

# 高速铁路工程测量规范

## （征求意见稿）

高速铁路工程测量规范编写组

2009.3



## 前 言

本规范根据铁道部经济规划院《关于委托编制 2008 年铁路工程建设标准及标准设计的函》（经规计财函[2008]8 号）的要求编制。

本规范分为九章，主要内容为：总则、术语和符号、平面控制测量、高程控制测量、线下工程测量、构筑物变形测量及无碴轨道安装测量。

本规范的基本测量精度和测量方法，主要依据《高速铁路设计指南》、《高速铁路施工质量验收暂行标准》、《客运专线铁路路基工程施工质量验收暂行标准》、《客运专线铁路桥涵工程施工质量验收暂行标准》、《客运专线铁路隧道工程施工质量验收暂行标准》，在现行《客运专线无碴轨道铁路工程测量暂行规定》基础上，充分汲取京津、武广、郑西、哈大、京沪、广深等高速铁路客运专线工程测量的实践经验，并参考国外有关无碴轨道测量规范和标准的基础上编制完成。

在执行本规范过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料，及时将发现的问题及需要补充、修改的意见反馈给中铁二院工程集团公司（成都市通锦路 3 号，邮编 610031），并抄送铁道部经济规划研究院（北京市海淀区羊坊店路甲 8 号，邮政编码 100038），供今后修订时参考。

本规范由铁道部建设管理司负责解释。

本规范主编单位：中铁二院工程集团公司。

本规范参编单位：中铁第一勘察设计集团有限公司

中铁第三勘察设计院

中铁第四勘察设计集团有限公司

中铁二局集团有限公司。

西南交通大学

(顺序不分先后)

本规范主要起草人：



# 目 录

<b>1 总 则</b>	<b>1</b>
<b>2 术语和符号</b>	<b>2</b>
2.1 术语	2
<b>3 平面控制测量</b>	<b>4</b>
3.1 一般规定	4
3.2 平面控制网设计	9
3.3 框架平面控制网（CP0）测量	10
3.4 基础平面控制网（CP I）测量	12
3.5 线路平面控制网（CP II）测量	13
3.6 轨道控制网（CPIII）测量	14
<b>4 高程控制测量</b>	<b>17</b>
4.1 一般规定	17
4.2 高程控制网设计	19
4.3 勘测高程控制测量	19
4.4 线路水准基点测量	20
4.5 CPIII控制点高程测量	21
4.6 精密三角高程测量	22
4.7 外业成果的记录、整理与计算	23
<b>5 线路测量</b>	<b>24</b>
5.1 一般规定	24
5.2 初测控制测量	24
5.3 地形测量	25
5.4 线路中线测量	27
5.5 路基测量	28
5.6 专项调查测量	29
5.7 控制网交桩及复测	30
5.8 施工控制网加密测量	32
5.9 线路竣工测量	32
<b>6 隧道测量</b>	<b>34</b>
6.1 一般规定	34
6.2 初 测	34
6.3 定 测	35
6.4 洞外控制测量	35
6.5 洞内控制测量	38
6.6 施工测量	40
6.7 隧道贯通误差测量及调整	41
6.8 竣工测量	42
<b>7 桥涵测量</b>	<b>43</b>

7.1 一般规定.....	43
7.2 初测.....	43
7.3 定测.....	44
7.4 桥梁施工控制测量.....	45
7.5 桥梁施工控制网的复测.....	48
7.6 施工放样及竣工测量.....	48
<b>8 轨道施工测量.....</b>	<b>56</b>
8.1 一般规定.....	56
8.2 混凝土底座及支承层放样.....	56
8.3 加密基桩测量.....	57
8.4 铺轨测量.....	57
8.5 长枕埋入式道岔安装测量.....	59
8.6 板式道岔安装测量.....	60
8.7 轨道精调测量.....	60
8.8 轨道竣工测量.....	60
<b>9 构筑物的变形测量.....</b>	<b>62</b>
9.1 一般规定.....	62
9.2 变形监测基准网.....	63
9.3 路基变形测量.....	64
9.4 桥涵变形测量.....	66
9.5 隧道变形测量.....	69
9.6 测量成果整理.....	70
<b>附录 A 控制点埋石图及标志注字方法.....</b>	<b>71</b>
A.1 控制点标志.....	71
A.2 平面控制点标石的埋设.....	71
A.3 水准点标石的埋设.....	75
A.4 CPIII 控制点的埋设要求.....	78
A.5 线路定测标志桩尺寸.....	81
A.6 标识.....	81
<b>附录 B 光电测距仪、全站仪技术要求.....</b>	<b>82</b>
<b>附录 C 水准仪（电子水平仪）、水准尺技术要求.....</b>	<b>84</b>
C.1 仪器作业要求.....	84
C.2 仪器的检校.....	84
C.3 二等水准测量外业高差改正数计算.....	85
<b>附录 D 控制点点之记.....</b>	<b>87</b>
<b>附录 E 变形测量控制点规格.....</b>	<b>89</b>
<b>附录 F CPIII 控制点间的水准路线.....</b>	<b>90</b>

# 1 总 则

- 1.0.1 为统一高速铁路工程测量的技术要求，保证其测量成果质量满足勘测、施工、运营维护各个阶段测量的要求，适应高速铁路工程建设和运营管理的需要，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用范围为设计行车速度 $\geq 250\text{km/h}$ 的新建高速铁路工程测量。设计行车速度 $\geq 200\text{km/h}$ 的新建无砟轨道铁路工程测量参照本规范执行。
- 1.0.3 高速铁路工程测量平面坐标系应采用工程独立坐标系统。在对应的线路轨道设计高程面上坐标系统的投影长度变形值不大于 $10\text{mm/km}$ 。
- 1.0.4 高速铁路工程测量的高程系统应采用 1985 国家高程基准。当个别地段无 1985 国家高程基准的水准点时，可引用其它高程系统或以独立高程起算。但在全线高程测量贯通后，应消除断高，换算成 1985 国家高程基准。有困难时亦应换算成全线统一的高程系统。
- 1.0.5 高速铁路工程测量的平面、高程控制网，按施测阶段、施测目的及功能可分为勘测控制网、施工控制网、运营维护控制网。为了保证勘测、施工、运营维护各阶段平面测量成果的一致性，各阶段平面控制测量应以平面框架控制网（CP0）为起算基准，高程控制测量应以线路水准基点控制网为起算基准。
- 1.0.6 高速铁路工程测量平面控制网应按分级布网的原则分四级布设，第一级为平面框架控制网（CP0）测量，第二级为基础平面控制网（CP I），第三级为线路平面控制网（CP II），第四级为轨道控制网（CP III）。
- 1.0.7 高速铁路工程测量高程控制网分二级布设，第一级线路水准基点控制网，为高速铁路工程勘测设计、施工提供高程基准；第二级轨道高程控制网（CP III），为高速铁路轨道施工、维护提供高程基准。
- 1.0.8 各级（阶段）平面、高程控制测量完成后，应由建设单位组织评估，并编写评估验收报告。
- 1.0.9 构筑物的变形监测宜充分利用 CP I、CP II 和线路水准基点作为水平和垂直位移监测的基准点或工作基点，建立独立的变形监测网。
- 1.0.10 测量精度应以中误差衡量。极限误差（简称限差）规定为中误差的 2 倍。
- 1.0.11 测量记录、计算成果和图表，应书写清楚，签署完善，并应复核和检算，未经复核和检算的资料严禁使用。各种测量原始记录（包括磁卡、电脑记录）、计算成果和图表应按有关规定妥善保存。
- 1.0.12 高速铁路工程测量工作必须认真贯彻安全生产的方针，结合各阶段工作的特点和具体情况，制订相应的安全生产措施。
- 1.0.13 各种测量仪器和工具应做好经常性的保养和维护工作，并定期检校和鉴定。
- 1.0.14 高速铁路工程测量除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 工程独立坐标系 engineering dependent coordinate system

为满足铁路工程建设要求采用的以任意中央子午线和高程投影面进行投影而建立的平面直角坐标系。

#### 2.1.2 框架平面控制网 (CP0) horizontal control points for basic frame network (CP0)

为满足高速铁路平面控制测量起算基准的要求,沿线路每 50km 左右建立的卫星定位测量控制网,作为全线(段)的平面坐标起算基准。

#### 2.1.3 基础平面控制网 (CP I) horizontal control points for basic network (CP I)

在框架平面控制网 (CP0) 的基础上,沿线路走向布设,按 GPS 静态相对定位原理建立,为线路平面控制网提供起闭的基准。

#### 2.1.4 线路平面控制网 (CP II) horizontal control points for route (CP II)

在基础平面控制网 (CP I) 上沿线路附近布设,为勘测、施工阶段的线路平面测量和轨道控制网测量提供平面起闭的基准。

#### 2.1.5 轨道控制网 (CPIII) horizontal -level control points for track (CPIII)

沿线路布设的三维控制网,平面起闭于基础平面控制网 (CP I) 或线路控制网 (CP II)、高程起闭于线路水准点,一般在线下工程施工完成后进行施测,为轨道铺设和运营维护的基准。

#### 2.1.6 加密基桩 Additional Benchmark

在轨道控制网 (CPIII) 基础上加密,为轨道铺设所建立的基准点,一般沿线路中线布设。

#### 2.1.7 维护基桩 Maintenance Benchmark

在轨道控制网 (CPIII) 基础上测设,为无砟轨道养护维修时所需的永久性基准点,应根据运营养护维修方法确定其设置位置。

#### 2.1.8 三角形网 triangular network

由一系列相连的三角形构成的测量控制网,它是对以往三角网、三边网、边角网的统称。

#### 2.1.9 1" (0.5"、2"、6") 级仪器 1" (0.5"、2"、6") class instrument

1" (0.5"、2"、6") 级仪器是指一测回水平方向中误差标称为 1" (0.5"、2"、6") 的测角仪器,包括全站仪、电子经纬仪、光学经纬仪。

#### 2.1.10 精密水准测量 Precise levelling

客运专线铁路无砟轨道工程测量中,用于测量基桩高程的等级水准测量,其精度介于二等、三等水准测量之间,高差中数偶然中误差为 2mm/km。

#### 2.1.11 线路水准基点 benchmark for route

沿高速铁路线路敷设的首级高程控制点,一般每 2km 左右布设一个,为高速铁路勘测设计、施工的高程基准。

#### 2.1.12 基岩水准点 benchmark of bedrock

埋设在地壳基岩层上的永久性水准点。

#### 2.1.13 深埋水准点 deep buried benchmark

沿线路走向根据地面沉降及地质情况,埋设在相对稳定的持力层上的深层水准点。

#### 2.1.14 洞外控制测量 outside tunnel controlling survey

为保证隧道贯通,在洞外进行的平面、高程控制测量。



2.1.15 洞内控制测量 inside tunnel controlling survey

为保证隧道贯通，在洞内进行的平面、高程控制测量。

2.1.16 竖井联系测量 shaft connection survey

隧道施工测量中，将洞外控制网的坐标、方向和高程通过竖井传递到洞内的测量。

2.1.17 贯通误差 through error

隧道贯通后，在贯通面处的坐标、方向和高程的误差。

2.1.18 水文测量 hydrological survey

为了工程的正确设置而进行的相关水文方面的测量，如水位、水文断面、水坡等的测量。

2.1.19 桥梁墩台定位 location of pier and abutment

桥墩、桥台中心位置的定位放样测量。

2.1.20 变形测量 deformation survey

在铁路建设和运营阶段，对路基、桥梁、隧道和轨道等构筑物的水平位移、沉降、倾斜等变形量进行定期或持续的测量。

### 3 平面控制测量

#### 3.1 一般规定

##### 3.1.1 高速铁路工程平面控制测量应按分级布网原则分四级布设：

第一级为框架平面控制网 CP0，主要为全线（段）的线路平面控制测量提供坐标框架基准；

第二级为基础平面控制网 CP I，主要为勘测、施工、运营维护提供坐标基准；

第三级为线路平面控制网 CP II，主要为勘测和施工提供控制基准；

第四级为轨道控制网 CPIII，主要为铺设无砟轨道和运营维护提供控制基准。

##### 3.1.2 高速铁路工程测量各级平面控制网布网要求按表 3.1.2 的规定执行。

表 3.1.2 各级平面控制网布网要求

控制网级别	测量方法	测量等级	点间距	备注
CP0	GPS	国家 B 级	50km	专门设计
CP I	GPS	二等	≤4km 一对点	点对间≥800m
CP II	GPS	三等	600~800m	
	导线	三等	400~800m	
CPIII	边角交会		50~70m 一对点	

注：1、CP II 采用 GPS 测量时，CP I 可按 4km 一个点布设。

2、隧道内的 CP II 导线测量执行本规范隧道测量相关规定。

##### 3.1.3 各级平面控制网的主要技术要求应符合下列规定：

1 CP0、CP I、CP II 控制网 GPS 测量的精度指标应符合表 3.1.3-1 的规定；

表 3.1.3-1 CP0、CP I、CP II 控制网 GPS 测量的精度指标

控制网级别	基线边方向中误差	最弱边相对中误差
CP0	≤0.7″	1/1 000 000
CP I	≤1.3″	1/180 000
CP II	≤1.7″	1/100 000

2 CP II 控制网导线测量的主要技术要求应符合表 3.1.3-2 的规定。

表 3.1.3-2 CP II 控制网导线测量的主要技术要求

控制网级别	附和长度 (km)	边长 (m)	测距 中误差 (mm)	测角 中误差 (″)	相邻点位 坐标中误 差 (mm)	导线全长 相对闭合差限差	方位角闭 合差限差 (″)	对应导 线等级
-------	--------------	-----------	-------------------	------------------	------------------------	-----------------	---------------------	------------

CP II	≤4	400~800m	5	1.8	10	1/55 000	$\pm 3.6\sqrt{n}$	三等
-------	----	----------	---	-----	----	----------	-------------------	----

导线环（段）的测角中误差应按式计算：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{f_{\beta}^2}{n} \right]} \quad (3.1.3)$$

式中  $f_{\beta}$ ——导线环（段）的角度闭合差（″）；

$n$ ——导线环（段）的测角个数；

$N$ ——导线环（段）的个数；

3.1.4 GPS 定位测量应符合铁道部现行《铁路工程卫星定位测量规范》的有关规定。

1、各等级 GPS 测量控制网的主要技术指标，应符合表 3.1.4-1 的规定。

表 3.1.4-1 卫星定位测量控制网的主要技术要求

等级	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	基线方位角 中误差 (″)	约束点间的 边长相对中误差	约束平差后 最弱边边长相对中误差
一等	5	1	0.9	1/500000	1/250000
二等	5	1	1.3	1/250000	1/180000
三等	5	1	1.7	1/180000	1/100000
四等	5	2	2.0	1/100000	1/70000
五等	10	2	3.0	1/70000	1/40000

注：当基线长度短于 500m 时，一、二、三等边长中误差应小于 5mm，四等边长中误差应小于 7.5mm，五等边长中误差应小于 10mm。

2 各等级控制网相邻点间弦长精度应小于按（3.1.4）式计算的标准差。

$$\sigma = \pm \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (3.1.4)$$

式中  $\sigma$ ——基线弦长标准差（mm）

$a$ ——固定误差（mm）

$b$ ——比例误差系数（mm/km）

$d$ ——相邻点间距离（km）

3 各等级 GPS 测量作业的基本技术要求，应符合表 3.1.4-2 的规定。

表 3.1.4-2 各等级 GPS 测量作业的基本技术要求

等 级		一等	二等	三等	四等	五等
静 态 测 量	项 目					
	卫星截止高度角(°)	≥15	≥15	≥15	≥15	≥15
	同时观测有效卫星数	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4
	有效时段长度 (min)	≥120	≥90	≥60	≥45	≥40
	观测时段数	≥2	≥2	1~2	1~2	1

等 级		一等	二等	三等	四等	五等
项 目	数据采样间隔 (s)	15~60	15~60	15~60	10~30	10~30
	接收机类型	双频	双频	双频	单/双频	单/双频
	PDOP 或 GDOP	≤6	≤6	≤8	≤10	≤10
快速静态测量	卫星截止高度角(°)	—	—	—	≥15	≥15
	有效卫星总数	—	—	—	≥5	≥5
	观测时间 (min)	—	—	—	5~20	5~20
	平均重复设站数	—	—	—	≥1.5	≥1.5
	数据采样间隔 (s)	—	—	—	5~20	5~20
	PDOP (GDOP)	—	—	—	≤7 (8)	≤7 (8)

注：平均重复设站数≥1.5 是指至少有 50%的点设站 2 次。

3.1.5 导线控制网可布设成附和导线、闭合导线或导线网。各等级导线测量应符合下列要求：

1 导线测量的主要技术要求应符合表 3.1.5-1 的规定。

表 3.1.5-1 导线测量的技术要求

等级	测角中误差 (")	测距相对中误差	方位角闭合差 (")	导线全长相对闭合差	测回数			
					0.5"级仪器	1"级仪器	2"级仪器	6"级仪器
二等	1.0	1/250000	$\pm 2.0\sqrt{n}$	1/100 000	6	9	-	-
三等	1.8	1/150000	$\pm 3.6\sqrt{n}$	1/55000	4	6	10	-
四等	2.5	1/80000	$\pm 5\sqrt{n}$	1/40000	3	4	6	-
一级	4.0	1/40000	$\pm 8\sqrt{n}$	1/20000	-	2	2	-
二级	7.5	1/20000	$\pm 15\sqrt{n}$	1/12000	-	-	1	3

注：1、表中 n 为测站数。

2、当边长短于 500m 时，二等边长中误差应小于 2.5mm，三等边长中误差应小于 3.5mm，四等、一级边长中误差应小于 5mm，二级边长中误差应小于 7.5mm。

2 导线测量所使用的仪器应在有效检定期内，作业前应按附录 B 的规定进行必要的检校，仪器作业的各项要求应符合附录 B 的规定。

3 水平角观测宜采用方向观测法，并符合表 3.1.5-3 的规定。

表 3.1.5-3 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器等级	半测回归零差 (")	同方向测回间 2c 互差 (")	同一方向值各测 回互差 (")
四等 及以上	0.5" 级仪器	4	8	4
	1" 级仪器	6	9	6
	2" 级仪器	8	13	9
一级 及以下	2" 级仪器	12	18	12
	6" 级仪器	18	—	24

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

4 边长测量应符合表 3.1.5-4 的规定。

表 3.1.5-4 边长测量技术要求

等级	使用 测距 仪精 度等 级	每边测回数		一测回读数较差 限值 (mm)	测回间较差限值 (mm)	往返观测平距 较差限值
		往测	返测			
二等	I	4	4	2	3	2m <sub>D</sub>
	II			5	7	
三等	I	2	2	2	3	2m <sub>D</sub>
	II	4	4	5	7	
四等	I	2	2	2	3	2m <sub>D</sub>
	II			5	7	
	III	4	4	10	15	
一级及 以下	I	2	2	2	3	2m <sub>D</sub>
	II			5	7	
	III			10	15	

	IV	4	4	20	30	
--	----	---	---	----	----	--

注：1、一测回是全站仪盘左、盘右各测量一次的过程

2、测距仪精度等级如下

I 级  $|m_d| \leq 2\text{mm}$

II 级  $2\text{ mm} < |m_d| \leq 5\text{mm}$

III 级  $5\text{ mm} < |m_d| \leq 10\text{mm}$

IV 级  $10\text{ mm} < |m_d| \leq 20\text{mm}$

$m_d$  为每千米测距标准偏差。即按测距仪出厂标称精度的绝对值，归算到 1km 的测距标准偏差。

3、 $m_b$  测距仪标称精度。

5、测距边的斜距应进行气象改正和仪器常数改正。气象改正应以观测时记录的气压、气温计算。气压、气温读数精度应符合表 3.1.5-5 的规定。三等及以上等级测量应在测站和反射镜站分别测记；四等及以下等级可在测站进行测记，当测边两端气象条件差异较大时，应在测站和反射镜站分别测记。当测区平坦，气象条件差异不大时，四等及以下等级也可记录上午和下午的平均气压、气温。当使用全站仪时，也可将气象条件输入仪器，让仪器自动进行气象改正。气象改正值按（3.1.5-5）式计算：

$$\Delta D = (n_g - n) \cdot D \quad (3.1.5-5)$$

式中  $D$  ——测量斜距长 (km)；

$n$  ——实际群折射率；

$n_0$  ——仪器基准折射率。

表 3.1.5-5 气压、气温读数精度要求

测量等级	干湿温度表 (°C)	气压表 (hPa)
二等	0.2	0.5
三等	0.2	0.5
四等	0.5	1
一级及以下	1	2

3.1.6 各等级三角形网测量应符合下列要求：

1 三角形网测量的主要技术要求应符合表 3.1.6 的规定。

表 3.1.6 三角形网测量的技术要求

等级	测角中误差 (")	三角形最大闭合差 (")	测边相对中误差	最弱边边长相对中误差	测回数		
					0.5"级仪器	1"级仪器	2"级仪器
二等	1.0	3.5	1/250000	1/120000	6	9	-
三等	1.8	7.0	1/150000	1/70000	4	6	9

四等	2.5	9.0	1/100000	1/40000	2	4	6
----	-----	-----	----------	---------	---	---	---

2 三角形网水平角和边长测量，除符合本规范第 3.1.6 条规定外，还应符合本规范表 3.1.5-3 和 3.1.5-4 的规定。

3 三角形网测角中误差应按 (3.1.6) 式计算。

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \quad (3.1.6)$$

式中  $m_{\beta}$ ——测角中误差 (");

W ——三角形内角和闭合差 (");

n ——三角形个数。

## 3.2 平面控制网设计

3.2.1 高速铁路平面控制测量工作开展前，应根据测区地形、地貌及线路工程情况进行平面控制网设计。

3.2.2 平面控制网设计应包括控制网基准、网形和精度设计。需要增补控制点时，须进行控制网改造设计。

3.2.3 平面控制网设计前，应收集线路设计的有关资料和沿线的国家大地点资料，在充分研究线路平、纵断面图的基础上进行控制网设计。收集的资料应包括：

1 线路平、纵断面图及测区 1:10000 和 1:50000 地形图；

2 线路沿线的国家或地方控制点资料，包括平面控制网图、水准路线图、点之记、成果表、技术总结等。

3.2.4 控制网基准设计应符合以下规定：

1 CP0 控制网应以 WGS-84 坐标系 ITRF2000 国际地球参考框架或 2000 国家大地坐标系作为坐标基准，以 IGS 参考站或以联测的 2000 国家大地坐标系 A、B 级 GPS 控制点作为起算点，进行控制网整体三维约束平差。然后把 WGS-84 或 2000 国家大地坐标系的三维坐标转换为高速铁路工程独立平面坐标。

2 CP I 控制网应附合到 CP0 上，并采用固定数据平差；

3 CP II 控制网应附合到 CP I 上，并采用固定数据平差；

4 CPIII 控制网应附合到 CP I 或 CP II 上，并采用固定数据平差。

3.2.5 各级控制相邻点位的相对精度和重复测量精度和应符合表 3.2.5 的规定。

表 3.2.5 控制点的点位精度要求(mm)

控制点	相对点位精度	同精度复测坐标较差限差
CP0	$D \times 10^{-6}$	50
CP I	10	20
CP II	10	15
CPIII	1	3

- 3.2.6 控制网布设应符合因地制宜、技术经济合理、确保质量的原则。当与国家坐标系统或地方坐标系统联测时，应进行联测方案设计。各级控制网的网形和精度应以第 3.2.4 条的精度设计准则及经济性原则进行优化设计。
- 3.2.7 增设或补设控制点可采用同等级扩展的方法测量。

3.3 框架平面控制网（CP0）测量

- 3.3.1 CP0 控制网应沿线路走向布设，每 50km 左右布设一个点，在线路的起点和终点附近应布设控制点。
- 3.3.2 CP0 控制网应在勘测阶段采用 GPS 测量方法完成建网，全线应一次性布网，统一测量，整体平差。
- 3.3.3 CP0 控制点的标石选埋应符合下列规定：
- 1、控制点宜应设在适合于 GPS 观测作业的地点，周围 200m 范围内不得有强电磁干扰源或强电磁反射源，点位距离线路中线不宜大于 10km
  - 2、控制点标石应设在基础稳定，不受施工和其它人为活动的干扰，且必须能够长期保存的地点。标石规格和埋设标准按附录 A.2 的要求和标准执行。
  - 3、标石埋设完成后，应现场填写点位说明，丈量标石至明显地物的距离，绘制点位示意图，按附录 B 中 CP0 点之记要求作好点之记。新埋标石应按附录 D 中格式办理测量标志委托保管书，一式二份，标石保管单位/个人和测量单位各存一份。
- 3.3.4 CP0 测量布网应符合下列规定：
- 1、每个 CP0 站点与其相邻的 CP0 站点的连接数不小于 3 个，联测的 GPS 永久性跟踪站点与其相邻的 CP0 站点的连接数不小于 2。
  - 2、CP0 站点宜与 IGS 站点、国家地壳形变监测站点或国家 B 级以上 GPS 永久性跟踪站点进行联测，联测的站点数不少于 2 站。
- 3.3.5 CP0 观测应符合下列规定：
- 1 应使用标称精度不低于 5mm+1ppm 的双频 GPS 接收机，同步观测的 GPS 接收机不少于 4 台。
  - 2 各项技术要求应符合表 3.3.4 的规定。

表 3.3.4 CP0 测量技术要求

卫星高度截止角	采样历元间隔	同步观测有效卫星数	有效卫星的最短连续观测时间	有效同步观测时段数	有效同步观测时段长度
15°	30s	≥4	≥15min	≥4	≥300min

注：同步观测时段长度是指同步环中的最短、连续观测时间跨度。

- 3 各个观测时段应昼夜均匀分布，夜间观测时段数应不少于 1 个。每个观测时段不宜跨越北京时间早 8 点（GPS 时间 0 点）。
- 4 天线安置应严格整平对中，天线对中误差应不大于 1mm。天线高应在测前（开机之前）和测后（关机之后）各量取一次，每次应在相同的位置从天线三个不同方向（间隔 120 度）量取，或用接收机天线专用量高器量取。单次天线高重复量取的读数互差不大于 ±2mm 时，取平均值作为单次



天线高观测值；测前和测后天线高观测值读数互差不大于±3mm 时，取平均值作为天线高最终观测值。

5 同一时段的观测过程中不得关闭并重新启动仪器，不得改变仪器的参数设置，不得转动天线位置。

6 观测过程中若遇强降雨、风暴天气应立刻停止当前观测时段的作业。

3.3.6 CP0 测量的数据处理应满足下列要求：

1 基线解算和整网平差应采用适合长基线的高精度 GPS 解算软件，采用精密星历解算。

2 应采用多基线解算模式进行基线解算，计算结果应包括相应的协方差阵。

3 基线解算和整网平差时，引入的起算点坐标位置基准应为 ITRF 或 IGS 国际地球参考框架下的坐标成果，该坐标框架应与采用的精密星历坐标框架保持一致。起算点选用联测的 GPS 永久性跟踪站点，其点位坐标精度应优于 0.1m。

4 基线解算过程中各项内部数据处理质量标准应符合表 3.3.6 的规定。

表 3.3.6 CP0 内部数据处理质量检核要求

基线重复测量较差		独立（异步）闭合环或附合线路的坐标闭合差	
分量或长度	限差标准	闭合差	限差标准
$\Delta X$	$\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta X}$	$W_x$	$\leq 2\sigma_{Wx}$
$\Delta Y$	$\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta Y}$	$W_y$	$\leq 2\sigma_{Wy}$
$\Delta Z$	$\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta Z}$	$W_z$	$\leq 2\sigma_{Wz}$
$\Delta S$	$\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta S}$	$W_s$	$\leq 3\sigma_{Ws}$
<p><math>R_{\Delta X}</math>、<math>R_{\Delta Y}</math>、<math>R_{\Delta Z}</math>、<math>R_{\Delta S}</math> 按下式计算：</p> $R_C = \left( \frac{\frac{n}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(C_i - C_m)^2}{\sigma_{C_i}^2}}{\sum_{i=1}^n 1/\sigma_{C_i}^2} \right)^{1/2}$ <p><math>n</math>—基线重复观测的总时段数；  <math>i</math>—时段号；  <math>C_i</math>—<math>i</math> 时段基线的某一坐标分量或长度（<math>\Delta X</math>、<math>\Delta Y</math>、<math>\Delta Z</math>、<math>\Delta S</math>）；  <math>C_m</math>—对应于 <math>C</math> 的多时段基线加权平均值；  <math>\sigma_{C_i}^2</math>—<math>i</math> 时段 <math>C_i</math> 的方差。</p>		<p><math>\sigma_{Wx}</math>、<math>\sigma_{Wy}</math>、<math>\sigma_{Wz}</math> 按下式计算：</p> $\sigma_{Wi} = \left( \sum_{j=1}^r \sigma_{i,j}^2 \right)^{1/2}$ <p><math>i</math> 代表基线的某一分量（<math>\Delta X</math>、<math>\Delta Y</math>、<math>\Delta Z</math>），<math>r</math> 代表闭合环或附合线路中的基线数，<math>j</math> 代表基线编号，<math>\sigma_{i,j}^2</math> 代表第 <math>j</math> 条基线 <math>i</math> 分量的方差；</p> $\sigma_{Ws} = \left( \sum_{j=1}^r W D_j W^T \right)^{1/2}, \quad \text{其中}$ <p><math>W = \begin{bmatrix} \frac{W_x}{W_s} &amp; \frac{W_y}{W_s} &amp; \frac{W_z}{W_s} \end{bmatrix}</math>；<math>D_j</math> 代表环线中第 <math>j</math> 条基线的方差-协方差阵。</p>	

5 CP0 整体自由网平差时，应利用联测站点的已知坐标成果对平差结果作外部的数据处理质量检核，即采用一个已知点作为位置基准，比较其它已知点的自由网平差坐标和其已知坐标间的差值，该差值的绝对值应小于 0.2m，且由此坐标差值计算得到的两个已知点间基线的长度相对误差应小

于  $0.3 \times 10^{-6}$ 。

3.3.7 CP0 测量成果资料应包括：

- 1 技术设计书；
- 2 外业测量观测手簿；
- 3 CP0 测量平差计算表（包括基线重复性测量较差检查表、独立（异步）闭合环或附合线路坐标闭合差检查表、基线向量及其协方差阵）；
- 4 CP0 控制点成果表（包括坐标和点位中误差）及点之记；
- 5 CP0 控制网联测示意图；
- 6 测量技术总结报告。

### 3.4 基础平面控制网（CP I）测量

3.4.1 CP I 控制点应按表 3.1.2 的要求沿线路走向布设。点位宜设在距线路中心 50~500m 范围内不易被施工破坏、稳定可靠、便于测量的地方。控制点宜兼顾桥梁、隧道及其他大型构（建）筑物布设施工控制网的要求。控制点应按附录 A 的要求埋石，并作点之记。

3.4.2 CP I 采用边联结方式构网，形成由三角形或大地四边形组成的带状网；在线路勘测设计起点、终点或与其它铁路平面控制网衔接地段，必须有 2 个以上的 CP I 控制点相重合，并在测量成果中反映出相互关系。CP I 控制网宜与附近的已知水准点联测。

3.4.3 CP I 控制网应与沿线的国家或城市三等及以上平面控制点联测，引入国家或城市平面坐标系。一般宜每 50km 联测一个平面控制点，全线（段）联测平面控制点的总数不得少于 3 个，特殊情况下不得少于 2 个。当联测点数为 2 个时，应尽量分布在网的两端；当联测点数为 3 个及其以上时，宜在网中均匀分布。

3.4.4 CP I 控制网的 GPS 控制测量外业观测和基线解算应执行现行《铁路工程卫星定位测量规范》的相关规定。

3.4.5 CP I 控制网平差及坐标转换应符合下列规定：

1、首先进行 GPS 基线网三维无约束平差，然后将已联测的 CP0 控制点作为固定点进行 CP I 控制网的三维约束平差，计算 CP I 控制点的空间直角坐标。

2、根据独立坐标系投影带的划分，将 CP I 控制网的空间直角坐标分别投影到相应的坐标投影带中，计算 CP I 控制点的工程独立坐标。

3、引入国家或城市平面坐标系时，应在 GPS 基线网三维无约束平差的基础上，以联测的国家或城市平面控制点作为固定点进行 CP I 控制网的二维约束平差，计算 CP I 控制点的国家或城市平面坐标。

3.4.6 CP I 测量成果资料应包括：

- 1 技术设计书；
- 2 外业测量观测手簿；
- 3 测量平差计算表；
- 4 控制点成果表及点之记；
- 5 控制网联测示意图；
- 6 测量技术总结报告。

### 3.5 线路平面控制网（CP II）测量

3.5.1 CP II测量应在 CP I 的基础上采用 GPS 测量或导线测量方法施测，主要技术指标应符合第 3.1.3 条的要求。

3.5.2 CP II控制点的布设应符合表 3.1.2 的要求，一般选在离线路中线 50~200m，且不易破坏的范围内，并按附录 A 的规定埋石且作点之记。

3.5.3 在线路勘测设计起、终点及不同单位测量衔接地段，应联测 2 个以上 CP II 控制点作为共用点，并在测量成果中反映出相互关系。

3.5.4 采用 GPS 测量时应满足下列要求：

1 CP II控制点应有良好的对空通视条件，点间距应为 600 ~800 m，相邻点之间应通视，特别困难地区至少有一个通视点，以满足定测放线和施工测量的需要；

2 CP II控制点分段起闭于 CP I 控制点，测量等级及精度要求应符合表 3.1.3 和表 3.1.4 的三等 GPS 测量的规定；

3 CP II网采用边联结方式构网，形成由三角形或大地四边形组成的带状网，并与 CP I 联测构成附合网。

4 CP II网坐标转换宜在 GPS 基线网三维无约束平差的基础上，以联测 CP I 控制网作为约束点分带进行二维约束平差，计算 CP II控制点的工程独立坐标。

3.5.5 采用导线测量时应满足下列要求：

1 导线测量应起闭于 CP I 控制点，应符合表 3.1.3-2 的规定。

2 导线测量水平角观测应符合表 3.1.5-1 和表 3.1.5-3 中三等导线测量的技术要求。

3 导线边长测量应符合表 3.1.5-4 三等导线测量的要求。

4 CP II 导线应在方位角闭合差及导线全长相对闭合差满足要求后，采用严密平差计算。

3.5.6 隧道洞内 CP II控制网应在隧道贯通后，采用导线测量方法测设。洞内 CP II 导线测量应满足下列要求：

1、洞内 CP II 导线测量的主要技术要求应符合表 3.5.6 的规定。

表 3.5.6 洞内 CP II 导线测量主要技术要求

控制网级别	附和长度 (km)	边长 (m)	测距中误差 (mm)	测角中误差 (″)	相邻点位坐标中误差 (mm)	导线全长相对闭合差限差	方位角闭合差限差 (″)	对应导线等级	备注
CP II	$L \leq 4$	400~600	3	1.8	7.5	1/55 000	$\pm 3.6\sqrt{n}$	三等	单导线
CP II	$4 < L \leq 7$	400~600	3	1.8	7.5	1/55 000	$\pm 3.6\sqrt{n}$	三等	导线环
CP II	$L > 7$	400~600	3	1.0	5	1/100 000	$\pm 2.0\sqrt{n}$	二等	导线环

2 导线点宜充分利用洞内施工平面控制桩，单独布点时应布设在施工干扰小、安全稳固、方便设站、便于保存的地方，点间视线应距洞内设施 0.2m 以上。

3 隧道洞内 CP II 导线观测应满足下列要求：

(1) 应采用标称精度不低于 1″、2mm+2ppm 的全站仪施测。水平角观测的测回数及限差按本规范表 3.1.5-1 和表 3.1.5-3 的要求执行，边长测量按本规范表 3.1.5 条第 4、第 5 款的要求执行。

(2) 观测前应先将仪器开箱放置 20 分钟左右，让仪器与洞内温度基本一致；

(3) 洞口测站观测宜在夜晚或阴天进行；隧道洞内观测应充分通风，无施工干扰，避免尘雾。

(4) 目标棱镜人工观测时应有足够的照明度，受光均匀柔和、目标清晰，避免光线从旁侧照射目标。采用自动观测时应尽量减少光源干扰；

### 3.5.7 CP II 测量成果资料应包括：

- 1 技术设计书；
- 2 外业测量观测手簿；
- 3 测量平差计算表；
- 4 控制点成果表及点之记；
- 5 CP II 控制网联测示意图；
- 6 测量技术总结报告。

## 3.6 轨道控制网（CPIII）测量

3.6.1 CPIII 控制网应采用自由设站边角交会法施测，控制网布设应符合表 3.1.2 的规定。

3.6.2 CPIII 控制网测量应在线下工程竣工，通过沉降和变形评估后施测。CPIII 测量前应对全线的 CP I、CP II 控制网进行复测，并采用复测的 CP I、CP II 合格成果对 CPIII 网进行约束平差。

3.6.3 CPIII 平面网应附合于 CP I、CP II 控制点上，每 600m 左右（400~800m）应联测一个 CP I 或 CP II 控制点，当 CPII 点位密度和位置不满足 CPIII 联测要求时，应按同精度扩展方式加密 CPII 控制点。

3.6.4 CPIII 平面控制网的主要技术指标应符合表 3.6.4 的规定。

表 3.6.4 CPIII 平面网的主要技术指标

控制网名称	测量方法	方向观测 中误差	距离观测 中误差	相邻点的相对 点位中误差	同精度复测 坐标较差
CPIII 平面网	自由测站边角交会	$\pm 1.8''$	$\pm 1.0\text{mm}$	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 3\text{mm}$

3.6.5 CPIII 控制点应设置强制对中标志，标志几何尺寸的加工误差应不大于 0.05mm，安装精度应满足表 3.6.5 要求：

表 3.6.5 CPIII 标志安装精度要求

CPIII 标志	重复性安装误差	互换性安装误差
X	$\pm 0.3\text{mm}$	$\pm 0.3\text{mm}$
Y	$\pm 0.3\text{mm}$	$\pm 0.3\text{mm}$
H	$\pm 0.3\text{mm}$	$\pm 0.3\text{mm}$

3.6.6 CPIII 控制网的测量仪器设备应满足下列要求：

1、使用的全站仪应具有自动目标搜索、自动照准、自动观测、自动记录功能，其标称精度应满足：方向测量中误差不大于  $\pm 1''$ ，测距中误差不大于  $\pm (1\text{mm}+2\text{ppm})$ 。

2、观测前须按要求对全站仪进行检校，作业期间仪器须在鉴定有效期内。边长观测应进行温

度、气压等气象元素改正，温度计量测精度不低于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，气压计量测精度不低于 $\pm 5\text{hpa}$ 。

3.6.7 CPIII标志应按附录 A.4 的要求埋设于接触网杆或其基础、桥梁防撞墙、隧道边墙或排水沟上，相邻 CPIII 控制点应大致等高，其位置应在设计轨道面以上 0.3m。

3.6.8 CPIII 控制点号和自由设站的编号应唯一、便于查找。编号规则应符合附录 A.4 要求。

3.6.9 CPIII控制网观测的自由测站间距一般约为 120m，自由测站到 CP III 点的最远观测距离不应大于 180m；每个 CPIII点至少应保证有三个自由测站的方向和距离观测量。

3.6.10 CPIII控制网水平方向应采用全圆方向观测法进行观测。当观测方向较多时，也可以采用分组全圆方向观测法。全圆方向观测应满足表 3.6.10 的规定。

表 3.6.10 CPIII平面网水平方向观测技术要求

控制网名称	仪器等级	测回数	半测回归零差	不同测回同一方向 2C 互差	同一方向归零后方向值较差	2C 值
CPIII平面网	05"	3	6"	9"	6"	15"
	1"	4	9"	9"	6"	15"

3.6.11 CPIII 平面网距离测量应满足表 3.6.11 的规定。

表 3.6.11 CPIII平面网距离观测技术要求

控制网名称	测回	盘左和盘右半测回距离较差	测回间距离较差
CPIII平面网	3	$\pm 1\text{ mm}$	$\pm 1\text{mm}$

注：距离测量一测回是全站仪盘左、盘右各测量一次的过程。

3.6.12 CPIII平面网相邻测站间与任意一对 CPIII 控制点组成的闭合环的闭合差，应满足表 3.6.12 的规定。

表 3.6.12 CPIII平面网环的闭合差限差

控制网名称	闭合差
CPIII平面网	1/3500

3.6.13 当 CPIII平面网外业观测的水平方向和距离的技术要求不满足第 3.6.10 条、第 3.6.11 条和第 3.6.12 条要求时，该测站外业观测值应部分或全部重测。

3.6.14 CPIII平面网与上一级 CP I、CP II 控制点联测时，应至少通过 2 个连续的自由测站或三个以上 CPIII 点进行联测。可以根据施工需要分段测量，分段测量的测段长度不宜小于 4km。测段间应重复观测不少于 6 对 CPIII 点，作为分段重选观测区域以便进行测段衔接。

3.6.15 CPIII 平面网平差计算应采用铁道部主管部门评审通过的软件，并采用约束平差的成果。数据处理软件应与全站仪数据采集软件接口兼容。平差计算前应对观测数据按第 3.6.10 条、第 3.6.11 条和第 3.6.12 条进行检核，检核合格后，方可进行 CPIII平面网平差计算。

3.6.16 CPIII平面网平差后的精度，应应满足表 3.6.16 的规定。

表 3.6.16 CPIII平面网平差后的主要技术要求

控制网名称	与 CP I、CP II 联测		与 CPIII联测		距离中误差	点位中误差
	方向改正数	距离改正数	方向改正数	距离改正数		
CPIII平面网	5.4"	4mm	3.6"	2mm	1mm	2mm

3.6.17 测段之间衔接时，前后测段独立平差重迭点坐标差值应满足 $\leq \pm 3\text{mm}$ 。满足该条件后，后一测段 CPIII网平差，应采用本测段联测的 CP I、CP II 控制点及重叠段前测段 CPIII点坐标进行约束平

差。

3.6.18 坐标换带处 CPIII平面网计算时，应分别采用相邻两个投影带的 CP I、CP II坐标进行约束平差，并分别提交相邻投影带两套 CPIII平面网的坐标成果。两套坐标成果都应该满足表 3.6.4 和表 3.6.11 的精度要求。提供两套坐标的 CPIII 测段长度不应小于 800m。

3.6.19 在 CPIII平面网复测时，联测上一级控制点 CP I、CP II的方法和数量应与原测网相同，CPIII点复测成果与原测成果的坐标较差应 $\leq \pm 3\text{mm}$ ，否则复测的 CPIII平面网数据应补测或重测。

3.6.20 CPIII平面网的平差计算取位，应按表 3.6.19 中的规定执行。

表 3.6.20 CPIII平面网平差计算取位

控制网名称	水平方向观测值 (″)	水平距离观测值 (mm)	方向改正数 (″)	距离改正数(mm)	点位中误差 (mm)	点位坐标 (mm)
CPIII平面网	0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	0.1

3.6.21 CPIII 测量成果资料应包括：

- 1 技术方案设计书；
- 2 平面控制网联测示意图；
- 3 外业观测原始数据；
- 4 平面控制网平差计算手簿；
- 5 平面控制网坐标成果表；
- 6 仪器检定资料；
- 7 测量技术总结报告。

## 4 高程控制测量

### 4.1 一般规定

4.1.1 高程控制测量分为勘测高程控制测量、线路水准基点高程测量、CPIII控制点高程测量。高程控制测量等级及布点要求应按表4.1.1 的要求执行。

表 4.1.1 各级高程控制测量等级及布点要求

控制网级别	测量等级	点间距
勘测高程控制测量	二等/四等	$\leq 4\text{km}$
线路水准基点测量	二等	$\leq 2\text{km}$
CPIII控制点高程测量	精密水准	$\leq 100\text{m}$

注：1 长大桥隧及特殊路基结构施工工程控制网等级应按相关专业要求执行；

4.1.2 各等级水准测量精度要求应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 各等级水准测量精度要求（mm）

水准测量等级	每千米水准测量偶然中误差 $M_{\Delta}$	每千米水准测量全中误差 $M_w$	限 差				
			检测已测段高差之差	往返测不符值		附和路线或环线闭合差	左右路线高差不符值
				平原	山区		
二等	$\leq 1.0$	$\leq 2.0$	$6\sqrt{Ri}$	$4\sqrt{K}$	$0.8\sqrt{n}$	$4\sqrt{L}$	——
精密	$\leq 2.0$	$\leq 4.0$	$2\sqrt{Ri}$	$8\sqrt{K}$		$8\sqrt{L}$	$4\sqrt{K}$
三等	$\leq 3.0$	$\leq 6.0$	$20\sqrt{Ri}$	$12\sqrt{K}$	$2.4\sqrt{n}$	$12\sqrt{L}$	$8\sqrt{K}$
四等	$\leq 5.0$	$\leq 10.0$	$30\sqrt{Ri}$	$20\sqrt{K}$	$4\sqrt{n}$	$20\sqrt{L}$	$14\sqrt{K}$
五等	$\leq 7.5$	$\leq 15.0$	$\pm 40\sqrt{Ri}$	——		$\pm 30\sqrt{K}$	——

注：1、 $K$  为测段水准路线长度， $L$  附和或环线的水准路线长度， $Ri$  为检测测段长度， $K$ 、 $L$ 、 $Ri$

单位为 km， $n$  为测段水准测量站数；

2、当山区水准测量每公里测站数  $n \geq 25$  站以上，采用测站数计算高差测量限差；

3、结点之间或结点与高级点之间，其路线的长度，不应大于表中规定的 0.7 倍。

4.1.3 各等级水准测量的主要技术标准应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 水准测量的主要技术标准

等级	路线长度 (km)	水准仪最低型号	水准尺	观测次数
二等水准	$\leq 400$	DSZ1、DS1	因瓦	往返

精密水准	3	DSZ1、DS1	因瓦	往返、单程闭合环
三等水准	$\leq 150$	DSZ1、DS1	因瓦	往返、左右路线
		DS3	双面	往返、左右路线
四等水准	$\leq 30$	DS3	双面	往返、左右路线
五等水准	$\leq 30$	DS3	单面	单程、往返

4.1.4 各等级水准观测应符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 水准观测的主要技术要求

等级	水准仪最低型号	水准尺类型	视距 (m)		前后视距差 (m)		测段的前后视距累积差 (m)		视线高度 (m)		数字水准仪重复测量次数
			光学	数字	光学	数字	光学	数字	光学 (下丝读数)	数字	
二等	DSZ <sub>1</sub> 、DS <sub>1</sub>	因瓦	≤50	≥3 且 ≤50	≤1.0	≤1.5	≤3.0	≤6.0	≥0.3	≤2.8 且≥0.55	≥2 次
精密水准	DSZ <sub>1</sub> 、DS <sub>1</sub>	因瓦	≤60	≥3 且 ≤60	≤1.5	≤2.0	≤3.0	≤6.0	≥0.3	≤2.8 且≥0.45	≥2 次
三等	DSZ <sub>1</sub> 、DS <sub>1</sub>	因瓦	≤100	≤100	≤2.0	≤3.0	≤5.0	≤6.0	三丝能读数	≥0.35	≥1 次
	DSZ <sub>2</sub> 、DS <sub>2</sub>	双面木尺单面条码	≤75	≤75							
四等	DSZ <sub>1</sub> 、DS <sub>1</sub>	双面木尺单面条码	≤150	≤100	≤3.0	≤5.0	≤10.0	≤10.0	三丝能读数	≥0.35	≥1 次
	DSZ <sub>3</sub> 、DS <sub>3</sub>	双面木尺单面条码	≤100	≤100							
五等	DSZ <sub>3</sub> 、DS <sub>3</sub>	塔尺单面条码	≤100	≤100	大致相等				中丝能读数	≥0.35	≥1 次

4.1.5 二等水准线路跨越江河、湖海、深沟时，应按现行《国家一、二等水准测量规范》跨河水准测量有关规定执行。

4.1.6 水准测量计算取位应符合表 4.1.6 的规定：

表 4.1.6 水准测量计算取位

等级	往(返)测距离总和 (km)	往(返)测距离中数 (km)	各测站高差 (mm)	往(返)测高差总和 (mm)	往(返)测高差中数 (mm)	高程 (mm)
二等、精密水准	0.01	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1
三、四等	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	1
五等	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1

4.1.7 水准测量的仪器及水准尺类型应按测量等级的要求选择，宜优先采用相应等级的数字水准仪及其自动记录功能采集数据。



4.1.8 水准测量所使用的仪器及水准尺,按现行《国家一、二等水准测量规范》与《国家三、四等水准测量规范》中的有关规定执行检校。

## 4.2 高程控制网设计

4.2.1 高速铁路高程控制网应按二等水准测量精度要求施测。在勘测阶段,不具备二等水准测量条件时,可分两阶段实施,即:勘测阶段按四等水准测量要求施测。线下工程施工前,全线应按二等水准测量要求建立线路水准基点控制网。

4.2.2 高速铁路高程控制测量工作开展前,应根据测区地形、地貌及线路工程情况进行高程控制测量设计。控制网设计应包括控制网基准、网形和精度设计及拟采用的高程测量方法。

4.2.3 高程控制网设计前应收集以下资料:

- 1 线路平、纵断面图及测区1:10000 和1:50000 地形图;
- 2 与高程控制测量相关的线路沿线城市规划、地质、地震、气象、地下水位及冻土深度等资料;
- 3 线路沿线的国家或地方水准点资料,包括水准路线图、点之记、成果表、技术总结等。

4.2.4 高程控制网基准设计应符合以下规定:

1 勘测高程控制网应附合于高一级的国家水准点上,并以国家水准点为起算数据,采用固定数据平差;

2 线路水准基点控制网宜以国家一、二等水准点为起算数据,特殊情况下也可以采用独立起算基准;

3 CPIII控制网应附合于线路水准基点上,采用固定数据平差。

4.2.5 高程控制网网形和精度设计应按第 4.1.1 条和第 4.1.2 条的要求。根据测区情况和优化设计的结果,编写技术设计书,并拟定作业计划。

## 4.3 勘测高程控制测量

4.3.1 勘测高程控制测量一般按二等线路水准基点要求测。在困难地段,或线路方案且不稳定适合,可按四等水准测量要求测设。按四等水准测量一般 30km 联测一个高级已知水准点。铁路与另一铁路连接时,应确定联测两铁路高程系统的关系。

4.3.2 水准路线应沿线路敷设,水准点埋设应满足下列要求:

1 水准点应每 2km 设置一个。重点工程(大桥、长隧及特殊路基结构)地段应根据实际情况增设。水准点可与平面控制点共用,也可单独设置;

2 水准点应选在土质坚实、安全僻静、观测方便和勘测使用的地方;

3 水准点应按附录 A 的规定埋石并点位说明。

4.3.3 水准点测量应符合表 4.1.2、表 4.1.3 和表 4.1.4 的要求。在平坦地区一般采用水准测量方法,在山区、丘陵地区可采用光电测距三角高程测量方法。

4.3.6 线路跨越江河、深沟,视线长度大于 200m 时,应按第 4.1.5 条四等跨河水准测量方法和精度施测,或采用光电测距三角高程测量方法施测。

4.3.7 采用光电测距三角高程测量应符合下列要求:

1 光电测距三角高程测量,可与平面导线测量合并进行。水准点的设置要求、闭合限差及检测限差应符合本暂行规定第 4.3.2 条和第 4.1.2 条的规定。

2 高程转点间的距离和竖直角必须往返观测,并宜在同一气象条件下完成。计算时应加入气象改正和地球曲率改正。两水准点间高差采用往返观测平均值。

- 1) 测距时应采用不低于Ⅱ级精度的测距仪，必须进行往返各 2 个测回，距离取位至毫米。
- 2) 在山区和水域地段测距时，应在测程的两端同时测定气温，读至 0.5℃，并在斜距中加入气象改正；平坦地区测程两端可不测定气温，但必须测定在一个作业时间（上午或下午）内的平均气温。
- 3) 竖直角测量可采用中丝法，往返必须各 3 个测回，并应符合表 4.3.7 的规定。

表 4.3.7 水准点光电测距三角高程测量技术要求

距离测回数	竖 直 角				往返测高差较差 (mm)	边长范围 (m)
	测回数 (中丝法)	最大角值 (°)	测回间较差 (")	指标差互差 (")		
往返各 2 测回	往返各 3 测回	15	5	5	$40\sqrt{D}$	200~700

注：D 为测距边长，以千米计。

3 前后视的棱镜应安置在支架上。仪器高、棱镜高应在测距前和测角后分别量测 1 次，取位至毫米。2 次量测的较差不大于 2mm 时，取用平均值。当两次量测的较差大于 2mm 时，应重新观测该测站成果。

4 高程测量视线离地面或障碍物的距离不宜小于 1.5m。

5 当往返测高差较差大于  $40\sqrt{D}$  时，必须往返重测 1 组，重测与原测 2 组高差之差小于  $20\sqrt{D}$  时，其结果取用 2 组高差的中数。

#### 4.4 线路水准基点测量

4.4.1 线路水准基点应沿线路布设成附和路线或闭合环，重点工程（大桥、长隧及特殊路基结构）地段应根据实际情况增设。水准点可与平面控制点共用，也可单独设置；

4.4.2 线路水准基点距线路中线 50~300 米为宜，每 2km 设置一个，水准点埋设应满足以下要求：

1 水准点应选在土质坚实、安全僻静、观测方便和利于长期保存的地方；

2 冻土线超过 1.4 米的地区普通水准基点标石应埋设在冻土线 0.3 米以下，以保证线路水准基点的稳定。

4.4.3 为了保证高速铁路的顺利施工和运营维护的需要，结合沿线工程地质条件，在软土地段、地下水超采严重及地表沉降不均匀地区，宜按每 10km 设置一个深埋水准点，每 50km 设置一个基岩水准点，并应参照附录 A 标石埋设要求。

4.4.4 一般水准基点埋设可采用预制桩或现浇桩，应按附录 A 标石埋设要求。

4.4.5 线路水准基点按二等水准测量要求施测。水准路线一般 150km 宜与国家一、二等水准点联测，最长不应超过 400km。线路水准基点控制网应全线（段）一次布网测量。

4.4.6 线路水准基点测量应采用水准测量方法。地形条件比较复杂或采用常规水准测量操作有困难的地区，可采用精密三角高程测量进行二等水准测量。

4.4.7 二等水准测量应进行往返观测，测站总数应为偶数，测站观测顺序如下：

往测：奇数站为后—前—前—后

偶数站为前—后—后—前

返测：奇数站为前—后—后—前

偶数站为后—前—前—后

4.4.8 线路水准基点测量应在全线测量贯通后进行严密平差。

## 4.5 CPIII控制点高程测量

4.5.1 CPIII高程控制网施测前，应进行详细的技术方案设计。

4.5.2 CPIII高程控制网观测采用单程精密水准测量的方法进行；CPIII点与上一级水准点的高程联测，应采用独立往返精密水准测量的方法进行。

4.5.3 CPIII控制点间的水准路线，宜按附录 F 所示的水准路线形式进行，保证每相邻的四个 CPIII 点之间都构成一个闭合环。

4.5.4 CPIII高程控制网精密水准测量的主要技术要求，应符合表 4.5.4 的规定。

表 4.5.4 CPIII高程网精密水准测量的主要技术标准

水准测量等级	附和路线长度 (km)	水准仪最低型号	水准尺	观测次数	
				与已知点联测	环线
精密水准	≤2	DS1	因瓦	往返	单程

4.5.5 CPIII高程控制网水准测量应符合表 4.1.2、4.1.3 及 4.1.4 的规定。

4.5.6 CPIII高程网水准测量测站的主要技术要求，应符合表 4.5.6 的规定。

表 4.5.6 CPIII高程网水准测量测站的主要技术标准

水准测量等级	前后视距差 (m)	视线高度 (m)	两次读数之差 (mm)	两次读数所测高差之差 (mm)
精密水准	≤±2	≥0.3	≤±0.5	≤±0.7

4.5.7 当桥面与地面间高差大于 3m，线路水准基点高程直接传递到桥面 CPIII控制点上困难时，可采用精密三角高程测量法，或不量仪器高和棱镜高的中间设站三角高程测量法传递。

4.5.8 中间设站三角高程测量的主要技术要求，应满足表 4.5.8 的要求。测量中，前后视必须是同一个棱镜。观测时，棱镜高不变；仪器与棱镜的距离不宜大于 100m，最大不应超过 150m。前、后视距应尽量相等，一般距离差差值不宜超过 5m。垂直角应小于 28°；观测时，要准确测量温度、气压值，以便进行边长改正。

表 4.5.8 中间设站三角高程测量的主要技术要求

垂直角测量				距离测量			
测回数	两次读数差 "	测回间指标差互差 "	测回差 "	测回数	每测回读数次数	四次读数差 mm	测回差 mm
4	≤±5.0	≤±5.0	≤±5.0	4	4	≤±2.0	≤±2.0

4.5.9 CPIII高程网外业观测成果的质量评定与检核的内容，应该包括：测站数据检核、水准路线数据检核，当 CPIII水准网的环数超过 20 个时还要进行每千米水准测量的高差全中误差的计算。

4.5.10 在下列情况下，CPIII高程网的外业观测值应该部分或全部重测：

- 1 当 CPIII高程网水准测量的测站数据质量超过表 4.5.6 的要求时，该测站的数据应该重测。

- 2 当 CPIII 高程网水准路线的限差超过表 4.1.2 的要求时，该水准路线的数据应该重测。
- 3 当根据闭合环闭合差计算的每千米水准测量的高差全中误差超限时，首先应对闭合差较大的闭合路线进行重测，重测后  $M_w$  仍超限，则整个 CPIII 高程网水准测量的数据都应该重测。
- 4 CPIII 高程网复测时，若建网测量和复测联测上一级水准点的方法和数量相同，则约束平差后两次测量 CPIII 点高程的较差，应不大于  $\pm 3\text{mm}$ ，否则复测的 CPIII 高程网数据应补测或重测。

4.5.11 CPIII 高程网内业平差计算和基础控制资料的选用，应满足下列原则：

- 1 CPIII 高程网水准测量的外业观测数据全部合格后，方可进行内业平差计算。
- 2 CPIII 高程网采用联测的线路水准基点高程进行固定平差计算。

4.5.12 CPIII 高程网测量成果的整理与提交，应该提交的资料包括：

- 1 技术方案设计书；
- 2 水准路线示意图；
- 3 外业观测的原始数据文件电子文本；
- 4 测段高差统计表；
- 5 水准路线闭合差统计表；
- 6 CPIII 点高程平差成果表；
- 7 水准仪和水准尺的检定资料；
- 8 技术总结报告。

#### 4.6 精密三角高程测量

4.6.1 线路水准基点测量困难时，可采用精密三角高程测量，四等及以下参照《新建铁路工程测量规范》执行，二等、精密水准、三等测量宜采用本规范执行。

4.6.2 所采用的全站仪应具自动目标识别功能，并应满足表 4.6.2 的要求

表 4.6.2 仪器精度指标

等级	最低测角精度	最低测距精度
二等	0.5"	1mm+1ppm*D
精密水准	1.0"	1mm+2ppm*D
三等	1.0"	1mm+2ppm*D

注：D 为距离，单位：m

4.6.3 精密三角高程测量观测时应采用两台全站仪同时对向观测，在一个测段上对向观测的边为偶数条边，不量取仪器高和觇标高，观测距离一般不大于 500m，最长不应超过 1000m，竖直角不应超过  $10^\circ$ ，测段起、止点观测应为同一全站仪、棱镜杆，观测距离在 20 米内，距离大致相等。

4.6.4 精密三角高程测量观测的主要技术要求应符合表 4.6.4 的规定

表 4.6.4 精密三角高程测量观测的主要技术要求

等级	边 长	测回数	指标差较差 (")	测回间垂直 角较差 (")	测距较差 (mm)	各测回高差较 差 (mm)
二等	100 米以内	2	5	5	3	$\pm 4\sqrt{S}$
	100 米~500 米	4				

	500 米~800 米	6				
	800 米~1000 米	8				
精密水准	150 米以内	2	5	5	3	$\pm 8\sqrt{S}$
	150 米~600 米	4				
	600 米~800 米	6				
	800 米~1000 米	8				
三等	200 米以内	2	6	6	3	$\pm 12\sqrt{S}$
	200 米~700 米	4				
	700 米~1000 米	6				

注：S为视线长度，单位为：km

4.6.5应独立进行往返观测，观测中应加入气象和地球曲率改正。

4.6.6精密三角高程测量其他精度指标应满足表4.1.2及表4.1.3的规定。

## 4.7 外业成果的记录、整理与计算

4.7.1 二等水准测量的外业成果，按记录载体分为电子记录和手簿记录两种方式，应优先采用电子记录，在不适宜电子记录的特殊地区亦可采用手簿记录。

4.7.2 观测记录的整理和检查

观测工作结束后应及时整理和检查外业观测手簿。检查手簿中所有计算是否正确、观测成果是否满足各项限差要求。确认观测成果全部符合本规范规定之后，方可进行外业计算。

4.7.3 水准测量外业计算的项目：

- 1 外业高差的概略高程表的编算；
- 2 每千米水准测量偶然中误差的计算；
- 3 附和路线与环线闭合差的计算；
- 4 每千米水准测量全中误差的计算。

4.7.4 所用的高差宜进行以下改正：

- 1 水准标尺长度改正；
- 2 水准标尺温度改正；
- 3 正常水准面不平行的改正；
- 4 环线闭合差的改正。

4.7.5 每完成一条水准路线的测量，应进行往返测高差不符值及每千米水准测量的偶然中误差  $M_{\Delta}$  的计算，每千米水准测量偶然中误差  $M_{\Delta}$  按下式计算：

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\Delta\Delta / R / (4 \cdot n)} \quad (4.7.5)$$

式中：

$\Delta$ ——测段往返测高差不符值，单位为毫米（mm）；

R——测段长度，单位为千米（km）；

n——测段数。

4.7.6 每完成一条附和路线或闭合环线的测量，对观测高差施加各项改正后计算附和路线或环线的闭合差，并应符合 4.1.2 的规定，当构成水准网的附和段数、闭合环数超过 20 个时，还需按闭合差 W 计算每千米水准测量的全中误差  $M_w$ ，并应符合 4.1.2 的规定

每千米水准测量的全中误差  $M_w$  按下式计算：

$$M_w = \pm \sqrt{[WW/F]/N} \quad (4.7.6)$$

式中：

W——经过各项改正的水准环闭合差，单位为毫米（mm）；

F——水准环线周长，单位为千米（km）；

N——水准环线。

4.7.7 水准测量结束后应提交下列资料：

- 1 技术设计书；
- 2 高程成果表；
- 3 点之记；
- 4 水准路线图；
- 5 外业观测手簿及仪器鉴定证书；
- 6 外业高差各项改正数计算资料；
- 7 技术总结报告。

## 5 线路测量

### 5.1 一般规定

5.1.1 高速铁路工程**各级**线路平面控制测量应按第3章 CP0、CP I 和 CP II 控制测量的要求施测。

5.1.2 高速铁路工程线路高程控制测量应按二等水准测量精度要求施测。在勘测阶段，不具备二等水准测量条件时，可分两阶段实施，即：勘测阶段按四等水准测量要求施测。线下工程施工前，全线应按二等水准测量要求建立线路水准基点控制网。**测量技术要求应按第4章高程控制测量的相关规定执行。**

### 5.2 初测控制测量

5.2.1 初测平面控制测量宜在 CP I 控制网基础上进行测量。当初测阶段布设 CP I 平面控制网困难时，可沿线路每 8km 左右布设一对 GPS 点作为初测平面控制网，点对间距离以 500~800m 为宜，按四等 GPS 网技术要求施测。

5.2.2 专业勘测需要时，应布设初测导线。初测导线起闭于初测平面控制网，并符合下列规定：

1 初测导线点应钉设木质方桩，必要时可用水泥固桩。

2 初测导线可采用 GPS 或全站仪测量。采用 GPS 测量时，按五等 GPS 网技术要求施测；采用全站仪测量时，按二级导线测量要求施测，导线长度不应超过 10km。

5.2.3 初测高程控制测量按五等水准测量精度要求施测，可采用水准测量、光电测距三角高程测量和 GPS 高程测量，并符合下列规定：

1 采用水准测量、光电测距三角高程测量时，应符合本规范第4章的有关规定。

2 采用 GPS 高程测量时，拟合网段已知点间距不宜大于 50km，每个网段联测的已知水准点不宜少于 4 个，且应采用多种拟合方法进行检核比较，并取 1~2 个已知高程点为检核点。检核点高程较差不应大于 10cm。

### 5.3 地形测量

5.3.1 地形测量宜采用摄影测量方法成图，其技术指标和精度应符合铁道部现行《新建铁路摄影测量规范》的规定。当采用全站仪数字化测图法、GPS RTK 数字化测图法等方法测图时，应符合本节规定。

5.3.2 地形等级应按表 5.3.2 的规定划分。

表 5.3.2 地形等级表

地形等级	I（平坦地）	II（丘陵地）	III（山地）	IV（高山地）
地面坡度（°）	<3	3~10	10~25	25 以上
地面高差（m）	<25	25~150	150~350	350 以上

注：表内数据系指在一个测段内测图范围中的大部分地面坡度或高差而言，地面坡度与高差有矛盾时，一般以地面坡度为主。

5.3.3 地形图的基本等高距应符合表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 地形图的基本等高距

地形图比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
基本等高距（m）	0.5；1	1；2	1；2	2；5；10	5；10

注：同一测区的同一种比例尺地形图，宜采用同一种基本等高距。

5.3.4 地物点在图上的点位中误差不应大于表 5.3.4 的规定。

表 5.3.4 点位中误差表

地形图比例尺	点位中误差（mm）
1:500、1:1000	1.6
1:2000	I、II 级地形：1.0；III、IV 级地形：1.2；困难时：1.6
1:5000、1:10000	I、II 级地形：0.5；III、IV 级地形：0.8；困难时：1.2

5.3.5 高程注记点、等高线的高程中误差应不大于表 5.3.5 的规定。

表 5.3.5 高程注记点和等高线的高程中误差表

地形等级	I		II		III		IV	
误差类别 比例尺	高程注记点(m)	等高线(m)	高程注记点(m)	等高线(m)	高程注记点(m)	等高线(m)	高程注记点(m)	等高线(m)
1:500	0.20	0.25	0.40	0.50	0.60	0.75	0.80	1.00
1:1000	0.40	0.50	0.60	0.75	0.80	1.00	1.20	1.50

1:2000	0.60	0.75	0.96	1.20	1.60	2.00	2.00	2.50
1:5000	0.90	1.00	1.20	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1:10000	1.20	1.50	2.00	2.50	3.2	4.00	4.80	6.00

注：隐蔽和困难地区，可按上表规定放宽到 1.5 倍。

5.3.6 地形图图例符号应执行中华人民共和国国家标准《国家基本比例尺地形图图式》和铁道部现行《铁路工程制图图形符号标准》的规定。

5.3.7 地形点的分布及密度，应能反映地形、地貌的真实情况，满足正确插入等高线的需要。1:2000、1:5000、1:10000 地形图高程点的注记至 0.1m；1:500、1:1000 地形图高程点的注记至 0.01m。

5.3.8 图根点可用导线法、支导线法和 GPS RTK 法测设，起闭于初测导线点或 GPS 点。图根点相对于邻近控制点，平面点位中误差不大于图上 0.1mm，高程中误差不大于 1/10 基本等高距。

5.3.9 在测站上作业前，应核对后视点的距离和高程，并应重测前站所测的明显地物点或数个测点进行检查。观测时间较久及移站前均应检查后视方向。

5.3.10 全站仪数字化测图应符合下列规定：

- 1 仪器对中误差不得大于 5mm。仪器高和棱镜高应量至 0.01m。
- 2 数据采集开始前和结束后，应对后视点的距离和高程进行检核，距离较差应不大于图上 0.1mm，高程较差应不大于 1/6 基本等高距。检测结果超限时，本站已测的碎部点必须重测。
- 3 距离观测应符合表 5.3.10 的规定。

表 5.3.10 全站仪测图最大观测距离 (m)

测图比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
观测距离	240	360	600	900	1200

4 数据采集编码宜采用“地形码+信息码”的形式，必要时现场绘制草图，标明点的连接关系。

5.3.11 GPS RTK 数字化测图应符合下列规定：

- 1 求解转换参数的高等级控制点应均匀分布于周围，且数量不少于 4 个。
- 2 数据采集开始前，宜检测 1 个以上不低于图根点精度的已知点。平面较差应不大于图上 0.2mm，高程较差应不大于 1/5 基本等高距。
- 3 根据测图比例尺的精度要求在 GPS 控制器上设置精度指标，当测点的精度满足精度指标时存储测量点成果。

4 在测量记录各个点时，应输入测量点的属性（点号、代码），必要时现场绘制草图，标明点的连接关系。

5.3.12 地形测绘的内容应符合下列规定：

- 1 三角点、GPS 点、导线点和水准点应测出其位置并注明编号及高程。
- 2 各类建筑物应分别测绘。当距离线路较远，定线不可能穿过密集建筑物时，可绘出总外廓，只表示主要街区和通道。
- 3 省、县、乡等行政区划界线。
- 4 树林、竹园、果园、菜园、稻田、旱地、荒地、苗圃等各种植被及其他地类界。
- 5 铁路、公路、大车路、小路并注明去向，铁路、公路并应注明公里标的位置及里程。
- 6 各种电力线、通信线、管线、电缆及各种栅栏、地下管线、检修井等。
- 7 池塘、沟渠、河流（注明河名、流向及通航情况）、泉、井、水库、沼泽、桥梁、虹吸管、提灌设备等。
- 8 明显的不良地质分界线和坟地范围。
- 9 村镇名称、地名、道路、主要单位及国家规定的文物保护单位、自然保护区。
- 10 其他各种地貌、地物，当不能按实际情况测绘时，均按规定图例描绘。



11 使用航测地形图时，应按上述内容进行现场核对、修正，必要时应进行现场补测。

5.3.13 地形图平面和高程精度的检查和质量评定应符合下列规定：

1 地物点在图上的点位中误差应符合表 5.3.4 的规定。

2 检查时点位中误差应按 (5.3.13-1)、(5.3.13-2) 式计算：

(1) 当用高精度方法检查时：

$$m_s = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta_s^2}{n}} \quad (5.3.13-1)$$

(2) 当用同等精度方法检查时：

$$m_s = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta_{1s}^2}{2n}} \quad (5.3.13-2)$$

式中  $m_s$ —检测时点位中误差 (mm)；

$\Delta_h$ —高精度检查点位与图上同名点位较差 (mm)；

$\Delta_{1h}$ —同精度检查点位与图上同名点位较差 (mm)；

$n$ —同一地面横坡的检查点数。

3 等高线高程中误差应符合表 5.3.5 的规定。检查时高程中误差应按 (5.3.13-3)、(5.3.13-4) 式计算：

(1) 当用高精度方法检查时

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta_h^2}{n}} \quad (5.3.13-3)$$

(2) 当用同等精度方法检查时

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta_{1h}^2}{2n}} \quad (5.3.13-4)$$

式中  $m_h$ —检测时高程中误差 (m)；

$\Delta_h$ —高精度检查点的高程与图上内插高程之差 (m)；

$\Delta_{1h}$ —同精度检查点的高程与图上内插高程之差 (m)；

$n$ —同一地图横坡的检查点数。

## 5.4 线路中线测量

5.4.1 线路中线测量应在 CPI 或 CPII 平面控制网和线路水准基点或四等高程控制网基础上进行。当控制点密度不能满足中线测量需要时，平面应按五等 GPS 或一级导线加密，导线长度不应超过 5km；高程按五等水准测量精度要求加密。

5.4.2 线路中线测量应符合下列规定：

- 1 线路中线桩可采用极坐标法、GPS RTK 法测设。
- 2 新建铁路应注明与既有铁路接轨站的里程关系。
- 3 中线上应钉设公里桩和加桩。直线上中桩间距不宜大于 50m，曲线上中桩间距不宜大于 20m，如地形平坦时中桩间距可为 40m。在地形变化处或设计需要时，应设加桩。
- 4 断链宜设在百米标处，困难时可设在整 10m 桩上。不应设在车站、桥梁、隧道和曲线范围内。
- 5 隧道顶应根据专业调查的需要进行加桩。
- 6 新建双线铁路在左右线并行时，应以左线钉设桩橛，并标注贯通里程。在绕行地段，两线应分别钉桩，并分别标注左右线里程。
- 7 中桩桩位限差为：  
纵向  $S/2000 + 0.1$ （ $S$  为转点至桩位的距离，以 m 计）；  
横向 10cm。
- 8 中桩高程可采用光电测距三角高程测量、水准测量或 GPS RTK 测量。中桩高程宜观测两次，两次测量成果的差值不应大于 0.1m。

#### 5.4.3 GPS RTK 中线测量应符合下列要求：

- 1 参考站应设于平面控制点上。
- 2 求解基准转换参数时，公共点平面残差应控制在 1.5cm 以内，高程残差应控制在 3cm 以内。
- 3 放线作业前，几台流动站都应对已知点进行测量并存储，平面互差应小于 2cm，高程互差应小于 4cm。
- 4 重新设置参考站后，应对最后两个中线桩进行复测并记录，平面互差应小于 2.5cm，高程互差应小于 5cm。
- 5 测设中桩时应控制在 5cm 以内。
- 6 中线测量完成后，应输出下列成果：
  - (1) 中桩点的三维坐标；
  - (2) 中桩点的平面高程精度；
  - (3) 中桩点放样的横向偏差和纵向偏差。

### 5.5 路基测量

5.5.1 路基定测横断面测量、地基加固工程施工放样、桩板结构路基施工放样按本节规定执行。凡未包括的内容，均按现行《新建铁路工程测量规范》(TB10101) 执行。

#### 5.5.2 路基定测横断面测量应符合下列规定：

- 1 路基横断面施测宽度和密度，应根据地形、地质情况和设计需要确定。
- 2 路基定测横断面间距一般不大于 20m，不同线下基础之间过渡段范围应加密为 5~10m。在曲线控制桩、百米桩和线路纵、横向地形明显变化以及大中桥头、隧道洞口、路基支挡及承载结构物起讫点等处应测设横断面。

#### 3 横断面测量可采用水准仪、经纬仪、全站仪测量，测量限差应满足下列要求：

$$\text{高差} \quad \pm (L/1000 + h/100 + 0.2) \text{ m}; \quad (5.5.2-1)$$

$$\text{距离} \quad \pm (L/100 + 0.1) \text{ m}。 \quad (5.5.2-2)$$

式中  $h$ —检测点至线路中桩的高差 (m)；

$L$ —检测点至线路中桩的水平距离 (m)。

#### 5.5.3 采用航测法测量横断面，应执行铁道部现行《新建铁路摄影测量规范》的规定，并进行现场

核对。对隐蔽地区进行补测修正。断面点高差限差为 $\pm 0.35\text{m}$ ，距离限差为 $\pm 0.3\text{m}$ 。

#### 5.5.4 路基施工测量工作开展前应收集下列资料：

- 1 线路平面图；
- 2 路基工程平面、纵断面、横断面设计图及设计说明；
- 3 CP I 控制点、CP II 控制点、中线控制桩和水准点测量成果。

#### 5.5.5 路基加固工程施工放样应符合下列规定：

- 1 路基加固范围施工放样可在恢复中线的基础上采用横断面法、极坐标法或 GPS RTK 法施测。
- 2 路基加固工程中各类基础的桩位，应根据设计要求在已测设的地基加固范围内布置，一般采用横断面法测设，相邻桩位距离限差不大于  $5\text{cm}$ 。

#### 5.5.6 桩-板结构路基施工放样应符合下列规定：

- 1 桩-板结构路基施工放样精度应符合下列规定：
  - (1) 桩位及承载板平面控制点的线路纵、横向中误差不大于  $10\text{mm}$ ；
  - (2) 桩顶及承载板高程控制点的高程中误差不大于  $2.5\text{mm}$ 。
- 2 桩-板结构路基平面控制测量可采用 GPS 测量、导线测量，并应符合第 3.4 节的规定。
- 3 桩-板结构路基高程控制测量采用水准测量，并应符合第 4.3 节的规定。

## 5.6 专项调查测量

5.6.1 施工需要拆迁的建筑物，应进行实地调绘，并列表填写建筑物类别、数量及所属单位等。建筑物的面积可用皮尺丈量。

5.6.2 对线路两侧工程影响范围内的给水、排水、燃气、电力、通信等管线应进行详细调查并实测其平面位置、埋深或净空。调查内容应包括：管线类型、性质、走向、用途、材料、直径及附属设施、产权单位等。

#### 5.6.3 交叉及跨线建筑物调查测量要求如下：

- 1 与公路交叉应调查公路名称、等级、技术标准、路面结构类型、交叉处里程、排水和防护工程情况等，测量交叉角度、交叉点高程、纵坡坡度、路基宽度、路面宽度及厚度。
- 2 与管线交叉应调查管线的种类、技术标准、型号、规格、用途、编号、敷设时间、权属等内容，测量交叉位置、交叉角度、交叉点悬高或埋深、杆塔高度及受影响的长度等。
- 3 大型、复杂的交叉应根据需要测绘  $1:500\sim 1:2000$  比例尺地形图。

5.6.4 设置立体交叉及改移工程应在实地确定起讫桩号，测设改移工程轴线桩，并进行纵、横断面测量。改移工程的轴线应与线路控制网联测。改移的河道、主干沟渠及公路，应测绘  $1:500\sim 1:2000$  地形图，测绘范围应满足设计要求。

5.6.5 施工取土坑、弃土堆、施工便道和附属工程所占用的农田，应进行实地调查测绘，并应标记农田的类别（水田、旱地、果园、菜地等）及所属的乡或村分界线。

#### 5.6.6 对工程沿线的环境保护进行调查测量应包括以下内容：

- 1 调查测量沿线国家生态保护区、野生动物保护区、风景名胜区的现状及有关规划情况及其范围。
- 2 调查测量沿线水资源保护区和湿地的情况及其范围。
- 3 调查测量沿线声源敏感点，如学校、医院、居民小区的有关资料。

4 调查测量沿线文物的保护情况及其范围。

5.6.7 专业调查测量精度根据专业设计要求确定。测量资料应绘制于线路平面图及纵、横断面图上。

## 5.7 控制网交桩及复测

5.7.1 施工前，建设单位应组织设计单位向施工单位移交测量成果资料和现场桩橛，并履行交接手续，监理单位应按有关规定参加交接工作。

1 交接的主要测量成果资料如下：

- (1) CP0、CP I、CP II 控制点成果及点之记。
- (2) CP I、CP II 测量平差计算资料。
- (3) 线路水准基点成果及点之记。
- (4) 水准测量平差计算资料。
- (5) 测量技术报告（含平面、高程控制网联测示意图）。

2 需交接的桩橛如下：

- (1) CP0、CP I、CP II 控制桩。
- (2) 线路水准基点桩。

5.7.2 施工单位接桩后，应对 CP I、CP II 控制点和线路水准基点进行复测，并遵循以下原则：

- 1 编写复测技术方案。
- 2 复测采用的方法、使用的仪器和精度应符合相应等级的规定。
- 3 复测前应检查标石的完好性，对丢失和破损较严重的标石应按原测标准用同精度扩展方法恢复或增补。

4 复测较差符合规定要求时，采用原测成果。当较差超限或需增补新点时，应在提交的复测成果中说明。

5.7.3 CP I、CP II 控制点、线路水准基点施工复测的精度和要求应符合第 3.1.3 条、3.4 节、3.5 节和 4.4 节的规定。当复测结果与设计单位提供的成果较差超限时，应进行二次复测，查明原因。当确认设计单位成果资料有误或精度不符合规定要求时，应与设计单位协商，对成果资料进行改正；复测成果与设计单位测量成果的不符值在下列规定范围内时，应采用设计单位测量成果。

1 采用 GPS 复测 CP I、CP II 控制点，复测与原测成果坐标较差应满足表 3.2.5 的要求。同时应利用复测与原测相邻点间约束平差后三维或二维坐标差之差的相对精度按（5.7.3-1）～（5.7.3-4）式计算，较差应符合表 5.7.3-1 的规定。

$$\Delta X_{ij} = (X_j - X_i)_{\text{复}} - (X_j - X_i)_{\text{原}} \quad (5.7.3-1)$$

$$\Delta Y_{ij} = (Y_j - Y_i)_{\text{复}} - (Y_j - Y_i)_{\text{原}} \quad (5.7.3-2)$$

$$\Delta Z_{ij} = (Z_j - Z_i)_{\text{复}} - (Z_j - Z_i)_{\text{原}} \quad (5.7.3-3)$$

$$\frac{d_s}{s} = \frac{\sqrt{(\Delta X_{ij}^2 + \Delta Y_{ij}^2 + \Delta Z_{ij}^2)}}{s} \quad (5.7.3-4)$$

式中  $\frac{d_s}{s}$  — 相邻点间坐标差之差的相对精度；

s---相邻点间的二维平面距离或三维空间距离；

$\Delta X_{ij}$ ， $\Delta Y_{ij}$ — 相邻点 i 与 j 间二维坐标差之差（m）；

$\Delta Z_{ij}$ — 相邻点 i 与 j 间 Z 方向坐标差之差，当只统计二维坐标差之差的相对精度时该值为零（m）。

表 5.7.3-1 GPS 复测相邻点间坐标差之差的相对精度限差

控制网等级	相邻点间坐标差之差的相对精度限差
CP I	1/130 000
CP II	1/80 000

2 采用导线复测 CP II 控制点，满足相应等级规定后，应进行水平角、边长和平面点位较差的分析比较，较差应符合表 5.7.3-2 的规定。

表 5.7.3-2 导线复测较差的限差

控制网	等级	附和长度 (km)	水平角较差限 差 (")	边长较差限差 (mm)	平面点位较差限差 (mm)
CP II	三等	$\leq 4$	3.6	$2\sqrt{2} m_D$	15

注：  $m_D$  为仪器标称精度；

3 水准点间的复测高差与原测高差之较差应符合本规范表 4.2.1 的规定。

5.7.4 为了确保平面高程控制网的稳定性和准确性，高速铁路工程建设期间，应加强 CP I、CP II 及线路水准基点控制网复测维护工作。施工控制网复测维护分为定期复测维护和日常复测维护，定期复测由勘察设计单位负责实施，日常复测维护由施工单位负责实施。

5.7.5 定期复测维护是对高速铁路平面高程控制网系统全面的复测，复测内容包括全线 CP0、CP I、CP II 及线路水准基点复测，并对高速铁路平面高程控制网的稳定性进行评估。复测频次要求如下：

- (1) 建设或勘察设计单位交桩给施工单位时，CP I、CP II 和高程网应复测一次。
- (2) CP III 建立时，CP I、CP II 和高程网应复测一次。
- (3) 特殊地区、地面沉降地区或施工期间出现异常的地段，适当增加复测次数。

5.7.6 日常复测维护内容包括本施工标段范围内 CP I、CP II 及线路水准基点及施工加密控制点复测，检查施工控制点间的相对位置是否发生位移，点位的相对精度是否满足 5.7.3 条所规定的要求，如果发现超限应查明原因，并通知勘测设计单位修改控制点的坐标成果。日常复测维护周期一般每半年应复测一次。

5.7.7 复测完成后，应进行复测成果分析，编写复测报告。复测报告应包括以下内容：

- 1 任务依据、技术标准。
- 2 测量日期、作业方法、人员设备情况。
- 3 复测控制点的现状及数量，复测外业作业过程及内业数据处理方法。
- 4 复测控制网测量精度统计分析：
  - (1) 独立环闭合差及重复基线较差统计；
  - (2) GPS 网自由平差和约束平差后最弱边方位角中误差和边长相对中误差统计；
  - (3) 导线方位角闭合差、全长相对闭合差，测角中误差统计；
  - (4) 水准测量测段间往返测较差、附和水准路线高差闭合差、水准路线每千米高差偶然中误差统计。

5 复测成果与原测成果的对比分析：

- (1) 平面控制网坐标成果与原测成果的比较。

- (2) GPS 网复测与原测相邻点间坐标差之差的相对精度的比较。
- (3) 导线复测与原测水平角、边长的比较。
- (4) 相邻水准点复测与原测高差成果的比较。

6 需说明的问题及复测结论。

## 5.8 施工控制网加密测量

5.8.1 施工控制网加密可根据情况采用同精度扩展或逐级发展的方法进行加密。施工控制网加密前，应根据现场情况制定施工控制网加密测量技术设计书。

5.8.2 加密施工平面控制网可采用导线或 GPS 测量方法测量，加密施工控制网必须就近附合到 CP II 或 CP I 控制点，采用固定数据约束平差。

5.8.3 施工加密控制点应布设在坚固稳定、便于施工放线且不易破坏的范围内，并按附录 A 的规定埋石。

5.8.4 采用导线加密时，导线边长以 200~400m 为宜，应按本规范 3.1.5 条四等导线的精度要求施测，导线应附合到附近的 CPII 或 CPI 控制点上。

5.8.5 采用 GPS 测量方法加密时，按本规范 3.1.4 条按四等 GPS 精度要求施测，GPS 基线边不宜短于 300m，应以加密点周边的 CP II 或 CPI 作为约束点进行平差计算。

5.8.6 加密高程控制点应按二等水准测量精度要求进行施测，起闭于线路水准基点。

5.8.7 施工控制网加密完成后，应提交下列成果资料

- 1 测量技术设计书；
- 2 测量成果；
- 3 外业测量观测数据资料；
- 4 平差计算资料；
- 5 加密测量技术报告。

## 5.9 线路竣工测量

5.9.1 在线下工程竣工后，轨道铺设前应进行中线测量、高程测量和横断面测量。

5.9.2 线路竣工测量应符合下列规定：

1 线路竣工测量前，应按第 4.4 节的要求完成全线（段）二等水准贯通测量。

2 线路中线竣工测量的加桩设置，应满足编制竣工文件的需要。中线上应钉设公里桩和加桩，并宜钉设百米桩。直线上中桩间距不宜大于 50m；曲线上中桩间距宜为 20m。在曲线起终点、变坡

点、竖曲线起终点、立交道中心、桥涵中心、大中桥台前及台尾、每跨梁的端部、隧道进出口、隧道内断面变化处、车站中心、道岔中心、支挡工程的起终点和中间变化点等处均应设置加桩。

3 线路中线加桩应利用 CP II 控制点或施工加密控制点测设,中线桩位限差应满足纵向  $S/20000+0.01$  (S 为转点至桩位的距离,以 m 计)、横向  $\pm 10\text{mm}$  的要求。

4 线路中线加桩高程应利用线路水准基点测量,中桩高程限差为  $\pm 10\text{mm}$ 。

5 利用贯通后的线路中线,测量路基、桥梁和隧道是否满足限界要求。

5.9.3 路基横断面测量应符合下列规定:

1 横断面间距直线地段一般为 50m,曲线地段一般为 20m;

2 横断面竣工测量应在恢复中线后采用全站仪或水准仪进行测量。路基横断面测点应包括线路中心线及各股道中心线、路基面高程变化点、线间沟、路肩等。路基面范围各测点高程测量中误差为  $\pm 10\text{mm}$ ;

3 路基面竣工测量成果应作为工序交接和无碴轨道混凝土支承层施工和变更的依据。

## 6 隧道测量

### 6.1 一般规定

6.1.1 隧道平面控制测量应结合隧道长度、平面形状、辅助坑道位置以及线路通过地区的地形和环境条件等，采用 GPS 测量、导线测量、三角形网测量及其综合测量方法。高程控制测量可采用水准测量、光电测距三角高程测量。

6.1.2 平面控制网坐标系宜采用以隧道平均高程面为基准面，以隧道长直线或曲线隧道切线（或公切线）为坐标轴的施工独立坐标系，坐标轴的选取应方便施工使用。高程系统应与线路高程系统相同。

6.1.3 隧道洞外控制测量应在隧道开挖前完成。

6.1.4 隧道两相向开挖洞口施工中线在贯通面上的横向和高程贯通误差应符合表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 隧道贯通误差规定

项 目	横向贯通误差							高程贯通误差
	L<4	4≤L<7	7≤L<10	10≤L<13	13≤L<16	16≤L<19	19≤L<20	
相向开挖隧道长度（km）	L<4	4≤L<7	7≤L<10	10≤L<13	13≤L<16	16≤L<19	19≤L<20	
洞外贯通中误差（mm）	30	40	45	55	65	75	80	18
洞内贯通中误差（mm）	40	50	65	80	105	135	160	17
洞内外综合贯通中误差（mm）	50	65	80	100	125	160	180	25
贯通限差（mm）	100	130	160	200	250	320	360	50

注：1 本表不适用于利用竖井贯通的隧道。

2 相向开挖长度大于 20km 的隧道应作特殊设计。

6.1.5 隧道长度大于 1500m 时，应根据横向贯通误差进行平面控制网设计，估算洞外控制测量产生的横向贯通误差影响值，并进行洞内测量设计。水准路线长度大于 5000m 时，应根据高程贯通中误差进行高程控制网设计。

6.1.6 洞外控制网与线路控制网的联结应符合下列规定：

1 当线路控制网（CPI、CPII）精度满足隧道控制测量要求时，应在线路控制网基础上扩展加密，建立隧道控制网。

2 当线路控制网精度不能满足隧道控制测量要求时，应建立隧道独立控制网，并与两端线路控制网联测，处理好与隧道两端线路控制网的衔接。

3 洞外高程控制测量应从隧道一端的线路水准基点联测至另一端的线路水准基点。

6.1.7 当隧道洞口两端的线路控制网（CPI、CPII）不在一个投影带内时，应建立独立的隧道施工控制网。

### 6.2 初 测

6.2.1 初测阶段重点隧道应在进出口两端各布设必要的平面和高程控制点，并纳入线路控制网。

6.2.2 重点隧道测量应满足下列要求：

1 应以中线测量的精度，实地测设洞口附近的线路中线，测绘洞口附近线路纵断面。



2 根据专业设计的需要测绘洞口横断面，测量精度应满足本规范 5.5.2 条第 3 款横断面测量的规定。

3 洞口 1:500 地形测量以及相关改建工程（沟、公路、道路）和其它工程如弃碴、排污处理等的地形图测绘工作，可采用航测、全站仪数字化测图及 GPS RTK 测图等方法测绘。测绘内容、测量精度应满足本规范 5.3 节地形测量的规定。

6.3 定 测

6.3.1 根据线路设计方案，在线路中线测设的同时，应实地测设洞口（包括进、出口，辅助导坑洞口）附近线路中线，中线加桩应根据地形情况适当加密。测设精度按本规范 5.× 中线测量的要求执行应与中线测量相同。

6.3.2 按照隧道专业设计需要测绘洞口附近的横断面，其密度和宽度应满足专业要求，测量精度应满足本规范 5.5.2 条第 3 款横断面测量的规定。

6.3.3 对利用初测阶段的 1:500 洞口地形图应进行现场核对和必要的修测和补测，对没有地形图的隧道进出口、辅助坑道口及运营通风道口等应测绘 1:500 洞口地形图。地形测绘的精度应满足本规范 5.3 节地形测量的规定。

6.4 洞外控制测量

6.4.1 洞外控制测量应根据本规范表 6.1.4 规定的隧道的洞外控制测量贯通误差进行洞外控制网设计。洞外控制网设计应符合下列要求：

- 1 平面控制网应根据洞外允许横向贯通中误差，结合实际布网条件进行贯通误差估算。
- 2 高程控制网应根据勘选的地表高程路线长度和洞内贯通长度，按高程贯通误差估算公式分别估算洞外、洞内高程贯通误差，确定洞外高程控制测量精度。

6.4.2 隧道洞外控制测量技术要求应满足表 6.4.2-1 和表 6.4.2-2 的规定。

表 6.4.2-1 平面控制测量技术要求

测量方法	测量等级	适用长度 (km)	洞口联系边方 向中误差 (″)	测角中误 差 (″)	边长相对中误差
GPS 测量	一	7~20	1.0		1/250000
	二	4~7	1.3		1/180000
	三	<4	1.7		1/100000
导线 测量	二	7~20		1.0	1/250000
	三	4~7		1.8	1/150000
	四	<4		2.5	1/80000
三角形网 测量	二	7~20		1.0	1/250000
	三	4~7		1.8	1/150000
	四	<4		2.5	1/100000

注：采用 GPS 观测，基线长度短于 500m 时，一、二、三等边长中误差应小于 5mm，四等边长中误差应小于 7.5mm。

表 6.4.2-2 高程控制测量技术要求

测量等级	两开挖洞口间高程路线长度 (km)	每千米高程测量偶然中误差 (mm)
二	>36	≤1.0
三	13~36	≤3.0
四	<13	≤5.0

6.4.3 GPS 控制测量误差引起的隧道横向贯通中误差可按下列方法估算：

1 控制测量前，应按（6.4.3-1）式估算测量设计时的验前横向贯通中误差。

$$M^2 = m_J^2 + m_C^2 + \left( \frac{L_J \cos \theta \times m_{\alpha_J}}{\rho} \right)^2 + \left( \frac{L_C \cos \phi \times m_{\alpha_C}}{\rho} \right)^2 \quad (6.4.3-1)$$

式中  $m_J$ 、 $m_C$ —进、出口 GPS 控制点的 Y 坐标误差；

$L_J$ 、 $L_C$ —进、出口 GPS 控制点至贯通点的长度；

$m_{\alpha_J}$ 、 $m_{\alpha_C}$ —进、出口 GPS 联系边的方位中误差；

$\theta$ 、 $\phi$ —进、出口控制点至贯通点连线与贯通点线路切线的夹角。

2 控制测量后，应按（6.4.3-2）式估算控制测量的验后横向贯通中误差。验后贯通误差应满足本规范表 6.1.4 的规定。

$$M^2 = \sigma_{\Delta x}^2 \cos^2 \alpha_F + \sigma_{\Delta y}^2 \sin^2 \alpha_F + \sigma_{\Delta x \Delta y} \sin 2\alpha_F \quad (6.4.3-2)$$

式中  $\sigma_{\Delta x}$ 、 $\sigma_{\Delta y}$ 、 $\sigma_{\Delta x \Delta y}$ —由进、出口推算至贯通点的 x、y 坐标差的方差和协方差；

$\alpha_F$ —贯通面方位角。

6.4.4 导线网、三角形网误差引起的横向贯通中误差可按下列方法估算：

1 控制测量前，应按（6.4.4-1）式估算测量设计时的验前横向贯通中误差。

$$M = \sqrt{m_{y\beta}^2 + m_{yl}^2} \quad (6.4.4-1)$$

$m_{y\beta}$  按（6.4.4-2）式计算：

$$m_{y\beta} = \frac{m_\beta}{\rho''} \sqrt{\sum R_x^2} \quad (6.4.4-2)$$

$m_{yl}$  按（6.4.4-3）式计算：

$$m_{yl} = \frac{m_l}{l} \sqrt{\sum d_y^2} \quad (6.4.4-3)$$

式中  $m_{y\beta}$ —测角误差影响在贯通面上的横向中误差 (mm)。

$m_{yl}$ —测边误差影响在贯通面上的横向中误差 (mm)。

$m_\beta$ —控制网设计的测角中误差 (")。

$R_x$ —控制网各点至贯通面的垂直距离 (m)。

$m_l/l$ —控制网设计的边长相对中误差。

$d_y$ —控制网各边在贯通面上的投影长度 (m)。

2 控制测量后，应按（6.4.4-1）式估算控制测量的验后横向贯通中误差。验后横向贯通误差应满足本规范表 6.1.4 的规定。

6.4.5 采用三角形网进行条件平差时,控制测量误差引起的验后横向贯通中误差可按(6.4.5-1)式计算:

$$M = \sqrt{M_r^2 + M_b^2} \quad (6.4.5-1)$$

式中  $M_r$ —由于方向测量误差影响产生在贯通面上的横向中误差 (mm);  
 $M_b$ —由于起始边测量误差影响产生在贯通面上的横向中误差 (mm)。

1  $M_r$ 应按下列式计算:

$$M_r = \frac{m_r}{\rho''} \sqrt{\frac{1}{P_\phi}} \quad (6.4.5-2)$$

式中  $m_r$ —方向观测中误差 (″),可在平差计算成果中摘取;

$\rho$ —206265 (″);

$1/P_\phi$ —平差后求得的方向测量误差对横向贯通误差影响的权倒数。

2  $M_b$ 应根据控制网起始边布设方式按(6.4.5-3)、(6.4.5-4)式计算。

(1) 当控制网布设一条起始边时:

$$M_b = (y_c - y_j) \frac{m_b}{b} \quad (6.4.5-3)$$

式中  $y_c$ 、 $y_j$ —三角锁出口、进口控制点 C 和 J 的横坐标 (m);

$m_b/b$ —起始边边长相对中误差。

(2) 当控制网布设两条起始边时:

$$M_b = \sqrt{F_{b1}^2 m_{b1}^2 + F_{b2}^2 m_{b2}^2} \quad (6.4.5-4)$$

式中  $m_{b1}$ 、 $m_{b2}$ —起始边边长中误差 (mm);

$F_{b1}$ 、 $F_{b2}$ —起始边边长误差对贯通精度的影响系数,可从条件平差表格中直接摘取。

6.4.6 洞外、洞内高程控制测量误差产生的高程贯通中误差应按(6.4.6)式计算:

$$M_{\Delta h} = m_{\Delta} \sqrt{L} \quad (6.4.6)$$

式中  $m_{\Delta}$ —每千米水准测量偶然中误差 (mm);

$L$ —洞外或洞内高程路线长度 (km)。

6.4.7 洞外控制网的布设应符合下列规定:

- 1 洞外平面控制网应沿两洞口连线方向布设成多边形组合图形,构成闭合检核条件。
- 2 控制点应布设在视野开阔、通视良好、土质坚实、不易破坏的地方。
- 3 视线应超越和旁离障碍物 1m 以上,通过水田、沙滩时,应适当增加视线高度。
- 4 隧道进、出口的中线控制桩或 CPI、CPII 应纳入隧道控制网。

6.4.8 洞口控制点布设应符合下列要求:

- 1 每个洞口平面控制点布设应不少于 3 个,水准点不少于 2 个。
- 2 用于向洞内传递方向的洞外联系边不宜小于 500m。
- 3 洞口平面控制点应便于向洞内引测导线。
- 4 GPS 控制网进洞联系边最大俯仰角不宜大于  $5^\circ$ ,导线网、三角形网的不宜大于  $15^\circ$ 。
- 5 洞口 GPS 控制点应方便用常规测量方法检测、加密、恢复和向洞内引测。洞口子网各控制点间应尽量通视。

6 洞口附近的水准点应尽可能与隧道洞口等高,两水准点间高差以水准测量 1~2 站即可联测为宜。

6.4.9 利用原控制点增设新点时,应对原控制点进行检测,检测精度不应低于原测精度,检测与

原测较差应符合下列规定：

- 1 平面控制点角度、边长检测较差的限差应按下列式计算：

$$f_{\text{限}}=2\sqrt{m_1^2+m_2^2} \quad (6.4.9)$$

式中  $m_1$ 、 $m_2$ —分别为原测、检测的测边或测角中误差。

- 2 利用原水准点增设新点时，应检测相邻测段高差或相邻水准点间的高差。测段高差的检测限差应符合本规范表 4.1.2 的规定。

3 当检测与原测成果较差满足限差要求时，采用原测成果；不满足限差要求时，应分析超限原因。确因点位位移，应逐级检测至稳定控制点。

6.4.10 洞外 GPS 平面控制网的测量应符合下列规定：

- 1 GPS 控制网应由洞口子网和子网之间的联系主网组成。洞口子网一般应布设成大地四边形，联系边应为直接观测边，联系网宜在不同时段进行观测。当洞口子网采用 GPS 测量困难时，可测量一条 GPS 定向边，洞口子网的其他控制点可采用全站仪测量。

- 2 布网时应将选定的施工独立坐标系坐标原点和 X 轴方向点直接边纳入 GPS 控制网。

6.4.11 洞外导线控制网测量应符合下列要求：

- 1 导线网应布设成多边形闭合环，每个导线环由 4~6 条边构成。

- 2 导线边长应根据隧道长度和辅助导坑的数量及分布情况，结合地形条件和仪器测程确定，宜采用长边。

3 控制网观测应选择在成像清晰稳定的时间内进行。在地形和地面条件复杂、旁折光影响较大的地方，应选择最有利的观测时间观测。导线观测的各项技术要求应满足本规范第 3.1.5 条的规定。

6.4.12 三角形网测量应符合下列要求：

- 1 三角形网应布设成线形三角锁或大地四边形，宜采用边角网进行观测。

- 2 控制网观测的各项技术要求应满足本规范第 3.1.6 条的规定。

6.4.13 洞外高程控制测量应根据本规范表 6.4.2-2 确定的精度等级，按本规范第 4 章的规定执行，各等级水准测量的限差应符合本规范表 4.1.2 规定。山区水准测量平均每千米单程测站大于 25 站时，测段往返测高差不符值应符合表 6.4.13 的规定。

表 6.4.13 往返测高差不符值的限差（mm）

水准测量等级	测段往返测高差不符值限差
二	$0.8\sqrt{n}$
三	$2.4\sqrt{n}$
四	$4.0\sqrt{n}$
五	$6.0\sqrt{n}$

注：表中  $n$  为两水准点间单程测站数。

6.4.14 洞外控制测量完成后，应按 6.4.3~6.4.6 的规定估算洞外控制测量引起的贯通误差，其估算值应满足表 6.1.4 的规定。

6.5 洞内控制测量

6.5.1 洞内平面控制测量应采用导线控制测量方法进行。洞内控制导线应从测量设计确定的洞外联系边引入，洞内洞外平面控制网宜以边连接。

6.5.2 洞内导线测量精度应符合表 6.5.2 规定：

表 6.5.2 洞内导线测量精度要求

测量等级	适用长度 (km)	测角中误差 (″)	边长相对中误差
二	9~20	1.0	1/100000
隧道 2 等	6~9	1.3	1/100000
三	3~5	1.8	1/50000
四	1.5~4	2.5	1/50000
一级	<1.5	4.0	1/20000

6.5.3 洞内导线的布设应符合下列要求：

- 1 导线边长应根据测量设计确定。
- 2 导线点应布设在施工干扰小、稳固可靠、便于设站的地方，点间视线应旁离洞内设施 0.2m 以上。
- 3 洞内导线应布设成多边形闭合环，每个环由 4~6 条边构成。长隧道宜布设成交叉双导线形式，以增加网的内部检核条件、提高网的可靠性。

6.5.4 导线测量前，应对原控制点进行检测，检测较差应符合下列规定：

- 1 平面控制点角度、边长检测较差的限差应按下列式计算：

$$f_{\text{限}} = 2\sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad (6.5.3)$$

式中  $m_1$ 、 $m_2$ —分别为原测、检测的测边或测角中误差。

当检测与原测成果较差满足限差要求时，采用原测成果；不满足限差要求时，应分析超限原因。确因点位位移，应逐级检测至稳定控制点。

6.5.5 洞内导线测量的精度应不低于测量设计时确定的精度等级，并应有安全可靠的防爆措施，必要时应采用防爆仪器观测。

6.5.6 导线水平角观测除按本规范表 3.1.5-1、表 3.1.5-3 的规定执行外，还应符合下列要求：

- 1 洞口站测角工作宜在夜晚或阴天进行。
  - 2 洞内测量前应先先将仪器开箱放置 20 分钟左右，让仪器与洞内温度基本一致。
  - 3 目标应有足够的明亮度，受光均匀柔和、目标清晰，避免光线从旁侧照射目标。
  - 4 完成规定测回数一半后，仪器和反射镜均应转动 180° 重新对中整平，再观测剩余测回数。
- 6.5.7 导线边长测量除应满足本规范表 3.1.5-1、表 3.1.5-4、表 3.1.5-5 要求外，还应满足下列要求：

- 1 测量前应进行充分通风、避免尘雾。
- 2 反射镜应有适度照明。
- 3 仪器和反射镜面应无水雾。

6.5.8 洞内导线应随施工进度分期布设，建立新一期导线前，应按第 6.5.3 条检测原有控制点。

6.5.9 单口掘进 5km 和 10km 左右时，可加测方位精度不低于 5″ 的陀螺定向边，以检核洞内导线。

6.5.10 洞内导线平差计算应符合下列要求：

- 1 初次洞内导线测量的起算坐标和方位角应采用测量设计时确定的进洞联系边测量成果。
- 2 洞内导线引伸测量的起算坐标和方位角应采用经检测合格的前一期洞内导线测量成果。
- 3 洞内四等及以上导线平差应采用严密平差，一级导线可采用近似平差。

6.5.11 完成洞内导线平差计算后，应计算开挖面附近的临时中线点放样成果并实地放设，即时纠

正施工中线。

6.5.12 洞内高程测量的精度应满足表 6.5.12 的要求。

表 6.5.12 洞内高程控制测量精度要求

测量等级	两开挖洞口间高程路线长度 (km)	每千米高程测量偶然中误差 (mm)
二	>32	≤1.0
三	11~32	≤3.0
四	5~11	≤5.0
五	<5	≤7.5

6.5.13 洞内高程测量应采用水准测量进行往返观测，并应符合下列规定：

- 1 高程控制点应每隔 200~500m 设置一对。
- 2 高程控制测量的主要技术要求及观测限差应分别符合本规范表 4.1.2、表 4.1.3 和表 4.1.4 的规定。
- 3 高程控制测量应按本规范 (6.4.6) 式估算精度。

6.5.14 洞内高程控制点应结合地质条件、施工方法和施工进度定期复测。建立新一期高程控制点前应检测起算高程点。检测已测测段高差之差应满足表 4.1.2 的规定。

6.4.15 洞内平面、高程控制点应妥善保护，隧道竣工后应与隧道内 CPII 控制点和水准点联测。

## 6.6 施工测量

6.6.1 洞内施工中线测设应符合下列规定：

- 1 采用导线测设中线点，一次测设不应少于 3 个，并相互检核。
- 2 采用独立中线测设中线点，直线上应采用正倒镜法延伸直线；曲线上宜采用偏角法测设。
- 3 衬砌用的临时中线点宜每 10m 加密一点。直线上应正倒镜压点或延伸；曲线上可用偏角法测设。
- 4 掘进用的临时中线点可采用串线法延伸标定。串线长度直线段不大于 30m，曲线段不大于 20m。
- 5 全断面开挖的施工中线可先用激光导向，后用全站仪、光电测距仪测定。
- 6 采用上下半断面施工时，上半断面每延伸 90~120m 时应与下半断面的中线点联测，检查校正上半断面中线。

6.6.2 洞内中线点宜采用混凝土包桩，严禁包埋木板、铁板和在混凝土上钻眼。设在顶板上的临时点可灌入拱部混凝土中或打入坚固岩石的钎眼内。

6.6.3 当曲线隧道设有导坑时，可根据隧道中线和导坑的横移偏移距离，按一定密度计算导坑中线的坐标，放设导坑中线，指导导坑开挖。

6.6.4 洞内高程测量应符合以下规定：

- 1 洞内高程测量应根据洞内高程控制点引测加密。加密点可与永久中线点共桩。
- 2 采用光电测距三角高程测量施工高程时，宜变换反射器高测量两次或利用加密点作转点闭合到已知高程点上。

6.6.5 洞内开挖测量应按下列要求进行：

- 1 每次钻爆前，应在开挖断面上标示隧道中线、轨顶高程线和开挖断面轮廓线。
- 2 已开挖段，应即时测量开挖断面，绘制开挖断面图，开挖断面的测量间距不宜大于 20m。

3 断面测量可采用自动断面仪法、全站仪极坐标法、断面支距法等方法。

4 当采用支距法测量断面时，应按中线和外拱顶高程从上到下每 0.5m（拱部和曲墙）和 1.0m（直墙）间隔分别测量中线左右侧相应高程处的支距，并应考虑曲线隧道的中线内移值、设计加宽值、施工误差预留值。

5 仰拱断面测量，应从隧道中线向两侧边墙按 0.5m 间隔测量设计轨顶线至开挖仰拱底的高差。

6.6.6 衬砌测量应按以下要求进行：

1 立模前，应利用洞内控制点检查永久中线点或临时中线点位置及高程。检测与原测成果较差不应大于 5mm。

2 检测合格后，在立模范围内放设不少于三个中线点及其横断面十字线方向，同时在断面上标定出拱架顶、起拱线和边墙底的高程位置。

3 立模后应再一次检查校正模板。

## 6.7 隧道贯通误差测量及调整

6.7.1 隧道贯通后，应分别按下述方法测定实际贯通误差：

1 洞内采用中线法测量的隧道，应从两相向开挖方向向贯通面引伸中线确定各自的贯通点，两实际贯通点间的横向距离和纵向距离即为横向和纵向贯通误差。

2 洞内采用导线测量的隧道，应在贯通面中线附近钉一临时点，由两端导线分别测量该点的坐标，其坐标较差分别投影至线路中线及其垂直的方向上，即为纵向和横向贯通误差。同时测量该点的水平角，求得方向贯通误差。

3 由两端高程点分别测量贯通面处临时点的高程，其高程差即为高程贯通误差。

6.7.2 实际贯通误差宜在未衬砌地段（调线地段）调整。调线地段的开挖和衬砌均应以调整后的中线和高程进行放样。

6.7.3 贯通误差应以满足铁路线路设计规范和轨道平顺性要求为原则进行调整。调整后的线路应满足隧道建筑限界要求。

6.7.4 直线隧道的贯通误差可采用平差法或加设曲线法调整，并应符合下列规定：

1 洞内采用导线法测量的直线隧道，其贯通误差通过导线平差计算能满足轨道平顺性要求和有关验收标准，调整后的中线满足隧道建筑限界要求时，应采用平差法调整贯通误差。当调整后的中线无法满足隧道建筑限界要求时，应增设大半径曲线。

2 洞内采用中线法测量的直线隧道可采用折线法调整，并增设大半径曲线。无法增设大半径曲线时，应按顶点内移量确定线路中线位置。

6.7.5 曲线隧道的横向贯通误差可采用增减曲线长度、改变曲线起终点、平差等方法调整，并应符合下列规定：

1 导线法测量的曲线隧道，其贯通误差通过导线平差能满足轨道平顺性要求和有关验收标准时，宜优先采用。

2 中线法或导线法测量的曲线隧道，当采用平差法不能满足轨道平顺性要求和有关验收标准时，可采用增减圆曲线长度、改变曲线起终点、增设曲线等方法调整贯通误差。

6.7.6 高程贯通误差应按下列方法调整：

1 由两端测得的贯通点高程，应取两贯通高程的平均值作为调整后的贯通面高程；

2 高程贯通误差调整可按贯通误差的一半，分别在两端未衬砌地段，以未衬砌段的线路长度按比例调整其范围内各水准点高程；



- 3 以调整后的水准点高程作为未衬砌段高程放样的依据;
- 4 调整后的线路应满足线路设计和验收规范要求。

## 6.8 竣工测量

### 6.8.1 隧道竣工测量应包括以下内容:

- 1 洞内 CPII 控制网测量;
- 2 隧道二等水准贯通调整测量;
- 3 隧道内线路贯通测量;
- 4 隧道断面测量。

6.8.2 隧道长度大于 800m 的隧道竣工后, 应按本规范 3.5.6 条的要求进行洞内 CPII 控制网测量。

### 6.8.3 隧道二等水准贯通调整测量应满足下列要求:

1 洞内水准点每千米埋设 1 个, 水准路线起闭于隧道进、出口两端的线路水准基点, 按二等水准测量要求施测。长度小于 1km 的隧道至少应设 1 个, 并在边墙上绘出标志。标志应符合附录 A 的规定。

2 隧道洞内水准贯通高差闭合差满足 $\leq 6\sqrt{L}$  时, 以隧道进、出口两端的二等水准点为固定点进行高程平差。当隧道洞内水准贯通高差闭合差不满足 $\leq 6\sqrt{L}$  时, 应将水准路线向两头延伸, 使之满足 $\leq 6\sqrt{L}$  后, 固定两端点的高程, 对该段水准路线进行约束平差, 并调整平差范围内的二等水准点, 消除隧道高程断高。

6.8.4 隧道线路中线贯通测量应利用 CPII 控制点测设, 中线桩位限差应满足纵向  $S/20000+0.01$  ( $S$  为转点至桩位的距离, 以 m 计)、横向 $\pm 10\text{mm}$ , 高程 $\pm 10\text{mm}$  的要求。中线桩测设要求如下:

1 中线桩的设置, 应满足编制竣工文件的需要。

2 中线上应钉设公里桩和加桩, 并宜钉设百米桩。直线上中桩间距不宜大于 50m; 曲线上中桩间距宜为 20m。

3 在曲线起终点、变坡点、竖曲线起终点、隧道进出口、隧道内断面变化处均应设置加桩。

6.8.5 隧道净空断面应以竣工测量的线路中线为准, 采用测距精度不低于 5+2ppm 的全站仪或断面仪进行测量, 断面点测量中误差应 $\leq 10\text{mm}$ 。断面测设要求如下:

1 直线地段每 50m、曲线地段每 20m、以及其它需要的地方均应测量净空断面。

2 净空断面测量以线路中线为准, 测量内拱顶高程、起拱线宽度以及轨顶以上 1.1m、3m、5.8m 处的宽度。



## 7 桥涵测量

### 7.1 一般规定

7.1.1 桥涵测量分为一般桥涵测量和复杂特大桥测量。一般桥涵系指一般特大桥、一般大桥、中桥、小桥和涵洞；复杂特大桥系指水面较宽且有高墩、大跨、深水基础或基础施工难度较大，梁部结构类型复杂，要求测量定位、放样精度较高的特大桥、大桥。一般桥涵测量应在线路控制网（CP I、CP II 和线路水准基点）基础上进行。以桥代路的长大旱桥也应在线路控制网的基础上进行。

7.1.2 工作开展前应按下列要求收集桥址区域已有的测量资料：

- 1 近期各种比例尺的地形图及其所属系统。
- 2 国家系统、地方系统的 GPS 点、三角点、导线点和水准点数据及系统间的换算关系。
- 3 桥梁所采用的高程系统与铁路、公路、水文、水利、电力及航运等有关部门的高程换算关系。

7.1.3 桥梁工程勘测设计各阶段测量宜采用与线路一致的坐标系统，并应符合本规范第 1.0.3 条的规定。桥梁施工控制网宜采用满足桥梁施工需要的桥梁施工独立坐标系。桥梁施工独立坐标系的建立应符合下列规定之一：

1 基于国家或线路坐标系统的桥梁施工独立坐标系：以施工控制网中一个稳定的控制点（宜为桥中线点）的国家或线路坐标作为起算坐标，以该点至另一点（宜为桥中线点）在国家或线路坐标系中的坐标方位角为起始方向，取桥梁墩顶或轨底平均高程平面为坐标投影面。

2 桥址里程坐标系统：以桥中线为坐标纵（X）轴，里程增加方向为其正向；与 X 轴垂直的方向为坐标横（Y）轴，X 轴左侧为负，右侧为正；选定桥轴线上较为稳定的一点作为坐标起算点，其里程值即为 X 值，取桥梁墩顶或轨底平均高程平面为坐标投影面。

7.1.4 桥梁施工独立坐标系中的尺度基准应采用下列方法之一建立：

1 当国家或线路控制点的可靠性、兼容性良好，并与桥梁控制网的精度匹配时，可将已知点确定的尺度作为网的尺度基准；

2 采用 GPS 测定的长度作为控制网的尺度基准，宜采用精密光电测距的方法进行校核；

3 采用精密光电测距方法测量网中的一条长边，建立平面控制网的尺度基准。

7.1.5 桥址里程系统宜与线路里程系统一致。当采用假定里程系统时，必须与线路里程系统进行联测并确定换算关系。

7.1.6 桥址控制点应按下列规定进行联测：

1 两岸桥址控制点应与线路控制网联测，并宜与国家、地方控制点进行联测。

2 当线路测量已先行通过桥址时，桥位两端的线路控制点应纳入桥梁施工控制网，并计算里程和高程的换算关系。当为双线桥或多线桥时，应处理好桥轴线和线路中线的关系。

### 7.2 初测

7.2.1 初测导线应根据专业勘测需要布设，起闭于国家控制点或 CPI 控制网，并满足下列要求：

1 初测导线点一般情况下钉设木质方桩，必要时可用水泥固桩；

2 初测导线可采用 GPS 或全站仪测量。采用 GPS 测量时，按五等 GPS 网要求施测；采用全站仪

测量时，按二级导线要求施测。

7.2.2 初测高程控制点应根据专业勘测需要布设，按五等高程测量要求施测，起闭于国家四等及以上水准点。

7.2.3 桥址水文测量主要包括：洪水位点高程测量，桥址水面坡度测绘，水文断面测绘，水位测量，流量流速测量，潮汐潮速测量以及流向测量等。测绘标准和方法应复核铁道部现行《新建铁路工程测量规范》的规定。

7.2.4 桥址地形按用途和需要分以下情况进行测量：

1 桥位方案平面图宜采用 1:1 000~1:50 000 比例尺测图，测绘范围应满足选定桥位、桥头引线、桥渡建筑物和施工场地的轮廓布置的需要。在有几个桥位方案时，宜测绘在同一张图上，并应测绘出水流泛滥范围、主要水流方向、新旧河道变迁情况和不良地质范围。图上应绘制各方案的线路导线、中线、经纬距、水文断面、水位点、历史最高洪水位泛滥线、洪水时的流向、航标和船筏走行线等。

2 桥址平面图宜采用 1:500~1:10 000 比例尺测图，特别复杂的局部地形可用 1:200，测绘范围应满足设计桥梁孔跨、桥头路基和导流建筑物的需要，顺线路方向应测至两岸历史最高洪水位 2m 以上；对平坦地区的河流、河滩过宽时，测绘范围不应小于桥梁全长加导流堤在桥址中在线的投影长度。沿水流方向的测绘范围应根据设计需要而定。对受倒灌影响，有蓄水的桥渡，应根据实际情况确定测绘内容和范围。图上应绘制地物、地貌、线路导线、中线和历史最高洪水位泛滥线等。

3、小桥（涵）址平面图宜采用 1:200~1:1 000 比例尺测图，测绘范围应满足设计需要。

7.2.5 桥址地形的测绘可采用 GPS RTK 技术、全站仪、RTK 与全站仪相结合或航测成图的测量方法。其测量方法和精度应符合《新建铁路测量规范》第 5.6 节的规定。

7.2.6 水下地形点的平面位置可采用 GPS 实时差分定位法（RTK 或 RTD 模式）、断面法或前方交会法配合测深设备进行测绘。图上地形点的间距不宜大于 2~4 cm。当相邻测点的高程有急剧变化时，应加密测点。水下地形点的高程测定方法和精度要求等应符合《新建铁路测量规范》第 7.4.3 条的规定。

7.2.7 调查桥址中线左、右两侧一定范围内需拆迁房屋等建（构）筑物的结构类型、层数、占地面积或建筑面积、权属等，提供调查资料表，绘制建（构）筑物拆迁调查图；调查桥址中线两侧对噪声敏感的单位（如幼儿园、小学、中学、敬老院等），并编制相应的成果资料。

7.2.8 调查和测绘桥梁中线两侧一定范围内的土地权属、用途和面积等，绘制工程用地调查成果资料。

7.2.9 调查测绘与桥梁相交的既有道路、桥梁、管道、电力线等的类型、管径及埋藏深度、相交点及线路边线的平面位置及高程、桥梁的净空高度、架空管线的悬高等参数，并编绘管线调查成果图，也可直接标绘在桥址平面图上。

## 7.3 定测

7.3.1 桥址中线测量应满足下列要求：

1 先于线路勘测前定测的桥址中线控制桩每岸应不少于 2 个，间距宜不大于 500 m。中线控制桩应埋设混凝土标石。

2 地势突变、与重要道路、线路、建（构）筑物相交等处应加桩。

3 中线桩及加桩测量应符合本规范第 5.4 节要求。

7.3.2 桥（涵）址纵断面测量应满足下列要求：

1 桥址纵断面的测绘范围，受地形控制的桥梁应测至两岸线路路肩设计高程以上，当河滩过宽、洪水漫流时，则必须满足设计桥梁孔跨、导流建筑物和桥头路基的需要；地面横坡大于 1:3、地质

复杂的桥址，应在桥址中线上、下游各 3~10 m 处增测辅助纵断面，根据需要在桥墩（台）基础范围内增测辅助横断面。

2 桥址纵断面测量应在线路中线测量时按要求一次完成。如线路中线加桩不足，可根据中线加桩在地形变化处加密。

桥址纵断面在水面以上部分的测点里程（或起点距）可根据桥址中线控制桩采用 GPS RTK 技术、全站仪或光电测距仪测定。各测点与起点间量距误差，对一般桥涵不应大于距离的 1/200，对复杂特大桥不应大于距离的 1/2 000；横向偏距不应大于 0.2 m。

3 水下断面测点的位置可采用 GPS RTK、前方交会法或断面法测定，前方交会法的基线长度丈量限差为长度的 1/500，交会角不应小于 20°。水下断面测点的高程应利用测时水位和水深求算。水深可选用测深仪、测深杆或测深锤测定，水深测量开始和结束时的水深值比对限差为 2 倍测深精度。测量期间应在桥址处设立水尺按新建铁路测量规范第 7.3.6 条的规定进行水位观测。其它精度要求应符合新建铁路测量规范第 7.3 节有关规定。

4 当墩台处地形、地质变化显著，或设计上有特殊需要时，应测量相应的横断面，测量方法应符合新建铁路测量规范第 5.8 节的有关规定。

5 涵洞（包括倒虹吸、泄水洞和渡槽）的轴向断面测量精度应符合：高程限差为 0.1 m（山区为 0.2 m）；测点距离的限差为距离的 1/200；横向允许偏差为 0.2 m。当涵洞轴向断面与线路中线斜交时，其交角宜用经纬仪施测，取位至分。

6 改河、改沟和灌溉渠的横断面测量限差应符合新建铁路测量规范第 5.8 节的有关规定。纵断面测量限差应符合新建铁路测量规范第 7.4.3 条的规定。

7.3.3 测绘成果应包括下列内容：

- 1 桥址中线测量成果，包括中线控制桩的坐标、里程及高程等。
- 2 桥址纵断面资料及断面图，比例尺为 1:50~1:1 000，内容应包括测点的里程和高程、桥梁中心里程、线路方向和各项有关水位等。
- 3 涵洞轴向断面资料及断面图，比例尺为 1:50~1:200，内容应包括测点的起点距和高程，涵洞中心和水流方向等。斜交或折线形断面还应绘制平面示意图，注明线路方向和斜交角或转角。
- 4 横断面资料及断面图，纵向比例尺为 1:50~1:200，横向比例尺为 1:100~1:500，内容包括横断面桩号及里程、测点偏距和高程等。

7.4 桥梁施工控制测量

7.4.1 特大桥、复杂大桥应建立独立的平面、高程控制网。平面控制测量可结合桥梁长度、平面线型和地形环境等条件选用 GPS 测量、三角网测量和导线测量。

7.4.2 桥轴线长度的精度可按表 7.4.2 所列公式进行估算。

表 7.4.2 桥轴线长度的精度估算

序号	梁类型	跨度类型	估算公式	符号含义
1	钢筋混凝土梁		$m_L = \frac{\Delta_D}{\sqrt{2}} \sqrt{N}$	$m_L$ 或 $m_l$ ——桥轴线（两桥台间）长度中误差（mm）； $l$ ——梁长； $N$ ——联（跨）数； $L$ ——桥轴线长度；
2	钢板梁及短跨（ $l \leq 64$ m）简支钢桁梁	单联（跨）	$m_l = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{l}{5000}\right)^2 + \delta^2}$	

3	连续梁及长跨( $l>64$ m)简支钢桁梁	多联等跨	$m_L = m_l \sqrt{N}$	$n$ ——每联(跨)节间数; $\Delta_D$ ——墩中心的点位放样限差为 10 mm; $\Delta_f$ ——节间拼装限差, 为 2 mm; $\delta$ ——固定支座安装限差, 为 7 mm; 1/5 000——梁长制造限差。
		多联不等跨	$m_L = \sqrt{m_{l1}^2 + m_{l2}^2 + \dots}$	
		单联(跨)	$m_l = \frac{1}{2} \sqrt{n \Delta_f^2 + \delta^2}$	
		多联等跨	$m_L = m_l \sqrt{N}$	
		多联不等跨	$m_L = \sqrt{m_{l1}^2 + m_{l2}^2 + \dots}$	

注：在估算桥轴线长度中误差时，设计连续梁或长跨简支钢桁梁的梁端预留伸缩空隙，不考虑在测量允许误差之内。

7.4.3 桥梁施工平面控制网中跨河桥轴线边的必要精度应按(7.4.2)式估算：

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m_L}{\sqrt{2}L} \quad (7.4.3)$$

式中  $m_s$ ——控制网中桥轴线边的中误差(mm)；

$S$ ——控制网中桥轴线边的边长(mm)。

7.4.4 跨河正桥施工平面控制网中最弱点的坐标中误差及最弱边的边长相对中误差应满足按(7.4.4)式估算的精度要求：

$$m_x(m_y) \leq 0.4M \text{ 或 } \frac{m_s}{S} \leq \frac{0.4\sqrt{2}M}{S} \quad (7.4.4)$$

式中  $M$ ——施工中放样精度要求最高的几何位置中心的容许误差(mm)；

$S$ ——最弱边的边长(mm)。

7.4.5 施工平面控制网的测量等级应根据第7.4.3条和第7.4.4条估算出的必要精度，经过综合分析后按表7.4.5选定。

表 7.4.5 桥梁施工平面控制测量等级和精度

测 量 等 级			桥轴线边 相对中误差	最弱边相 对中误差
GPS 测量	三角形网测量	导线测量		
一等	——	——	$\leq 1/250\ 000$	1/150 000
二等	二等	——	$\leq 1/200\ 000$	1/120 000
三等	三等	三等	$\leq 1/125\ 000$	1/70 000
四等	四等	四等	$\leq 1/80\ 000$	1/40 000
五等	——	——	$\leq 1/50\ 000$	1/30 000

7.4.6 桥梁独立平面坐标系统应符合7.1.3条的规定：

7.4.7 GPS 平面控制测量作业的技术要求应符合第3.1.3、3.1.4条的规定。

7.4.8 导线测量应符合下列规定：

1 导线控制网应由多个闭合环组成，每个导线环的边数宜为4~6条；

2 导线测量应根据估算的桥轴线长度相对中误差的要求选定测量等级，并应符合本规范第3章的相关规定，桥轴线估算精度(补)；

3 导线边长应根据桥式布置、地形条件和使用仪器来确定。在方便桥梁墩台施工定位的原则下，宜采用长边，最短边长不宜小于 300m。

7.4.8 桥梁平面控制网测量完成后，应提交下列资料：

1 控制测量说明书，包括工程名称、任务依据、执行的技术标准、布网概况、施测日期、测量单位、施测方法、使用仪器、网基准的选择、投影面要素、平差方法、特殊情况处理及施工注意事项；

2 控制网布设图；

3 网闭合差及精度（单位权中误差、点位误差椭圆和相对点位误差椭圆参数）；

4 控制网边长、方位角、坐标成果表及精度；

5 控制点点之记。

7.4.9 桥梁施工高程控制网的测设

1 施工高程控制网中，跨河两水准点间高差的中误差应按式（7.4.9-1）估算：

$$m_H \leq 0.2\sqrt{2}\Delta_H \quad (7.4.9-1)$$

式中  $m_H$  ——跨河两水准点间高差的中误差（mm）；

$\Delta_H$  ——施工中放样精度要求最高的几何位置中心的高程容许误差（mm）。

2 施工水准点测设精度，应按二等水准测量要求测量，测量精度要求应符合表 4.1.2 4.1.3 的规定。

3 施工高程控制网中的水准点，应沿桥轴线两侧均匀布设，间距宜为 400 m 左右，并构成连续水准环。

4 桥墩较高、两岸坡陡时，可在陡坡上一定高差内加设辅助水准点，其精度必须满足施工要求。

5 水准点应根据地质情况和精度要求分别埋设混凝土标石、钢管标石、岩石标石、管桩标石、钻孔桩标石或基岩标石。当工期短、桥式简单、精度要求较低时，可在建筑物上设立施工水准点标志，并应加强检测。

6 跨河水准测量应符合本规范第 4.4 节的规定执行。

7 施工控制水准网的外业工作完成后，应对水准网中各条件式的不符值进行检验。其限差本规范第 4 章的有关规定。

8 施工控制水准网，宜进行全桥的整体平差。当各测段单位精度（每千米或每测站精度）不相等时，则应按统一的单位权中误差确定各测段的权。

7.4.10 施工控制水准测量应上交下列成果资料：

1 观测手簿；

2 全网高差观测值一览表；

3 与勘测高程控制网的联测资料；

4 已知高程起算点资料；

5 水准网平差计算资料；

6 单位权中误差、跨河两水准点间高差的中误差、每公里高差中数的偶然中误差、相邻水准点间高差的中误差等精度资料；

7 水准网成果表；

8 技术总结。

7.4.11 桥梁控制测量完成后，对使用新技术、新仪器、新方法及遇到的重要问题的处理，应按下列内容要求编写技术总结：

1 基本情况；

- 2 施测方法和验后精度;
- 3 测量过程中发生的重要问题及处理情况;
- 4 使用和引进新技术的经验和体会。

## 7.5 桥梁施工控制网的复测

7.5.1 桥梁施工前,应对施工控制网进行全面复测,施工期间应对其进行定期或不定期复测。复测周期应根据控制网等级、测区地质条件等综合确定,首级控制网及其加密网不应超过一年,更低等级的加密网不应超过三个月。

7.5.2 桥梁施工过程中,应对控制网进行定期或不定期的检测,当发现控制点的稳定性有下列问题时,应立即进行局部或全面复测。

1 当控制网中仅个别控制点位移或沉陷,而周围其它控制点仍然可靠时,可进行局部复测,将已产生位移的控制点与周围的稳定点联成插点网。

2 当控制网中少量控制点发生明显位移,而其它控制点的稳定性难以判断时;或者当控制网中较多控制点发生位移时,均应进行全面复测。

7.5.3 施工控制网复测应符合下列规定:

1 全面复测宜在原网的基础上进行。复测网精度等级应与原网相同,复测方法及技术要求宜与原测保持一致。

2 原控制网的坐标系统和高程系统不得更动,控制网的起算点应与原网一致。当原网起算点发生明显位移时,可改用其它稳定可靠的控制点起算,但必须保持位置基准、方向基准、尺度基准和高度基准不变。

7.5.4 复测完成后,应进行严密平差,并采用现场勘验与统计检验相结合的方法对施工控制点进行稳定性分析和评定,也可采用(7.5.4)式的简便方法进行稳定性分析和评定:

$$\Delta_{\text{限}} = \pm 2\sqrt{m_{\text{原}}^2 + m_{\text{复}}^2} \quad (7.5.4)$$

式中:  $\Delta_{\text{限}}$ ——复测坐标(高程)与原测坐标(高程)较差的限差, mm;

$m_{\text{原}}$ ——原测坐标(高程)中误差, mm;

$m_{\text{复}}$ ——复测坐标(高程)中误差, mm。

7.5.5 经复测后的施工控制网,应根据施工进度和控制点稳定等情况合理采用复测成果,并提出控制点保护、加固及监测措施。

1 对开工前的复测,或当控制点位移量不影响已施工工程的质量时,应全部采用复测后的平差值。

2 对开工后的复测,当控制点位移量影响到已施工工程的质量时,对稳定点应采用原测成果;对不稳定点不宜继续使用,直至确认其已趋于稳定,必要时可在稳定点下进行插点加密,并应对不稳定点的放样成果进行检测和分析,根据需要采取相应的补救措施。

## 7.6 施工放样及竣工测量

7.6.1 当施工控制点密度不能满足施工定位放样需要时,应在施工控制网基础上采用 GPS、全站仪插网或精密导线测量方法进行加密。加密点应选在离桥中线较近、通视条件较好且不受施工作业

干扰、比较稳固的地基或构（建）筑物上。

7.6.2 岸上墩台中心点定位可直接利用桥中线两侧的墩旁控制点按光电测距极坐标法、直接丈量法、偏角法、导线法、方向交会法或距离交会法进行。并应符合下列规定：

1 使用光电测距极坐标法测得的不同控制点放样时的点位不符值不应大于 2cm，取两个放样点连线之中点作为墩台中心点。

2 用光电测距仪或钢卷尺按直接丈量法测设时，应自一端向另一端依次设放，距离和方向应起闭于桥头控制点。也可根据地形自中间某墩向两端设放，不应自两端向中间设放。

跨距丈量精度不得低于设计跨距的 1/5 000，应与桥轴线另一端的控制点闭合，其闭合差应分配于各跨距内。

3 桥跨短、跨数多的曲线桥宜采用偏角法测设，首先测出墩位的线路中心，然后从线路中心向曲线外测量偏心距 E 值定出墩位中心。

桥跨长、跨数少的曲线桥宜采用导线法确定墩位中心，导线角应以不低于 1 秒级仪器测设，偏角总闭合差不应大于下式的  $f\beta$ 。

$$f\beta = 8\sqrt{N} \text{ (\" )} \quad (7.6.2)$$

式中 N ——桥梁跨数。

用光电测距仪或全站仪测量时可采用长弦偏角法测定墩位中心，以不低于 1 秒级仪器观测偏角 2 测回，偏角总闭合差不应大于式 (7.6.2) 的  $f\beta$ 。有困难时可用任意点置镜极坐标法测设，但均应另行置镜检核。

4 使用全站仪测边交会（或全站仪边角后方交会）法时，应由三个控制点设放，再用第四个控制点复核。

7.6.3 水上桥墩中心点定位应符合下列规定：

1 水中桥墩基础采用水上作业平台施工时，用全站仪极坐标法或交会法进行墩中心点定位，其精度要求应符合本规范第 7.6.2 条的规定。

2 水上桥墩基础施工采用单侧（或双侧）栈桥时，则沿栈桥布设与桥中线的平行线，通过岸上桥中线控制点，沿平行线方向用直量法设置墩中心里程点，并与交会法提供的坐标比较，互差的限值为 2cm，以直量法为准。

3 水上平台或栈桥上设置的墩中心点，在水下基础施工过程中要加强检核，及时掌握平台或栈桥的位移情况，当两次测量不符值大于 2cm 时，其墩中心点位置应重新设置。

7.6.4 墩台施工前应在墩台中心十字线方向上设置不少于 4 个护桩，并应进行护桩保护。护桩的位置也可根据现场情况确定。

7.6.5 小桥、涵洞位置可根据线路转点或曲线控制点测设，涵洞护桩应沿其轴线设放。

7.6.6 明挖基础基坑放样宜用钢卷尺丈量，基础高程应在基底处理后测量。涵洞基础分节丈量误差限值应为 1cm，泄水面高程测量误差限值应为 2cm。

7.6.7 沉井（原地或筑岛）测量应符合下列规定：

1 沉井制造测量：检查地坪或岛面符合要求后，在设计位置放样沉井平面各点位，放样时应使沉井刃脚模板十字线与桥墩中心纵横十字线重合，并使沉井刃脚在同一高度平面上。如为高低刃脚时，应使刃脚各部位处于同一起算高度。

2 沉井下沉前，应在内外壁混凝土面上用红油漆或墨线标出纵横向轴线。在沉井顶面纵横轴线两端标出以基本刃脚为起算零点的四个高度点。

3 沉井每次接高时，井顶十字线的引伸及高度基准面的接高，均应按沉井倾斜值向上推算顺接。每次接高完成后，应标出沉井顶面十字线和高度基准面。

4 沉井下沉过程中，应定时测量并推算沉井的顶底位置和高程。

5 沉井下沉到设计高程后，应检查并调整沉井顶部十字线和基准面，推算沉井的顶底位置和



高程。

7.6.8 水上拼装沉井前，应在拼装船上设放十字线、轮廓线、检查线及高度基准面，各对角线间或中点连线间的长度互差限值应为 10mm，高度基准面的平面符合性验算限差为应 5 mm。沉井拼装完成后，应检查顶平面尺寸及高度，并应投放顶平面十字线与高度面。

7.6.9 在沉井下沉就位过程中应定时测量沉井位置，根据需要测量沉井附近河床冲刷，必要时应测量局部流速、流向。

7.6.10 从沉井定位至嵌入河床处于稳定状态的过程中，应及时测定沉井的位置、扭角、倾斜、刃脚高程及施工需要的局部水文资料。测量方法和精度应符合下列规定：

1 测量沉井刃脚的水准点，高程应符合四等水准测量精度。沉井的高度标志应稳固且便于观测，测得的高度验算限差为应 5 mm，取位至 mm。

2 沉井上的定位观测标志与沉井顶平面的几何相对关系尺寸偏差的限值为应 20 mm，取位至 0.01m。

3 沉井所在河床高程，两次测量互差的限值应为水深的 1/200，取为至 0.1m。

4 当沉井处于稳定状态后，应由两岸施工控制点精密测定沉井上的定位观测标志，与施工交会法测得的资料相比，两者互差的限值为应 5 cm，并以前者成果为准纳入施工控制网系统内。

5 沉井精密定位可采用前方交会法、光电测距极坐标法、测边交会法、全站仪自由设站法或 GPS 定位等方法。

7.6.11 沉井竣工测量应符合下列规定：

1 应由两岸施工控制点精密测定沉井顶部位置，并与沉井中心比较。

2 应检查并调整沉井顶部十字线及基准面，推算沉井顶部及底部的位移、倾斜、扭角、刃脚高程。

7.6.12 水下混凝土封底测量应符合下列规定：

1 准备工作：

(1) 提供起始基底高程，两次测量互差限值为 5cm。

(2) 设置测量平台及测读平面，在布设测点处，均应设立相当于测读平面的稳固标志，其高程误差限值为 3cm。

(3) 导管均应编号，应自管底起用钢卷尺量出延尺长，标出高程标志，导管应严格按编号拼接。

(4) 测绳应标记齐全。以钢卷尺检查，每百米长度误差的限值为 0.1m。当深度较大时，在保证必要读数条件下，宜用短测绳提高测量精度，余下长度，以镀锌铁线补足。

测铈应采用比重铈，比重应为 1.3~1.6。

2 封底测量：

(1) 定时测读混凝土面及导管底高程，测量限差为 0.1cm，取位至分米。混凝土灌注接近设计高程时，应随灌随测，严加复核，及时提供测量资料。

(2) 在混凝土灌注完毕，导管提出混凝土面后，应全面测量一次混凝土面高程。混凝土凝固后，再测一次，供作竣工依据。

7.6.13 管桩施工测量应符合下列规定：

1 打入管桩测量应符合下列规定：

(1) 每根桩应自桩尖起用钢卷尺量出延长度，并标出分米分划。

(2) 桩位应按桥墩中心十字线与桩的相对位置设放，设放限差为 20 mm。斜桩应按设计坡度推算至地面高程后再设放。

(3) 桩倾斜度可采用靠尺法测定。每节桩接上后应测量倾斜度。

(4) 每根桩打完应测定倾斜度及桩顶高程，并推算桩尖高程及承台底处的桩顶位置，决定是否补桩。



(5) 在承台浇筑前,应测定管桩群顶部位置,编列单根管桩及管桩群的位移及倾斜竣工资料。

## 2 水上管桩施工测量应符合下列规定:

(1) 设有导向架时,导向架的定位测量应符合本规范第 7.6.10 条中的规定;不设导向架时,宜用打迎水桩或设立测量平台方法放样桩位,不具备此条件时,可采用单桩直接定位方法。

(2) 用光电测距极坐标法定出控制桩位或桩位控制点。用直量法放出的桩位,纵横向偏差的限值为 20 mm。用直量法放出的桩位及管桩竣工位置,应与光电测距极坐标法测得的坐标比较,互差的限值为 20mm,以直量法为准。

## 7.6.14 钻(挖)孔桩灌注桩测量应符合下列规定:

1 桩位应按设计桩位与墩台中心十字线相对位置设放。埋设护筒后应检查其平面位置的偏差,并测量护筒顶面高程。

2 钻(挖)桩孔内灌注水下混凝土测量应符合本规范第 7.6.12 条的规定。

3 灌注混凝土后应测定桩中心(以钢筋笼中心为准)位置,并应在桩侧按桩头设计高程测定高程线,做出标志。

## 7.6.15 承台、墩身、顶帽及垫石放样均应依据护桩交出或利用全站仪基线放样测定出的桥墩中心纵横十字线为准,水准高程精度应符合四等水准测量要求。

承台模板尺寸误差限值为 40mm;高程应用水准仪设放,限差为 30mm,也可以由光电测距三角高程方法设放。

墩身模板尺寸误差限值为 20 mm;高程设放精度与承台同。模板上同一高程线互差的限值为 10 mm。

顶帽立模前应检查中心十字线是否正交。顶帽模板尺寸误差限值为 10 mm;高程精度应符合四等水准测量要求。灌注混凝土前应检查该墩至两邻墩之跨距。

承台、墩身、顶帽、垫石放样及模板检查,使用全站仪进行测量时,应首先检查输入全站仪的数据是否准确无误,并实地检查后视点的坐标,实测坐标与后视点已知坐标的误差限值应小于 10 mm,且全站仪前视距离不应超过后视距离。

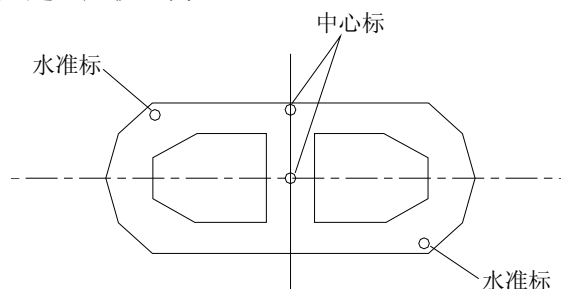


图 7.6.15 预埋点示意图

灌注顶帽混凝土至顶部时,根据需要在墩顶桥梁中线上埋设中心标 1~2 个,并在墩顶上、下游异侧各埋设水准标一个(图 7.6.15)。在桥墩建成后,应测定中心标里程及水准标高程。

7.6.16 承台、墩身、顶帽、垫石竣工检查应符合本规范第 7.6.15 条中模板检查的规定。承台全部或部分竣工后,应依据施工控制点(或加密点),顺桥中线方向采用导线法进行全部或部分测量贯通,贯通测量应符合本规范第 7.6.2 条中的规定。当实测跨距与设计跨距的差值超过 2 cm 时,应根据桥墩设计允许偏差逐墩进行跨距调整。

7.6.17 架梁前,应对墩、台顶的水准点高程、桥中线方向及中心里程进行测定。

## 1 墩中心十字线测定:

(1) 桥中线方向应在无风、视线清晰、呈像稳定时直接测定。测定前,应检校仪器的水准器、十字线、垂球或光学对点器等。当后视点与前视点同向时,正、倒镜不符值不得大于 3 mm,取中值;当后视点与前视点异向时,按正、倒、倒、正镜观测,其不符值不得大于 4mm,取中值。

(2) 墩台中心里程必须精密测定。里程的平差值与设计值比较,其不符值超过 10 mm 时,

应予适当调整。

(3) 设放钢梁架设的标志线、支座十字线, 其距离与垂直度限差为 1 mm。

## 2 墩顶水准标高测定:

(1) 墩顶水准标高精度应与施工控制水准网复测精度相同。

在墩跨较大时, 宜用 DS0.5 或 DS1 型水准仪按跨河水准测量方法测定, 也可用精密三角高程跨河水准测量方法测定。

(2) 由地面水准点传递高程至墩顶时, 应以水准仪测读接高, 并用悬挂钢卷尺复核。

高差较大不易传递时, 可用光电测距三角高程测量方法往返测定高差, 并用悬挂钢卷尺复核。

(3) 两岸基本水准点与墩顶水准标高应直接逐跨联测 1~2 次, 使全桥贯通。

## 7.6.18 架梁测量应符合下列规定:

1 架梁前应按照本规范第 7.9.17 条中的规定精密测定墩台中心, 并放出纵横十字线及梁中心线交点(曲线桥工作线交点)。跨距可用钢卷尺直接丈量, 或用全站仪组合测距法测定, 但应顾及最佳测程精度, 亦可间接求算。

2 以墩台中心十字线或梁中心线交点(曲线桥)为准, 在墩顶上用钢卷尺按设计尺寸放出支座十字线及梁端轮廓线, 并用墨线标出。

3 检查垫石面高程。

4 根据采用的架梁方法应进行相应的水文、拖拉滑道、架桥机走行道等项测量。

## 7.6.19 支座安装测量应符合下列规定:

1 高程精度要求与墩顶水准标相同。

2 固定支座应按设放的支座十字线安装, 活动支座的辊轴倾斜位移应按实测气温计算。

## 7.6.20 悬臂拼装钢桁梁测量应符合下列规定:

1 在起吊拼装前, 应按规定检查钢梁主要杆件的制造误差, 并设放测量标志点。

2 应准确测定平衡梁的平面、立面位置, 并使其中线与桥中线取得一致。

每拼装一个节间或起落梁前后, 均应测定钢梁的中线、高程、拱度、倾斜值及临时活动支座的位移值。

3 采用跨中合龙时, 应准确测定合龙部分锚孔前后两支点的相对高差, 合龙前应测定两端悬臂部分的中线、挠度及距离, 并与工程单位合作, 调整至限差以内; 合龙后, 应测定钢梁全部中线、高程、拱度, 并配合工程单位进行调整。

4 钢梁高程标志点, 应对称于中线分布在上、下游两侧, 且点间距离宜大些, 观测精度应符合三等水准测量要求, 每个测点应取两次读数的中值, 并推至弦杆理论中线高程面上。取位至毫米。

墩顶处桥中线点位应投放至横梁顶部, 每次投影互差不得大于 2 mm, 取中值。

5 当能直接传递高程时, 应在钢梁上按三等水准测量要求联测两岸基本水准点, 并与墩顶水准标原高程成果比较。

6 所有测量成果, 应及时编绘图表, 供指导施工、验算用。

## 7.6.21 用其他方法进行钢梁架设的测量, 应符合本规范第 7.6.18 条、第 7.6.19 条及第 7.6.20 条的规定。

## 7.6.22 墩上支座结构, 相对于墩中心竣工位置的测定应符合下列规定:

### 1 测量项目:

(1) 活动及固定支座底板与桥墩实际放样里程中心点的相对关系。

(2) 支座下摆对于铰枢中心的相对关系。

(3) 在不同气温时测出活动支座辊轴顶、底部的相对位移变化值, 并以此推算在设计温度时, 支座底板与下摆中心的纵向相对关系。

2 测量时间: 应在试车后通车前(即全部恒载已安装完毕)。

3 计算: 各墩钢梁支点对于桥墩里程中心点的相对差值, 全桥长度相对差值(即全部相对长

度误差综合值)。

7.6.23 桥台护坡坡脚宜用钢卷尺设放,取位至厘米,限差为所量长度的 1/300,设放坐标可用图解法或解析法求出。

7.6.24 斜拉桥主塔塔座竣工后,应按下列规定建立高塔柱施工控制点:

1 采用测边交会法、边角后方交会法或 GPS 静态相对测量技术,精密测放主塔墩墩中心点,其点位误差为 5 mm。同时应设立上、下游墩中心线控制点。

2 当主跨实测跨距与设计跨距的差值超过 5 mm 时,两主塔中心点应作适当调整,同时调整相邻桥墩中心点位置。边跨实测跨距与设计跨距的较差亦不应超过 5 mm。

3 以两主塔中心连线作为斜拉桥桥中线,检测主塔墩两端相邻墩的位置。当相邻墩偏离桥中线方向的距离超过 5 mm 时,应适当调整相邻墩墩中心点的位置。

4 设立四个水准标,分别位于桥中线和墩中心线方向上。相邻墩墩顶水准标的测定应符合本规范第 7.6.17 条的规定,并应与主塔塔座水准标进行二等跨河水准联测。

7.6.25 斜拉桥主塔塔柱施工测量基准的传递应符合下列规定:

1 平面基准的传递:塔柱内墩中心点的位置可采用激光准直法、精密天顶基准法、全站仪逐次趋近法或全站仪坐标差分法等方法,由本规范第 7.6.24 条建立的墩中心点向上铅垂投放。当两次投影中心位置的偏距不超过 3 mm 时,取其平均位置,再利用 2 秒级仪器,放出塔柱内基本控制点(柱中心线和墩中心线)。

2 高程基准可使用水准仪借助经鉴定合格的钢卷尺,沿塔柱方向逐次向上传递。也可在相邻墩上设置全站仪,采用全站仪三角高程差分法,观测主塔塔座水准标 2 次以上,求出观测值与原水准标高程值(理论值)的差值,并及时进行差分改正。当全站仪仰角超过  $15^{\circ}$  时,应悬挂钢卷尺复核。

3 塔柱内基本控制点及高程临时控制点的测设应选在日出前或夜间进行。

7.6.26 斜拉桥主塔塔顶索道管的定位测量应符合下列规定:

1 索道管顶(底)口定位的三维坐标偏差不宜大于 5 mm。

2 索道管顶口与底口中心坐标的相对偏差不宜大于 3mm,索道管中心线的空间方位偏差不宜大于  $30'$ 。

7.6.27 斜拉桥主塔塔柱模板的检查测量应以塔柱内基本控制点为依据进行,模板平面尺寸误差的限差为 1 cm。

7.6.28 斜拉桥钢桁梁架设施工测量应符合下列规定:

1 主塔横梁顶面控制点的建立应符合本规范第 7.6.25 条的规定。

2 根据横梁顶面控制点,在墩旁托架支点处放出主桁下弦杆的中心线和轮廓线,并按照支点的设计高程调整垫块的高度。当托架上钢桁梁节间试拼后,测量其主桁的位置和高程,其实际位置与设计位置的限差为 1 mm,并且节间两端桥中线的偏差方向在同一侧;各支点高程互差的限差为 2 mm。

3 钢桁梁悬拼过程中的施工测量应符合本规范第 7.6.20 条的规定。

4 双伸臂对称安装每一个节间至设计规定的单侧悬臂长度时,调整钢梁中线,测量其偏差,达到设计规定的允许值后进行横向约束,并安装第一对斜拉索。

5 钢桁梁悬拼过程中应进行测量监控。每架设一个节间,应测绘出钢梁的拱度曲线和钢梁中线图。测量监控应在凌晨 1~3 时内完成。

7.6.30 桥梁基础施工放样及其竣工测量可采用 GPS 实时动态测量系统(RTK)。应建立作用范围和实时定位精度满足大桥桩基施工放样要求的 GPS 参考站,参考站的设置应符合铁道部现行《铁路工程卫星定位测量规范》的技术要求。

7.6.31 用 RTK 进行桥梁桩基、承台的平面和高程施工放样及竣工测量,其主要技术要求应符合铁道部现行《铁路工程卫星定位测量规范》的规定。

7.6.32 打桩船 GPS 定位系统进场后应进行校核,在打桩过程中,每个承台的第一根桩应进行校核,可采用下列方法:

- 1 全站仪辅助定位;
- 2 改换使用另一个 GPS 参考站的信号;
- 3 在船上布设校核点,测量该点的三维坐标,再根据校核点与桩身的几何关系推算出桩身偏位。

7.6.33 承台其余桩位的校核可量取各桩之间的几何距离来比对。

7.6.34 RTK 测量过程中,应防止 GPS 假锁定,可采用以下方法:

- 1 解算安装在打桩船上两 GPS 接收机天线之间的距离,与其安装距离比对,不符值超过 5cm,则判定为 GPS 解算失误。

- 2 桩身到位后,关闭 GPS 主机,1 分钟后再开机重新锁定。

7.6.35 测量海中钢管桩桩顶标高时,应在上、下游的承台钢管桩中各选一个倾斜度相对较小的钢管桩,标高可用 RTK 放样,每根桩放样三次,再用塑料水管进行两桩校核,选取其相符值。

7.6.36 海中其他钢管桩截桩标高测量应满足以下规定:

- 1 承台其它桩的标高,从已测桩开始用塑料水管顺次引测至已测桩。已测桩两次标高测量值之差超过 5 毫米时要返测,直至标高相符为止。

- 2 每次测高时,RTK 应在控制点上进行比对,求取 RTK 测高改正常数,并在已放样好的标志上进行验证。

7.6.37 钢管桩桩头处理完毕后应按下列规定测量钢管桩中心点的坐标,将其归算至设计标高处并

与设计坐标比较,其较差应 $\leq \frac{1}{4}d$  (d 为桩径)。

- 1 截桩后,在桩顶安放十字架,用 RTK 测取桩心坐标,计算桩心偏位。

- 2 RTK 测取桩心坐标时应观察屏显数据随桩体晃动的变化情况,记录晃动中心值,每根桩记录三次,取其均值。

7.6.38 承台套箱安装定位,应用 GPS 至少测设两个相互通视的套箱安装控制点,测量精度应符合桥梁控制网二级加密网的要求。

7.6.39 应采用两岸高程公共点推算全桥 GPS 高程拟合参数, GPS 拟合高程误差应 $\leq 30$  mm。

7.6.40 套箱安装控制点的高程可采用 GPS 拟合高程法求得。

7.6.41 应用套箱安装控制点作为测站点或后视点,进行套箱井字架安装放样,安装误差应满足:平面 $\leq 20$ mm,高程 $\leq 50$ mm。套箱安装时,先根据放样标记进行粗定位,再用 RTK 进行定位检测。检测所记录的数据,用于计算钢套箱的安装偏位。

7.6.42 海中承台钢套箱安装定位后,应在安装好的钢套箱上,用 GPS 在钢套箱长轴方向上加密两个控制点作为承台施工控制点。承台施工控制点应用 GPS 按桥梁控制网一级加密网要求测设,其高程可用 GPS 拟合高程。

7.6.43 应用承台施工控制点作为测站点或后视点,采用全站仪极坐标法进行海中承台轴线点施工放样。海中分离式承台的轴线点放样后,下图所示轴线上的“2、4、6、8”四点应成一直线,可用细线绳绷直检验;用钢尺丈量 1-5 与 3-7 之间的墩距,并与理论墩距对比。

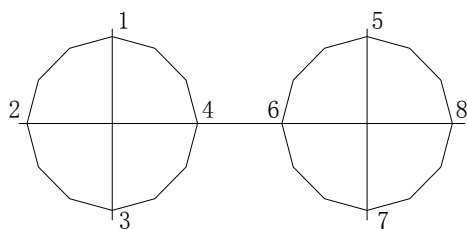


图 7.6.43 海中承台轴线放样示意图

7.6.44 为满足海中施工测量的控制和跨海高程贯通测量的需要，在海中每隔 1.8 km 左右应首先安排第一批桥墩基础施工（称优先墩），利用优先墩承台上布设的 GPS 控制点和布设在海岛上的 GPS 点，形成海上 GPS 加密控制网。

7.6.45 对长距离跨海桥梁施工，承台高程可用 GPS 高程拟合法测定，墩身高程控制必须使用全桥高程贯通测量后的基准。

8 轨道施工测量

8.1 一般规定

- 8.1.1 线下工程竣工验收合格后，应按本规范第 3.6 节和第 4.5 节的要求建立轨道控制网 CPIII。
- 8.1.2 轨道施工前，对线路竣工测量成果进行评估，检查线路平、纵断面是否满足轨道铺设条件。必要时应对线路平、纵断面进行调整，满足铺轨要求。
- 8.1.3 轨道铺设精度应满足表 8.1.3 的要求。

表 8.1.3 高速铁路轨道静态平顺度允许偏差（mm）

序号	项目	允许偏差（mm）		检验方法
		无砟轨道	有砟轨道	
1	轨距	±2	±2	
2	高底	2	2	10m 弦量
		2		弦长 30m，测点间距 5m
		10		弦长 300m，测点间距 150m
3	轨向	2	2	10m 弦量
		2		弦长 30m，测点间距 5m
		10		弦长 300m，测点间距 150m
4	水平	2	2	
5	扭曲	3	2	基长 3m
6	与设计高程偏差	+4，-6（紧靠站台+4，0）	±20（建筑物上±10）	
7	与设计中线偏差	10	30	

8.2 混凝土底座及支承层放样

- 8.2.1 混凝土底座或支承层平面放样应依据轨道控制网 CPIII采用自由设站极坐标法测设。高程测量可采用 CPIII采用自由设站光电测距三角高程测量或几何水准按精密水准测量精度要求施测。
- 8.2.2 混凝土底座及支层承模板或基准线桩放样应满足表 8.2.2 的精度要求。

表 8.2.2 混凝土底座及支承层模板放样精度要求（mm）

轨道类型		横向定位允许偏差	纵向定位允许偏差	高程定位允许偏差
CRTSI 型板式无砟轨道	混凝土底座及支承层	±2	±2	0, -5
	凸型挡台	±2	±2	+4, 0
CRTSII 型板式无砟轨道	支承层	±10	-	±3
	桥上底座	± 5	5	±3
CRTSI 型、CRTSII 型 双块式无砟轨道	支承层	±10	-	+2, -5
	桥上底座	±2	±3	±5
道岔	轨枕埋入式道岔	±2	-	±5

	板式道岔	$\pm 5\text{mm}$	-	$\pm 20$
--	------	------------------	---	----------

### 8.3 加密基桩测量

8.3.1 加密基桩平面测量应依据 CPIII 控制点，采用自由设站极坐标法或光学准直法测设，高程测量应采用几何水准方法按精密水准测量精度要求施测。

8.3.2 正线加密基桩的间距应根据轨道类型确定，一般 5~10m 设置一个。加密基桩应设置在轨道中心线上，曲线段应考虑超高影响。

8.3.3 道岔区应在道岔范围内直股和曲股的两侧增设加密基桩，一般 5~10m 设置一个，并应埋设永久性桩位。

8.3.4 CRTSI 型板式无砟轨道加密基桩应根据 CRTSI 型板的铺设方法进行测设，加密基桩的测设应满足下列要求：

1 采用凸形挡台基准器三角规进行铺板、轨道定位时，安装在凸形挡台上、具有可调装置的基准器即为加密基桩，基准器精调后的平面和高程应满足下列精度要求：

- (1) 基准器垂直于线路中线方向的限差  $\pm 1\text{mm}$ ；
- (2) 每相邻基桩间距离的限差  $\pm 2\text{mm}$ ；
- (3) 每相邻基桩间高差的限差  $\pm 1\text{mm}$ 。

2 采用速调标架法铺设 CRTSI 型板时，直接利用 CPIII 控制点采用自由设站极坐标法进行轨道板铺设，无需测设加密基桩。

8.3.5 CRTSII 型板式无砟轨道加密基桩（轨道基准点）的测设应符合下列要求：

1 轨道基准点与轨道板安置点的连线应垂直于线路中心线。曲线段的基准点应设于轨道板安置点偏曲线内侧 0.10m 处。直线段基准点应设于轨道板安置点偏线路左侧或右侧 0.10m，同一直线段的基准点应偏向线路同一侧。

2 轨道基准点之间的相对精度应满足：平面  $\pm 0.2\text{mm}$ ，高程  $\pm 0.1\text{mm}$ 。

8.3.7 CRTSII 型双块式无砟轨道加密基桩（支脚）测量应符合下列规定：

1 支脚放样的纵、横向间距应分别为 3.27m、3.2m，特殊地段纵向间距可适当调整，但调整量最大不得超过 15mm。

2 精调后实测支脚凹槽内球形棱镜中心三维坐标 X、Y、H，与设计值较差均不应大于 0.5 mm。

### 8.4 铺轨测量

8.4.1 CRTSI 型轨道板精调可采用基准器法或速调标架法进行，并应符合下列规定：

1 当采用基准器精调轨道板时，应使用三角规控制轨道板扣件安装中心线，同时实现轨道板纵、横向及竖向的调整。

2 采用速调标架法测量时，自由设站后视 CPIII 控制点应满足本规范第 8.3.5 条的有关规定。每一测站精调的轨道板不应多于 5 块，换站后应对上一测站的最后一块轨道板进行检测。

3 轨道板定位限差横向和纵横向应分别不大于 3mm 和 2mm；高程定位限差应不大于 1mm。相邻轨道板搭接限差横向和高程应分别不大于 2mm 和 1mm。

8.4.2 CRTSII 型轨道板精调应满足下列要求：

1 当轨道板设有承轨槽时，应采用基准点（加密基桩）配合精调框进行。当不设承轨槽时，应采用轨道控制网 CPIII 配合速调标架进行。

2 采用基准点（加密基桩）配合精调框精调应符合下列要求：

(1) 精调前应准备轨道板精调所要的线路数据和轨道基准点平差数据, 同时应检校精调系统。

(2) 精调时, 应分别于待调轨道板的首端第 1 条承轨槽、板中央第 5 条承轨槽、板末端第 10 条承轨槽以及已经调好的上一轨道板首端第 1 条承轨槽上架设已检校好的精调标。

(3) 全站仪距待调轨道板的距离宜为 6.5~19.5m, 并设于未调整段的基准点(加密基桩)上。

(4) 铺设第一块轨道板的全站仪应依据基准点(加密基桩)定向, 其余设站应采依据置于相邻已精调好的轨道板首端第 1 条承轨槽上的精调标架定向。每一设站调整的轨道板应不大于 3 块。

(5) 全站仪竖向定向误差应不大于 2mm, 纵向定向误差应不大于 10mm, 横向定向误差应不大于 2mm;

(6) 轨道板精调后竖向和横向精度均应不大于 0.3mm, 纵向精度应不大于 10cm。(调整后, 板内各支点的互差应不大于 0.3mm)

(7) 调整后, 轨道板水平和竖向弯曲均应小于 0.5mm;

(8) 调整后, 相邻轨道板间竖向和横向差均应不大于 0.4mm。

(9) 完成轨道板精调后, 应采用与精调相同的方法进行轨道板线性检测, 每测站检测的轨道板宜不超过 6 块。

更换测站后, 应重复检测上一测站检测的最后一块轨道板。

(10) 轨道板的测量数据应通过专业软件进行处理, 处理结果可以反映此段轨道板铺设的方向、高程、以及板与板之间的过渡搭接, 评估轨道板安装精度。

#### 8.4.3 CRTS I 型双块式无砟轨道安装测量应满足下列要求:

1 轨排粗调可采用全站仪自由设站极坐标法或全站仪配合轨道几何状态测量仪进行, 轨排粗调应满足下列要求:

(1) 全站仪自由设站应满足本标准第 8.3.5 条的有关规定, 设站精度应不大于 1mm。

(2) 轨排组装前, 应按线路里程间距每 10m (或 10 根轨枕) 放设模板、及线路中线点。轨排中线放样误差应不大于 5mm。模板安装定位限差高程为  $\pm 5\text{mm}$ , 中线定位应为  $\pm 2\text{mm}$ 。放样距离应不大于 70m, 和上一放样段重叠距离应不小于 20m。

(3) 轨枕安装的横向位置应根据模板线确定, 纵向间距用钢尺或定长量距控制, 钢轨安装后, 应在钢轨上划线, 并用方尺校正轨枕, 轨枕间距误差应不大于 5mm。

(4) 轨排粗调竖向调整偏差应为 0,  $-5\text{mm}$ ; 中线偏差应不大于 2mm。

(5) 当采用粗调机进行轨排粗调时, 粗调机组可调整定位精度为  $\pm 5\text{mm}$ , 最终调整定位精度为  $\pm 3\text{mm}$ 。

2 轨排精调应用全站仪配合轨道几何状态测量仪进行, 轨排精调应满足下列要求:

(1) 全站仪自由设站应满足本标准第 8.3.5 条的要求。全站仪设站精度应不大于 1mm。

(2) 轨排精调测量测点应设在轨排支撑架位置, 其步长应为每个支撑螺杆的间距, 以保证钢轨及其接头平顺。

(3) 轨排精调后, 轨道中线和轨顶高程允许偏差均应不大于 2 mm。

3 在双块式无砟轨道工具轨转移至下一工作面之前, 应采用与精调相同的方法对已完成轨排进行检测。检测步长宜为 1 个轨枕间距。

#### 8.4.4 CRTSII 型双块式型无砟轨道安装测量应满足下列要求:

1 道床板施工完成后应采用全站仪自由设站配合轨枕承轨槽(台)专用检测工具对工后轨枕承轨槽(台)进行检测, 并应符合下列规定:

(1) 全站仪自由设站应符合本标准第 8.3.5 条的规定。

(2) 检测相邻轨枕高程限差应不大于 0.5mm。相邻框架首根轨枕承轨槽横向允许偏差应不大于 3mm。相邻点平面变化率允许偏差应不大于 1mm。

2 长钢轨落槽并安装扣件后, 应采用全站仪配合轨道几何状态测量仪或轨道放样尺检测轨道平顺性



并满足下列要求：

- (1) 全站仪自由设站应符合本标准第 8.3.5 条的规定。设站点后方交会  $x$ 、 $y$ 、 $z$  的精度均应不低于 0.5mm。
- (2) 全站仪与轨道几何状态测量仪或轨道放样尺的距离应保持在 5m~60m 之间。更换测站后，应重复检测上一测站已检测的最后 3~5 个检测点。

8.5 长枕埋入式道岔安装测量

- 8.5.1 混凝土底座测量应以 CPIII 控制点为依据，进行模板或基准线桩放样，模板安装或基准线桩定位允许偏差应满足表 8.2.2 的规定，使用混凝土摊铺机进行混凝土底座摊铺作业时，基准线桩纵向间距不应大于 10m。
- 8.5.2 混凝土底座施工完成后，应利用 CPIII 控制点采用自由设站方式检测混凝土底座断面，断面间距一般为 40m，每个断面分别测左、中、右 3 个测点。断面检测精度要求：平面位置  $\pm 5\text{mm}$ ，高程  $\pm 3\text{mm}$ 。
- 8.5.3 道岔铺设前，应以 CPIII 控制点为依据，在混凝土底座或支承层上于岔心、岔前、岔后、岔前约 100m 和岔后约 100m 分别设置道岔控制基桩。道岔控制基桩可按坐标直接测设，也可按岔心和直股与曲股线路方向测设，并应埋设永久性桩位。
- 8.5.5 道岔粗调测量应以加密基桩为准，道岔粗调误差不应大于  $\pm 5\text{mm}$ 。
- 8.5.6 当依据 CPIII 控制点采用后方交会加轨检小车进行道岔精调时，应符合下列规定：
  - 1 道岔精调应先进行道岔主线测量，再进行道岔侧线测量。精调测量应分段进行，每测站最大测量距离不应大于 80 米；
  - 2 全站仪设站应尽量靠近轨道中线。全站仪的定位应采用后方交会或方向与高程传递方法，并至少后视 8 个 CPIII 控制点，相邻测站至少后视 4 个重叠的 CPIII 控制点。
  - 3 全站仪设站点  $X$ 、 $Y$  坐标和高程偏差均应小于 2mm。
  - 4 道岔精调测量时，平面和高程允许偏差均为  $\pm 0.7\text{mm}$ 。
  - 5 更换测站后，应检测上一测站最后测点的偏差量，偏差量应小于 0.7mm。完成道岔主线精调后，道岔侧线水平位置的调整量应小于 0.7mm。
- 8.5.7 道岔精调测量采用全站仪配合水准仪测量时，将全站仪安置于道岔控制基桩上，以道岔控制基桩为基准，道岔方向调整由全站仪控制，侧向采用侧向调整装置完成；高程采用几何水准法按精密水准精度要求施测。并符合下列规定：
  - 1 道岔精调后，道岔定位中线允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ ，轨面高程允许偏差为  $-5\text{mm}\sim 0$ 。且与前后相连接线路一致。
  - 2 采用全站仪配合水准仪测量完成道岔精调后，应采用轨检小车对道岔平顺性进行检测。道岔静态平顺度应符合表 8.5.7 的规定。

表 8.5.7 道岔铺设静态（直向）平顺度允许偏差

序号	项目	允许偏差（mm）
1	高低（10 弦量）	2
2	轨向（10 弦量）	2
3	轨距	1

4	水平	1
---	----	---

### 8.6 板式道岔安装测量

8.6.1 混凝土找平层测量应以 CPIII 控制点为依据进行模板放样；模板安装定位允许差：高程 $\pm 5\text{mm}$ ，中线 $\pm 2\text{mm}$ 。混凝土找平层施工完成后，应按本规范 8.5.2 条的要求检测混凝土找平层断面。

8.6.2 道岔板定位应以 CPIII 控制点为依据，在混凝土找平层上测设道岔板角点和混凝土调节垫块角点。平面位置放样误差应 $\leq 5\text{mm}$ 。

8.6.3 道岔加密基桩测量应按本规范 8.5.4 条的要求测量。与正线和股道搭接时，至少应与正线 3 个加密基桩进行重合测量。

8.6.4 道岔板精调应采用全站仪三维放样模式，分别精确测量每块道岔板上的 4 个（或 6 个）棱镜位的三维坐标，并根据放样与计算差值调整道岔板调节架，对道岔板进行横向、纵向和竖向的调整。道岔板精调精度应满足：纵向偏差 $\leq 0.3\text{mm}$ ，横向偏差 $\leq 0.3\text{mm}$ ，竖向偏差 $\leq 0.3\text{mm}$  的要求。

8.6.5 道岔精调完成后，道岔定位中线允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ，轨面高程允许偏差为 $-5\text{mm}\sim 0$ 。道岔静态平顺度应符合表 8.5.7 的规定。

### 8.7 轨道精调测量

8.7.1 轨道铺设锁定完成后，应利用 CPIII 控制点、采用全站仪自由设站配合轨道几何状态测量仪进行轨道检测。

8.7.2 轨道检测前应将线路设计平面参数、纵断面参数和超高参数等录入轨道几何状态测量仪，并复核无误。

8.7.3 全站仪自由设站点应尽量靠近线路中线方向，后视不少于 4 对 CPIII 控制点。换站后，重复后视上一测站的 CPIII 控制点应不少于 4 个。每一测站最大测量距离应不大于 80 米。

8.7.4 轨道几何状态测量仪测量步长宜为 1 个轨枕间距。

8.7.5 检测内容包括线路中线位置、轨面高程、测点里程、坐标、轨距、水平、高低、扭曲。

8.7.6 测量限差应符合表 8.1.3 规定。

### 8.8 轨道竣工测量

8.8.1 轨道竣工测量前应按本规范 3.6 节的要求对 CPIII 控制点进行复测，复测结果在限差以内时

采用原测成果，超限时应检查原因，确认原测成果有错时，应采用复测成果。

8.8.2 轨道竣工测量应符合如下规定：

- 1 轨道竣工测量应采用轨检小车进行测量，轨检小车测量步长宜为 1 个轨枕间距；
- 2 轨道竣工测量主要检测线路中线位置、轨面高程、测点里程、坐标、轨距、水平、高低、扭曲；
- 3 轨道竣工测量的限差应符合相关验收标准的规定；

8.8.3 竣工测量完成后，应提交下列成果资料：

- 1 CP I、CP II、CP III控制点及水准基点的坐标、高程成果及点之记。
- 2 内业计算资料及成果表，成果表宜按表 8.8.3-1 填写；
- 3 技术总结，包括执行标准、施测单位、施测日期、施测方法、使用仪器、精度评定和特殊情况处理等内容；
- 4 竣工测量的原始观测值和记录项目必须在现场记录，不得涂改或凭记忆补记，基桩的名称必须记录正确。计算成果必须做到真实准确，格式统一，并应装订成册和长期保管。

表 8.8.3-1 控制点竣工测量成果表

工程名称： 里程段：

控制点名称和里程	实测 X 坐标 (m)	实测 Y 坐标 (m)	设计 X 坐标 (m)	设计 Y 坐标 (m)	实测里程 (m)	里程偏差 (m)	控制点横向偏差 (mm)	实测高程 (m)	设计高程 (m)	高程偏差 (mm)	备注

测量： 计算： 制表： 复核： 年 月 日

5 轨道铺设竣工测量宜按表 8.8.3-2 填写左、右轨铺设竣工测量成果表。

表 8.8.3-2 轨道铺设竣工测量成果表

工程名称： 里程段：

加密基桩名称	里程	设计线路高程 (m)	实测轨顶高程 (m)			实测轨距 (mm)	基桩自身横向偏差 (mm)	左轨高程偏差 (mm)	右轨高程偏差 (mm)	线路横向偏移 (mm)	轨距偏差 (mm)	备注
			左轨	右轨	超高							
		按铺轨设计图			按铺轨设计图							

[illegible]

## 9 构筑物的变形测量

## 9.1 一般规定

9.1.1 为满足对客运专线无碴轨道铁路线下构筑物变形评估的需要,并确定无碴轨道的铺设时机,以及为运营养护和维修提供依据,同时为确保高速铁路勘测、施工和运营的安全,应对高速铁路及其附属建筑物进行变形观测。

9.1.2 高速铁路变形监测的内容包括路基、桥梁、隧道、车站以及道路两侧高边坡和滑坡地段的垂直位移监测和水平位移监测。

9.1.3 在工程设计阶段,应对高速铁路变形测量的内容、方法、范围和监测频率进行规划和设计,并及时进行变形观测。

9.1.4 变形监测网（水平位移监测网、垂直位移监测网）应按如下原则建立：

1 水平位移监测网可采用独立坐标系统按三等精度要求建立, 并一次布网完成。不能利用 CP I 和 CP II 控制点的监测网, 至少应与二个 CP I 或 CP II 控制点联测, 以便引入客运专线无碴轨道铁路工程测量平面坐标系统, 实现水平位移监测网坐标与施工平面控制网坐标的相互转换。

2 垂直位移监测网可根据需要独立建网,按二等水准测量精度施测,并采用施工高程控制网系统。不能利用水准基点的监测网,在施工阶段至少应与一个线路水准点联测,使垂直位移监测网与施工高程控制网高程基准一致。

9.1.5 变形测量点分为基准点、工作基点和变形观测点。其布设应符合下列规定:

1 每个独立的监测网应设置不少于 3 个稳固可靠的基准点, 且基准点的间距不大于 1 公里。

2 工作基点应选在比较稳定的位置。对观测条件较好或观测项目较少的工程,可不设立工作基点,在基准点上直接测量变形观测点。

3 变形观测点应设立在变形体上能反映变形特征的位置, 并与建筑物稳固地连接在一起。

9.1.6 高速铁路变形监测的精度等级应按照监测量的中误差应小于允许变形值的  $1/10 \sim 1/20$  的原则进行设计, 并符合表 9.1.6 规定。

表 9.1.6 变形测量等级及精度要求

变形测量等级	垂直位移测量		水平位移观测
	变形观测点的高程中误差 (mm)	相邻变形观测点的高差中 误差 (mm)	变形观测点的点位中 误差 (mm)
一等	±0.3	±0.1	±1.5
二等	±0.5	±0.3	±3.0
三等	±1.0	±0.5	±6.0

四等	$\pm 2.0$	$\pm 1.0$	$\pm 12.0$
----	-----------	-----------	------------

9.1.7 基准点可采用深埋方法建立或选设在变形影响范围以外便于长期保存的稳定位置。使用时应作稳定性检查与检验，并应以稳定或相对稳定的点作为测定变形的参考点。

9.1.8 每周期观测前，对所使用的仪器和设备，应进行检验校正，并保留检验记录。

9.1.9 每周期变形观测时，应符合下列规定：

- 1 采用相同的图形或观测路线和观测方法；
- 2 使用同一仪器和设备；
- 3 固定观测人员；
- 4 在基本相同的环境和观测条件下工作。

9.1.10 客运专线无碴轨道构筑物变形测量的观测范围、观测点的建立、观测阶段及频次等按《客运专线铁路无碴轨道铺设条件评估技术指南》执行。

9.1.11 水平位移监测应符合下列规定：

- 1 采用前方交会法时，交会角应在  $60^\circ \sim 120^\circ$  之间，并宜采用三点交会；
- 2 采用极坐标法时，其边长应采用全站仪测定；
- 3 采用视准线法时，其测点埋设偏离基准线的距离，不应大于 2cm；对活动觇标的零位差，应进行测定；
- 4 水平位移观测点的施测精度按第 9.1.6 条要求执行。

9.1.12 垂直位移监测应符合下列规定：

- 1 垂直位移观测点的精度和观测方法应符合表 9.1.12 的规定。

表 9.1.12 垂直位移观测点的精度要求和观测方法

等 级	高程中误差 (mm)	相邻点高差中 误差 (mm)	观测方法	往返较差、附和或 环线闭合差 (mm)
一 等	$\pm 0.3$	$\pm 0.15$	除宜按国家一等精密水准测量外，尚需设双 转点，视线 $\leq 15\text{m}$ ，前后视距差 $\leq 0.3\text{m}$ ，视 距累积差 $\leq 1.5\text{m}$ ；	$\leq 0.15\sqrt{n}$
二 等	$\pm 0.5$	$\pm 0.3$	宜按国家一等精密水准测量；	$\leq 0.30\sqrt{n}$
三 等	$\pm 1.0$	$\pm 0.5$	宜按本暂行规定二等水准测量；	$\leq 0.60\sqrt{n}$
四 等	$\pm 2.0$	$\pm 1.00$	宜按本暂行规定三等水准测量；	$\leq 1.40\sqrt{n}$

- 2 垂直位移观测的各项记录，必须注明观测时的气象和荷载变化情况。

9.1.13 高速铁路变形监测的频率应根据监测目的、变形量的大小和变形速度进行设计。要求监测的频率既要反映变形的过程，不遗漏变形的时刻，又要科学制定以降低监测的工作量。

## 9.2 变形监测基准网

9.2.1 水平位移监测网的建立应符合下列规定：

- 1 水平位移监测网可采用独立坐标系统一次布设；控制点宜采用有强制归心装置的观测墩；照准标志采用强制对中装置的觇牌或红外测距反射片。
- 2 水平位移监测网的主要技术要求应符合表 9.2.1 的规定。

表 9.2.1 水平位移监测网的主要技术要求

等 级	相邻基准点的 点位中误差 (mm)	平均 边长 (m)	测角 中误差 (″)	最弱边相对 中误差	作业要求
一 等	±1.5	<300	±0.7	≤1/250000	宜按国家一等平面控制 测量要求观测
		<150	±1.0	≤1/120000	宜按国家二等平面控制 测量要求观测
二 等	±3.0	<300	±1.0	≤1/120000	宜按国家二等平面控制 测量要求观测
		<150	±1.8	≤1/70000	宜按国家三等平面控制 测量要求观测
三 等	±6.0	<350	±1.8	≤1/70000	宜按国家三等平面控制 测量要求观测
		<200	±2.5	≤1/40000	宜按国家四等平面控制 测量要求观测
四 等	±12.0	<400	±2.5	≤1/40000	宜按国家四等平面控制 测量要求观测

3 在设计水平位移监测网时，应进行精度预估，选用最优方案。

9.2.2 垂直位移监测网的建立应符合下列规定：

- 1 垂直位移监测网应布设成闭合环状、结点或附合水准路线等形式。
- 2 水准基点应埋设在变形区以外的基岩或原状土层上，亦可利用稳固的建筑物、构筑物设立墙上水准点。

3 垂直位移监测网的主要技术要求应符合表 9.2.2 的规定：

表 9.2.2 垂直位移监测网的主要技术要求

等级	相邻基准点 高差中误差 (mm)	每站高差 中误差 (mm)	往返较差、附合 或环线闭合差 (mm)	监测已测 高差较差 (mm)	使用仪器、观测方法及要求
一等	0.3	0.07	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$	DS <sub>05</sub> 型仪器，视线长度≤15m，前后视距差≤0.3m，视距累积差≤1.5m。宜按国家一等水准测量的技术要求施测。
二等	0.5	0.13	$0.3\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$	DS <sub>05</sub> 型仪器，宜按国家一等水准测量的技术要求施测。
三等	1.0	0.3	$0.6\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$	DS <sub>05</sub> 或 DS <sub>1</sub> 型仪器，宜按本暂行规定二等水准测量的技术要求施测
四等	2.0	0.7	$1.40\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$	DS <sub>1</sub> 或 DS <sub>3</sub> 型仪器，宜按本暂行规定三等水准测量的技术要求施测

### 9.3 路基变形测量

9.3.1 路基变形监测主要包括：路基面的沉降观测，路基基底沉降观测，路基坡脚位移观测和过渡段沉降观测。

9.3.2 路基工程沉降变形观测以路基面沉降观测和地基沉降观测为主，应根据不同的结构部位、填方高度、地基条件、堆载预压等具体情况来设置沉降变形观测断面。同时应根据施工过程中掌握的地形、地质变化情况调整或增设观测断面。

9.3.3 观测断面一般按以下原则设置，同时应满足设计文件要求；

1 路基沉降变形观测断面根据不同的地基条件，不同的结构部位等具体情况设置。沉降观测断面的间距一般不大于 50m，对于地势平坦、地基条件均匀良好、高度小于 5m 的路堤或路堑可放宽到 100m；对于地形、地质条件变化较大地段应适当加密。沉降观测可在路肩设置观测桩、在线路中心设置沉降板、剖面沉降管或单点沉降计。在软土、松软地段两侧坡脚设置位移观测边桩，分别位于坡脚外 5m、15m 处，并与沉降观测位于同一断面上。

2 路桥过渡段，于紧靠桥台设一断面，10m、30m 处各设一断面。路涵过渡段，路涵过渡段于涵洞顶斜向设横剖面管，并于涵洞两侧 2m 设一观测断面。

9.3.4 观测点一般按以下原则设置，同时应满足设计文件要求：

1 为有利于测点看护，集中观测，统一观测频率，各观测项目数据的综合分析，各部位观测点须设在同一横断面上。

2 一般路堤地段观测断面包括沉降观测桩和沉降板，沉降观测桩每断面设置 3 个，布置于双线路基中心及左右线中心两侧各 2m 处；沉降板每断面设置 1 个，布置于双线路基中心。

3 软土、松软土路堤地段观测断面一般包括剖面沉降管、沉降观测桩、沉降板和位移观测桩。沉降观测桩每断面设置 3 个，布置于双线路基中心及两侧各 2m 处，沉降板位于双线路基中心，位移观测边桩分别位于两侧坡脚外 2m、10m 处，并与沉降观测桩及沉降板位于同一断面上，剖面沉降管位于基底。

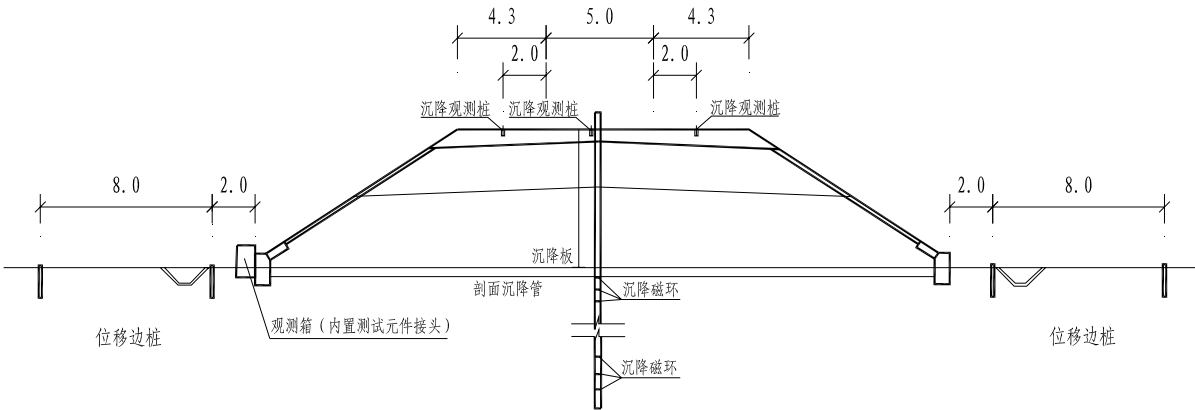


图 9.3.4 松软土地段观测断面布置图

4 路堑地段观测断面分别于路基中心，左右中心线以外 2m 的路基面处各设 1 根沉降观测桩，观测路基面的沉降。

9.3.5 路基沉降观测应按二等水准测量要求进行，观测点的测量精度为  $\pm 1.0\text{mm}$ ，读数取位至  $0.01\text{mm}$ ；剖面沉降观测的精度应不低于  $4\text{mm}/30\text{m}$ ；平面位移观测测距误差  $\leq \pm 3\text{mm}$ ，方向观测水平角误差  $\leq \pm 2.5''$ 。

9.3.6 路堤地段从路基填土开始进行沉降观测；路堑地段从级配碎石顶面施工完成开始观测。路基填筑完成或施加预压荷载后应有不少于 6 个月的观测期。观测数据不足以评估或工后沉降评估不能满足设计要求时，应延长观测时间或采取必要的加速或控制沉降的措施。

9.3.7 路基沉降观测的频次不低于表 9.3.7 的规定。

表 9.3.7 路基沉降观测频次

观测阶段	观测频次	
填筑或堆载	一般	1 次/天
	沉降量突变	2~3 次/天
	两次填筑间隔时间较长	1 次/3 天

堆载预压或 路基施工完毕	第 1 个月	1 次/周
	第 2、3 个月	1 次/2 周
	3 个月以后	1 次/月
无碴轨道铺设后	第 1 个月	1 次/2 周
	第 2、3 个月	1 次/月
	3~12 个月	1 次/3 月

9.3.8 在沉降观测实施过程中,观测时间的间隔还要根据地基的沉降值和沉降速率进行调整。当两次连续观测的沉降差值大于 4mm 时应加密观测频次;当出现沉降突变、地下水变化及降雨等外部环境变化时应增加观测频次。观测应持续到工程验收交由运营管理部门继续观测。

9.3.9 路基沉降观测成果资料整理应符合下列规定。

1 应采用统一的路基沉降观测记录表格,做好观测数据的记录与整理,观测资料应齐全、详细、规范,符合设计要求。

2 根据观测资料,及时完成每个观测标志点的荷载—时间—沉降曲线的绘制。

3 及时整理、汇总、分析沉降观测资料,按有关规定整理成册,报送有关单位进行沉降分析、评估。

## 9.4 桥涵变形测量

9.4.1 桥梁变形观测包括桥梁承台、墩身和梁体徐变变形观测;涵洞变形观测包括涵洞自身及涵顶填土沉降观测。

9.4.2 为满足桥梁变形观测的需要,应在梁体及每个桥梁承台及墩身上设置观测标。观测标具体埋设原则如下:

1 桥台观测标应设置在台顶(台帽及背墙顶),测点数量不少于 4 处,分别设在台帽两侧及背墙两侧(横桥向)。

2 承台观测标为临时观测标,当墩身观测标正常使用后,承台观测标随基坑回填将不再使用。承台观测标分为观测标-1、观测标-2,承台观测标-1 设置于底层承台左侧小里程角上;承台观测标-2 设置于底层承台右侧大里程角上。

3 墩身观测标埋设,当墩全高大于 14m 时(指承台顶至墩台垫石顶),需要埋设两个墩身观测标;当墩全高 $\leq 14\text{m}$ 时,埋设一个墩身观测标。墩身观测标一般设置在墩底部高出地面或常水位 0.5m 左右的位置;当墩身较矮,梁底距离地面净空较低不便于立尺观测时,墩身观测标可设置在对应墩身埋标位置的顶帽上。特殊情况可按照确保观测精度、观测方便、利于测点保护的原则,确定相应的位置。

4 梁体变形观测点的布设应符合下列规定:

(1) 对原材料变化不大、预制工艺稳定、批量生产的预应力混凝土预制梁,每 30 孔选择 1 孔设置观测标,当实测弹性上拱度大于设计值的梁,前后未观测的梁应补充观测标,逐孔进行观测;其余现浇梁逐孔设置观测标。移动模架施工的梁,对前 6 孔进行重点观测,以验证支架预设拱度的精度。验证达到设计要求后,可每 10 孔选择 1 孔设置观测标,当实测弹性上拱度大于设计值的梁,前后未观测的梁应补充观测标,逐孔进行观测。

(2) 简支梁的一孔梁设置观测标 6 个,分别位于两侧支点及跨中;连续梁上的观测标,根据不同跨度,分别在支点、中跨跨中及边跨 1/4 跨中附近设置,3 跨以上连续梁中跨布置点相同

(3) 钢结构桥梁梁部不存在徐变,为了观测变形,每孔设置 6 个观测标,分别在支点及跨中设置。

(4) 对大跨度桥梁等特殊结构应由设计单位单独制定变形观测方案,施工单位按照设计方案进



行观测。

9.4.3 涵洞自身沉降观测需要在涵洞边墙两侧布置沉降观测点，测点数量不少于4个。涵顶填土沉降观测参照路基地段沉降观测点布置方式，采用在涵顶线路中心位置埋设沉降板进行观测的方式。

9.4.4 桥涵变形观测应满足下列要求

1 依据变形观测点的埋设要求或图纸设计的变形观测点布点图，确定变形观测点的位置。在控制点与变形观测点之间建立固定的观测路线，并在架设仪器站点与转点处作好标记桩，保证各次观测均沿同一路线。

2 首次观测应在观测点稳固后及时进行。首次观测的变形观测点高程值是以后各次观测用以比较的基础，应使用测量精度不低于±1mm的水准仪施测，并且要求每个观测点首次高程应在同期观测两次后决定。

3 变形观测中应符合以下规定

- (1) 严格按测量规范的要求施测；
- (2) 各次观测宜按照固定的观测路线进行；
- (3) 随时观测，随时检核计算，观测时要一次完成，中途不中断；
- (4) 在雨季前后要联测，检查水准点的标高是否有变动。

9.4.5 每个桥梁墩台在承台施工完成后开始进行首次沉降观测，以后根据表9.4.5中要求的时间间隔进行观测。

表 9.4.5 墩台沉降观测频次

观测阶段		观测频次		备注
		观测期限	观测周期	
墩台基础施工完成				设置观测点
墩台混凝土施工		全程	荷载变化前后各1次或1次/周	承台回填时，测点应移至墩身或墩顶，二者高程转换时的测量精度要求不应低于首次测量要求
预 制 梁 桥	架梁前	全程	1次/周	
	预 制 梁 架 设	全程	前后各1次	
	附 属 设 施 施 工	全程	荷载变化前后各1次或1次/周	
桥 位 施 工 桥 梁	制梁前	全程	1次/周	
	上 部 结 构 施 工 中	全程	荷载变化前后各1次或1次/周	
	附 属 设 施 施 工	全程		
架桥机（运梁车）通过		全程	前后各1次	至少进行2次通过前后的观测
桥梁主体工程完工～无碴轨道铺设前		≥6个月	1次/周	岩石地基的桥梁，一般不宜少于2个月
无碴轨道铺设期间		全程	1次/天	
无碴轨道铺设完成后	24个	0～3个月	1次/月	工后沉降长期观测
		4～12个月	1次/3月	

	月	13~24 个月	1 次/6 月	
--	---	----------	---------	--

注：1、观测墩台沉降时，应同时记录结构荷载状态、环境温度及天气日照情况。

2、架桥机（运梁车）通过时观测要求：第一次通过和第二次通过前后均需要观测，其后每 1 次/1 天，连续 2 次；其后每 1 次/3 天，连续 3 次，以后 1 次/1 周。

9.4.6 梁体徐变变形观测需在梁体施工完成后开始布置测点，并在张拉预应力前进行首次观测，各阶段观测频次要满足表 9.4.6 的要求。

表 9.4.6 梁体变形观测

梁体测量间隔表	
观测阶段	观测周期
梁 体	
预应力张拉期间	张拉前、后各 1 次
桥梁附属设施安装	安装前、后各 1 次
预应力张拉完成~无碴轨道铺设前	张拉完成后第 1 天
	张拉完成后第 3 天
	张拉完成后第 5 天
	张拉完成后 1~3 月，每 7 天为一测量周期
无碴轨道铺设期间	每天 1 次
无碴轨道铺设完成后	第 0~3 个月，每 1 个月为一测量周期
	第 4~12 个月，每 3 个月为一测量周期
	第 13~24 个月，每 3 个月为一测量周期

9.4.7 每个涵洞基础施工完成后开始进行首次沉降观测，以后根据表 9.4.7 中要求的时间间隔进行观测。

表 9.4.7 涵洞沉降观测频次

观测阶段	观测频次		备注
	观测期限	观测周期	
涵洞基础施工完成			设置观测点
涵洞主体施工完成	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	观测点移至边墙两侧
涵顶填土施工	全程		
架桥机（运梁车）通过	全程	前后	至少进行 2 次通过前后的观测
涵洞完工~无碴轨道铺设前	≥6 个月	1 次/周	岩石地基的涵洞，一般不宜少于 2 个月
无碴轨道铺设期间	≥6 个月	1 次/天	
无碴轨道铺设完成后	24 个月	0~3 个月	工后沉降长期观测
		4~12 个月	
		13~24 个月	

9.4.8 变形观测数据采集应符合下列要求

1 数据采集要求真实，杜绝弄虚作假。测量单位要按照观测时间的要求，及时进行沉降和徐变观测，并注意每次进行观测的当日时间应尽可能相同。

2 观测数据应按照统一的表格形式填写，现场测量原始记录要建档保存。报送的数据采用电子

表格记录，数据格式统一。

3 对测量数据建立管理档案，由专人负责，统一管理。

9.4.9 数据分析处理及成果整理要求如下

1 单一墩台、涵洞或梁跨工点变形观测曲线分析

对采集数据及时整理，绘出变形观测曲线。这是一个简单的数据处理过程，通过绘制的单墩、涵洞或梁跨的变形曲线，可以直观地看出每个阶段墩台基础、涵洞及梁跨的变形数值。

2 对多个墩台沉降归纳、分析

对于一座桥，不仅仅要控制每一个墩台的沉降，同时也要控制相邻桥墩的不均匀沉降。因此，对多个桥墩沉降进行整体分析，由单墩沉降曲线绘制出多个桥墩的沉降曲线。

3 计算变形与实际观测对照分析

墩台基础的沉降量应按恒载计算，其工后沉降量不应超过下列容许值：墩台均匀沉降量：对于无碴桥面桥梁 20mm。静定结构相邻墩台沉降量之差：对于无碴桥面桥梁： $\Delta=5\text{ mm}$ 。

9.5 隧道变形测量

9.5.1 隧道变形测量应在隧道主体工程完工后进行，变形观测期一般不应少于 3 个月。观测数据不足或工后沉降评估不能满足设计要求时，应适当延长观测期。

9.5.2 观测断面的布设应符合下列规定

1 隧道洞门结构范围内布设一个观测断面。

2 隧道内围岩变化处布设一个观测断面。

3 隧道内一般地段观测断面的布设根据地质围岩级别确定，II 级围岩段原则上不设变形观测点，必要时每 800m 设一处变形观测断面，III 级围岩每 400m、IV 级围岩每 300m、V 级围岩每 200m 布设一个观测断面，地应力较大、断层破碎带等不良和复杂地质区段适当加密布设。

4 隧道洞口、明暗分界处和变形缝处均应进行沉降观测。

5 每个观测断面在仰拱填充面距离水沟电缆槽侧壁 10cm 处埋设一对沉降观测点。

9.5.3 变形观测点及观测元器件的埋设位置应标设准确、埋设稳定。观测期间应对观测点采取有效的保护措施，防止施工机械的碰撞，人为因素的破坏。

9.5.4 隧道变形观测所使用的仪器和设备应进行定期检查并作出详细记录；每次测量宜采用同一仪器，固定观测人员，采用相同的观测路线和观测方法，在基本相同的环境和观测条件下工作。

9.5.5 隧道沉降观测点水准测量精度为 $\pm 1\text{mm}$ ，读数取位至 0.1mm。

9.5.6 隧道基础沉降观测的频次不低于表 9.5.6 的规定，沉降稳定后可不再进行观测。

表 9.5.6 隧道基础沉降观测频次

观测阶段	观测频次		
	观测期限		观测周期
隧底工程完成后	3 个月		1 次/周
无碴轨道铺设后	3 个月	0~1 个月	1 次/周
		1~3 个月	1 次/2 周

9.5.7 隧道基础的沉降预测与评估方法采用路基沉降预测采用的曲线回归法，具体应满足以下要求：

1 根据隧道完成或回填土后不少于 3 个月的实际观测数据作多种曲线的回归分析，确定沉降变形的趋势，曲线回归的相关系数不应低于 0.92。

2 沉降预测的可靠性应经过验证，间隔不少于 3 个月的两点预测最终沉降的差值不应大于 8mm。

3 隧道完成或回填土后，最终的沉降预测时间应满足设计要求。

4 预测的隧道基础工后沉降值不应大于 15mm，并应满足无碴轨道有关设计要求。

## 9.6 测量成果整理

9.6.1 高速铁路变形监测网的平差计算采用专业的变形监测数据处理软件进行处理。平差计算前，先绘出平差网图，注明线路方向、高差和长度，检查各环线闭合差是否符合限差要求。

9.6.2 用平差结果直接分析出起算点的兼容情况，弃用不兼容的起算点后再平差计算。平差后得出每个待定点的高程和高程中误差及按 $[pvv]$ 计算的单位权中误差，分析成果中偶然误差和系统误差的影响程度，对水准网的观测质量作综合评定。

9.6.3 检算各项闭合差符合要求后，计算每千米高差中数偶然中误差和全中误差以及各点的偶然中误差、最弱点中误差和相邻点相对高程中误差，作出精度评价。

9.6.4 各监测点高程中误差、观测所得沉降量的中误差等精度信息。用严密的整体平差方法求出各监测点的高程及相对上一期和第一期的沉降量。

9.6.5 全部观测工作完成后，在编写的《无碴轨道线路垂直位移监测技术总结报告》中汇入各种图表及数据，作为工程总结和技术档案。《高速铁路线路垂直位移监测技术总结报告》一式四份，监测工作全部结束时提交。

9.6.6 构筑物变形测量的相关资料应在竣工交验时一并移交接收单位。应提交下列综合成果资料：

- 1 施测方案与技术设计书；
- 2 控制点与观测点平面布置图；
- 3 标石、标志规格及埋设图；
- 4 仪器检验与校正资料；
- 5 观测记录手簿；
- 6 平差计算、成果质量评定资料及测量成果表；
- 7 变形过程和变形分布图表；
- 8 变形分析成果资料；
- 9 变形测量技术报告。

## 附录 A 控制点埋石图及标志注字方法

本附录所规定的各级平面水准点标石的埋设规格均为一般地区普通标石的埋设（标石可采用混凝土预制桩或现场浇注），对于特殊地区的标石埋设，应根据线路所在地区的土质、地质构造及区域沉降等因素，进行特殊地区的控制点埋设（如基岩点、深埋点等）。

### A.1 控制点标志

A.1.1 金属标志制作材料为铸铁或其它金属。规格应符合图 A.1.1 的规定，图中“××××××”处为测量单位名称。

A.1.2 不锈钢标志可采用直径为 12~20mm，长度为 20~30mm 不锈钢材料，下部采用普通钢筋焊接而成。规格应符合图 A.1.2 的规定。

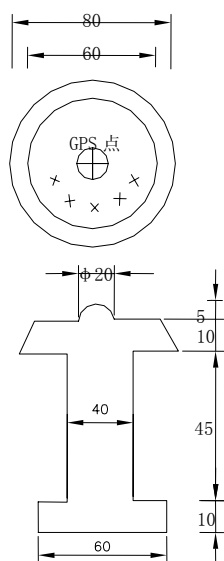


图 A.1.1 金属标志（单位：mm）

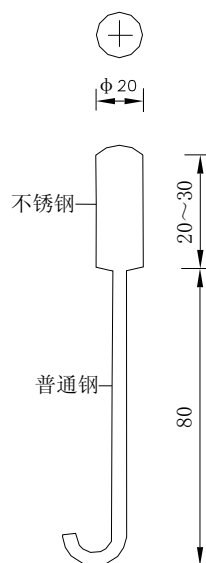


图 A.1.2 不锈钢标志（单位：mm）

### A.2 平面控制点标石的埋设

A.2.1 建筑物顶上设置标石，标石应和建筑物顶面牢固连接。建筑物上各等平面控制点标石设置规格应符合图 A.2.1-1、图 A.2.1-2 的规定。

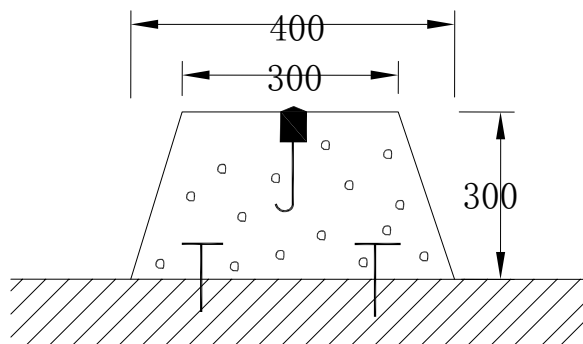


图 A.2.1-1 建筑物 CP0 平面控制点标石 (单位: mm)

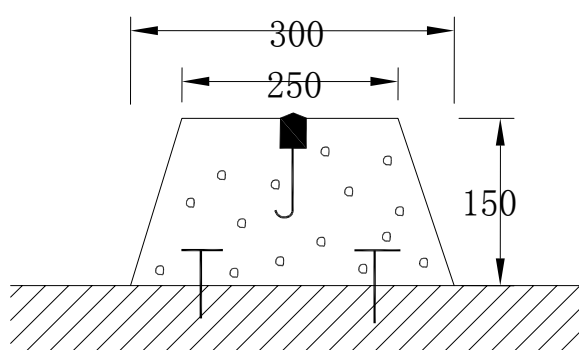


图 A.2.1 建筑物上 CPI、CPII 平面控制点标石 (单位: mm)

A.2.2 CP0 控制点标石埋设规格应符合图 A.2.2 的规定。

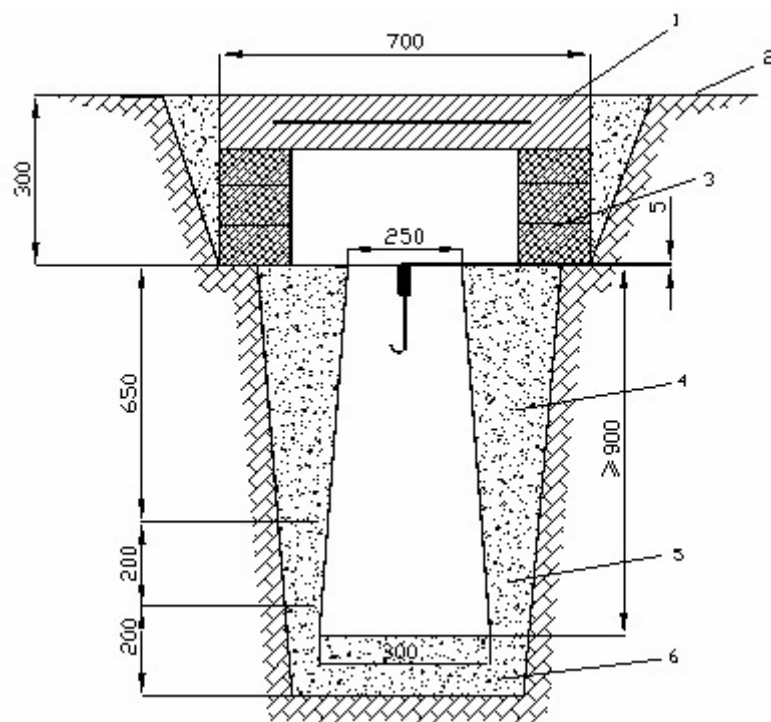


图 A.2.2 CP0 控制点标石埋设图 (单位: mm)

注: 1—盖; 2—土面; 3—砖; 4—素土; 5—冻土; 6—贫混凝土

A. 2. 3 二等导线/三角形网/GPS 平面控制点点标石埋设规格应符合图 A. 2. 3 的规定。

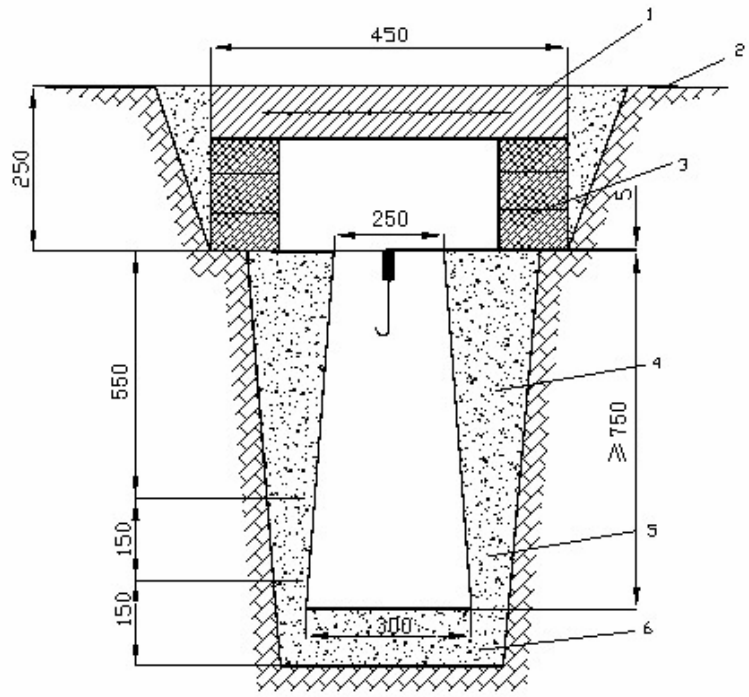


图 A.2.3 二等导线/三角形网/GPS 平面控制点点标石埋设图 (单位: mm)

注: 1—盖; 2—土面; 3—砖; 4—素土; 5—冻土; 6—贫混凝土

A. 2. 4 三等导线/三角形网/GPS 平面控制点点标石埋设规格应符合图 A. 2. 5 规定。

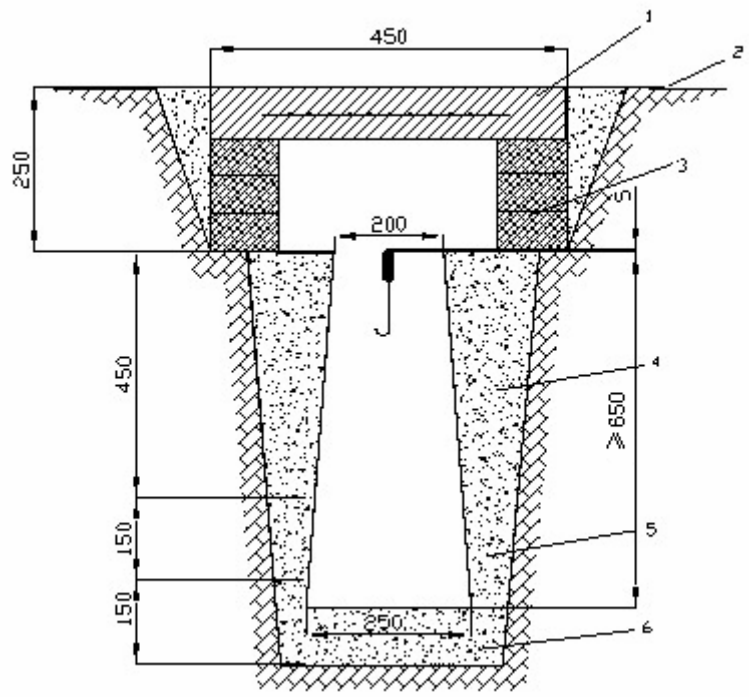


图 A.2.4 三等及以上导线/三角形网/GPS 平面控制点点标石埋设图 (单位: mm)

注: 1—盖; 2—土面; 3—砖; 4—素土; 5—冻土; 6—贫混凝土

A.2.5 四等导线/三角形网/GPS 平面控制点标石埋设规格应符合图 A.2.5 规定。

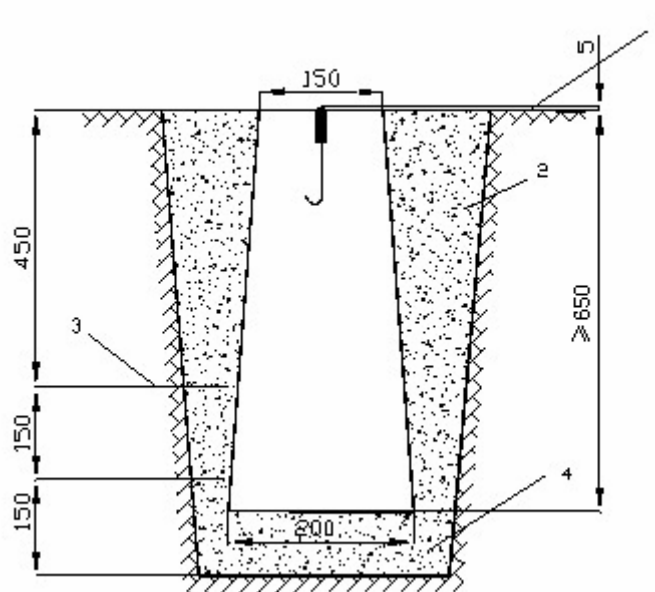


图 A.2.5 四等导线/三角形网/GPS 平面控制点标石埋设图 (单位: mm)

注: 1—土面; 2—素土; 3—冻土线; 4—贫混凝土

A.2.6 一、二级导线/五等 GPS 平面控制点标石埋设规格应符合图 A.2.6 规定。

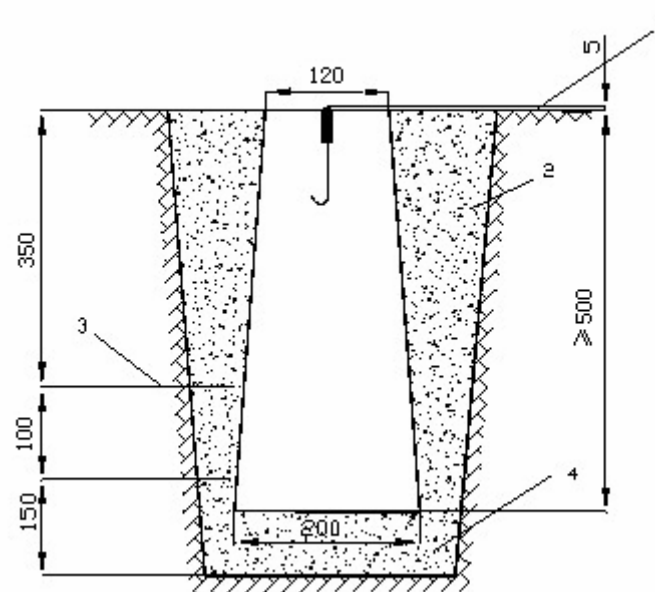


图 A.2.5 一、二级导线/五等 GPS 平面控制点标石埋设图 (单位: mm)

1—土面；2—素土；3—贫混凝土





Technical drawing of a vertical shaft cross-section. The shaft has a top diameter of 150 and a bottom diameter of 200. It is surrounded by a concrete ring (2) and an outer brick wall (3). The total height is 650. The shaft is divided into three sections: 150, 150, and 150. A hook is shown at the top of the shaft.

1—地面；2—素土；3—冻土线；4—贫混凝土

1--墙面

A. 3.5 深埋点水准点规格

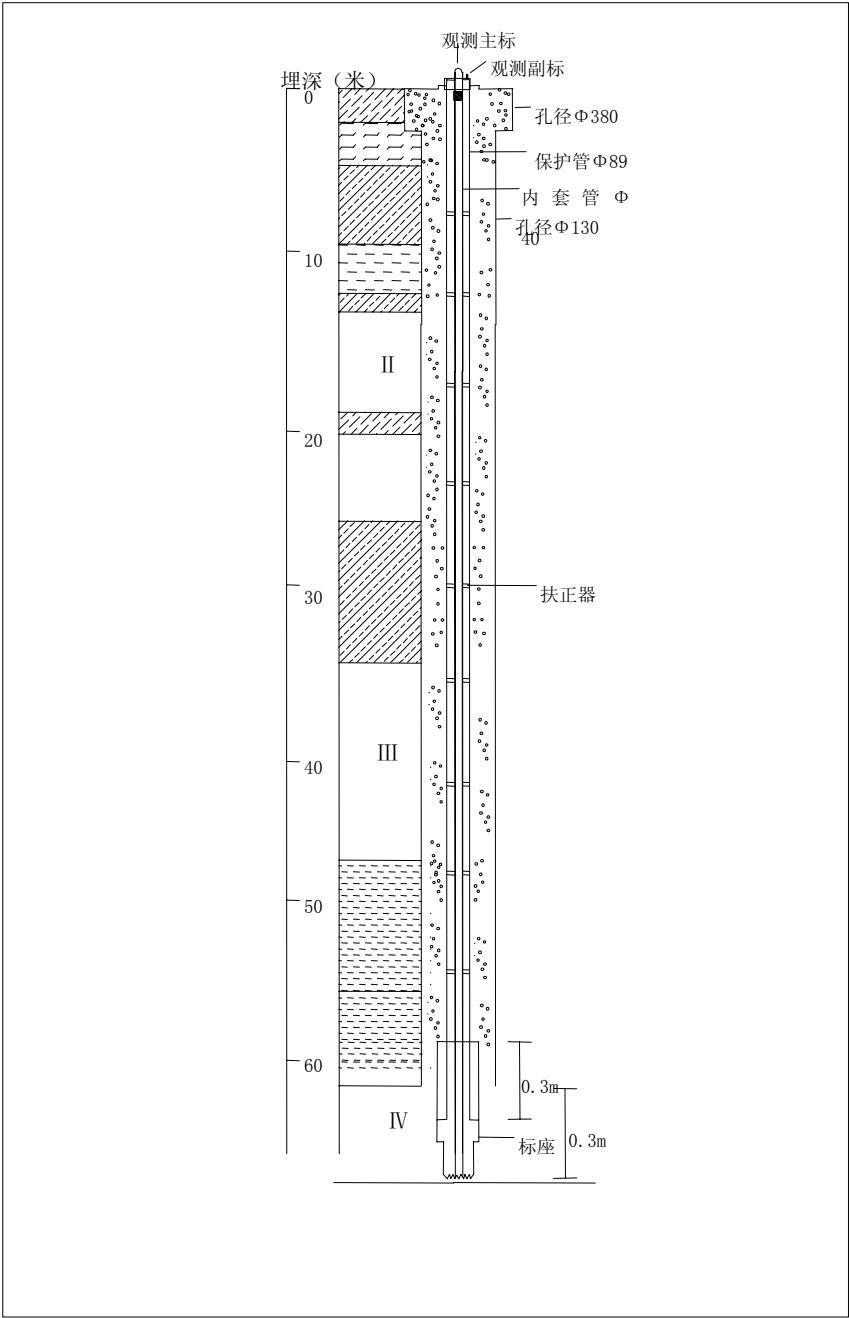


图 A. 3.5 深埋点水准点规格及埋设图

## A.4 CPIII 控制点的埋设要求

### A.4.1 有砟轨道 CPIII 平面控制点布设要求

有砟轨道 CPIII 平面控制点布设应兼顾施工及运营维护要求，距线路中心 2.5~3.5m，沿线路每隔 150~200m，相邻点间必须相互通视，相邻点宜按左右侧交替埋设，也可在铁路同侧埋设。控制点元器件采用工厂精加工元器件，观测标志应用不易生锈及腐蚀的金属材料制作，能够长期保存、不变形、体积小、结构简单、安装方便，标心为“+”，标心清晰，对中误差满足小于 $\pm 1\text{mm}$ 。

1 路基地段应埋设在接触网杆基座内侧方便架设全站仪的地方。埋设在接触网杆基座上的标志应采用混凝土取孔器取一直径不小于 80mm，深不小于 250mm 的孔洞，再安置直径为 10~16mm，长度不小于 200mm 的钢钉，最后用混凝土或强力粘合剂将测量标志固稳，标志头应比接触网杆基座顶高 5~8mm；埋设在路肩上标志的尺寸应满足下图要求，一般距线路中心 2.9m（接触网杆基座内侧联线）。

2 桥梁地段 CPIII 平面控制桩宜设在挡碴墙顶端，安置强制对中器，点位应设于避车台处挡碴墙顶（避车台附近）。

3 隧道地段 CPIII 平面控制桩设在电缆槽顶，安全稳固，不受干扰，便于保存的地方。洞内 CPIII 埋设时，采用冲击钻钻好孔，再埋设测量标志，最后用水泥或强力粘合剂将测量标志固稳。

4 CPIII 控制点号应唯一，便于查找，编号规则应符合以下要求：

（1）以里程公里数字为字头，按照公里数递增进行编号，其编号反映里程数。

（2）所有线路里程增加方向轨道左侧编号为奇数，里程增加方向轨道右侧编号为偶数，在有长短链地段应注意编号不能重复。

（3）CPIII 编号统一为七位数，具体规则为： $\times\times\times\times$ （里程整公里数）+3（表示 CPIII）+ $\times\times$ （该公里段序号）。

如： $\times\times\times\times 301$ ， $\times\times\times\times\text{CPIII}02$ ，“ $\times\times\times\times$ ”为线路里程，如 K179 至 K180 公里段 1 公里范围内按里程增长方向，CPIII 控制点编号可为“0179301，0179302……”。

5 CPIII 控制点编号应清晰、明显地标在线路内侧，路基地段宜标绘于接触网杆；桥梁地段宜标绘于挡碴墙内侧标志正下方 0.2m；隧道地段宜标绘于标志正上方 1.2m。点号标志字号应采用统一规格字模，字高为 6cm 的正楷字体刻绘，并用白色油漆抹底，红色油漆喷写编号。点号铭牌白色抹底规格为 40cmX30cm，红色油漆应注明 CPII 编号，工程线名简称，施测单位名简称。

### A.4.2 无砟轨道边角交会网 CPIII 控制点的技术要求

#### 1 元器件要求

（1）无砟轨道 CPIII 控制点的元器件必须采用工厂精加工元器件（要求采用数控机床），用不易生锈及腐蚀的金属材料制作，有带支架的反射镜、轨道标记销钉、标记点锚固螺栓、栓孔保护销钉（塑料）等。平面和高程控制标志分别短标、长标，观测时进行平面、高程标互换。

（2）CPIII 控制网的测量标志必须达到以下要求：具有强制对中、能在其上安置和整平棱镜、可将标志上的高程准确地传递到棱镜中心、能够校准棱镜上的圆水准气泡等功能，而且能够长期保存、不变形、体积小、结构简单、安装方便、价格适中；

（3）同一套测量标志在同一点重复安装的空间位置偏差应该小于 $\pm 0.5\text{mm}$ ，分解到 X、Y、Z 方向的重复安装偏差三方向应均小于 $\pm 0.3\text{mm}$ ；

（4）不同套测量标志在同一点重复安装的空间位置偏差也应该小于 $\pm 0.5\text{mm}$ ，分解到 X、Y、Z 方向的重复安装偏差三方向应均小于 $\pm 0.3\text{mm}$ ；

（5）同一段线路上的轨道施工精调和精测单位、竣工时的轨道线形竣工测量单位、运营期间

的轨道维护和测量单位，必须使用同一型号的 CPIII 控制网测量标志。

2 埋设要求：CPIII 控制点距离布置一般为 60 m 左右一对，且不应大于 80 m， CPIII 控制点布设高度应与轨道面上保持一定的高度。

(1) 一般路基地段宜布置在接触网杆上。

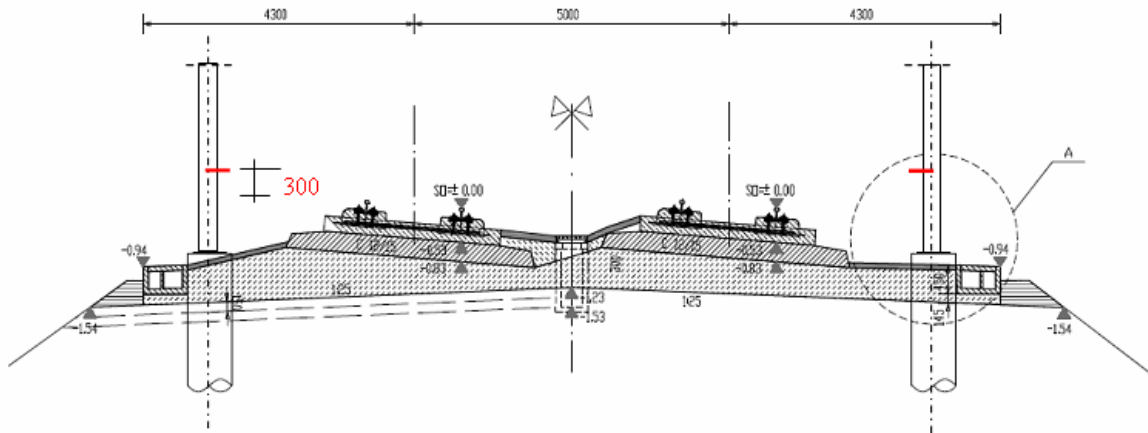


图 A.4.2-1 无砟轨道 CPIII 路基地段埋设示意图

注：CPIII 控制点距离设计轨面高差一般为 300mm 左右。

(2) 当路基地段没有施工接触网杆时可以在路基上布置临时控制点桩或布置在已施工的接触网杆的基座上。

(3) 桥梁上一般布置在防护墙上。

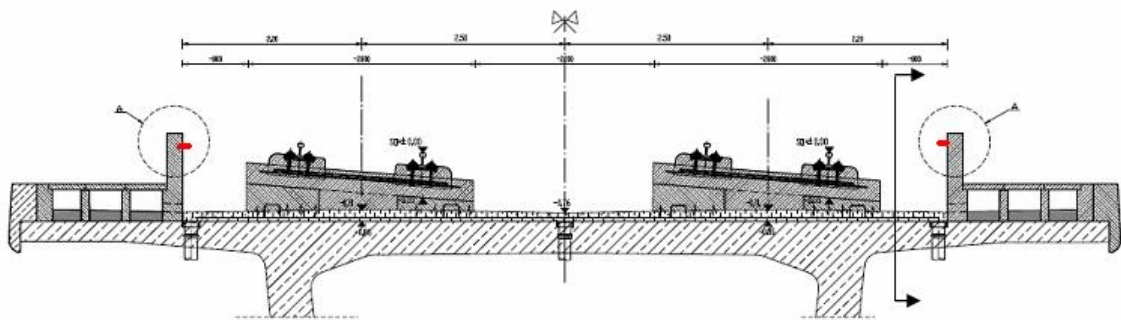


图 A.4.2-2 无砟轨道 CPIII 控制点桥梁上埋设示意图

注：1、CPIII 控制点距防护墙表面 50mm 左右。

(4) 隧道里一般布置在电缆槽顶面以上 30—50 厘米的边墙内衬上。

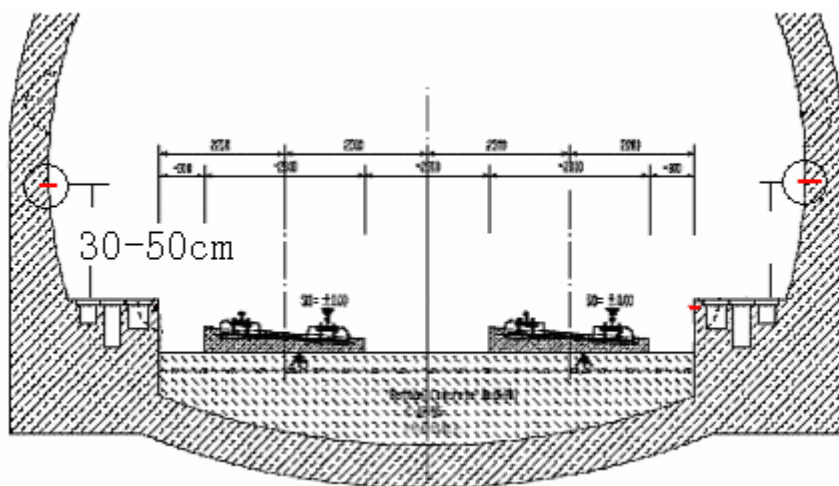


图 A.4.2-3 无砟轨道 CPIII 控制点隧道内埋设示意图

注：标记点设置在内衬上，点位距电缆槽边墙表面 30-50cm 左右。

CPIII 控制点应设置在稳固、可靠、不易破坏和便于测量的地方，并应防冻、防沉降和抗移动，控制点标识要清晰、齐全、便于准确识别和使用。

### 3 CPIII 控制点的安装

CPIII 控制点的安装：安装标记销钉（在不使用时可以将该销钉取下保存）、安装反射镜（在不使用时可以将该反射镜及销钉取下保存）。CPII 控制点编号应清晰、明显地标在标志正上方 1.2m 附近，同一隧道点号标志高度应统一。点号标志字号应采用统一规格字模，字高为 6cm 的正楷字体刻绘，并用白色油漆抹底，黑色油漆喷写编号。点号铭牌白色抹底规格为 30cm×20cm，黑色油漆应注明 CPIII 编号，工程线名简称，施测单位名简称。

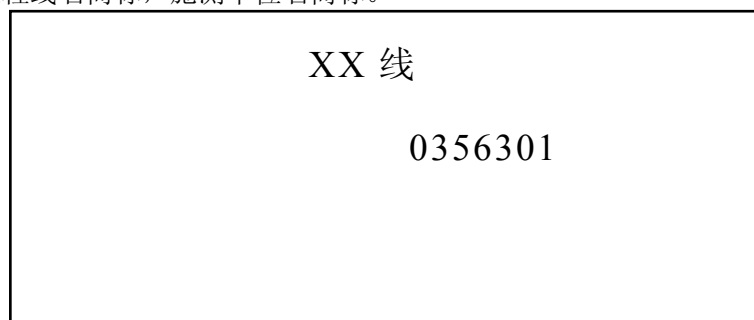


图 A.4.2-4 CPIII 控制点安置棱镜

### 4 CPIII 网络的点编号定义如下：

CPIII 点按照公里数递增进行编号，其编号反映里程数。

CPIII 点以数字 CPIII 为数字代码

所有处于线路下行线轨道左侧的标记点，编号为奇数，处于上行线轨道右侧的标记点编号为偶数，在有长短链地段应注意编号不能重复。

#### CPIII 点名编号原则

点编号	含 义	数字代码	在里程内点的位置
0356301	表示线路里程 DK356 范围内线路前进方向左侧的 CPIII 第 1 号点，“3”代表“CPIII”	0356301	（轨道左侧）奇数 1、3、5、7、9、11 等
0356302	表示线路里程 DK1356 范围内线路前进方向右侧的 CPIII 第 1 号点，“3”代表“CPIII”	0356302	（轨道右侧）偶数 2、4、6、8、10、12 等

A. 5 线路定测标志桩尺寸

- A. 4. 1 方桩顶面为 4×4cm，若为圆桩顶面直径为 4cm，桩长 30~35 cm。
- A. 4. 2 标志桩尺寸宜为宽 5~8 cm，厚 2cm，桩长 35~40 cm。
- A. 4. 3 板桩尺寸宜为宽 4~5 cm，厚 1~1.5cm，桩长 30~35 cm。

A. 6 标识

A. 6. 1 采用混凝土埋石的 CP I、CP II、CPIII控制点、水准基点的标志注字如图 A. 6. 1，在混凝土的表面上应注明编号、单位、测设时间等。  
当在岩石上设水准点则应用红油漆将点全部涂红，并标注上述项目。

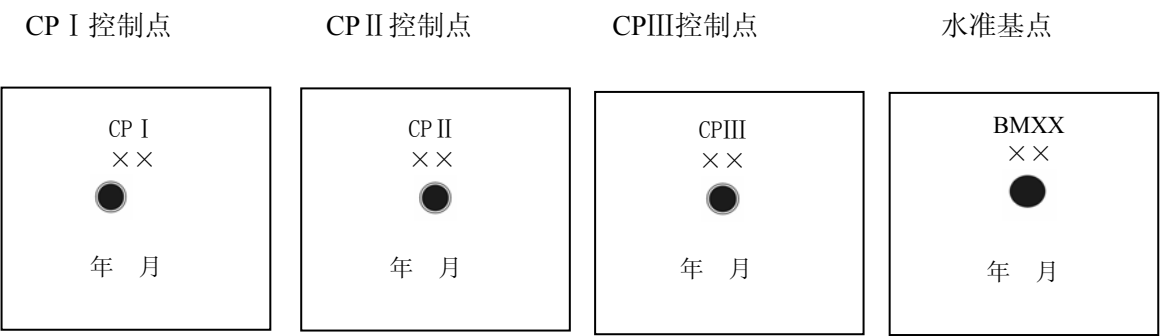


图 A.6.1 标志注字示意图

A. 5. 2 隧道后洞内中线点、水准点、控制点的标志，应在点位相应的隧道边墙上画出（如图 A. 4. 2），标志框内以白油漆刷底色，以红油漆书写文字和数字。

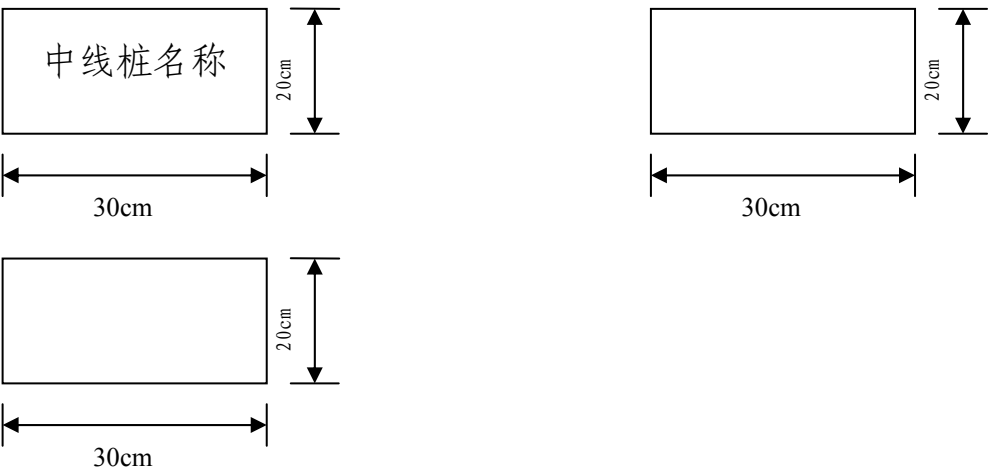


图 A.6.2 隧道内标志注字示意图

## 附录 B 光电测距仪、全站仪技术要求

B.0.1 光电测距仪、全站仪应按照仪器说明书正确使用。光电测距仪的照准头、经纬仪和反射镜应按出厂时的配套号码使用，否则必须重新检验三轴（发射轴、接收轴、照准轴）的平行性和检定加常数。

B.0.2 新购的光电测距仪、全站仪，在使用前应进行检定，仪器修理后应重新检定。用于线路、桥梁、隧道控制测量的光电测距仪、全站仪，每年应检定一次，在使用过程中发现异常情况应及时检定；用于线路中线测量的光电测距仪应定期与精度不低于 1/100 000 的已知边长或自设的专用基线比长，比测的误差超过标称误差的 2 倍时，应进行检定。

检定的精度要求应符合国家现行《中、短程光电测距规范》（GB/T 16818-1997）的规定。

B.0.3 光电测距仪、全站仪作业要求应符合下列规定：

1 应检校三轴的平行性与圆水准器及光学对中器。

2 视线宜高出地面和离开障碍物 1.2m 以上。

3 视线应避免通过受电、磁场干扰的地方，一般要求离开高压线 2~5m。

4 视线宜避免通过发热体（如散热塔、烟囱等）。

5 视线背景应避免反光体，在反射光束范围内，不得同时出现两个反射器，测距时步话机应避免距离仪器太近。

6 在低气温下作业时，应有一定的预热时间，使仪器各电子部件达到正常稳定的工作状态，方可测距。

7 在晴天作业时，仪器应打伞，严禁将照准头对向太阳。在线路、桥梁、隧道控制测量中，当反射镜无遮阳罩时应打伞。

8 避免在烟、尘、雨、雾、霜、雪、雷、电及四级以上大风等不利条件下测距。

B.0.4 所使用光电测距仪的光学经纬仪、电子经纬仪、全站仪的测角应在仪器有效检定期内。每个项目作业前应进行以下项目的检验：

1 照准部旋转轴正确性指标：管水准器气泡或电子水准器长气泡在各位置的读数较差，1" 级仪器不应超过 2 格，2" 级仪器不应超过 1 格，6" 级仪器不应超过 1.5 格；

2 光学经纬仪的测微器行差指标：0.5" 级仪器不应大于 0.5"，1" 级仪器不应大于 1"，2" 级仪器不应大于 2"；

3 隙动差指标：0.5" 和 1" 级仪器不应大于 1"，2" 级仪器不应大于 2"；

4 水平轴不垂直于垂直轴之差指标：0.5" 和 1" 级仪器不应超过 10"，2" 级仪器不应超过 15"，6" 级仪器不应超过 20"；

5 补偿器的补偿要求，在仪器补偿器的补偿区间，对观测成果应能进行有效补偿；

6 垂直微动螺旋使用时，视准轴在水平方向上不产生偏移；

7 照准部旋转时，仪器基座的位移指标：0.5" 和 1" 级仪器不应超过 0.3"，2" 级仪器不应超过 1"，6" 级仪器不应超过 1.5"；

8 光学（或激光）对点器的对中误差不应大于 1mm。

B.0.5 光电测距仪、全站仪技术的测距及辅助工具的检校，应符合下列规定：

1 新购置的仪器或大修后，应进行全面检校。

2 测距仪使用的气象仪表，应送气象部门按有关规定检测。当在高海拔地区时使用空盒气压计时，宜送当地气象台（站）校准。

3 测尺频率的校正精度应高于  $1 \times 10^{-6}$ 。

4 周期误差的振幅不应大于仪器标称精度中固定误差的 0.6 倍，检定中误差不应大于 0.5mm。

5 加常数的检定中误差不应大于仪器标称精度中固定误差的 0.5 倍；乘常数的检定中误差不



应大于仪器标称精度中比例误差系数的 0.75 倍。

6 光学对中器旋转 180 时，先后标定的两点应重合，对中误差不应大于 1mm。

7 安置反射器的对中杆使用前应检查圆水准的正确性；安置反射器的光学对中器旋转 180 时，先后标定的两点应重合，对中误差不应大于 1mm。

## 附录 C 水准仪（电子水平仪）、水准尺技术要求

### C.1 仪器作业要求

C.1.1 作业时，所使用水准仪（电子水平仪）应在仪器有效检定期内。每个项目作业前应进行以下项目的检验：

1 水准仪视准轴与水准管轴的夹角  $i$ ，在作业开始的第一周内应每天测定一次， $i$  角稳定后可每隔 15 天左右测定一次，DS05、DS1 级不应超过  $15''$ ；DS3 级不应超过  $20''$

2 水准仪光学测微器的使用应正确，其分划值的平均值与名义值之差应不超过 0.001mm。

3 补偿式自动安平水准仪的补偿误差  $\Delta a$  对于二等水准测量不应超过  $0.2''$ ，三等水准测量不应超过  $0.5''$ 。

C.1.2 水准尺应满足以下要求：

1 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差，因瓦水准标尺，不应超过 0.15mm；条行码尺，不应超过 0.10mm。木质双面标尺不应超过 0.5mm。

2 水准尺的圆水准器气泡，当水准标尺位于垂直位置时应居中。

3 水准尺分划面弯曲差（矢距），对于线条式因瓦水准标尺应不超过 4mm；对区格式水准标尺应不超过 8mm。

### C.2 仪器的检校

C.2.1 用于水准测量的仪器应送法定计量检定单位进行检定和校准，并在检定和校准的有效期内使用。

C.2.2 水准仪的检校按 JJG425 规定执行，水准标尺的检校按 JJG8 按规定执行，光电测距仪的检校按 JJG703 规定执行，光学经纬仪的检校按 JJG414 规定执行，GPS 接收设备的检校按 JJF1118 规定执行。

C.2.3 对于新出厂仪器以及作业前和跨河水准测量使用的人仪器检校，项目按表 C.2.3 规定执行，检验方法和技术要求按 GB/T12897-2006 附录 B 执行。

表 C.2.3

序号	仪器	检验项目	新仪器	作业前	跨河水准测量
1	水准 标尺	标尺的检视	+	+	+
2		标尺上的圆水准器的检校	+	+	+
3		标尺分划面弯曲差的测定	+	+	+
4		标尺名义米长及分划偶然中误差的测定	+	+	+
5		标尺温度膨胀系数的测定	+		
6		一对水准标尺零点不等差的测定（条码标尺） 一对水准标尺零点不等差及基辅分划读数差的测定	+	+	+
7		标尺中轴线与标尺底面垂直性测定	+		
8		水准仪的检视	+	+	+

9		水准仪上概图水准器的检校	+	+	+
10		光学测微器隙动差和分划值测定	+	+	+
11		视线观测中误差的测定	+		
12		自动安平水准仪补偿误差的测定	+		
13		十字丝的检校	+		
14		数字水准仪视线距离测量误差	+		
15		调焦透镜运行误差的测定	+		
16		气泡式水准仪交叉误差的检校	+		+
17		i 角检校	+	+	+
18		双摆位自动安平水准仪摆差 2C 角的测定	+	+	+
19		测站高差观测中误差和竖轴误差的测定	+	+	+
20		自动安平水准仪器致误差的测定	+		
21		倾斜螺旋隙动差、分划误差和分划值的测定	+		
22		符合水准 器分划值的测定			+
23		系统分辨率检定	+		
24	经纬仪	垂直度盘测微器行差的测定			+
25		一测回垂直角观测中误差的测定			+

C.2.4 表 C.2.3 中+表示应检验的项目，当所有使用的仪器的方法该项检验无关时，可不作检验。  
表中 4、5、20、23 项检验由法定计量检定单位进行检验。

C.2.5 经过修理和校正后的仪器应检难受其影响的有关项目，自动安平系统修理和校正后，第 20 项应检验。

C.2.6 自动安平光学水准仪每天检校一次 i 角，气泡式水准仪每天上下、各检校一次，i 角，作业开始后的 7 个工作日内，若 i 角较为稳定，以后每隔 15 天检校一次。

C.2.7 数字水准仪，整个作业期间应每天开测前进行 i 角测定，若开测为未结束测段，则在新测段开始前进行测定。

C.2.8 每日工作开始前应检校表 C.2.3 中第 2、9 项。若对仪器某一部件的质量有怀疑时，应及时进行相应项目的检验。

C.2.9 作业期结束后应检验表 C.2.3 中第 3、4 项各一次。

### C.3 二等水准测量外业高差改正数计算

#### C.3.1 水准标尺长度改正

1 依据水准标尺长度计量部门提供的检定结果施加改正。若出测前与收测后水准标尺每名义米长的变化不大于  $30\mu\text{m}$ ，则取平均值进行改正；若变化超过  $30\mu\text{m}$ ，应分析变化原因，决定是否重测或如何进行改正。

#### 2 计算改正数的方法

水准测量测前、测后两次检定标尺长度与改正系数计算示例如表 C.3.1

C.3.1 标尺长度改正系数计算示例表

单位：mm

测定日期		一根标尺名义米长		一付标尺名义米长	标尺改正系数 $f=\text{名义米长}-1\ 000$
		尺号 No. 50151	尺号 No. 50152		
测前	1979.4.26	1 000.005	1 000.010	1 000.008	
测后	1979.9.30	1 000.009	1 000.020	1 000.014	

中数	1 000.007	1 000.015	1 000.011	0.011
----	-----------	-----------	-----------	-------

一测段高差改正数  $\delta$  由 (4.6.1) 计算:

$$\delta = f \cdot h \quad \text{C. 3. 1}$$

式中:

$h$ ——往测或返测高差值, 单位为 (m);

$f$ ——标尺改正系数, 单位为毫米每米 (mm/m)。

### C. 3. 2 水准标尺温度改正

一测段高差改正数  $\partial$  由式 (4.6.2) 计算:

$$\partial = \Sigma[(t - t_0) \cdot a \cdot h] \quad \text{C. 3. 2}$$

式中:

$t$ ——标尺温度, 单位为摄氏度 ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_0$ ——标尺长度检定温度, 单位为摄氏度 ( $^{\circ}\text{C}$ );

$a$ ——标尺因瓦带膨胀系数, mm/(mm  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$ );

$h$ ——测温时段中的测站高差, 单位为米 (m)。

### C. 3. 3 正常水准面不平行改正

一测段高差正数  $\varepsilon$  由式 C. 3. 3-1 计算:

$$\varepsilon = -(\gamma_{i+1} - \gamma_i) \cdot H_m / \gamma_m \quad (\text{C. 3. 3-1})$$

式中:

$\gamma_m$ ——两水准点正常重力平均值,  $10^{-5}\text{m/s}^2$ , 依式 C. 3. 3-2 计算;

$\gamma_i$ 、 $\gamma_{i+1}$ ——分别为  $i+1$  点椭球面上的正常重力值,  $10^{-5}\text{m/s}^2$ , 依式 C. 3. 3. -3 计算;

$H_m$ ——两水准点概略高程平均值, 单位为米 (m)。

$$\gamma_m = (\gamma_i + \gamma_{i+1}) / 2 - 0.1543 H_m \quad (\text{C. 3. 3-2})$$

$$\gamma = 978032(1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000058 \sin^2 \phi) \quad (\text{C. 3. 3. -3})$$

式中:

$\phi$  ——水准点纬度;

$\gamma$  值取至  $0.01 \times 10^{-5}\text{m/s}^2$ 。

### C. 3. 4 水准路线闭合差的改正

若所计算的水准路线自成独立环线, 或闭合于两个已知高程的水准点之间的单一路线, 则此路线材合差  $W$  应按测段站数  $n$  成比例配赋于各测段高差中, 按式 C. 3. 4 计算高差改正数  $v_i$ :

$$v_i = -n_i / \Sigma n \cdot W \quad (\text{C. 3. 4})$$

式中:

$W$ ——已施加 C. 3. 1~C. 3. 3 的各项改正后的闭合差, 单位为毫米 (mm);

$n_i$ ——第  $i$  测段的测站数。

## 附录 D 控制点点之记

XXX 点之记

工程名称：

第    页 共    页

点    名				等    级		
详细位置图：				标石断面图：		
点位 详细 说明				（点位近视图片）		
交通路线						
所在地				（点位远景、远视图片）		
标石类型				概略坐标		
标石质料				B	L	
选点单位		埋石单位		观测单位		
选 点 者		埋 石 者		观 测 者		
选点日期		埋石日期		观测日期		
备注						

# 测量标志委托保管协议

甲 方：

乙 方：

联系人：

联系人：

电 话：

电 话：

本协议甲方委托乙方就\_\_\_\_\_测量标志桩提供看护、保管服务，双方经过平等协议，在认真、充分地表达各自意愿的基础上，根据《中华人民共和国测绘法》的规定，达成如下协议，并由双方共同恪守：

甲方将位于\_\_\_\_\_的测量标志桩委托给乙方进行看管，乙方负责保护。甲方于签订协议当日一次性付给乙方标石占地费及\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日至\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日期间看护费元，乙方依照《中华人民共和国测绘法》进行保护，不得拆除、移动和破坏测量标志；埋设标志占用的土地不得用作影响标志稳定的其它用途。

甲 方：

乙 方：

代 表：

身份证号：

日 期：

地 址：

日 期：

附录 E 变形测量控制点规格

E. 0. 1 变形测量观测墩的造埋规格应符合图 A. 2. 10 的规定。

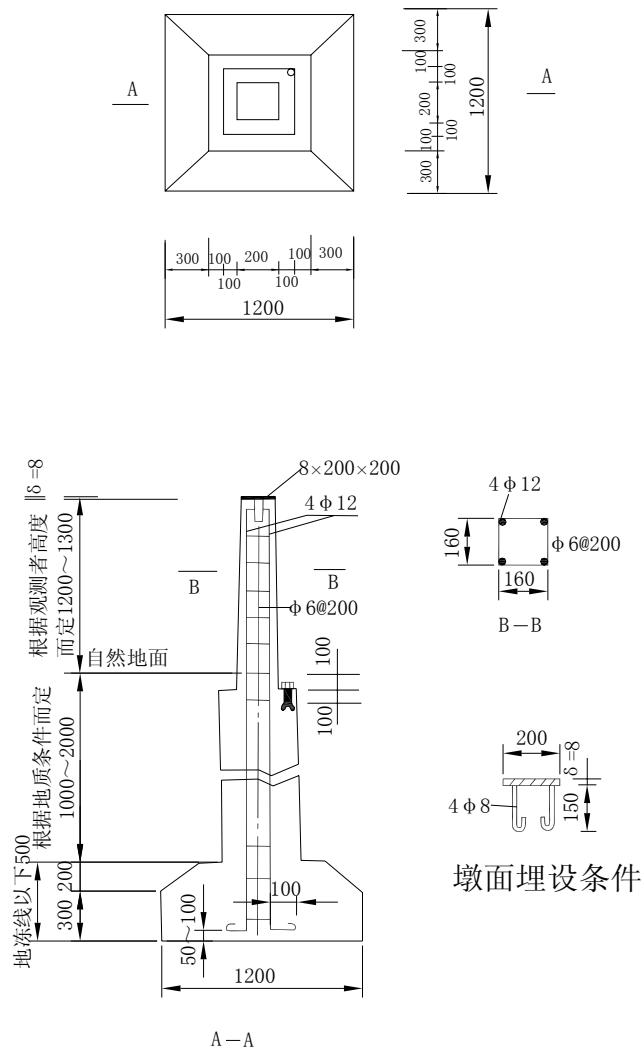


图 F.0.2 变形测量观测墩图（单位：mm）

注：墩面尺寸根据强制归心装置尺寸而定

附录 F CPⅢ控制点间的水准路线

CPⅢ控制点间的水准路线见图 F. 0. 1 所示的形式进行。外业测量时，左边第一个闭合环的四个高差应该由两个测站完成，其他闭合环的三个高差可由一个测站按照后-前-前-后或前-后-后-前的顺序测量。

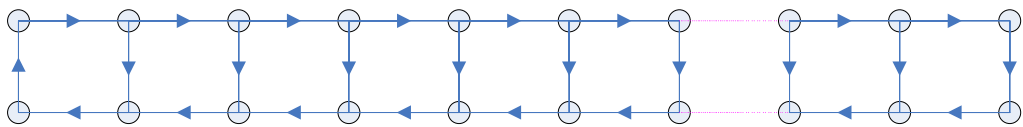
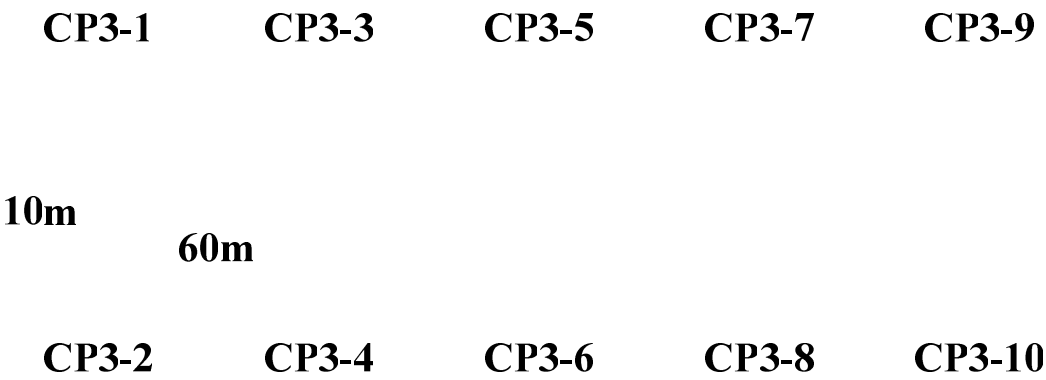


图 F. 0. 1 CPⅢ控制点间的水准路线示意图





## 本规范规定用词说明

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，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规范中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。