

UDC

中华人民共和国行业标准

TB

P

TBXXX — 2009

高速铁路工程测量规范

specifications for survey engineering of high speed railway

（ 报 批 稿 ）

2009—××—××发布

2009—××—××实施

中华人民共和国铁道部 发布

中华人民共和国行业标准

高速铁路工程测量规范

specifications for survey engineering of high speed railway

TBXXXX—2009

主编单位：中铁二院工程集团有限责任公司

批准部门：中华人民共和国铁道部

施行日期：2009 年 × 月 × 日

中国铁道出版社

2009 年·北京

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。

本规范分为十一章，主要内容为：总则、术语和符号、平面控制测量、高程控制测量、线路测量、隧道测量、桥涵测量、构筑物变形测量、轨道施工测量、竣工测量和运营及养护维修测量。

本规范的基本测量精度和测量方法，主要依据《高速铁路设计规范(试行)》、《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《客运专线无砟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、广深等高速铁路和客运专线工程测量的实践经验，结合中铁二院与西南交大承担的铁道部建设司规范科研项目《高速铁路 CPIII 测量标准及软件研制》、《基于自由测站的高速铁路 CPIII 高程网测量及其标准的研究》科研成果，结合现代测绘技术的发展，吸收相关工程测量新技术及科研成果，并参考了相关的国家规范以及国外有关无砟轨道测量标准。按照技术先进、方法合理可行、经济适用的原则编制完成。

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有限责任公司（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：中铁二院工程集团有限责任公司

本规范参编单位：中铁第一勘察设计院集团有限公司

铁道第三勘察设计院集团有限公司

中铁第四勘察设计院集团有限公司

中铁工程设计咨询集团有限公司

中铁大桥勘测设计院有限公司

中铁二局集团有限公司

西南交通大学

本规范主要起草人：朱 颖、卢建康、程 昂、颜 华、刘成龙、王国祥、
杨维裕、王长进、郭良浩、吴迪军、梅 熙、陈 亮、魏永幸、刘名君、李学
仕、曹成度、石德斌、陈光金、王国民、高 山、张同刚、武瑞宏

目 录

1 总 则	1
2 术语和符号.....	3
2.1 术 语	3
2.2 符 号	4
3 平面控制测量	6
3.1 一般规定	6
3.2 框架控制网（CP0）测量.....	10
3.3 基础平面控制网（CP I）测量	14
3.4 线路平面控制网（CP II）测量.....	15
3.5 轨道控制网（CPIII）平面测量.....	17
3.6 成果资料整理.....	19
4 高程控制测量	21
4.1 一般规定	21
4.2 水准测量	22
4.3 光电测距三角高程测量.....	24
4.4 精密光电测距三角高程测量	25
4.5 线路水准基点测量	26
4.6 轨道控制网（CPIII）水准测量.....	26
4.7 CPIII控制网自由测站三角高程测量	27
4.8 内业计算及成果资料整理.....	28
5 线路测量.....	30
5.1 一般规定	30
5.2 勘测控制测量.....	30
5.3 地形测量	31
5.4 中线测量	34
5.5 路基测量	35
5.6 专项调查测量.....	36
5.7 控制网交桩及复测	37

5.8	施工控制网加密测量	39
5.9	线路中线贯通测量	40
6	隧道测量.....	42
6.1	一般规定	42
6.2	初 测	43
6.3	定 测	43
6.4	洞外控制测量.....	44
6.5	洞内控制测量.....	49
6.6	施工测量	51
6.7	隧道贯通误差测量及调整.....	52
6.8	竣工测量	53
7	桥涵测量.....	55
7.1	一般规定	55
7.2	初 测	56
7.3	定 测	57
7.4	桥梁施工控制测量	59
7.5	桥梁施工控制网的复测	60
7.6	施工放样及竣工测量	62
8	构筑物变形测量	69
8.1	一般规定	69
8.2	变形监测基准网	70
8.3	路基变形测量.....	71
8.4	桥涵变形测量.....	73
8.5	隧道变形测量.....	77
8.6	区域地表沉降监测.....	78
8.7	变形测量成果整理	79
9	轨道施工测量	81
9.1	一般规定	81
9.2	无砟轨道混凝土底座及支承层放样.....	82
9.3	加密基标测量.....	83

9.4 轨道安装测量.....	84
9.5 道岔安装测量.....	86
9.6 轨道精调测量.....	87
10 竣工测量.....	89
10.1 一般规定	89
10.2 控制网竣工测量.....	89
10.3 线路轨道竣工测量	89
10.4 线下工程建筑及线路设备竣工测量.....	90
10.5 竣工地形图及铁路用地界测量	90
10.6 竣工测量资料整理及交验.....	90
11 运营及养护维修测量	92
11.1 一般规定	92
11.2 构筑物变形监测.....	93
11.3 轨道几何状态检测	94
附录A 控制点埋石图及标志注字方法.....	95
A.1 控制点标志	95
A.2 平面控制点标石的埋设.....	95
A.3 水准点标石的埋设	99
A.4 无砟轨道CPIII控制点埋设要求	102
A.5 线路定测标志桩尺寸	104
A.6 标 识.....	104
附录B 光电测距仪、全站仪技术要求.....	107
附录C 水准仪（电子水平仪）、水准尺技术要求	109
C.1 仪器作业要求.....	109
C.2 仪器的检校	109
C.3 二等水准测量外业高差改正数计算	111
附录D 控制点点之记	113
附录E 变形测量控制点规格	114
附录F 轨道控制网CPIII的平面和高程控制网结构形式.....	115

F.1	CPIII控制网的平面构网图形	115
F.2	CPIII控制点的高程测量的水准路线形式	116
F.3	CPIII控制网自由测站三角高程测量建网形式.....	119
F.4	CPIII平面控制测量自由测站测量记录	120
附录 G 高速铁路工程现场交接桩纪要		121
本规范规定用词说明		123
条文说明		124

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 本规范适用于新建 250~350km/h 高速铁路工程测量，新建 200km/h 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，在对应的线路轨面设计高程面上坐标系统的投影长度变形值不宜大于 10mm/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。各阶段平面控制测量应以基础平面控制网（CP I）为基准，高程控制测量应以线路水准基点控制网为基准。

1.0.6 为了满足高速铁路平面 GPS 控制测量三维约束平差的要求，在平面控制测量工作开展前，应首先采用 GPS 测量方法建立高速铁路框架控制网（CP0）。

1.0.7 高速铁路工程测量平面控制网应在框架控制网（CP0）基础上分三级布设，第一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；第二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；第三级为轨道控制网（CP III），主要为轨道铺设和运营维护提供控制基准。

1.0.8 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；第二级轨道控制网（CP III），为高速铁路轨道施工、维护提供高程基准。

1.0.9 高速铁路工程测量工作开展前，勘测设计单位应根据沿线地形、地质情况，结合高速铁路工程特点进行技术设计。各阶段平面、高程控制测量完成后，应由建设单位组织评估验收。

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，签署完整，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，并定期检校和检定。

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 independent coordinate system of engineering

采用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 框架控制网 (CP0) frame control network (CP0)

采用卫星定位测量方法建立的三维控制网,作为全线(段)的坐标起算基准。

2.1.3 基础平面控制网 (CP I) basic plane control network (CP I)

在框架控制网 (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 (CP II)提供起闭的基准。

2.1.4 线路平面控制网 (CP II) route plane control network (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 (CP III) track control network (CP III)

沿线路布设的平面、高程控制网,平面起闭于基础平面控制网 (CP I)或线路平面控制网 (CP II)、高程起闭于线路水准基点,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 加密基标 densification fiducial mark for tracklaying

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

2.1.7 维护基标 fiducial mark for track maintenance

在轨道控制网 (CP III)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 triangulation network

由一系列相连的三角形构成的测量控制网,它是三角网、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

测量精度介于二等、三等水准测量之间的等级水准测量,主要用于 CP III 高程测量和轨道施工测量。

2.1.11 线路水准基点 benchmark along 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 into 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 benchmark of deep buried

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 control survey outside tunnel

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 control survey inside tunnel

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 隧道贯通误差 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 变形测量 deformation observation

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。

2.1.19 施工加密控制网 densification control network for construction

为了满足工程施工测量的要求，在 CPI、CPII 和线路水准基点基础上加密的平面、高程控制网。

2.1.20 CPIII 棱镜组件 a set of assembled reflector prism for CPIII

CPIII 控制点精确定位观测的强制对中测量标志，一般由预埋件、高程测量适配器、棱镜连接适配件和棱镜组成。

2.2 符 号

a——固定误差

b——比例误差系数

σ ——标准差或方差

DS05、DS1、DS3——水准仪的型号

C——照准差

D ——测距边边长
 m_D ——测距中误差
 m_β ——测角中误差
 m_α ——方位角中误差
 W ——闭合差
 f_β ——附和导线或闭合导线角度闭合差
 V ——改正数
 n ——连续自然数的一个数值
 L ——导线或水准路线长度
 M_Δ ——每千米水准测量的偶然中误差
 M_W ——每千米水准测量的全中误差
 N ——导线或水准附和线路或闭合环的个数
 R ——地球平均曲率半径
 R_C ——GPS 基线计算的重复性定义
 S ——边长、斜距
 H_m ——平均高程
 M ——隧道贯通中误差或桥梁放样的容许误差
 m_S ——测距中误差
 m_x, m_y ——坐标分量中误差
 Δ ——较差

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逐级控制的原则布设，各级平面控制网的设计应符合表 3.1.1 的规定。

表 3.1.1 各级平面控制网设计的主要技术要求

控制网	测量方法	测量等级	点间距	相邻点的相对中误差 (mm)	备注
CP0	GPS	—	50km	20	
CP I	GPS	二等	≤4km 一对点	10	点间距≥800m
CP II	GPS	三等	600~800m	8	
	导线	三等	400~800m	8	附和导线网
CP III	自由测站边角交会	—	50~70m 一对点	1	

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

2、相邻点的相对点位中误差为平面 x、y 坐标分量中误差。

3.1.2 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 3.1.2-1 的规定：

表 3.1.2-1 CP0、CP I、CP II 控制网 GPS 测量的精度指标

控制网	基线边方向中误差	最弱边相对中误差
CP0	—	1/2 000 000
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 3.1.2-2 的规定：

表 3.1.2-2 CP II 控制网导线测量的主要技术要求

控制网	附和长度 (km)	边长 (m)	测距中误差 (mm)	测角中误差 (")	相邻点的相对中误差 (mm)	导线全长相对闭合差限差	方位角闭合差限差 (")	导线等级
CP II	≤5	400~800m	5	1.8	8	1/55 000	±3.6√n	三等

当同一测区内，导线环（段）数超过 20 个时，须按式（3.1.2）计算测角中误差：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta}^2}{n} \right]} \quad (3.1.2)$$

式中 f_{β} ——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 CPIII平面网的主要技术要求应符合表 3.1.2-3 的规定：

表 3.1.2-3 CPIII平面网的主要技术要求

控制网名称	测量方法	方向观测中误差	距离观测中误差	相邻点的相对中误差
CPIII平面网	自由测站边角交会	$\pm 1.8''$	$\pm 1.0\text{mm}$	$\pm 1.0\text{mm}$

3.1.3 各级平面控制网的平差计算应符合以下规定：

1 CP0 控制网应以 2000 国家大地坐标系作为坐标基准，以 IGS 参考站或国家 A、B 级 GPS 控制点作为约束点，进行控制网整体三维约束平差；

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。

3.1.4 增设或补设控制点可采用同精度扩展的方法测量。

3.1.5 GPS 控制测量应符合下列规定：

1 各等级 GPS 测量控制网的主要技术指标，应符合表 3.1.5-1 的规定。

表 3.1.5-1 各等级 GPS 控制网测量的主要技术要求

等级	固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)	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式（3.1.5）计算的标准差。

$$\sigma = \pm \sqrt{a^2 + (b \cdot d)^2} \quad (3.1.5)$$

式中 σ ——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 3.1.5-3 的规定。

表 3.1.5-3 各等级 GPS 测量作业的基本技术要求

等 级 项 目		一等	二等	三等	四等	五等
静态测量	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
	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。

4 GPS 测量除满足以上规定外，其余各项要求应执行现行《铁路工程卫星定位测量规范》的相关规定。

3.1.6 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 3.1.6-1 的规定。

表 3.1.6-1 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，仪器检校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 3.1.6-3 的规定。

表 3.1.6-3 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 (")	一测回内 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 3.1.6-4 的规定。

表 3.1.6-4 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 _D
	II			5	7	
三等	I	2	2	2	3	2m _D
	II	4	4	5	7	
四等	I	2	2	2	3	2m _D
	II			5	7	
	III	4	4	10	15	
一级及以下	I	2	2	2	3	2m _D
	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、测距仪精度等级划分如下

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、 $m_D = a + b \times D$

式中： m_D ----仪器测距中误差 (mm)， a ----标称精度中的固定误差 (mm)，

b ----标称精度中的比例系数 (mm/km)， D ----测距长度 (km)

5、测距边的斜距应进行气象和仪器常数改正。气压、气温读数取位应符合表 3.1.6-5 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，取两端平均值进行气象改正；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。

表 3.1.6-5 气压、气温读数取位要求

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

3.1.7 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 3.1.7 的规定。

表 3.1.7 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，应符合本规范第 3.1.6 条规定。

3 当三角形个数超过 20 个时，应按式 (3.1.7) 计算三角形网测角中误差：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \quad (3.1.7)$$

式中 m_{β} ——测角中误差 (")；

W ——三角形内角和闭合差 (")；

n ——三角形个数。

3.2 框架控制网 (CP0) 测量

3.2.1 CP0 控制网应在初测前采用 GPS 测量方法建立，全线一次性布网，统一测量，整体平差。

3.2.2 CP0 控制点应沿线路走向每 50km 左右布设一个点，在线路起点、终点或与其他线路衔接地段，应至少有 1 个 CP0 控制点。

3.2.3 CP0 控制点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 D 的要求作好点之记。新埋标石应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。

3.2.4 CP0 构网联测应符合下列规定

1、CP0 控制网应与 IGS 参考站或国家 A、B 级 GPS 点进行联测。全线联测的已知站点数不应少于 2 个，且在网中均匀分布。

2、每个 CP0 控制点与相邻的 CP0 连接数不得小于 3；IGS 参考站或国家 A、B 级 GPS 点与其相邻的 CP0 连接数不得小于 2。

3.2.5 CP0 观测应符合下列规定：

1 应使用标称精度不低于 $5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ 的双频 GPS 接收机，同步观测的 GPS 接收机不应少于 4 台。

2 各项技术要求应符合表 3.2.5-2 的规定。

表 3.2.5-2 CP0 观测技术要求

卫星截止高度角	数据采样间隔	同时观测有效卫星数	有效卫星的最短连续观测时间	观测时段数	有效时段长度
15°	30s	≥ 4	$\geq 15\text{min}$	≥ 4	$\geq 300\text{min}$

3 观测时段的分布尽可能昼夜均匀，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（世界协调时 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°）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 $\pm 2\text{mm}$ 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 $\pm 3\text{mm}$ 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 观测过程中若遇强雷雨、风暴天气应立刻停止当前观测时段的作业。

3.2.6 CP0 数据处理软件应符合下列要求：

1 基线向量解算应使用适合长基线的高精度 GPS 解算软件；

2 网平差应采用国家或铁道部主管部门评审通过的软件。

3.2.7 CP0 基线向量解算应符合下列要求：

1 基线向量应采用精密星历进行基线解算。

2 同一时段观测值的数据剔除率宜小于 10%。

3 应采用多基线解算模式进行基线解算，计算结果应包括基线向量的各坐标分量及其协方差阵等平差所需的元素。

4 基线向量解算引入的起算点坐标位置基准应为国际地球参考框架（ITRF）中的坐标成果，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 IGS 参考站或国家 A、B 级 GPS 点，其点位坐标精度应优于 0.1m。

3.2.8 基线解算完成后应按下列规定进行 CP0 控制网基线处理结果质量检核

1 同一基线不同时段基线向量各分量及边长较差应满足式（3.2.8-1）要求：

$$\begin{aligned}d_{\Delta X} &\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta X} \\d_{\Delta Y} &\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta Y} \\d_{\Delta Z} &\leq 3\sqrt{2}R_{\Delta Z} \\d_s &\leq 3\sqrt{2}R_s\end{aligned}\quad (3.2.8-1)$$

式中 R 按下式计算：

$$R_c = \left(\frac{\frac{n}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(C_i - C_m)^2}{\sigma_{C_i}^2}}{\sum_{i=1}^n 1/\sigma_{C_i}^2} \right)^{1/2}$$

n —同一基线重复观测的总时段数；

i —时段号；

C_i — i 时段基线的某一坐标分量或边长；

C_m —各时段基线的某一坐标分量或边长加权平均值；

$\sigma_{C_i}^2$ —相应于 i 时段基线的某一坐标分量或边长的方差。

2 基线向量的独立（异步）闭合环或附合线路的各坐标分量闭合差（ W_x 、 W_y 、 W_z ）应满足式（3.2.8-2）要求：

$$\begin{aligned}W_x &\leq 2\sigma_{Wx} \\W_y &\leq 2\sigma_{Wy} \\W_z &\leq 2\sigma_{Wz}\end{aligned}\quad (3.2.8-2)$$

式中：

$$\sigma_{W_x} = \left(\sum_{j=1}^r \sigma_{\Delta x(j)}^2 \right)^{1/2}$$

$$\sigma_{W_y} = \left(\sum_{j=1}^r \sigma_{\Delta y(j)}^2 \right)^{1/2}$$

$$\sigma_{W_z} = \left(\sum_{j=1}^r \sigma_{\Delta z(j)}^2 \right)^{1/2}$$

j —闭合环（线）中第 j 条基线；

r —闭合环（线）基线数；

$\sigma_{C(j)}^2$ —第 j 条基线 C ($C=\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) 分量的方差。

环线全长闭合差 (W) 应满足式 (3.2.8-3) 要求：

$$W \leq 3\sigma_W \quad (3.2.8-3)$$

式中：

$$\sigma_W = \left(\sum_{j=1}^r W D_j W^T \right)^{1/2}$$

$$W = \begin{bmatrix} \frac{W_x}{W_s} & \frac{W_y}{W_s} & \frac{W_z}{W_s} \end{bmatrix}$$

$$W_s = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2}$$

D_j —闭合环（线）中第 j 条基线的方差—协方差阵。

3.2.9 CP0 网平差应符合下列要求：

1 无约束平差中基线向量各分量的改正数绝对值应满足式(3.2.9-1)要求；

$$V_{\Delta X} \leq 3\sigma$$

$$V_{\Delta Y} \leq 3\sigma \quad (3.2.9-1)$$

$$V_{\Delta Z} \leq 3\sigma$$

σ 按式 (3.1.5) 计算，其中 $a=5\text{mm}$ ， $b=0.2\text{mm/km}$ ， d 取各时段基线长度平均值（以 km 为单位计算）

2 约束平差前，应进行外部数据处理质量检核。联测站点的已知坐标成果与无约束平差成果间差值的绝对值应小于 0.2m ，且由此计算的基线长度相对误差应小于 $0.3 \times D \times 10^{-6}$ ；

3 整体约束平差所采用的约束点应为 IGS 参考站或国家 A、B 级 GPS 点的 2000 国家大地坐标系成果。

4 整体约束平差中基线向量各分量改正数与无约束平差同一基线改正数较差的绝对值应满足式(3.2.9-4)要求；

$$\begin{aligned}dV_{\Delta X} &\leq 2\sigma \\dV_{\Delta Y} &\leq 2\sigma \\dV_{\Delta Z} &\leq 2\sigma\end{aligned}\quad (3.2.9-4)$$

5 无约束平差应输出 ITRF 或 IGS 国际地球参考框架下各点的三维坐标、各基线向量平差值、各基线的坐标分量、改正数及其精度；

6 整体约束平差应输出 2000 国家大地坐标系中各点的地心坐标和大地坐标、各基线向量平差值、各基线的坐标分量、改正数及其精度。

3.2.10 CP0 复测的方法和精度应与原测相同。CP0 复测成果转换为平面坐标后与原测成果的 x 、 y 坐标较差限差为 $\pm 20\text{mm}$ ，当较差满足限差要求时，采用原测成果，否则应按同精度扩展方法更新坐标成果。

3.3 基础平面控制网（CP I）测量

3.3.1 CP I 控制网宜在初测阶段建立，困难时应在定测前完成，全线（段）应一次布网，统一测量，整体平差。

3.3.2 CP I 控制网应按表 3.1.1 的要求沿线路走向布设，并附合于 CP0 控制网上。控制点宜设在距线路中心 $50\sim 1000\text{m}$ 范围内不易被施工破坏、稳定可靠、便于测量的地方。点位布设宜兼顾桥梁、隧道及其他大型构（建）筑物布设施工控制网的要求，并按附录 A.2 的规定埋石。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 D 的要求作好点之记。

3.3.3 CP I 应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 个及以上的 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。

3.3.4 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，一般每 50km 宜联测一个平面控制点，全线（段）联测平面控制点的总数不宜少于 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。

3.3.5 CP I 控制网应按本规范第 3.1.5 条中二等 GPS 测量要求施测。

3.3.6 CP I 基线向量解算应符合下列要求：

- 1 同一时段观测值的数据剔除率宜小于 10%；
- 2 同一基线不同时段重复观测基线较差应满足式（3.3.6-2）的规定：

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (3.3.6-2)$$

σ —基线弦长标准差 (mm)，按 3.1.5 条相应等级计算 (d 取环平均边长)

3 由若干条独立基线边组成的独立环或附和路线各坐标分量 (W_x 、 W_y 、 W_z) 及全长 W_s 闭合差应满足式 (3.3.6-3) 的规定:

$$\begin{aligned}W_x &\leq 3\sqrt{n}\sigma \\W_y &\leq 3\sqrt{n}\sigma \\W_z &\leq 3\sqrt{n}\sigma \\W_s &\leq 3\sqrt{3n}\sigma\end{aligned}\quad (3.3.6-3)$$

n— 闭合环的边数

3.3.7 CP I 控制网平差及坐标转换应符合下列规定:

1 无约束平差中基线向量各分量的改正数绝对值应满足式(3.2.9-1)的要求, 并提供无约束平差 WGS-84 坐标系中的空间直角坐标, 基线矢量及其改正数和其精度信息;

2 用作 CP I 控制网约束平差的约束点间边长相对中误差应满足表 3.1.5-1 的规定;

3 约束平差中基线向量各分量改正数与无约束平差同一基线改正数较差的绝对值应满足式(3.2.9-4)要求, 并提供约束平差后相应坐标系的空间直角坐标, 基线矢量及其改正数和其精度信息;

4 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平面坐标投影带中, 计算 CP I 控制点的工程独立坐标;

5 转换到国家或城市平面坐标系统时, 应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 线路平面控制网 (CP II) 测量

3.4.1 CP II 控制网宜在定测阶段完成, 采用 GPS 测量或导线测量方法施测, 主要技术指标应符合第 3.1.2 条的要求。

3.4.2 CP II 控制网应按表 3.1.1 的要求沿线路布设, 并附和于 CP I 控制网上。CP II 控制点宜选在距线路中线 50~200m 范围内、稳定可靠、便于测量的地方, 并按附录 A.2.的规定埋石。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 D 的要求作好点之记。

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

3.4.4 采用 GPS 测量时应满足下列要求：

1 CP II 控制网应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；

2 CP II 控制网应按本规范第 3.1.5 条中三等 GPS 测量要求施测；

3 CP II 基线解算应符合本规范第 3.3.6 条的规定；

4 无约束平差中基线向量各分量的改正数的绝对值应满足式(3.2.9-1)的要求，用作 CP I 控制网约束平差的约束点间边长相对中误差应满足表 3.1.5-1 的规定；

5 CP II 网坐标转换应在 GPS 基线网三维无约束平差的基础上，以联测 CP I 控制点作为约束点进行平差，计算 CP II 控制点的工程独立坐标。约束平差中基线向量各分量改正数与无约束平差同一基线改正数较差的绝对值应满足式(3.2.9-4)要求，并提供约束平差后相应坐标系的空间直角坐标、二维平面直角坐标、基线向量及其改正数和其精度信息；

3.4.5 采用导线测量时应满足下列要求：

1 导线应起闭于 CP I 控制点，应符合表 3.1.2-2 的规定。导线附合长度 2km 以上时，应采用导线网方式布网，导线网的边数以 4~6 条边为宜。

2 水平角观测应符合表 3.1.6-1 和表 3.1.6-3 中三等导线测量的技术要求。

3 边长测量应符合表 3.1.6-4 三等导线测量的要求。

4 导线成果计算应在方位角闭合差及导线全长相对闭合差满足要求后，采用严密平差方法计算。

3.4.6 隧道洞内 CP II 控制网应在隧道贯通后，采用导线测量。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 3.4.6 的规定。

表 3.4.6 洞内 CP II 导线测量主要技术要求

控制网级别	附合长度 (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	$L \leq 2$	300~600	3	1.8	7.5	1/55 000	$\pm 3.6\sqrt{n}$	三等	单导线
CP II	$2 < L \leq 7$	300~600	3	1.8	7.5	1/55 000	$\pm 3.6\sqrt{n}$	三等	导线网
CP II	$L > 7$	300~600	3	1.3	5	1/100 000	$\pm 2.6\sqrt{n}$	隧道二等	导线网

注：导线网独立闭合环的边数以 4~6 条边为宜。

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 CPII 导线观测应满足下列要求:

(1) 应采用标称精度不低于 ($1''$ 、 $2\text{mm}+2\text{ppm}$) 的全站仪施测。水平角观测的测回数及限差按本规范表 3.1.6-1 和表 3.1.6-3 的要求执行, 边长测量按本规范表 3.1.6 条第 4、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 轨道控制网 (CPIII) 平面测量

3.5.1 CPIII 平面网测量应采用自由测站边角交会法施测, 控制网设计应符合表 3.1.1 的规定。

3.5.2 CPIII 平面网测量应在线下工程竣工, 通过沉降变形评估后施测。CPIII 测量前应对全线的 CP I、CP II 控制网进行复测, 并采用复测后合格的 CP I、CP II 成果进行 CPIII 控制网测设。

3.5.3 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, 自由测站至 CP I、CP II 控制点的距离不宜大于 300m。当 CP II 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增设 CP II 控制点。

3.5.4 CPIII 点应设置强制对中标志, 标志连接件的加工误差不应大于 0.05mm, CPIII 棱镜组件的安装精度应满足表 3.5.4 要求:

表 3.5.4 CPIII 标志棱镜组件安装精度要求

CPIII 标志	重复性安装误差(mm)	互换性安装误差(mm)
X	0.4	0.4
Y	0.4	0.4
H	0.2	0.2

3.5.5 CPIII 平面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, 作业期间仪器须在有效检定期内。边长观测应进行温度、气压等气象元素改正, 温度读数精确至 0.2°C , 气压读数

精确至 0.5hPa。

3.5.6 CPIII标志按附录 A.4 的要求，一般埋设于接触网杆基础、桥梁固定支座端的防撞墙、隧道边墙或排水沟上，相邻 CPIII控制点应大致等高，其位置应高于设计轨道面 0.3m。同一条铁路应采用统一的 CPIII棱镜组件。

3.5.7 CPIII控制点号和自由测站的编号应唯一、便于查找。编号规则应符合附录 A.4.5 的规定。

3.5.8 CPIII平面网观测的自由测站间距一般约为 120m，自由测站到 CPIII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。并按附录 F.3 的要求填写观测手簿，记录测站信息。

3.5.9 CPIII平面网水平方向应采用全圆方向观测法进行观测，如采用分组观测，应以同一归零方向，并重复观测一个方向。水平方向观测应满足表 3.5.9 的规定。

表 3.5.9 CPIII平面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
CPIII平面网	0.5"	2	6"	9"	6"
	1"	3	6"	9"	6"

3.5.10 CPIII平面网距离测量应满足表 3.5.10 的规定。

表 3.5.10 CPIII平面网距离观测技术要求

控制网名称	测回	半测回间距离较差	测回间距离较差
CPIII平面网	≥2	±1 mm	±1mm

注：距离测量一测回是全站仪盘左、盘右各测量一次的过程。

3.5.11 CPIII平面网与 CP I、CP II 控制点联测时，应至少通过 2 个自由测站或 3 个以上 CPIII点进行联测。

3.5.12 CPIII平面网可根据施工需要分段测量，分段测量的区段长度不宜小于 4km，区段间重复观测应不少于 6 对 CPIII点。区段接头不应位于车站范围内。

3.5.13 CPIII平面网数据处理软件应通过铁道部主管部门评审。

3.5.14 CPIII平面网平差计算应满足下列要求：

1 CPIII平面自由网平差后应满足表 3.5.14-1 的规定

表 3.5.14-1 CPIII平面自由网平差后的主要技术要求

控制网名称	方向改正数	距离改正数
CPIII平面网	3"	2 mm

2 CPIII平面网约束平差后的精度，应满足表 3.5.14-2 的规定。

表 3.5.14-2 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		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	4.0"	4mm	3.0"	2mm	2mm

3.5.15 区段之间衔接时，前后区段独立平差重叠点坐标差值应 $\leq \pm 3\text{mm}$ 。满足该条件后，后一区段 CPIII 网平差，应采用本区段联测的 CP I、CP II 控制点及重叠段前一区段连续的 1~3 对 CPIII 点作为约束点进行平差计算。

3.5.16 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。两套坐标成果都应满足表 3.1.2-3、表 3.5.10 及第 3.5.14 条的要求。提供两套坐标的 CPIII 区段长度不应小于 800m。

3.5.17 CPIII 平面网复测采用的网形和精度指标应与原测相同。CPIII 点复测与原测成果的 X、Y 坐标较差应 $\leq \pm 3\text{mm}$ ，且相邻点的复测与原测坐标增量 ΔX 、 ΔY 较差应 $\leq \pm 2\text{mm}$ 。较差超限时应分析判断超限原因，确认复测成果无误后，应对超限的 CPIII 点采用同级扩展方式更新成果。坐标增量较差按式 (3.5.17) 计算：

$$\begin{aligned}\Delta X_{ij} &= (X_j - X_i)_{\text{复}} - (X_j - X_i)_{\text{原}} \\ \Delta Y_{ij} &= (Y_j - Y_i)_{\text{复}} - (Y_j - Y_i)_{\text{原}}\end{aligned}\quad (3.5.17)$$

3.6 成果资料整理

3.6.1 观测和计算成果应做到记录真实、注记明确、格式统一，并装订成册归档管理。

3.6.2 原始观测记录必须在现场记录清楚，不得涂改或凭记忆补记。手簿应编列页码，注明观测日期、气象条件、使用的仪器类型和编号，详细记载作业过程的特殊情况，并有作业者签署。

3.6.3 各级平面控制测量数据取位应符合表 3.6.3 的规定。

表 3.6.3 各级平面控制测量数据取位要求

控制网名称	GPS 基线各坐标分量 (mm)	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)
CP0	0.1	—	—	—	—	0.1	0.1
CP I	0.1	—	—	—	—	0.1	0.1
CPII GPS 网	0.1	—	—	—	—	0.1	0.1
CPII 导线网	—	0.1	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1
CPIII 平面网	—	0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	0.1

3.6.4 平面控制测量完成后，应提交下列成果资料

- 1 技术设计书；
- 2 外业测量观测手簿；
- 3 测量平差计算表；
- 4 CP0、CPI、CPII 点之记；
- 5 控制点成果表；
- 6 控制网联测示意图；
- 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 高程控制测量等级的划分，依次为二等、精密水准、三等、四等、五等。各等级技术要求应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 高程控制网的技术要求

水准测量等级	每千米高差偶然中误差 M_{Δ} (mm)	每千米高差全中误差 M_w (mm)	附和路线或环线周长的长度 (km)	
			附和路线长	环线周长
二等	≤ 1	≤ 2	≤ 400	≤ 750
精密水准	≤ 2	≤ 4	≤ 3	—
三等	≤ 3	≤ 6	≤ 150	≤ 200
四等	≤ 5	≤ 10	≤ 80	≤ 100
五等	≤ 7.5	≤ 15	≤ 30	≤ 30

表中， M_{Δ} 和 M_w 应按式 (4.1.1-1)、(4.1.1-2) 计算：

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (4.1.1-1)$$

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (4.1.1-2)$$

式中 Δ —— 测段往返高差不符值 (mm)；

L —— 测段长或环线长 (km)；

n —— 测段数；

W —— 附和或环线闭合差 (mm)；

N —— 水准路线环数。

4.1.2 线路水准基点控制网、轨道控制网 (CPIII) 的高程控制测量等级及布点要求，应按表 4.1.2 的要求执行。长大桥梁、隧道及特殊路基结构等施工的高程控制网应根据相关专业要求确定测量等级和布点要求。

表 4.1.2 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
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	50~70m

4.1.3 各级高程控制测量宜采用水准测量。山岭、沼泽及水网地区，水准测量有困难时，三等及以下高程控制测量可采用光电测距三角高程测量，二等高程控制测量可采用精密光电测距三角高程测量。

4.1.4 测段往返测高差不符值超限时，应先就可靠程度较小的往测或返测进行整段重测，并按下列原则进行取舍。

- 1 若重测的高差与同方向原测高差的较差超过往返测高差不符值的限差，但与另一单程高差的不符值不超出限差，则取用重测结果；
- 2 若同方向两高差不符值未超出限差，且其中数与另一单程高差的不符值亦不超出限差，则取同方向中数作为该单程的高差；
- 3 若 2 中的重测高差（或 3 中两同方向高差中数）与另一单程的高差不符值超出限差，应重测另一单程；
- 4 若超限测段经过两次或多次重测后，出现同向观测结果靠近而异向观测结果间不符值超限的分群现象时，如果同方向高差不符值小于限差之半，则取原测的往返高差中数作往测结果，取重测的往返高差中数作为返测结果。

4.2 水准测量

4.2.1 各等级水准测量限差应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 水准测量限差要求 单位: mm

水准测量等级	测段、路线往返测高差不符值		测段、路线的左右路线高差不符值	附和路线或环线闭合差		检测已测测段高差之差
	平原	山区		平原	山区	
二等	$\pm 4\sqrt{K}$	$\pm 0.8\sqrt{n}$	—	$\pm 4\sqrt{L}$		$\pm 6\sqrt{R_i}$
精密水准	$\pm 8\sqrt{K}$		$\pm 6\sqrt{K}$	$\pm 8\sqrt{L}$		$\pm 8\sqrt{R_i}$
三等	$\pm 12\sqrt{K}$	$\pm 2.4\sqrt{n}$	$\pm 8\sqrt{K}$	$\pm 12\sqrt{L}$	$\pm 15\sqrt{L}$	$\pm 20\sqrt{R_i}$
四等	$\pm 20\sqrt{K}$	$\pm 4\sqrt{n}$	$\pm 14\sqrt{K}$	$\pm 20\sqrt{L}$	$\pm 25\sqrt{L}$	$\pm 30\sqrt{R_i}$
五等	$\pm 30\sqrt{K}$		$\pm 20\sqrt{K}$	$\pm 30\sqrt{L}$		$\pm 40\sqrt{R_i}$

注：1 K 为测段水准路线长度，单位为 km； L 为水准路线长度，单位为 km； R_i 为检测测段长度，以千米计； n 为测段水准测量站数。

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

4.2.2 各等级水准观测应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2

水准观测的主要技术要求

单位: m

等级	水准仪最低型号	水准尺类型	视距		前后视距差		测段的前后视距累积差		视线高度		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	DS1	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	DS1	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	DS1	因瓦	≤100	≤100	≤2.0	≤3.0	≤5.0	≤6.0	三丝能读数	≥0.35	≥1 次
	DS2	双面木尺单面条码	≤75	≤75							
四等	DS1	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
	DS3	双面木尺单面条码	≤100	≤100							
五等	DS3	塔尺单面条码	≤100	≤100	大致相等		—		中丝能读数	≥0.35	≥1 次

4.2.3 水准仪及水准尺每个项目作业前,应按本规范附录 C 的规定进行检验。

4.2.4 各等级水准测量的观测方法应按表 4.2.4 的规定执行。

表 4.2.4

水准测量的观测方法

等级	观测方式		观测顺序
	与已知点联测	附和或环线	
二等	往返	往返	奇数站: 后-前-前-后
			偶数站: 前-后-后-前
精密水准	往返	往返单程闭合环	奇数站: 后-前-前-后
			偶数站: 前-后-后-前
三等	往返/左右路线	往返/左右路线	后-前-前-后
四等	往返/左右路线	往返/左右路线	后-后-前-前 或, 后-前-前-后
五等	单程	单程	后-前

注: 对光学水准仪, 返测时奇、偶测站标尺的顺序分别与往测偶、奇测站相同。

4.2.5 水准观测的测站限差应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5

水准观测的测站限差

单位: mm

等 级	项 目	基、辅分划[黑红面]读数之差	基、辅分划[黑红面]所测高差之差	检测间歇点高差之差	上下丝读数平均值与中丝读数之差
二等		0.5	0.7	1	3
精密水准		0.5	0.7	1	3
三	光学测微法	1	1.5	3	—

项 目		基、辅分划[黑红面]读数之差	基、辅分划[黑红面]所测高差之差	检测间歇点高差之差	上下丝读数平均值与中丝读数之差
等 级	中丝读数法	2	3		
四等		3	5	5	— —
五等		4	7	— —	— —

4.2.6 水准线路跨越江河、湖海、深沟时，应按现行铁道部《新建铁路工程测量规范》跨河水准测量有关规定执行。

4.3 光电测距三角高程测量

4.3.1 各等级光电测距三角高程测量的限差应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 光电测距三角高程测量限差要求 单位: mm

测量等级	对向观测高差较差	附和或环线高差闭合差	检测已测测段的高差之差
三 等	$\pm 25 \sqrt{D}$	$\pm 12 \sqrt{\Sigma D}$	$\pm 20 \sqrt{Li}$
四 等	$\pm 40 \sqrt{D}$	$\pm 20 \sqrt{\Sigma D}$	$\pm 30 \sqrt{Li}$
五 等	$\pm 60 \sqrt{D}$	$\pm 30 \sqrt{\Sigma D}$	$\pm 40 \sqrt{Li}$

注: D 为测距边长, Li 为测段间累计测距边长, 以千米计。

4.3.2 光电测距三角高程测量, 宜布设成三角高程网或高程导线, 视线高度和离开障碍物的距离不得小于 1.2m。高程导线的闭合长度不应超过相应等级水准线路的最大长度。

4.3.3 光电测距三角高程测量观测的主要技术要求应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 光电测距三角高程测量观测的主要技术要求

等级	仪器等级	边长 (m)	观测方式	测距边测回数	垂直角测回数	指标差较差 (")	测回间垂直角较差 (")
三等	1"	≤ 600	2 组对向观测	2	4	5	5
四等	2"	≤ 800	对向观测	2	3	7	7
五等	2"	≤ 1000	对向观测	1	2	10	10

4.3.4 三等光电测距三角高程测量应按单程双对向或双程对向方法进行两组独立对向观测。测站间两组对向观测高差的平均值之较差不应大于 $\pm 12 \sqrt{D}$ mm。

4.3.5 所使用的仪器在作业前应按本规范附录 B 的规定进行检校, 仪器检校的各项要求应符合本规范附录 B 的规定。

4.3.6 光电测距三角高程测量应满足下列要求:

- 1 光电测距三角高程测量可结合平面导线测量同时进行。
 - 2 仪器高和反射镜高量测, 应在测前、测后各测一次, 两次互差不得超过 2mm。
- 三、四等测量时, 宜采用专用测尺或测杆量测。

3 距离应采用不低于Ⅱ级精度的测距仪观测，取位至毫米。测距限差应符合本规范表 3.1.6-4 相应仪器等级的规定。导线点应作为高程转点，转点间的距离和竖直角应对向观测，并宜在同一气象条件下完成。计算高差时应考虑地球曲率的影响。两点间高差采用对向观测平均值。

4 测距时，应测定气温和气压。气温读至 0.5℃，气压读至 1.0hPa，并在斜距中加入气象改正。

5 竖直角采用中丝法测量，对向观测应符合表 4.3.1 及表 4.3.3 的规定。

6 光电测距三角高程测量，观测时间的选择取决于成像是否稳定。但在日出、日落时，大气垂直折光系数变化较大，不宜进行长边观测。

4.3.7 一组测量中，当对向观测高差较差超限时，应往返重测。重测的对向观测高差较差仍然超限，但往返测高差平均值与原往返测高差平均值之差小于各等级水准测量限差时，其结果取 2 次往返测高差平均值的均值。

4.4 精密光电测距三角高程测量

4.4.1 精密光电测距三角高程测量主要用于困难山区代替二等水准测量，所采用的全站仪应具自动目标识别功能，仪器标称精度不应低于 0.5″，1mm+1ppm。4.4.2 使用的全站仪应经过特殊加工，能在全站仪把手上安装反射棱镜，反射棱镜的安装误差不得大于 0.1mm。并使用特制的水准点对中棱镜杆。

4.4.3 精密光电测距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数为偶数，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，竖直角不宜超过 10°。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。

4.4.4 精密光电测距三角高程测量观测的主要技术要求应符合表 4.4.4 的规定

表 4.4.4 精密光电测距三角高程测量观测的主要技术要求

等级	边 长 (m)	测回数	指标差较差 (″)	测回间垂直 角较差 (″)	测回间测距较 差 (mm)	测回间高差较 差 (mm)
二等	≤100	2	5	5	3	$\pm 4\sqrt{S}$
	100~500	4				
	500~800	6				
	800~1000	8				

注：S为视线长度，单位为：km

4.4.5 精密光电测距三角高程测量应采用往返观测，观测中应测定气温和气压。气温读至 0.5℃，气压读至 1.0hPa，并在斜距中加入气象改正。

4.4.6 精密光电测距三角高程测量其他精度指标应满足表 4.1.1 及表 4.2.1 的规

定。

4.5 线路水准基点测量

4.5.1 线路水准基点应沿线路布设成附合路线或闭合环，每 2km 布设一个水准基点，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基点。点位距线路中线 50~300m 为宜。

4.5.2 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 严寒冻土地带普通水准点标石应埋设至冻土线 0.3m 以下，以保证线路水准基点的稳定。
- 3 普通水准点标石可采用预制桩或现浇桩，并按附录 A.3 标石要求埋设。
- 4 水准基点可与平面控制点共用。共桩点的埋设标石规格应符合水准点埋设的标石规格要求。

4.5.3 在地表沉降不均匀及地质不良地区，宜按每 10km 设置一个深埋水准点，每 50km 设置一个基岩水准点，并按附录 A.3 标石要求埋设。

4.5.4 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。

4.6 轨道控制网（CPIII）水准测量

4.6.1 CPIII 控制点水准测量应附合于线路水准基点，按精密水准测量技术要求施测，水准路线附合长度不得大于 3km。

4.6.2 CPIII 控制点水准测量可按本规范附录 F.2.1 的矩形环单程水准网或附录 F.2.2 的往返测水准网构网观测。CPIII 水准网与线路水准基点联测时，应按精密水准测量要求进行往返观测。

4.6.3 CPIII 控制点水准测量应对相邻 4 个 CPIII 点所构成的水准闭合环进行环闭合差检核，相邻 CPIII 点的水准环闭合差不得大于 1mm。

4.6.4 区段之间衔接时，前后区段独立平差重叠点高程差值应 $\leq \pm 3\text{mm}$ 。满足该条件后，后一区段 CPIII 网平差，应采用本区段联测的线路水准基点及重叠段前一区段连续 1~2 对 CPIII 点高程成果进行约束平差。

4.6.5 相邻 CPIII 点高差中误差不应大于 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

4.6.6 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，宜采用不量仪器高和棱镜高的中间设站光电测距三角高程测

量法传递。

4.6.7 中间设站光电测距三角高程测量外业观测应附合表 4.6.7 的规定。仪器与棱镜的距离一般不大于 100m，最大不得超过 150m，前、后视距差不应超过 5m。前后视必须是同一个棱镜且观测时棱镜高度不变。

表 4.6.7 中间设站三角高程测量外业观测技术要求

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

4.6.8 中间设站光电测距三角高程传递应进行两组独立观测，两组高差较差应不大于 2mm，满足限差要求后，取两组高差平均值作为传递高差。

4.6.9 CPIII 高程复测采用的网形和精度指标应与原测相同。**CPIII 点复测与原测成果的高程较差 $\leq \pm 3\text{mm}$ ，且相邻点的复测成果高差与原测成果高差较差 $\leq \pm 2\text{mm}$ 时，采用原测成果。**较差超限时应分析判断超限原因，确认复测成果无误后，应对超限的 CPIII 点采用同级扩展方式更新成果。

带格式的：突出显示

4.7 CPIII 控制网自由测站三角高程测量

4.7.1 CPIII 控制点高程测量可以利用 CPIII 平面网测量的边角观测值，采用 CPIII 控制网自由测站三角高程测量方法与 CPIII 平面控制测量合并进行。

4.7.2 CPIII 控制网自由测站三角高程测量应采用不同测站所测得的相邻点的高差，按本规范附录 F.3.2 的规定构网。

4.7.3 用于构建 CPIII 控制网自由测站三角高程的观测值，除满足 CPIII 平面网的外业观测要求外，还应满足表 4.7.3 的规定。

表 4.7.3 CPIII 控制网自由测站三角高程外业观测的主要技术要求

全站仪标称精度	测回数	测回间距离较差	测回间竖盘指标差互差	测回间竖直角互差
$\leq 1''$, 1mm+1ppm	≥ 3	$\leq 1\text{mm}$	$\leq 9''$	$\leq 6''$

4.7.4 CPIII 自由测站三角高程网应附合于线路水准基点，每 2km 左右与线路水准基点进行高程联测。CPIII 高程网与线路水准基点联测时，应按精密水准测量要求进行往返观测。

4.7.5 CPIII 自由测站三角高程网构网平差时，由不同测站测量的同名高差应采用距离加权平均值。

4.7.6 CPIII 自由测站三角高程网应进行环闭合差和附合路线闭合差统计，并计算每千米高差偶然中误差和每千米高差全中误差，各项指标应符合表 4.1.1 和

表 4.2.1 中精密水准测量的要求。

4.7.7 CPIII自由测站三角高程测量数据处理软件应通过铁道部主管部门评审。

4.7.8 CPIII自由测站三角高程网应采用线路水准基点进行固定数据严密平差，平差后的各项精度指标，应满足表 4.7.8 的规定。

表 4.7.8 CPIII控制网自由测站三角高程网平差后的精度指标

高差改正数	高差观测值的中误差	高程中误差	平差后相邻点高差中误差
$\leq 1\text{mm}$	$\leq 0.5\text{mm}$	$\leq 2\text{mm}$	$\pm 0.5\text{mm}$

4.7.9 CPIII自由测站三角高程网可分区段构网平差，区段长度不宜小于 4km，区段与区段之间重叠点不应少于 6 对，重叠点的高程较差不应大于 3mm。满足要求后，后一区段的平差，应采用本区段联测的线路水准基点及重叠段前一区段的 1 对 CPIII点作为约束点进行平差计算。

4.8 内业计算及成果资料整理

4.8.1 各级高程控制网外业工作结束后，应进行观测数据质量检核。检核的内容包括：测站数据、水准路线数据，附和路线和环线的高差闭合差。数据质量合格后，方可进行平差计算。

4.8.2 高程测量的数据处理，应符合下列规定：

- 1 四等及以上高程测量结束后，应以测段往返测高差不符值，按（4.1.1—1）式计算每千米高差偶然中误差 M_d 。当高程控制网的附和路线或环线超过 20 个时，还应以附和或环线闭合差，按（4.1.1—2）式计算每千米高差全中误差 M_W 。
- 2 二等水准测量平差计算所采用的高差可根据实际情况，进行水准标尺长度、水准标尺温度、正常水准面不平行、重力异常、环线闭合差等项计算改正。
- 3 四等及以上高程控制网测量应采用严密平差方法进行整体平差，并计算各点的高程中误差。

4.8.3 各等级高程控制测量数据取位应符合表 4.8.3 的规定。

表 4.8.3 各等级高程控制测量数据取位要求

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

4.8.4 高程控制测量完成后，应提交下列成果资料：

- 1 技术设计书；

- 2 外业观测手簿及仪器鉴定证书；
- 3 外业高差各项改正数计算资料；
- 4 测量平差计算表；
- 5 高程成果表；
- 6 水准点点之记；
- 7 水准路线联测示意图；
- 8 技术总结报告。

5 线路测量

5.1 一般规定

5.1.1 线路平面控制测量应按第3章 CP0、CP I 和 CP II 控制测量的规定施测。在初、定测阶段不具备建立 CP I、CP II 平面控制网条件时，可根据勘测设计的要求，建立满足初测、定测需要的平面控制。在线下工程施工前，全线应建立完整的 CP I 和 CP II 平面控制网。

5.1.2 线路高程控制测量应按二等水准测量要求施测。在勘测阶段不具备二等水准测量条件时，可根据勘测设计的需要建立相应的高程控制。在线下工程施工前，全线应建立线路水准基点控制网。

5.2 勘测控制测量

5.2.1 初测阶段未建立 CP I 平面控制网时，应沿线路建立初测平面控制网，初测平面控制网应以 CP0 为基准，每 8km 左右布设一对 GPS 点，点对间距以 500~800m 为宜，按四等 GPS 网要求施测。

5.2.2 专业勘测需要时，可布设初测导线。初测导线应起闭于 CP I 平面控制网或初测平面控制网，并符合下列规定：

1 初测导线应钉设木质方桩，必要时可用水泥固桩。

2 可采用 GPS 或全站仪导线测量。采用 GPS 测量时，按五等 GPS 网技术要求施测；采用全站仪导线测量时，按二级导线测量要求施测，导线附合长度不应超过 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，并取已知高程点为检核点，检核点高程较差不应大于 10cm。

5.2.4 定测平面控制测量应直接利用 CP I 或 CP II 平面控制网。当 CP I、CP II 平面控制点密度和位置不能满足定测需要时，应在 CP I 或 CP II 基础上加密控制点，加密精度应满足五等 GPS 或一级导线要求。

5.2.5 定测高程控制测量按四等水准测量要求施测，可采用水准测量、光电测

距三角高程测量，除符合本规范第 4 章的有关规定执行外，尚应满足以下要求：

1 应沿勘测线路方案布设成附合路线或闭合环，勘测高程控制网应附合于高一级的水准点，并采用固定数据平差。

2 高程控制点每 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。

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《铁路工程摄影测量规范》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，应符合本节有关规定。

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，当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应满足表 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满足表 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 单位：m

地形等级	I		II		III		IV	
误差类别 比例尺	高程注 记点	等高线	高程注 记点	等高线	高程注 记点	等高线	高程注 记点	等高线
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。观测时间较长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，距离较差不应大于图上 0.1mm，高程较差不应大于 1/6 基本等高距。检测结果超限，本站已测的碎部点必须重测。
- 3 距离观测应符合表 5.3.10-3 的规定。

表 5.3.10-3 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点号及高程。
- 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的建筑
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、竹林、灌木丛、独立树、行树、散树、苗圃、果园、经济林等林
地以及菜地、稻田、旱地、荒地、经济作物地和水生经济作物地等农业用地及
其地类界。
- 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）；

Δ_s —高精度检查点位与图上同名点位较差（mm）；

Δ_{1s} —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);

Δ_h —高精度检查点的高程与图上内插高程之差 (m);

Δ_{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 中线测量

5.4.1 中线测量应在定测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,导线长度应不大于 5km;高程按五等水准测量精度要求加密。

5.4.2 中线测量应符合下列规定:

1 线路中线桩可采用全站仪极坐标法、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 隧道顶宜根据专业调查的需要进行加桩。

5 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。

6 中桩桩位检测限差应满足纵向 $S/2000 + 0.1$ (S 为相邻中桩间距离,以 m 计)、横向 $\pm 10\text{cm}$ 的要求。

7 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 全站仪中线测量应符合下列要求:

1 全站仪一般应直接置镜于定测控制网上测设。困难时,可从定测控制网上发展附和导线或支导线。附和导线按一级导线施测,支导线边数不应超过 1 条。

2 全站仪极坐标法测设距离不宜大于 400m。

5.4.4 GPS RTK 中线测量应符合下列要求：

- 1 参考站宜设于已知平面、高程控制点上。
- 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，所有流动站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 中桩放样坐标与设计坐标较差应不大于 5cm。
- 6 中线测量完成后，应输出下列成果：
 - (1) 中桩点的平面坐标和高程；
 - (2) 中桩点的平面高程精度；
 - (3) 中桩点放样坐标较差。

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》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为 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 横断面测量采用水准仪、经纬仪、全站仪等测量时，测量限差应满足式（5.5.2-1）、（5.5.2-2）的要求：

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

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

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）。

4 采用航测法测量横断面时，应执行铁道部现行《铁路工程摄影测量规范》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 $\pm 0.3\text{m}$ 。

5.5.3 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，相邻桩位距离限差为 5cm。

5.5.4 桩-板结构路基施工放样应符合下列规定：

- 1 桩位及承载板平面控制点的线路纵、横向中误差不大于 10mm；
- 2 桩顶及承载板高程控制点的高程中误差不大于 2.5mm。

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、输油、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，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 1:500~1:2000 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 1:500~1:2000 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，并应标记用地类别和权属。

5.6.6 工程沿线的环境保护调查测量应包括以下内容：

1 国家生态保护区、野生物保护区、风景名胜区的现状及有关规划情况及其范围。

2 水资源保护区和湿地的情况及其范围。

3 声源敏感点，如学校、医院、居民小区的有关资料。

4 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，设计单位应向建设单位提交控制测量成果资料和现场桩橛，并履行交接手续，施工单位、监理单位应按有关规定参加交接工作，并按附录 G 的要求履行交桩手续。

5.7.2 控制网交桩成果资料应包括以下内容：

- 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）。
- 6 CP0、CP I、CP II 控制桩和线路水准基点桩。

5.7.3 高速铁路工程建设期间，应加强 CP0、CP I、CP II 及线路水准基点控制网复测维护工作。控制网复测维护分为定期复测维护和不定期复测维护，定期复测由建设单位组织实施，不定期复测维护由施工单位实施。

5.7.4 定期复测维护是对高速铁路平面高程控制网全面复测，复测内容包括全线 CP0、CP I、CP II 及线路水准基点。复测频次要求如下：

- 1 施工单位接桩后，应对 CP I、CP II 和线路水准基点进行复测。
- 2 CPIII 建网前，CP0、CP I、CP II 和线路水准基点应复测一次。
- 3 工程静态验收前，CP0、CP I、CP II、CPIII 及线路水准基点复测一次。
- 4 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。

5.7.5 施工单位应根据施工需要开展不定期复测维护，复测周期不宜大于 6 个月。不定期复测维护内容包括 CP I、CP II、线路水准基点及施工加密控制点复测，检查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要求。当复测较差超限时，应查明原因，由监理单位确认。

5.7.6 控制网复测应遵循以下原则：

- 1 编写复测技术方案。
- 2 复测采用的方法和精度应与原测相同。
- 3 复测前应检查标石的完好性，对丢失和破坏的控制点应按同精度扩展方法补设。

5.7.7 CP0 复测按本规范第 3.2.10 条的规定执行。

5.7.8 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本规范 3.1 节、3.3 节、3.4 节及 4.5 节的规定。复测成果与原测成果的较差应满足下列规定。

1 采用 GPS 复测 CP I、CP II 控制点时，复测与原测成果较差应满足表 5.7.8-1a、表 5.7.8-1b 的规定。

表 5.7.8-1a CPI、CPII 控制点复测坐标较差限差要求 单位：mm

控制点类型	坐标较差限差
CP I	20
CP II	15

注：表中坐标较差限差指 X、Y 坐标分量较差。

表 5.7.8-1b 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

注：表中相邻点间坐标差之差的相对精度按式（5.7.8）计算

$$\frac{d_s}{s} = \frac{\sqrt{(\Delta X_{ij}^2 + \Delta Y_{ij}^2 + \Delta Z_{ij}^2)}}{s} \quad (5.7.8)$$

式中： $\Delta X_{ij} = (X_j - X_i)_{\text{复}} - (X_j - X_i)_{\text{原}}$

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

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

s---相邻点间的二维平面距离或三维空间距离；

ΔX_{ij} ， ΔY_{ij} — 相邻点 i 与 j 间二维坐标差之差（m）；

ΔZ_{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）。

2 采用导线复测 CP II 控制点时，水平角、边长和坐标较差应满足表 5.7.8-2 的规定。

表 5.7.8-2 导线复测较差的限差

控制网	等级	水平角较差限差（"）	边长较差限差（mm）	坐标较差限差（mm）
CP II	三等	3.6	$2\sqrt{2} m_D$	15
CP II	隧道二等	2.6	$2\sqrt{2} m_D$	15

注： m_D 为仪器标称精度。

当隧道洞内 CP II 控制测量的导线附合长度大于 7km 时，导线等级为隧道二等。

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。

5.7.9 复测成果与原测成果较差满足本规范第 5.7.8 条规定时，采用原测成果。当较差超限时，应进行二次复测，查明原因，并采用同精度扩展方法更新成果，提交监理和设计单位确认。

5.7.10 复测完成后应进行成果分析，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 自由网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 复测与原测成果的对比分析：

(1) 平面控制网复测与原测坐标成果较差；

(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、边长较差。

(4) 相邻水准点复测与原测高差较差。

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 施工控制网加密测量可根据施工要求采用同级扩展或向下一级发展的方法。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 施工控制网加密测量可采用导线或 GPS 测量方法施测，施工控制网加密必须就近附合到 CP II 或 CP I 控制点，采用固定数据约束平差。

5.8.3 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 3.1.6 条四等导线的精度要求施测。

5.8.5 采用 GPS 测量方法加密时，按本规范 3.1.5 条四等 GPS 精度要求施测，GPS 基线边不宜短于 300m。

5.8.6 加密高程控制测量应起闭于线路水准基点，采用同级扩展的方法按二等水准测量要求施测。

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 加密测量成果（含点之记）；
- 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 线路中线贯通测量

5.9.1 在线下工程竣工后、轨道施工前，应进行线路中线贯通测量，评估线下工程施工是否满足轨道铺设条件的要求。测量内容包括线路水准基点贯通测量、线路中线和横断面竣工测量。

5.9.2 线路水准基点贯通测量应按第 4.5 节的要求沿线路进行全线（段）二等水准测量。

5.9.3 线路中线贯通测量应以线路左线为基准进行测量，并符合下列规定：

1 线路中线贯通测量应满足轨道铺设条件评估的要求。中线上应钉设公里桩和百米桩。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、涵洞中心、桥梁墩台中心、隧道进出口、隧道内断面变化处、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。

2 线路中线桩应利用 CPⅡ控制点、施工加密控制点或 CPⅢ控制点测设，桩位限差应满足纵向 $S/20000 + 0.01$ （S 为相邻中桩间的距离，以 m 计）、横向 $\pm 10\text{mm}$ 的要求。

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

5.9.4 线路横断面竣工测量应符合如下要求：

1 利用线路中线贯通测量测设的中线桩，测量路基、桥梁和隧道横断面。横断面的位置和密度与线路中线桩相同。

2 路基横断面应采用全站仪或水准仪进行测量。路基横断面测点应包括路基面高程变化点、路肩等。路基面范围各测点平面、高程测量中误差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

3 桥面横断面竣工测量方法和精度要求与路基横断面测量相同。桥面横断

面测点应包括左右轨道中心线、桥梁中心线、挡砟墙脚和顶面。

4 隧道竣工横断面应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 $\leq \pm 10\text{mm}$ 。断面点应包括左右轨道中心线、隧道中心线、排水沟、电缆沟、内拱顶、起拱线以及轨顶以上 1.1m、3m、5.8m 处的断面点。

5.9.5 利用中线和横断面竣工测量成果评估路基、桥梁和隧道是否满足限界要求。必要时应调整线路平纵面设计，以满足轨道铺设要求。

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，并与隧道洞口附近线路控制点联测。

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，可建立独立的隧道施工控制网。

6.2 初 测

6.2.1 初测阶段应根据专业设计要求对控制或影响线路方案的重点隧道进行测绘。

6.2.2 重点隧道的初测宜在线路初测平面高程控制点基础上进行测量，当线路初测平面高程控制点不能满足隧道初测要求时，应按 5.2 节的要求在隧道进出口两端、斜井洞口处布设必要的平面和高程控制点，并纳入线路控制网。

6.2.3 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，洞口横断面应面向洞门施测，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，斜井、竖井和辅助导坑洞口）附近线路中桩和洞口纵断面，并符合下列要求：

1 洞口中桩间距一般不应大于 5m，测量范围应满足洞口设计要求，一般从洞口前 30m 至仰坡顶天沟外 10~20m。隧道顶应根据专业调查的需要进行加桩。

2 洞口中桩测设精度按本规范 5.5 节中线测量的要求执行。

6.3.2 按照隧道专业设计需要测绘洞口附近的横断面，洞口横断面应面向洞门施测，一般 5m 左右测绘 1 个横断面，其宽度一般应测至边坡顶或坡脚外 10~15m，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 隧道纵断面图的比例尺应根据设计要求确定（一般为 1:200~1:5000），一般应测至洞口外各 500m，测量方法应按设计要求现场实测或利用 1:2000 地形图点绘。

6.3.4 对于洞身外侧或洞顶覆盖过薄的浅埋隧道，应根据设计需要测量隧道纵断面和洞身横断面。

6.3.5 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 平面控制测量设计要素

测量部位	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
洞外	GPS 测量	一	6~20	1.0		1/250000
		二	4~6	1.3		1/180000
		三	<4	1.7		1/100000
	导线 测量	二	8~20		1.0	1/200000
			6~8			1/100000
		三	4~6		1.8	1/80000
		四	1.5~4		2.5	1/50000
	三角形网 测量	二	8~20		1.0	1/200000
			6~8			1/150000
		三	4~6		1.8	1/100000
		四	1.5~4		2.5	1/50000
洞内	导线 测量	二	9~20		1.0	1/100000
		隧道 2 等	6~9		1.3	1/100000
		三	3~6		1.8	1/50000
		四	1.5~3		2.5	1/50000
		一级	<1.5		4.0	1/20000

表 6.4.2-2

高程控制测量技术要求

测量部位	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)
洞外	二	>36	≤1.0
	三	13~36	≤3.0
	四	5~13	≤5.0
	五	<5	≤7.5
洞内	二	>32	≤1.0
	三	11~32	≤3.0
	四	5~11	≤5.0
	五	<5	≤7.5

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。

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

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_{aJ} 、 m_{aC} —进、出口 GPS 联系边的方位中误差；

θ 、 φ —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；

α_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：

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

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_β —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;

ρ —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:

$$M_b = (yc - yj) \frac{m_b}{b} \quad (6.4.5-3)$$

式中 yc 、 yj —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_{Δ} —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 视线应离开旁遮障碍物 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°，导线网、三角形网的不宜大于 15°。
- 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 4.2.1 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，进出口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 3.1.6 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 3.1.7 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 4.2.1 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 单位：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，应按第 6.4.3~6.4.6 条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，检测较差应符合第 6.4.9 条的规定：

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 3.1.6-1、表 3.1.6-3 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 3.1.6-1、表 3.1.6-4、表 3.1.6-5 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 6.5.4 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 4.2.1、表 4.2.2 和表 4.2.6 的规定。
 - 3 高程控制测量应按本规范式（6.4.6）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 4.2.1 的规定。
- 6.4.15 洞内平面、高程控制点应妥善保管，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。

6.6.7 竖井联系测量包括井上井下趋近导线测量、竖井定向测量、高程传递测量、井上井下趋近水准测量。竖井定向测量宜采用垂准仪和陀螺经纬（全站）仪联合定向、联系三角形定向、钻孔投点定向等方法。高程传递测量宜采用钢尺（钢丝）法、光电测距仪导高法。

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 隧道平面贯通误差调整应符合下列规定：

1 贯通误差 $\leq 50\text{mm}$ 时，在保证隧道建筑限界要求的条件下，可不调整线路中线，按设计线位铺轨。

2 贯通误差 $>50\text{mm}$ 时，应采用洞内 CPIII 控制网实测隧道中线，采用线位拟合方法进行调整，调整后的线路应满足轨道平顺性标准和隧道建筑限界的要求。

6.7.5 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，并在边墙上埋设标志。标志应符合附录 A.3.4 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 桥涵测量应在线路控制网（CP I、CP II 和线路水准基点）基础上进行。当线路控制网尚未建立或有其他特殊需要时，应按本章要求先行建立桥涵测量控制网。复杂特大桥应建立独立的施工测量平面、高程控制网。

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 桥梁与铁路、公路、水文、水利、电力及航运等有关部门之间高程系统的换算关系。

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算方位，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，设其里程值为 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。

7.1.5 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，应明确桥轴线和线路中线的关系。

7.2 初 测

7.2.1 初测阶段应按本规范第 5.2.1~5.2.3 条的要求建立初测平面和高程控制网。

7.2.2 桥址水文测量主要包括：洪水位调查测绘、桥址水文观测、桥址流向流速（潮速）测量、桥址船筏走行线测量及河道原型观测等。测量要求和方法应符合铁道部现行《新建铁路工程测量规范》的规定。

7.2.3 特大桥、控制或影响线路方案和技术复杂的桥渡均应按单独工点测绘桥位方案地形图、桥址地形图和桥址纵断面图。

7.2.4 桥位方案地形图测绘应满足下列要求：

- 1 桥位方案平面图比例尺一般为 1: 2000~1: 50000。
- 2 测绘范围应满足桥位选定及桥头引线、桥渡建筑物和施工场地的轮廓布置的需要。当有多个桥位方案时，宜测绘在同一张图上。
- 3 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。

7.2.5 桥址地形测绘应满足下列要求：

- 1 桥址地形图比例尺一般为 1:500~1:10 000，特别复杂的局部地形可用 1:200。
- 2 测绘范围应满足桥梁孔跨、桥头路基和导流建筑设计物的需要。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，当河滩过宽时，测绘范围不应小于桥梁全长加导流堤在桥址中线的投影长度；沿水流方向的测绘范围应根据设计需要确定。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。
- 3 图上应绘制线路导线、中线和历史最高洪水位泛滥线等。

7.2.6 桥址纵断面测绘应满足下列要求：

- 1 桥址纵断面图应测至两岸线路路肩设计高程以上，当河滩较宽、洪水漫流时，则必须满足桥梁孔跨、导流建筑物和桥头路基设计的需要；
- 2 当墩台位于较陡横坡上时，应增测其上、下游辅助纵断面或必要的横断面。
- 3 纵断面图比例尺一般为 1: 200~1: 1000。测量精度应符合本规范 5.4 节线路中线测量的要求；

7.2.7 大型改河改沟应实测改河改沟中线，并与线路中线进行联测。应收集或

实测获取下列资料：

- 1 改河（沟）地形图（比例尺 1：500～1：2000）；
- 2 改河（沟）河床中线纵断面（比例尺 1：200～1：500）；
- 3 改河（沟）横断面（比例尺 1：200）。

7.2.8 一般桥涵初测应利用 1：2000 初测地形图现场调查核对，掌握其地形、地质、地貌、水文特征。

7.2.9 桥址地形图可采用 GPS RTK、全站仪或摄影测量等方法测绘，测图精度及其它技术要求应符合本规范第 5.3 节的规定。水下地形点的平面位置和高程可采用 GPS RTK（或 RTD）、断面法或前方交会法配合水深测量设备进行测绘，测图精度及其它技术要求应符合铁道部现行《新建铁路工程测量规范》的规定。

7.2.10 应根据设计需要进行专业调查与测绘，主要调查项目有：拆迁建（构）筑物调查、桥址中线两侧对噪声敏感的单位调查、工程用地调查、与桥梁相交的既有道路、桥梁、管道、电力线等的调查。技术要求应符合铁道部现行《新建铁路工程测量规范》的规定。

7.3 定 测

7.3.1 定测阶段应按本规范第 5.2.4 条、5.2.5 条的要求建立定测平面和高程控制网。

7.3.2 桥（涵）址地形测绘应满足下列要求：

- 1 特大桥及大中桥一般可利用线路 1：2000 平面图补测水下地形。对于地形、地质、技术上复杂的桥梁和施工水深等于或大于 3m、水中基础需采取措施的桥梁应测绘 1：500～1：1000 地形图。

- 2 一般小桥涵址直接利用线路 1：2000 平面图，不需要单独测绘桥涵址地形图。对于地形、水文及附属工程复杂的小桥涵应根据设计需要测绘 1：500～1：1000 地形图。测绘范围应满足工程设计需要。

7.3.3 桥址中线测量应满足下列要求：

- 1 先于线路勘测时，定测桥址中线控制桩每岸应不少于 2 个，间距不宜大于 500 m。中线控制桩应埋设混凝土标石。中线控制桩坐标精度不应低于 2cm，高程精度不应低于 3cm。

- 2 陆地墩台中心、地势突变、与重要道路、线路、建（构）筑物相交等处应测设中线桩。

- 3 中线桩及加桩测量方法及限差应符合本规范第 5.4 节的要求。

7.3.4 桥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,则必须满足桥梁孔跨、导流建筑物和桥头路基设计的需要;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。

2 桥址纵断面测量应在线路中线测量时一次完成。如线路中线加桩不足,可在地形变化处加密。

3 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、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。

4 水下断面测点的位置可采用 GPS RTK、前方交会法或断面法等方法测定。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。

7.3.5 当墩台处地形、地质条件变化显著,或设计上有特殊需要时,应在桥墩(台)基础范围内布测墩(台)横断面。横断面宽度根据墩(台)或河、沟、渠的基础尺寸和实际地形确定,测量方法及限差应符合本规范第 5.5.2 条的有关规定。

7.3.6 涵洞(包括倒虹吸、泄水洞和渡槽)应测量轴向断面。轴向断面测量应符合下列规定:

1 断面应沿涵洞轴线方向测量,并测量涵洞轴向断面与线路中线的交角,角度取位至分。

2 轴向断面测量高程限差为 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。

7.3.7 小桥涵上、下游改沟纵(横)断面测量要求如下:

1 凡不测小桥涵址地形图而在桥涵进(出)口有改沟工程者,应在现场实测上、下游改沟纵、横断面及其与桥涵进出口的平面关系。

2 已测有小桥涵址地形图、能满足上下游改沟设计者,可不实测。但是地形、地质复杂或纵坡特别平缓、改沟顺坡有困难者,则应实测改沟纵断面及代表性横断面。

3 对于上、下游的长大改沟工程,应实地测绘改沟平面、纵、横断面图。

7.4 桥梁施工控制测量

7.4.1 桥梁施工平面控制网可结合桥梁长度、平面线型和地形环境等条件选用 GPS、三角形网、导线方法及其组合法测量。高程控制网应采用水准测量方法测量，条件困难的山区可采用精密光电测距三角高程测量方法。

7.4.2 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（7.4.2）式估算的精度要求：

$$m_x(m_y) \leq 0.4M \quad \text{或} \quad \frac{m_s}{S} \leq \frac{0.4\sqrt{2}M}{S} \quad (7.4.2)$$

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）。

7.4.3 施工平面控制网的测量等级应根据式（7.4.2）估算出的必要精度，按表 7.4.3 选定。

表 7.4.3 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	——	——	$\leq 1/250\,000$	1/180 000
二等	——	——	$\leq 1/200\,000$	1/150 000
三等	二等		$\leq 1/150\,000$	1/100 000
四等	三等	三等	$\leq 1/100\,000$	1/70 000

注：对于桥长小于 800m 的桥涵，当桥址两岸已有足够数量的 CPI、CPII 控制点且能满足桥梁施工精度要求时，可直接利用之，无需另行建网。

7.4.4 桥梁施工平面控制网应按本规范第 7.1.3 条的规定建立桥梁施工独立坐标系。各等级施工控制点宜埋设强制归心观测墩。控制测量精度及主要技术要求除应符合本规范第 3.1 节的有关规定外，尚应满足下列要求：

- 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。
- 3 光电测距边必须加入气象、加乘常数改正，然后化算为水平距离，最后按式（7.4.4）归算至墩顶（或轨底）平均高程面上。

$$D = D_0 \left(1 + \frac{H_0 - H_m}{R_A} \right) \quad (7.4.4)$$

式中 D ——归算到墩顶（或轨底）平均高程面上的测距边长度（m）；

D_0 ——测距边两端平均高程面上的平距（m）；

H_0 ——墩顶（或轨底）平均高程面的高程（m）；

H_m ——测距边两端的平均高程（m）；

R_A ——参考椭球体在测距边方向的法截弧曲率半径（m）。

7.4.5 桥梁施工高程控制网统一按二等水准测量精度施测，应符合本规范表 4.1.1、表 4.2.1 的相关规定。跨河两水准点间高差的中误差应满足式（7.4.5）的要求：

$$m_H \leq 0.2\sqrt{2}\Delta_H \quad (7.4.5)$$

式中 m_H ——跨河两水准点间高差的中误差（mm）；

Δ_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）。

7.4.6 施工水准点应沿桥轴线两侧均匀布设，每岸不少于 3 个。水准点沿桥线方向的间距宜为 400 m 左右，并构成连续水准闭合环。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。

7.4.7 施工水准点标石应根据地质情况和精度要求埋设，可采用混凝土标石、钢管标石、岩石标石、管桩标石、钻孔桩标石或基岩标石。对复杂特大桥，宜在江河两岸各埋设至少 1 个深桩水准点，水准点埋置深度应达到有利于稳定的土层。

7.4.8 施工高程控制网应采用水准测量方法观测，测量精度及其它技术要求应符合本规范第 4.1 节、4.2 节的有关规定。外业观测完成后，应对水准网中各条件方程式的不符值进行检验，限差检算合格后，进行全桥的整体平差。全网高程宜以一个稳定可靠的高等级已知水准点起算。

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 施工控制网全面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。

7.5.6 桥梁施工控制网复测完成后，应参照本规范第 5.7.8 条的规定编写复测报告。

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，应按同精度扩展或降级加密的方法增设。加密控制点应选设在离桥中线较近、通视条件良好且不受施工作业干扰、比较稳固的地基或构（建）筑物上。长距离跨海桥梁施工中，可在海中相隔 2 km 左右的优先施工桥墩承台上布设 GPS 加密控制点。

7.6.2 岸上墩台中心点定位宜采用全站仪极坐标法、导线法进行，并应符合下列规定：

1 使用全站仪极坐标法由不同控制点放样的点位的不符值不应大于 2 cm，在限差以内时取放样点连线构成图形之几何中心作为墩台中心点。

2 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 f_{β} 不应大于式（7.6.2）的规定：

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

式中 N ——桥梁跨数。

7.6.3 水中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 水中桥墩基础施工采用单侧（或双侧）栈桥时，可沿栈桥布设桥中线的平行线，通过岸上控制点沿平行线方向用直量法设置墩中心里程点，与交会法测定坐标的互差不得超过 2cm，以直量法为准。

3 水下基础施工过程中要加强对水上平台或栈桥上设置的墩中心点的检核，及时掌握平台或栈桥的位移情况。当两次测量不符值大于 2 cm 时，应重新测设墩中心点。

7.6.4 明挖基础基坑放样宜采用全站仪极坐标法进行，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为 1cm，泄水面高程测量误差限值为 2cm。

7.6.5 岸上桥墩的沉井（原地或筑岛）施工测量应符合下列规定：

1 沉井制造、下沉和接高放样测量，应以桥墩中心纵横十字线和统一的高程基准面为依据，并逐层向上传递。

2 沉井下沉过程中，应定时测量并推算沉井顶、底位置和高程。

3 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，推算沉井顶、底位置和高程。

7.6.6 水上桥墩的沉井施工测量应符合下列规定：

1 水上沉井拼装前,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为 10mm,高度基准面的平面符合性验算限差为 5 mm。沉井拼装完成后,应检查顶面尺寸及高度,并应投放顶面十字线与高度面。

2 沉井下沉就位过程中应定时测量沉井位置,并根据需要测量沉井附近河床冲刷、局部流速和流向。

3 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,并根据施工需要进行局部水文测量。测量方法和精度等应符合下列规定:

(1)用于测放沉井刃脚的水准点的高程不应低于四等水准测量精度。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 5 mm,取位至 mm。

(2)沉井上的定位观测标志与沉井顶面的几何关系尺寸偏差的限值为应 20 mm,取位至 0.01m。

(3)沉井所处河床高程的重复测量限差为水深的 1/200,取位至 0.1m。

(4)当沉井处于稳定状态后,应由两岸控制点精密测定沉井上的定位观测标志,点位限差为 5 cm。

4 沉井竣工后,应由岸上施工控制点精密测定沉井顶部位置,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。

7.6.7 水下混凝土封底测量应符合下列规定:

1 起始基底高程两次测量互差的限值为 5cm,测读平面的高程误差限值为 3cm,用于测量混凝土面高程的测绳的长度误差限值为 0.1m/100m,比重砣的比重应为 1.3~1.6。

2 水下混凝土过程中,应定时测读混凝土面及导管底高程,测量限差为 0.1cm。当混凝土灌注接近设计高程时,应随灌随测。在混凝土灌注完毕、导管提出混凝土面后,应全面测量混凝土面高程。混凝土凝固后,再测 1 次,供作竣工依据。

7.6.8 管桩施工测量应符合下列规定:

1 每根管桩打入、接桩过程中及到达设计高程后,应定时测定桩位中心的平面位置、倾斜度和桩顶高程,并推算桩尖高程及承台底处的桩顶位置。管桩的平面设放限差为 20 mm。斜桩应按设计坡度推算至地面高程后再设放。

2 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。

7.6.9 钻（挖）孔灌注桩测量应符合下列规定：

- 1 埋设护筒后，桩位中心平面位置允许偏差为 20 mm，并测定护筒顶面高程。
- 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位中心坐标，并在桩侧按桩头设计高程测定高程线。

7.6.10 海中桥墩基础施工放样及其竣工测量可采用 GPS RTK 技术进行，平面测量限差为 20mm、高程测量限差为 50mm。GPS RTK 测量应符合铁道部现行《铁路工程卫星定位测量规范》的相关规定。

7.6.11 承台、墩身、顶帽及垫石平面形状和尺寸应依据桥墩中心纵横十字线放样，高程可采用几何水准或光电测距三角高程测量方法测定。

1 承台模板尺寸的设放限差为 40mm，高程设放限差为 30mm；墩身模板尺寸的测量限差为 20 mm，高程设放限差为 30mm，模板上同一高程线的测量限差为 10 mm。

2 顶帽立模前应检查中心十字线的正交性。顶帽模板尺寸的设放限差为 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。

3 使用全站仪进行承台、墩身、顶帽、垫石放样及模板检查时，应检测后视点坐标，实测坐标与已知坐标的互差应不大于 10 mm，且前视距离不应超过后视距离。

4 长距离跨海桥梁的海中承台施工时，可先在承台上测设 GPS 加密控制点，然后采用全站仪极坐标法进行海中承台轴线点施工放样。承台高程可采用 GPS 高程拟合法测定，高程拟合误差应不大于 30 mm。墩身高程必须进行全桥贯通测量。

5 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 7.6.11）。在桥墩建成后，应测定中心标里程及高程。

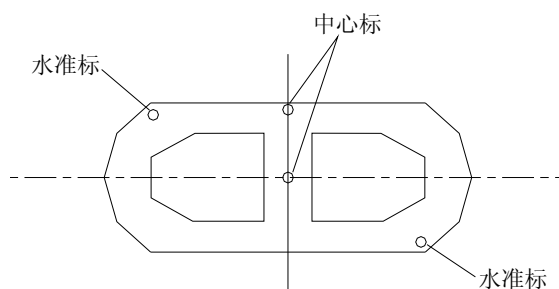


图 7.6.11 桥墩顶帽预埋点示意图

7.6.12 承台、墩身、顶帽、垫石竣工检查应符合本规范第 7.6.11 条中模板检查的规定。承台全部或部分竣工后，应依据施工控制点按本规范第 7.6.2 条的规定进行贯通测量。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。

7.6.13 架梁前，应按下列规定精密测定墩（台）顶水准点的高程、桥中线方向及中心里程：

1 墩（台）中心十字线测定：

（1）桥中线方向应在无风、呈像清晰稳定时直接测定。当后视点与前视点同向时，正、倒镜测量不符值不得大于 3 mm，取中值；当后视点与前视点异向时，按正、倒、倒、正镜观测，不符值不得大于 4mm，取中值。

（2）精密测定墩（台）中心里程及跨距，可采用钢卷尺直接丈量法、全站仪组合测距法或坐标法。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水准网复测精度相同。墩跨较大时，应使用水准仪或全站仪按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，并用悬挂钢卷尺方法复核。当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，并用悬挂钢卷尺方法复核。

（3）墩顶水准标应与两岸基本水准点进行直接逐跨高程联测（1~2 次），全桥贯通。

7.6.14 架梁测量应符合下列规定：

1 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。

2 检查垫石面高程。

3 根据架梁方法，进行相应的水文、拖拉滑道、架桥机走行道等项目的测量。

7.6.15 支座安装的高程测量精度要求应与墩顶水准标相同。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。

7.6.16 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；合龙后，应测定钢梁全部中线、高程、拱度。

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，并推算至弦杆理论中线高程面上。

墩顶处桥中线点应投放至横梁顶部，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。

7.6.17 试车后通车前（即全部恒载已安装完毕），应按下列规定测定墩上支座结构相对于墩中心的竣工位置：

1 测量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 测量支座下摆对于铰枢中心的相对关系。

3 测量不同气温条件下活动支座辊轴顶、底部的相对位移变化值，并推算设计温度状态下支座底板与下摆中心的纵向相对关系。

4 计算各墩钢梁支点相对于桥墩里程中心点的相对偏差、全桥长度相对偏差。

7.6.18 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，点位限差为 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，应适当调整两主塔中心点位置，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 7.6.13 条的规定，并应与主塔塔座水准标进行二等跨河水准联测。

7.6.19 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 7.6.18 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，再利用不低于 2"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 次或 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°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在日出前或夜间进行。

7.6.20 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'。

7.6.21 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 10mm。

7.6.22 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 7.6.19 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 7.6.16 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。

7.6.23 桥梁竣工测量分两阶段进行，第一阶段是在桥梁墩台施工完毕、梁部架设以前，对全线桥梁墩台的纵、横向中心线、支承垫石顶高程、跨度进行贯通测量，并标出各墩台纵、横向中心线、支座中心线、梁端线及锚栓孔十字线；其位置偏差应满足表 7.6.23-1 的要求。第二阶段是在梁部架设完成后，对全桥中线贯通测量并在梁面标出桥梁工作线位置。其位置偏差应满足表 7.6.23-2 的

要求。

表 7.6.23-1

桥梁墩台允许偏差

单位: mm

项目	偏差
墩台纵、横向中心距设计中心的距离	± 20
梁一端两支承垫石顶面高程差	4
支承垫石顶面高程	0~-10

表 7.6.23-2

梁部允许偏差

单位: mm

项目	偏差	
	CRTS II S 轨道结构	其它轨道结构
梁全长	± 20	± 20
梁面平整度	$\leq 3\text{mm}/4\text{m}$	$\leq 3\text{mm}/\text{m}$
相邻梁端桥面高差	≤ 10	≤ 10

7.6.24 涵洞主体工程施工完毕,涵顶、涵侧填土前,应对涵长、孔径、板顶高程等进行测量,并据此推算板顶填土厚度,确定其是否满足设计要求。

8 构筑物变形测量

8.1 一般规定

8.1.1 高速铁路在施工和运营期间，应根据设计文件要求对高速铁路及其附属建筑物进行变形测量。

8.1.2 高速铁路变形测量的内容包括路基、涵洞、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。

8.1.3 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；变形监测工作实施前，应制定监测技术方案。

8.1.4 变形监测工作应根据线下工程施工的开工时间、工程进度以及工程的需要适时开展。首次观测，宜获取监测体初始状态的观测数据。

8.1.5 变形监测网（水平位移监测网、垂直位移监测网）可采用独立坐标和高程系统，按工程需要的精度等级建立，并一次布网完成。

8.1.6 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，且基准点的间距不宜大于 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。

8.1.7 高速铁路变形监测的精度等级应按照监测量的中误差小于允许变形值的 $1/10 \sim 1/20$ 的原则进行设计，并符合表 8.1.7 规定。

表 8.1.7 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	± 2.0	± 1.0	± 12.0

8.1.8 基准点应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，宜

选用 CP I、CP II 控制点以及线路水准基点。当需要增设基准点时，按照线路水准基点的要求增设基准点。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。

8.1.9 采用的仪器应进行检定，并在检定有效期内；每周期观测前，对所使用的仪器和设备进行检验校正，并保留检验记录。

8.1.10 每周期变形观测时，宜按下列规定执行：

- 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 固定基准点和工作基点；
- 5 在基本相同的环境和观测条件下工作。

8.1.11 变形监测频率应根据监测目的、变形量的大小和变形速率等因素进行设计。变形监测频率既要系统地反映变形过程，不遗漏变形的时刻，又要科学制定以降低监测的工作量。

8.2 变形监测基准网

8.2.1 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 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 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 (")	测边 中误差 (mm)	水平角观测测回数		
					0.5"级仪 器	1"级仪器	2"级仪器
一 等	±1.5	≤300	±0.7	1.0	9	12	—
		≤200	±1.0	1.0	6	9	—
二 等	±3.0	≤400	±1.0	2.0	6	9	—
		≤200	±1.8	2.0	4	6	9
三 等	±6.0	≤450	±1.8	4.0	4	6	9
		≤350	±2.5	4.0	3	4	6
四 等	±12.0	≤600	±2.5	7.0	3	4	6

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。

8.2.2 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 8.2.2 的规定：

表 8.2.2 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)	检测已测 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 ₀₅ 型仪器，视线长度 $\leq 15\text{m}$ ，前后 视距差 $\leq 0.3\text{m}$ ，视距累积差 $\leq 1.5\text{m}$ 。 宜按国家一等水准测量的技术要求 施测。
二等	± 0.5	± 0.15	$0.3\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$	DS ₀₅ 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 ₀₅ 或 DS ₁ 型仪器，宜按本规范二 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 ₁ 或 DS ₃ 型仪器，宜按本规范三等 水准测量的技术要求施测

8.3 路基变形测量

8.3.1 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。

8.3.2 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。

8.3.3 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、路隧过渡段、路涵过渡段，于不同结构物起点处、距起点 10m、30m 处各设一断面。路涵过渡段宜在涵洞顶斜向设置横剖面管，并于涵洞两侧 2m 设一观测断面。

8.3.4 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。

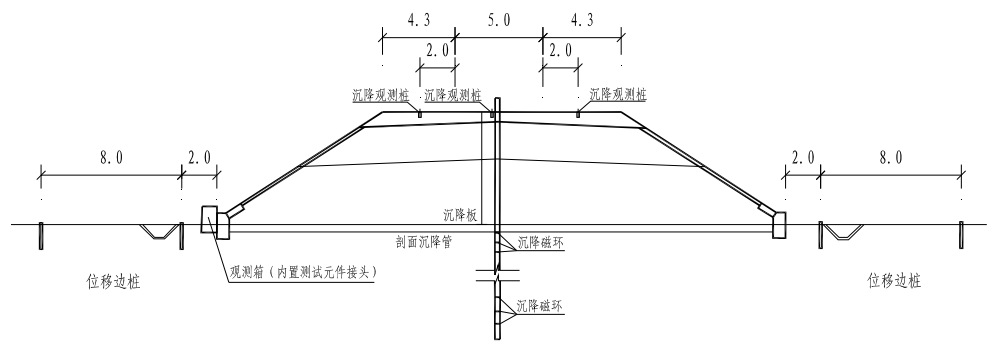


图 8.3.4 松软土地段观测断面布置图

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。

8.3.5 路基沉降观测应按本规范表 8.2.2 中三等垂直位移监测网的精度要求进行测量；剖面沉降观测的精度应不低于 4mm/30m。

8.3.6 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。

8.3.7 路基沉降观测的频次不低于表 8.3.7 的规定。

表 8.3.7 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
架桥机（运梁车）通过	全程	前 2 次通过前后各 1 次；其后每 1 次/天，连续 2 次；其后 1 次/3 天，连续 3 次；以后 1 次

观测阶段	观测频次	
		/周
无砟轨道铺设后	第 1 个月	1 次/2 周
	第 2、3 个月	1 次/月
	3~12 个月	1 次/3 月

8.3.8 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。

8.3.9 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。

8.4 桥涵变形测量

8.4.1 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。

8.4.2 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。观测标具体埋设应符合以下原则：

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>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≤14m 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，前 3 孔梁逐孔设置观测标，每 30 孔梁选择 1 孔梁设置观测标，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 孔梁进行重点观测，以验证支架预设拱度的精度。验证达到设计要求后，可每 10 孔梁选择 1 孔梁设置观测标，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 1 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。

8.4.3 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。

8.4.4 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。首期观测应连续进行二次观测，取其平均值作为首期观测值。

3 变形观测中应符合以下规定

(1) 按三等垂直位移的技术要求进行观测，各次观测宜按照固定的观测路线进行；

(2) 随时观测，随时检核计算，观测时要一次完成，中途不中断；

(3) 在雨季前后要联测，检查水准点的标高是否有变动。

8.4.5 每个桥梁墩台在承台施工完成后进行首次沉降观测，以后根据表 8.4.5 中要求的时间间隔进行观测。

表 8.4.5 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 2 次通过前后各 1 次，其后每 1 次/天，连续 2 次，其后 1 次/3 天，连续 3 次，以后 1 次/周	至少进行 2 次通过前后的观测
桥梁主体工程完工～无砟轨道铺设前		≥6 个月	1 次/周	岩石地基的桥梁，一般不宜少于 2 个月
无砟轨道铺设期间		全程	1 次/天	
无砟轨道铺设完成后	24 个月	0～3 个月	1 次/月	工后沉降长期观测
		4～12 个月	1 次/3 月	
		13～24 个月	1 次/6 月	

注：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。

8.4.6 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 8.4.6 的要求。

表 8.4.6 梁体变形观测

观测阶段	观测周期
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～无砟轨道铺设前	张拉完成后第 1 天
	张拉完成后第 3 天

观测阶段	观测周期
	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
无砟轨道铺设期间	每天 1 次
无砟轨道铺设完成后	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

注：梁体变形观测时，应同时记录结构荷载状态、环境温度及天气日照情况。

8.4.7 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 8.4.7 中要求的时间间隔进行观测。

表 8.4.7 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 2 次通过前后各 1 次，其后每 1 次/天，连续 2 次，其后 1 次/3 天，连续 3 次，以后 1 次/周	至少进行 2 次通过前后的观测
涵洞完工~无砟轨道铺设前	≥6 个月	1 次/周	岩石地基的涵洞，一般不宜少于 2 个月
无砟轨道铺设期间	≥6 个月	1 次/天	
无砟轨道铺设完成后	24 个月	0~3 个月	工后沉降长期观测
		4~12 个月	
		13~24 个月	

注：观测涵洞沉降时，应同时记录结构荷载状态、环境温度及天气日照情况。

8.4.8 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。

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。

8.4.9 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：对于无砟桥面桥梁 $\Delta \leq 20\text{mm}$ 。静定结构相邻墩台沉降量之差：对于无砟桥面桥梁： $\Delta \leq 5\text{ mm}$ 。

8.5 隧道变形测量

8.5.1 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。

8.5.2 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应适当加密布设。

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。

8.5.3 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。

8.5.4 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。

8.5.5 隧道沉降观测点按三等垂直位移精度要求施测，读数取位至 0.1mm。

8.5.6 隧道基础沉降观测的频次不低于表 8.5.6 的规定，沉降稳定后可不再进行观测。

表 8.5.6 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
无砟轨道铺设后	3 个月	0~1 个月	1 次/周
		1~3 个月	1 次/2 周

8.5.7 隧道基础的沉降预测与评估方法采用路基沉降预测的曲线回归法，且应满足以下要求：

- 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 个月的两次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，并应满足无砟轨道有关设计要求。

8.6 区域地表沉降监测

8.6.1 高速铁路在设计阶段，应对区域性地面沉降的监测方法、范围和监测频率进行设计；实施前，应制定监测技术方案。

8.6.2 区域沉降监测网设计时，应收集国家或地方各级部门开展的沉降监测资料、地质、地表水位、水井分布及地下水抽取量、降雨量、水文地质条件的变化趋势等资料。

8.6.3 区域沉降监测可综合运用水准测量、GPS、InSAR 和分层标、地下水位监测等技术手段。

8.6.4 高速铁路沿线区域应建立区域地表沉降监测网，定期观测，评估分析区域地表沉降对高速铁路施工和运营的影响。

8.6.5 区域沉降监测网沿正线宜每公里设置一个观测断面，每个观测断面设置三个控制点，分别设置在线路中线附近、两侧各 1km 左右的位置。

8.6.6 区域沉降监测网控制点应优先选用精测网控制点和线下工程沉降监测基准点，不足时按照附录 A.3 标石要求埋设。

8.6.7 区域沉降监测网按本规范二等水准测量要求施测，起闭于基岩水准点或国家一等水准点，并联测线路水准基点，形成附合水准线路、水准环或水准网。

8.6.8 首期观测（即零观测）应连续进行二次观测，并以其平均值作为首期观

测值。

8.6.9 GPS 测量宜按照本规范 CP0 的技术要求施测，GPS 控制点应与线路水准基点进行联测。

8.6.10 采用 InSAR 技术进行监测应进行专门的技术设计，确定选用的 SAR 影像分辨率和监测周期。可采用永久散射体技术、人工角反射标技术等，并根据需要埋设一定数量的人工角反射标。

8.6.11 对线路沿线的取水井应进行调查。距离线路中线 100~200m 以内的浅井和 500m 以内的深井应封闭。

8.6.12 区域沉降监测宜每半年观测一次，对于沉降变化较快或地质条件复杂的地区，应适当增加观测频次。

8.6.13 应对各类区域沉降监测资料进行综合分析，预测沉降发展趋势，分析对工程施工和运营的影响。

8.7 变形测量成果整理

8.7.1 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，检查各环节闭合差是否符合限差要求。

8.7.2 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。平差后得出每个特定点的高程和高程中误差及单位权中误差，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。

8.7.3 检算各项闭合差符合要求后，计算每千米高差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，并进行精度评价。

8.7.4 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。

8.7.5 构筑物变形测量的相关资料应在竣工交验时移交接收单位。移交资料应包含以下内容：

- 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。

9 轨道施工测量

9.1 一般规定

9.1.1 轨道工程施工前应按本规范第 3.5 节和第 4.6 节的要求建立轨道控制网 CPIII。

9.1.2 轨道施工前应对线下工程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。

9.1.3 高速铁路轨道施工应以轨道控制网 CPIII 为基准，进行轨道施工测量。

9.1.4 轨道铺设精度应满足表 9.1.4-1、9.1.4-2 中轨道静态平顺度允许偏差的要求。

表 9.1.4-1 高速铁路轨道静态平顺度允许偏差

序号	项目	无砟轨道		有砟轨道	
		允许偏差	检测方法	允许偏差	检测方法
1	轨距	$\pm 2\text{mm}$	相对于 1435mm	$\pm 2\text{mm}$	相对于 1435mm
		1/1500	变化率	1/1500	变化率
2	轨向	2mm	弦长 10m	2mm	弦长 10m
		2mm/8a (m)	基线长 48a (m)	2mm/5m	基线长 30m
		10/240a (m)	基线长 480a (m)	10mm/150m	基线长 300m
3	高低	2mm	弦长 10m	2mm	弦长 10m
		2mm/8a (m)	基线长 48a (m)	2mm/5m	基线长 30m
		10/240a (m)	基线长 480a (m)	10mm/150m	基线长 300m
4	水平	2mm	—	2mm	—
5	扭曲 (基长 3m)	2mm	—	2mm	—
6	与设计高程偏差	10mm	—	10mm	—
7	与设计中线偏差	10mm	—	10mm	—

注：1、表中 a 为轨枕/扣件间距；

2、站台处的轨面高程不应低于设计值。

表 9.1.4-2 高速铁路道岔 (直向) 静态平顺度允许偏差

	高低	轨向	水平	扭曲 (基长 3m)	轨距
幅值 (mm)	2	2	2	2	± 1
弦长 (mm)	10		—		

9.2 无砟轨道混凝土底座及支承层放样

9.2.1 无砟轨道混凝土底座及支承层平面放样应依据轨道控制网 CPIII, 采用全站仪自由设站极坐标法测设。高程测量可采用全站仪自由设站三角高程或几何水准施测。

9.2.2 混凝土底座及支承层工程施工测量使用的全站仪精度不应低于 ($2''$ 、 $2\text{mm}+2\text{ppm}$)，水准仪精度不应低于 3mm/km 。

9.2.3 自由设站观测的 CPIII 控制点不宜少于 3 对。更换测站后，相邻测站重叠观测的 CPIII 控制点不宜少于 2 对。

9.2.4 自由设站点的精度应符合表 9.2.4 的规定。

表 9.2.4 自由设站点精度要求

X	$\leq 2\text{mm}$
Y	$\leq 2\text{mm}$
H	$\leq 2\text{mm}$
定向精度	$\leq 3''$

9.2.5 完成自由设站后，CPIII 控制点的坐标不符值应符合表 9.2.5 的规定。

表 9.2.5 CPIII 控制点坐标不符值限差要求

X	$\leq 2\text{mm}$
Y	$\leq 2\text{mm}$
H	$\leq 2\text{mm}$

9.2.6 混凝土底座及支承层模板或基准线桩放样应满足表 9.2.6 的精度要求。使用混凝土摊铺机进行混凝土支承层摊铺作业时，基准线桩纵向间距不应大于 10m ，平、竖曲线地段应根据曲线半径大小加密布置，最小值为 2.5m 。

表 9.2.6 混凝土底座及支承层放样精度要求 (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	± 2	± 5	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		—	+2, -5
	桥上底座	底座	± 5	± 5
		凹槽	± 3	± 3

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
道岔	枕式道岔底座		±2	±5	±5
	板式道岔	找平层	±5	—	±20
		底座	±2	±2 -	±5

9.3 加密基标测量

9.3.1 加密基标平面测量应依据 CPIII 控制点，采用全站仪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施测。

9.3.2 加密基标应根据轨道类型和施工工艺要求进行设置，曲线段应考虑超高影响。

9.3.3 使用的全站仪精度不应低于（1"、1mm+2ppm），水准仪精度不应低于 0.5mm/km。

9.3.4 自由设站观测的 CPIII 控制点不应少于 4 对，全站仪宜设在线路中线附近，位于所观测的 CPIII 控制点的中间。更换测站后，相邻测站重叠观测的 CPIII 控制点不应少于 2 对。

9.3.5 自由设站点精度应符合表 9.3.5 的要求。

表 9.3.5 自由设站点精度要求

X	≤0.7mm
Y	≤0.7mm
H	≤0.7mm
定向精度	≤2"

注：连续桥、特殊孔跨桥自由设站点精度可放宽至 1.0mm

9.3.6 完成自由设站后，CPIII 控制点的坐标不符值应满足表 9.3.6 的要求。当 CPIII 点坐标不符值 x、y 大于表 9.3.6 的规定时，该 CPIII 点不应参与平差计算。每一测站参与平差计算的 CPIII 控制点不应少于 6 个。

表 9.3.6 CPIII 控制点坐标不符值限差要求

X	≤2.0mm
Y	≤2.0mm
H	≤2.0mm

9.3.7 加密基标应根据轨道类型和施工工艺要求进行设置，加密基标的测设应符合如下规定：

- 1 CRTS I 型板式无砟轨道加密基标应设于凸形挡台中心，测设精度应满

足：点位横向偏差 $\leq 1.0\text{mm}$ ，相邻点距离偏差 $\leq 2.0\text{mm}$ ，相邻点竖向偏差 $\leq 1.0\text{mm}$ 。

2 CRTS II 型板式无砟轨道加密基标（基准点）应设于混凝土底座或支承层上，位于轨道板横接缝的中央、相应里程中心点的法线上，偏离轨道中线 0.10m 。曲线地段，应置于轨道中线内侧；直线地段应置于线路中线同一侧。测量精度应满足下列要求：

（1）基准点各半测回测量的坐标值与其平均值间的较差 $\leq 0.4\text{mm}$ 。

（2）重迭区内基准点的平面位置允许偏差：横向 $\leq 0.3\text{mm}$ ，纵向 $\leq 0.4\text{mm}$ 。

（3）基准点往返测高程值与其平均值间的较差 $\leq 0.3\text{mm}$ ；重叠区内基准点高程较差 $\leq 0.3\text{mm}$ 。

3 CRTS II 型双块式无砟轨道加密基标（支脚）应设于混凝土底座或支承层上，位于轨道两侧，纵向和横向间距应分别为 3.27m 和 3.2m ，特殊地段可适当调整纵向间距，但最大调整量不应超过 15mm 。测量精度应符合如下规定：

（1）支脚精调后，顶部棱镜中心三维坐标（ x 、 y 、 h ）实测与设计值较差均 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

（2）更换测站后，应检测上一测站精调后的支脚点。检测允许偏差：平面 $\leq 2\text{mm}$ ，高程 $\leq 2\text{mm}$ 。

9.4 轨道安装测量

9.4.1 CRTS I 型轨道板安装定位（精调）可采用速调标架法或基准器法进行，并应符合下列规定：

1 采用速调标架法或螺栓孔适配器法测量时，全站仪自由设站应满足本规范第 9.3.3~9.3.6 条的规定。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。

2 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。

3 轨道板定位限差横向和纵向应分别不大于 2mm 和 5mm ；高程定位限差应不大于 1mm 。相邻轨道板搭界限差横向和高程应分别不大于 2mm 和 1mm 。

9.4.2 CRTS II 型轨道板安装定位（精调）测量应按下列要求进行：

1 全站仪设于待调轨道板端基准点上，完成定向后，测量待调轨道板上 6 个棱镜的三维坐标，根据实测值与设计值较差，对轨道板进行横向和竖向调整。全站仪距待调轨道板的距离应在 $6.5\sim 19.5\text{m}$ 范围内。

2 更换测站后，应依据待调轨道板末端的基准点，检测已调整的最后一块轨道板板首端承轨槽上的精调标架，检测的横向和竖向偏差均不应大于 2mm ，

纵向偏差不应大于 10mm。

3 轨道板精调后的限差应满足表 9.4.2-3 的要求：

表 9.4.2-3 轨道板精调后的允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
板内各支点实测与设计值的横向偏差	0.3
板内各支点实测与设计值的竖向偏差	0.3
轨道板竖向弯曲	0.5
相邻轨道板间横向偏差	0.4
相邻轨道板间竖向偏差	0.4

9.4.3 CRTS I 型双块式无砟轨道安装测量应满足下列要求：

1 轨排组装前，应先依据轨道控制网 CPIII，采用全站仪自由设站方法放设道床模板及线路中线控制点或外移控制点，每一设站放样距离不应大于 90m。

中线放样允许偏差 5mm。模板允许偏差：平面 2mm，高程 5mm。

2 轨排组装允许偏差为：轨距 $\leq 2.0\text{mm}$ ，轨枕间距 $\leq 5.0\text{mm}$ 。

3 轨排粗调宜采用全站仪自由设站配合粗调机或轨道几何状态测量仪进行，也可采用全站仪自由设站配合水准仪进行；并符合以下规定：

(1) 全站仪自由设站应满足本规范第 9.3.3～9.3.6 条的规定。

(2) 每一设站测量的距离不宜大于 70m。

(3) 轨排粗调后的允许偏差：中线 2mm，高程-5～0mm。

4 轨排精调应采用全站仪自由设站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规范第 9.3.3～9.3.6 条的规定；全站仪距轨道几何状态测量仪的工作距离宜为 5～55m。

(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。

(3) 下一循环施工时，测量应伸入上一循环不少于 20m。

(4) 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。轨道静态平顺度标准应满足表 9.4.3 的规定。

9.4.4 CRTSII 型双块式型无砟轨道安装测量应满足下列要求：

1 应依据轨道控制网 CPIII，采用全站仪自由设站方法测设道床板模板轴线，每一设站放样距离不应大于 90m。，道床模板定位允许偏差：平面 2mm，高程 5mm。

2 CRTSII 型轨排安装应利用精调完成后的支脚（加密基标）进行定位，道床板混凝土浇筑前应检测支脚点三维坐标。实测与设计三维坐标（x、y、h）较

差均不应大于 1mm。

3 轨排安装允许偏差要求如下：

- (1) 相邻轨枕框架首根承轨槽（台）横向偏差 $\leq 3\text{mm}$ ；
- (2) 轨枕框架内相邻承轨槽（台）横向偏差 $\leq 1\text{mm}$ ；
- (3) 相邻承轨槽（台）高差偏差 $\leq 0.5\text{mm}$ ；

9.4.5 有砟轨道轨排粗调、精调测量应满足本规范第 9.4.3 条的要求。

9.5 道岔安装测量

9.5.1 站场内各组道岔宜一次测设完成，并复核道岔间相互位置。站线无砟轨道的测量宜与道岔同时进行，误差的调整应在站线测量中消除。

9.5.2 无砟道岔两端应预留不小于 200m 的长度作为道岔与区间无砟轨道衔接测量的调整距离。

9.5.3 道岔铺设前，应以 CPIII 控制点为依据，在混凝土底座或支承层及板式道岔的找平层上于岔心、岔前、岔后、岔前 100m 和岔后 100m 分别测设道岔控制基标。

9.5.4 道岔控制基标和加密基标可采用全站仪自由设站按坐标测设，也可采用光学准直法测设。全站仪自由设站应满足本规范第 9.3.3～9.3.6 条的规定。

9.5.5 道岔精调应先进行道岔主线测量，再进行道岔侧线测量。

9.5.6 道岔区枕式无砟轨道安装测量应符合下列要求：

1 道岔控制基标横向允许偏差不应大于 1mm。相邻道岔控制基标允许偏差：间距 2mm，高差 1mm。

2 道岔加密基标宜设置在线路中线两侧，间距宜为 5～10m，转辙器、导曲线和辙叉起始点应增设加密基标。加密基标的横向允许偏差不应大于 2mm。相邻加密基标相对允许偏差：平面位置 2mm、高程 1mm。

3 道岔粗调测量应以加密基标为准，也可采用全站仪自由设站配合轨道几何状态测量仪进行，全站仪自由设站应满足本规范第 9.3.3～9.3.6 条的规定，每测站最大测量距离不应大于 80 米。道岔平面位置及高程粗调偏差均不应大于 $\pm 5\text{mm}$ 。

4 采用全站仪自由设站配合轨道几何状态测量仪进行道岔精调时，应符合下列规定：

(1) 全站仪自由设站应满足本规范第 9.3.3～9.3.6 条的规定。每测站最大测量距离不应大于 80 米。

(2) 道岔静态平顺度应符合表 9.1.4-2 的规定。

5 采用全站仪配合水准仪进行道岔精调测量时，将全站仪安置于道岔控制基标上，以道岔控制基标为基准，道岔方向调整由全站仪控制；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 $-5\text{mm}\sim 0$ 。且与前后相连线路一致。

(2) 道岔精调完成后，应采用轨道几何状态测量仪对道岔平顺性进行检测。道岔静态平顺度应符合表 9.1.4-2 的规定。

6 混凝土道床板模板放样可采用全站仪自由设站或通过道岔加密基标进行，道床模板安装定位允许偏差为：横向 2mm，高程 5mm。

9.5.7 道岔区板式无砟轨道安装测量应符合下列要求：

1 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 $\leq 5\text{mm}$ 。

2 道岔板加密基标（基准点）应设于找平层上，测设位置及测量精度应满足本规范第 9.3.7 条第 2 款 CRTS II 型板式无砟轨道加密基标（基准点）的测量要求。

3 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。道岔板精调实测与设计值偏差应满足：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。

4 道岔板精调完成后，在混凝土灌注前，应依据 CPIII 控制点采用全站仪自由设站方式对道岔板进行线性检测，并满足下列要求：

(1) 每块道岔板允许偏差：竖向 1.5mm，横向 1mm，纵向 3mm。

(2) 道岔板与道岔板搭接允许偏差：横向和竖向均为 1mm。

5 道岔精调后，应采用轨道几何状态测量仪对道岔几何状态进行检测。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 9.1.4-2 的规定。

9.5.8 有砟道岔安装测量应符合本规范第 9.5.6 条的规定。

9.6 轨道精调测量

9.6.1 轨道精调测量应在长钢轨应力放散并锁定后，采用全站仪自由设站方式配合轨道几何状态测量仪进行。

9.6.2 轨道精调测量前应按本规范 3.5 节和 4.6 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。

9.6.3 轨道精调测量前，应将线路平面、纵断面设计参数和曲线超高值等数据录入轨道几何状态测量仪，并复核无误。

9.6.4 全站仪自由设站点应符合本规范第 9.3.3～9.3.6 条的规定。每一测站最大测量距离不应大于 80 米。

9.6.5 轨道几何状态测量仪测量步长：无砟轨道宜为 1 个扣件间距，有砟轨道不宜大于 2m。更换测站后，应重复测量上一测站测量的最后 6～10 根轨枕（承轨台）。

9.6.6 测量内容包括线路中线位置、轨面高程、测点里程、轨距、水平、高低、扭曲。

9.6.7 完成精调后，轨道静态平顺性应符合表 9.1.4—1、9.1.4—2 的规定。

10 竣工测量

10.1 一般规定

10.1.1 竣工测量应包括：控制网竣工测量；线路轨道竣工测量；线下工程建筑及线路设备竣工测量；竣工地形图及铁路用地界测量。

10.1.2 竣工测量采用的坐标系统、高程系统、图式等应与施工测量一致。

10.1.3 竣工测量内容及成果资料的编制应满足高速铁路工程竣工验收的要求。

10.2 控制网竣工测量

10.2.1 控制网竣工测量包括 CP0、CP I、CP II、CPIII控制网、线路水准基点网复测及轨道维护基标测量。

10.2.2 控制网测量技术要求应按照本规范第 3 章、第 4 章及第 5.7 节的相关规定进行。

10.2.3 对施工过程中毁坏、丢失的桩点，在竣工测量时按同精度扩展要求补设。

10.2.4 轨道维护基标应根据高速铁路运营养护管理的需要进行测设。其测量要求如下：

- 1 维护基标应根据维修检测方式布设，并充分利用已设置的基标。
- 2 维护基标应利用 CPIII控制点采用全站仪自由设站方法进行测设，利用已设置的基标作为维护基标时，应对其进行复测。
- 3 维护基标的测设和复测精度不应低于相应轨道结构加密基标的精度要求，且满足线路维护要求。

10.3 线路轨道竣工测量

10.3.1 线路轨道竣工测量包括轨道几何状态测量、线路里程贯通测量、线路平面和纵断面竣工测量、线路横断面竣工测量。

10.3.2 轨道几何状态测量应利用竣工测量的 CPIII控制点成果，采用全站仪自由设站配合轨道几何状态测量仪，按本规范 9.6.3~9.6.6 的规定进行测量。

10.3.3 里程贯通测量应满足以下规定：

- 1 根据线路中线测量数据，贯通全线里程，消除断链。左右线并行地段应以左线贯通里程，绕行地段左右线分别计算里程。
- 2 根据贯通里程测设公里标和百米标。并测量曲线五大桩、变坡点、竖曲

线起终点、立交道中心、涵洞中心、桥梁台前、台尾及桥梁中心、隧道进出口、隧道内断面变化处、车站中心、道岔中心、支挡工程的起终点的里程。

3 里程测量宜采用线路中心坐标进行里程贯通计算。

10.3.4 线路平面和纵断面竣工测量应利用轨道几何状态测量仪测量的线路中线位置、轨面高程等数据进行线路平面曲线要素和纵断面坡度计算。

10.3.5 线路横断面竣工测量包括路基、桥梁、隧道的测量，技术要求按本规范 5.9.4 条的规定执行。

10.4 线下工程建筑及线路设备竣工测量

10.4.1 线下工程建筑及线路设备竣工测量应包括：

1 隧道、桥涵、路基工程，车站及其附属建筑物竣工测量；

2 线路沿线设备接触网、行车信号与线路标志的主要设备的竣工测量。

10.4.2 隧道、桥涵、路基工程，车站及其附属建筑物竣工测量，一般由施工单位负责完成，测量的内容应满足竣工图编制和竣工验收的要求，测量方法和精度与施工测量相同。

10.4.3 线路沿线设备接触网、行车信号与线路标志等设备的竣工测量应按站后相关专业验收标准进行测量。

10.5 竣工地形图及铁路用地界测量

10.5.1 铁路用地界桩测量应根据铁路用地图，利用 CP I、CP II、CP III 控制网采用全站仪极坐标法、全站仪自由设站法或 GPS RTK 进行测试。

10.5.2 沿线路两侧每隔 300~500m 及地界宽度变化处均应埋设地界桩，用地界桩的测量点位中误差不应大于 5cm。

10.5.3 线路竣工地形图测量范围应满足用图单位的需要，一般为铁路两侧各 100m（站场由最外股道起算），特殊情况至少包括铁路用地界外 50m，地形图比例尺为 1:2000。

10.5.4 线路竣工地形图宜采用航空摄影的方法测绘，也可利用线路施工平面图进行修测。

10.5.5 地形图测量的技术要求按本规范 5.3 节的规定执行。

10.6 竣工测量资料整理及交验

10.6.1 竣工测量完成后，由竣工测量单位按照高速铁路竣工验收的要求编制竣工测量文件，竣工测量文件应包括下列资料：

- 1 CP0、CP I、CP II、CPIII控制点、线路水准基点、维护基标、铁路用地界桩坐标成果及点之记；
 - 2 CP0、CP I、CP II、CPIII控制点、线路水准基点、维护基标桩橛、铁路用地界桩；
 - 3 轨道几何状态竣工测量成果，包括：线路中线位置、轨面高程、测点里程、坐标、轨距、水平、高低、扭曲等。
 - 4 线路竣工平、纵、横断面图；
 - 5 构筑物的竣工图；
 - 6 路基表、桥涵表、隧道表、车站表等；
 - 7 线路沿线设备竣工测量成果，包括接触网、行车信号与线路标志的主要设备的竣工测量成果。
 - 8 构筑物变形测量成果：包括变形监测基点、变形监测点以及构筑物变形测量评估成果；
 - 9 竣工测量报告。
- 10.6.2 竣工测量文件应有建设单位组织统一归档，作为高速铁路竣工验收的主要文件移交给运营管理部门。

11 运营及养护维修测量

11.1 一般规定

11.1.1 运营及养护维修测量内容应包括各级控制网的复测、构筑物变形监测、区域沉降地段变形监测、轨道几何状态检测等。

11.1.2 控制网复测包括 CP0、CPI、CPII、CPIII 及线路水准基点复测，复测频次宜依据工程和途经地区的具体情况确定。

11.1.3 CP0、CPI、CPII 及线路水准基点复测方法和精度要求应符合本规范第 5.7 节要求，CPIII 复测应满足本规范第 3.5.18 条和第 4.6.9 条要求。

11.1.4 在运营阶段，属于下列情况之一的应对相关线路或周边环境进行变形监测：

- 1 施工阶段的监测对象仍未稳定，需要进行监测的项目；
- 2 不良岩土条件和特殊岩土条件的地区（段）；
- 3 地面沉降变化大的地区和不均匀沉降段落；
- 4 临近线路两侧进行建设施工的地段；
- 5 新建线路和既有线路衔接、交叉、穿越的地段；
- 6 新建线路穿越地下工程和大型管线的地段；
- 7 地震、列车振动等外力作用对线路产生较大影响的地段。

11.1.5 运营监测的对象应包括现有线路轨道、轨道板、混凝土底座和桥涵、隧道、路基等构筑物以及受线路运营影响的周边环境变形区内的道路、建筑、管线、桥梁等。

11.1.6 运营阶段的变形监测方案应根据本规范第 8 章的要求制定。变形监测方案应包括施工阶段延续的和新增的变形监测项目，延续项目的观测数据应保持其连续性。

11.1.7 延续的施工阶段变形监测项目，应继续利用原变形监测控制点对变形点进行监测。控制点和变形点被破坏时应进行恢复。

11.1.8 运营监测的项目应依据设计要求和相关规范确定允许变形值。当实测变形值大于允许变形值的 2/3 时，应及时上报，并应启动应急变形监测方案。

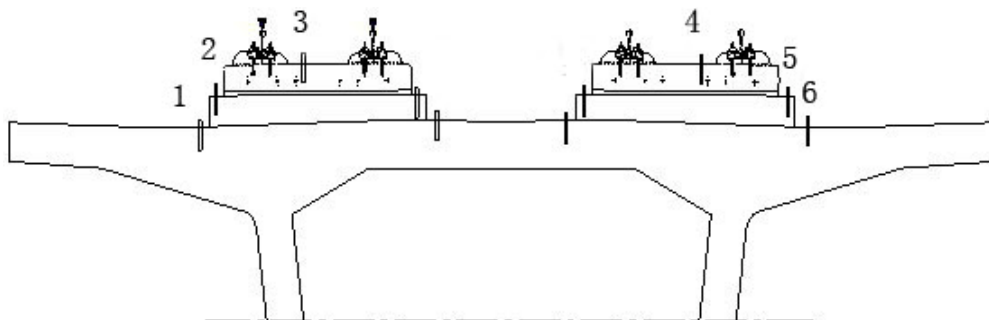
11.1.9 运营及养护维修测量应满足信息化施工和管理的要求，并应建立测量信息数据库。

11.2 构筑物变形监测

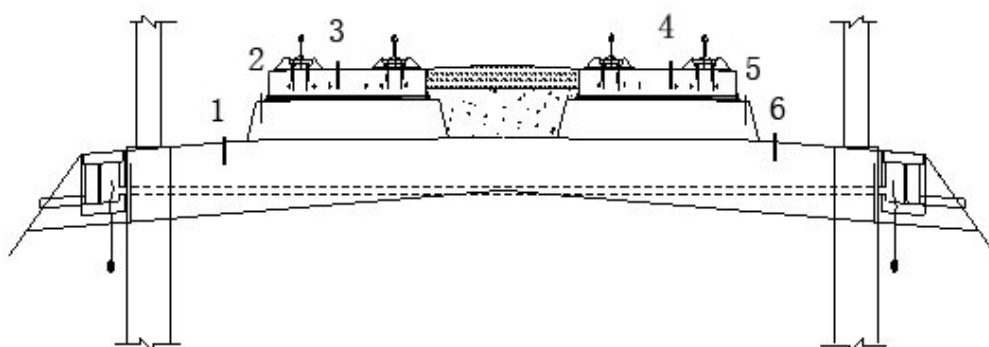
11.2.1 运营期间应对构筑物（桥梁、隧道、涵洞和路基等）变形继续监测，特别是针对区域地面不均匀沉降地段，要重点监测。

11.2.2 运营期间沉降监测应尽量利用建设期间布设的观测点，并根据运营监测需要在重点地段增设特征断面。特征断面监测点的增设应满足下列要求：

1 桥梁地段监测断面测点应不少于 6 个，具体布设位置见图 11.2.2-1。



2 路基地段监测断面测点应不少于 6 个，具体布设位置见图 11.2.2-2。



11.2.3 桥梁地段可利用桥墩监测点进行桥梁受区域地面沉降影响的监测工作。

11.2.4 沉降监测频次应满足以下要求：

1 路基地段：无砟轨道铺设完成后 12 个月内，沉降监测频次应按本规范第 8.3.7 条规定执行，12 个月后宜为 1 年一次；

2 桥涵地段：无砟轨道铺设完成后 24 个月内，沉降监测频次应按本规范第 8.4.5 条至 8.4.7 条规定执行，24 个月后宜为 1 年一次。

11.2.5 构筑物沉降监测方法和精度应符合本规范第 8 章的相关规定。

11.2.6 区域沉降地段的监测方法可采用 InSAR 技术、GPS 技术、水准测量方法或建立分层水位监测井和分层沉降标的方法。

11.2.7 构筑物水平位移监测可根据运营维护的需要进行监测，监测的方法和精

度要求应符合本规范第 8 章的相关规定。

11.3 轨道几何状态检测

11.3.1 轨道几何状态检测的内容应包括轨距、轨向、高低、水平、扭曲以及轨道中线三维坐标。

11.3.2 轨道几何状态检测宜利用轨道控制网（CPIII），采用轨道几何状态测量仪进行测量。

11.3.3 测量步长根据运营维护需要确定，其他测量要求应按本规范第 9.6 节相关规定执行。