

中华人民共和国行业标准

铁建设函[2006]×××号

客 运 专 线
无碴轨道铁路工程测量技术暂行规定
(报批稿)

2006—×—× 发布

2006—×—×实施

中华人民共和国铁道部 发布

前 言

本暂行规定是根据“经规标准[2006]45号《关于落实2006年铁路工程建设标准编制工作的通知》”，进行研究和编制的。

本暂行规定分为七章，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。

本暂行规定的基本测量精度和测量方法，主要依据《客运专线无碴轨道铁路设计指南》、《客运专线无碴轨道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》及铁道部建设司工程建设规范科研项目《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》成果，在吸取遂渝线无碴轨道综合试验段测量的实践经验，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。

在执行本暂行规定过程中，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、修改的意见反馈给铁道第二勘察设计院（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。

本暂行规定由铁道部建设管理司负责解释。

本暂行规定主编单位：铁道第二勘察设计院。

本暂行规定参编单位：西南交通大学、中铁八局集团有限公司、中铁十七局集团有限公司、中铁二十三局集团有限公司、中铁四局集团有限公司、中铁咨询集团有限公司。

本暂行规定主要起草人：

朱颖、颜华、卢建康、岑敏仪、周世林、刘名君、魏永幸、顾利亚、周玉辉、姚力、巩江峰、王智勇、郑志强、吴海涛、周乐凡、汪玉勤、程昂、吴闽、张同刚、梁毅、张金龙、侯文英

目 录

- 1 总 则
- 2 术语和符号
 - 2.1 术 语
 - 2.2 符 号
- 3 平面控制测量
 - 3.1 一般规定
 - 3.2 平面控制网设计
 - 3.3 基础平面控制网（CP I）测量
 - 3.4 线路控制网（CP II）测量
 - 3.5 基桩控制网（CPIII）测量
- 4 高程控制测量
 - 4.1 一般规定
 - 4.2 高程控制网设计
 - 4.3 勘测高程控制测量
 - 4.4 水准基点测量
 - 4.5 CPIII控制点高程测量
- 5 线下工程测量
 - 5.1 一般规定
 - 5.2 线路测量
 - 5.3 路基测量
 - 5.4 桥涵测量
 - 5.5 隧道测量
- 6 构筑物的变形测量
 - 6.1 一般规定
 - 6.2 变形观测网
 - 6.3 变形测量
 - 6.4 测量成果整理
- 7 无砟轨道安装测量
 - 7.1 一般规定
 - 7.2 加密基桩测量
 - 7.3 CRTS I型板式无砟轨道(CRTS Is)安装测量

- 7.4 CRTS II 型板式无砟轨道 (CRTS IIs) 安装测量
- 7.5 CRTSIII 型板式无砟轨道 (CRTSIII s) 安装测量
- 7.6 CRTS I 型双块式无砟轨道 (CRTS Ib) 安装测量
- 7.7 CRTS II 型双块式无砟轨道 (CRTS II b) 安装测量
- 7.8 道岔安装测量
- 7.9 各轨道施工作业面衔接测量
- 7.10 线路整理测量
- 7.11 无砟轨道竣工测量

附录 A 控制点埋石图及标志注字方法

- A.1 各等级平面控制点标志
- A.2 各等级控制点标石的埋设
- A.3 线路定测标志桩尺寸

附录 B 光电测距一般要求

本暂行规定用词说明

《客运专线无砟轨道铁路工程测量暂行规定》条文说明

1 总 则

1.0.1 为统一客运专线无碴轨道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，适应客运专线无碴轨道铁路工程建设和运营管理的需要，制定本暂行规定。

1.0.2 本暂行规定适用于设计行车速度 200~350km/h 客运专线无碴轨道铁路工程的测量。对于其它铺设无碴轨道的铁路，无碴轨道地段的工程测量参照本暂行规定执行。

1.0.3 客运专线无碴轨道铁路工程测量平面坐标系应采用工程独立坐标系统，并引入 1954 年北京坐标系/1980 西安坐标系。边长投影在对应的线路设计平均高程面上，投影长度的变形值不大于 10mm/km。

1.0.4 客运专线无碴轨道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 客运专线无碴轨道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，各阶段的平面控制测量应共同使用同一个 GPS 基础平面控制网。

1.0.6 客运专线无碴轨道铁路工程测量平面控制网宜按分级布网的原则分三级布设，第一级为基础平面控制网（CP I），第二级为线路控制网（CP II），第三级为基桩控制网（CPIII）。各级平面控制网的作用为：

- 1 CP I 主要为勘测、施工、运营维护提供坐标基准；
- 2 CP II 主要为勘测和施工提供控制基准；
- 3 CPIII 主要为铺设无碴轨道和运营维护提供控制基准。

1.0.7 客运专线无碴轨道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，线下工程施工完成后，全线再按二等水准测量要求建立水准基点控制网。

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 用全球卫星定位系统（GPS）测量时，应符合铁道部现行全球卫星定位系统铁路工程测量技术的有关规定。

1.0.12 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。

1.0.13 客运专线无砟轨道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。

1.0.14 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。

1.0.15 客运专线无砟轨道铁路工程测量除应符合本暂行规定外,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 基础平面控制网 (CP I) Basic Horizontal Control Points I

沿线路走向布设,按 GPS 静态相对定位原理建立,为全线(段)各级平面控制测量的基准。

2.1.2 线路控制网 (CP II) Route Control Points 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控制和无碴轨道施工阶段基桩控制网起闭的基准。

2.1.3 基桩控制网 (CPIII) Base-piles Control Points III

沿线路布设的三维控制网,起闭于基础平面控制网 (CP I) 或线路控制网 (CP II),一般在线下工程施工完成后施测,为无碴轨道铺设和运营维护的基准。

2.1.4 CRTS I 型板式无碴轨道 (CRTS I s) CRTS I Slab Ballastless Track

预制轨道板通过水泥沥青砂浆调整层,铺设在现场浇注的钢筋混凝土底座上,由凸形挡台限位,适应 ZPW-2000 轨道电路的单元轨道板无碴轨道结构型式。

2.1.5 CRTS II 型板式无碴轨道 (CRTS II s) CRTS II Slab Ballastless Track

预制轨道板通过水泥沥青砂浆调整层,铺设在现场摊铺的混凝土支承层或现场浇筑的具有滑动层的钢筋混凝土底座(桥梁)上,适应 ZPW-2000 轨道电路的连续轨道板无碴轨道结构型式。

2.1.6 CRTS III 型板式无碴轨道 (CRTS III s) CRTS III Slab Ballastless Track

预制轨道板通过水泥沥青砂浆调整层,铺设在现场摊铺的混凝土支承层或现场浇注的钢筋混凝土底座(桥梁)上,并对每块板限位,适应 ZPW-2000 轨道电路的连续轨道板无碴轨道结构型式。

2.1.7 CRTS I 型双块式无碴轨道 (CRTS I b) CRTS I Bi-block Sleepers Ballastless Track

将预制的双块式轨枕组装成轨排,以现场浇注混凝土方式将轨枕浇入均匀连续的钢筋混凝土道床内,并适应 ZPW-2000 轨道电路的无碴轨道结构型式。

2.1.8 CRTS II 型双块式无碴轨道 (CRTS II b) CRTS II Bi-block Sleepers Ballastless Track

将预制的双块式轨枕通过机械振动法嵌入现场浇注的均匀连续的钢筋混凝土道床内形成整体,并适应 ZPW-2000 轨道电路的无碴轨道结构型式。

2.1.9 精密水准测量 Precise levelling

客运专线铁路无碴轨道工程测量中,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,偶然中误差为 2mm/km。

2.1.10 加密基桩 Additional Benchmark

在基桩控制网（CPIII）基础上加密，为无碴轨道铺设所建立的基准点，一般沿线路中线布设。

2.1.11 维护基桩 Maintenance Benchmark

在基桩控制网（CPIII）基础上测设，为无碴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。

2.1.12 轨检小车 Track Automatic Detection System

能够自动检测线路中线坐标、轨顶高程以及轨距、水平、高低和方向等轨道静态参数，并自动进行记录整理的轻型轨道检测设备。

2.2 符 号

DJ_1, DJ_2, DJ_6 ——经纬仪的等级

DS_{05}, DS_1, DS_3 ——水准仪的等级

C ——照准差

D ——测距边长

m_D ——测距中误差

m_β ——测角中误差

m_α ——方位角中误差

W ——三角形角度闭合差

f_β ——附和导线或闭合导线角度闭合差

n ——连续自然数的一个数值

L ——测量线路（导线、GPS、水准等）长度，单位为 km

K ——测段长，单位为 km

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 ——符合线路或闭合环的个数

R ——地球平均曲率半径

P ——观测量的权

S ——边长、斜距

H_m ——平均高程

h ——高差

m_L ——桥轴线长度中误差

Δ_D ——墩中心点位放样限差

3 平面控制测量

3.1 一般规定

3.1.1 客运专线无砟轨道铁路工程测量各级平面控制网布网要求应按表 3.1.1 执行。

表 3.1.1 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
CP I	GPS	B 级	$\geq 1000\text{m}$	$\leq 4\text{km}$ 一对点
CP II	GPS	C 级	800~1000m	
	导线	四等		
CP III	导线	五等	150~200m	10~20m 一对点
	后方交会		50~60m	

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 GPS 测量的精度指标应符合表 3.1.2-1 的规定；

表 3.1.2-1 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
CP I	$\leq 1.3''$	1/170 000
CP II	$\leq 1.7''$	1/100 000

2 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 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
CP II	≤ 4	800~ 1000	5	2.5	10	1/40 000	$\pm 5\sqrt{n}$	四等
CP III	≤ 1	150~ 200	3	4	5	1/20 000	$\pm 8\sqrt{n}$	五等

导线环（段）的测角中误差应按式计算：

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

式中 f_{β} ——导线环（段）的角度闭合差（ $''$ ）；

N ——导线环（段）的个数；

n ——导线环（段）的角度个数。

3.1.3 各级 GPS 控制网测量的主要精度和技术指标应符合全球定位系统（GPS）铁路测量规程的规定，见表 3.1.3。

表 3.1.3 GPS 测量的精度指标

级别	B	C	D	E
a (mm)	≤ 8	≤ 10	≤ 10	≤ 10
b (mm/km)	≤ 1	≤ 5	≤ 10	≤ 20

注： a ——固定误差（mm）； b ——比例误差系数。

各级 GPS 网相邻点间弦长精度用下式表示：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \quad (3.1.3)$$

式中 σ ——中误差（mm）；

d ——相邻点间距离（km）。

3.1.4 GPS 测量作业应满足表 3.1.4 中的基本技术要求。

表 3.1.4 各级 GPS 测量作业的基本技术要求

项 目 \ 级 别		B	C	D	E
静态测量	卫星高度角（°）	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15
	有效卫星总数	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4
	时段中任一卫星有效观测时间（min）	≥ 30	≥ 20	≥ 15	≥ 15
	时段长度（min）	≥ 90	≥ 60	≥ 45	≥ 45
	观测时段数	≥ 2	1~2	1~2	1~2
	数据采样间隔（S）	15~60	15~60	15~60	15~60
	PDOP 或 GDOP	≤ 6	≤ 8	≤ 10	≤ 10

3.2 平面控制网设计

3.2.1 客运专线无砟轨道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 控制网设计应遵循以下准则：

- 1 各级控制点的可重复性测量精度和相邻点位的相对精度应符合表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 控制点的定位精度要求（mm）

控制点		可重复性测量精度	相对点位精度
CP I		10	$8+D \times 10^{-6}$
CP II		15	10
CP III	导线测量	6	5
	后方交会测量	5	1

注：① 可重复性测量精度：控制点两次定位坐标差的中误差或补设、增设控制点时，由现有已知控制点发展的新控制点相对于已知点的坐标中误差；

② 表中数据为 X、Y 坐标方向的中误差；

③ D 为基线边长，单位为 mm。

- 2 任意 3 个相邻 CP III 控制点的角度中误差应不大于 8" ；
- 3 各级控制网的多余观测分量平均值 \bar{r} 宜满足：

$$\bar{r} = \frac{r}{n} > 0.25 \quad (3.2.4)$$

式中： r ——控制网的多余观测数；

n ——控制网的总观测数。

3.2.5 控制网基准设计应符合以下规定：

1 CP I 应在 WGS-84 坐标系中进行三维无约束平差，然后把 WGS-84 的三维坐标转换为工程独立平面坐标。转换模型的投影长度变形值不应大于 10mm/km。工程独立平面坐标系应以轨面设计高程为投影面，同时引入 1954 年北京坐标系或 1980 西安坐标系；

2 CP II 控制网应附合到 CP I 上，并采用固定数据平差；

3 当采用导线测量时，CP III 控制网应附合到 CP I 或 CP II 上，并采用固定数据平差；当采用后方交会法测量时，CP III 控制网应采用独立自由网平差，然后在 CP I 或 CP II 中置平。分段附合或置平时相邻段应有足够的重叠，重叠长度应不小于 1km。

3.2.6 各级控制网的网形和精度应以第 3.2.4 条的精度和多余观测分量平均值设计准则及经济性原则进行优化设计，并应采用考虑原始数据误差影响的精度计算方法。

3.2.7 增设或补设控制点的点位精度应符合表 3.2.4 的规定。

3.2.8 根据测区的情况和优化设计的结果，编写平面控制网设计书并拟定作业计划。

3.3 基础平面控制网（CP I）测量

3.3.1 CP I 应沿线路走向布设，并在勘测阶段完成。

3.3.2 CP I 宜按 B 级 GPS 测量要求，全线（段）一次布网，统一测量，整体平差。

3.3.3 CP I 控制点布设应符合表 3.1.1 的要求，点位宜选在离线路中线 100~200m、不易被破坏的范围内，并按附录 A 的规定埋石且作点之记。

3.3.4 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。

3.3.5 CP I 应与沿线不低于国家二等三角点或 GPS 点联测，宜每 50km 联测一个国家三角点。全线（段）联测国家三角点的总数不得少于 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。

3.3.6 GPS 控制测量外业观测和基线解算应执行现行全球定位系统（GPS）铁路测量规程的相关规定。

3.3.7 GPS 平面网宜采用一个已知点和一个已知方向的方法进行坐标转换，并引入 1954 年北京坐标系/1980 西安坐标系。

3.4 线路控制网（CP II）测量

3.4.1 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 3.1.2 条的要求。

3.4.2 CP II 控制点的布设应符合表 3.1.1 的要求，一般选在离线路中线 50~100m，且不易破坏的范围内，并按附录 A 的规定埋石且作点之记。

3.4.3 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。

3.4.4 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 800 ~1000 m，相邻点之间应通视，特别困难地区至少有一个通视点，以满足定测放线或施工测量的需要；

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 C 级的规定；

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。

3.4.5 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，并按表 3.1.2-2 CP II 的主要技术要求，采用标称精度

不低于 2"、2mm+2ppm 的全站仪施测。

2 导线测量水平角观测应符合表 3.4.5-1 的规定。

表 3.4.5-1 导线测量水平角观测技术要求

控制网等级	仪器等级	测回数	半测回归零差	2C 较差	同一方向各测回间较差
CP II	DJ1	4	6"	9"	6"
	DJ2	6	8"	13"	9"
CP III	DJ1	2	6"	9"	6"
	DJ2	4	8"	13"	9"

3 导线边长测量，读数至毫米。距离和竖直角往返各观测 2 测回。各项限差应满足表 3.4.5-2 的要求。

表 3.4.5-2 距离和竖直角观测限差

仪器精度等级	测距中误差 (mm)	同一测回各次读数互差 (mm)	测回间读数较差 (mm)	往返测平距较差
I	<5	5	7	$2m_D$
II	5~10	10	15	

注： $m_D=(a+b\times D)$ ，为仪器标称精度。

式中： a ——仪器标称精度中的固定误差(mm)

b ——比例误差系数 (mm/km)

D ——测距边长度 (km)

电磁波测距仪的测距精度划分标准为：测距长度为 1km 时

I 级： $|m_D|\leq 5\text{ mm}$

II 级： $5\text{ mm}<|m_D|\leq 10\text{ mm}$

4 全站仪测距作业应符合铁道部现行《新建铁路工程测量规范》TB10101 的规定。

3.4.6 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 基桩控制网 (CPIII) 测量

3.5.1 CPIII 测量应按导线测量或后方交会法施测，测量的主要技术要求应符合表 3.1.1、表 3.1.2-2 和第 3.2.4 条的规定，并按第 3.2.5 条的规定进行平差。

3.5.2 CPIII 控制点的布设应兼顾施工及运营维护，埋点应满足以下要求：

1 CPIII 控制点宜设于线路外侧，距线路中线的距离一般为 3~4m，控制点的间距以 150~200m 为宜。对线路特殊地段、曲线控制点、线路变坡点、竖曲线起终点及道岔区均应增设加密控制点，曲线地段加密控制点间距以 50~60m 为宜，它们相对于两端 CPIII 控制点的纵、横向中误差应小于 1.5mm。

2 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控制点有条件时宜埋设混凝土强制对中标，其标志规格和埋设深度应符合附录 A 的规定。

4 CPIII控制点采用导线法测量时，直线部分宜设于线路一侧，曲线部分宜设于线路外侧；采用后方交会法测量时，应设于线路两侧。在一条线路上控制点的外移距离宜相等，如遇障碍物，外移距离可适当减少，但增减值应相等。

3.5.3 CPIII控制点埋设完成后，应对其进行检测，检测的内容、方法与各项限差应满足下列要求：

1 检测控制点间夹角时，方向观测应不少于两测回，距离往返观测各两测回；

2 控制点间的距离允许偏差为 $1/20000$ ；直线段控制点间夹角与 180° 较差应小于 $8''$ ，曲线段控制点间夹角与设计值较差计算出的线路横向偏差应小于 1.5mm ；弦长测量值与设计值较差应小于 2mm 。

3.5.4 CPIII控制点满足各项限差要求后应永久固定。控制点标识要清晰、齐全、便于使用，并绘制布设平面示意图和控制点表，做好点之记描述其位置、里程、外移距。

3.5.5 CPIII导线测量水平角及导线边长测量按第 3.4.5 条有关 CPIII控制点测量的要求执行。

3.5.6 CPIII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。

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、水准基点高程测量、CPIII控制点高程测量。各级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	二等水准测量	$\leq 2000\text{m}$
	四等水准测量	
水准基点高程控制测量	二等水准测量	$\leq 2000\text{m}$
CPIII高程测量	精密水准测量	$\leq 200\text{m}$

注：长大桥隧及特殊路基结构施工高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_{Δ}	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
二等水准	≤ 1.0	≤ 2.0	$6\sqrt{L}$	$4\sqrt{L}$	$4\sqrt{L}$	—
精密水准	≤ 2.0	≤ 4.0	$12\sqrt{L}$	$8\sqrt{L}$	$8\sqrt{L}$	$4\sqrt{L}$
三等水准	≤ 3.0	≤ 6.0	$20\sqrt{L}$	$12\sqrt{L}$	$12\sqrt{L}$	$8\sqrt{L}$
四等水准	≤ 5.0	≤ 10.0	$30\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$14\sqrt{L}$

注：表中 L 为往返测段、附和或环线的水准路线长度，单位 km。

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	每千米高差全中误差（mm）	路线长度（km）	水准仪等级	水准尺	观 测 次 数		往返较差或闭合差（mm）
					与已知点联测	附和或环线	
二等	2	≤ 400	DS ₁	因瓦	往返	往返	$4\sqrt{L}$
精密水准	4	2	DS ₁	因瓦	往返	往返	$8\sqrt{L}$
三等	6	≤ 150	DS ₁	因瓦	往返	往测	$12\sqrt{L}$
			DS ₃	双面		往返	
四等	10	≤ 30	DS ₃	双面	往返	往返	$20\sqrt{L}$

注：①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。

②L 为往返测段、附和或环线的水准路线长度，单位 km。

4.1.4 各等级水准观测应符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 各等级水准观测主要技术要求

等级	水准尺类型	水准仪等级	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)
二等	因瓦	DS ₁	≤50	≤1.0	≤3.0	下丝读数
		DS ₀₅	≤60			≥0.3
精密水准	因瓦	DS ₁	≤60	≤2.0	≤4.0	下丝读数
		DS ₀₅	≤65			≥0.3
三等	双面	DS ₃	≤65	≤3.0	≤6.0	三丝能读数
	因瓦	DS ₁ / DS ₀₅	≤80			
四等	双面	DS ₃	≤80	≤5.0	≤10.0	三丝能读数
	因瓦	DS ₁	≤100			

4.1.5 线路跨越江河、深沟时，应用相应等级的跨河水准测量方法和精度施测，主要技术要求应符合以下规定。

1) 一、二等水准测量在视线长度为 100m 以内时，可按 4.1.2~4.1.4 条规定施测，但在测站上应变换仪器高度观测两次，两次高差之差不得超过 1.5mm，取用两次结果的中数。当视线长度超过 100m 时，应按跨河水准测量要求进行测量，其时间段数、测回数及组数应按表 4.1.5-1 的规定执行。

表 4.1.5-1 一、二等跨河水准测量的技术要求

跨河视线长度 (m)	一等			二等		
	最少时间段数	双测回数	半测回中的组数	最少时间段数	双测回数	半测回中的组数
100~300	2	4	2	2	2	2
301~500	4	6	4	2	2	4
501~1000	6	12	6	4	8	6
1001~1500	8	18	8	6	12	8
1501~2000	12	24	8	8	16	8
2000 以上	6 • s	12 • s	8 • s	4 • s	8 • s	8

注：①表中 s 为跨河视线长度公里数，尾数凑整到 0.5 或 1。

②各双测回的互差 dH ，应不大于按式 4.1.5-1 计算的限值：

$$dH_{\text{限}} = 4 \cdot M_{\Delta} \sqrt{N \cdot S} \quad 4.1.5-1$$

式中： M_{Δ} —每公里水准测量的偶然中误差限值，mm；

N —双测回的测回数；

S —跨河视线长度，km。

2) 三、四等水准测量在视线长度为 200m 以内时，可按 4.1.2~4.1.4 条规定施测；但在测站上应变换仪器高度观测两次，两次高差之差不得超过 7mm，取用两次结果的中数。当视线长度超过 200m 时，应用跨河水准测量方法施测，其测量方法、适用范围和观测测回数、限差按表 4.1.5-2 的规定执行。

表 4.1.5 跨河水准测量的技术要求

序号	方法	等级	最大视线长度 S (km)	单测回数	半测回数 观测组数	测回高差互差不 大于 (mm)
1	直接读尺法	三	0.3	2	—	8
		四	0.3	2	—	16
2	微动觇板法	三	0.5	4	—	$30 \cdot S$
		四	1.0	4	—	$50 \cdot S$
3	经纬仪倾角法或电磁	三	2.0	8	3	$24\sqrt{S}$
	波测距三角高程法	四	2.0	8	3	$40\sqrt{S}$

4.1.6 水准测量所使用的仪器及水准尺，应符合下列规定：

- 1 水准仪视准轴与水准管轴的夹角，DS₁ 级不应超过 15″；DS₃ 级不应超过 20″；
- 2 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差，对于因瓦水准尺，不应超过 0.15mm，对于双面水准尺，不应超过 0.5mm；
- 3 二等水准测量采用补偿式自动安平水准仪时，其补偿误差 Δa 不应超过 0.2″。

4.1.7 观测读数和记录的数字取位：使用 DS₀₅ 或 DS₁ 级仪器，应读记至 0.05mm 或 0.1mm；使用数字水准仪应读记至 0.01mm；使用区格式木尺应读记至 1mm。

4.1.8 水准测量计算取位应符合表 4.1.8 的规定：

表 4.1.8 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

4.1.9 水准测量作业结束后，每条水准路线应按测段往返测高差不符值计算偶然中误差 M_{Δ} ；当水准网的环数超过 20 个时，还应按环线闭合差计算 M_w 。 M_{Δ} 和 M_w 应符合表 4.1.2 的规定，否则应对较大闭合差的路线进行重测。 M_{Δ} 和 M_w 应按下列公式计算：

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (4.1.9-1)$$

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (4.1.9-2)$$

式中： Δ —— 测段往返高差不符值（mm）；

L —— 测段长（km）；

n —— 测段数；

W —— 经过各项修正后的水准环线闭合差（mm）；

N —— 水准环数。

4.2 高程控制网设计

4.2.1 客运专线无砟轨道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。

4.2.2 高程控制网设计应包括控制网基准、网形和精度设计。需要增补高程控制点时，须进行控制网改造设计。

4.2.3 高程控制网设计应在充分收集线路设计的有关资料和沿线的国家水准点资料的基础上进行，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 高程控制网精度设计应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 高程控制点限差要求（mm）

控制点类型	可重复性测量的高差限差	相邻点高差限差	水准测量等级
勘测高程控制点	$4\sqrt{L}$	$4\sqrt{L}$	二等

	$20\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	四等
水准基点	$4\sqrt{L}$	$4\sqrt{L}$	二等
CPIII控制点	$8\sqrt{L}$	$8\sqrt{L}$	精密

4.2.5 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，采用固定数据平差和 1985 国家高程基准；

2 水准基点控制网应以国家一等水准点为起算数据，采用固定数据平差和 1985 国家高程基准；

3 CPIII控制点应附合于水准基点控制网上，采用固定数据平差。

4.2.6 高程控制网网形和精度设计应满足第 4.1.1 条和第 4.1.2 条的要求。

4.2.7 高程控制网改造设计时，增设、补设控制点的高差限差应符合表 4.2.4 可重复性测量的规定。

4.2.8 各级控制网的网形和精度应以第 4.2.4 条的精度设计准则及经济性原则进行优化设计，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 勘测高程控制测量应与高一级的国家水准点联测。四等水准测量一般 30km 联测一次，困难条件下不应大于 80km；二等水准测量一般 150km 联测一次，困难条件下不应大于 400km 并形成附合水准路线。

客运专线铁路与另一铁路连接时，应确定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，单独设置的水准点距线路中线距离宜在 50~150m 之间；

2 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；

3 水准点应按附录 A 的规定埋石并作点之记。

4.3.3 水准点高程测量应符合表 4.1.2、表 4.1.3 和表 4.1.4 的规定。采用四等水准测量时，在平原地区可采用水准测量方法；在山岳、丘陵地区可采用光电测距三角高程测量方法。

4.3.4 四等水准测量应采用中丝读数法，可采用 1 组往返或 2 组单程进行。往返测（或 2 组单程）高差不符值在限差以内采用平均值。

4.3.5 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。

4.3.6 在山岳、丘陵地区采用光电测距三角高程测量应符合下列规定：

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、闭合差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 导线点应作为高程转点。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 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 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 水准基点测量

4.4.1 水准基点应按二等水准测量要求施测。二等水准路线一般 150km 与国家一等水准点联测一次，最长不应超过 400km 联测一次。水准基点控制网应全线（段）一次布网测量。

4.4.2 水准路线应沿线路敷设，水准点埋设应符合第 4.3.2 条的规定。

4.4.3 水准基点测量应采用水准测量方法，宜使用电子水准仪测量。其主要技术要求应符合表 4.1.2、表 4.1.3 及表 4.1.4 中二等水准测量的规定。

4.4.4 二等水准测量应进行往返观测，观测顺序如下：

1 往测：奇数站为后—前—前—后

偶数站为前—后—后—前

2 返测：奇数站为前—后—后—前

偶数站为后—前—前—后

4.4.5 水准基点测量应在全线测量贯通后进行严密平差，平差计算取位按表 4.1.8 中二等水准测量的规定执行。

4.5 CPIII控制点高程测量

4.5.1 CPIII控制点高程测量工作应在 CPIII平面测量完成后进行，并起闭于二等水准基点。

4.5.2 CPIII控制点水准测量应按第 4.1 节有关精密水准测量的要求施测。

4.5.3 CPIII控制点高程测量应严密平差，平差计算取位按表 4.1.8 中精密水准测量的规定执行。

5 线下工程测量

5.1 一般规定

5.1.1 线下工程测量除执行本章规定外，未包括的内容应按铁道部现行《新建铁路工程测量规范》(TB10101)的有关规定执行。

5.1.2 桥梁、隧道和特殊路基结构工程的施工控制网，应在 CP I 或 CP II 基础上加密，并采用便于施工测量的独立坐标系统。当加密网的精度不能满足施工测量的精度要求时，应建立更高精度等级的独立控制网。

5.2 线路测量

5.2.1 线路定测应符合下列规定：

1 定测导线应按第 3.1.2 条 CP II 的要求施测，水准点应按第 4.1.2、4.1.3、4.1.4 条的要求施测，且应在定测工作开展前完成。

2 交点及线路控制桩测量应符合下列规定：

1) 定测放线应根据 CP I 控制点或 CP II 控制点，采用极坐标法或 GPS RTK 测设，并测定高程；

2) 直线上的转点、曲线上的交点或副交点、曲线控制桩的测设，宜使用全站仪直接测设，并钉设方桩及标志桩。测点应观测两测回，取其平均值，计算测点实测坐标，以便中线加桩测量；

3) 控制桩应从 CP I 控制点或 CP II 控制点直接测设。特殊困难情况下，可从 CP I 控制点或 CP II 控制点上发展附和导线或支导线；

4) 控制桩间应通视，桩间距离宜为 200~400m，困难时不得短于 100m，并应设在便于

置镜的地方。

3 中线测量应符合下列规定：

1) 中线上应钉设公里桩、百米桩和加桩。一般地段中桩间距不宜大于 20m。在地形变化处或专业需要时，应另设加桩，加桩宜设在就近整米处；

2) 隧道顶应根据埋深及地形起伏情况加设中桩，有特殊要求的地方应按专业要求加桩；

3) 新建铁路引入既有铁路接轨站应注明里程关系；

4) 铁路定测中线，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；

5) 直线上转点贯通测量中，当水平角在 $180^{\circ} \pm 15''$ 以内时，可视为直线，也可用经纬仪定向，按线路控制桩分段加桩。

中桩点位误差的限差，纵向应为 $S/2000 + 0.1$ (S 为转点至桩位的距离，以 m 计)，横向应为 10cm；

6) 中桩高程宜采用光电测距三角高程测量两次，两次测量结果的差值不应大于 10cm，中桩高程取其平均值。

4 极坐标法中线测量采用 I 级或 II 级测距精度的全站仪，置镜在 CP I 控制点、CP II 控制点、直线上转点、曲线上的交点或副交点和曲线控制桩上测设。

5 GPS RTK 中线测量应符合下列规定：

1) 基准站应设置于 CP I 控制点或 CP II 控制点上，基准站间距以 3~5km 为宜；

2) 在点校正求解基准转换参数过程中，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) 在进行 GPS RTK 放线作业前，几台流动站都应对同一个已知点进行测量并存储，平面互差应小于 1.5cm，高程互差应小于 3cm；

4) GPS RTK 放线作业前，应对前一天最后两个中线控制桩进行复测并记录，平面互差应小于 2.5cm，高程互差应小于 5cm。

5) 测设中线控制桩时，计算点位与实测点位的坐标差值应控制在 1cm 以内。测设中桩时应控制在 5cm 以内；

6) 更换基准站时应应对前一基准站测量的最后两个中线控制桩进行复测并记录，平面互差应小于 2.5cm，高程互差应小于 5cm；

7) 中桩高程应采用 GPS RTK 方法测量两次，两次测量结果的差值不应大于 10cm，中桩高程取其平均值。

5.2.2 现场交桩应符合下列规定：

1 施工前，勘测设计单位应向施工单位现场移交各级平面、高程控制点；

2 交接的主要测量成果资料如下：

- 1) CPI 控制桩成果表及点之记;
- 2) CP II 控制桩成果表及点之记;
- 3) 水准点成果表及点之记;
- 4) 线路曲线要素表。

3 需交接的控制桩如下:

- 1) CPI 控制桩;
- 2) CP II 控制桩;
- 3) 勘测水准点桩。

5.2.3 施工复测应满足下列要求:

1 施工前, 施工单位应对勘测设计单位交接的控制桩进行复测。复测的控制桩包括: 全线 CP I 控制点、CP II 控制点、水准点;

2 施工复测时采用的方法、使用的仪器和精度应符合相应等级的规定;

3 CP I 控制点的施工复测应按现行全球定位系统 (GPS) 铁路测量规程执行;

4 CP II 控制点、水准点施工复测的精度和要求应符合第 3.1.2、4.1.2、4.1.3、4.1.4 条的规定。当复测结果与设计单位提供的勘测成果不符时, 必须重新测量。当确认设计单位勘测资料有误或精度不符合规定要求时, 则应与设计单位协商, 对勘测成果进行改正。复测结果与设计单位勘测成果的不符值在下列规定范围内时, 应采用设计单位勘测成果。

1) CP I 控制点的复测应满足 X、Y 坐标差值不大于 $\pm 2\text{cm}$ 的要求;

2) CP II 控制点的复测应满足表 5.2.3-1 的规定:

表 5.2.3-1 线路控制网 (CP II) 复测限差要求

水平角	导线方位角闭合差	距离 (mm)	导线长度闭合差
$\leq 5''$	$\leq 5\sqrt{n}''$	$\leq 2m_D$	$\leq 1/40000$

注: m_D 为仪器标称精度。

3) 水准点复测限差应满足表 5.2.3-2 的规定:

表 5.2.3-2 水准点复测限差

二等	精密水准	三等	四等
$6\sqrt{L}$	$12\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$30\sqrt{L}$

注: L 为测段长度, 单位以千米计。

5 需要移设或增设导线点、水准点时, 其点位设置、测量方法以及精度要求, 应符合第 3.1.2 条、第 4.1.2 条、第 4.1.3 条和第 4.1.4 条的有关规定。

5.3 路基测量

5.3.1 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。

5.3.2 路基工程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。

5.3.3 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 路基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：

高差 $\pm (L/1000+h/100+0.2)$ m；

距离 $\pm (L/100+0.1)$ m。

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)。

有条件时，路基横断面测量也可采用航测方法进行，航测法测绘路基横断面的高差限差为 ± 0.35 m，距离限差为 ± 0.3 m。

5.3.4 地基加固工程施工放样应符合下列规定：

- 1 地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 地基加固工程中各类群桩基础的桩位，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 5cm。

5.3.5 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 10mm；
 - 2) 桩顶及承载板高程控制点的高程中误差不大于 2.5mm。
- 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。

5.4 桥涵测量

5.4.1 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。

5.4.2 桥梁独立平面坐标系统应符合下列规定：

1 桥轴线（曲线桥为起端切线）应为 X 轴方向，里程增加方向为其正向；由 X 轴顺时针旋转 90° 的方向为 Y 轴正向；

2 起算里程值可自行设定，但全桥的 X、Y 坐标值不应出现负值；

3 平面坐标系统应与 CP I 控制点或 CP II 控制点进行联测，以取得坐标换算关系。

5.4.3 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。

5.4.4 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；

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。

4 导线边长应根据所选定的测量等级，采用 I 级或 II 级测距精度的测距仪测量，并应符合铁道部现行《新建铁路工程测量规范》（TB10101）的相关规定；

5 导线水平角观测方向多于 2 个时，应采用方向观测法观测，并应符合铁道部现行《新建铁路工程测量规范》（TB10101）的相关规定。当水平角观测为两方向时，可按奇、偶测回分别观测导线的左角、右角，左、右角分别取中数计算圆周角闭合差 Δ ， Δ 等于左角中数加右角中数减 360°，其值应符合表 5.4.4 的规定。

表 5.4.4 圆周角闭合差限差

导线等级	二	三	四
限差 Δ (″)	2.0	3.6	5.0

6 导线环角度闭合差的限差，应不大于按下式计算的数值：

$$f_{\beta\text{限}} = 2m\sqrt{n} \quad (5.4.4)$$

式中 m ——设计的测角中误差 (″)；

n ——导线环内角的个数。

7 导线环的实际测角中误差应按式 (3.1.2) 计算。

8 导线平差计算宜采用间接平差或条件平差。

5.4.5 桥梁控制网测量完成后，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。

5.4.6 高程控制测量完成后，应提交下列成果资料：

- 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、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 水准点成果表。

5.4.7 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，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。

5.5 隧道测量

5.5.1 隧道长度大于 1500m 时，应根据隧道横向贯通精度的要求进行隧道平面控制测量设计；隧道相邻两开挖洞口（包括横洞口、斜井口）间的高程路线长度大于 12000m 时，应根据隧道高程贯通精度的要求进行隧道高程控制测量设计。

5.5.2 隧道施工测量应建立独立的平面、高程控制网。

5.5.3 隧道平面及高程控制测量工作开展前，应搜集下列已有的测量资料：

- 1 隧道测区地形图；
- 2 隧道及辅助坑道平、纵断面施工图及与隧道相关的线路平、纵断面图；
- 3 CP I 控制点、CP II 控制点、中线控制桩、水准点测量成果。

5.5.4 隧道独立坐标系统应符合下列规定：

- 1 隧道中线（曲线隧道为主要切线）为 X 轴方向，里程增加方向为其正向；由 X 轴顺时针旋转 90° 的方向为 Y 轴正向；
- 2 起算点的 X、Y 值可自行设定，但全隧道的 X、Y 值不宜出现负值；

3 X 坐标值宜与线路定测里程一致。

5.5.5 隧道平面控制测量设计要素应按表 5.5.5 选用。

表 5.5.5 平面控制测量适用长度

测量部位	测量方法	测量等级	测角精度 (″)	适用长度 (km)	边长相对精度
洞外	导线测量	二	1.0	6~20	1/200 000
		三	1.8	4~6	1/150 000
		四	2.5	<4	1/100 000
	GPS 测量	B	1.5	≥6	
		C	2.0	<6	
洞内	导线测量	二	1.0	7~20	1/100 000
		三	1.8	5~7	1/50 000
		四	2.5	≤5	1/20 000

注：1 本表所列适用长度系指隧道相邻两开挖洞口间的长度；导线测量的适用长度系按导线边、角独立测量 2 组计算。

2 GPS 测量栏内测角精度指进洞联系边方向中误差。

5.5.6 洞外平面控制测量宜结合隧道长度、平面线型、地形和环境等条件，采用 GPS 测量或导线测量，并符合下列规定：

1 洞外导线网应沿隧道两洞口连线方向布设；

2 洞外高程控制测量应根据测量设计精度，结合地形情况、水准路线长度以及仪器设备条件，采用水准测量或光电测距三角高程测量。

3 洞外平面、高程测量应按第 3、4 章及铁道部现行《新建铁路工程测量规范》(TB10101)的规定执行。

5.5.7 洞内平面控制网宜布设成多边形导线环，导线点应布设在施工干扰小、稳固可靠的地方，点间视线应离开洞内设施 0.2m 以上。洞内高程控制点应每隔 200~500m 设置一对。

洞内平面控制网(包括洞口 3 个平面控制点)、高程控制网(包括洞口 2 个高程控制点)应定期检查复测。

5.5.8 GPS 控制网的布设应符合下列规定：

1 控制网应控制全隧道(包括各种辅助坑道)的长度和方向，并将标定隧道中线(包括与隧道相关的线路中线)的控制点纳入控制网；

2 隧道每个开挖洞口布设的不少于 3 个稳定可靠的 GPS 控制点应互相通视，控制点与洞口投点的高差不宜过大，点间距离应根据测量等级要求确定；

3 隧道 GPS 控制网应布设成三角形或大地四边形。各控制点应与隧道中线点直接构成 GPS 基线向量的观测值，每个点至少应有 2 条 GPS 基线向量的观测值，多数点应有 3 条以上

GPS 基线向量的观测值。

5.5.9 隧道施工测量应符合下列规定：

1 施工中线控制桩应由隧道导线控制点，采用极坐标法，以 2 测回测设中线控制桩点间宜选择长边，特别困难时也不宜小于 200m。

2 施工中线控制桩测设后应进行检核，直线上应采用正倒镜方向法延伸测量，曲线上宜采用弦线偏角法，或任意点极坐标法测量。相邻中线控制点的相对中误差不得大于 1/10000。

3 开挖延伸和衬砌施工应设临时中线点。开挖延伸的施工中线，宜先用激光导向（或指向），后用全站仪、光电测距仪测定。衬砌用的临时中线点宜 10m 加密一点，直线上应正倒镜压点或延伸，曲线上可采用偏角法，长弦支距法等方法测定。

5.5.10 长度大于 1000m 的隧道，无碴轨道铺轨前，需在洞内增设 CP II 控制点，测量技术要求按第 3.4 节规定执行，当曲线隧道内 CP II 导线边长在 400~800m 时，CP II 点应与 CPIII 点构成导线环，整体布设，联合平差。

5.5.11 长度大于 2000m 的隧道，无碴轨道铺轨前，需在洞内增设稳固可靠的水准基点，测量技术要求按第 4.4 节规定执行。

5.6 竣工测量

5.6.1 线路竣工测量应符合下列规定：

1 线下工程竣工测量前，应按第 4.4 节的要求完成全线（段）二等高程控制网的敷设工作。

2 竣工测量应进行线路中线测量和高程测量，并贯通全线的里程和高程。

3 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。如地形平坦，曲线内的中桩间距可为 40m。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。

线路中线加桩应利用 CP II 控制点测设，中线桩位限差应满足纵向 $S/20000 + 0.005$ （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二等水准基点测量，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。

5.6.2 路基竣工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±5mm；

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。

5.6.3 桥涵竣工测量应符合下列规定：

1 桥梁墩台施工完毕、梁部架设以前，应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，并满足表 5.6.3-1 的要求，且将测量结果移交梁部架设单位。

表 5.6.3-1 桥梁墩台允许偏差

项目	偏差(mm)
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

2 梁部架设完成后，应对全桥中线贯通测量并在梁面标出桥梁工作线位置。检查桥面平整度、相邻梁端的高差，桥梁长度和梁缝宽度，并满足表 5.6.3-2 的要求，且将测量结果移交轨道安装单位。

表 5.6.3-2 梁部允许偏差

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

3 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。

4 桥涵竣工测量未详部分按《新建铁路工程测量规范》(TB10101) 执行。

5.6.4 隧道竣工测量应符合下列规定：

1 隧道直线地段每 50m、曲线地段每 20m 以及其它需要的地方均应测量隧道净空断面。净空断面测量应以恢复后的线路中线为准，可采用断面测量全站仪或自动断面检测仪测绘，测点点位限差为±10mm。

2 洞内高程点应在复测的基础上每千米埋设 1 个，高程控制点按二等水准测量施测。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。

6 构筑物的变形测量

6.1 一般规定

6.1.1 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、维修提供依据，应建立线下构筑物变形监测网，对线下构筑物进行变形观测。

6.1.2 在工程设计阶段，应对变形测量进行规划、设计，并及时进行变形观测。

6.1.3 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，至少应与一个 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，精度按二等水准测量精度控制，高程应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施工高程控制点联测，使垂直位移监测网与施工高程控制网高程基准一致；全线二等水准贯通后，应将垂直位移监测网与二等水准基点联测，将垂直位移监测网高程基准归化到二等水准基点上。

6.1.4 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。

6.1.5 变形观测等级及精度应符合表 6.1.5 规定。

表 6.1.5 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

6.1.6 基准点应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。

6.1.7 每次观测前，对所使用的仪器和设备，应进行检验校正，并保留检验记录。

6.1.8 每次变形观测时，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。

6.1.9 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。

6.2 变形监测网

6.2.1 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 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 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	$\leq 1/250000$	宜按国家一等平面控制 测量要求观测
		<150	± 1.0	$\leq 1/120000$	宜按国家二等平面控制 测量要求观测
二 等	± 3.0	<300	± 1.0	$\leq 1/120000$	宜按国家二等平面控制 测量要求观测
		<150	± 1.8	$\leq 1/70000$	宜按国家三等平面控制 测量要求观测
三 等	± 6.0	<350	± 1.8	$\leq 1/70000$	宜按国家三等平面控制 测量要求观测
		<200	± 2.5	$\leq 1/40000$	宜按国家四等平面控制 测量要求观测
四 等	± 12.0	<400	± 2.5	$\leq 1/40000$	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。

6.2.2 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 6.2.2 的规定：

表 6.2.2 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 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	0.13	$0.3\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$	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 ₁ 或 DS ₃ 型仪器, 宜按本暂行规定三等水准测量的技术要求施测

6.3 变形测量

6.3.1 水平位移测量应符合下列规定:

- 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 采用经纬仪投点法和小角法时, 对经纬仪的垂直轴倾斜误差, 应进行检验, 当垂直角超出 $\pm 3^\circ$ 范围时, 应进行垂直轴倾斜改正;
- 3 采用极坐标法时, 其边长应采用全站仪测定, 当采用钢尺丈量时, 不宜超过一尺段, 并应进行尺长、拉力、温度和高差等项改正;
- 4 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;
- 5 水平位移观测点的施测精度按第 6.1.5 条要求执行。

6.3.2 垂直位移测量应符合下列规定:

- 1 垂直位移观测点的精度和观测方法应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 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	± 0.3	± 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	± 0.5	± 0.3	宜按国家一等精密水准测量;	$\leq 0.30\sqrt{n}$
三 等	± 1.0	± 0.5	宜按本暂行规定二等水准测量;	$\leq 0.60\sqrt{n}$
四 等	± 2.0	± 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。

6.4 测量成果整理

6.4.1 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。

6.4.2 每一项目的工程变形测量任务完成以后，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。

7 无碴轨道安装测量

7.1 一般规定

7.1.1 线下基础工程经铺轨条件评估合格后,应按第 5.6.1 条进行线路中线复测,并完成 CPⅢ控制网的建立。

7.1.2 无碴轨道施工前,应根据轨道结构型式及施工要求对加密基桩(基准器)进行规划设计。

7.1.3 本暂行规定仅列出了 CRTS I 型板式无碴轨道(CRTS I s)、CRTS II 型板式无碴轨道(CRTS II s)、CRTSⅢ型板式无碴轨道(CRTSⅢs)及 CRTS I 型双块式无碴轨道(CRTS I b)、CRTS II 型双块式无碴轨道(CRTS II b)五种轨道结构型式,对于其它型式的无碴轨道安装测量可参照本暂行规定执行。

7.2 加密基桩测量

7.2.1 加密基桩的测设应满足下列要求:

1 依据相邻 CPⅢ控制点加密,采用光学准直法和精密水准测量方法,逐一测定加密基桩的位置和高程,并标定点位;

2 加密基桩间距应根据施工方法确定,一般在 5~10m 范围设置一个;加密基桩一般设置在线路中线上,也可设置在线路中线的两侧。

7.2.2 对于 CRTS I 型板式无碴轨道(CRTS Is)在底座和凸形挡台混凝土施工完毕后,应在每个凸形挡台上沿线路中线方向重新设置加密基桩(基准器)。

7.2.3 道岔区控制基桩测量应满足下列要求:

1 道岔区应在岔心、岔前、岔后位置及道岔前后 100~200m 范围内增设控制基桩,其位置一般设置在直股和曲股的两侧,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,并应埋置永久性桩位。

2 道岔区控制基桩的测量方法和精度要求应符合第 3.5、4.5 节的规定。

7.3 CRTS I型板式无碴轨道(CRTS Is)安装测量

7.3.1 加密基桩(基准器)测设精度应符合如下规定:

1 加密基桩垂直于线路中线方向的限差为 $\pm 1\text{mm}$;

2 每相邻加密基桩间距离的限差为 $\pm 2\text{mm}$;

3 每相邻加密基桩间高差的限差为 $\pm 1\text{mm}$;

4 加密基桩间偏差应在两相邻 CPⅢ控制点内调整。

7.3.2 底座应利用 CPⅢ控制点或加密基桩进行立模放样。底座模板安装平面位置定位限差

(-3mm, +3mm), 高程定位限差 (-5mm, 0)。

7.3.3 凸型挡台施工测量应符合如下规定:

1 施工前应先沿线路中心线进行底座高程检测, 高程测量按精密水准要求往返观测, 闭合于 CPIII 控制点。

2 应利用 CPIII 控制点进行凸型挡台立模放样和加密基桩 (基准器) 测设。

3 凸形挡台模板平面位置定位限差: 相邻挡台中心间距 (-3mm, +3mm), 横向 (-2mm, +2mm); 高程定位限差 (-2mm, +2mm)。

7.3.4 轨道板定位测量应符合如下规定:

1 轨道板的位置应以凸型挡台上的加密基桩 (基准器) 为基准进行测设;

2 当采用基准器时, 应使用三角规进行测量;

3 线路位于曲线且非平坡地段时, 轨道板的高程调整应兼顾四点进行, 最高点按负偏差控制, 最低点按正偏差控制。

4 轨道板平面位置定位限差: 纵向: (-3mm, +3mm), 横向 (-2mm, +2mm); 高程定位限差 (-1mm, +1mm)。

7.4 CRTS II 型板式无砟轨道 (CRTS IIs) 安装测量

7.4.1 底座及支承层施工前应在线路左右侧成对设置控制基桩, 布设要求如下:

1 沿线路方向的间距为 50m~60m, 横向的桩间距为 10m~20m; 控制精度必须满足: 平面 $\pm 1.0\text{mm}$ (相邻控制基桩), 高程 $\pm 0.5\text{mm}$ (相邻控制基桩);

2 控制基桩设置困难时采用沿线路方向的间距 150m~180m, 距线路轴线的距离 40m~60m; 控制精度必须满足: 平面 $\pm 3.0\text{mm}$ (相邻控制基桩), 高程 $\pm 1.0\text{mm}$ (相邻控制基桩);

7.4.2 由控制网中较大误差而引起的不连续效应, 可通过相应的网平差手段在轨道参考网计算中加以消除。

7.4.3 相邻施工段内应对控制基桩进行重叠测量, 且至少重叠测量 3 对控制点。

7.4.4 控制基桩应随着时间的推移不断维护和更新。

7.4.5 底座的测设应利用控制基桩放样, 平面采用坐标法, 高程放样按精密水准测量要求测设。底座的定位限差应符合第 7.3.2 条的规定。

7.4.6 混凝土支承层施工测量应以 CPIII 控制点为依据, 进行模板或基准线桩放样。使用混凝土摊铺机进行混凝土支承层摊铺作业时, 应设置基准线或导向钢索: 基准线桩纵向间距不大于 10m, 平、竖曲线路段视曲线半径大小加密布置, 最小值为 2.5 m; 基准线桩或模板安装定位限差: 高程 $\pm 5\text{mm}$, 中线 $\pm 2\text{mm}$ 。

7.4.7 在每块板接缝处通过控制基桩测设加密基桩。相邻加密基桩相对精度应满足平面位置 $\pm 0.2\text{mm}$, 高程 $\pm 0.1\text{mm}$ 的要求。每个加密基桩位置的测设要通过至少 3 个 (一般 6 个) 方向

的控制基桩的多余观测并经平差计算后得出。

7.4.8 精密水准测量使用电子水准仪和带有条码因瓦水准尺。电子水准仪的高程测量标称精度 $\leq 0.9\text{mm/km}$ （往返），测距标称精度 $\leq 1/2000$ 。

7.4.9 加密基桩测量应使用测角标称精度 $\leq 1''$ 、测距标称精度 $\leq 1\text{mm}+1\text{ppm}$ 的全站仪，点位对中误差 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

7.4.10 轨道板安装定位限差：高程 $\pm 0.5\text{mm}$ ，中线 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

7.5 CRTSIII型板式无碴轨道(CRTSIII_s)安装测量

7.5.1 底座、混凝土支承层施工测量应以 CPIII控制点为依据，进行模板或基准线桩放样。底座模板安装定位限差应符合 7.3.2 的规定。混凝土支承层安装定位限差应符合第 7.4.6 条的规定。

7.5.2 轨道板定位测量应符合如下规定：

1 轨道板铺设前应根据轨道板铺设位置，计算线路中心线处每个轨道板接缝处辅助点坐标；

2 应以 CPIII控制点为依据在底座或支承层上测设辅助点；

3 辅助点测量误差应在两 CPIII控制点间进行调整，其测量精度应符合第 7.3.1 条的规定；

4 轨道板应使用测量仪器（设备）进行精确调整，平面测量以辅助点作为测量基准点，高程测量应以 CPIII控制点作为测量基准点，采用精密水准测量方法测设；

5 轨道板调整中线测量应选择轨道板两端作为测量点，高程应选择轨道板四角承轨台处作为测量点；

6 线路位于曲线且非平坡地段时，轨道板的高程调整应兼顾四点进行，最高点按负偏差控制，最低点按正偏差控制；

7 轨道板安装定位限差：横向 $\pm 1\text{mm}$ ，纵向 $\pm 5\text{mm}$ ，高程 $\pm 1\text{mm}$ 。

7.6 CRTS I 型双块式无碴轨道(CRTS Ib)安装测量

7.6.1 底座、混凝土支承层施工测量应以 CPIII控制点为依据，进行模板或基准线桩放样。底座、混凝土支承层安装定位限差应符合第 7.4.6 条的规定。

7.6.2 轨排安装前应测设加密基桩，加密基桩宜设于线路中线上，其精度要求应符合第 7.3.1 条的规定。

7.6.3 轨排粗调应以加密基桩为调整基准点。轨排中线放样中误差不大于 $\pm 5\text{mm}$ ；钢轨顶面高程放样中误差不大于 $\pm 2.5\text{mm}$ 。

7.6.4 精调轨排测量应符合如下规定：

1 轨排精调应在钢筋绑扎和模板安装结束后进行；

2 轨排精调应利用控制基桩或加密基桩为调整基准点,使用轨检小车或全站仪+水准仪进行调整。全站仪测角标称精度 $\leq 1''$,测距标称精度 $\leq 2\text{mm}+2\text{ppm}$;高程测量按精密水准测量要求施测。

3 轨排精调测量测点应设在轨排支撑架位置,保证钢轨及其接头的平顺;

4 下一循环施工时,测量应伸入上一循环不少于一个 25m 轨排的距离,保证钢轨的平顺。

7.6.5 应通过控制基桩测设混凝土道床模板轴线。混凝土道床模板安装定位限差:高程 $\pm 5\text{mm}$,中线 $\pm 2\text{mm}$ 。

7.7 CRTS II 型双块式无碴轨道 (CRTS II b) 安装测量

7.7.1 桥上底座、侧向导块、混凝土支承层、隧道楔形底座施工测量应符合下列规定:

1 施工前应进行控制基桩测设,其设置和测量误差除应符合本暂行规定的相关章节外,还应满足下列要求:

- 1) 控制基桩宜在线路左右两侧交错设置;
- 2) 控制基桩控制网应布设成边角网或导线网,沿线路方向间距为 60~200m;
- 3) 相邻控制基桩的平面 X, Y 方向限差为 $\pm 1.0\text{mm}$;
- 4) 相邻控制基桩的高差限差为 $\pm 0.5\text{mm}$;

2 通过控制基桩直接放样桥上底座、侧向导块、隧道楔形底座模板轴线;

3 底座及侧向导块模板定位限差:高程 $\pm 10\text{mm}$,中线 $\pm 5\text{mm}$ 。

7.7.2 应通过控制基桩测设道床板模板轴线。道床模板定位限差:高程(0, +10mm),中线 $\pm 2\text{mm}$ 。

7.7.3 轨枕固定架支脚安装测量方法及定位误差如下:

1 在支承层线路中心线两侧测设固定架支脚,直线段纵向每隔 3.25m 安放支脚,曲线段两支脚中心线与线路中心线保持垂直,外侧两支脚距离为 3.25m,内侧两支脚距离应小于 3.25m;

2 先通过 CPⅢ控制点测设其中一个支脚的位置,再在该支脚上架设测量仪器测定其它三个支脚的位置。

3 支脚间轴线平面 X, Y 方向定位限差应不大于 0.5mm,高程限差不大于 0.5mm。

7.7.4 测量所使用的全站仪测角标称精度 $\leq 1''$,测距标称精度 $\leq 2\text{mm}+2\text{ppm}$;高程测量按精密水准测量要求施测。

7.8 道岔安装测量

7.8.1 站场内的各组无碴道岔宜一次测设完成,并复核道岔间相互位置。

7.8.2 以 CPⅢ控制点为基准测设底座、支承层混凝土模板或基准线桩位。底座、混凝土支

承层安装定位限差应符合第 7.4.6 条的规定。

7.8.3 根据道岔控制基桩在底座或支承层混凝土上施测岔前、岔心、岔后点位中线控制点，直股应布置不少于 5 个中线控制点，侧股不少于 2 个控制点，点位限差应满足第 7.3.1 条的要求。

7.8.4 站线无碴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。

7.8.5 轨排粗调测量和精调测量可参照第 7.6.3、7.6.4 条执行。轨排调整应在满足道岔内部几何尺寸的前提下，测量定位其线形状态。

7.8.6 应通过控制基桩测设混凝土道床模板轴线。道床模板安装定位限差：高度 $\pm 3\text{mm}$ ，中线 2mm 。

7.9 各轨道施工作业面衔接测量

7.9.1 区间无碴轨道施工宜采取单一作业面，当采用多个作业面施工时应做好各施工作业面衔接测量。

7.9.2 区间多作业面施工时应设置贯通作业面，在贯通作业面设置共用中线及高程控制点。

7.9.3 距贯通作业面不小于 200m 范围内，应使用在贯通作业面设置的共用中线及高程控制点作为两作业面施工测量的共用控制桩。

7.9.4 道岔两端应预留不小于 200m 的长度作为道岔和区间无碴轨道衔接测量的调整距离。

7.9.5 道岔与区间无碴轨道衔接时应以道岔控制基桩为依据进行调整。

7.10 线路整理测量

7.10.1 线路整理测量前应对 CPIII 控制点进行复测。

7.10.2 需要设置临时铺轨基桩时，应以 CPIII 控制点为基准测设于线路中线上，其精度应满足第 7.3.1 条的要求。

7.10.3 钢轨调整使用的仪器宜采用轨检小车测量，也可采用全站仪+水准仪测量。

7.10.4 采用轨检小车测量时，测量步长宜为 1 个轨枕间距。

7.10.5 采用全站仪+水准仪测量时，应符合下列规定：

1 依据 CPIII 控制点测设轨道平面位置和高程，测点间距不应大于 2m。

2 用 10m 弦确定钢轨的轨向和高低，10m 弦步长不应大于 2m。

3 全站仪测角标称精度 $\leq 1''$ ，测距标称精度 $\leq 1\text{mm} + 1\text{ppm}$ ；高程测量按精密水准测量要求施测。

7.10.6 线路中线整理测量完成后，应编制线路、道岔调整后的坐标、高程成果表。

7.11 无碴轨道竣工测量

7.11.1 维护基桩测量应符合如下规定：

- 1 维护基桩应根据维修检测方式布设，并充分利用已设置的基桩。
- 2 利用已设置的基桩作为维护基桩时，应对其进行复测。
- 3 需要增设中线维护基桩时，应检测 CPIII 控制点，并根据 CPIII 控制点进行线路中线和维护基桩测量。
- 4 维护基桩的复测和增设的测量精度应不低于相应轨道结构加密基桩的精度要求，且满足线路维护要求。
- 5 维护基桩的埋设应按附录 A 的要求执行。
- 6 维护基桩应定期检测，不符合要求时，应按原测量精度进行恢复。

7.11.2 无碴轨道铺设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《客运专线无碴轨道铁路施工质量验收暂行标准》的规定；

7.11.3 竣工测量完成后，应提交下列成果资料：

- 1 CP I、CP II、CPIII 控制点，水准基点和维护基桩的坐标、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 7.11.3-1 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 7.11.3-1 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 m)	控制点 横向偏 差 (m m)	实测 高程 (m)	设计 高程 (m)	高程 偏差 (m m)	备注

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

测量： 计算： 制表： 复核： 年 月 日

5 无碴轨道铺设竣工测量宜按表 7.11.3-2 填写左、右轨铺设竣工测量成果表。

表 7.11.3-2 轨道铺设竣工测量成果表

工程名称：

里程段：

基桩 名称	里程	设计 线路 高程 (m)	实测轨顶高程 (m)			实测 轨距 (m)	基桩自 身横向 偏差 (mm)	左轨 高程 偏差 (m m)	右轨 高程 偏差 (m m)	线路横 向偏移 (mm)	轨距 偏差 (mm)	备注
			左轨	右轨	超高							
按表 7.11 .3-1 连续 里程 排列		按铺 轨 设计 图			按铺 轨 设计 图		按表 7.11.3- 2					

测量： 计算： 制表： 复核： 年 月 日

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高程控制点标石的埋设规格均为一般地区普通标石的埋设，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 各等级平面控制点标志

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。

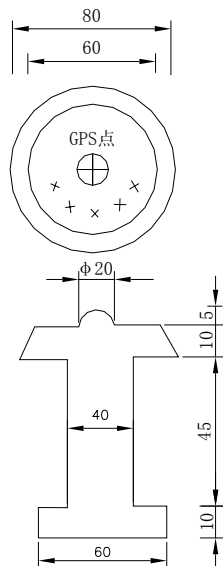


图 A.1.1 金属标志（单位：mm）

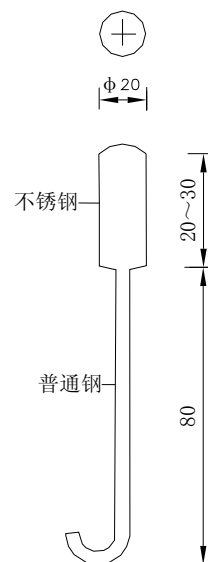


图 A.1.2 不锈钢标志（单位：mm）

A.2 各等级控制点标石的埋设

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 的规定。（包括 CP I、CP II、CPIII）

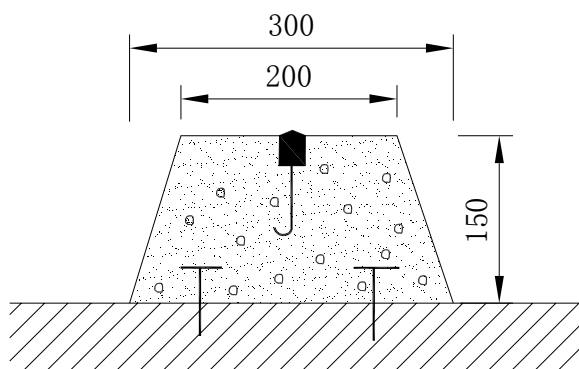
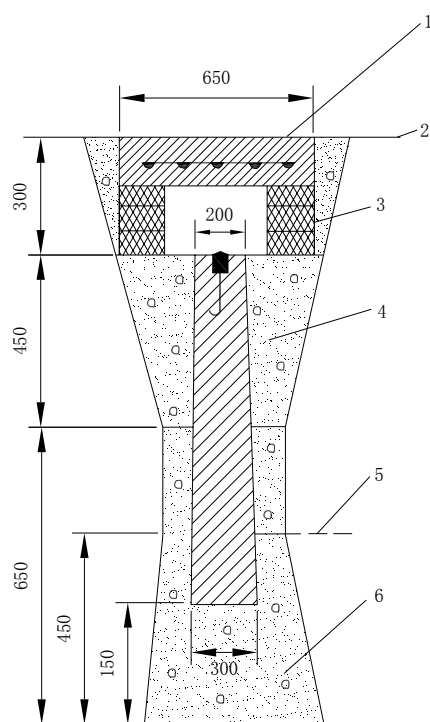


图 A. 2. 1 建筑物上各等平面控制点标石设置 (单位: mm)

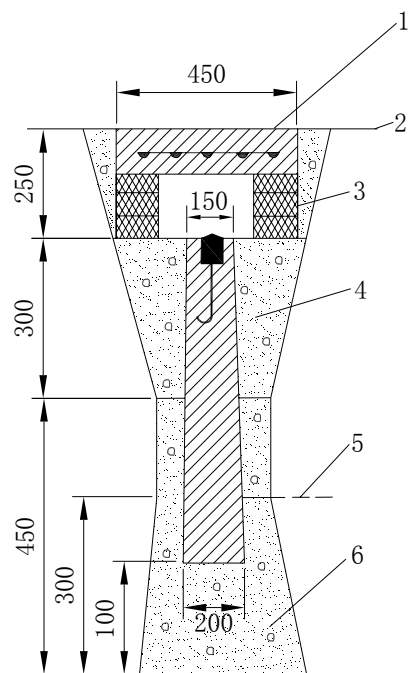
A. 2. 2 CP I 控制点标石埋设规格应符合图 A. 2. 2 的规定。



注: 1—盖; 2—土面; 3—砖; 4—素土; 5—冻土线; 6—贫混凝土

图 A. 2. 2 CP I 控制点标石埋设图 (单位: mm)

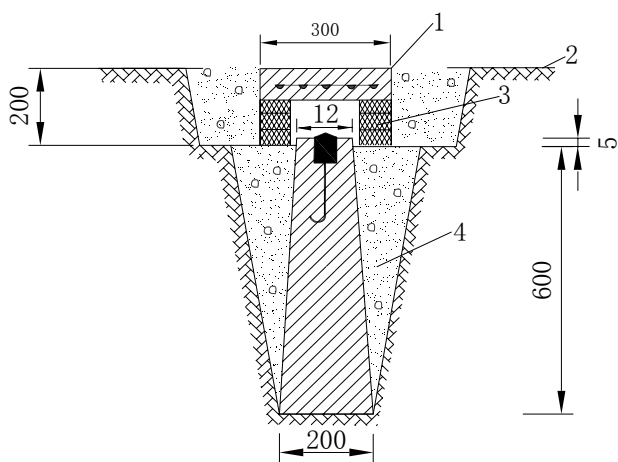
A. 2. 3 CP II 控制点标石埋设规格应符合图 A. 2. 3 的规定。



注：1—盖；2—土面；3—砖；4—素土；5—冻土线；6—贫混凝土

图 A. 2. 3 CP II 控制点标石埋设图（单位：mm）

A. 2. 4 CP III 及施工控制点标石的造埋规格应符合图 A. 2. 5 的规定。当 CP III 设在接触网杆等建筑物上时，可根据实际情况自行设计。

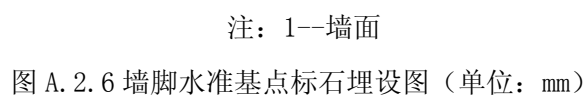


注：1—盖；2—土面；3—砖；4—贫混凝土

图 A. 2. 5 CP III 及施工控制点标石埋设图（单位：mm）

注：1—盖；2—砖；3—素土；4—贫混凝土；5—冻土线

图 A.2.5 水准点标石埋设图（单位：mm）



41

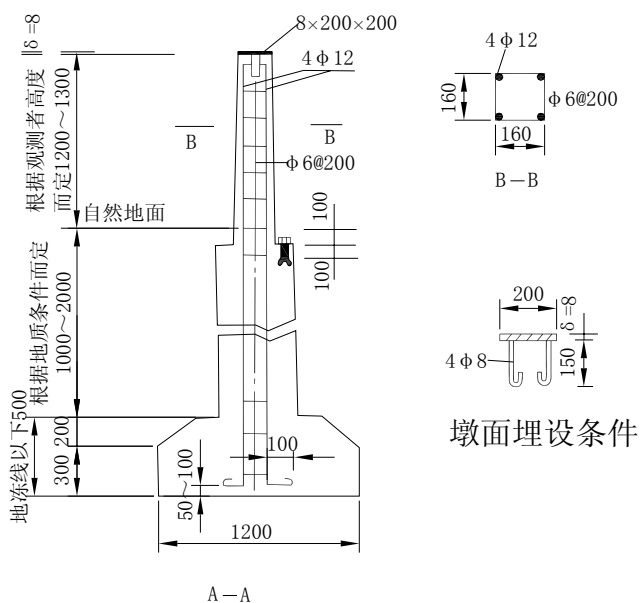


图 A.2.7 变形测量观测墩图 (单位: mm)

Figure 1-1-1 shows a perspective drawing of a rectangular table. A dashed line, labeled '线路中线' (Line Center Line), passes through the center of the table, representing the center line of the line.

图 A.2.8 道床板上维护基桩埋设图

A.3 线路定测标志桩尺寸

- A.3.1 方桩顶面为 4×4cm，若为圆桩顶面直径为 4cm，桩长 30~35 cm。
- A.3.2 标志桩尺寸宜为宽 5~8 cm，厚 2cm，桩长 35~40 cm。
- A.3.3 板桩尺寸宜为宽 4~5 cm，厚 1~1.5cm，桩长 30~35 cm。

A.4 标识

- A.4.1 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.4.1，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。

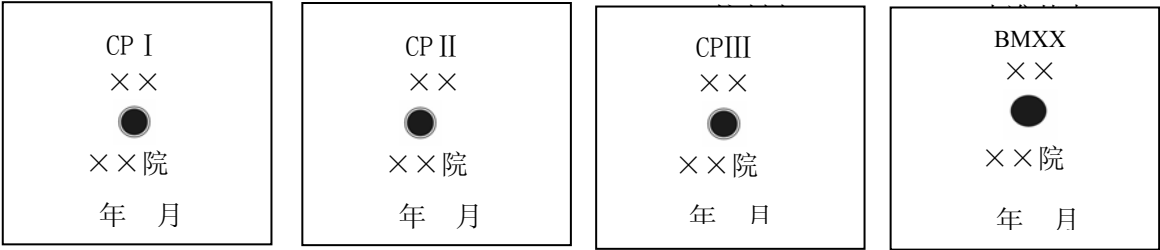


图 A.4.1 标志注字示意图

- A.4.2 隧道竣工后洞内中线点、水准点的标志，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。

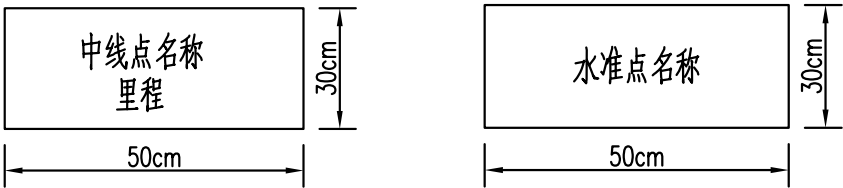


图 A.4.2 隧道内标志注字示意图

附录 B 光电测距一般要求

B.0.1 光电测距仪应严格按照仪器说明书正确使用。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，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，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》(ZBA76002)的规定。

B.0.3 光电测距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 1.3m 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，测距时步话机应暂停使用。
- 6 测距前应先检查电池电压是否符合要求。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 应避免在烟、尘、雨、雾、霜、雪、雷、电及四级以上大风等不利条件下测距。

本暂行规定用词说明

执行本暂行规定条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

C.0.1 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”。

C.0.2 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”。

C.0.3 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”。

C.0.4 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”。

《客运专线无碴轨道铁路工程测量暂行规定》

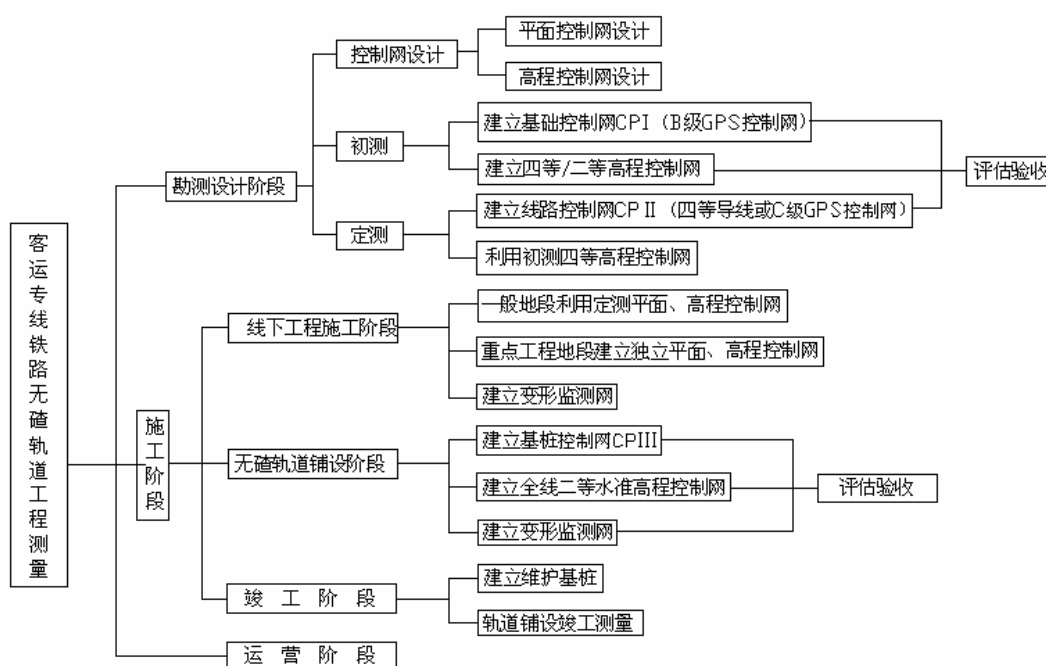
条文说明

客运专线无碴轨道铁路工程技术测量暂行规定的条文说明，主要是对重要的条文和客运专线无碴轨道的测量精度、测量方法不同于铁道部现行《新建铁路工程测量规范》(TB10101)的有关条文加以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

1 总 则

1.0.1 本条阐明了制定本暂行规定的目的。客运专线无碴轨道铁路工程测量是客运专线无碴轨道工程建设的一项先行的基础工作，为无碴轨道工程建设各阶段提供可靠的测量保障。

客运专线无碴轨道铁路工程测量分为**勘测**、**施工**、**运营维护**三个阶段，其基本工作流程见说明图 1.0.1。



说明图 1.0.1 客运专线无碴轨道铁路工程测量基本工作流程图

1.0.2 本暂行规定内容涵盖了客运专线无碴轨道铁路工程建设各阶段所应进行的主要测量工作。对于局部地段铺设无碴轨道的线路，仅无碴轨道地段的工程测量参照本暂行规定执行，其余地段仍按现行的相关测量规范执行。

1.0.3 无碴轨道工程测量精度要求高，施工中要求由坐标反算的边长值与现场实测值应尽量一致，而国家的 3° 带投影坐标，在投影带边缘的边长投影变形值达到 340mm/km。因此本条规定采用工程独立坐标系，把边长投影变形值控制在一定范围内以满足无碴轨道施工测量的

要求。

德国高速铁路采用 MKS 定义的特殊技术平面坐标系统。MKS 可根据需要把地球表面正形投影到设计和计算平面上，发生的（不可避免的）长度变形限定在 10mm/km 的数量级上。在京津城际客运专线无碴轨道工程测量中，博格公司要求基础控制网平面相对精度为 1/100000。参考国外先进的控制测量技术，本条规定投影长度的变形值不大于 10 mm/km。

关于投影长度的变形值不大于 10 mm/km 的坐标系统，可选择以下三种数学模型：

1 可以根据高速铁路通过地区的具体情况和要求，选择抵偿坐标系统、任意中央子午线坐标系统、任意中央子午线的任意较窄宽度带坐标系统。

在导线测量中，观测边长 D 归化至参考椭球体面上时，其长度将会缩短 ΔD 。设归化高程为 H ，地球平均曲率半径为 R ，其近似关系式为：

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{H}{R}$$

即高程归化变形比 $\frac{\Delta D}{D}$ 与归化高程 H 成正比。今列出 H 为 50~4 000m 时变形比 $\frac{\Delta D}{D}$ 的数值如说明表 1.0.3-1。

说明表 1.0.3-1 变形比

H (m)	变形比 $\frac{\Delta D}{D}$
50	1/127420
100	1/63710
159	1/40069
200	1/31855
500	1/12742
1000	1/6371
2000	1/3185
3000	1/2123
4000	1/1592

根据说明表 1.0.3-1，当不考虑高斯正投影产生的变形（中央子午线附近 $Y_m=0$ ）时，要使长度变形小于 1/100 000，则线路的高程至归化高程面的距离不宜大于 63.7m（长度变形比为 1/100 000），

归化到参考椭球体面上的边长 S ，再投影至高斯平面时，其长度将会放长 ΔS 。设该边两

端点的平均横坐标为 y_m ，则其近似关系式为：

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{y_m^2}{2R^2}$$

即高斯正投影变形比与该边距中央子午线的平均距离的平方 y_m^2 成正比。今列出纬度为 19、36、53 度，带宽为 0.8、1.0、1.2、2.0、3.0 度，带边至中央子午线距离为 y_m 时，高斯正投影变形比 $\frac{\Delta D}{D}$ 数值如说明表 1.0.3-2。

说明表 1.0.3-2

带宽	纬度 19°		纬度 36°		纬度 53°	
	y_m	$\frac{\Delta S}{S}$	y_m	$\frac{\Delta S}{S}$	y_m	$\frac{\Delta S}{S}$
0.5	26235	1/117946	22541	1/159771	16784	1/288173
0.6	31588	1/81358	27049	1/110953	20141	1/200116
0.7	36853	1/59772	31557	1/81414	23498	1/147022
0.8	42117	1/45762	36066	1/62408	26855	1/112560
1.0	52647	1/29288	45082	1/39941	33569	1/72038

根据高斯投影近似公式

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{y_m^2}{2R^2}$$

当不考虑高程投影时，若使高斯正投影变形值不大于 1/100 000，应将投影带边缘至中央子午线的距离控制在 28km 以内，即投影带东西向的宽度应不大于 56km。

利用高程归化时导线边长缩短，高斯正投影时导线边长伸长，两者变形符号相反的特性，就存在着一定的抵偿地带。若使高程归化变形比与高斯正投影变形比的差值不大于 1/100000，即：

$$\frac{y_m^2}{2R^2} - \frac{H}{R} = \frac{1}{100000}$$

根据这一公式，可以计算出抵偿地带的高程 H 和相应的横坐标 Y_m 之间的关系，如说明表 1.0.3-3。

说明表 1.0.3-3

H (m)	$\pm Y_m$ (km)
0	0~28

50	0~38
100	22~45
150	34~52
200	42~58

从说明表 1.0.3-3 中不难看出，对于一定的高程只存在一定的抵偿地带，其东西宽度也随高程的增加而变得愈狭窄。

对于基本南北走向的高速铁路，其东西摆动在一定范围内，用人为的方法来改变归化高程面，使它与高斯正投影变形相抵偿，但并不改变国家统一的高斯正投影 3° 带的中央子午线，这种投影方法称为抵偿高程面的高斯正投影统一 3° 带平面直角坐标系，简称抵偿坐标系。

对于基本南北走向的高速铁路，其东西摆动在一定范围内，还可以人为改变中央子午线的位置，不改变归化高程面，使长度变形不大于 $1/100\ 000$ ，这种方法称为任意中央子午线的高斯正投影平面直角坐标系，简称任意中央子午线坐标系。如果基本南北走向的高速铁路，东西摆动范围超过说明表 1.0.3-3 的数值，长度变形将会大于规定的 $1/100\ 000$ 。这时，则可以采用任意中央子午线较窄宽度带的高斯正投影平面直角坐标系，并利用高速铁路通过地区的高程状况，选定合适的归化高程面，尽可能的减小长度变形，方便测量工作。

对于基本东西走向的高速铁路，它既经过坐标带的中央，又穿越坐标带的边缘。在坐标带的中央子午线上高斯正投影不产生变形，只有因高程归化产生的长度变形，而在坐标带的边缘则两种变形都存在，这就需要选择合适的归化高程面。根据说明表 1.0.3-1，要使中央子午线附近的长度变形小于 $1/100\ 000$ ，则线路的高程至归化高程面的距离不宜大于 63.7m （长度变形比为 $1/100\ 000$ ），根据说明表 1.0.3-2（只取纬度为 19° ，其 y_m 最大），选择带宽为 0.7° 其边缘高斯正投影变形比为 $1/59\ 944$ ，与高程归化变形（按 63m ）抵偿后的总变形比为 $1/147\ 198$ 。

2 采用斜轴墨卡托投影

斜轴墨卡托投影是将客运专线铁路线路走廊带带的中心线作为投影中心线，当投影带边缘至投影中心线的距离 $\leq 25\text{km}$ 时，长度变形即可满足小于 $1/100\ 000$ 的要求。

3 采用自由投影

斜轴墨卡托投影只能在高程归化变形满足小于 $1/100\ 000$ 的要求的前提下改善高斯投影引起的变形，由于客运专线纵坡可达 20% ，高程起伏很大。因此，西南交大的岑敏仪教授提出自由投影，可解决投影带边缘和高程起伏引起的长度变形。自由投影可使客运专线铁路坐标系统的投影变形值很好地满足长度变形小于 $1/100\ 000$ 的要求。

1954 年北京坐标系和 1980 西安坐标系是目前国家控制网和现行铁路工程测量各种规范

规定采用的坐标系统。采用这一坐标系可使高速铁路测量成果纳入全国统一的坐标系统，也便于各单位测量成果的相互联系和利用，满足城市规划的要求。因此本条规定工程独立坐标系应引入 1954 年北京坐标系/1980 西安坐标系。

1.0.4 1985 国家高程基准是全国统一使用的国家高程基准，客运专线线路长，与道路、管线、河流及市政设施交叉频繁，为了准确测量客运专线与交叉物的高程关系，因此本条规定高程系统采用 1985 国家高程基准。

1.0.5 为了对客运专线铁路无碴轨道工程建设各阶段控制测量的精度、方法进行规范，使之满足无碴轨道工程建设勘测设计、工程施工、运营维护各阶段对测量成果的需求，本条规定把无碴轨道工程测量平面、高程控制网分为勘测控制网、施工控制网、运营维护控制网。

1 勘测控制网是指包括基础平面控制网在内，在勘测设计阶段为满足客运专线铁路无碴轨道工程勘测设计和向施工单位进行交桩而进行的平面、高程测量，它包括了线路控制网。

2 施工控制网是在基础平面控制网、线路高程控制网基础上为满足施工而建立的各级平面高程控制网。

3 运营维护控制网是在无碴轨道工程竣工后，施工单位交给运营单位，为运营阶段对无碴轨道工程进行变形监测、运营维护的平面、高程控制网，它包括了基础平面控制网、二等水准网、线路控制网、控制基桩点等。

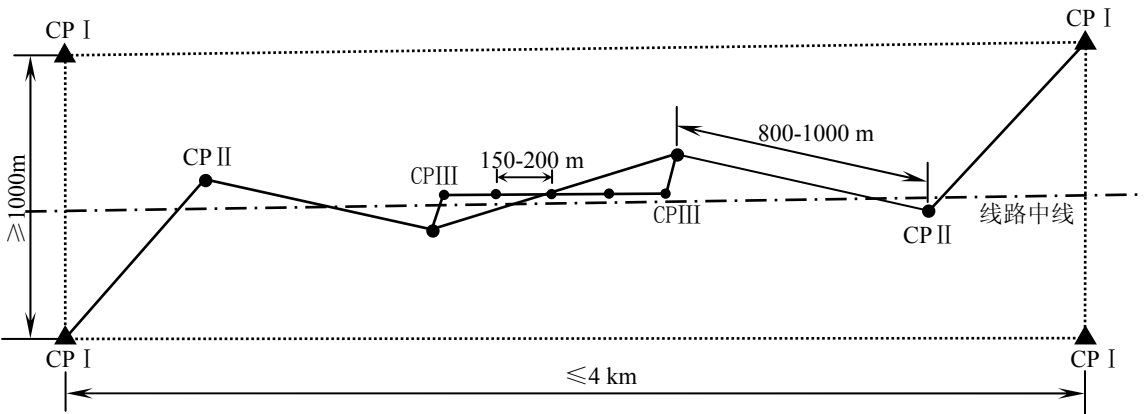
1.0.6 本条规定按分级布网的原则把平面测量控制网分三级布设，第一级为 GPS 基础平面控制网，第二级为线路控制网，第三级为基桩控制网。为了便于在本暂行规定条文的编写，把各级平面控制网用英文字母和罗马数字来表示：CP I 为 GPS 基础平面控制网，CP II 为线路控制网，CP III 为基桩控制网。各级平面控制网的作用为：

1 GPS 基础平面控制网（CP I）主要为勘测设计、施工、运营维护提供坐标基准；是客运专线无碴轨道铁路工程测量平面控制网。

2 线路控制网（CP II）主要为勘测设计和施工提供控制基准。

3 基桩控制网（CP III）主要为铺设无碴轨道提供控制基准。

三级控制网之间的相互关系如说明图 1.0.6 所示



说明图 1.0.6 无碴轨道三级平面控制网示意图

客运专线无碴轨道平面控制网按三级分类,是根据铁道第二勘察设计院与西南交通大学共同完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》而制定的。德国铁路标准 RIL883 和 DS833.0020 把无碴轨道施工控制网分为四级:PS1、PS2、PS3、PS4。PS1 是在国家基础控制点 PS0 下发展的平面控制点,沿线路方向大约每 1000m 一个控制点;PS2 沿线路方向大约每 150m 至 250m 一个控制点;PS3 是水准基点;PS4 是固定在接触网杆上的控制点。在上述四种控制点中,只有三种是可置镜的平面控制点,而 PS4 是固定在接触网杆上的只能安置反射镜的控制点。我国平面基础控制点的精度和密度均不能满足作为无碴轨道平面基础控制网的需要。因此本条把基础控制点 CP I (相当于 PS0) 作为第一级平面控制网,把 CP II (相当于 PS1) 作为第二级平面控制网,把 CP III (相当于 PS2) 作为第三级平面控制网。

1.0.7 本条规定是根据遂渝线无碴轨道工程试验段的高程控制测量和铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》,参考德国铁路标准 RIL883 和德国旭普林公司的高程控制网测量要求制定的。

1 遂渝线无碴轨道铁路工程试验段高程控制网按二等水准网施测,轨道铺设采用精密水准测量施测。

2 铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》,通过理论分析和大量的仿真模拟计算。得出结论:高程控制网可分级进行,首级采用 II 等水准测量,为全线统一的高程控制网。

3 德国铁路标准 RIL883 和德国旭普林公司控制网测量的相邻水准点高差限差为 $5\sqrt{L}$,略大于我国二等水准测量相邻水准点高差限差 $4\sqrt{L}$ 。

由于在勘测阶段没有条件实施二等水准测量,而四等水准测量的精度能满足勘测设计和大部分线下土建工程施工的要求,因此本条规定“在勘测设计阶段,施测高等级水准测量困难时,高程首级控制网可分两阶段实施。即:勘测阶段按四等水准测量要求施测,线下工程施工完成后,全线再按二等水准测量要求建立水准基点控制网。

1.0.8 本条参考德国铁路标准 RIL883 和铁路部现行《新建铁路工程测量规范》(TB10101)的有关规定制定。

1. 平面控制网测量检查评估内容

- 1) 技术设计的合理性,平面控制网测量是否经济可靠。
- 2) 控制点的位置是否满足勘测设计、施工测量及运营维护的要求,控制点埋设是否稳定可靠和有利于长期保存。
- 3) 使用的仪器精度指标及检定情况,外业观测记录是否齐全,各项限差是否满足要求。

4) 平差计算数据处理方法的正确性和可靠性。

5) 各种资料是否完整齐全。

2. 平面控制测量数据质量评估

1) 外业观测数据的质量检验，如果存在超限观测值，则要摒弃相关数据。

2) 通过分析评估程序对测量数据进行处理来检验测量数据的可靠性。

3. 平面控制网平差计算数据处理质量评估

1) 对平差计算数据处理起算基准、起始数据进行检验。

2) 对平差计算数据处理所采用的数学模型和计算软件进行验证。

3) 用合格的起算数据和相同的数学模型对平差计算成果进行验算。

4. 平面控制网数据处理结果的整理和质量验证

1) 计算各级控制网的验后精度，包括 GPS 测量的同步环、异步环闭合差，基线边平面相对中误差和方向中误差，导线测量的方位角闭合差、全长相对闭合差、测角中误差，控制网的点位和相邻点位误差椭圆参数。

2) 通过对误差统计结果整理，明确和清楚地得出测量误差的变化曲线和分布情况，从而对平面控制网的质量作出评价。

5. 平面控制网测量评估验收报告

完成上述检查评估项目后，编写评估验收报告，内容包括：平面控制网设计方案评估、平面控制网布网埋石评估、外业测量数据质量评估、平差计算数据处理评估、测量成果精度及可靠性评估、资料完整性评估。

6. 高程控制网测量检查评估

内容包括：高程控制网测量技术设计、选点埋石、仪器精度指标及检定情况、外业观测、平差计算和资料完整齐全等。

7. 高程控制测量数据质量评估

外业观测数据检验和测段往返测高差不符值检验。

8. 高程控制网平差计算数据处理质量评估

1) 对平差计算数据处理起算基准、起始数据进行检验；

2) 对平差计算数据处理所采用的数学模型和计算软件进行验证；

3) 用合格的起算数据和相同的数学模型对平差计算成果进行验算。

9. 高程控制网数据结果的整理和质量验证

1) 计算各级控制网的验后精度，包括测段往返测高差不符值、水准路线（或环线）闭合差、每千米水准测量高差中数偶然中误差 M_{Δ} 点及每千米水准测量全中误差 M_W 、最弱点高程中误差、相邻点高差中误差等。

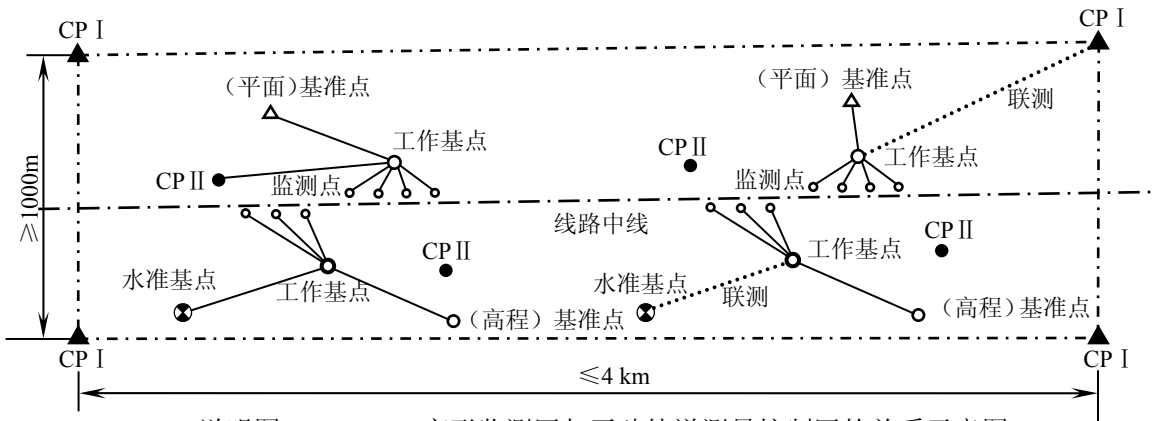
2) 通过对误差统计结果整理，得出测量误差的变化曲线和分布情况从而对高程控制网

的质量作出评价。

10. 高程控制网测量评估验收报告

完成上述检查评估项目后，编写评估验收报告，内容包括：高程控制网设计方案评估、高程控制网布网埋石评估、外业测量数据质量评估、平差计算数据处理评估、测量成果精度及可靠性评估和资料完整性评估等。

1.0.9 构筑物的变形监测网与客运专线无砟轨道铁路工程测量控制网的关系如说明图 1.0.9 所示。



3 平面控制测量

3.1.1 本条规定是根据遂渝线无砟轨道工程试验段的实践，结合铁道第二勘察设计院和西南交通大学共同完成的《无砟轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无砟轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》，参考德铁标准 RIL883 以及德国旭普林、博格公司的控制网测量方法制定的。客运专线铁路无砟轨道平面控制网按分级控制顺序为：首级 GPS 基础平面控制网（CP I），第二级线路控制网（CP II），第三级基桩控制网（CP III）。表 3.1.1 各级平面控制网布网要求的依据如下：

- 1 遂渝线无砟轨道工程试验段首级平面控制网按 GPS B 级网施测，导线网按四等导线精度测量。
- 2 铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无砟轨道控制测量理论和方法研究》和铁道部建设司委托铁道第二勘察设计院和西南交通大学完成的《客运专线无砟轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》，通过理论分析和大量仿真模拟计算。认为：
 - 1) 平面控制网布设时，GPS 基础平面控制网（CP I）采用 GPS 施测，每对 GPS 点间距离 1km 左右，点对间距离以 4km 为宜，按 B 级 GPS 网精度要求测量。
 - 2) 第二级线路控制网（CP II）为附合网，可采用 GPS 或导线测量方法施测，按 C 级

GPS 网或四等导线精度要求测量。点间距为 800 m~1000 m，除了能提高导线边（基线边）方位角精度外，还可增强平面控制网的可靠性。

3)、第三级基桩控制网（CPIII）为附合导线。在布设控制点时，考虑到无碴轨道铺设控制长波为 150 m，因此规定 CPIII 控制点之间的距离宜为 150 m~200 m，以保证在控制长波段的施工精度。

3.1.2 各级平面控制网测量测量的主要技术指标

1 德铁标准 RIL883 控制网测量要求如下

说明表 3.1.2 平面控制网测量的主要技术参数

控制网级别（点况）	点间距	相邻点位中误差	绝对精度	测量方法
PS0 参照点	大约 4km	5mm	10mm	GPS
PS1 基本位置网点	800~1000m	10mm	15mm	导线/GPS
PS2 加密点	大约 150m	10mm	15mm	导线

绝对精度是指点的可复制性。

2 德国博格公司控制网测量要求基础平面控制网精度为 1/100 000。

3 铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和铁道部建设司委托铁道第二勘察设计院和西南交通大学完成的《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》也证明了表 3.1.2-1 和表 3.1.2-2 规定的精度能满足无碴轨道铁路轨道铺设的精度要求。

3.1.3 本条规定的 GPS 测量精度等级标准引自铁道部现行《全球定位系统（GPS）铁路测量规程》（TB10054）。

3.1.4 本条规定的 GPS 测量作业的基本技术要求引自铁道部现行《全球定位系统（GPS）铁路测量规程》（TB10054），并删除了有关快速静态测量的内容。

3.2.4 控制网设计准则

1 表 3.2.4 是根据铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》，通过理论分析和大量的仿真模拟计算。参照德铁 RIL883 标准而制定，表中的精度指标与德铁 RIL883 标准基本持平，其中 CP I 相对点位精度短边时高于德铁 RIL883 标准，长边时低于 RIL883 标准，但根据铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》成果，其精度仍然高于测量所要求的精度；CP II 的精度指标与德铁 RIL883 标准持平；CPIII 的精度指标与德铁 RIL883 标准持平。

2 任意 3 个相邻 CPIII 控制点的角度中误差不得大于 8" 是根据铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》得出。无碴轨道的施工验收标准平面偏差必须满足 2mm/10m

和 10mm/150m，即 10m 弦长轨向偏差不得大于 2mm 和 150m 长波轨向偏差不得大于 10mm。

由于轨道的方向性，按平面几何的概念和测量实践知识，可表述为在线路上任意选取（或测量）3 个点，组成的角度值与线路设计值之差要满足设计要求，因此可将轨道的方向要求来转化为 3 个控制基桩的角度中误差要求。

（1）按照前一种轨道验收标准来衡量轨道的平顺性，即以 10m 弦量测，轨向的最大允许偏差为 2mm，以 2 倍中误差为允许限差，则轨向偏差的中误差应为 $\pm 1 \text{ mm}$ 。取控制测量的精度为放样点位精度的 1/5，则控制基桩的点位误差为 $\pm 0.2 \text{ mm}$ 。采用同等精度进行测量， $\angle kjh$ 的角度测量中误差 δ_j 为（如说明图 3.2.4 所示）：

$$\begin{aligned}\delta_j &= \delta\alpha_{jk} - \delta\alpha_{jh} = 2\delta\alpha_{jk} \\ \delta\alpha_{jk} &\leq (io / ko) \times \rho'' = 0.2 / 10000 \times 206265 \approx 4'' \\ \delta_j &\approx 8''\end{aligned}\quad (1)$$

（2）按照后一种轨道验收标准来衡量轨道的平顺性，

即在 150m 的范围内，轨向的最大允许偏差为 10 mm，取 2 倍中

误差为允许限差，则轨向偏差的中误差应为 $\pm 5 \text{ mm}$ 。取轨道

施工时点位的标定误差为 $\pm 4 \text{ mm}$ ，那么控制基桩的测设中误差应为 $\pm 3 \text{ mm}$ 。采用同等精度进行测量， $\angle kjh$ 的角度测量中误差 δ_j 为：

$$\begin{aligned}\delta_j &= \delta\alpha_{jk} - \delta\alpha_{jh} = 2\delta\alpha_{jk} \\ \delta\alpha_{jk} &\leq (io / ko) \times \rho'' = 3 / 150000 \times 206265 \approx 4'' \\ \delta_j &\approx 8''\end{aligned}\quad (2)$$

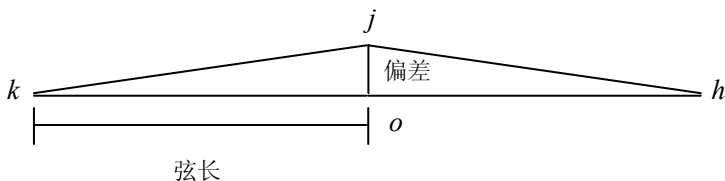
从结果来看，由两种验收标准推导出来的角度中误差都是 $8''$ ，从实际出发，可以把任意 3 个相邻控制基桩点位误差引起的角度中误差允许值定为 $\pm 8''$ 。

考虑到控制长波为 150 m，故控制基桩相邻点间距设置应为 150~200 m，以保证在控制长波段的施工精度。

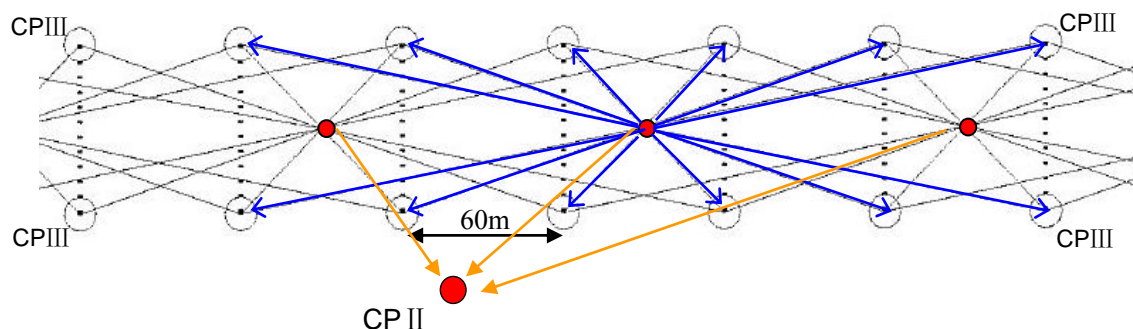
3 各级控制网的多余观测分量平均值满足 $\bar{r} = \frac{r}{n} > 0.25$ ，是参考德铁 RIL883 标准制定的。

的。

3.2.5 CPIII 采用后方交会法测量为德国旭普林和博格公司采用的方法。所谓置平，即 CPIII 控制网与 CP I 或 CP II 控制网通过最小二乘方法获得最合理的联系，但 CPIII 控制网不做任何改变。其后方交会控制网形状如说明图 3.2.5 所示：



说明图 3.2.4 测量误差示意图



说明图 3.2.5 后方交会控制网示意图

3.2.6 本条参考德国铁路标准 RIL883 和现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026-93) 的相关规定制定。

3.2.7 本条参考德国铁路标准 RIL883 的相关规定和铁道第二勘察设计院与西南交通大学共同完成的《客运专线无砟轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》成果制定。

3.3.1 根据勘测、施工、运营维护各阶段平面控制测量应共同使用同一个 GPS 基础平面控制网的要求, GPS 基础平面控制网应在勘测阶段完成, 使各阶段测量平面控制测量都保持相同的基准。

3.3.2 根据铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无砟轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无砟轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》, GPS 基础平面控制网 CP I 采用 C 级网测量就能满足无砟轨道基础平面控制网控制测量的精度要求, 但考虑到 GPS 测量基线边长测量精度高, 短基线的方向测量精度低的特点, 参考德铁 RIL883 标准, 并顾及 GPS 测量从 C 级提高到 B 级投入增加不大的特点, 按照经济可靠, 精度留有余地的原则, 将 GPS 基础平面控制网 CP I 测量精度定为 B 级。

3.3.3 由于勘测阶段线路方案未完全稳定, 故本条规定 CP I 点位宜选在离线路中线 100~200m、不易被破坏的范围内。附录 A 所规定的各级平面高程控制点标石的埋设规格均为一般地区普通标石的埋设, 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。

3.3.4 CP I 控制网必须是闭合网图形, 通过同步环、异步环闭合差的检查, 确保基线边的质量。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, 通过将相邻铁路 2 个以上的平面控制点纳入到 CP I 控制网中测量, 确定它们之间的相互关系。

3.3.5 与国家三角点联测的目的是: (1) 将无砟轨道铁路工程独立坐标系统引入国家坐标系统; (2) 当需要对外提供国家坐标系统坐标时, 通过联测的国家三角点, 对 CP I 控制网进行约束平差, 将无砟轨道铁路工程独立坐标转换为国家坐标。

3.3.7 为了保证 GPS 基础平面控制网 CP I 自身的高内符合精度, 本条规定“坐标转换宜采用选择一个已知点和一个已知方向进行约束平差的方法进行 GPS 网平差和坐标转换的方法

引入国家坐标系统。”当需要国家坐标系统坐标时，采取利用联测的国家坐标将 GPS 基础平面控制网 CP I 约束到所需要的国家坐标系统中，但国家坐标系统坐标只能用于地方征地规划使用。

3.4.1 线路控制网 CP II 是线路定测放线和线下工程施工测量的基础，一般应在线路方案稳定后，定测时施测，以便于点位有利于定测放线和线下工程施工测量的使用。

3.4.3 为了确定客运专线与其它铁路平面控制网的衔接关系，本条规定在线路起、终点及不同单位测量衔接地段，应联测两个以上平面控制点，并在测量成果中反映出相互关系。

3.4.4 GPS 测量

本条提出的采用 GPS 进行线路控制测量是基于 GPS 平面测量具有精度高、快速、全天候的特点，经铁道第二勘察设计院科研项目《GPS 定位技术在高速铁路测量中的应用》研究和通过郑西线、武广线的测量实践表明当边长 $\geq 500\text{m}$ 时，采用 C 级 GPS 测量，基线的方向测量精度相当于四等导线的测量精度。

3.4.5 电磁波测距仪的测距精度划分是根据中华人民共和国国家标准《工程测量规范》（GB50026—93）的规定划分的。

3.5.1 CPIII导线测量的精度要求是根据铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》的成果制定的。

3.5.2 CPIII控制点是无碴轨道施工测量的基准，无碴轨道要求有极高的平顺性，经铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》证明，采用极坐标法测量是不能满足轨道平顺性要求的。为了保证无碴轨道施工保证轨道平顺性的要求，应将 CPIII控制点设为线路外移桩，这样有利于加密基桩的测设和保证轨道平顺性。

CPIII控制点应采用先测设，再按附合导线贯通测量进行坐标改化的方法设置。

对线路特殊地段、曲线控制点、线路变坡点、竖曲线起终点均应增设加密控制基桩，应在 CPIII控制点的基础上采用光学准直的方法进行高精度测设。

4 高程控制测量

4.1.1 本条规定是根据遂渝线无碴轨道工程试验段的高程控制测量和铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》，参考德铁标准 RIL883 以及德国旭普林、博格公司的控制网测量方法制定的。

1 遂渝线无碴轨道工程试验段高程控制网按二等水准网施测，轨道铺设采用精密水准测量施测。

2 铁道第二勘察设计院与西南交通大学完成的《无碴轨道控制测量理论和方法研究》和《客运专线无碴轨道铁路工程测量控制网精度标准的研究》，通过理论分析和大量的仿真模拟计算。得出结论：高程控制网可分级进行，首级采用Ⅱ等水准测量，为全线统一的高程控制网；次级水准网为精密水准网，水准点距离为 1km。

3 德国旭普林公司控制网测量的相邻水准点间高差限差为 $5\sqrt{L}$ ，略大于我国二等水准测量的相邻水准点间高差限差 $4\sqrt{L}$ 。

在山区勘测阶段实施二等水准测量难度较大，且勘测阶段二等水准测量路线与线下工程施工完成后的二等水准测量路线及测量成果也会有较大的差异。因此本条规定“在勘测设计阶段，施测高等级水准测量困难时，高程首级控制网可分两阶段实施：勘测阶段高程控制网按四等水准测量要求建立，线下工程施工完成后，再按铺设无碴轨道施工要求重新建立二等水准控制网”。这样可降低测量成本，提高二等水准控制网的测量精度。二等水准控制网贯通后，根据实际情况将线下工程施工的高程控制调整到二等水准控制网基准上。

4.1.2 本条规定采用了《城市测量规范》(CJJ8—99)和《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》(GB50308—1999)的相关规定。

4.1.3 本条规定除了采用《城市测量规范》(CJJ8—99)和《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》(GB50308—1999)的相关规定外，对精密水准测量路线长度规定为 2km，是因为精密水准测量是专用于 CPIII 高程测量。CPIII 点间距为 150~200m，水准路线必须附合于每 2km 一个的水准基点上。故规定精密水准测量路线长度规定为 2km。

4.1.4~4.1.9 参考国家标准《国家一、二等水准测量规范》(GB 12897-91)、《国家三、四等水准测量规范》(GB 12898-91)和《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》(GB50308—1999)的相关规定制定。

4.2.4 本条规定中“可重复性测量的高差限差”是参考德铁标准 RIL883 而引入的一项精度指标，它的含义是当原控制网中点位被破坏需要恢复或需要增设水准点时，恢复或增设水准点所必须达到的精度。

4.3. 客运专线无碴轨道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，实施二等水准测量难度较大。因此本节重点对勘测阶段四等水准测量作出了规定，而将二等水准测量要求放到了 4.4 节“水准基点测量”中。

4.4 本节二等水准测量要求适用于勘测阶段二等水准测量和二等水准基点测量。

4.5 CPIII 控制点是平面高程控制点，是无碴轨道施工的平面和高程基准，必须在 CPIII 控制点平面测量完成后才能进行高程测量。

5 线下工程测量

5.2.1 线路初测的方法与《新建铁路工程测量规范》的内容基本相同，因此本节中未对线路初测再作要求。现将有关线路定测的条款说明如下：

1 客运专线铁路的曲线一般较长，数千米长的曲线很常见，直缓、缓圆、曲中、圆缓、缓直等桩间距离也很长，利用由导线点放出的曲线控制桩(200~400m 一个)分段测设，将避免误差的积累，避免由曲线起点测至终点后偏差过大。

在测设曲线过程中，如另设转移测站时，规定用附和导线或支导线定点是为了保证转点的精度，当转移测站多于一个时，应与下一个曲线控制桩闭合，可以避免出现粗差。

曲线中桩测设也是为线路设计提供纵断面和横断面资料，规定仍按《新建铁路工程测量规范》(TB10101)的要求，曲线中桩点位检测误差的限差为 10cm。

2 采用全站仪极坐标法中线测量

采用全站仪极坐标法中线测量，由于客运专线定测和施工都是以 CP I 控制点或 CP II 控制点为平面控制基准、采用全站仪极坐标法或 GPS RTK 进行定线测量和施工复测，根据客运专线施工测量的特点和各单位在武广、郑西线勘测的实践提出的：

1)交点不必要求放出，现场放出交点及副交点对勘测设计和施工测量均没有多大的作用，而且由于客运专线曲线半径大，交点离线路远，放交点工作量大，严重影响勘测效率。

2) 在勘测设计阶段没有必要对中线控制桩进行贯通测量。

采用全站仪极坐标法放线时，所有中线控制桩和中线桩都是从 CP I 控制点或 CP II 控制点上用极坐标法放线，放线误差不会积累，中线控制桩的误差不会影响中线测量精度。若是为了验证中线控制桩的可靠性，可采取从不同导线点或 GPS 点上用极坐标法放线便可进行验证。因为在定测阶段，没有征地清场，中线控制桩之间一般都不通视，控制桩贯通测量难度极大，根据铁道第二勘察设计院在福厦线勘测的经验，控制桩贯通测量的工作量比同样长度的控制桩和中线桩测量的工作量大，严重制约了勘测工期。

3) 没有必要对中线控制桩进行埋石固桩。在普通铁路定测中，由于施工单位需要用中线控制桩来恢复中线进行施工测量，因此必须对中线控制桩进行埋石固桩。而客运专线施工复测是按《京沪高速铁路测量暂行规定》的要求用 GPS 点和导线点来恢复中线进行施工测量。客运专线的中线控制桩就没有普通铁路的中线控制桩重要，而且施工清场时中线控制桩都要被破坏，因此必要对中线控制桩进行埋石固桩。但为了勘测设计阶段专业调查及测量工作的方便和施工单位在施工清场时对线路走向有所了解，中线控制桩可采用水泥包桩的方法进行固桩。这样可以节约大量的埋石固桩成本，提高勘测效率。

因此中线控制桩不再要求进行贯通测量，一般地段不再要求固桩。

3 GPS RTK 中线测量

GPS RTK测量原理：GPS RTK技术是实时载波相位测量的简称，是以载波相位观测量为根据的实时差分GPS测量。它的工作原理是在基准站上安置一台GPS接收机，对所有可见GPS

卫星进行连续地观测，并将其观测数据，通过无线电传输设备，实时地发送给用户观测站。在用户站上，GPS接收机在接收GPS卫星信号的同时，通过无线电接收设备，接收基准站传输的观测数据，然后根据相对定位的原理，实时地计算并显示用户站的三维坐标及其精度。

GPS RTK 中线测量的精度指标和技术要求是根据铁道第二勘察设计院科研项目《GPS 定位技术在高速铁路中的应用研究》成果和在武广、郑西线勘测的实践提出的。

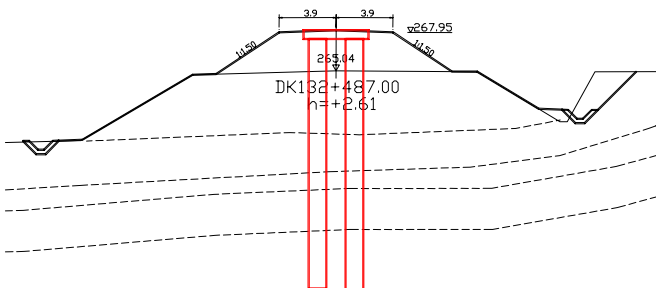
采用 GPS RTK 进行放线时，放线误差也不会积累，中线控制桩的误差也不会影响中线测量精度。为了验证中线控制桩的可靠性，可用不同的流动站对中线控制桩进行测量。根据 GPS 定位原理和我院在郑西、武广等线定测中，GPS RTK 测量的中线控制桩与 GPS 静态测量结果统计，GPS RTK 测量结果与 GPS 静态测量结果具有一致性。而 GPS 静态测量作业效率远远低于 GPS RTK 测量的作业效率，因此没有必要用 GPS 静态测量对 GPS RTK 测量的中线控制桩进行贯通测量。

5.3.3 客运专线无砟轨道对线下基础变形（路基工后沉降）要求严格，不同线下基础之间变形还应满足折角限值要求，因此，需要对不同的线下基础变形控制措施进行规划设计，路基横断面是基础资料之一。本条对路基横断面间距作出规定。不同线下基础过渡段，包括路基与各种构筑物之间过渡段，不同路基结构之间过渡段，以及同一路基结构但不同地基基础之间的过渡段。

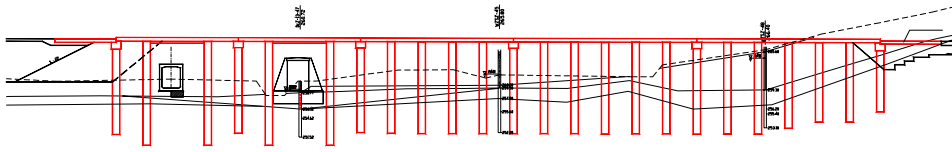
利用航测立体模型可测绘横断面，横断面测量精度主要与航测精度有关，其受地表植被影响较大。航测法测绘横断面高程限差、距离限差系根据铁道第二勘察设计院在郑西客运专线的实践经验确定。

5.3.4 为有效控制地基不均匀沉降，需对地基加固工程中各类群桩基础的桩位放样误差作出规定。

5.3.5 桩-板结构路基是一种特殊的路基结构，由下部钢筋混凝土桩基和上部钢筋混凝土承载板与地基共同组成，钢筋混凝土承载板直接与轨道结构相连接。说明图 5.3.5-1 和 5.3.5-2 为桩-板结构路基横断面、纵断面示意图。



说明图 5.3.5-1 桩-板结构路基横断面示意图



说明图 5.3.5-2 桩-板结构路基纵断面示意图

桩-板结构路基属于特殊承载结构物，其长度从几十米到几百米，甚至上千米。桩-板结构路基平面施工误差必须限定在一定范围（限差为 $\pm 20\text{mm}$ ），因此规定桩位及承载板平面控制点线路纵、横向中误差不大于 10mm 。

桩-板结构路基钢筋混凝土承载板直接与轨道结构相连接，钢筋混凝土承载板顶面高程施工误差将直接影响轨道安装质量，必须严格限制桩-板结构路基高程误差（限差： $0, -10\text{mm}$ ）。因此，规定桩顶及承载板高程中误差不应大于 2.5mm 。

5.4.1 本节的重点是无碴轨道的测量以及因桥上设置无碴轨道后而带来的与常规桥涵测量有区别的测量内容，而初测和定测阶段桥涵测量不因桥上设置无碴轨道而改变，故仍按铁道部现行《新建铁路工程测量规范》（TB10101）执行。

特大桥、复杂大桥应建立独立的平面、高程控制网，主要是因为特大桥、复杂大桥的施工平面和高程控制测量精度会因桥上设置无碴轨道后而比常规桥涵测量控制精度要高，多数情况下全线总体平面、高程控制网的精度不能满足需要，因此，需建立满足精度要求的独立的平面、高程控制网。

5.4.2 由于工期的要求，桥梁施工往往先于其他工程进行施工，因此，与线路采用相同的坐标系统有困难，也没有必要，一般采取实地联测后定线，很少采用坐标数据定线，平面坐标系统不一定要与线路总体坐标系统一致。再者，即使桥梁平面坐标系统一端与线路采用一致坐标，另一端也会因精度不同造成差异。所以本条规定应采用独立的平面坐标系统。但独立的平面坐标系统应与 CP I 控制点或 CP II 控制点进行联测，以取得坐标换算关系。

5.4.3 利用 GPS 进行平面控制测量，特别适宜于长桥及跨河桥梁，其技术要求见第 3 章内容，其它内容在《全球定位系统（GPS）铁路测量规范》（TB10054-97）中有详细的规定，参照此规范即可。

5.4.4 导线控制测量比较适宜旱桥、跨河桥的引桥及较短的桥梁的平面控制测量，关于导线测量在《新建铁路工程测量规范》（TB10101-99）中有详细的规定，本条为控制桥梁的测设精度，对测量等级、闭合环的边数、最短边长、导线边长的测量等级、导线水平角观测方法、闭合差的限差及平差作出规定。

5.4.5~5.4.7 桥梁测量成果整理及技术总结是本规范为适应无碴轨道的测量需要而规定的。

5.5.1 铁路隧道施工测量的主要目的是保证隧道相向开挖时能按规定的精度正确地贯通，并

使各项建筑物以规定的精度按照设计位置修建。

隧道的正确贯通主要受纵向、横向、方向和高程等贯通误差的影响。

纵向贯通误差主要影响线路坡度。现在分析如下：

坡度计算公式为坡段的高差和平距之比：

$$i = \frac{h}{S} \times 1000 \text{‰}$$

把该式对 S 偏微分得：

$$di = \frac{hdS}{S^2} \times 1000 \text{‰}$$

假设纵向贯通误差 dS 对坡度的影 $di=0.01\text{‰}$ 时，则可以忽略不计。代入上式整理得：

$$\frac{dS}{S} = S/100000h$$

当隧道内最小坡度为 3‰ （考虑排水）时

$$\frac{dS}{S} = 1/300$$

当隧道内最大坡度为 12‰ （客运专线无碴轨道铁路限坡）时

$$\frac{dS}{S} = 1/1200$$

本暂行规定规定线路、隧道控制导线测量的长度相对误差最大为 $1/20000$ 。因此，纵向贯通误差不会给设计坡度和工程建筑造成不利影响。

方向贯通误差主要影响线路的平面形状。对于直线隧道，当方向贯通误差在 $2'$ 以内时仍可视为直线线路，当方向贯通误差在 $2' \sim 8'$ 之间时，可按顶点内移量考虑衬砌位置和线路内移量；对于曲线隧道，可采用加、减圆曲线长度的方法调整。因此，方向贯通误差一般也不会给施工造成困难。

高程贯通误差主要影响也是线路坡度。把坡度计算公式对 h 偏微分得：

$$di = \frac{dh}{S}$$

本暂行规定规定隧道高程贯通误差的限差为 50mm ，从各测量单位的仪器设备情况、测量技术水平以及实际贯通资料来看，对于一般较长的隧道都不难满足。当隧道的长度越短时，则对坡度的影响越大，若隧道长度 $S=500\text{m}$ ，则 $di=50/500000=0.1\text{‰}$ ，若隧道长度为 $S=5000\text{m}$ ，则 $di=50/5000000=0.01\text{‰}$ 。因此，高程贯通误差在一般情况下不会影响原来设计坡度，更不会给施工造成困难。

横向贯通误差主要影响线路的平面形状。当贯通误差较小时，可在未衬砌地段调整；当

贯通误差超限严重时，造成隧道衬砌侵入建筑限界，必须大段炸毁，返工浪费，延误工期。

在以上谈及的四项贯通误差中，关键的是横向贯通误差和高程贯通误差。因此，在隧道控制测量工作中主要以横向贯通误差和高程贯通误差作为衡量精度的指标加以规定，指导工作。

5.5.5 各级平面控制测量适用隧道长度，表 5.5.5 的编制

1 客运专线无碴轨道铁路隧道洞外控制测量的客观条件跟普通铁路隧道一样，故 5.5.5 的洞外部分仍基本采用了《新建铁路工程测量规范》的规定，并对洞外 GPS 测量 B 级和 C 级进洞方向中误差作出规定。

GPS 测量 B 级和 C 级进洞方向中误差 m_α 计算按下式计算：

$$m_\alpha \leq \frac{m}{\sqrt{2}} \times \frac{\rho}{s}$$

m —洞外控制测量的横向贯通允许中误差；

s —隧道洞口距贯通面距离；

根据《新建铁路工程测量规范》表 4.1.4 关于横向贯通精度要求按上式进行计算，结果如说明表 5.5.5—1：

说明表 5.5.5—1

隧道长度（m）	4000	8000	10000	13000	17000	20000
洞外横向贯通允许中误差（mm）	30	45	60	90	120	150
GPS 进洞方向中误差	2.19″	1.64″	1.75″	2.02″	2.05″	2.19″

从上表中可以看出隧道长度在 8000m 时，GPS 进洞方向中误差最小，为 1.64″，且随隧道长度的增长，GPS 进洞方向的中误差逐渐增大。根据 GPS 测量原理和实践经验，GPS 基线的方向测量精度会随基线长度的增长而提高，并考虑到洞口 GPS 点间的相对点位精度，故在条文表 5.5.5 中规定：隧道长度在 6000m 以上采用 B 级 GPS 测量，GPS 进洞方向的中误差为 1.5″；隧道长度在 6000m 以下采用 C 级 GPS 测量，GPS 进洞方向的中误差为 2.0″。

2 对于洞内导线测量，由于客运专线无碴轨道铁路线路设计曲线半径较大，且多为双线单洞隧道采用全断面开挖，这样就使导线边长可以尽量增长，使曲线隧道与直线隧道的洞内控制测量没有较大的区别。

一般，不论从减少工程数量，还是改善运营条件来讲，隧道平面设计时，中部均采用直线，只有隧道两端采用曲线连接过渡。

现按洞内导线边长为 400m，边长的相对精度为 1/20000，并以不同的隧道长度和测角精

度，按公式 $m_{y\beta} = \frac{m_{\beta}}{\rho} \sqrt{\sum R_x^2}$ 和 $m_{yL} = \frac{m_L}{L} \sqrt{\sum dy^2}$ 计算隧道的贯通误差值，列于说明表

5.5.5—2。

说 明 表 5.5.5—2

隧道长度 (km)	1.5	3	3.9	4	4.1	5.7	7.2	7.9	8	8.8	9.9	10	11.8	12.9	13	14.3	16.9	17	20
导线边长 (m)	400																		
测角精度 (")	4	4	2.5	4	4	2.5	1.8	1.2	1.8	1.8	1.2	1.8	1.8	1.2	1.8	1.8	1.2	1.2	1.2
边长精度	1/20 000																		
预计贯通误差 (mm)	22.7	55.1	49.1	81.4	84.2	83.2	83.3	63.4	96.9	111.0	87.7	133.5	169.6	128.7	195.3	224.4	191.0	192.7	244.6
按两组预计 (mm)	15.5	39.0	34.7	57.5	59.5	58.8	58.9	44.9	68.5	78.5	62.0	94.4	120.0	91.0	138.1	158.7	135.1	136.2	173.0
允许贯通误差 (mm)	40			60				80			120			160			200		

从说明表 5.5.5—2 可以看出：五等洞内导线 $m_{\beta}=4.0''$ ， $\frac{m_L}{L}=1/20\ 000$ ，适用的隧道最大长度为 3.0km，四等洞内导线 $m_{\beta}=2.5''$ ， $\frac{m_L}{L}=1/20\ 000$ ，适用的隧道最大长度为 5.7km，三等洞内导线 $m_{\beta}=1.8''$ ， $\frac{m_L}{L}=1/20\ 000$ ，适用的隧道最大长度为 7.2km。

对洞外控制测量，其网型布置不像洞内那样能沿线路走向布设，也不能完全沿洞口连线作最有利布设，而是假定沿切线方向布设，这既适应了洞外需要测量曲线资料的要求，也是适应地形条件而作的比较合理的假设。

对于任何一座具体的隧道，应根据隧道控制测量长度和贯通精度的要求，以及布设的导线环的实际情况，参照表 5.5.5—2 进行测量设计。如能满足贯通精度的要求，则应以设计的测角、量长精度指导生产，如果不能满足贯通精度的要求，则应在可能的条件下适当提高测角量长的精度，或改变导线环的布设，直至满足贯通精度的要求。这样经过改善的控制测量网形和设计出的测角、量长精度，既能经济合理的指导生产，又能保证隧道的正确贯通。

横向贯通限差的规定，仍采用一般铁路隧道实际贯通误差的统计结果，经分析基本上符合误差分布规律。客运专线无碴轨道铁路隧道的测量和施工技术水平都有了提高，但今后应随着实践资料的增多，不断修改完善。

3 对于高程贯通限差的规定，同样采用一般铁路隧道实际贯通误差的统计结果。

洞外、洞内平面控制测量误差对贯通面上横向贯通误差影响值的分配，仍采用了一般铁路隧道洞外、洞内的分配原则。

洞外、洞内高程控制测量误差对贯通面上贯通误差影响值的分配，原则上考虑洞外、洞内等影响。洞外高程路线一般较长，越是长大隧道与洞内比较差异越大，而洞内高程路线一般较短，且又平坦，只是明亮度差。对于具体的一座隧道，其洞外高程路线一般情况比洞内长，洞内高程控制测量光线较暗，按等因素影响考虑是符合实际的。

洞外、洞内高程中误差具体分配值采用 $25/\sqrt{2}$ ，会使各等级高程控制测量适用的洞外、洞内路线长度一样，不再区分同一等级的高程控制测量在洞外适用长度不同于洞内适用长度。为了凑整，仍取洞外为 18mm，洞内为 17mm。

5.5.6

(1) 隧道洞外平面控制网沿隧道两洞口连线方向布设，其网长最短、工作量最小，同时可以减少测角和量距误差所产生的横向贯通误差。

(2) 隧道洞外高程控制测量应采用水准测量，或光电测距三角高程测量。隧道洞外高程控制测量路线多为山地。采用光电测距三角高程测量既方便又省时，根据一些试验和实践能够达到四等水准测量的精度，国家规范规定在山岳地区可用光电测距三角高程测量做四等高程测量。

5.5.7 客运专线无碴轨道铁路隧道工程施工洞内外导线测量，一般情况下导线边长宜不小于 400m，相邻边长的比宜不小于 1:3。

隧道高程控制测量首先推荐采用水准测量。四等高程测量也可采用光电测距三角高程测量，主要考虑洞外高程控制测量多为山岳、丘陵地区，光电测距三角高程测量能够满足精度要求，而且大大提高了生产效率。

5.5.8 隧道每个开挖口测设不少于 3 个平面控制点和 2 个高程控制点，是长期使用过程中检查这些点位是否发生变化的最少数量。

5.5.9-1 施工中线控制桩由导线控制点采用极坐标法测设是为了保证测量误差不再累积，从而提高中线测设精度。

中线控制桩点之间距离不得小于 200m，则可保证中线相对误差小于 1/10 000，从而保证客运专线无碴轨道铁路线路的平顺性。

5.5.9-3 指导开挖延伸和衬砌施工的中线点，为方便使用应该加密，正倒镜压点或延伸都应在施工中线控制桩间进行，以免偏差过大。

5.5.10 隧道长度超过 1000m 时，在洞内增设 CP II 控制点，使 CPIII 附合导线的多余观测分量平均值满足 (3.2.4) 式的要求。曲线隧道洞内，当 CP II 导线边长短于 800m 时，CP II 和 CPIII 构成导线网，以满足第 3.2.4 条的要求。

5.5.11 以满足第 4.1.1 条的要求。

6 构筑物的变形测量

6.1.1~6.1.2 无碴轨道线下构筑物变形是无碴轨道铁路的重要参数，一直贯穿于设计、施工、运营养护、维修各阶段，为使这一重要参数所获取的数据科学、可靠并连续，因此在工程设计阶段，应对变形测量进行规划、设计，施工时建立线下构筑物变形监测网，对线下构筑物进行变形观测。

6.1.3 本条对变形监测网的建网原则以及与施工控制网的相互转换要求作出规定。变形测量是以单纯测定变形体的变形量为目的，因此只需采用独立坐标系统，即可满足要求。高程系统，根据实践经验，单纯为了测定变形体的变形，高程起算点可根据经验自定。测区若已有高程起算点，宜采用原有高程系统。当测区已有施工控制网时，监测网应尽量利用已埋设的 CP I、CP II 和水准基点，困难时也应与之联测，以便进行联算、换算，达到一网多用的目的。

6.1.4 变形测量点的分类。根据变形测量精度要求高的特点，以及标志的作用和要求不同，将它们分为三类：

1 基准点。要求建立在变形区以外的稳定地区，同大地测量点的比较，要求具有更高的稳定性，其平面控制点一般应设有强制归心装载。

2 工作基点。要求这些点在观测期间稳定不变，测定变形观测点时作为高程和坐标的传递点，同基准点一样，其平面控制点应设有强制归心装置。

3 变形观测点。直接埋设在要测定的变形体上。点位应设立在能反映变形体变形的特征部位，不但要求设置牢固，便于观测，还要求形式美观，结构合理，且不破坏变形体的外观和使用。

6.1.5 变形测量的等级划分及精度要求。根据我国的经验，参考国外规范有关变形的资料，以变形观测点水平位移的点位中误差及垂直位移的高程中误差和相邻点高差中误差的大小来划分等级。

等级划分共分为四等。一等属于高精度观测，二、三等为一般常用变形观测的精度指标（采用常规仪器和作业方法即可达到），四等为低精度的变形观测。

相邻点高程中误差，是为了只要求相对沉降量的观测项目而规定的。

变形测量的精度指标，采用设计和其他规范已确定了的允许变形量的 1/20 作为测量精度要求，以使用在允许范围之内，能确保建筑物、构筑物的安全使用。这样，每个周期的观测一般均可反映变形体的变形情况。根据国内外经验，归纳出变形测量的等级划分及要求，如表 6.1.5。

根据无碴轨道对线下构筑物变形的要求，水平位移精度按三等控制，垂直位移精度按二等控制。

6.1.7~6.1.9 对于监测网的检测。根据国内变形测量的实践经验，监测网由于自然条件的变化，人为破坏等原因，不可避免的有个别点位会发生变化。为了验证监测网点的稳定性，应对其进行定期检测。检测时间间隔的长短，应根据点位稳定程度来确定。条文中作出了一般规定。

每次观测规定。根据变形观测的经验，由于测量面积小，精度要求高，要求每次采用相同的图形和观测方法，以及同一仪器和设备等基本条件相同，这是为了将观测中的系统误差减到最小，达到提高精度的目的。

6.2.1 根据经验和理论验证，由于变形测量区域面积一般较小，采用独立坐标系一次布网，基准点和工作基点同时布设，当基准点不能直接测定变形观测点时，可采用工作基点来测定，这样有利于提高和保证监测网的精度。

水平位移监测网的主要技术要求。根据实践经验是从实用目的出发，水平位移监测网的主要技术要求，按三角网的形式，遵循以下技术设计原则制定：

1) 监测网的等级、测角中误差以及各等级最弱边相对中误差的规定，与第 2 章平面控制测量相适应。其中，一等监测网参照了国家一等三角测量的技术要求。

2) 相邻基准点的点位中误差的规定与表 6.1.5 规定的变形观测点的点位中误差相当。这是为了点位移动或丢失时，恢复控制点的需要。如大量提高监测网的精度，无疑会给观测带来困难，经济上也会造成浪费。

当某一基准点点位移动时，用等精度来恢复该点，若恢复的点又是网中最弱点，根据以上规定设 $m_{\text{基}}=m_{\text{观}}$ ，点位恢复后，相对于原点精度为 $\sqrt{2} m_{\text{基}}$ 。恢复后测得变形量的精度：

$$m_{\text{变}} = \sqrt{2m_{\text{基}}^2 + m_{\text{观1}}^2 + m_{\text{观2}}^2}$$

式中 $m_{\text{基}} = m_{\text{观}} = m_{\text{2}} = \frac{1}{20} \Delta_{\text{允}}$

故得 $m_{\text{变}} = \frac{1}{10} \Delta_{\text{允}}$ ，取极限误差，即为 $m_{\text{变限}} = \frac{1}{5} \Delta_{\text{允}}$ ，即分别在 5 个观测周期内达到允

许变形量，这时每周期的变形量为 $\Delta_{\text{变}} = \frac{1}{5} \Delta_{\text{允}}$ ，这时一般变形观测项目是完全适用的。等

精度恢复点位后，测得变形量的误差 $m_{\text{变限}} = \Delta_{\text{变}}$ ，恰好能反映某一周期的变形，因此本条的规定是可行的。

3) 平均边长是以相邻基准点的点位中误差为准，按各等级最弱边相对中误差的要求估算出来的。如二等点位误差为 3mm，当平均边长为 300m 时，其相对中误差仅为

$$\frac{3}{300000} = \frac{1}{100000}$$

故平均边长应小于 300m 才能达到相邻基准点的点位中误差 3mm 的要求。

综合以上技术要求，制定出表 6.2.1。

6.2.2 埋设水准基点。根据变形测量垂直位移的需要，水准基点必须保证其稳定性，并应有一定数量稳固可靠的点以资校核。对于单体建筑物的沉降观测，有时埋设深层金属管水准基点，其稳定性虽然很好，但埋设费用很大。因此对埋设数量未作具体规定。

垂直位移监测网的主要技术要求。根据实践经验和实用目的，以及精度估算，并参阅有关国内为资料，按以下水准测量技术设计，确定出垂直位移监测网的主要技术要求。

1) 相邻基准点高差中误差中，二、三、四等分别采用国家一、二、三等每千米高差的偶然中误差值。这一要求限制基准点间的距离，保证基准点有一定的密度，点位变动时可保证其恢复的精度。

2) 每站高差偶然中误差的规定保证了各级监测网的观测精度。

3) 每站高差中误差为 $\pm 0.07\text{mm}$ ，则往返差、附和或环线闭和差为 $\pm 2 \times 0.07\text{mm} \sqrt{n} = \pm 0.15\text{mm} \sqrt{n}$ （式中 n 为站数）。

4) 对使用仪器、观测方法及要求，垂直位移监测网的二、三、四等分别采用国家一、二、三等水准使用的仪器方法和要求。由于监测网中的一等精度要求特别高，即使采用国家一等水准观测也无法达到，因此规定采用 DS05 型仪器，视线长度 $\leq 1.5\text{m}$ ，前后视距差 $\leq 0.3\text{m}$ ，视距累计 $\leq 1.5\text{m}$ ，水准尺必须经过严格检校。这样，在每站进行转点观测时，经过严格估算结果，其高差中误差可以达到 $\pm 0.07\text{mm}$ 的精度。估算式如下：

$$m_{\text{站}} = \sqrt{2m_m^2 + 2m_{\text{中}}^2 + 2m_{\text{读}}^2 + 2m_{\text{焦}}^2 + 2m_i^2 + 2m_{\text{尺}}^2 + 2m_{\text{底}}^2 + m_{\text{植}}^2 + m_{\text{其他}}^2}$$

式中

$m_{\text{照}}$ ——照准误差，取 0.05mm

$m_{\text{中}}$ ——气泡居中误差，取 0.02mm

$m_{\text{读}}$ ——读数误差，取 0.02mm

$m_{\text{焦}}$ ——调焦误差，取 0

m_i ——视准轴不水平 i 角误差，取 0.022mm

$m_{\text{尺}}$ ——水准尺每米分划误差，取 0.02mm

$m_{\text{底}}$ ——尺底面不垂直轴线的误差，取 0.02mm

$m_{\text{植}}$ ——尺子不垂直的误差，取 0.01mm

$m_{\text{其他}}$ ——其他外界影响的误差，取 0.02mm 。

把以上数据代入上式，得：

$$m_{\text{站}} = (2 \times 0.05^2 + 2 \times 0.02^2 + 2 \times 0.01^2 + 0^2 + 0.02^2 + 2 \times 0.02^2 + 2 \times 0.02^2 + 0.01^2 + 0.02^2)^{1/2} \\ = \pm 0.093$$

双转点时： $m_{\text{站}} = \pm 0.093 \div \sqrt{2} = \pm 0.07 (\text{mm})$ 。

综合以上设计，制定出表 6.2.2。

6.3.2 垂直位移观测点的精度要求和观测方法。根据垂直位移观测的特点，没有对各类垂直

位移观测的精度指标作出规定，只提及一般的等级划分的精度，以及相应精度要求的观测方法，考虑如下：

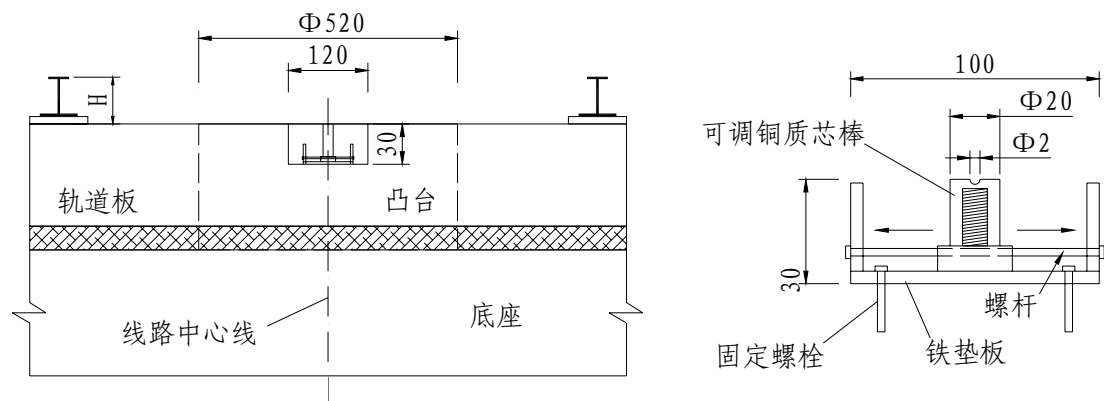
- 1) 按等级影响原则，各等级变形点高程中误差与垂直位移监测网中相应等级精度相当。即一等为 $\pm 0.3\text{mm}$ ，二等为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，三等为 $\pm 1.0\text{mm}$ ，四等为 $\pm 2.0\text{mm}$ ；
- 2) 观测方法着重规定使用几何水准测量，这在我国使用比较普遍，在高精度沉降观测中液体静力水准测量也被广泛采用。
- 3) 用短视线三角高程测量来测定直接水准不能达到的两点间的高差是十分方便的，从理论上分析和国内外有关资料的介绍，已达到很高的精度，由于我国使用经验较少，只在四等精度的观测方法中作规定。

综合以上各点列出表 6.3.2。

垂直位移观测点的精度和观测方法，系根据无碴轨道对线下构筑物变形的要求，按表 6.3.2 中的二等精度要求来控制垂直位移观测点的精度和观测方法。

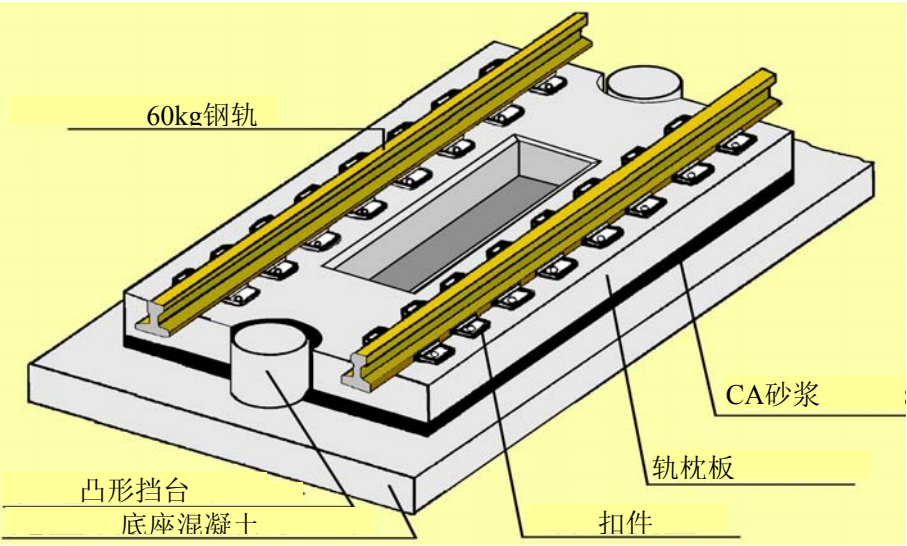
7 无碴轨道安装测量

7.1.2 I 型板式轨道的加密基桩可采用微调式基准器，基准器设于凸型挡台上。基准器设置示意图见说明图 7.1.2。



说明图 7.1.2 基准器设置示意图

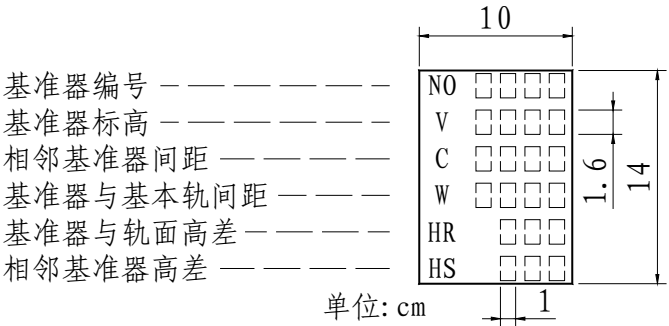
7.2.2 I 型板式轨道结构由钢轨、扣件、框架轨道板、乳化沥青水泥砂浆（CA 砂浆）调整层、凸形挡台及钢筋混凝土底座组成，凸形挡台周围采用树脂材料充填；扣件铁垫板上设置充填式垫板。轨道结构形式见说明图 7.2.2-1 所示。



说明图 7.2.2-1 I 型板式无碴轨道结构示意图

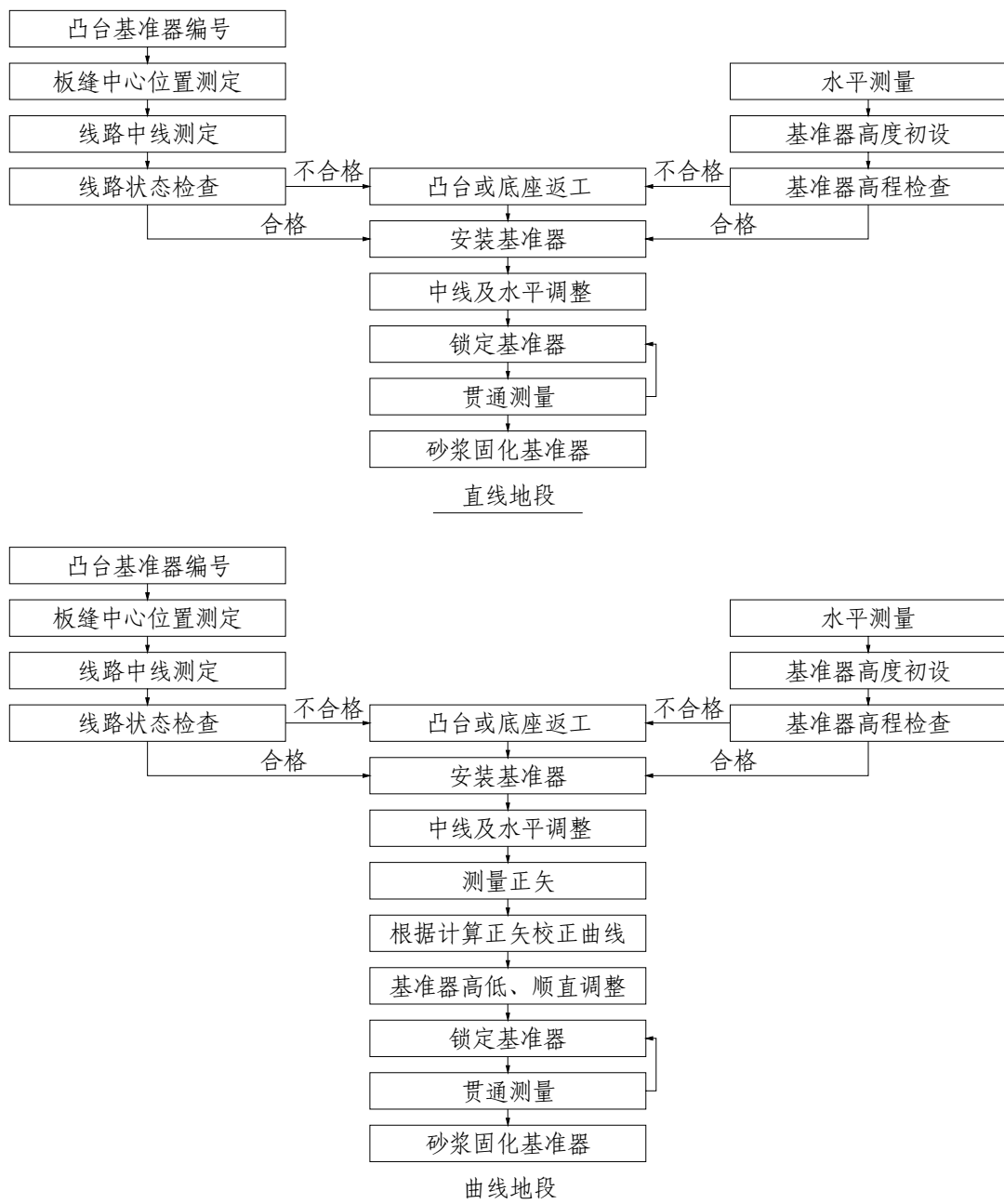
轨道板采用工厂化生产，并提前预制存储。在路、桥、隧达到轨道施工要求后，进行底座混凝土及凸形挡台的灌筑；利用临时轨道将轨道板运输并铺设至线路上；在对轨道板进行精确调整后灌注 CA 砂浆；最后铺设无缝线路。混凝土底座是板式轨道的支撑结构，其主要功能是修正在无碴轨道施工前下部基础的变形与施工偏差以及实现曲线地段板式轨道的超高设置；凸形挡台作为板式轨道的重要组成部分，其主要功能是限制轨道板的纵、横向位移。因此，在底座和凸形挡台混凝土施工完毕后，应在每个凸形挡台上沿线路中线方向重新设置加密基桩，为轨道板的铺设做好准备。具体设置过程如下：

- 1) 根据凸形挡台位置，精确计算出基准器的坐标。采用高精度的 I 级全站仪，精确测定基准器的中心位置。
- 2) 在凸形挡台混凝土浇筑前，先在路基面或梁面上测设基准器中心点位，并测设该点位的法线护点，以保证凸形挡台的位置不偏移，也便于安装基准器。
- 3) 利用线路关系，核准基准器点位，并依次编号、登记。量测结果做成标签，贴在线路前进方向的左侧或曲线外侧。标签反映内容见说明图 7.2.2-2 所示。



说明图 7.2.2-2 基准器测量标签示意图

- 4) 在直、曲线地段，分别采用如下测量工艺流程，见说明图 7.2.2-3 所示：

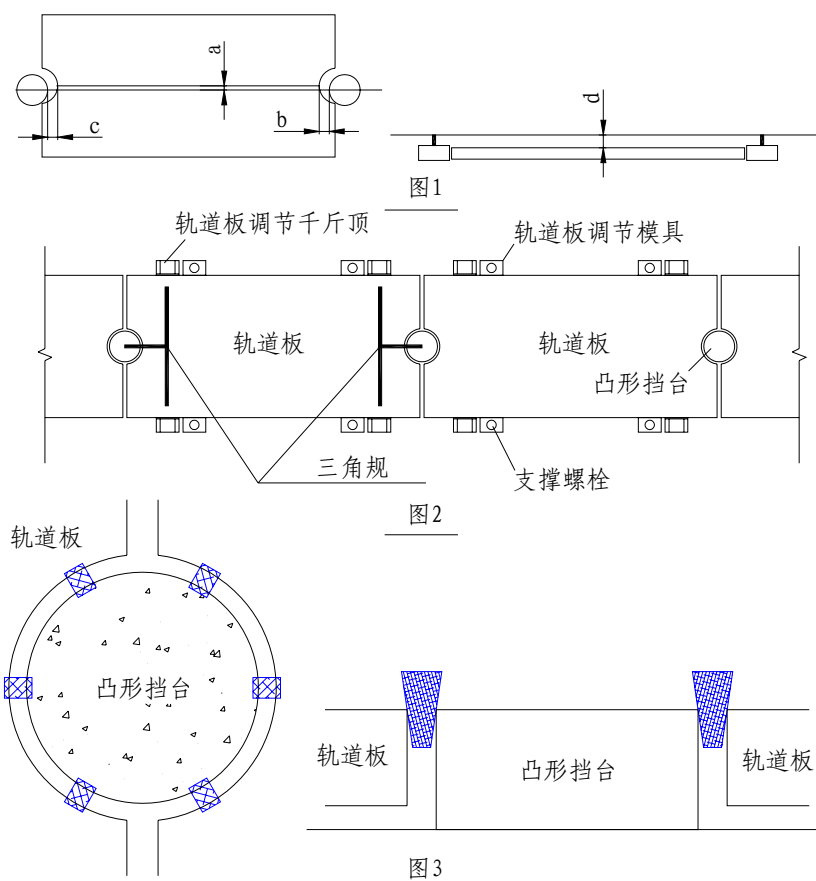


说明图 7.2.2-3 直、曲线地段基准器测设工艺流程图

7.3.2 底座模板定位限差系根据《客运专线无砟轨道无砟轨道铁路施工质量验收暂行标准》确定。

7.3.4 轨道板定位测量

1 轨道板的安装调整测量，以凸形挡台上基准器测设数值为准，采用专用油压千斤顶、支撑螺栓、螺纹丝杆顶托等，调整轨道板的高低、方向及凸形挡台缝。轨道板调整如说明图 7.3.4-1 所示。



说明图 7.3.4-1 轨道板调整示意图

将支撑螺栓安装到轨道板侧面的联结铁件上，联结铁件与轨道板采用螺栓栓接。启动油压千斤顶，缓慢顶起轨道板，除去板下临时支撑方木。

按照预定高度值，使用三角规及调节千斤顶调节轨道板高度（图 7.3.4-1 中图 2）。调整轨道板中心线及凸形挡台基准器之间的连线，使其与轨道板中心线重合。用钢尺精确丈量两凸形挡台间的纵向距离，均匀设置凸形挡台缝（图 7.3.4-1 中图 3）。

在轨道板两端设置轨距尺、根据基准器测设数值，使用调节千斤顶调节轨道板面的高程（说明图 7.3.4-1 中图 2）。

在曲线段，使用千斤顶初调，支撑螺栓精调轨道板，轨距尺控制外轨超高。

轨道板面的高程、中心线、凸起间隔调节后，在凸形挡台与轨道板之间钉入楔子，固定轨道板。

2 轨道板前后、左右和高低经反复测量调整，定出轨道板的正确位置后，应精确测定轨道板的安装精度及 CA 砂浆注入厚度，提交记录。轨道板定位精度应符合说明表 7.3.4 要求。

说明表 7.3.4 轨道板定位精度

方向	允许值	备 注
前后	$\pm 3\text{mm}$	距离轨道板设计位置
左右	$\pm 1\text{mm}$	距离线路中心线

高低	±1mm	轨道板顶面设计高程
----	------	-----------

7.4.1 每个控制基桩位置的测设要通过至少 2 个（在桥梁上则至少 3 个）方向已知轨道标记点的多余观测并经平差计算后得出，所有轨道标记点的三维坐标均应精确到 0.1 mm。

7.4.6 混凝土支承层施工测量

1 混凝土支承层采用摊铺机施工时，可采用基准线测量定位，基准线的设置应符合如下要求：

1) 横向支距：基准线桩固定位置到摊铺面板边缘的横向支距应根据滑模摊铺机侧模到传感器的位置而定，一般 2~4 履带跨中摊铺，两侧路面边缘宜不小于 1m 宽度，最小不得小于 0.65m。基准线上的标高应为其所在位置的路面边缘高程计入支距横坡高度后，加上设定的架设高度。

2) 纵向间距：平面直线段应小于等于 10m，圆曲线段视弯道半径大小，一般可为 5~7m。

3) 基准线桩固定：基层顶面到夹线臂的高度为 50cm，自基准线所在位置的路面边缘高程算起的基准线统一架设高度为 30cm。基准线桩夹线臂夹口到桩的水平距离为 30cm。夹线臂到桩顶垂直距离为 15cm。

4) 基准线长度：一根基准线的最大长度不得大于 450m。超过此长度并需要继续摊铺时，应续接基准线，续接方式应通过同一个过渡桩的夹线臂口平顺连接。

5) 基准线张紧

基准线两端应各设一个紧线器，并应偏置在基准线桩外侧 30~50cm 处。在第一根桩与紧线器之间，应设一根扯线桩，扯线桩的夹线臂应低于基准线桩夹线臂。扯线桩应钉牢固，不能因弯道水平拉力而倾斜。基准线必须张紧，每侧基准线应施加大于等于 1000N 的拉力。张紧后基准线上的垂度不应大于 1.0mm，基准线应先张紧，再扣进夹线臂槽口。

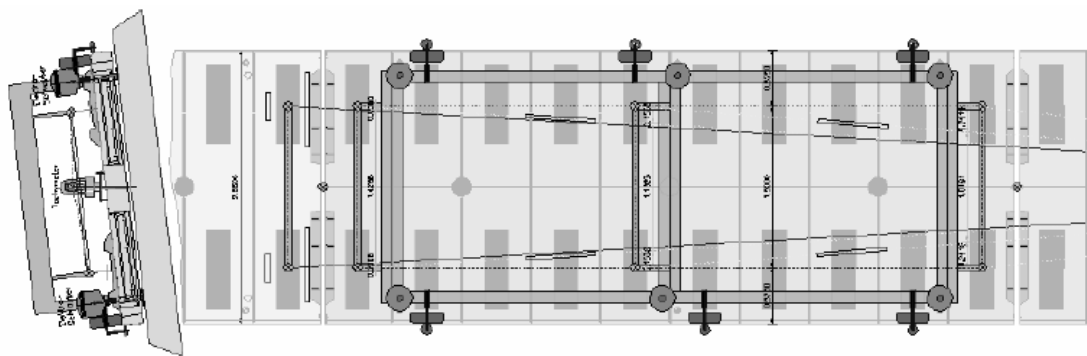
6) 基准线施工要求

基准线设置好以后，禁止扰动。摊铺时，严禁碰撞和振动。一旦碰撞变位，应立即重新测量设定。基准线接头不得大于 1cm。每 100m 基准线不得多于 2 个接头。多风季节施工时，应缩小基准线桩间距。风力达到 5~6 级时应停止施工。

2 混凝土摊铺机施工时，也可不采用设置基准线或导向钢索，可用装有倾角传感器、速测仪和计算机配套软件进行连续视距测量的方法来控制混凝土断面位置。

7.4.7 通过加密基桩对轨道板进行精调定位测量：

轨道板精调定位测量时每个测量作业面需配备四根测量滑架，每个测量滑架上有两个固定棱镜，使用专用三角架将速测仪安置在轨道板接缝处加密基桩点上（对中精度 0.5 mm）。用于轨道板精调定位测量的滑架、速测仪应配合配套软件使用。



说明图 7.4.7 轨道板精调定位测量滑架

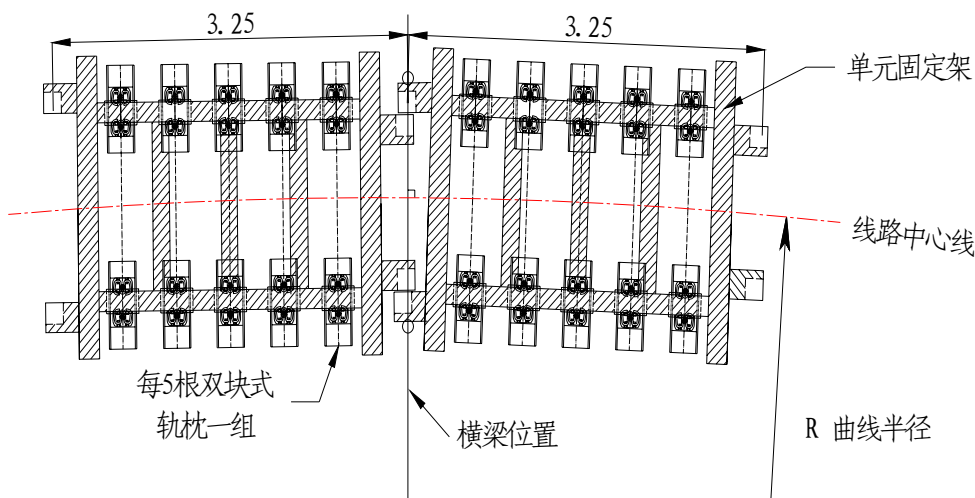
将测量滑架安置在所需精调定位轨道板的第一、最后和中间支点以及已精调定位好的轨道板的最后支点上。测量滑架卡尺架在支点（打磨了的混凝土承轨台面）上，并通过固紧调节装置单面与支点面相触。由此而建立起了与支点几何间的参考关系。在轨道板接缝处加密基桩点对速测仪进行程控设站，并通过已精调好轨道板上的测量滑架进行定向，再使用其它已知加密基桩点进行定向检查。

通过程控计算（实际空间位置与理论空间位置比较）及显示指令，借助精调装置调整轨道板的空间位置（含水平、高程和超高），直到支点平面精度达到要求为止。

7.6.4 轨排精调根据轨排的钢轨确定测量的点位，点位应设置在钢轨支撑架处，方便调整。且下一循环施工时，测量应伸入上一循环的不少于一个轨排的距离，保证钢轨的平顺。当施工作业面由控制基桩向下一控制基桩测量时，测量范围应深入上一循环不少于 25m。

7.7.1 CRTS II 型双块式无碴轨道施工是一次五根轨枕精确分散地安装在固定架上后通过振动法嵌入混凝土道床板，不需要组装轨排。施工工序是：先灌注道床混凝土承载板，再将轨枕嵌入。

7.7.3 固定架安装支脚间距应根据轨枕设计间距和工装确定，根据旭普林公司现采用设备，轨枕间距 650mm，一组固定架上 5 根轨枕，因此支脚间距为 3.25m，如说明图 7.7.3-1。

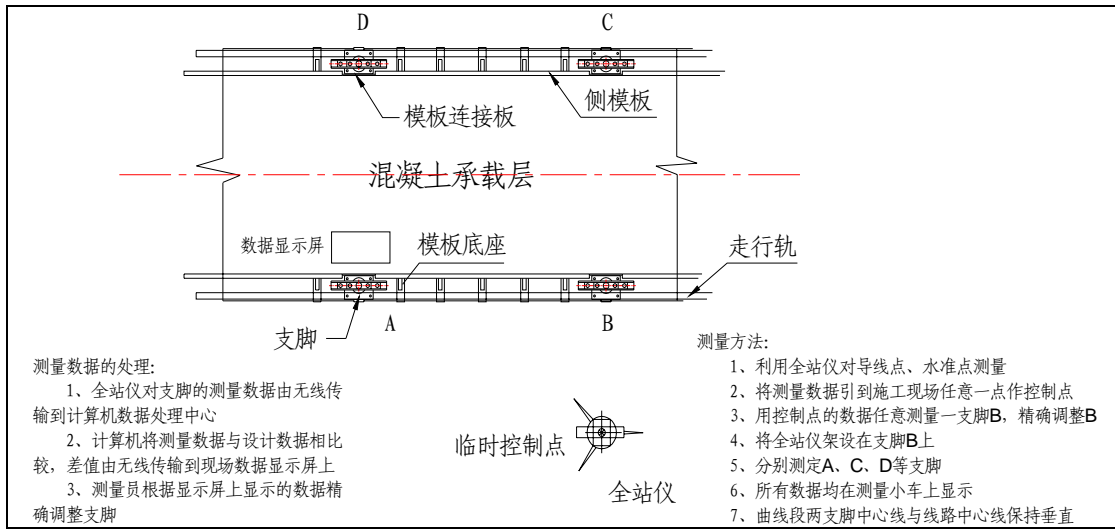


说明图 7.7.3-1 支脚安装位置示意图

在支承层上采用钻孔并用螺栓固定支脚，支脚可以通过水平和垂直螺旋进行其顶部三维空间位置精密调整。

施工现场对支脚的定位测量可使用 Carl Zeiss 公司的 Elta S10 系列系统全站仪和 RecElta 13C 系列的计算机全站仪测量系统来测量。

首先用全站仪通过控制基桩将任意一个支脚精确固定在支脚排中心线上，支脚顶部有一个能够更换且用于定位测量的专用测量珠，该测量珠顶面的测量数据即该支脚的最终位置，调整该支脚使顶点三维空间位置符合设计值；将测量仪器安放到该支脚上，仪器的中心与支脚的中心重合，并将其他支脚固定在支承层上；对支脚进行测量，得到的数据通过无线传输到施工现场的计算机中，计算出支脚换算偏差值并通过无线传输到现场测量员的数据显示屏上；测量员根据显示屏上的数据从垂直和水平方向精确调整支脚，使测量珠的误差不超过 0.5mm。调整完成后，做好记录，取下测量珠进行下一个支脚的定位调整。支脚的测量安装如说明图 7.7.3-2。



说明图 7.7.3-2 支脚的安装测量示意图

7.8.1 由于道岔间距离较短，无碴道岔施工完成后若其误差较大，需有 200m 左右的线路进行调整，相邻道岔间线路的距离很难实现偏差的调整。且站场端均存在渡线道岔，必须一次测设定位，且宜同时施工。

7.9.2 贯通工作面应设置在闭合导线内的控制基桩附近，保证贯通面的偏差符合设计要求，其施工中 200m 的区段应一次施工成型。且贯通面施工测量应伸入两端已经成型道床内不少于 25m。

7.10.4 本条参照德国标准制定。

7.11.1 维护基桩测量

1 由于维护基桩的布设位置与维修方式有关，因此应根据维修检测方式进行布设，可设于轨道中心线、道床两侧或接触网杆上等位置。对于 I、II 型双块式无碴轨道，维护基桩根

据现场测设情况，埋设在方便轨道维护且便于后期复测的地段；对于 I 型板式轨道维护基桩应设置在凸形挡台的中心，可以采用基准器作为维护基桩；II 型板式轨道维护基桩宜设置在接缝处轨道板外侧的混凝土支承层或底座混凝土板上；III 型板式无砟轨道，维护基桩宜设置在轨道板的连接位置线路中心线处。

2 由于各类无砟轨道结构不同，施工工艺不同，施工过程中加密基桩可能被道床施工覆盖或损坏，因此应增设维护基桩，当加密基桩未损坏时，应对其进行复测后做为维护基桩。