高程控制,也可采用光电测距三角高程测量,与导线测量合并进行,并应在长度不大于 30km 处与国家或其他控制点联测。

6.3.2 光电测距三角高程测量的主要技术要求应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 光电测距三角高程测量主要技术要求

每千米高差全中误差(mm)	路线长度(km)	附和或环线闭合差(mm)
20	≤ 30	$40\sqrt{D}$

注:1 D 为线路长度(km)。

2 作业时,根据需要高程控制精度可放宽 1~2 倍执行。

6.3.3 光电测距三角高程测量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 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 光电测距三角高程观测主要技术要求

仪器精度等级	中丝法测回数	指标差较差 (")	垂直角较差 (")	对向观测高差 较差(mm)
6"级仪器	2	25	25	$80\sqrt{D}$
2"级仪器	1			$60\sqrt{D}$

注: D 为测距边长度(km)。

2 高差应对向观测。对向观测高差较差在限差内取平均值。仪器高、反射镜高量至毫米。

3 对向观测高差应进行地球曲率和折光差改正。

6.4 其他线路转点测量

6.4.1 由于边长太短或不便测量而未纳入导线的线路转点,可采用极坐标法、全站仪或 GPS RTK 直测坐标等方法进行测量。

6.4.2 采用极坐标法测量时,水平角测量技术要求应符合本规范第 6.2.4 条的规定;边长观测一测回,光电测距主要技术要求应符合本规范表 4.1.4-2 的规定。

6.4.3 转点高程应采用两次镜高各测一次,技术要求应符合本规范表 6.3.3 的规定,两次所测高差较差按对向观测高差较差处理。限差内取平均值。

6.4.4 全站仪、GPS-RTK 直测坐标、高程应测量两次,两次测量的纵、横坐标及高程的较差均不应大于 0.2m,限差内取平均值。

6.5 纵断面测量

6.5.1 纵断面测量可采用全站仪、GPS-RTK 直接测定断面点的坐标和高程。

6.5.2 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 50mm。

6.5.3 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。

6.5.4 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,坎子应与纵断面线对应,可不画等高线。

6.5.5 纵断面图应采用计算机绘制,比例尺可按表 6.5.5 选用。

表 6.5.5 纵断面图比例尺的选用

横比例	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000	1 : 10000
纵比例	1 : 100 / 1 : 200	1 : 200	1 : 500	1 : 500 / 1 : 1000

6.5.6 纵断面测量时,在转点间或转点与方向点间应进行附和,其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)。

6.6 横断面测量

6.6.1 管道线路可不测横断面。如委托方需要,可在局部地段进行横断面测量,实测条数依据设计确定。

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

6.7 曲线测设

6.7.1 如委托方要求进行曲线测设,管道在平面转点处的连接形式应以设计要求为依据。

6.7.2 管道曲线敷设前应明确下列连接形式的设计要求:

- 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。

6.7.3 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。

6.8 内业计算

6.8.1 导线跨两个分度带时,应计算分度带界线两侧各两个转点的邻带坐标。

6.8.2 计算导线相对闭合差,若达不到 $1/2000$ 时,应将坐标增量

之和改化至大地水准面,再改化至高斯投影面上,以此结果再衡量达到精度与否。两次改化的坐标增量和按式(6.8.2-1)、式(6.8.2-2)计算:

$$\sum \Delta X_s = \sum \Delta X + \left(\frac{Y_m^2}{2R^2} - \frac{H_m}{R} \right) \cdot \sum \Delta X \quad (6.8.2-1)$$

$$\sum \Delta Y_s = \sum \Delta Y + \left(\frac{Y_m^2}{2R^2} - \frac{H_m}{R} \right) \cdot \sum \Delta Y \quad (6.8.2-2)$$

式中: $\sum \Delta X_s$ 、 $\sum \Delta Y_s$ ——两次改化后纵、横坐标增量和(m);

$\sum \Delta X$ 、 $\sum \Delta Y$ ——导线纵、横坐标增量和(m);

R ——地球平均曲率半径,采用 6371km;

Y_m ——距中央子午线的平均距离(km);

H_m ——导线两端点的黄海平均高程(km)。

6.8.3 附和导线计算可采用简易平差法或严密平差法。方位角闭合差、坐标闭合差及高程闭合差等在限差内可平均配赋。

6.8.4 中线里程按坐标反算距离推算。里程书写形式如 123+756.2,其中“+”前为整公里数,其后为以 m 为单位的长度。线路转点水平角亦按坐标反算结果取用。

6.8.5 计算时数字取位要求应符合表 6.8.5 的规定。

表 6.8.5 计算时数字取位要求

方向观测值 及改正数(°)	边长观测值 及改正数(m)	高程、边长、坐标 坐标增量(m)	方位角、 垂直角(°)
1	0.001	0.001	1

6.8.6 最终成果取位要求应符合表 6.8.6 规定。

表 6.8.6 最终成果取位要求

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

7 穿(跨)越测量

7.1 一般规定

7.1.1 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。

7.1.2 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。等级划分应符合表 7.1.2-1、表 7.1.2-2 的规定。

表 7.1.2-1 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
	$\geq 100, < 200$	≥ 5
中型	$\geq 100, < 200$	< 5
	$\geq 40, < 100$	不计水深
小型	< 40	不计水深

注:1 若采用裸管敷设或沟埋设穿越,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 7.1.2-2 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	$\geq 100, < 300$	$\geq 50, < 150$
小型	< 100	< 50

7.1.3 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,但河流、湖泊穿越工程的高程系统宜与测区原高程系统一致;施工图设计阶段的坐标、高程系统应与线路一致。技术要求应符合本章的规定。

7.1.4 隧道穿越测量的技术要求应符合本规范第8章的规定。

7.1.5 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4章、第5章的规定。

7.1.6 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5章的规定。小型水域穿越工程可只测绘纵断面图。

7.2 控制测量

7.2.1 测区首级控制测量可采用GPS测量、光电测距导线、光电测距三角高程测量等方法。其技术要求应符合本规范第10章、第4章的规定。

7.2.2 控制点和穿(跨)越的主断面桩应埋设固定桩。在穿(跨)越点附近宜布设不少于2个相互通视的控制点或图根点。

7.3 地形测量

7.3.1 地形测量的范围由委托方确定;宜包括跨越两端的塔基及锚固墩、两岸的截断阀室、施工场地及管道发送道,以及上下游适当范围内的水下地形。在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。

7.3.2 两岸地形图除按一般要求测绘外,尚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。

7.3.3 陆上、水域地形测量技术要求应符合本规范第5章的规定。

7.4 主断面测量

7.4.1 穿越主断面测量除应执行本规范第 6.5 节有关规定外,尚应符合下列要求:

- 1 两岸应分别测至发送道或顺主断面桩各外延 50m。
- 2 当用机动船配合测深仪测穿越主断面时,应沿断面线往返复测数次,经取舍后图解断面。
- 3 应绘出洪水位线及实测水位线。
- 4 委托方的特殊要求。

7.4.2 跨越主断面测量应执行本规范第 6.5 节有关规定。如未测水下地形则主断面亦只测到水边线。纵、横比例尺宜相同。

7.4.3 对于非开挖穿越方式,除测量主断面外,尚需在中线两侧各 15m~20m 处施测两条纵断面或根据委托方要求进行测量。

8 隧道测量

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于油气输送管道隧道测量。

8.1.2 隧道测量应建立独立控制网,建立控制网应符合下列要求:

1 初步设计阶段或施工图设计阶段的隧道测量在线路测量前进行时,可建立独立坐标系统和假定高程系统。

2 施工图设计阶段的独立控制网宜采用以一洞口控制桩为起算点,以线路邻近转点桩方向为起算方位,采用 3° 分带、投影面为测区抵偿高程面或测区平均高程面的平面直角坐标系;或任意带、投影面为1985国家高程基准面的平面直角坐标系。

8.1.3 相邻隧道洞口线路纵向间距小于80m时,宜作为一整座隧道进行测量。

8.2 控制测量

8.2.1 测区首级控制测量应采用GPS测量方法。等级的选择及技术要求应符合本规范第4章、第10章的规定。

8.2.2 隧道测量控制点和隧道进、出洞桩应埋设固定桩,并应在每个隧道口施工范围外布设至少3个控制桩。进出洞桩的边宜为GPS直接观测边。

8.3 地形测量

8.3.1 测图范围由委托方确定。宜包括洞口地形图、洞身地形图及洞身纵断面图、堆渣场地形图及连接道路带状地形图。

8.3.2 洞口地形图比例尺宜为1:500或1:1000。

- 8.3.3 洞身地形图比例尺宜为 1:2000 或 1:1000。水下隧道附近的重要建(构)筑物应根据设计人员现场指定进行测量。
- 8.3.4 堆渣场地形图比例尺宜为 1:500 或 1:1000。
- 8.3.5 连接道路带状地形图比例尺宜为 1:2000 或 1:1000。
- 8.3.6 地形测量的技术要求应符合本规范第 5 章的规定。
- 8.3.7 连接道路带状地形图测绘的技术要求应符合本规范第 5 章的规定。

8.4 洞身纵断面测量

- 8.4.1 隧道洞身纵断面测量长度应与隧道洞身地形图测量长度相同。
- 8.4.2 陆上隧道进出洞桩上端 50m 高差范围内详测,上端山顶部分测出地形变换点;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,则应详细测量断面并绘制纵断面图。
- 8.4.3 水下隧道的水下断面应在断面线上往返测量数次,经取舍后图解。除测量主断面外,尚需在主断面线两侧各 15m~20m 处施测两条纵断面。
- 8.4.4 洞身纵断面图纵、横向比例尺相同,并宜与洞身地形图比例尺一致。
- 8.4.5 纵断面测量的技术要求应符合本规范第 6.5 节的规定。

9 站址测量

9.0.1 本章适用于油气输送管道场站、基地及阀室等的测量。

9.0.2 控制网的坐标、高程系统应与线路一致。若站址先期测量,可采用独立坐标系统和假定高程系统。坐标、高程起算值可采用 1:10000 或 1:50000 地形图上的相近值,并应在图上标出磁北或真北方向。

9.0.3 测区首级控制测量可采用 GPS 测量、光电测距导线、光电测距高程测量等方法,其技术要求应符合本规范第 10 章、第 4 章的规定。

9.0.4 测图面积较小的站址平面、高程控制可采用图根控制测量,主要技术要求应符合本规范第 5.2 节的规定。

9.0.5 每个站址布设的控制点不应少于 3 个,且应相互通视、便于保存,并应埋设固定桩。地形测量的主要技术要求应符合本规范第 5 章的规定。

9.0.6 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条件下,可按 1:500 地形图的技术要求进行测绘,或利用地形图放大。坐标格网可不平行于图框线,图上应标出北方向。

9.0.7 进出站管线应测绘于图上,并按设计人员指定的位置测出埋地管线。地名、行政区名、道路去向等注记应详尽。

9.0.8 站址测量应有简要说明和控制点成果表。

10 全球定位系统(GPS)测量

10.1 一般规定

10.1.1 全球定位系统(Global Positioning System-GPS)测量方法适用于控制测量、中线测量、断面测量、地形测量。

10.1.2 管道 GPS 测量控制网应分为 D、E 两级。GPS 网相邻点间基线精度应按下式进行计算,主要技术要求应符合表 10.1.2 的规定。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (10.1.2)$$

式中: σ ——标准差(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)。

表 10.1.2 GPS 控制网的主要技术要求

级别	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)
D	≤ 10	≤ 10
E	≤ 10	≤ 20

10.1.3 GPS 测量大地高差的精度,固定误差 a 和比例系数 b 可按表 10.1.2 放宽 1 倍执行。

10.1.4 线路 GPS 控制测量可分为国家等级点加密控制测量和线路控制测量。国家等级点加密控制测量应按 D 级技术要求施测,线路控制测量应按 E 级技术要求施测。

10.1.5 根据管道线路和沿线可利用国家控制点的密度,控制网可采用分级布设,也可采用越级布设法从国家四等或四等以上等级控制点,直接测定线路控制点。分级布设时,各级网可采用

GPS 测量和光电测距导线测量相结合的方法进行。

10.2 国家等级点加密控制测量

10.2.1 当国家等级点密度不能满足线路控制联测需要时,应先进行国家等级点加密控制测量。加密控制网可视为线路的首级控制网。加密控制网宜沿线路按点对布设,构成由四边形或大地四边形组成的带状网。点对间的距离宜为 8km~15km,最长不应超过 20km。组成点对的两点间应互相通视,其间距不宜小于 400m,特殊情况下不应小于 300m。

10.2.2 线路的起终点、隧道两端、大中型穿(跨)越点以及大型站址等附近宜布设 GPS 点对。

10.2.3 加密控制网应与不低于国家四等三角点的大地点或相当精度的既有 GPS 点联测。联测点数不应少于 3 个,特殊情况下不应少于 2 个。当联测点为 3 个及其以上时,宜在网中均匀分布;当联测点为 2 个时,应分布在网的两端。

10.2.4 联测点的间距不应大于 100km。联测点只有 2 个时,应采用 GPS 测量证明两点距离精度可靠方可使用,线路过长时可视情况分段,在各段交界附近应布设一对 GPS 控制点。

10.2.5 国家等级点加密控制点的高程可采用 GPS 拟合高程测量或五等光电测距三角高程测量。当采用 GPS 进行拟合高程控制测量时,GPS 网点除利用国家等级水准点或相当精度的既有高程点外,应根据精度需要和测区地形状况适当联测高程点。联测高程可用等级水准或与其精度相当的其他方法测定。五等光电测距三角高程的主要技术要求应符合本规范第 4.2 节的规定。

10.2.6 GPS 拟合高程测量宜与 GPS 平面控制测量同时进行。

10.2.7 GPS 拟合高程测量的主要技术要求应符合下列规定:

1 GPS 网宜与四等或四等以上的水准点联测。联测的 GPS 点应分布在测区的四周和中央。线路控制网联测的 GPS 点应分布在测区的两端及中部。

2 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。

3 地形高差变化较大的地区应适当增加联测的点数。

10.2.8 GPS 拟合高程计算应符合下列规定:

1 应对联测的已知高程点进行可靠性检验,并剔除不合格点。

2 对于地形平坦的小测区可采用平面拟合模型;对于地形起伏较大的大面积测区宜采用曲面拟合模型。

3 对拟合高程模型应进行优化。

4 GPS 点的高程计算不宜超出拟合高程模型所覆盖的范围。

10.2.9 对 GPS 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水准测量方法或光电测距三角高程测量方法进行,其高差较差不应大于 $30\sqrt{D}\text{mm}$ (D 为检查路线的长度,单位为 km)。

10.2.10 国家等级点加密控制测量 GPS 外业观测应采用静态模式,主要技术要求应符合本规范第 10.5 节的规定。

10.3 线路控制测量

10.3.1 线路控制测量应以 GPS 加密点或国家四等及以上等级点(特殊情况为一级导线点)为起算点布网。

10.3.2 线路测量控制点的密度应根据地形情况、中线测量及地形测图的要求综合考虑。线路 GPS 控制点的间距宜为 200m~5000m,相邻点宜互相通视。线路中线转点宜作为线路 GPS 控制点。

10.3.3 线路控制网宜布设成以 GPS 加密点或国家四等及以上等级点(特殊情况为一级导线点)为起闭点的附和路线形式。需要时,也可布设成由若干个独立观测环构成的网。

10.3.4 联测点的数量及分布应符合本规范第 10.2.3 条的规定。

10.3.5 线路控制点的高程可采用 GPS 拟合高程测量或图根光电测距三角高程测量,主要技术要求应符合本规范第 10.2 节或第 5.2.9 条的规定。

10.3.6 外业观测可采用快速静态或静态和快速静态联合法测量。主要技术要求应符合本规范第 10.5 节的规定。外业观测也可采用实时动态 GPS-RTK,主要技术要求应符合本规范第 10.8 节的规定。

10.4 选点与埋石

10.4.1 选点准备应符合下列要求:

1 收集与管道线路有关的 1:10000、1:50000 地形图、既有控制测量资料。

2 了解线路走向方案以及大、中型穿(跨)越工程的位置。

3 了解沿线的社会依托情况。

4 在周密调查研究的基础上,进行 GPS 控制网设计。

10.4.2 选点应符合下列要求:

1 点位的选择应符合技术设计要求,并有利于其他测量手段进行扩展和联测。

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

3 点位应远离大功率无线电发射源(如电视台、微波站等),其距离不宜小于 200m;远离高压输电线,其距离不宜小于 50m。

4 点位应便于保存、寻找和到达。

5 点位附近不应有强烈干扰卫星信号接收的物体。

6 选点完毕,应实地绘制点之记(中线转点可不绘制)。

10.4.3 加密控制点应埋设混凝土桩;线路控制桩宜埋设固定桩,桩上应做好标志和标字。根据需要办理测量标志委托保

管书。

10.5 观 测

10.5.1 D、E 两级 GPS 测量作业的基本技术要求应符合表 10.5.1 的规定。

表 10.5.1 GPS 测量作业的基本技术要求

等 级		D 级	E 级
卫星高度角(°)	静态	≥ 15	≥ 15
	快速静态	—	≥ 15
有效观测卫星数	静态	≥ 4	≥ 4
	快速静态	—	≥ 5
观测时段长度(min)	静态	15~45	10~30
	快速静态	—	10~15
数据采样间隔(s)	静态	10~30	10~30
	快速静态	—	5~15
点位几何图形强度因子 PDOP		≤ 6	≤ 8

10.5.2 观测人员必须按照 GPS 接收机操作手册的规定进行作业。

10.5.3 天线宜利用脚架对中;当精度要求较低时,可用带支架的对中杆对中。对中允许偏差为 3mm。

10.5.4 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。

10.5.5 观测时应按规定逐项填写观测手簿,同时应注意仪器的警告信息,及时处理各种特殊情况。

10.5.6 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 按关闭和删除文件功能键。

6 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)。

10.5.7 每日观测结束后,应及时将数据转存至计算机上,并拷贝成一式两份。不应进行任何剔除或删除,也不应调用任何对数据实施重新加工组合的操作指令。

10.6 数据处理

10.6.1 基线解算可采用随机软件。基线解算应符合下列规定:

1 基线解算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 基线解算中的起算点应有 WGS-84 坐标,其精度要求对于 D、E 两级不宜低于 25m,可采用不少于 30min 观测的单点定位结果的平差值。

3 快速静态模式测量的基线应采用合格的双差固定解作为基线解算的最终结果。

4 同一级别的 GPS 网,根据基线长度不同,可采用不同的数学处理模型。但 8km 以内的基线,宜采用双差固定解。20km 以内的基线,可在双差固定解和双差浮点解中选择最优结果。

10.6.2 基线向量的质量应符合下列要求:

1 同一条边复测成果的较差 d_s ,应符合下式的规定。

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (10.6.2-1)$$

式中: σ ——相应等级规定的精度,按实际平均边长计算。

2 同步环应进行闭合差检验,其闭合差应符合下列公式的规定。

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (10.6.2-2)$$

$$W_Y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (10.6.2-3)$$

$$W_Z \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \cdot \sigma \quad (10.6.2-4)$$

$$W = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \cdot \sigma \quad (10.6.2-5)$$

式中: W_X 、 W_Y 、 W_Z ——坐标分量闭合差;

W ——环的全长闭合差;

σ ——相应等级规定的精度,按环平均边长计算;

n ——闭合环的边数。

3 异步环应进行闭合差检验,其闭合差应符合下列公式的规定。

$$W_X \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma \quad (10.6.2-6)$$

$$W_Y \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma \quad (10.6.2-7)$$

$$W_Z \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma \quad (10.6.2-8)$$

$$W \leq 3\sqrt{3n} \cdot \sigma \quad (10.6.2-9)$$

10.6.3 当检验或数据处理时发现观测数据不能满足要求,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。

10.7 控制网平差计算

10.7.1 外业观测数据检核合格后,GPS控制网应进行无约束平差,平差时应符合下列规定:

1 以一个点的 WGS-84 三维坐标作为起算数据。

2 基线分量改正数的绝对值应小于 3σ 。

3 平差结果,应输出控制点在 WGS-84 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、点位和边长的精度信息。

10.7.2 无约束平差后,应以无约束平差确定的有效观测量为基础,进行约束平差,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,可以作为强约束的固定值,也可以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 GPS 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 2σ 。

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其精度信息。

10.7.3 计算 GPS 控制网点的正常高,应符合下列规定:

1 应先利用已联测高程的 GPS 点的正常高和经 GPS 控制网平差得到的大地高,求其高程异常值。

2 应根据联测高程点的分布、地形、转换后高程的精度,选择适宜的数学模型(如直线拟合法、曲线拟合法、平面拟合法、曲面拟合法、双 B 样条拟合法以及插值法等)进行 GPS 高程转换。

10.8 GPS-RTK 测量

10.8.1 实时动态(Global Positioning System-Real Time Kinematic—GPS-RTK)测量适用于线路控制测量、中线测量、断面测量及地形测量等。

10.8.2 GPS-RTK 作业前,应收集下列资料:

1 测区控制点成果及 GPS 测量资料。

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

10.8.3 转换关系的建立应符合下列规定:

1 基准转换可采用重合点求定参数(七参数或三参数)的方法进行。

2 坐标和高程转换参数的确定宜分别进行。坐标转换参数可直接应用测区 GPS 网约束平差所计算的参数;高程转换可采用拟合高程测量的方法,按本规范第 10.2.6 条~第 10.2.9 条有关规定执行。

10.8.4 转换参数使用前,应对其精度、可靠性进行分析和实测检查。检查点应分布在测区的中部和边缘。检测结果:平面较差不应大于 50mm,高程较差不应大于 $30\sqrt{D}$ mm(D 为参考站到检查站的距离,单位为 km)。

10.8.5 GPS-RTK 用于线路控制测量和中线测量时,宜以一级导线点及以上等级点或加密国家等级点为参考站。流动站宜架设支架并对中整平,每点应观测两次,两次测量的纵、横坐标及高程的较差均不应大于 0.2m。

10.8.6 GPS-RTK 用于断面测量或地形测量时,宜以线路控制点为参考站。重新开始工作、搬至新的参考站或控制器内的数据及参数更新时,都应复测两个带有明显标记的地形点或复测两次单个控制点进行检核,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。

10.8.7 GPS-RTK 测量应按规定对仪器进行检验。作业时应按照随机操作手册进行。

10.8.8 用于线路控制测量、中线测量时,流动站距参考站的距离不宜超过 5km;用于线路断面测量、地形测量时,流动站距参考站的距离不宜超过 10km。

10.8.9 原始记录要适时下载、备份,以防丢失。当天数据当天处理,发现漏点或超限点要及时补测、重测,并做好备忘录。

10.8.10 流动站的 GPS 高程向正常高转换可采用下列几种方法：

- 1 通过已知点的正常高内插或拟合求取。
- 2 通过参考站的高程异常值对流动站的大地高程进行改正。
- 3 通过高程异常图量取或数字化后提取。
- 4 通过随机软件获取。

10.8.11 快速静态测后处理型 GPS 接收机测量可参照本节规定执行。

11 卫星遥感测量

11.1 一般规定

11.1.1 卫星遥感测量可应用于初步设计阶段 1:50000 卫星遥感正射影像图的制作。

11.1.2 1:50000 卫星遥感正射影像图制作宜采用分辨率为 2.5m~5m 的全色或多光谱卫星数据。遥感影像的技术参数应符合下列要求:

1 相邻景影像重叠度不应小于 4%,最小不应小于 2%。

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

3 侧视角平原地区不应大于 25°,山区不应大于 20°。

11.1.3 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;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,影像获取时间应尽可能一致或接近,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。

11.1.4 卫星遥感正射影像图应采用国家统一的坐标系统。宜采用以 1980 西安坐标系为大地基准,高斯-克吕格投影的平面直角坐标系,按六度分带。高程系统宜采用 1985 国家高程基准。

11.1.5 卫星遥感正射影像图图幅规格应符合石油天然气行业标准《石油天然气工程制图标准》SY/T 0003,亦可按委托方要求的图幅规格编制。

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，根据影像控制点应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应符合《基础地理信息数字产品 1:10000、1:50000 生产技术规程》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国家等级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国家等级水准点的高程中误差应小于表 11.2.4 的规定。

表 11.2.4 像控点高程中误差限差(m)

地形类别	1 : 50000
平坦地	0.8
丘陵地	1.0
山地	1.2
高山地	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到 0.15mm;高程中误差可按表 11.2.4 的规定,放宽到 1.5 倍。

11.2.5 采用数字高程模型(DEM)进行正射纠正时,DEM 按 1 : 50000 标准分幅,格网间隔 25m,并应符合下列要求:

- 1 DEM 数据覆盖区域应大于作业区。
- 2 DEM 应具有元文件。
- 3 分幅 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 DEM 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,应符合下列要求:

- 1 地形图比例尺不应小于 1 : 50000。
- 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,应符合下列要求:

- 1 应采用一定数量、均匀分布的国家等级控制点作为 GPS 测量的起算点。
- 2 控制点高程值应利用作业区域的似大地水准面模型进行改正;无似大地水准面模型时,应与高等级水准点联测并拟合控制点高程。

3 控制点宜采用 GPS 测量,技术要求应符合本规范第 10 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 两幅色调差别较大的影像镶嵌时,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 正射影像图技术指标及精度

11.3.1 1:50000 卫星遥感正射影像图技术指标应符合表 11.3.1 的规定。

表 11.3.1 正射影像图技术指标

影像地面分辨率	2.5m~5m
灰阶(辐射分辨率)	256 灰阶
波段	1 个或多个

11.3.2 经过纠正后的正射影像图精度应符合下列规定:

1 平面位置中误差应符合表 11.3.2-1 的规定。

表 11.3.2-1 平面位置中误差

平坦地、丘陵地(m)	山地、高山地(m)
≤25	≤37.5

注:特殊困难地区,地物点对最近野外控制点的图上点位中误差,可按上表中相应地形类别放宽到 1.5 倍。

2 景与景间接边限差应符合表 11.3.2-2 的规定。

表 11.3.2-2 景与景间接边限差

平坦地、丘陵地(m)	山地、高山地(m)
≤25	≤40

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

平坦地、丘陵地(像素)	山地、高山地(像素)
≤ 1	≤ 2

11.3.4 配准控制点残差限差应符合表 11.3.4 的规定。

表 11.3.4 配准控制点残差限差

平坦地、丘陵地(像素)	山地、高山地(像素)
≤ 1	≤ 2

注:全色与多光谱影像不同步或不同源时,限差可按上表放宽到 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)和线路纵断面图。

12.1.2 数字线划图(DLG)的基本等高距应符合本规范第 5.1.2 条的规定。

12.1.3 内业加密点的精度要求应符合下列规定:

1 对最近野外控制点的平面位置中误差,以成图比例尺计算应符合表 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	
成图比例尺	1:2000	1:5000	1:2000	1:5000
内业加密点(mm)	≤0.40	≤0.35	≤0.55	≤0.50

2 对附近野外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			
地形类别	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 1:2000、1:5000 数字线划图(DLG)精度应符合下列规定:

1 地物点对最近野外控制点的图上点位中误差应小于表 12.1.4-1 的规定。特殊困难地区,图上点位中误差可按表 12.1.4-1 中相应地形类别放宽到 1.5 倍。

表 12.1.4-1 平面位置中误差

比例尺	平坦地、丘陵地(mm)	山地、高山地(mm)
1:2000	0.6	0.8
1:5000	0.5	0.75

2 高程点、等高线对最近野外控制点的高程中误差应小于表 12.1.4-2 的规定。特殊困难地区,高程中误差可按表 12.1.4-2 中相应地形类别放宽到 1.5 倍。

表 12.1.4-2 高程中误差

成图比例尺	类别	平坦地(m)	丘陵地(m)	山地(m)	高山地(m)
1:2000	高程点	0.4	0.5	1.2	1.5
1:2000	等高线	0.5	0.7	1.5	2.0
1:5000	高程点	0.35	1.2	2.5	3.0
1:5000	等高线	0.5	1.5	3.0	4.0

12.2 对航空摄影的要求

12.2.1 航摄比例尺宜为成图比例尺的 3 倍;在航高受到限制时,可放宽至 4 倍。

12.2.2 相机焦距宜选择 152mm,特殊情况可选择 88mm。

12.2.3 航线应沿管道中线敷设。相邻两折点间无法敷设航线时,可综合多个折点敷设尽量顺直的航线。管道沿线大型场站、大中型河流和高速公路穿越等重点地段,宜布设双航线或多航线。

12.2.4 管道的起、终点两端及每条航线的两端应至少向外延伸 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 6° ，最大不应大于 8° 。

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 管道中心线偏离像片中心线不应大于 60m 。

12.2.10 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，胶片无划伤和折痕。

12.3 首级控制测量

12.3.1 首级控制测量宜采用 GPS 测量方法。主要技术要求应符合本规范第 10.2 节的规定。

12.3.2 首级控制网的布设应满足采用 GPS-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 像片控制点的布设应符合下列规定：

1 像片控制点应布设在航向及旁向六片或五片重叠范围内。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 采用 $18\text{cm} \times 18\text{cm}$ 像幅时，像片控制点距像片边缘距离不应小于 10mm ；采用 $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 像幅时，像片控制点距像片边缘距离不应小于 15mm ；两种像幅的像片控制点距像片的各类标志均不应小于 1mm 。

3 像片控制点应选在旁向重叠中线附近，采用 $18\text{cm} \times 18\text{cm}$ 像幅时，离开方位线的距离不应大于 30mm ；采用 $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 像幅时，离开方位线的距离不应大于 45mm 。当旁向重叠不能满足要求时，应分别布点。因旁向重叠较小而使相邻航线的点不能公用时，可分别布点，此时控制范围所裂开的垂直距离宜小于 10mm ，因

难时不应大于 20mm。测区周边的控制点,应布设在图廓线外。

12.4.2 全野外布点应符合下列规定:

1 全能法测图时,每一个立体像对应布设四个平高控制点。当成图比例尺大于航摄比例尺的四倍时,应在像主点附近增设一个平高点,如图 12.4.2 所示。

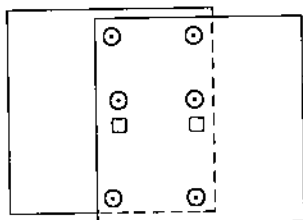


图 12.4.2 全野外布点

注:⊙ 平高控制点;□ 像主点

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 12.4.2 中的平高控制点可改为高程控制点。

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 10cm,困难时个别点可适当放宽,但不应大于 15mm。当一张像片(两个立体像对)覆盖一幅图时,四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 10mm 以内。

12.4.3 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 12.4.3 所示。

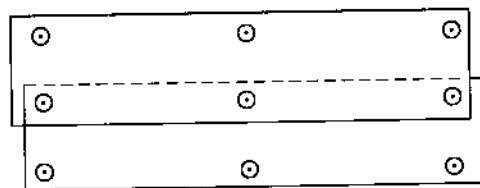


图 12.4.3 航线网布点

注:⊙ 平高控制点

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

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。

12.4.4 像片控制测量应符合下列规定:

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

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

12.5 像片调绘

12.5.1 像片调绘应符合下列规定:

1 像片调绘应采用黑、棕、绿、蓝、红五色清绘。

2 有简化符号的应使用规定的简化符号,在一张调绘片内不应同时使用标准符号和简化符号。

3 调绘片的放大倍数可视地物复杂程度而定,调绘像片的比例尺,不应小于成图比例尺的1.5倍。

4 调绘像片的图号、航线号及像片号应注记在调绘像片的上中部。

5 调绘面积线在不切割居民地等重要地物的情况下,应绘在像片重叠中线附近,不应产生漏洞或重叠。自由图边的调绘面积线应绘出10mm。

6 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,补调方法可采用以明显地物点为起始点的交绘法或截距法,补调的地物应在

调绘像片上标明与明显地物点相关的距离;对于成片的新增地物,且实地地貌发生变化时,应采用全野外数据采集的方法进行补测,并向内业提供草图和各碎部点的三维坐标。

7 航摄后拆除的建筑物,应在像片上用红色“×”划去。

8 图上需要注记的比高,大于1m时可由内业测注。在阴影遮盖的沟谷和隐蔽地区应由外业量测。

9 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。

10 应重点调绘管道中心线两侧各20m宽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。

11 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并注明调绘日期。

12.5.2 管道经过的水系调绘应符合下列规定:

1 池塘的水涯线应以摄影时的水位为准,当水位线与岸边线在图上的距离小于1mm时,水涯线绘在岸边线位置上;在1:5000图上,当池塘的图上面积小于 $2\text{mm}^2 \sim 4\text{mm}^2$ 时可不表示。

2 图上宽度大于0.5mm的河流、沟渠,应采用双线依比例尺表示,小于0.5mm的应采用单线表示。在调绘水深时,应利用调绘片仔细对照同一水域摄影时与调绘时的水位差别,如水位没有变化,可直接量测水深并注记在调绘片上;如水位已经变化,应选择内业容易切准高程的明显地物,间接量测水深,并在调绘片上注记深度和地物点的位置。

3 沼泽地面的植被应采用相应符号表示,但不应超过两种。

12.5.3 管道沿线植被调绘应符合下列规定:

1 树林、竹林、灌木林应量注摄影时的平均高度。当不同地段具有不同的平均树高时,应分别量注。密集的高草地段应调注平均草高。高度均应注至分米。个别植被复杂、密集的丘陵或山

区,应采用全野外数据采集的测量方法,沿管道中线测量地形变换点的坐标和高程。

2 成林、幼林、苗圃、竹林、灌木林、经济林、经济作物地、水田、旱地等用地类界分类,并在各分割部分内,至少应绘一个符号。

12.5.4 管道经过的境界线调绘应符合下列规定:

1 县(区)以上境界应绘出,乡(镇)界、国营农(林、牧)场界应按用图需要调绘。

2 两级以上境界重合时,可只绘高级境界符号,但应同时注出各级名称。

3 自然保护区界调绘时应调查核实,准确描绘。

4 山区沿自然地形分界时,应将境界准确描绘于地性线上。难找到境界标志时,可参照已有基础地形图的境界描绘。

12.5.5 管道中心线两侧各 20m 内的建(构)筑物调绘应符合下列规定:

1 1:2000 比例尺地形图,房屋可不注建筑材料,只注层数,房屋可适当综合取舍;宽度在 1m 以下的次要巷道可不表示,图上小于 6mm^2 的天井、庭院可进行综合。1:5000 比例尺地形图,根据建筑形式和分布状况,可按街区式居民地、散列式居民地、窑洞式居民地以及其他类型居民地表示。

2 1:2000 比例尺地形图上,房屋轮廓凸凹在图上小于 0.4mm、简易房屋小于 0.6mm 时,可用直线连接。

3 独立地物是定位的主要依据,能依比例尺表示的应绘外轮廓,填绘符号;不能依比例尺表示的,应准确表示其定位点和定位线。

4 对实地某些建(构)筑物,图式中无相应规定符号,也不便归类表示,可实绘该物体的地面几何图形,并加注名称。

12.5.6 方位物应调绘。对于方位物过多的地区或彼此距离很近时,应分清主次,次要的应移位表示,移位后的地物、地貌位置关系不应改变。

12.5.7 图幅名称应选择该图幅内著名的地理名称。同一测区内不应有相同的图名。如图幅内确无名称时,可只注图幅号。

12.6 航空摄影测量内业

12.6.1 底片扫描应符合下列规定:

- 1 扫描分辨率宜为 $21\mu\text{m}$ 。
- 2 扫描参数的调整原则应使扫描影像灰度直方图布满 0~255 个灰阶,并接近正态分布。
- 3 扫描影像应反差适中、色调饱满、全幅影像及框标清晰。应保持各影像日视效果一致。

12.6.2 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限差和高程限差应符合表 12.6.2-1、表 12.6.2-2 的规定。

表 12.6.2-1 平面位置限差

地形类别	限差 比例尺	平面位置限差(mm)	
	类别	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

续表 12.6.2-1

地形类别	限差 比例尺	平面位置限差(mm)	
	类别	1:2000	1:5000
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 12.6.2-2 高程限差

地形类别	限差 比例尺	高程限差(m)	
	类别	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
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。

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

12.6.3 数字高程模型(DEM)应符合下列要求:

1 1:2000 比例尺,管道中线两侧宽度不应小于 200m,带宽

不应小于 400m; 1 : 5000 比例尺, 管道中线两侧宽度不应小于 400m, 带宽不应小于 800m。亦可根据委托方要求确定带宽。

2 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 12.1.4-2 中等高线的高程中误差的规定。

3 相邻图幅应平滑拼接, 不应出现漏洞; 数据应覆盖整个测区范围。

12.6.4 数字正射影像图 (DOM) 应符合下列要求:

1 1 : 2000 比例尺, 管道中线两侧宽度不应小于 200m, 带宽不应小于 400m; 1 : 5000 比例尺, 管道中线两侧宽度不应小于 400m, 带宽不应小于 800m。亦可根据委托方要求确定带宽。

2 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。

3 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。

12.6.5 线路纵断面图应符合下列要求:

1 比例尺宜采用: 横向 1 : 2000、纵向 1 : 200; 横向 1 : 5000、纵向 1 : 500。横向比例尺应与管道数字线划图 (DLG) 的比例尺一致。

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、密集的高草地段, 纵断面采集的高程为植被上的高程时, 应减去外业调绘的植被高度。个别植被复杂地段应参照外业调绘时实地测量的地形变换点高程。

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) 应符合下列要求:

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 5.1.2 条的规定。

3 地物点点位中误差及高程中误差应符合本规范表 12.1.4-1、表 12.1.4-2 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,其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

《油气田工程测量规范》GB/T 50537

《工程测量规范》GB 50026

《中、短程光电测距规范》GB/T 16818

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

《石油天然气工程制图标准》SY/T 0003

《石油天然气工业健康、安全与环境管理体系》SY/T 6276

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 - 2009

条文说明

制 定 说 明

《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539—2009,经住房和城乡建设部 2009 年 11 月 10 日以第 448 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制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》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(67)
2	术 语	(69)
3	基本规定	(70)
4	控制测量	(71)
4.1	平面控制测量	(71)
4.2	高程控制测量	(72)
5	地形测量	(73)
5.1	一般规定	(73)
5.4	水域地形测量	(73)
5.5	线路带状地形图测绘	(75)
5.6	数字化成图	(76)
6	线路测量	(79)
6.1	一般规定	(79)
6.2	平面控制测量	(79)
6.3	高程控制测量	(80)
6.4	其他线路转点测量	(81)
6.5	纵断面测量	(81)
6.6	横断面测量	(82)
6.8	内业计算	(82)
7	穿(跨)越测量	(84)
7.1	一般规定	(84)
7.2	控制测量	(84)
8	隧道测量	(86)
8.1	一般规定	(86)

8.2 控制测量	(86)
9 站址测量	(87)
10 全球定位系统(GPS)测量	(88)
10.1 一般规定	(88)
10.2 国家等级点加密控制测量	(88)
10.3 线路控制测量	(93)
10.4 选点与埋石	(93)
10.5 观测	(94)
10.6 数据处理	(95)
10.7 控制网平差计算	(99)
10.8 GPS-RTK 测量	(101)
11 卫星遥感测量	(103)
11.1 一般规定	(103)
11.2 正射纠正与镶嵌	(103)
11.3 正射影像图技术指标及精度	(104)
12 航空摄影测量	(106)
12.1 一般规定	(106)
12.2 对航空摄影的要求	(106)
12.4 像片控制测量	(108)
12.5 像片调绘	(107)
12.6 航空摄影测量内业	(107)

1 总 则

1.0.1 本条明确了本规范制定的目的。本规范编制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,以及采用了实践证明确实可行的国内外新技术而制定的。

本规范的编制参考了前苏联管道建设规程以及国内有关行业规范中对测量工作的规定,并进行了分析对比,提出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。

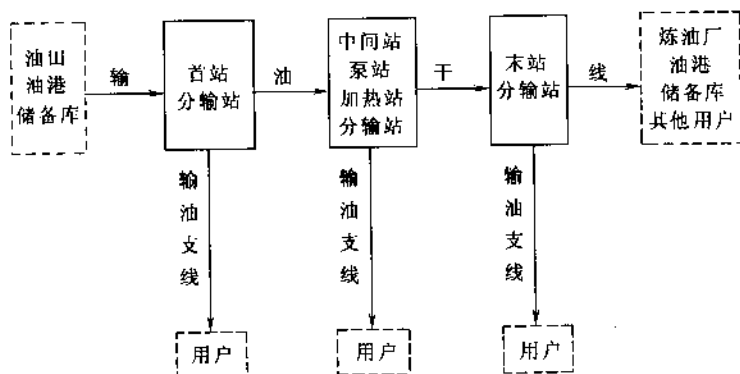


图1 本规范对输油管道的适用范围

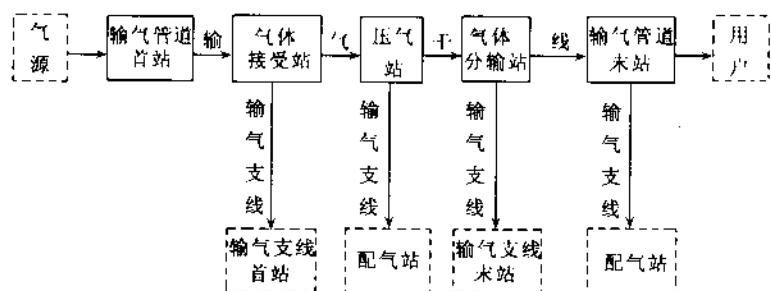


图2 本规范对输气管道的适用范围

1.0.4 认真贯彻执行《石油天然气工业健康、安全与环境管理体系》SY/T 6276 标准,是石油天然气行业与国际接轨的要求。

1.0.5 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。

1.0.6 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。

1.0.7 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。

2 术 语

2.0.1、2.0.2 关于测角、测距仪器的分级与命名。《工程测量规范》GB 50026—2007 对测角、测距仪器的分级与命名作了新的规定,是比较科学的,本规范予以采用。

2.0.3 本规范数字地形图是内外业一体化数字测图所获得的数字线划图(DLG),以及原图数字化所获得的数字栅格图(DRG)的总称。

3 基本规定

本章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。几种工作方法常常联合使用。

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作了一般规定。

4 控制测量

本规范将管道测量中用到的控制测量内容归并到一起统一编写,可方便使用。线路导线有其特殊性,详细内容单独成章;GPS测量,国家和许多行业都有单独的规范,本规范考虑到内容不多及其与传统测量不同的特殊性,单独成章编写。本章部分内容与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 保持了一致,不再单独编写条文说明。

4.1 平面控制测量

4.1.1 管道各转点要求提供符合规定的坐标、高程,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1954年北京坐标系和1980西安坐标系;高程系统使用较多的是1985国家高程基准和1956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,目前使用起来还有一定难度。其他坐标系统和高程系统也有采用的,可根据设计要求选用。

4.1.2 平面控制测量的规定:

1 平面控制测量的方法一般包括三角形网测量、导线测量、GPS测量等。随着科学技术的发展,在油气管道测量中,GPS测量、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。

2 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。

3 满足测区内投影所引起的变形值不大于2.5cm/km,是建

立或选择平面控制系统的前提条件。工程测量多年的实际经验表明该指标已成为建立区域控制网的基本原则。

4.1.4 平面控制测量观测技术要求:

3 导线测量观测技术要求与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 基本一致,根据多年实践,将测距改为往返各一测回,增加了检核,并没增加工作量。

4.2 高程控制测量

4.2.1 见第 4.1.1 条说明。

4.2.2 高程控制测量规定:

1 根据多年实践,高程控制测量采用 GPS 拟合高程测量或光电测距三角高程测量方法进行是可行的。20 世纪 90 年代以来, GPS 拟合高程测量已广泛采用,大量的资料和石油行业多年的实践表明, GPS 拟合高程测量用于四等高程控制测量是可行的。

2 四等、五等光电测距三角高程划分与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 一致。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 地形测量

5.1 一般规定

5.1.1 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 5.1.1 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,而是绘图的需要。

5.1.2、5.1.3 这两条与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026—2007 一致。

5.4 水域地形测量

5.4.1~5.4.4 几个技术指标的说明:

1 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,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,本规范作了规定。作业中为适应水下地形变化剧烈情况,可将断面间距、测点密度作适当调整。

2 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 5.4.1 的规定,并根据有关资料采用:

测点深度中误差	$m_h = 0.15\text{m};$
测点平面位置中误差	$m_1 = 0.0015\text{m};$
等高线内插和勾绘中误差	$m_2 = 0.0005\text{m};$
等高线描绘跑线中误差	$m_3 = 0.0002\text{m};$

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

$$\begin{aligned} m_T^2 &= m_h^2 + (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2) \cdot M^2 \tan^2 \tau + m_4^2 \\ &= m_h^2 + 2.54 \times 10^{-6} \cdot M^2 \tan^2 \tau + m_4^2 \end{aligned} \quad (1)$$

式中: M ——测图比例尺的分母。

最后求得等高线中误差, 见表 1。

表 1 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°	1:500	0.5	0.17	1/3
	1:1000	0.5	0.20	2/5
	1:2000	1	0.30	1/3
3°~10°	1:500	0.5	0.22	1/2
	1:1000	1	0.37	2/5
	1:2000	2	0.71	1/3
10°~25°	1:500	1	0.45	1/2
	1:1000	1	0.78	3/4
	1:2000	2	1.55	3/4
>25° (按 45°计算)	1:500	1	0.83	1
	1:1000	2	1.68	1/5
	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。

3 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 0~4m 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, 在电压转速正常情况下, 测深精度为水深的 1%~2%。

根据规范编制组在长江、嘉陵江等的测量作业中, 统计两次实测的重合点, 其深度误差一般不大于 0.2m~0.3m。因此本规范作了相应的规定。

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、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,应尽量取其起伏变化的中数为水深读数。而当记录纸上出现 $0.4\text{m} \sim 0.5\text{m}$ 的锯齿性变化时,实际水面浪高一般将超出其值 1 倍 \sim 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。根据实践经验,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。

5.4.5 采用 GPS 接收机定位,已得到广泛地应用,技术也相当成熟。其他定位方法也有采用,予以保留。

5.4.6 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。

5.5 线路带状地形图测绘

5.5.2 线路带状地形图主要作用是为设计、施工人员在图上进行阀井、堡坎、护坡和施工组织等的设计使用。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作相对的展示,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,故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。

5.5.4 根据近年来的实践,采用全站仪数字化测图、GPS-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。

5.5.5 根据第 5.5.2 条说明和多年的实践,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。

5.6 数字化成图

5.6.2 本条规定是基于数字化成图的经验总结。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。

5.6.3 数字化成图运行的软件环境有两部分,其一是工具软件,包括操作系统、编辑系统。这部分软件是由计算机生产厂家提供的,也是社会上通用的软件系统。其二是测量专业数字化成图应用软件,这部分软件多是测绘人员设计的。

5.6.4 数字化成图的实质就是解析法测图。每一个实测点,都有相对应的坐标。由此,数字化成果应包括:图及其相应的数据文件、图形文件与拓扑信息,便于对成果的管理,并为用户提供优质、多用途的产品。

5.6.5 野外测量采集数据是数字化成图主要的数据来源。其内容包括:图根测量、碎部测量。

自动化采集系统与半自动化采集系统的主要区别在于:前者是采用 GPS、全站仪(包括电子经纬仪、光电测距仪、电子手簿)或电子平板(包括电子经纬仪、光电测距仪、便携机或袖珍机及其相应软件),它能将坐标值、水平角、垂直角、距离等观测值自动存储于电子手簿或便携机、袖珍机,提高工效,降低出错率,但所用设备价格昂贵;而后者是采用光学经纬仪、光电测距仪、记录器,或者是电子经纬仪,但不带自动记录的设备,采集数据时,依靠人工将观测数据键入记录器。因此,它工效较低,出错率也较前者大,但设

备价格较便宜,许多用户还配置这种装置。

图根控制测量的方法、技术指标要求与本规范第5章的规定相同。而数字化成图所配置的硬件系统,其精度高于人工测图的硬件配置,故数字化成图的图根点密度可适当放宽。采集的数据不但用于成地形图,同时用于成地籍图、管线图,故测站设置的精度要兼顾后两项的要求。

航空摄影测量、卫星遥感测量采集数据,应符合相关规范的规定。

5.6.6 原图数字化采集数据,是数字化成图数据来源之一,主要用于图纸更新、修测,也是航测数字化成图的一个工序。在建立地形图数据库时,它是数据录入的重要手段。

当前数字化仪有两类:扫描数字化仪与跟踪数字化仪。扫描数字化仪速度快,将图形信息转化为点阵信息,通过矢量化后形成矢量信息,使用扫描数字化仪进行原图数字化,精度稍低。使用跟踪数字化仪进行原图数字化,速度稍慢,但精度高。用户可根据具体情况选用合适的作业方式。数字化仪的主要技术指标是指:幅面、分辨率、综合误差、十字丝宽度等。

原图数字化软件系统很多,其功能也不完全相同。

原图的好坏将直接影响数字化图的精度,对原图资料的要求,取决于用户对成图的精度要求。

原图数字化的工艺流程是:准备工作、图纸定向、数据采集。各单位所使用的仪器与软件系统不尽相同,故采集数据的方法也略有差异。原图数字化采集数据所用的特征代码宜与其他手段采集数据所用的代码一致,使软件系统更具有通用性。

图纸定向的检查主要顾及到三个误差来源:原图的综合误差 0.2mm;原图纸的变形误差 0.2mm;数字化的综合误差 0.1mm,故数字化坐标值与理论值较差限差定为 0.3mm。

数字化后图形回放的精度取决于两项:原图数字化的综合误差 0.1mm;绘图仪绘图的综合误差 0.15mm,故规定图形回放点

位中误差不应大于0.2mm。

数据文件是原图数字化阶段性成果,要求用不同手段采集数据所生成的数据文件格式应一致或便于互相转换,就可以为数据处理提供标准的数据文件。

5.6.7 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。

5.6.8 数据通信是将电子手簿中的数据传送到计算机,生成原始数据文件。数据转换是将不同格式的原始数据文件进行转换,使之成为标准格式的数据文件。数据编辑是将所有测点的坐标按其属性进行排列,建立起绘图信息数据文件。

5.6.9 数据处理的成果是数字化成图的阶段性成果。

5.6.11 图形处理的成果是图形文件。它应便于使用、编辑和管理,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。

6 线路测量

6.1 一般规定

6.1.1 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,故本条规定宜参加线路定线。

6.1.2 测站观测条件的好坏,是影响观测质量的一个重要因素,应根据采用的仪器如全站仪或 GPS 接收机按照现行有关规范确定转点位置。

6.2 平面控制测量

6.2.2 为了使导线得到可靠的检核和防止粗差,提出联测要求。导线的传递误差由纵向误差和横向误差所组成。管道导线一般可视为直伸导线,以等边直伸导线和等影响原则,推导出综合分析公式为:

$$\frac{m_D}{D} = \pm 2\sqrt{2} \frac{m''}{\rho''} \sqrt{\frac{n \cdot 3}{12}} \quad (2)$$

式中: m_D ——测距中误差;

D ——测距长度;

m'' ——测角中误差;

ρ'' ——206265;

n ——边数。

在管道测量中,取 $m'' = \pm 10''$, 平均边长为 300m, $D = 30\text{km}$ 时,代入(2)式得:

$$\frac{m_D}{D} = \frac{1}{2500} \quad (3)$$

因此,规定线路的起点、终点和线路长度不逾于 30km 的点应与国家或其他控制点联测,相对闭合差为 1/2000。

根据误差传播定律,推导出方位角闭合差的中误差为:

$$m_1 = \sqrt{nm_2} \quad (4)$$

在满足相对闭合差 1/2000 的前提下,取测角中误差 $m''_1 = \pm 10''$,取二倍中误差作为限差,代入(4)式得:

$$f_2 = \pm 20\sqrt{n} \quad (5)$$

式中: f_2 ——角度闭合差;

n ——测站数。

考虑到外界条件影响而适当放宽为 $24\sqrt{n}$ 。据大量实测资料表明,该规定是完全可以达到的。

6.2.4 水平角观测时规定两半测回变动度盘位置,对于光电测距仪是为了消除照准误差、度盘刻划不均匀误差和防止读数粗差等各种因素;对于全站仪则主要是为了加强校核。

水平角角值较差的限差是根据西南交通大学和长沙铁道学院有关论文的结论,结合其他文献、资料进行理论分析、统计分析后确定的。

6.2.6 由于全站仪、光电测距仪测距精度高,而导线边精度要求较低,为了防止粗差,规定读数两次即可。因为光电测距高程要求往返观测,而边长观测时间很短,为防止粗差规定往返各观测一测回。

6.3 高程控制测量

对于高程测量限差,设计方面对此虽无明确要求,但他们在计算流量、管道壁厚和泵站设置上,高差的误差是有影响的,一般说来误差为 10m 时,则影响其压力为 0.1MPa。当然,高程测量误差不可能达到如此之大。在设计限差时,同时参考了有关线路的高程测量规定:铁路、公路高程控制等级为五等;架空索道采用图根;

苏联《建筑工程勘察规范》(СНПГ11.02.07-87)中规定管道的高程测量限差为 $50\sqrt{L}$ (mm), 山区三角高程测量时限差为 $\frac{400L}{\sqrt{n}}$ (mm) (L 为线路长; n 为导线边数), 规定初步设计阶段的高程测量限差为 $300\sqrt{L}$ (mm), 施工图阶段高程测量误差为 $100\sqrt{L}$ (mm)。

从上述各种线路的高程测量限差来看, 本规范所规定的线路高程闭合差 $40\sqrt{D}$ mm, 能满足设计、施工的需要。由于仪器的进步, 规范又规定根据需要高程控制测量精度可放宽 1~2 倍执行, 工作中也是能够达到的。设定管线长为 30km, n 为 60 站, 就上述限差公式进行计算如表 2。

表 2 高差限差计算

高差限差公式(mm)	高差限差值(m)
$\frac{400L}{\sqrt{n}}$	1.549
$100\sqrt{L}$	0.547
$40\sqrt{D}$	0.219

6.4 其他线路转点测量

6.4.3 转点为单程测量, 为防止粗差, 规定变换一次镜高测两次, 以加强检核。

6.4.4 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按 1/2000 地形图图根点的点位中误差及高程中误差考虑。

6.5 纵断面测量

纵断面图的主要用途是为了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,仅依赖纵断面作纵向设计就不能满足设计、施工要求,必要时,还应辅以纵断面成果表,故在本节中仅提出一般规定。

6.6 横断面测量

根据多年的生产实践,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。

6.8 内业计算

6.8.2 导线测量是沿地球表面进行的,而附合导线使用的大地点则是在高斯平面上进行的,因此,在计算相对闭合差时,应先将导线投影到大地水准面上(近似视为投影到参考椭球体面上),然后再投影到高斯平面上。现就上述两次投影讨论如下:

边长 D 投影至参考椭球体面上时,其长度将缩短 ΔD 。设投影的高程为 H ,地球半径为 R ,其近似关系式为:

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{H}{R} \quad (6)$$

从上式可见 $\Delta D/D$ 和投影高程 H 成正比。设 $R=6371\text{km}$, H 为 $50\text{m}\sim 2000\text{m}$ 时, $\Delta D/D$ 的数值见表 3。

表 3 $\Delta D/D$ 与 H 的关系

$H(\text{m})$	$\Delta D/D$
50	1/127000
100	1/64000
150	1/42500
300	1/21000
500	1/12700
1000	1/6400
2000	1/3200

椭球体上的边长投影至高斯平面,其长度将会放长 ΔS ,设该边两端点的平均横坐标为 Y_m ,其差数为 ΔY ,则近似关系式为:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{Y_m^2}{2R^2} \quad (7)$$

从(7)式可知,边长改正数大约与到中央子午线的距离 Y_m 的平方成正比。当 Y_m 为 10km~300km 时,高斯正形投影的距离变化的相对数值见表 4。

表 4 $\Delta S/S$ 与 Y_m 的关系

Y_m (km)	$\Delta S/S$
10	1/812000
20	1/203000
30	1/90200
40	1/50700
50	1/32000
100	1/8100
200	1/2000
250	1/1300
300	1/900

从表 3、表 4 可见高程和距离改正还可相互抵消一部分,但影响还是甚大,故第 6.8.2 条规定计算坐标相对闭合差,若达不到 1/2000 时,应将坐标增量和改化至大地水准面、高斯投影面上,以此结果再衡量达到精度与否。

6.8.3 根据多年的实践和有关资料表明,采用简易平差可达到规定要求,但有的程序是按严密平差编写的,故条文规定两种平差方法均可采用。在实际工作中,线路导线与地形测量经常是一起进行的,由于导线点与地物地形的相对关系是不变的,且线路带状地形图精度要求不高,导线平差后仅调整地形图中导线点的位置是可行的。

6.8.4 中线成果中边长的采用问题一直有不同看法。现在计算机设计已普遍采用,常常用转点坐标来反算距离,与原规定的实测平距发生矛盾;同时由于 GPS 测量技术已广泛应用,求得的成果也是转点的三维坐标,因此本条规定中线里程按坐标反算距离推算。同理线路转点水平角亦按坐标反算结果取用。

7 穿(跨)越测量

7.1 一般规定

7.1.1 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。

7.1.2 水域系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、隧道敷设等形式。

7.1.3 条文中规定河流、湖泊穿越工程的高程系统宜与测区原高程系统一致,是为了方便地质人员使用水文资料。

7.1.6 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。

7.2 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《火力发电厂测量技术规程》中规定见表5。

表5 各级控制网测区面积的规定(km²)

首级控制网等级	测图比例尺		
	1:1000	1:2000	1:500
四等三角	>30	>50	>100
一级小三角、一级导线	10~30	20~50	30~100
二级小三角、二级导线	1~10	2~20	5~30
图根三角、图根导线	<1	<2	<3

前苏联的有关法规如《建筑工程勘察规范》(СНП 1.02.07—

87)中有关规定见表6。

表6 各级控制网测区面积的规定

勘察场地面积 (km ²)	三角测量、一边测量、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

现阶段在穿(跨)越工程上测量面积一般均在10km²以内,故规定二、三级导线为测区首级控制,高程控制则采用四等、五等光电测距三角高程测量。

8 隧道测量

8.1 一般规定

8.1.1 隧道穿越系指在隧道中敷设穿越管段,按施工方法分为矿山法、盾构法、顶管法等。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。

8.2 控制测量

从国内现有主要管道隧道长度统计来看,最长的只有 3.2km (西气东输二线果子沟一号隧道),因此控制测量适用长度主要考虑 3km 以内的隧道。根据实践,以 1km 长度分成两种。根据本规范条文说明第 7.2 节,参照铁路、公路隧道规范,结合管道自身的特点,平面控制采用全球定位系统 GPS D 级和 E 级测量;高程控制测量采用水准方法难度大,实际应用极少,故采用 GPS 拟合高程测量或四等、五等光电测距三角高程。

9 站 址 测 量

9.0.1 油气管道场站、基地及阀室等面积一般小于 1km^2 ，是小面积地形测量。

9.0.5 本条规定是为满足施工放样的需要。

9.0.6~9.0.8 这几条规定均是为满足设计的需要。

10 全球定位系统(GPS)测量

10.1 一般规定

10.1.2 考虑到与有关国家或测绘行业标准一致,本规范把管道GPS测量控制网划分为D、E两级,采用与之相同的英文字母表征级别,并采用与之相同的精度标准区分等级。

条文规定用基线测量的标准差(即中误差)表示GPS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GPS测量相邻点间基线精度用式(10.1.2)表示。

10.1.3 GPS测量所得的大地高差精度一般略低于空间弦长的精度。在GPS观测中,只要限制基线长度(例如20km),减小测距误差,减小大气延迟误差残差,选择低温干燥有微风的天气施测,基线起算点的坐标误差控制在米级,采用抗干扰性能强的双频接收机观测,注意防止多路径影响,天线高量测精度不大于 $\pm 1\text{mm}$ 等措施,大地高差的精度可以保持在10mm以内。因此,本条的规定是可以达到的。

10.2 国家等级点加密控制测量

10.2.1 GPS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,但平均点位误差约增大26%。导线环形式

布网的平均点位误差约是四边形的 2 倍,是三角形的 3 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,条文规定国家等级点加密控制采用四边形或大地四边形组成的带状网。

国家等级点加密控制测量主要是根据目前国家大地点标石破坏严重,导线与国家大地点联测困难的情况制定的,是 GPS 定位技术在管道工程测量中的一个重要应用。本条规定的 GPS 点对是为了给导线提供联测起闭点,其间距 $8\text{km}\sim 15\text{km}$,最长不超过 20km ,比本规范第 6.2.2 条规定的 30km 小得多。其根据是测边在 20km 以下, GPS 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大于 400m ,不宜短于 300m ,主要是考虑方便导线联测,其边长也与导线边长相匹配。

10.2.3 GPS 网与既有 GPS 点、国家大地点联测的目的有两个。一是为 GPS 网提供 WGS-84 坐标系统的基准;二是为 GPS 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 GPS 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 2 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 GPS 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。

10.2.4 联测大地点的间距不得大于 100km ,是考虑到联测的目的在于把 GPS 坐标转换成国家坐标,相对于联测点而言, GPS 测量误差所引起的点位误差应满足加密测量对点位的要求。《国家三角测量和精密导线测量规范》规定,我国四等点相对点位精度为 $\pm 0.10\text{m}$, GPS 加密四等点也应达到这个要求。假定在两个三等三角点间进行 GPS 测量加密四等点。令边长 $D=10\text{km}$, GPS 边

长标称精度为 $\pm(5+1 \times 10^{-6} \times D)\text{mm}$, 方位精度为 $0.5''+2.5''/D$, 边长中误差为 σ_s , 边的方向中误差为 σ_{α} 。经过 n 条传算边, 测量误差引起的点位纵向中误差为 σ_l , 引起的点位横向误差为 σ_u , 点位误差为 σ_M 。按 $nD=50\text{km}, 100\text{km}, 150\text{km}$ 计算, 计算结果列入表 7。由表列数据可以看出, 联测大地点的间距不应大于 100km 。

表 7 GPS 测量误差引起的点位误差

联测点间距(km)	50	100	150
σ_s (mm)	11	11	11
σ_{α} (mm)	25	35	43
σ_{α} (mm)	0.56	0.56	0.56
σ_l (mm)	61	86	105
σ_M (mm)	66	93	113

10.2.5 由于拟合法是以联测高程点的高程和 GPS 测量的大地高为起始数据进行, 所以联测高程点的数量、密度、分布和精度直接影响高程转换的结果精度。为达到设计的精度指标, GPS 高程测量方法要求联测高程点除应在测区内均匀分布外, 还宜选在高程异常的变化点上; 要求联测高程点的点数不但满足预先选用的拟合数学模型的需要, 而且应有一定数量的拟合检查点。同时, 根据控制测量的原则, 联测高程精度应比高程转换结果精度高一个等级。依据这些要求, 本条规定了布设联测高程点的基本要求。

关于 GPS 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 GPS 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 GPS 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。

1 GPS 高程数学模型拟合法。

大地高 H 与正常高 h 的关系为

$$h = H - \zeta \quad (8)$$

$$\zeta = f(x, y) \quad (9)$$

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 8 第 3 栏中的拟合形式外,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,不作具体规定。

2 GPS 拟合高程精度统计。

国内部分工程项目 GPS 拟合高程精度统计见表 8。

表 8 GPS 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
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

续表 8

测区	面积(km ²)	拟合类型	结点个数	检查点数	中误差(mm)
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 1992 年~2003 年内公开发表的刊物。

从表 8 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。本规范引入 GPS 拟合高程测量,为了稳妥安全,定位在五等精度。

10.2.7 GPS 拟合高程测量的主要技术要求:

1 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。

2 为了保证拟合高程测量的可靠性和进行粗差剔除并合理地评定精度,故规定对联测点数的要求。间距小于 10km 的要求,见第 10.2.8 条的说明。

3 GPS 拟合高程测量一般在平原或丘陵地区使用,但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。

10.2.8 关于 GPS 拟合高程计算:

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 10.2.7 条规定联测点的点间距不大于 10km。

2.3 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。

4 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,所以在高程异常比较大的地方要慎用,并且要严格限制边长。

10.3 线路控制测量

10.3.1 本条规定的线路控制测量是指与用常规测量方法施测的导线相当的测量工作。

10.3.2 GPS 定位测量不要求点间通视,在线路附近布设若干控制点,同时起到线路导线的作用是完全可能的,也是经济合理的。因此本条按线路测量的要求规定了布点密度。所规定的“相邻点间宜相互通视”主要是考虑满足地形图测绘的需要。

10.3.3 参见本规范第 10.2.1 条说明。

10.4 选点与埋石

10.4.1 控制点的坐标资料和高程资料是 GPS 成果转换为国家系统坐标和高程的基准,其精度和可靠性直接影响 GPS 测量的成果精度。因此,不但要求收集足数的控制点成果,还要求收集控制点的坐标精度、高程精度以及坐标和高程系统,避免误选精度低或系统不统一的控制点作为联测点。

10.4.2 GPS 定位测量的主要误差有卫星误差、信号传播误差和接收误差。其中与测量者有直接关系的是信号传播误差,主要包括电离层和对流层的时延误差,以及多路径误差。对多路径误差一般是通过选择合适的测站点位来减弱。据研究和实验,具有强

反射的地面、强反射的环境和电磁波强辐射源附近都不宜布设 GPS 测站。具有强反射的地面主要指邻近水面地区、平坦光滑地面、盐碱地带、金属矿区；具有强反射的环境包括山谷中、山坡上、建筑物旁；电磁波强辐射源包括雷达、电台、微波站等。

条文规定主要就是指上述容易产生多路径误差的物体，在实施测量中需特别引起注意。

10.5 观 测

关于 GPS 测量的基本技术要求说明如下：

1 卫星高度角等于或大于 15° 。

理论和实践研究表明，随着卫星高度角降低，GPS 接收机的信噪比亦随之减小。当卫星高度角 30° 以下时，信噪比随高度角降低而急剧下降，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 GPS 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 有效观测卫星数。

GPS 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 4 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 4 颗以上。由于快速静态定位对直接观测基线不构成闭合图形，可靠性较差，故规定有效观测卫星数为 5 颗以上。

3 观测时段长度。

观测时段长度主要是顾及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，15min~30min 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 GPS 测量需要的数据量和晶体振荡器不稳定两个因素, GPS 网观测时段可在 15min~45min 之间选择。对快速静态测量来说,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。正常情况下,观测时间为 30min 以上。考虑到快速静态测量的效率,测量短基线比测量长基线优越,快速静态观测时段长定为 10min~15min。

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;快速静态观测时间短,规定数据采样间隔为 5s~15s。这些规定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 GPS 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 值(或 GDOP)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 GPS 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。

10.6 数据处理

10.6.1 基线解算规定。

1 本款规定了基线计算中原始观测值的具体类型。我们把

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 GPS 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 GPS 标准时间的钟差和接收机的热噪声误差等。为了克服这些误差的影响,常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就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和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。对于常规静态 GPS 相对定位,不应短于 15min;对于快速静态定位,目前也不应短于 3min(取决于可见卫星数和软件性能和接收机的特性)。

本款还规定了基线解算时,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 GPS 相对定位误差的影响估算一般采取以下经验公式:

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

为保守计,估计时不妨取:

$$\frac{\Delta b}{b} \approx \frac{1}{5} \cdot \frac{\Delta r}{r} \quad (11)$$

式中: $\Delta b/b$ ——基线相对误差;

Δr ——卫星轨道的误差;

r ——卫星距地的平均距离,约为 20000km。

在执行 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 GPS 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 GPS 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 GPS 控制网的精度要求。

2 本款规定了有关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:

$$\frac{\Delta b}{b} \approx \frac{\Delta s}{r} \quad (12)$$

式中: s ——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, 起算点的精度分别应优于 $\pm 2\text{m}$ 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 GPS 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 WGS-84 坐标系中, 目前, 其在 WGS-84 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 WGS-84 坐标系中已知坐标的方法, 但是在有 SA 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 GPS 控制网点的既有 WGS 84 坐标值难以获取,国家或其他高等级的控制点转换至 WGS 84 后的坐标值也难获取,且我们进行的是 D、E 两级低精度的 GPS 测量。故本规范规定基线解算中,可采用不少于观测 30min 的单点定位结果的平差值作为起算值。

4 基线长度的不同,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,20km 以内的基线,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 8km 以内的短基线,无论采用单频还是双频接收机,也无论采用常规静态定位还是快速静态定位,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。

10.6.2 基线向量的质量要求:

1 本款规定了重复测量基线长度较差的限差。两次独立观测基线的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 本款是对采用同一处理数学模型的单基线解产生的同步环闭合差所作的限差规定。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 $\pm \sqrt{3} \times 10^{-6}$,考虑同步闭合环理论上应为零,并参照《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314—2001 作出了规定。

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 GPS 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 GPS 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。本款式中,限差取 3 倍中误差是参照了《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314—2001 的规定。

10.7 控制网平差计算

10.7.1 本条规定了 GPS 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 WGS-84 坐标系下进行。通常以网中一个点的已知 WGS-84 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,因此不加区分的都称为无约束平差。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 GPS 网控制点的 WGS-84 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 WGS-84 系三维坐标,这些坐标是进一步用 GPS 定位方式加密控制网的起算依据。二是考察 GPS 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。

10.7.2 GPS 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,亦即不考虑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 GPS 网的扭曲和变形,损害 GPS 网精度。在松弛性约束中,约束值的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 GPS 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2倍中误差。某工程加密国家四等点测量中较差统计值见表9。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2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9 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

10.8 GPS-RTK 测量

10.8.1 实时动态(Real Time Kinematic—RTK)测量系统,是GPS测量技术与数据传输技术相结合而构成的组合系统,它是GPS测量技术发展中的一个新突破,现已得到广泛的应用。RTK主要有三种作业模式:快速静态、准动态和动态。据国内外资料表明,快速静态模式在区域性控制测量、工程测量和城市测量等方面已得到成熟的应用;准动态实时测量模式通常应用于地籍测量、碎部测量、线路测量和工程放样测量。

10.8.2 本条所列资料,是GPS-RTK测量求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。

10.8.3 建立转换关系的规定:

1 要将空间三维直角坐标转换到高斯平面,必须通过某一椭圆面作为过渡。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,一般可采用三参数单点定位转换关系。

2 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 GPS 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 4 个已知点,并采用最小二乘法求解。高程转换,可采用拟合精度测量方法进行。参见本规范第 10.2 节有关说明。

10.8.4 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。

10.8.6 不同参考站作业时,要求检测一定的重合点。重合点点位较差的限差取城镇建筑区地形测量地物点点位中误差的值;高程较差的限差,取一般地区地形测量高程中误差的值。

10.8.8 有文献认为,在 15km 以内 GPS-RTK 数据处理的载波相位的整周模糊度能够得到固定解,定位精度达到厘米级。GPS 测量的高程中误差通常是平面中误差的 2 倍,且与到参考站的距离成正比关系。将作业半径限定 10km 较为适宜,即控制在短基线范围内。

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,得到了长足发展,并且应用也日趋广泛。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,在油气输送管道工程线路设计中得到广泛应用。使用 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。

11.2 正射纠正与镶嵌

11.2.5 采用数字高程模型(DEM)进行正射纠正的规定。用于正射纠正的数字高程模型(DEM)的技术指标应符合表 10 的规定。

表 10 1:10000、1:50000 数字高程模型技术指标

项 目	参 数	
	1:10000	1:50000
格网尺寸	12.5m(0.625")	25m(1.25")
高程数据取位	0.1m	1m
高程中误差		
(一级)	平地 0.5m, 丘陵地 1.2m, 山地 2.5m, 高山地 5.0m	平地 3m, 丘陵地 5m, 山地 8m, 高山地 14m
(二级)	平地 0.7m, 丘陵地 1.7m, 山地 3.3m, 高山地 6.7m	平地 4m, 丘陵地 7m, 山地 11m, 高山地 19m
(三级)	平地 1.0m, 丘陵地 2.5m, 山地 5.0m, 高山地 10.0m	平地 6m, 丘陵地 10m, 山地 16m, 高山地 28m

注:森林等隐蔽地区的高程中误差可按表 10 中的规定放宽到 1.5 倍;DEM 内插点的高程精度按格网高程精度的 1.2 倍计,采样点数据最大误差应小于高程中误差的 2 倍。

11.2.6 在现有地形图上采集控制点的规定。

1 控制点的点位影像清晰,在图上应满足正确识别和定位要求。

2 控制点应在等于或大于 1:50000 比例尺的最新地形图、数字线划图(DLG)或数字栅格图(DRG)上选取。

3 选取的控制点的数量,根据采用的纠正公式,剔除粗差后至少应保留 2 个以上的多余控制点,便于平差计算。

11.3 正射影像图技术指标及精度

11.3.1 关于影像的地面分辨率和辐射分辨率。

1 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,它们之间存在着如下数量关系(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,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 来表示,即指每英寸打印多少个点,默认值为 72dpi)。

$$s = 39.37 \times D \times N_1 \quad (13)$$

$$s = 100 \times D \times N_2 \quad (14)$$

式中: 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);

s — 影像的输出比例尺分母。

如果要将影像按一定的输出比例尺进行输出,则需要重新设置参数,而这里主要设置的内容就是实际分辨率 N 。保持 D 不变的情况下(不进行影像像素的重新采样),变化 N 值的大小,可以实现输出比例尺的改变。而比例尺保持不变,在变化 N 值的时候,必然使得 D 进行改变,这样就需要进行影像像素的重新

采样。

2 影像的辐射分辨率指传感器接收波谱信号时,能够分辨的最小辐射度差。在遥感图像上表现为每一个像元的辐射量化级。

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)和线路纵断面图,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,宜选择 1:5000 成图比例尺。

12.2 对航空摄影的要求

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 值大于 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。

12.2.2 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

本节结合生产实际对相片控制点的布设、全能法布点和航线

网布点作了规定,而对区域网布点和特殊情况的布点未作规定,需要时可参照国家有关规定。

12.5 像片调绘

12.5.2 沼泽地是指经常潮湿、泥泞或者有积水的地段(包括季节性的湿草地)。

12.5.4 自然保护区是指政府部门已认定的保护自然生态平衡、珍稀动物、珍稀植物和历史遗迹的区域。

12.6 航空摄影测量内业

12.6.2 加密点的中误差计算公式:

$$m_{\text{控}} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i \Delta_i) / n} \quad (15)$$

$$m_{\text{公}} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i d_i) / n} \quad (16)$$

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。

12.6.3 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)及其高程(Z)的数据采集。

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 50539-2009

☆

中国石油天然气集团公司 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850 × 1168 毫米 1/32 3.75 印张 95 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—10100 册

☆

统一书号:1580177·323

定价:19.00 元