

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50308—2017

城市轨道交通工程测量规范

Code for urban rail transit engineering survey

2017—05—04 发布

2018—01—01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量检验检疫监督局

联合发布

中华人民共和国国家标准

城市轨道交通工程测量规范

Code for urban rail transit engineering survey

GB/T 50308 - 2017

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 8 年 1 月 1 日

中国建筑工业出版社

2017 北 京

中华人民共和国国家标准
城市轨道交通工程测量规范

Code for urban rail transit engineering survey

GB/T 50308 - 2017

*

中国建筑工程工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

环球东方（北京）印务有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：7 $\frac{5}{8}$ 字数：205 千字

2017 年 12 月第一版 2017 年 12 月第一次印刷

定价：**53.00** 元

统一书号：15112·30137

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1537 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《城市轨道交通工程测量规范》的公告

现批准《城市轨道交通工程测量规范》为国家标准，编号为 GB/T 50308-2017，自 2018 年 1 月 1 日起实施。原国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308-2008 同时废止。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2017 年 5 月 4 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2012 工程建设标准规范制订修订计划〉的通知》（建标〔2012〕5 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上对原《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308－2008 进行了全面修订。

本规范的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 地面平面控制测量；4. 地面高程控制测量；5. 线路带状地形图与中线测量；6. 专项调查与测绘；7. 地面线路施工测量；8. 地下隧道和车站施工测量；9. 高架结构施工测量；10. 轨道施工测量；11. 车辆基地施工测量；12. 磁悬浮和跨座式单轨交通工程施工测量；13. 设备安装测量；14. 竣工测量；15. 变形监测；16. 第三方测量和第三方监测；17. 质量检查与验收。

本规范修订的主要技术内容是：1. 增加了地面线路施工测量与第三方测量和第三方监测两章；2. 增加了城市地铁控制网和复测技术要求；3. 增加了电子水准仪和复测技术要求；4. 增加了任意设站控制网作为铺轨控制测量和轨道施工测量内容；5. 增加了疏散平台等测量内容；6. 对原规范各章节进行了调整和完善；7. 对原规范附录进行了调整和完善。

本规范由中华人民共和国住房和城乡建设部负责管理，北京城建勘测设计研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄至北京城建勘测设计研究院有限责任公司（地址：北京市朝阳区安慧里 5 区 6 号，邮政编码：100101）。

本规范主编单位：北京城建勘测设计研究院有限责任公司

本规范参编单位：上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

南京测绘勘察研究院有限公司

沈阳市勘察测绘研究院

深圳市建设综合勘察设计院有限公司

天津市测绘院

中铁工程设计咨询集团有限公司

中铁十六局集团有限公司

重庆市勘测院

重庆智慧城市发展有限公司

武汉大学

广州市地下铁道总公司

解放军信息工程大学

上海力信测量技术有限公司

本规范主要起草人员：秦长利 马海志 马全明 张金龙

张晓沪 陈乃权 钟金宁 王双龙

马 栋 谢征海 黄 勇 徐亚明

李广云 张志良 李小果 马尧成

王暖堂 陈大勇 郭春生 李宗春

张晓日 段 伟 凌志平 邹进贵

王思锴 张广伟 王荣权

本规范主要审查人员：王 丹 姜雁飞 张志华 陈瑞霖

林 鸿 徐万鹏 刘永中 石德斌

胡亚明 叶铁民 杜明义

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	5
3	地面平面控制测量	7
3.1	一般规定	7
3.2	卫星定位控制网测量	8
3.3	精密导线网测量	13
4	地面高程控制测量	19
4.1	一般规定	19
4.2	高程控制网设计与埋石	20
4.3	水准测量	21
5	线路带状地形图与中线测量	24
5.1	一般规定	24
5.2	图根控制测量	26
5.3	全站仪数字线路带状地形图测绘	28
5.4	航空摄影测量	28
5.5	线路中线测量	31
6	专项调查与测绘	34
6.1	一般规定	34
6.2	地下管线调查与测绘	35
6.3	地下建筑测绘	37
6.4	跨越线路的建筑物测绘	39
6.5	水下地形测量	40
6.6	房屋拆迁测量	41

6.7	勘测定界测量	43
7	地面线路施工测量	46
7.1	一般规定	46
7.2	中线测量	46
7.3	路基施工测量	47
7.4	路基结构完成后的测量	49
8	地下隧道和车站施工测量	51
8.1	一般规定	51
8.2	联系测量	51
8.3	地下控制测量	57
8.4	暗挖隧道和车站施工测量	59
8.5	明挖隧道和车站施工测量	65
8.6	地下结构完成后的测量	68
9	高架结构施工测量	72
9.1	一般规定	72
9.2	柱、墩基础施工测量	72
9.3	柱、墩施工测量	73
9.4	横梁施工测量	74
9.5	纵梁施工测量	74
9.6	高架结构完成后的测量	75
10	轨道施工测量	77
10.1	一般规定	77
10.2	铺轨基标测量	78
10.3	任意设站控制网测量	81
10.4	铺轨施工测量	88
11	车辆基地施工测量	93
11.1	一般规定	93
11.2	施工控制网测量	93
11.3	施工测量	95
11.4	线路测量	97

12	磁悬浮和跨座式单轨交通工程施工测量	98
12.1	磁悬浮轨道交通工程施工测量	98
12.2	跨座式单轨交通工程施工测量	99
13	设备安装测量	103
13.1	一般规定	103
13.2	接触轨与架空接触网安装测量	103
13.3	防淹门与疏散平台安装测量	104
13.4	行车信号与线路标志安装测量	105
13.5	车站站台与屏蔽门安装测量	105
14	竣工测量	107
14.1	一般规定	107
14.2	控制网检测与控制点恢复测量	107
14.3	轨道竣工测量	108
14.4	建筑结构竣工测量	109
14.5	设备竣工测量	110
14.6	地下管线竣工测量	111
14.7	磁悬浮和跨座式单轨交通工程竣工测量	111
15	变形监测	113
15.1	一般规定	113
15.2	变形监测控制网测量	116
15.3	施工期间变形监测	118
15.4	建成后线路变形监测	122
15.5	变形监测资料整理与信息反馈	123
16	第三方测量和第三方监测	125
16.1	一般规定	125
16.2	第三方测量	125
16.3	第三方监测	127
17	质量检查与验收	129
17.1	一般规定	129
17.2	质量检查	130

17.3 质量验收	131
附录 A 地面平面控制测量	132
附录 B 地面高程控制点标石埋设	137
附录 C 联系测量	139
附录 D 地下平面和高程控制点	141
附录 E 高架线路施工测量	143
附录 F 铺轨基标测量	144
附录 G 任意设站控制网测量	148
附录 H 任意设站控制网控制点布设位置	150
附录 J 不量仪器高和棱镜高的电磁波测距三角高程 测量	153
附录 K 设备竣工测量	154
附录 L 变形监测标石埋设	157
附录 M 质量检查记录表	159
本规范用词说明	160
引用标准名录	161
附：条文说明	163

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	5
3	Ground Horizontal Control Survey	7
3.1	General Requirements	7
3.2	Satellite Positioning Control Network Survey	8
3.3	Precise Traverse Survey	13
4	Ground Vertical Control Survey	19
4.1	General Requirements	19
4.2	Ground Vertical Control Network Design and Monument Setting	20
4.3	Leveling Survey	21
5	Survey of Strip Topography and Center Line	24
5.1	General Requirements	24
5.2	Mapping Control Survey	26
5.3	Field Line Terrain Survey	28
5.4	Aerial Photogrammetry	28
5.5	Center Line Survey	31
6	Investigation and Surveying and Mapping for Special Terms	34
6.1	General Requirements	34
6.2	Investigation and Survey of Underground Pipelines and	

Cables	35
6.3 Survey of Underground Construction	37
6.4 Survey for Construction Over Crossing Line	39
6.5 Underwater Topographic Survey	40
6.6 Housing Demolition Survey	41
6.7 Land Survey and Demarcation	43
7 Construction Survey of Ground Line	46
7.1 General Requirements	46
7.2 Center Line Survey	46
7.3 Roadbed Construction Survey	47
7.4 Survey after Completion of Roadbed Construction	49
8 Construction Survey of Tunnel and Station	51
8.1 General Requirements	51
8.2 Connection Survey	51
8.3 Underground Control Survey	57
8.4 Construction Survey of Concealed Excavated Tunnel and Station	59
8.5 Construction Survey of Open Excavated Tunnel and Station ...	65
8.6 Survey after Completion of Underground Construction	68
9 Viaduct Construction Survey	72
9.1 General Requirements	72
9.2 Foundation Construction Survey of Bridge Pier Column	72
9.3 Construction Survey of Bridge Pier Column	73
9.4 Bridging Beam Construction Survey	74
9.5 Stringer Construction Survey	74
9.6 Survey after Completion of Viaduct Construction	75
10 Rail Construction Survey	77
10.1 General Requirements	77

10.2	Track Laying Benchmark Survey	78
10.3	Control Survey Network at Random Setting Station	81
10.4	Track Laying Construction Survey	88
11	Vehicle Base Survey	93
11.1	General Requirements	93
11.2	Construction Control Network Survey	93
11.3	Construction Survey	95
11.4	Route Survey	97
12	Construction Survey of Magnetic Levitation and Straddle Type Monorail Transit	98
12.1	Magnetic Levitation Rail Transit Construction Survey	98
12.2	Straddle Type Monorail Transit Construction Survey	99
13	Equipment Installation Engineering Survey	103
13.1	General Requirements	103
13.2	Contact Rail and Overhead Catenary Installation Survey	103
13.3	Blocking Door and Evacuation Platform Installation Survey	104
13.4	Train Signal and Road Way Signs Installation Survey	105
13.5	Station Platform and Platform Screen Door Installation Survey	105
14	Acceptance Survey	107
14.1	General Requirements	107
14.2	Control Network Check and Control Point Recovery	107
14.3	Finish Construction Survey of Rail	108
14.4	Finish Construction Survey for Buildings	109
14.5	Finish Construction Survey of Devices	110
14.6	Finish Construction Survey of Underground Pipelines	111
14.7	Finish Construction Survey of Magnetic Levitation and	

Straddle Type Monorail Engineering	111
15 Deformation and Settlement Monitoring	113
15.1 General Requirements	113
15.2 Control Network Survey of Deformation and Settlement Monitoring	116
15.3 Deformation and Settlement Monitoring during Construction	118
15.4 Deformation and Settlement Monitoring of Operation Stage	122
15.5 Data Arrangement and Information Feedback of Deformation and Settlement Monitoring	123
16 Third Party Survey and Monitoring	125
16.1 General Requirements	125
16.2 Third Party Survey	125
16.3 Third Party Monitoring	127
17 Quality Inspection and Acceptance	129
17.1 General Requirements	129
17.2 Quality Inspection	130
17.3 Quality Acceptance	131
Appendix A Ground Horizontal Control Survey	132
Appendix B Ground Vertical Control Point Survey	137
Appendix C Connection Survey	139
Appendix D Underground Horizontal and Vertical Control Survey	141
Appendix E Viaduct Construction Survey	143
Appendix F Track Laying Benchmark Survey	144
Appendix G Control Point Position Requirements for Random Setting Station Traverse	148

Appendix H	Surveying for Random Setting Station	
	Traverse	150
Appendix J	EDM Trigonometric Leveling without	
	Instrument Height and Prism Height	153
Appendix K	Finish Survey for Installed Equipment	154
Appendix L	Deformation and Settlement Monitoring	157
Appendix M	Quality Inspection Log Sheer	159
	Explanation of Wording in This Code	160
	List of Quoted Standards	161
	Addition; Explanation of Provisions	163

1 总 则

1.0.1 为适应城市轨道交通建设发展的需要，统一城市轨道交通工程测量技术要求，遵循技术先进、经济合理、质量可靠和安全适用的原则，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于城市轨道交通的线网规划、新线路建设、既有线路改造、运营线路维护以及第三方测量与第三方监测的工程测量工作的技术设计、作业实施以及成果整理与质量检验。

1.0.3 城市轨道交通工程测量应采用所在城市的平面坐标和高程系统。城市间的城市轨道交通工程以及与城市轨道交通工程结构、线路衔接或联系的其他工程应采用统一的平面坐标和高程系统，平面坐标和高程系统不一致时应建立转换关系。

1.0.4 城市轨道交通工程应以中误差作为衡量测绘精度的标准，并应以二倍中误差作为极限误差。

1.0.5 测量作业使用的仪器和工具应根据国家现行有关标准进行检验校正。作业前应对仪器和工具进行检查，作业中仪器状态应满足作业要求。

1.0.6 城市轨道交通工程测量工作应根据工程的安全生产措施和应急预案，编制测绘应急预案。

1.0.7 城市轨道交通工程测量除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 城市轨道交通 urban rail transit

采用专用轨道导向运行的城市公共客运系统，包括地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁悬浮、自动导向轨道、市域快速轨道系统。

2.1.2 专项调查与测绘 special investigation surveying and mapping

城市轨道交通工程在设计阶段应进行的沿线建筑、管线、水域、房屋拆迁和勘测定界调查测绘工作。

2.1.3 定线测量 final survey; route location survey

将线路工程设计图纸上的线路位置测设于实地的测量工作。

2.1.4 线路中线测量 center line survey

对由线路中线点构成的导线进行的测量工作。

2.1.5 近井点 control points near the well

布设在竖井旁，用于向地下传递平面坐标和方位的导线点或传递高程的水准点。

2.1.6 近井导线 adjacent traverse

附和在一、二等卫星定位点或三等精密导线点上，为测设近井点而布置的导线。

2.1.7 近井水准 adjacent levelling route

附和在一、二等水准点上，为测设近井高程点而布置的水准线路。

2.1.8 联系测量 connection survey

将地面的坐标和高程系统传递到地下，使地上、地下坐标与高程系统相一致的测量工作。

2.1.9 陀螺全站仪和铅垂仪组合定向 gyro-theodolite orientation in combination with plumb instrument

利用陀螺全站仪和铅垂仪组合进行竖井定向的一种作业方法。

2.1.10 贯通测量 holing through survey

对相向施工的地面路基、地下隧道和高架桥建筑结构或按要求施工到一定地点与另一建筑结构相通后，对连接偏差状况所进行的测量工作。

2.1.11 铺轨基标 track laying benchmark

为轨道铺设建立的测量控制点。

2.1.12 任意设站控制网 free station control network

采用任意设站边角交会法施测，具有强制对中标志，沿线路为轨道铺设布设的平面和高程的三维控制网。

2.1.13 建筑 building and structure

供人们进行生产、生活或其他活动的房屋、场所的建筑物和构筑物的总称。

2.1.14 限界 gauge

保障城市轨道交通运行，限定车辆断面尺寸、限制沿线设备安装尺寸以及确定建筑结构有效净空尺寸的图形和相应定位坐标参数称为限界。分为车辆限界、设备限界和建筑限界三类。

2.1.15 联络线 connecting line

连接两条独立运营线路的辅助线路。

2.1.16 明挖法 cut and cover method/open cut method

在地面挖开的基坑中修筑地下结构的施工方法。

2.1.17 盖挖顺筑法 cover and cut-bottom up method

在地面修筑维持地面交通的临时路面及其支撑结构后，自上而下开挖土方至坑底设计标高，再自下而上修筑结构的施工方法，属于明挖法。

2.1.18 盖挖逆筑法 cover and cut-top down method

开挖地面修筑地下结构顶板及其竖向支撑结构后，在顶板的

下面自上而下分层开挖土方，分层修筑结构的施工方法，属于明挖法。

2.1.19 矿山法 mining method

传统的矿山法是指用钻眼爆破的方法修筑隧道的暗挖施工方法，又称钻爆法，现代矿山法还包括机械开挖法、新奥法等施工方法。

2.1.20 盾构隧道法 shield method

采用主机和后配套设备组成的全断面推进式隧道施工机械设备，在钢壳结构保护下完成隧道掘进、出渣、管片拼装等作业的暗挖施工方法。

2.1.21 车辆基地 vehicle base

以车辆停放、检修和日常维修为主体，集中车辆段（停车场）、综合维修中心、物资总库、培训中心及相关的生活设施等组成的综合性生产单位。

2.1.22 车辆段 depot

承担车辆停放、运用管理、整备保养、检查和较高或高级别的车辆检修的基本生产单位。

2.1.23 联络通道 connect dypass

连接同一线路上两条单线区间隧道的通道，在列车于区间遇火灾灾害、事故停运时，供乘客由事故隧道向无事故隧道疏散逃生的过道。

2.1.24 疏散平台 evacuation platform

沿区间线路一侧设置的人行便道，在列车遇火灾灾害、事故停运时，供乘客疏散到安全地区的设施。

2.1.25 防淹门 flood gate

防止水流涌入车站或隧道的密封门。

2.1.26 变形监测 deformation monitoring

对建（构）筑物及其地基、建筑基坑或一定范围内的岩土及土体的位移、沉降、倾斜、挠度、裂缝和地下水、温度、应力应变等相关影响因素进行监测，并提供变形分析预报的过程。

2.1.27 允许偏差 allowable deviation; allowable variation

在一定范围内大于或者小于标准值的程度，不影响结构的稳定性或者完整性的值。

2.1.28 点位中误差 mean square error of a point

表示点位精度的一种数值指标，指真坐标与测量最或然坐标位置的差值平方和的平方根。

2.1.29 极限误差 tolerance

在一定测量条件下规定的测量误差绝对值的限值。通常以测量中误差的 2 倍~3 倍作为其极限误差。本规范以测量中误差的 2 倍作为其极限误差。

2.1.30 较差 differential observation

同一未知量的两个观测值之间的差值。

2.2 符 号

- a ——固定误差、近井点至悬挂钢丝的最短距离；
- B ——隧道开挖宽度；
- b ——比例误差系数 (1×10^{-6})；
- C ——方向照准差、仪器加常数；
- c ——竖井中悬挂钢丝间的距离；
- D ——贯通距离、测距边长度；
- d ——控制导线长度、相邻点间的距离、接触轨或接触网至邻近轨道的距离；
- f ——地球曲率和大气折光对垂直角的修正量；
- f_{β} ——附和导线或闭合导线环的方位角闭合差；
- f_k ——摄影焦距；
- H_p ——现有城市坐标系统投影面高程或城市轨道交通工程线路的平均高程；
- H_m ——测距边两端点的平均高程；
- K ——仪器乘常数、大气折光系数；
- L ——水准路线长度、附和路线长度、轨道梁长；

M ——地形图比例尺分母、摄影比例尺分母；
 M_L ——界址边丈量中误差；
 M_P ——房屋建筑面积中误差；
 M_W ——每千米高差中数全中误差；
 M_Δ ——每千米高差中数偶然中误差；
 m_u ——导线点横向中误差；
 m_Φ ——贯通中误差；
 m_β ——测角中误差；
 N ——同步环中基线边的个数、附和导线或闭合导线环的个数、附和线路和闭合线路的条数；
 n ——独立环中基线边的个数、同一边复测的次数、导线的角度个数、附和导线或导线环的角度个数、往返测水准路线的测段数、测站数、水准测量转点数、桥梁跨数；
 P ——建筑面积值、宗地面积；
 R ——地球平均曲率半径；
 R_a ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径；
 R_m ——测距边中点的平均曲率半径；
 S ——气象及加、乘常数改正后的斜距；
 S_0 ——气象及加、乘常数改正前的斜距；
 W ——附和线路或环线闭合差、环闭合差；
 Y_m ——测距边两端点横坐标平均值；
 ΔY ——测距边两端点近似横坐标的增量；
 Δ ——水准路线测段往返高差不符值；
 σ ——标准差，即基线向量的弦长中误差。

3 地面平面控制测量

3.1 一般规定

3.1.1 地面平面控制网应根据城市轨道交通线网规划布局、建设步骤和工程建设要求按等级进行设计。

3.1.2 地面平面控制网应分为三个等级。一等网为全市轨道交通控制网，应采用卫星定位测量方法，一次全面布设；二等网为线路控制网，三等网为线路加密控制网，应分别采用卫星定位、精密导线方法，分期布设。

3.1.3 一等全市轨道交通控制网采用的高程投影面宜与城市平面坐标系采用的投影面一致。

3.1.4 当线路轨道面平均高程的边长高程投影长度变形和高斯投影长度变形的综合变形值大于 15mm/km 时，线路控制网和线路加密控制网应采用抵偿高程面作为投影面的城市平面坐标系，或者高程投影面不变，采用高斯-克吕格任意带平面直角坐标系。

3.1.5 线路贯穿多个使用不同平面坐标系统的行政区域时，其测绘成果应满足各个行政区域对于测绘成果的要求。行政区域界线段的线路应有两套坐标成果，并应建立坐标转换关系。

3.1.6 对符合本规范埋设和使用要求的现有城市控制点的标石应加以利用。

3.1.7 已建成的地面平面控制网应适时进行复测。其中，全市轨道交通控制网应根据城市建设、城市地面沉降对其影响情况进行复测；线路控制网和线路加密控制网应在线路开工前进行复测，工程建设中应 1 年~2 年复测 1 次，并根据控制点稳定情况增加或减少复测频次。复测技术要求应符合下列规定：

1 复测时采用的起算点和控制网观测方案宜与原测量一致。

2 复测采用的仪器设备、观测方法、观测精度、数据处理和成果精度宜与原测量一致。

3 同一控制点的复测与原测量成果坐标分量较差的极限误差应小于 $2m$ ，其中 m 为复测控制点的点位中误差。

4 当复测与原测量成果坐标分量较差的极限误差分别小于 $2m$ 时，应采用原测量成果；大于 $2m$ 时，应查明原因及时补测或修测，并应满足与相邻控制点的相对点位中误差要求。

3.2 卫星定位控制网测量

3.2.1 卫星定位控制网测量技术要求应符合下列规定：

1 卫星定位控制网测量技术要求应符合表 3.2.1 规定。

表 3.2.1 卫星定位控制网测量技术要求

控制网等级	平均边长 (km)	固定误差 a (mm)	比例误差 b (mm/km)	相邻点的相对 点位中误差 (mm)	最弱边相对 中误差
一等	10	≤ 5	≤ 2	± 20	1/200000
二等	2	≤ 5	≤ 5	± 10	1/100000

注：平均边长统计不包括已知点与未知点的连接边。

2 卫星定位控制网基线长度精度宜按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (3.2.1)$$

式中： σ ——基线长度中误差（mm）；

a ——固定误差（mm）；

b ——比例误差系数（mm/km）；

d ——相邻点间的距离（km）。

3.2.2 卫星定位控制网设计应符合下列规定：

1 应根据城市轨道交通线网建设规划方案，收集全市或线路沿线现有城市控制网的基础测绘资料。

2 踏勘后，应对收集的资料进行分析研究，并根据建设需要和卫星定位控制网技术要求分级进行卫星定位控制网设计。

3 一等全市轨道交通控制网应满足全市轨道交通长期规划、建设和运营对测量控制网的需要。该网测量平差约束点应采用 CORS 站或其他城市高等级控制点，且不应少于 3 个，并应均匀分布在以测量范围几何中心为原点的任意直角坐标系中至少 3 个象限中。

4 二等线路控制网应满足各自线路城市轨道交通建设和运营对测量控制网的要求和需要，应采用一等全市轨道交通控制点作为约束点，且不应少于 3 个，并应沿线路分布。二等线路控制网应在隧道出入口、竖井、车站或车辆段附近设置控制点，在线路交叉和分期建设的线路衔接或换乘处宜布设 2 个以上的重合控制点。

5 每个控制点应分别通过独立基线与至少两个相邻点连接。控制网由一个或多个独立基线闭合环构成时，闭合环之间应采用边连接。每个闭合环独立基线数不应超过 6 条。

6 当控制点构成的三角形中，其中一条边的基线长度小于其他两边基线长度之和的 30% 时，应测设独立基线。

3.2.3 卫星定位控制网的选点应符合下列规定：

1 控制点应选在施工变形影响区域以外利于长久保存、施测方便、便于扩展和联测的地方。

2 当利用已有城市控制点时，其标石应稳定、完好。

3 二等线路控制网各控制点通视方向不应少于 2 个。

4 建筑上的控制点应选在便于联测的楼顶承重结构上。

5 控制点应避开多路径效应影响，附近不应有大面积的水域或对电磁波反射或吸引强烈的物体。

6 控制点与无线电发射装置和高压输电线的间距应分别大于 200m 和 50m。

7 控制点周围应视野开阔，便于扩展，视场内障碍物的高度角不宜大于 15° 。

3.2.4 各等级卫星定位控制点应埋设永久标石。标石有基本标石、岩石标石和建筑楼顶标石三种。各种标石宜按本规范附录 A

中的 A. 1. 1、A. 1. 2、A. 1. 3 所示的形式和规格埋设，其中建筑楼顶上的标石宜现场浇筑。埋石后，宜按本规范附录 A 中 A. 3. 1 的规定绘制点之记，点位标识应牢固清楚，并应办理测量标志委托保管书。

3.2.5 车站、洞口和竖井附近建筑楼顶上的常用二等卫星定位控制点上宜建造强制对中照准标志。

3.2.6 卫星定位控制测量作业技术要求应符合表 3.2.6 的规定。

表 3.2.6 卫星定位控制测量作业技术要求

项目	一等	二等
接收机类型	双频	双频或单频
仪器标称精度	$5\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D$	$5\text{mm}+5\times 10^{-6}\times D$
观测量	载波相位	载波相位
卫星高度角 ($^{\circ}$)	≥ 15	≥ 15
同步观测接收机台数 (台)	≥ 3	≥ 3
有效观测卫星数 (颗)	≥ 4	≥ 4
每站独立设站数 (次)	≥ 2	≥ 2
观测时段长度 (min)	≥ 120	≥ 60
数据采样间隔 (s)	10~30	10~30
点位几何图形强度因子 (PDOP)	≤ 6	≤ 6

注：D 为相邻控制点间的距离 (km)。

3.2.7 控制网测量宜选用同型号天线，作业前应对卫星定位接收机和天线等设备进行常规检查，电池容量、光学对中器对中精度和接收机内存容量应满足控制测量作业要求。

3.2.8 观测前应根据接收机数量、控制网设计图形以及交通情况编制作业计划。

3.2.9 卫星定位控制网观测应符合下列规定：

- 1 天线整平、对中后的对中误差应小于 2mm。
- 2 每时段观测前、后量取天线高各一次，两次互差应小于

3mm，并应取其两次平均值作为最后结果。

3 观测时在测站不宜使用手机和对讲机。

4 当遇雷电天气时，应停止观测。观测期间天气出现变化，应进行记录。

5 作业时，应按作业计划规定的时间开机。观测开始后，应记录或输入有关数据并随时检查卫星信号和信息存储情况。外业观测手簿应按本规范附录 A 中表 A. 2. 1 的内容逐项填写。

6 每日观测结束后，应立即将存储介质上的数据进行拷贝，并将外业观测记录结果当天录入计算机进行数据处理。

3.2.10 基线解算应符合下列规定：

1 全市轨道交通控制网基线解算宜采用精密星历，使用精密基线解算软件，采用多基线解算模式进行解算。

2 线路控制网基线解算可使用商用软件，应利用广播星历进行解算。

3 基线解算中每个同步图形应选定一个起算点，且起算点应按连续跟踪站、已知点、单点定位结果的先后顺序选择。

4 观测值均应进行对流层延迟修正，对流层延迟修正模型中的气象元素宜采用标准气象元素。

5 基线解算时，对长度小于 15km 的基线应采用双差固定解。长度 15km 及以上的基线可在双差固定解和双差浮点解中选择最优结果。

3.2.11 基线向量解算的数据检验应符合下列规定：

1 同一时段观测值的数据剔除率宜小于 10%。

2 独立环或附合线路各坐标分量及全长闭合差应满足下列公式的要求：

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.11-1)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.11-2)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.11-3)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (3.2.11-4)$$

式中：W——独立环环闭合差；

n ——独立环中基线边的个数；

σ ——基线长度中误差（mm）。

3 复测基线长度较差应满足下式的要求：

$$d_s \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (3.2.11-5)$$

式中： d_s ——基线长度较差；

n ——同一边复测的次数；

σ ——基线长度中误差（mm）。

3.2.12 重测或补测应符合下列规定：

1 外业观测未按施测方案要求执行，存在缺测、漏测时应补测。

2 当在复测基线边长较差、同步环闭合差、独立环或附合路线闭合差检验中超限的基线可舍弃，但舍弃基线后的独立环所含基线数应符合本规范第 3.2.2 条第 5 款的规定，或应重测或补测该基线，或重测同步图形。

3 对于不能满足第 3.2.11 条第 1 款规定的基线，应进行重测或补测。

3.2.13 卫星定位网平差应符合下列规定：

1 进行无约束平差时，应根据控制网技术设计方案，将全部独立基线构成由闭合图形组成的控制网，以三维基线向量及其相应方差协方差阵作为观测信息，以一个点的地心三维坐标作为起算数据，进行三维无约束平差，并提供各点在地心坐标系的三维坐标、各基线向量、改正数和精度信息。基线向量改正数的绝对值应满足下列公式的要求：

$$V_{\Delta x} \leq 3\sigma \quad (3.2.13-1)$$

$$V_{\Delta y} \leq 3\sigma \quad (3.2.13-2)$$

$$V_{\Delta z} \leq 3\sigma \quad (3.2.13-3)$$

2 进行约束平差时，平差前应对约束点进行稳定性和可靠性检验。约束平差应在所使用的城市轨道交通坐标系或国家坐标

系中进行三维或二维约束平差。平差中，可对已知点坐标、已知距离和已知方位进行强制约束或加权约束。平差结束后应输出相应坐标系中各点的三维或二维坐标、基线向量、改正数、基线边长、方位角、转换参数及其精度信息。

3 基线向量的改正数与同名基线无约束平差相应改正数的较差应满足下列公式的要求：

$$dV_{\Delta x} \leq 2\sigma \quad (3.2.13-4)$$

$$dV_{\Delta y} \leq 2\sigma \quad (3.2.13-5)$$

$$dV_{\Delta z} \leq 2\sigma \quad (3.2.13-6)$$

3.2.14 约束平差后，控制点与未作为约束点的同等级现有城市控制点的重合点的点位较差大于 50mm 时，应对其进行可靠性检验，并对约束控制点和控制方位角进行筛选后，应重新进行不同约束控制点或不同约束方位角的不同组合的约束平差。

3.2.15 卫星定位控制测量结束后，应提交技术设计书和技术总结或技术报告，并应包括下列资料：

- 1 控制网布置图。
- 2 测量仪器、气象观测设备检校资料。
- 3 外业观测手簿及记录。
- 4 控制网平差及精度评定资料。
- 5 控制点成果表。
- 6 控制点点之记。

3.3 精密导线网测量

3.3.1 三等线路加密控制网应沿建设线路两侧布设，并应采用精密导线网测量方法施测。精密导线网应采用附和导线、闭合导线或结点导线网形式。

3.3.2 精密导线网测量和观测技术要求应分别符合表 3.3.2-1 和表 3.3.2-2 的规定。全站仪的分级标准执行本规范附录 A 中表 A.4.1 的规定。

表 3.3.2-1 精密导线网测量技术要求

控制网等级	闭合环或附和导线平均长度 (km)	平均边长 (m)	每边测距中误差 (mm)	测角中误差 (")	方位角闭合差 (")	全长相对闭合差	相邻点的相对点位中误差 (mm)
三等	3	350	± 3	± 2.5	$\pm 5\sqrt{n}$	1/35000	± 8

注：n 为导线的角度个数。

表 3.3.2-2 精密导线观测技术要求

控制网等级	水平角测回数		边长测回数	测距相对中误差
三等	I 级全站仪	II 级全站仪	往返测距各 2 测回	1/80000
	4	6		

3.3.3 精密导线网的布设应符合下列规定：

1 二等线路加密控制网控制点间的附和导线的边数宜少于 12 条，相邻边的短边与长边比例不宜小于 1：2，最短边长不宜小于 100m。当附和导线路线较长时，宜布设结点导线网，结点间角度个数不应超过 8 个。

2 地面导线点应选在施工变形影响区域以外，并应避开地下构筑物、地下管线。

3 建筑物顶上的导线点应埋设在其主体结构上，并便于与高等级点联测和向下扩展的位置。

4 相邻导线点间以及导线点与其相连的卫星定位点之间的垂直角不应大于 30°，视线离障碍物的距离不应小于 1.5m。

5 在不同的线路交叉及同一线路分期建设的工程衔接处应布设导线点。

3.3.4 精密导线点标石埋设应符合下列规定：

1 地面点宜按本规范附录 A.1.4 埋设标石。

2 楼顶点宜按本规范附录 A.1.3 埋设标石。

3 标石埋设后应绘制点之记。

3.3.5 精密导线测量前应对仪器进行常规检查与校正，同时记录检校结果。

3.3.6 当精密导线点上只有两个方向时，其水平角人工观测应符合下列规定：

1 当采用左、右角观测方法时，左、右角平均值之和与 360° 的较差应小于 $4''$ 。

2 水平角观测一测回内 $2C$ 较差、同一方向值各测回较差应符合表 3.3.6 的规定。

表 3.3.6 方向观测法水平角观测技术要求 ($''$)

全站仪等级	半测回归零差	一测回内 $2C$ 较差	同一方向值各测回较差
I 级	6	9	6
II 级	8	13	9

3 当前后视边长观测需调焦时，宜采用同一方向正倒镜同时观测法，一个测回中不同方向可不考虑 $2C$ 较差要求。

3.3.7 在精密导线结点或卫星定位控制点上观测水平角时应符合下列规定：

1 在附和精密导线两端的卫星定位控制点上观测时，宜联测两个卫星定位控制点方向，其夹角的平均观测值与其坐标反算夹角之差应小于 $6''$ 。

2 方向数多于 3 个时宜采用方向观测法，方向数小于 3 个时可不归零。

3 方向观测法水平角观测技术要求应符合本规范表 3.3.6 的规定。

3.3.8 附和精密导线或精密导线环的方位角闭合差 (W_β)，应按下式计算：

$$W_\beta = \pm 2m_\beta \sqrt{n} \quad (3.3.8)$$

式中： m_β ——测角中误差 ($\pm 2.5''$)；

n ——附和精密导线或导线环的角度个数。

3.3.9 精密导线网测角中误差 (M_0) 应按下式计算:

$$M_0 = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta} \cdot f_{\beta}}{n} \right]} \quad (3.3.9)$$

式中: f_{β} ——附和精密导线或闭合导线环的方位角闭合差;

n ——附和精密导线或导线环的角度个数;

N ——附和精密导线或闭合导线环的个数。

3.3.10 精密导线测距时应符合下列规定:

1 距离测量除应执行本规范表 3.3.2-2 的规定外,还应符合表 3.3.10 距离测量限差技术要求规定。

表 3.3.10 距离测量限差技术要求 (mm)

全站仪等级	一测回中 读数间较差	单程各 测回间较差	往返测或不同 时段结果较差
I 级	3	4	$2(a + bD)$
II 级	4	6	

注: 1 $(a + bD)$ 为仪器标称精度, a 为固定误差, b 为比例误差系数, D 为距离测量值 (以 km 计);

2 一测回指照准目标一次读数 4 次。

2 测距时,应在测前、测后各读取一次温度和气压,并取平均值作为测站的气象数据。温度读至 0.2°C , 气压读至 0.5hPa 。

3.3.11 精密导线边长应进行下列改正:

1 气象改正,根据仪器提供的公式进行改正,也可将气象数据输入全站仪内自动改正。

2 仪器加、乘常数改正,应按下式计算:

$$S = S_0 + S_0 \cdot k + C \quad (3.3.11-1)$$

式中: S_0 ——改正前的距离 (m);

C ——仪器加常数;

k ——仪器乘常数。

3 利用垂直角计算水平距离时应按下式计算:

$$D = S \cdot \cos(\alpha + f) \quad (3.3.11-2)$$

$$f = (1 - k)\rho S \cdot \cos\alpha / (2R) \quad (3.3.11-3)$$

式中： α ——垂直角观测值；

k ——气折光系数；

S ——经气象及加、乘常数改正后的斜距（m）；

R ——地球平均曲率半径（m）；

f ——地球曲率和大气折光对垂直角的修正量（″）；

ρ ——弧与度的换算常数， $\rho = 206265$ （″）。

3.3.12 精密导线测距边的高程归化和投影改化，应符合下列规定：

1 归化到城市轨道交通工程控制网的投影高程面上的测距边长度，应按下式计算：

$$D = D'_0 \left[1 + \frac{H_p - H_m}{R_a} \right] \quad (3.3.12-1)$$

式中： D ——测距边长度；

D'_0 ——测距两端点平均高程面上的水平距离（m）；

R_a ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径（m）；

H_p ——城市轨道交通工程控制网高程投影面高程（m）；

H_m ——测距边两端点的平均高程（m）。

2 测距边在高斯投影面上的长度，应按下式计算：

$$D_z = D \left[1 + \frac{Y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta Y^2}{24R_m^2} \right] \quad (3.3.12-2)$$

式中： Y_m ——测距边两端点横坐标平均值（m）；

R_m ——测距边中点的平均曲率半径（m）；

ΔY ——测距边两端点近似横坐标的增量（m）。

3.3.13 精密导线应采用严密方法平差，其精度应符合本规范表 3.3.2-1、表 3.3.2-2 的规定。

3.3.14 精密导线测量结束后，应提交技术设计书和技术总结或技术报告，并应包括下列资料：

- 1 外业观测记录与内业计算成果。
- 2 导线网示意图。
- 3 导线点点之记。
- 4 导线点坐标及其精度评定成果表。

4 地面高程控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 城市轨道交通高程控制测量应采用城市高程系统。

4.1.2 高程控制网布设范围应与地面平面控制网相适应，并应分两个等级布设，一等网为全市轨道交通高程控制网，二等网为线路高程控制网。一等网应一次全面布设，二等网应根据建设需要分期布设。

4.1.3 线路贯穿多个不同高程系统的行政区域时，其高程成果应分别满足各个行政区域的要求。在行政区域界限处两边各500m范围内的高程控制点应有两套高程成果，并应能进行高程换算。

4.1.4 对符合本规范埋设和使用要求的现有城市高程控制点的标石应充分利用。

4.1.5 已建成的高程控制网应定期进行复测。一等网应根据城市建设、城市地面沉降对其可靠性、稳定性的影响程度以及扩展下一级控制网时，进行复测；二等网应在线路开工前进行，工程建设中应1年~2年复测1次，并根据控制点稳定情况增加或减少复测频次。复测技术要求应符合下列规定：

1 复测时采用的起算点和高程控制网观测方案应与原测量一致。

2 复测采用的仪器设备、观测方法、观测精度、数据处理和成果精度应与原测量一致。

3 同一控制点的复测与原测量成果高程较差极限误差应小于 $2\sqrt{2}m$ (m 为复测控制点高程中误差)。

4 复测与原测量成果高程较差极限误差小于 $2\sqrt{2}m$ 时，应

采用原测量成果；大于 $2\sqrt{2}m$ 时，应查明原因及时补测或修测。

4.2 高程控制网设计与埋石

4.2.1 高程控制网应采用水准测量方法施测。水准测量技术要求应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 水准测量技术要求

水准 测量 等级	每千米高差中数 中误差 (mm)		环线或附合 水准路线 最大长度 (km)	水准仪 等级	水准尺	观测次数		往返较差、 附合或环 线闭合差 (mm)
	偶然中 误差 M_{Δ}	全中 误差 M_W				与已知 点联测	附合或 环线	
一等	± 1	± 2	400	DS1	因瓦尺 或 条码尺	往返测 各一次	往返测 各一次	$\pm 4\sqrt{L}$
二等	± 2	± 4	40	DS1	因瓦尺 或 条码尺	往返测 各一次	往返测 各一次	$\pm 8\sqrt{L}$

注：1 L 为往返测段、附合或环线的路线长度（单位为 km）；

2 采用电子水准仪测量的技术要求应与同等级的光学水准仪测量技术要求相同。

4.2.2 水准点应沿城市轨道交通规划或建设线路进行设计、布设，水准线路应构成附合线路、闭合线路或结点网。

4.2.3 一等水准网水准点平均间距应小于 4km，二等水准网水准点平均间距应小于 2km。

4.2.4 水准点应选在受施工变形影响区外稳固、便于寻找、保存和引测的地方。宜每隔 4km 埋设 1 个深桩或基岩水准点。深桩水准点埋设深度应根据岩土条件和施工降水深度确定。车站、竖井及车辆段布设的水准点不应少于 2 个。

4.2.5 水准点标石宜分为混凝土水准标石、墙上水准标志、基岩水准标石和深桩水准标石四种。水准点标石和标志应按本规范附录 B 的形式和规格埋设。地层为软土的城市或地区应根据其

岩土条件设计和埋设适宜水准标石，墙上水准点应选在稳固的永久性建筑上。

4.2.6 一、二等水准点标石埋设结束后，应绘制点之记，并办理水准点委托保管书。

4.2.7 水准点标石被破坏后，应恢复和补测。若其位置发生变化应重新绘制点之记，并应重新办理水准点委托保管书。

4.3 水准测量

4.3.1 水准测量作业前应按《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的要求，对所使用的水准仪和标尺进行常规检查与校正。

4.3.2 水准仪 i 角应小于 $15''$ ， i 角检测应符合下列规定：

1 使用光学水准仪时，水准仪 i 角检查，在作业第一周内应每天 1 次，稳定后宜 15 天 1 次。

2 使用电子水准仪时，作业期间每天应在作业前进行 i 角检测。

4.3.3 一、二等水准测量的观测方法应符合下列规定：

1 使用光学水准仪观测时，往测时在奇数站上观测标尺顺序应为：后—前—前—后，在偶数站上观测标尺顺序应为：前—后—后—前。返测时在奇数站上观测标尺顺序应为：前—后—后—前，在偶数站上观测标尺顺序应为：后—前—前—后。

2 使用电子水准仪观测时，往返测奇数站观测标尺顺序应为：后—前—前—后，往返测偶数站观测标尺顺序应为：前—后—后—前。

3 使用电子水准仪时，应将有关参数、极限误差预先输入并选择自动观测模式，水准路线应避开强电磁场的干扰，外业数据应及时备份。

4 每一测段的往测和返测，宜分别在上午、下午进行，白天由于外界条件干扰不能作业时，也可在夜间观测。

5 由往测转向返测时，两根水准尺应互换位置，并应重新

整置仪器。

4.3.4 水准测量观测的视线长度、视距差、视线高度的要求应符合表 4.3.4 的规定。

**表 4.3.4 水准测量观测的视线长度、视距差、
视线高度的要求 (m)**

等级	视线长度		水准仪 类型	前后 视距差	前后视距 累计差	视线高度
	仪器等级	视距				
一等	DS1	≤50	光学水准仪	≤1.0	≤3.0	下丝读数≥0.3
			电子水准仪	≤1.5	≤6.0	≥0.55 且 ≤2.8
二等	DS1	≤60	光学水准仪	≤2.0	≤4.0	下丝读数≥0.3
			电子水准仪	≤2.0	≤6.0	≥0.55 且 ≤2.8

4.3.5 水准测量测站观测限差应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 水准测量测站观测限差 (mm)

等级	上下丝读数平均值 与中丝读数之差	基、辅分划 读数之差	基、辅分划所 测高差之差	检测间歇点 高差之差
一等	3.0	0.4	0.6	1.0
二等	3.0	0.5	0.7	2.0

注：使用电子水准仪观测时，同一测站两次测量高差较差应满足基、辅分划所测高差较差的要求。

4.3.6 往返两次测量高差较差超限时应重测。重测后应选取两次异向观测的合格成果。

4.3.7 水准测量的内业计算，应符合下列规定：

1 计算取位，高差中数取至 0.1mm；最后成果，一等水准取至 0.1mm，二等水准取至 1.0mm。

2 水准测量每千米的高差中数偶然中误差按下式计算：

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (4.3.7-1)$$

式中： M_{Δ} ——每千米高差中数偶然中误差 (mm)；

L ——水准测量的测段长度 (km);

Δ ——水准路线测段往返高差不符值 (mm);

n ——往返测水准路线的测段数。

3 当附和路线和水准环多于 20 个时, 每千米水准测量高差中数全中误差应按下式计算:

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (4.3.7-2)$$

式中: M_w ——每千米高差中数全中误差 (mm);

W ——附和线路或环线闭合差 (mm);

L ——计算附和线路或环线闭合差时的相应路线长度 (km);

N ——附和线路和闭合线路的条数。

4 水准网的数据处理应进行严密平差, 并应计算每千米高差中数偶然中误差、高差全中误差、最弱点高程中误差和相邻点的相对高差中误差。

4.3.8 当水准路线跨越江、河、湖塘时, 应进行跨河水准测量, 并应符合下列规定:

1 水准路线跨越视线长度小于 100m 时, 宜采用一般水准测量方法进行观测。观测时在测站上应变换仪器高观测两次, 两次高差之差应小于 1.5mm, 取两次观测的中数作为观测成果。

2 水准路线跨越视线长度大于 100m 时, 应进行跨河水准测量。跨河水准测量可采用光学测微法、倾斜螺旋法、经纬仪倾角法和电磁波测距三角高程法, 其技术要求应符合《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的规定。

4.3.9 水准测量结束后应提交技术设计书和技术总结或技术报告, 并应包括下列资料:

- 1 水准网示意图。
- 2 外业观测手簿及仪器检验资料。
- 3 高程成果表和精度评定资料。
- 4 点之记。

5 线路带状地形图与中线测量

5.1 一般规定

5.1.1 线路带状地形测量工作应包括图根控制测量、地形图测绘和线路中线测量。

5.1.2 根据各设计阶段的要求，线路带状地形图宜包括 1 : 500、1 : 1000 或 1 : 2000 比例尺地形图。

5.1.3 线路带状地形图测绘可选用全站仪数字化测图、航空摄影测量成图方法。

5.1.4 地形图图式宜采用现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分：1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图图式》GB/T 20257.1。对国家标准中没有规定的图式符号可作补充，并应在技术设计和技术总结中说明，且应绘制相应的图式符号。

5.1.5 根据线路带状地形图特点，地形图宜采用矩形自由分幅。图幅编号应以分数表示，分母为总图幅数，分子为所在图幅号。线路带状地形图分幅应符合下列规定：

- 1 施测前应对带状地形图进行分幅设计。
- 2 图幅编号宜自设计线路的起点沿线路前进方向按顺序进行。
- 3 图幅长度宜在 1000mm~1500mm，宽度宜为 500mm 或 600mm。相邻图幅长度宜一致。
- 4 分幅不宜选择重要建筑、道路交叉路口、设计的车站处。
- 5 当线路有比较方案时，宜将其测绘在同一幅图内。

5.1.6 地形图等高距应符合表 5.1.6 的规定。

表 5.1.6 地形图等高距 (m)

地形图比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
平地类等高距	0.5	0.5	0.5
丘陵类等高距	0.5	0.5	1
山地类等高距	1	1	2

5.1.7 线路带状地形图的精度应符合下列规定：

1 地形图图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差、邻近地物点的间距中误差和细部点的点位中误差应符合表 5.1.7-1 的规定。

**表 5.1.7-1 地物点相对于邻近图根点的点位中误差、
邻近地物点的间距中误差和细部点的点位中误差**

测点类别	地物点相对于邻近图根点的图上点位中误差 (mm)	邻近地物点的图上间距中误差 (mm)	细部点的点位中误差 (mm)
建筑区 或平坦地区	±0.5	±0.4	±50
困难地区	±0.7	±0.6	±70

2 地形图注记点的高程中误差和细部点的高程中误差应符合表 5.1.7-2 的规定。

**表 5.1.7-2 地形图注记点的高程中误差和
细部点的高程中误差**

测点类别	地物注记点的高程中误差 (m)	地形注记点的高程中误差 (m)	细部点的高程中误差 (mm)
建筑区 或平坦地区	±0.05	±0.15	±20
困难地区	±0.08	±0.15	±30

3 等高线内插点的高程中误差应符合表 5.1.7-3 的规定。

表 5.1.7-3 等高线内插点的高程中误差

地形类别	平地	丘陵	山区	高山区
高程中误差	$\pm 0.3H_d$	$\pm 0.5H_d$	$\pm 0.7H_d$	$\pm 1.0H_d$

注： H_d 为基本等高距。

5.1.8 线路带状地形图成果的数据格式应符合现行国家标准《地理空间数据交换格式》GB/T 17798 的规定。

5.1.9 地形图上应展绘出轨道交通设计中线、各等级平面控制点、水准点，并按规定符号表示。

5.1.10 地形图测绘内容应包括水系、居民地及设施、交通、管线、境界与政区、地貌、植被与土质等要素，并应对紧邻、下穿、跨越轨道交通线路的各项要素在技术报告中说明。

5.1.11 地形图要素的测绘和表示应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的技术规定。

5.1.12 地形图上各种名称、说明和数字应进行调查核实后准确注记，并应以法律规定的名称为准。

5.1.13 线路带状地形图应通过内业检查、实地全面对照和实测检查。实测检查不应少于测图工作量的 10%。检查的统计精度应符合本规范第 5.1.7 条的规定。

5.2 图根控制测量

5.2.1 图根点可利用城市轨道交通工程的地面等级控制点或城市等级控制点进行加密。图根点密度应符合表 5.2.1 的规定。地形复杂、隐蔽和建筑密集地区应增加图根点数量。

表 5.2.1 图根点密度（点/km²）

测图比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
模拟测图法	150	50	15
数字测图法	64	16	4

5.2.2 图根点相对于邻近等级控制点的点位中误差不应大于图

上 0.1mm，高程中误差不应大于基本等高距的 1/10。

5.2.3 图根点测量可采用导线测量、卫星定位测量方法，并应符合下列规定：

1 采用导线测量时应布设附和图根导线，图根导线不应超过二次附和。当现场条件无法布设附和图根导线时，宜布设支导线。

2 采用卫星定位测量方法布设图根点时，应按现行行业标准《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73 的规定执行。

5.2.4 图根导线测量技术要求应符合表 5.2.4 的要求，并应符合下列规定：

表 5.2.4 图根导线测量技术要求

比例尺	附和导线 长度 (m)	平均边长 (m)	测回数 Ⅲ级全 站仪	导线相对 闭合差	方位角 闭合差 (")
1:500	900	80	1	1/4000	$\pm 40\sqrt{n}$
1:1000	1800	150	1	1/4000	$\pm 40\sqrt{n}$
1:2000	3000	250	1	1/4000	$\pm 40\sqrt{n}$

注：n 为测站数。

1 当附和导线长度小于表 5.2.4 中规定的 1/3 时，其坐标闭合差不应大于图上 0.3mm。

2 边长单程测距一测回（照准一次，读数三次），读数较差应小于 5mm。

3 支导线长度不超过附和导线长度的 1/3，边数不应超过 4 条。水平角应测左、右角各一测回。

4 隐蔽、困难地区附和导线长度宜放宽至表 5.2.4 规定长度的 1.5 倍。

5.2.5 图根高程控制测量可采用图根水准测量或电磁波测距三角高程测量方法，并应符合下列规定：

1 图根高程控制网应布设成附和路线形式。

2 图根水准测量应使用不低于 DS3 级水准仪，且应采用单

程观测，技术要求应符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 图根水准测量技术要求

附和路线长度 (km)	视线长度 (m)	闭合差 (mm)
≤ 5	≤ 100	$\pm 8\sqrt{n}$ 或 $\pm 30\sqrt{L}$

注：1. n 为测站数；

2. L 为路线长度，单位为 km。

3 电磁波测距三角高程测量宜与图根导线测量同时进行。垂直角对向观测各一测回，边长单程观测一测回，仪器高、棱镜（觇牌）高应量至毫米，闭合差应小于或等于 $\pm 30\sqrt{\sum D}$ mm (D 为水平距离，单位为 km)。

5.2.6 当采用 GNSS 高程测量方法进行图根高程测量时，应按现行行业标准《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73 的规定执行。

5.3 全站仪数字线路带状地形图测绘

5.3.1 全站仪数字线路带状地形图测绘宜采用测记法，并应现场绘制测站草图。

5.3.2 当图根点密度不足时，宜采用双极坐标法增设测站。

5.3.3 仪器设置及测站上的检查应符合下列规定。

1 仪器对中的偏差不应大于 5mm，仪器高和觇标高应精确到 1mm。

2 应以较远的一点标定方向，用其他点进行坐标和高程检核。坐标检核偏差不应大于图上 0.2mm，高程较差不应大于 1/5 基本等高距。

3 每站测图过程中和作业结束后，应进行定向方位检查。

5.3.4 地形图成果应符合本规范第 5.1.8 条～第 5.1.12 条的规定。

5.4 航空摄影测量

5.4.1 本节适用于采用摄影测量方法进行 1:500、1:1000、

1 : 2000 地形图测绘。采用摄影测量方法测绘地形图的主要流程宜包括影像获取、像控点布设、像控点测量、空中三角测量、定向建模、数字地形图测图、野外调绘、属性注记。

5.4.2 摄影资料应符合下列规定：

1 摄影比例尺应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 1 : 500、1 : 1000、1 : 2000 成图的规定。

2 摄影质量应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的规定。

5.4.3 摄影测量的精度要求应符合下列规定：

1 数码影像分辨率不应低于图上 0.1mm。

2 像控点的精度：采用导线联测时，方位闭合差和平差后导线相对闭合差应符合本规范表 5.2.4 的要求。当采用卫星定位测量时，其与邻近已知点的点位中误差和高程中误差应符合本规范第 5.2.2 条的规定。

3 成图精度应符合本规范第 5.1.7 条的规定。

5.4.4 像控点布设宜根据航线数目选用航线网布点或区域网布点，像控点在像片上的位置以及像控点的布设方法、精度应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的规定。像控点测量宜采用电磁波测距导线、卫星定位快速静态或 RTK 动态方法。

5.4.5 空中三角测量加密点的选择应符合下列规定：

1 加密点应选在航向三片重叠中线和旁向重叠中线的交点附近。

2 加密点在本片和邻片上影像均应清晰明显，易于量测。

3 加密点距像片边缘应大于 10mm。

5.4.6 空中三角测量的各项误差应符合下列规定；

1 内定向精度应小于 $12\mu\text{m}$ 。

2 相对定向精度应小于 1 个像素。

3 模型连接差：平面连接差应小于或等于 $0.06M$ (mm)，高程连接差应小于或等于 $0.04 \frac{f_k}{b} M$ (mm) [M 为摄影比例尺分

母, b 为摄影基线, f_k 为摄影焦距 (mm)]。

4 绝对定向完成后, 定向点残差应小于加密点中误差的 0.75 倍, 多余野外控制点残差应小于加密点中误差的 1.3 倍, 区域网间公共点较差应小于加密点中误差的 2.0 倍。

5.4.7 测图的各种定向误差应符合下列规定:

1 内方位恢复定向精度应小于 $12\mu\text{m}$ 。

2 恢复相对定向精度应小于 1 个像素。

3 绝对定向各点平面坐标残差: 平地及丘陵地区应小于图上 0.2mm; 山区及高山区应小于图上 0.3mm。高程定向各点残差应小于加密点高程中误差的 0.6 倍。

5.4.8 地物、地貌测绘应符合下列规定:

1 地物、地貌测绘内容应符合本规范第 5.1.11 条的规定。

2 相应地物地貌的属性数据应根据设计要求采集。

3 成果图形文件格式宜为三维或二维的 DXF(DWG)、DGN 格式。

4 符号库、线型库和汉字库应符合现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分: 1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1 和《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923 的规定。

5 相邻像对的地物和等高线接边误差应分别小于地物点平面位置中误差和等高线中误差的 1.5 倍, 山地和高山地应小于 2 倍。

5.4.9 对于 1:500、1:1000 比例尺测图, 城市建筑区、平坦地区、铺装路面和植被覆盖密集区域, 高程注记点宜由外业实测, 其余地区高程注记点和等高线均宜采用数字摄影测量方法进行测绘。

5.4.10 调绘时, 应对航测内业成图进行全面实地检查、修测和补测, 并对地理名称进行调查注记, 对房檐进行改正。

5.4.11 编辑后的地形图成果应符合本规范第 5.1.8 条~第 5.1.12 条的规定。

5.5 线路中线测量

I 中线测量

5.5.1 线路中线测量应包括对规划设计或初步设计的线路中线测量。测量前应对线路中线设计资料进行复核，数据无误后应根据线路初步设计要求编制中线测量作业方案。

5.5.2 线路中线测量可利用带状地形测量的控制点，当原有控制网点密度不能满足要求时应进行加密，加密控制点的精度应符合图根控制点的规定。

5.5.3 线路中线测量时，可采用极坐标法、卫星定位 RTK 方法进行中线桩位置测设。测设后应埋设中线桩。中线桩的精度应符合本规范第 5.1.7 条对细部点点位的规定。

5.5.4 线路中线桩间距，直线段不宜大于 50m，曲线段不宜大于 30m。线路中线桩应包括百米桩、曲线要素桩。同时宜在车站两端和站中、不同地物和地貌的分界点，线路中线与建筑物、铁路、公路的交点，地形起伏变化处、沟坎渠坡处埋设加密桩。

5.5.5 当中线桩位于河、湖或建筑上时，应测设指示桩，其精度应与中线桩相同，并应在指示桩上注明与中线控制桩的相对关系。

5.5.6 上下行线路平行区段应测设右线，上下行线路非平行区段左右两线应全部测设。线路中线桩的实测数据与设计数据的偏差值应符合表 5.5.6 的规定。

表 5.5.6 线路中线桩的实测数据与设计数据的偏差值 (mm)

桩点类型	实测数据与设计数据的偏差值
中线桩	横向误差 ≤ 50 ，纵向误差 ≤ 100
加密桩	横向误差 ≤ 100 ，纵向误差 ≤ 200

5.5.7 对影响线路设计的建筑、墩柱和大型管道均应测定其特征点的坐标，并应核验该物体距相邻线路中线法线方向的距离。

II 纵横断面测量

5.5.8 纵断面测量应在中线测量的基础上，沿线路中线逐桩测量。横断面在直线段应与中线垂直，曲线段应位于中线的法线方向。

5.5.9 纵横断面测量可利用数字地形图解析、水准测量、全站仪电磁波测距三角高程、GNSS RTK 方法。利用数字地形图解析方法测量纵横断面时，数字地形图的比例尺不应小于 1:500。

5.5.10 纵断面图比例尺：水平方向宜为 1:500~1:2000，竖直方向宜为 1:50~1:200；横断面图比例尺：水平方向宜为 1:100~1:500，竖直方向宜为 1:50~1:200。也可按设计要求的比例尺绘制纵横断面图。

5.5.11 纵断面桩点间距直线段应小于 25m、曲线段应小于 15m。横断面间距直线段应小于 50m、曲线段应小于 20m，横断面测量点间距应小于 10m。

5.5.12 纵横断面测量点应选择在反映地物、地貌特征以及河湖沟坎坡、线路与建（构）筑物和铁路公路的交叉处以及设计有特殊要求的位置。

5.5.13 采用水准测量方法测量纵横断面时，应起闭于不同的水准点上，水准路线长度应小于 2000m，其闭合差不应大于 30mm。纵断面测量水准点和转点的读数应取至毫米，各间视点的读数应取至厘米；横断面测量可直接记录高程或高差、距离，读数应取至厘米。

5.5.14 设计所依据的铁路轨顶、桥面、道路中、探坑重要位置，其高程测量精度应符合本规范第 5.1.7 条细部点高程精度的要求。

5.5.15 线路穿越河流湖泊时，在线路两侧应至少各加测一个河湖床断面，断面与线路中线的间距应根据设计对线路测量宽度的要求确定。

5.5.16 横断面测量宽度及测点间距应符合下列规定：

1 测量宽度应包括左线中线左侧、右线中线右侧各 30m 及两中线之间的全部范围。

2 断面测点间距宜为 10m，地貌、地物变化复杂地段，横断面点应加密布设。

5.5.17 横断面测量精度应符合下列规定：

1 实测横断面明显地物点的横距误差不应大于图上 0.5mm；断面宽度大于 100m 时，横距误差不应大于 1/300；地形图解析横断面横距误差不应大于所用地形图上 0.5mm。

2 同一横断面需转点施测时，应闭合至相邻横断面的中桩点，闭合差不应大于 $30\sqrt{n}$ mm (n 为转点数)，山地闭合差可放宽至 1.5 倍。

3 实测横断面测点高程误差，明显地物点不应大于 50mm，地形点不应大于 100mm，山地不应大于 1/3 基本等高距。

5.5.18 自来水厂、泵站、污水处理厂临近水域时，还应根据设计规定的测量范围、断面间距、测点间距以及测量精度进行取水口或出水口处的水域断面测量。

6 专项调查与测绘

6.1 一般规定

6.1.1 城市轨道交通工程专项调查与测绘应包括设计的线路中线两侧及车辆段范围内的管线、建筑、水域、房屋拆迁、勘测定界工作。

6.1.2 专项调查与测绘工作开始时应充分收集专项调查与测绘范围内城市已有的管线、建筑、水域、房屋拆迁、勘测定界测绘资料，并应通过对其检查、修测、补测和整理后予以利用。

6.1.3 专项调查与测绘的成图比例尺应符合下列规定：

1 平面图比例尺宜与线路带状地形图相同，局部地区详细图应以能完整表达细部特征为原则，宜选择 1:50~1:200 比例尺。

2 纵断面图比例尺：水平方向宜为 1:500~1:1000，垂直方向宜为 1:100。

3 横断面图比例尺宜按建筑复杂程度和地形起伏变化确定。

6.1.4 专项调查与测绘控制点的平面位置和高程精度应符合本规范第 5.2.2 条的规定，细部点的平面位置和高程精度应符合本规范第 5.1.7 条的规定。

6.1.5 专项调查与测绘细部点的坐标、高程测量应采用下列方法：

1 坐标测量采用极坐标法测量时，极坐标法测量技术要求应符合表 6.1.5-1 的规定。

表 6.1.5-1 极坐标法测量技术要求

测距方法	测距中误差或往返测较差相对误差	水平角观测测回数	垂直角观测测回数	测站至细部点最大距离 (m)
电磁波测距	±30mm	1	1	150
钢尺丈量	1/1000	1	1	50

注：角度测量仪器的精度不应低于Ⅲ级全站仪。

2 采用卫星定位 RTK 方法测量时，应对细部点进行重复初始化观测，每次初始化观测值个数不应少于 10 个；重复初始化观测值的坐标分量、高程较差应分别不大于 20mm、30mm，取平均值作为最后成果。

3 高程测量使用水准测量方法时，应布设附（闭）合水准路线，其水准线路长度不应超过 4km；高程闭合差应在 $\pm 40 \sqrt{L}$ mm 之内（ L 为路线长度，以 km 计）；观测应使用不低于 DS10 型精度的水准仪。

4 电磁波测距三角高程导线应附合在等级水准点上，电磁波测距三角高程导线技术要求应符合表 6.1.5-2 的规定。

5 专项测绘也可采用能满足精度要求的其他测量方法。

表 6.1.5-2 电磁波测距三角高程导线技术要求

导线长度 (km)	最大边长 (m)	每边测距 中误差 (mm)	垂直角中丝法 观测测回数		往返高差 较差 (mm)	高程闭合差 (mm)
			Ⅱ级全站仪	Ⅲ级全站仪		
4	100	± 15	1	2	$100 \sqrt{d}$	$\pm 30 \sqrt{L}$

注：1 d 为相邻点间距离（以 km 计）；

2 L 为附合路线长度（以 km 计）；

3 若垂直角小于 15° ，距离可单向测定。

6.1.6 作业人员进入检查井时，应遵守国家有关安全保护规定，做好防护措施，防止中毒、爆炸等意外事故的发生。

6.2 地下管线调查与测绘

6.2.1 对埋设在设计线路和附近的地下管线，除管径小于 50mm 的给水管道和管径小于 200mm 的排水管道或 200mm×200mm 的管沟外，均应进行调查与测绘。

6.2.2 地下管线调查前应进行如下工作：

1 应收集和整理已有的地下管线资料，包括各种地下管线图及技术说明。

2 现场踏勘时，应察看地下管线明显点的分布和走向、直埋管线的地面标志保存情况，并了解当地的地球物理条件及可能对探测产生的干扰。

3 制定地下管线调查、探查和测绘的实施计划。

6.2.3 对轨道交通线路沿线地下管线及其附属设施应进行实地调查、测绘，记录管线点有关数据和填写管线调查表，并应符合下列规定：

1 实地调查时应查明管线的性质、类型、走向、电缆条数、材质、管径、载体特征、敷设方式及日期、产权单位和附属设施。

2 在检查井位置应测量地下管线的埋深。

3 当地下管线中心线偏离窨井中心，且偏距大于 0.2m 时，应测量管线在地面的投影位置，并将窨井作为管线附属物。

4 地下管廊、管沟或管线隧道应量测其断面尺寸，圆形断面可量测直径，矩形断面可量取宽度和高度，并应获取其相应结构厚度，单位以 mm 表示。

6.2.4 隐蔽地下管线宜采用物探方法查明其位置、走向、埋深，并应符合下列规定：

1 探查前应进行探查方法试验和仪器检校。

2 隐蔽管线探测时应确定其交叉点、分支点、转折点、变径点、起终点及附属设施中心点特征点在地面的投影位置，对设计、施工有特殊需要的位置也应进行探测。

3 经物探定位的管线点应设置地面标志并绘制点位示意图。

4 探查应满足设计与施工要求。所获资料尚不能满足设计与施工要求时，应补充开挖调查与测绘其位置和范围。

6.2.5 地下管线的测绘内容应包括测量管线特征点、管线附属设施的平面位置及高程、管线剖面图及窨井平面图，并应符合下列规定：

1 应按本规范第 6.1.5 条规定的测量方法测量明显管线点和隐蔽管线点标志的坐标和高程。

2 平面图应绘制地下管线交叉、分支、转折、变径、变坡点及窨井（或小室）位置，还应包括管线建筑物及阀门、消火栓、排气、排水、排污装置附属设施、管线走向、窨井轮廓以及井底高程。

6.2.6 综合地下管线图上除绘制地下管线外，还应将道路、街坊以及与地下管线有参照作用的建筑物绘于图上。在综合地下管线图上，偏距大于 0.2m 的管线应绘出其实际位置。综合管线图宜分色表示，绘制综合地下管线图采用的图例、符号应符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的规定。

6.2.7 当地下综合管线过于密集无法依比例尺表达时，在图上宜将相对次要管线偏移 0.2mm 绘制，但对应的电子数据不得改动。

6.2.8 综合地下管线点成果表的内容宜包括：管线点号、管线连接点号、管线类型、管径或断面尺寸、材质、埋深、管线点坐标、高程、压力或电压、电缆根数或总孔数及已用孔数、权属单位和埋设日期。

6.2.9 地下管线数字化成图应符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的规定。各种类型的管线和设施应分图层存储，并应根据设计需要输出专业管线图或综合管线图。

6.2.10 管线探测完成后应按工区抽样检查。每一个工区隐蔽管线点和明显管线点的抽样数分别不少于各自总点数的 5%，样本应随机抽取，且分布均匀。质量检查应安排不同作业员重复调查与探测，检查内容应包含管线点的几何精度和属性。

6.3 地下建筑测绘

6.3.1 地下建筑测绘应包括对人防工程、地下停车场、地下商店、仓库、地下通道及其出入口、竖井的测绘工作。

6.3.2 地面、地下平面控制网应根据现场条件布设，可采用附和导线或卫星定位 RTK 形式，困难地区可布设成支导线。其测量技术要求应符合下列规定：

1 地面控制导线的技术要求应按本规范第 5.2 节的规定执行。

2 地下控制导线可附合在地面控制导线点上，也可直接附合在城市等级控制点上，技术要求应符合表 6.3.2-1 的规定。困难测区导线超长或导线边长过短，应提高测量精度，导线坐标闭合差应在 $\pm 0.3\text{m}$ 之内。

表 6.3.2-1 地下控制导线测量技术要求

导线长度 (m)	平均边长 (m)	每边测距相对中误差	水平角观测测回数 (Ⅲ级全站仪)	方位角闭合差 (")	导线全长相对闭合差
300	30	1/2000	1	$\pm 90\sqrt{n}$	1/1000

注：n 为测站数。

3 卫星定位 RTK 点测量技术要求应符合表 6.3.2-2 的规定。

4 支导线测量技术要求应符合本规范第 5.2.4 条的规定。

表 6.3.2-2 卫星定位 RTK 点测量技术要求

等级	相邻点间距 (m)	坐标分量测回差 (mm)	相对中误差	方法	基准点等级	流动站与基准站距离 (km)	测回数	一测回观测值个数	平面点位中误差 (mm)
一级	≥ 300	水平 ≤ 20 垂直 ≤ 30	$\leq 1/10000$	网络 RTK	CORS 级	≤ 6	≥ 4	10	± 50
				单基站 RTK	四等及以上		≥ 4	10	± 50
二级	≥ 200	水平 ≤ 20 垂直 ≤ 30	$\leq 1/6000$	网络 RTK	CORS 级	≤ 6	≥ 3	10	± 50
				单基站 RTK	一级及以上		≥ 3	10	± 50

注：1 四等指现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 四等控制点。

2 一级指现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 一级导线点。

6.3.3 地下控制导线宜通过地下建筑物的出入口直接与地面控制点联测。

6.3.4 地下建筑物的平面图及细部测量要求应执行本规范第5.3节和第5.4节的规定，并应符合下列规定：

1 地下建筑物应测定其内轮廓，并应通过调查或探测方法确定墙壁厚度，平面图上应加绘外墙轮廓线或注记墙壁厚度。

2 地下建筑物的底面高程注记应与地面高程注记相区分。

3 应测绘地下建筑物的各种附属设施。

6.3.5 地下通道除测量巷道及附属设施的平面位置外，还应测量起点、终点、折点、交点、变坡点处内顶、内底板的高程，调查或探测地下通道结构厚度，并应进行断面测量。在地下通道平面图上应注记衬砌材料和通道名称，在断面图上应注记断面尺寸。

6.4 跨越线路的建筑物测绘

6.4.1 跨越线路的建筑物测绘应包括对人行天桥、立交桥、栈桥和架空管线的测绘工作。

6.4.2 测绘跨越线路的建筑物宜采用解析法，并应按本规范第6.1.5条的规定测量建筑物角点、外轮廓以及支撑结构位置的坐标和高程。

6.4.3 架空管线的平面位置宜通过测定其支架、杆、塔支撑结构的位置进行推算，也可采用交会法直接测定，并应计算管线与线路中线的交角。

6.4.4 桥梁和管线应测定其离地面的净空高度。电缆、电线应加测与线路中线相交处的悬高。

6.4.5 管线调查和细部测量方法应符合本规范第6.2节和第5.2节的规定。

6.4.6 在平面图、纵断面图上应根据设计要求以表格形式标注建筑物的坐标、高程、宽度和净空高成果表。

6.5 水下地形测量

6.5.1 城市轨道交通线路穿越河、湖等水域时应进行水下地形测量。

6.5.2 水下地形测量可采用断面法或散点法，断面和测深点布设应符合下列规定：

1 采用断面法时，断面宜垂直于岸线。断面间距宜为图上 20mm，同一断面测深点间距宜为图上 10mm，断面的起、终点应起闭两岸布置的线路纵断面点。

2 采用散点法时，测深点间距宜为图上 10mm~30mm。

6.5.3 断面和测深点测量宜采用下列方法：

1 断面的起、终点测量应按本规范第 6.1.5 条的规定测量其平面位置和高程。断面上的测深点定位，宜用电磁波测距法、断面索法、前方交会法，方向宜采用经纬仪控制。

2 测深点定位宜采用交会法、极坐标法和卫星定位方法。点位中误差在图上不应超过 $\pm 2\text{mm}$ 。

3 测深点的高程宜采用电磁波三角高程法直接测量，也可使用回声测深仪和测深工具测量水深后计算测深点的高程。

4 使用遥控测量船进行水下地形图测量时，测量前应在测量系统中设置测量范围、碎部点间距和测量起算点水面高程值。

6.5.4 测深前应对测深仪器、工具进行检验。

6.5.5 测深技术要求应符合表 6.5.5 的规定。

表 6.5.5 测深技术要求

水深范围 (m)	测深仪器或 工具	流速 (m/s)	测深点深度中误差 (m)
0~5	测深杆	—	$\leq \pm 0.10$
5~10	测深仪	—	$\leq \pm 0.15$
5~10	测深锤	< 1	

续表 6.5.5

水深范围 (m)	测深仪器或 工具	流速 (m/s)	测深点深度中误差 (m)
10~20	测深仪	—	± 0.20
	测深锤	< 0.5	
> 20	测深仪	—	水深的 $1.5\% \sim 2.0\%$
	测深锤	静水	

6.5.6 在测深开始及结束时,应测断面处的水位。若水位涨落较快,应分时段定时测量水位,并记录各测点测深时间。也可设置临时水尺,与测深同步观测水位。

6.5.7 水域地形测量完成后除应绘制水域地形图外,还应将水域地形图与地面地形图进行拼接。

6.5.8 测深过程中或测深结束后,应对测深断面进行检查。检查采用的断面与测深断面宜垂直相交,检查点数不应少于测深点的5%。深度检查较差应符合表 6.5.8 的规定。

表 6.5.8 深度检查较差

水深 H (m)	≤ 20	> 20
深度检查较差 (m)	≤ 0.4	$\leq 0.02H$

6.6 房屋拆迁测量

6.6.1 房屋拆迁测量应包括为城市轨道交通建设而进行的房屋拆迁定界、拆迁调查测量、拆迁房屋面积测量。

6.6.2 拆迁定界应依据规划及设计条件对拆迁范围线进行实地测设。房屋密集地段宜在房屋上设置界线标记,空旷地区应埋设界线桩。

6.6.3 拆迁调查测量应符合下列规定:

1 调查前应收集拆迁范围内的现状地形图,将拆迁范围线展绘在地形图上。

2 对拆迁范围内的每栋房屋应进行实地对照检查，有变化的应进行修测或补测。

3 对拆迁范围内的每栋房屋应进行编号并实地标识，并宜实地拍摄能反映房屋现状、层数及结构特征的照片。

4 应丈量房屋各边边长，测量房（层）高，并应记录门牌号、房（层）号、建筑结构类型和附属物数据。丈量可使用钢尺、手持测距仪和全站仪等。

5 外业应绘制房屋分层测量草图，结构复杂处可绘制局部放大图，房屋建有地下室、复式房、夹层时均应测绘。

6 当日工作结束后，应对采集的外业数据进行整理、绘图、编辑和检查。

6.6.4 拆迁房屋面积测量包括永久性房屋面积测量和非永久（临时）性房屋面积测量。非永久性房屋和附属物拆迁测量的详略程度，由当地规划或房地产行政主管部门根据赔偿情况确定。已进行过产权登记的房屋，不再进行房屋拆迁面积测量。

6.6.5 房屋面积计算和统计应符合下列规定：

1 应计算各不同结构层的建筑面积和整栋房屋建筑面积。

2 进行房屋面积逐栋汇总时，应按不同建筑结构进行分类统计；对跨越范围线的房屋宜按拆迁范围线内的房屋部分和整栋房屋分别统计。

3 对外围轮廓复杂或不规则的房屋，应测定房屋特征点坐标，绘制房屋平面图形，计算房屋面积。

4 编制房屋拆迁平面位置总图，图中应附房屋拆迁编号、门牌号。

5 一栋房屋具有多个产权人时，应先求出整栋房屋的公用建筑物面积分摊系数，再按栋内的各套（单元）内建筑面积比例分摊。产权各方有合法建筑面积分割文件或协议时，应按文件或协议约定进行分摊计算；无建筑面积分割文件或协议时，应按套（单元）内建筑面积比例分摊。

6 房屋拆迁测量的长度单位为 m，取至 0.01m；面积单位

为 m^2 ，取至 0.01m^2 。

6.6.6 建筑面积测算时，永久性房屋全部建筑面积、一半建筑面积和不计算建筑面积的范围划定，应按现行国家标准《房产测量规范 第1单元：房产测量规定》GB/T 17986.1 的规定执行。

6.6.7 房屋面积测算应独立计算两次，其较差不应大于2倍的建筑物面积中误差，取中数作最后结果。房屋面积测算中误差按下式计算：

$$M_p \leq \pm (0.04 \sqrt{P} + 0.003P) \quad (6.6.7)$$

式中： M_p ——建筑面积中误差；

P ——建筑面积值 (m^2)。

6.6.8 房屋拆迁测量结束后，应提供下列资料：

- 1 房屋拆迁平面位置图。
- 2 房屋拆迁面积测算图。
- 3 房屋拆迁测量成果表，表中应包括：地址门牌，房屋用途、层数和结构，基底面积，建筑物面积，房屋现状照片。
- 4 房屋拆迁测量成果汇总表。
- 5 房屋拆迁测量报告。

6.7 勘测定界测量

6.7.1 城市轨道交通工程建设用地勘测定界测量工作应包括前期收集有关文件及资料、现场踏勘、实地放样、界址测量、绘制勘测定界图以及面积量算。

6.7.2 前期收集的文件及资料应包括下列内容：

- 1 由建设单位提供的建设用地规划许可证、批准的初步设计资料。
- 2 土地管理部门在前期对项目用地的审查意见。
- 3 由市级人民政府民政部门提供的区（县）行政界线以及证明材料。
- 4 由土地管理部门提供的土地利用现状调查图以及由专业

设计单位提供的比例尺不小于 1 : 2000 的建设项目工程总平面布置图。

5 对线路规划、用地规划和初步设计资料的平面坐标和高程系统一致性进行审查,不一致时应建立换算关系。

6.7.3 现场踏勘应实地调查用地范围内的行政界线、地类界线及地下埋藏物。同时收集项目建址附近的各类测量控制点资料,并了解勘测的通视条件以及标石的完好情况。

6.7.4 实地放样应符合下列规定:

1 实地放样内容应包括界址点、线以及其他重要的界标设施和应加测的辅桩。

2 界址桩放样宜采用极坐标法、卫星定位法和图解法。

3 极坐标法放样时,应使用不低于Ⅲ级精度的全站仪,观测水平角度、垂直角各半测回,距离测量一测回。

4 卫星定位法放样应符合本规范第 5.2 节图根控制测量要求。

5 极坐标法、卫星定位法放样困难时,宜利用现有两幢以上建筑物的明显轮廓点进行图解法放样。

6 放样完成后,应对放样点进行检核测量。

6.7.5 界址桩和界址线确定后,应进行界址测量。测量精度应符合下列规定:

1 界址点坐标相对邻近图根点的点位中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ 。

2 界址边丈量中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ 。

3 界址线与邻近地物或邻近界线的距离中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ 。

6.7.6 勘测定界图可在土地利用现状调查图或地形图上编绘,或直接绘制。勘测定界图内容应包括界址点、权属界线、地类界线、用地面积,各种符号与注记应按勘测定界图图例绘制,绘图比例尺不应小于 1 : 2000。

6.7.7 面积量算可采用坐标法、几何绘图法、求积仪法。面积

量算应符合下列规定：

1 宗地的地类应符合国家标准《土地利用现状分类》GB/T 21010 的规定。

2 宗地内有不同的地类时，应分别计算每一地类的面积。

3 宗地内有若干权属单位时，应根据国有土地使用证以及有关各方认可的权属界线，分别计算其用地面积。

4 图上两次面积量算的较差限差应小于 $0.0003M\sqrt{P}$ (M 是比例尺分母， P 是宗地面积，单位为 m^2)；几何图形法两次计算面积的较差限差应小于 $2.04M_L\sqrt{P}$ (P 是宗地面积，单位为 m^2 ； M_L 是界址边丈量中误差，单位为 m)。

6.7.8 勘测定界测量结束后，应提交土地勘测定界技术报告书，供土地管理部门审查核定。土地勘测定界技术报告书应包括下列内容：

- 1 勘测定界技术说明。
- 2 勘测定界表。
- 3 勘测面积表。
- 4 土地分类面积表。
- 5 用地范围略图。
- 6 界址点坐标成果表。
- 7 界址点点之记。

7 地面线路施工测量

7.1 一般规定

7.1.1 地面线路施工测量应包括中线测量、路基施工测量和路基结构完成后的测量。

7.1.2 施工前，建设单位应会同设计、施工和测量单位进行现场测量交接桩工作，交桩单位除应提交线路测量控制点、已经测设的各种桩点资料外，还应进行控制点现场交接。接桩单位除应对接收的测量资料进行审核外，还应进行实地复核测量。

7.1.3 测量工作开始前，测量人员应对施工设计资料进行查阅，了解线路技术条件和建筑物位置、类型、规格等，并应进行复核。

7.1.4 地面线路沿线按本规范第3章、第4章技术要求布设的平面和高程控制网不能完全满足施工需要时，应进行控制点加密测量。加密控制点测量应执行本规范第3.3节精密导线网测量和本规范第4.3节水准测量的相关技术要求。

7.1.5 地面路基结构横向贯通测量中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ ，贯通测量限差应小于 100mm ；高程贯通测量中误差不应超过 $\pm 25\text{mm}$ ，贯通测量限差应小于 50mm 。

7.2 中线测量

7.2.1 中线测量应对线路中线桩进行测设，线路中线桩应包括控制桩和各种加密桩。根据地形复杂情况直线地段加密桩间距宜 $10\text{m}\sim 50\text{m}$ ，曲线地段加密桩间距宜 $10\text{m}\sim 20\text{m}$ 。

7.2.2 中线测量前，应根据复核无误的线路施工设计图和相关文件资料及施工定线测量任务书，并经外业踏勘后编制中线测量方案。中线测量方案应经批准后方可实施。

7.2.3 中线测量可采用全站仪极坐标法或卫星定位 RTK 法进行中线桩平面位置测量。中线桩纵、横向偏差应分别小于 20mm 和 15mm，并应符合下列规定：

1 采用全站仪极坐标法时，应采用Ⅱ级及以上全站仪，测站与中线桩的距离应小于 200m。

2 采用卫星定位 RTK 法时，相邻点间距离应大于 100m，边长相对中误差应小于 1/4000，流动站到单基准站间距离应小于 3km，且观测应大于 2 测回。

7.2.4 中线桩高程测量宜采用水准测量和电磁波测距三角高程测量方法。中线桩高程应起算于线路等级水准点，高程测量技术要求应符合本规范第 5.2.5 条的要求。

7.2.5 中线测量完成后，应对中线桩坐标、相邻桩之间的距离及线路几何关系进行检核。检核可采用附和导线形式进行线路中线桩联测，并应符合下列规定：

1 中线桩实测坐标与设计坐标较差：控制桩应小于 20mm，加密桩应小于 30mm。

2 相邻中线桩间实测距离与设计距离较差：控制桩应小于 50mm，加密桩应小于 70mm。

3 相邻中线桩若不通视时，宜采用间接测量的方法检核。

4 中线桩位置超限时应进行归化改正。

7.2.6 中线桩测设完成后应对其进行加固，并应建立护桩。

7.3 路基施工测量

7.3.1 路基施工测量宜包括路基横断面测量和路基填筑、路基边坡控制、路基附属工程施工测量。

7.3.2 路基横断面测量应符合下列规定：

1 横断面应在线路中线百米桩、曲线控制桩和线路纵、横向地形变化大以及桥头、隧道出入口、路基支挡及承载结构物起终点等处测设，间距应小于 20m。

2 横断面测量可采用全站仪、水准仪等进行，其高差和距

离测量极限误差应分别按下列公式计算：

$$h_m \leq \pm (L/1000 + h/100 + 0.2)\text{m} \quad (7.3.2-1)$$

$$L_m \leq \pm (L/100 + 0.1)\text{m} \quad (7.3.2-2)$$

式中： h_m ——高差测量极限误差；

L_m ——距离测量极限误差；

h ——测点至中桩的高差（m）；

L ——测点至中桩的水平距离（m）。

7.3.3 路基填筑施工测量应符合下列规定：

1 路基填筑前，应根据设计断面图，利用线路中线桩放样路基填筑边界桩，并在现场利用白灰划出填筑边界线，控制路基宽度。

2 在路基填筑过程中，根据路基分层摊铺、分层碾压施工的特点，应分层进行施工放样。每层施工完成，且中桩重新放样抄平后应检查路基填筑宽度和高度，如有偏移应及时进行调整。

7.3.4 路基边坡控制施工测量应符合下列规定：

1 对于挖方边坡，首先应利用线路中线桩放样开挖边界，然后根据机械施工的特点，施工中控制好开挖边坡坡度。边坡成型后，应使用专用的坡度尺，采用人工拉线修整控制边坡坡度。

2 边坡坡度采用从上至下逐级控制的方法时，应在上一级平台放样平台宽度与边坡位置，然后采用相同的方法做好下一级坡度的控制，直至开挖到路基设计标高位置。

3 对于填方路基，应采用设计宽度适当加宽的办法先将路基填筑成型，待路基填筑至标高，且自然沉降期达到要求后，放样出路基顶部边坡点，然后利用机械或人工按设计坡度进行刷坡。

7.3.5 路基附属工程施工测量应包括路基挡墙、路基边沟和边仰坡天沟测量，并应符合下列规定：

1 路基附属工程的放样，可利用路基测量控制点采用极坐标法放样或采用线路中线桩进行施工控制。采用极坐标法放样时，可利用不同控制点或重复测量放样方法，也可根据放样点间

几何关系对放样点进行检核。利用中线桩进行控制时，应进行交底，并移交现场中线控制点。

2 进行路基挡墙测量时，应以线路中线桩放样挡墙控制轴线，并钉设挡墙轴线桩，同时按水准测量方法测定其高程。

3 当为多级挡墙或挡墙与路基高差过大时，宜采用坐标法测设挡墙轴线桩，并使用全站仪进行平面和高程放样，且应计算出施工数据。

4 路基成型后，进行路基边沟测量时应利用线路中线控制点按路基边沟设计资料，采用极坐标法进行路基边沟放样，一般每 50m 设置一个路基边沟控制中心桩，并测量其高程。

5 进行边仰坡的天沟施工时，边仰坡天沟施工测量应按设计图对天沟控制点进行放样，放样宜采用极坐标法或线路支距法进行，高程宜利用水准测量方法或三角高程法。

7.3.6 路基加固时应按路基加固的不同部位和施工方法，进行施工放样。

7.3.7 路基施工测量各项放样测量极限误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ 。

7.4 路基结构完成后的测量

7.4.1 路基结构完成后应进行线路各级测量控制点的恢复，并应利用恢复的测量控制点进行路基现状以及地面建筑限界测量。

7.4.2 分区、段施工的线路路基贯通后应以线路两侧卫星定位控制点、精密导线点和一、二等水准点为依据，采用附和路线形式对测量控制点进行联测。

7.4.3 各级测量控制点的恢复应符合下列规定：

1 需要恢复的测量控制点应包括线路平面、高程控制点和线路中线桩。

2 恢复各级测量控制点的测量方法和精度应符合本规范第 7.1.4 条的规定。

7.4.4 完成后的路基结构与设计值较差测量应符合下列规定：

1 完成后的路基结构与设计值较差测量应以恢复的各级测

量控制点为起算依据。

2 对完成后的路基结构应进行路基横断面测量，断面间距直线段宜为 50m，曲线段宜为 20m。

3 横断面测量中，路基测量宽度不应小于设计宽度，侧沟或天沟深度和其与路堤护道宽度与设计值之差应分别小于 50mm 和 100mm。

4 横断面测量方法和精度不应低于施工测量精度。

7.4.5 地面建筑限界测量应根据车站或区间、直线或曲线段的设计要求分别进行限界断面测量，并应符合下列规定：

1 限界断面测量应以恢复后的各级测量控制点为起算依据。

2 区间断面间距直线段宜为 12m，曲线段宜为 10m。断面上限界点位置由设计确定。

3 车站站台侧的限界点位置应包括站台面与轨面的高度、站台沿与轨道中心线的距离、屏蔽门与站台沿或轨道中心线的距离。

4 断面测量宜采用全站仪极坐标法。

5 限界点里程测量中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ ，与线路中线法距的测量中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ，高程的测量中误差不应超过 $\pm 20\text{mm}$ 。

8 地下隧道和车站施工测量

8.1 一般规定

8.1.1 地下隧道和车站施工测量包括地下隧道和车站的联系测量、地下控制测量、暗挖隧道和车站施工测量、明挖隧道和车站施工测量以及结构竣工测量。

8.1.2 施工测量方案编写前应进行踏勘和收集资料，并应根据工程特点、采用的施工工法、施工工艺过程、工程周边环境条件以及所使用的仪器设备等条件和要求编写施工测量方案。

8.1.3 施工期间应对地面和地下各等级测量控制点加强保护，避免损毁，并应及时恢复被破坏的测量控制点。

8.1.4 每次测量前应对所使用的起算点进行检核，确认其稳定可靠后方能使用。

8.1.5 结构施工完成后应恢复地下测量控制点，并以其为起算点进行结构限界测量，并提供结构限界测量成果。

8.1.6 地下隧道和车站结构横向贯通测量中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ ，贯通测量限差应小于 100mm ；高程贯通测量中误差不应超过 $\pm 25\text{mm}$ ，贯通测量极限误差应小于 50mm 。

8.2 联系测量

I 基本要求

8.2.1 联系测量应包括地面近井导线测量、近井水准测量以及通过竖井、斜井、平峒、钻孔的定向测量和传递高程测量。

8.2.2 每次联系测量应独立进行三次，取三次平均值作为定向成果。地下近井定向边方位角中误差不应超过 $\pm 8''$ ，地下近井高程点高程中误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

8.2.3 定向测量的地下近井定向边应大于 120m，且不应少于 2 条，传递高程的地下近井高程点不应少于 2 个。使用近井定向边和地下近井高程点前，应对地下近井定向边之间和高程点之间的几何关系进行检核，其不符值应分别小于 12" 和 2mm。

8.2.4 隧道贯通前的联系测量工作不应少于 3 次，宜在隧道掘进到约 100m、300m 以及距贯通面 100m~200m 时分别进行一次。各次地下近井定向边方位角较差应小于 16"，地下高程点高程较差应小于 3mm，符合要求时，可取各次测量成果的平均值作为后续测量的起算数据指导隧道贯通。

8.2.5 当隧道单向贯通距离大于 1500m 时，应采用高精度联系测量或增加联系测量次数等方法，提高定向测量精度。

II 地面近井导线测量和近井水准测量

8.2.6 地面近井点包括平面和高程近井点，应埋设在井口附近便于观测和保护的位置，并标识清楚。

8.2.7 地面平面近井点可利用精密导线点测设，并应符合下列规定：

1 进行导线点加密时，地面平面近井点与精密导线点应构成附和或闭合导线。近井导线边数不宜超过 5 条。

2 平面近井点应按本规范第 3 章精密导线网测量的技术要求施测，最短边长应大于 50m，近井点的点位中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

8.2.8 高程近井点应利用一、二等水准点测定，并应构成附和或闭合水准路线。高程近井点应按本规范第 4 章二等水准测量技术要求施测。

III 定向测量

8.2.9 根据现场条件，定向测量可采用一井定向、两井定向、陀螺全站仪和铅垂仪组合定向、导线直接传递测量和投点定向法等。

8.2.10 采用一井定向测量方法时，应符合下列规定：

1 同一竖井内应按本规范附录 C.0.1 悬挂 2 根钢丝组成联系三角形。有条件时，应按本规范附录 C.0.2 悬挂三根钢丝组成双联系三角形。

2 布设井上、井下联系三角形时，竖井中悬挂钢丝间的距离 c 应尽可能长；联系三角形的连接角 γ 和 α 及 γ' 和 β' 均宜小于 1° ，呈直伸三角形； a/c 及 a'/c 宜小于 1.5， a 、 a' 为近井点至悬挂钢丝最短距离。

3 宜选用 $\phi 0.3\text{mm}$ 钢丝，悬挂 10kg 重锤，重锤应浸没在阻尼液中。

4 联系三角形边长测量可采用电磁波测距或经检定的钢尺丈量，每次应独立测量三测回，每测回三次读数，各测回较差应小于 1mm。地上与地下丈量的钢丝间距较差应小于 1mm。钢尺丈量时应施加钢尺检定时的拉力，并应进行倾斜、温度、尺长改正。

5 角度观测应采用不低于 I 级全站仪，用方向观测法观测六测回，测角中误差应在 $\pm 1''$ 之内。

8.2.11 采用两井定向测量方法时，应符合下列规定：

1 两井定向应按本规范附录 C.0.3 所示，在已经贯通的两相邻竖井内各悬挂 1 根钢丝或采用铅垂仪代替钢丝。

2 两个竖井中悬挂的钢丝应符合本规范第 8.2.10 条 3 款的要求，投点中误差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ 。

3 架设钢丝时，应按本规范第 8.2.10 条 4 款和 5 款的要求测量钢丝的平面坐标。采用铅垂仪代替钢丝时，每次应在基座旋转 120° 的三个位置，对铅垂仪的平面坐标各测一测回。

4 地下两投测点之间应沿连通的最短路径布设精密导线，并按本规范第 3 章精密导线网测量的技术要求施测。两井定向的数据应按无定向导线平差方法计算处理。

5 地下定向边精度应符合本规范第 8.2.2 条的要求。

8.2.12 采用陀螺全站仪+铅垂仪组合定向测量时，应符合下列

规定：

1 陀螺全站仪+铅垂仪组合定向测量方案宜按本规范附录 C.0.4 进行。

2 陀螺全站仪包括悬挂带型或磁悬浮型陀螺全站仪，陀螺全站仪标称定向精度不应低于 $\pm 15''$ ，铅垂仪投点误差不应超过 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

3 使用悬挂带类陀螺全站仪进行陀螺方位角测量，可采用逆转点法、中天法、时差法，自动陀螺全站仪可采用积分法、阻尼法等进行数据采集。使用磁悬浮类陀螺全站仪可采用光电力矩式寻北法。

4 地面已知边陀螺观测站应无明显震动、风流和交通、人流影响，并避开高压电磁场；地下定向边陀螺观测站应选择在施工影响区域外，定向边边长应大于 60m ，视线距隧道边墙的距离应大于 0.5m 。

5 使用悬挂带类陀螺全站仪时，定向测量应采用“地面已知边—地下定向边—地面已知边”的测量程序；使用磁悬浮类陀螺全站仪时，定向测量应采用“地面已知边—地下定向边”的测量程序。地面已知边、地下定向边的陀螺方位角测量每次应测三测回，测回间陀螺方位角较差应小于 $20''$ 。

6 测定仪器常数时地面已知边应与地下定向边的位置尽量接近，否则应进行子午线收敛角改正。测前、测后各三测回测定的陀螺仪常数平均值的较差应小于 $15''$ 。

7 测量前应检查陀螺仪器常数的稳定状态。每次陀螺仪、铅垂仪组合定向应在三天内完成。

8 使用悬挂带类陀螺全站仪进行陀螺方位角测量时，绝对零位偏移大于 0.5 格时，应进行零位校正；观测中的测前、测后零位平均值大于 0.05 格时，应进行零位改正。

9 铅垂仪投点时，铅垂仪的支承台（架）与观测台应分离；铅垂仪的基座或旋转纵轴应与棱镜轴同轴，其偏心误差应小于 0.2mm ；全站仪独立三测回测定铅垂仪的坐标分量互差应小

于 3mm。

8.2.13 采用导线直接传递测量方法时，应符合下列规定：

1 导线直接传递测量应按本规范第 3.3 节精密导线网测量有关技术要求进行。

2 导线测量时，宜采用具有双轴补偿的全站仪，无双轴补偿时应进行竖轴倾斜改正；垂直角应小于 30° ；仪器和觇牌安置宜采用强制对中或三联脚架法；测回间应检查仪器和觇牌气泡的偏离情况，气泡偏离超限时应重新整平。

3 导线直接传递测量宜独立进行两次，符合较差要求后取平均值作为定向测量成果。

8.2.14 采用投点定向测量时，应符合下列规定：

1 采用钢丝或铅垂仪利用施工竖井或钻孔投点测量时，投测的两点应相互通视，其间距应大于 60m。

2 架设钢丝或铅垂仪投点时，应独立测量三次，并应按本规范第 8.2.10 条 4 款和 5 款要求测量钢丝的平面坐标。

3 与钢丝或铅垂仪的联测应按本规范第 3.3 节精密导线网测量技术要求进行。

4 各次间投点坐标分量互差应小于 3mm。

IV 高程传递测量

8.2.15 高程传递测量应包括地面近井水准测量、高程传递测量以及地下近井水准测量。

8.2.16 测定近井水准点高程的地面近井水准路线，应附合在地面一、二等水准点上。近井水准测量，应执行本规范第 4.2 节二等水准测量有关技术要求。

8.2.17 高程传递测量可采用悬挂钢尺法、电磁波测距三角高程法、水准测量法和电磁波测距法。

8.2.18 采用在竖井内悬挂钢尺的方法进行高程传递测量时，应符合下列规定：

1 地上和地下安置的两台水准仪应同时读数，并应在钢尺

上悬挂与钢尺检定时相同质量的重锤。

2 传递高程时，每次应独立观测三测回，测回间应变动仪器高，三测回测得地上、地下水准点间的高差较差应小于 3mm。

3 高差应进行温度、尺长改正；当井深超过 50m 时应进行钢尺自重张力改正。

8.2.19 当明挖施工或暗挖施工通过斜井进行高程传递测量时，可采用水准测量方法，也可采用电磁波测距三角高程测量的方法，其测量精度应符合本规范第 4.2 节中的二等水准测量相关技术要求。

8.2.20 电磁波测距法传递高程时，应符合下列规定：

1 应使用 I 级全站仪，距离测量值应进行常数改正和气象改正；

2 高程传递应独立进行三测回，测回间应检查仪器气泡的偏离情况，气泡偏离超限时应重新整平。测回间应变动仪器高，三测回测得地上、地下水准点间的高差较差应小于 3mm。

8.2.21 当竖井较深采用电磁波测距法传递高程时，作业步骤应符合下列规定：

1 在井上设置的托架上放置棱镜，使棱镜反射面向下。

2 利用水准仪或者全站仪测量棱镜中心与地面近井水准点的高差。

3 托架下方安置全站仪，使全站仪望远镜垂直向上，瞄准棱镜进行测距。全站仪与棱镜垂直偏差应小于 10mm。

4 测量全站仪中心与地下近井水准点的高差。

V 任意设站控制网坐标和高程的同步传递测量

8.2.22 采用任意设站控制网进行坐标和高程的同步传递时，应采用具有双轴补偿、自动照准目标功能的 I 级全站仪。

8.2.23 在地面应成组布设不少于 3 个具有强制对中标志的三维近井控制点，在地下隧道中，同样应成组布设不少于 3 个具有强制对中标志。当俯仰角大于 40° ，且不能一站直接传递三维坐标

时，应在车站站厅层或竖井壁上成组布设不少于 3 个具有强制对中标志的三维控制点作为三维坐标传递过渡点，形成任意设站控制网测量路线。

8.2.24 控制网测量时，测量步骤应符合下列规定：

1 在地面任意设站架设全站仪，后视地面已知三维近井控制点点组，前视车站站厅层或竖井壁上的三维控制点点组。

2 在地下隧道中任意设站，后视车站站厅层或竖井壁上的三维控制点点组，测量地下三维近井控制点点组。

8.2.25 在地面测站与照准的已知三维近井控制点点组距离应小于 100m，地下定向边长度应大于 80m。

8.2.26 控制网各个点组中各点间距，地面近井点组应大于 50m，车站站厅层或竖井壁上传递点组根据实地情况应尽量大。

8.2.27 控制网测量时，应采用 I 级全站仪进行水平角、垂直角和距离测量。水平角和垂直角各观测二测回，垂直角应小于 30° 。一测回内 $2C$ 互差和指标差互差应小于 $9''$ 。距离观测二测回，互差应小于 3mm。

8.2.28 任意设站控制网应独立测量两次，两次控制点坐标分量较差应分别小于 3mm，高程较差应小于 3mm。

8.3 地下控制测量

I 基本要求

8.3.1 地下控制测量应包括地下平面控制测量和地下高程控制测量。

8.3.2 直接从地面通过联系测量传递到地下的联系测量成果应作为地下平面和高程控制测量起算点。

8.3.3 地下平面和高程控制点标志，应根据施工方法和隧道结构形状确定，并宜埋设在隧道底板、顶板或两侧边墙上。各种标志的形状和埋设位置，宜在本规范附录 D 中选择确定。

8.3.4 隧道单向贯通距离大于 1500m 时，应在隧道每掘进

1000m 处，通过钻孔投测坐标点或加测陀螺方位角等方法提高控制网精度。

8.3.5 每次进行平面、高程控制测量前，应对地下平面和高程起算点进行检测，确保其可靠性。

II 平面控制测量

8.3.6 隧道内控制点间平均边长宜为 150m。曲线隧道控制点间距不应小于 60m。

8.3.7 隧道掘进距离满足布设控制点时应及时布设地下平面控制点，并应进行地下平面控制测量。

8.3.8 控制点应避开强光源、热源、淋水等地方，控制点间视线距隧道壁或设施应大于 0.5m。

8.3.9 平面控制测量应采用导线测量等方法。导线长度小于 1500m 时，导线测量应使用不低于 II 级全站仪施测，左右角各观测两测回，左右角平均值之和与 360° 较差应小于 $4''$ ，边长往返观测各两测回，往返平均值较差应小于 4mm。测角中误差不应超过 $\pm 2.5''$ ，测距中误差不应超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

8.3.10 控制点点位横向误差宜符合下式要求：

$$m_u \leq m_\phi \times (0.8 \times d/D) \quad (8.3.10)$$

式中： m_u ——导线点横向误差（mm）；

m_ϕ ——贯通中误差（mm）；

d ——控制导线长度（m）；

D ——贯通距离（m）。

8.3.11 每次延伸控制导线前，应对已有的控制导线点进行检测，并从稳定的控制点进行延伸测量。

8.3.12 控制导线点在隧道贯通前应至少测量三次，并宜与竖井定向同步进行。重合点重复测量坐标分量的较差应分别小于 $30 \times d/D$ （mm），其中 d 为控制导线长度， D 为贯通距离，单位均为米。满足要求时，应取其逐次平均值作为控制点的成果，并指导隧道掘进。

8.3.13 当隧道长度超过 1500m 时，除应采用本规范第 8.3.4 条要求外，还应进行满足隧道贯通要求的贯通测量设计。

8.3.14 相邻竖井间或相邻车站间隧道贯通后，地下平面控制点应构成附合导线（网）。

III 高程控制测量

8.3.15 高程控制测量应采用二等水准测量方法，并应起算于地下近井水准点。

8.3.16 高程控制点可利用地下导线点，单独埋设时宜每 200m 埋设一个。

8.3.17 地下高程控制测量的方法和精度，应符合本规范第 4.2 节中二等水准测量技术规定。

8.3.18 水准测量应在隧道贯通前进行三次，并应与传递高程测量同步进行。重复测量的高程点间的高程较差应小于 5mm，满足要求时，应取其平均值作为控制点的成果，并指导隧道掘进。

8.3.19 相邻竖井间或相邻车站间隧道贯通后，地下高程控制点应构成附合水准路线。

8.4 暗挖隧道和车站施工测量

I 基本要求

8.4.1 暗挖隧道施工测量应包括施工导线测量、施工高程测量、车站施工测量、区间隧道施工测量和贯通误差测量等。

8.4.2 施工测量前，应熟悉设计图纸，检核设计数据，并对已有的测量资料进行检核。

8.4.3 暗挖隧道掘进初期，施工测量应以联系测量成果为起算依据，进行地下施工导线和施工高程测量，测量前应对联系测量成果进行检核。

8.4.4 已完成的暗挖隧道长度满足布设地下平面控制网和高程控制网基本要求时，应按第 8.3 节技术要求建立地下平面控制网

和高程控制网，并应符合下列规定：

1 地下平面控制网和高程控制网延伸测量前，应对已建立的既有控制网点进行检测，符合要求后应作为起算数据。

2 随着暗挖隧道的延伸，应以建立的地下平面控制点和高程控制点为依据，进行地下施工导线和施工高程测量。

8.4.5 暗挖隧道施工测量应以地下平面控制点或施工导线点测设线路中线或隧道中线，以地下高程控制点或施工高程点测设施工高程控制线。

8.4.6 隧道掘进距贯通面 150m 时，应对线路中线或隧道中线和施工高程控制线进行检核。

8.4.7 隧道贯通后，应立即进行平面和高程贯通误差测量。

II 施工导线和施工高程测量

8.4.8 施工导线测量应符合下列规定：

- 1 导线边数不应超过 3 条，总长不应超过 180m。
- 2 导线点宜设置在线路中线、隧道中线上或隧道边墙上。
- 3 施工导线测量技术要求应符合表 8.4.8 的规定。

表 8.4.8 施工导线测量技术要求

使用仪器等级 (全站仪)	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测回数
II	±2	$3\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times d$	1
III	±6	$5\text{mm} + 5 \times 10^{-6} \times d$	2

注：d 为距离测量值，以 km 为单位。

8.4.9 地下施工高程测量应符合下列规定：

1 地下施工高程测量应采用水准测量方法，水准点宜每 50m 设置一个。

2 施工高程测量可采用不低于 DS3 级水准仪和区格式木制水准尺，并按城市四等水准测量技术要求进行往返观测，其闭合差应在 $\pm 20 \sqrt{L}$ mm (L 以 km 计) 之内。

Ⅲ 暗挖地下车站施工测量

8.4.10 地下车站施工竖井、斜井等地面放样，应测设结构四角或十字轴线，放样后应进行检核。临时结构放样中误差应在 $\pm 50\text{mm}$ 之内、永久结构放样中误差应在 $\pm 20\text{mm}$ 之内。

8.4.11 施工竖井、斜井竣工后应进行联系测量，联系测量的方法和精度应符合本规范第8章8.2节的Ⅲ定向测量的要求。

8.4.12 车站采用分层开挖施工时，宜在各层测设地下控制点，各控制点的测量中误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。各层间应进行贯通测量。

8.4.13 采用导洞法施工时，上层边孔拱部隧道和下层边孔隧道两侧各开挖到100m时，应进行上下层边孔隧道的贯通测量，其上下层边孔隧道贯通误差应在60mm之内。贯通测量后应进行上、下层隧道线路中线的调整，并标定出隧道下层底板上的左、右线线路中线点和其他特征点。

8.4.14 采用双侧壁或桩及梁柱导洞法施工时，应利用施工导线测设壁、桩或梁柱的位置，其测量允许误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

8.4.15 车站钢管柱的位置，应根据车站线路中线点测定，其测设允许误差不应超过 $\pm 3\text{mm}$ 。钢管柱安装过程中应监测其垂直度，安装就位后应进行检核测量。

8.4.16 进行车站结构二衬施工测量前，应先恢复上、下层隧道底板上的线路中线点和水准点，下层底板上恢复的线路中线点和水准点，应与车站两侧区间隧道的线路中线点进行贯通误差测量。根据现场情况需要进行下层底板上的线路中线点和水准点调整时，其调整幅度不宜超过5mm。

8.4.17 车站站台的结构施工，应使用已调整后的线路中线点和水准点。站台沿边线模板测设应以线路中线为依据，其间距误差为 $0\text{mm}\sim+5\text{mm}$ 。站台模板高程宜低于设计高程，测设误差为 $-5\text{mm}\sim 0\text{mm}$ 。

IV 矿山法隧道施工测量

8.4.18 隧道线路或结构中线测设应符合下列规定：

1 中线测设应以地下平面控制点及施工导线点为起算点，高程控制线测设应以地下高程控制点或施工高程点为起算点。

2 中线测量宜采用不低于Ⅲ级全站仪，高程控制线宜采用不低于 DS3 级的水准仪测定。隧道每掘进 30m~50m 应重新标定中线和高程控制线，标定后应进行检查。

3 曲线隧道施工应采用全站仪极坐标法进行曲线要素点和加密的曲线点测设。

4 混凝土结构施工中，测设点间形成的弦线与对应的曲线矢距应小于 10mm。

8.4.19 利用激光指向仪指导隧道掘进时，应符合下列规定：

1 激光指向仪设置的位置和光束方向，应根据中线和高程控制线设定。

2 仪器设置应安全牢固，激光指向仪距工作面的距离不应小于 30m。

3 隧道掘进中，应经常检查激光指向仪位置的正确性，并对光束进行校正。

8.4.20 采用喷锚支护法进行隧道施工时，应符合下列规定：

1 安装超前导管、管棚及隧道初期支护中的钢拱架和边墙格栅以及控制喷射混凝土支护的厚度，宜以中线为依据进行放样和控制，其测量允许误差不应超过 $\pm 20\text{mm}$ 。

2 隧道二衬结构施工前应进行贯通测量，相邻车站或竖井间的地下控制导线和水准线路应形成附合线路。

3 以平差后的地下控制点作为二衬施工测量依据，进行中线和高程控制线测量，其测量允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

4 用台车浇筑隧道边墙二衬结构时，台车两端的中心点与中线偏离允许误差应在 $\pm 5\text{mm}$ 之内。曲线段台车长度与其相应曲线的矢距不大于 5mm 时，台车长度可代替曲线长度。台车两

端隧道结构断面中心点的高程，应采用直接水准测设，与其相应里程的设计高程偏差应小于 5mm。

8.4.21 在隧道未贯通前进行二衬施工时，应采取增加控制点测量次数（联系测量和控制点复测）、钻孔投点以及加测陀螺方位等方法，提高现有控制点的精度，并以其调整中线和高程控制线。同时应预留不小于 150m 长度的隧道不得进行二衬施工，作为贯通误差调整段。待预留段贯通后，应以平差后的控制点为依据进行二衬施工测量。

V 盾构法隧道施工测量

8.4.22 盾构法隧道施工测量包括盾构始发、掘进和接收三个阶段施工测量工作。

8.4.23 盾构机始发井建成后，应利用联系测量成果加密测量控制点，进行隧道掘进中心线与导轨位置测设以及反力架和洞门圈安装测量，并应符合下列规定：

1 利用地下测量控制点宜采用极坐标法放样隧道中心线和盾构机导轨的位置，利用水准测量方法测设隧道高程控制线以及盾构机导轨坡度，坐标和高程放样中误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

2 应根据反力架和洞门圈位置的里程计算其中心三维坐标，并采用三维放样方法放样。

3 反力架和洞门圈安装后浇筑前应对其经过设计中心的垂直和水平方向上的上、下、左、右位置进行复测，并提供相应里程的坐标或与中心的距离。放样和复测中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

8.4.24 盾构机接收井建成后，根据所需的测量内容应按本规范第 8.4.23 条的要求和方法进行隧道掘进中心线与导轨位置测设以及反力架和洞门圈安装测量。

8.4.25 盾构拼装后应进行初始姿态测量，掘进中应进行实时姿态测量。盾构机姿态测量应包括平面偏差、高程偏差、俯仰角、方位角、滚转角及切口里程。

8.4.26 采用人工测量方法进行初始姿态测量和实时姿态测量时应符合下列规定：

1 盾构测量标志点应牢固设置在盾构机纵向或横向截面上，标志点间距离应尽量大，且不应少于3个，标志点可粘贴反射片或安置强制对中棱镜。

2 盾构测量标志点的三维坐标应与盾构结构几何坐标建立换算关系。

3 盾构测量标志点测量宜采用极坐标法，并宜采用双极坐标法进行检核。测量中误差不应超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

8.4.27 采用自动导向系统测量方法进行初始姿态测量和实时姿态测量时，应符合下列规定：

1 自动导向系统应符合下列规定：

1) 自动导向设备可采用激光靶型自动测量系统或棱镜型自动测量系统，系统应包括测量仪器和设备、计算存储设备、数据传输、系统软件等。

2) 系统应能够计算并以图形、数字方式实时显示盾构机当前姿态和历史姿态信息等。

3) 系统应具有对自身各部件的运行状态进行监控和报警功能。

4) 所有数据应存储于工业电脑固定的存储位置，并定期在其他存储设备上备份。

2 始发前，应对输入自动导向系统的线路设计参数进行检查，无误后方可输入，输入后应采用导出输入数据进行复核的方法对输入数据进行二次复核。

3 隧道掘进中测量控制点迁站步骤和方法应符合下列规定：

1) 迁站过程中盾构应停止掘进。

2) 迁站前应测量盾构姿态。

3) 迁站后应对使用的相邻控制点间几何关系进行检核，确认控制点位置正确。

4) 利用迁站后控制点进行盾构姿态测量。

5) 迁站前、后测定的盾构姿态测量较差应小于 $2\sqrt{2}m$ (m 为点位测量中误差)。

4 隧道掘进过程中应采用人工测量方法对导向系统测量成果进行检核。

8.4.28 盾构机姿态测量频率应根据人工测量或导向系统精度以及控制盾构机掘进长度的位置误差确定。盾构机始发 100m 内, 到达接收井前 100m 内应增加频率。

8.4.29 盾构机姿态测量计算数据取位精度要求应符合表 8.4.29 的规定。

表 8.4.29 盾构机姿态测量计算数据取位精度要求

测量内容	取位精度
平面偏差	1mm
高程偏差	1mm
俯仰角	1'
方位角	1'
滚转角	1'
切口里程	0.01m

8.4.30 衬砌环姿态测量要求应符合下列规定:

- 1 在盾尾内管片拼装成环后应测量盾尾间隙。
- 2 衬砌环从盾尾推出并完成壁后注浆后, 应进行衬砌环姿态测量, 测量内容应包括衬砌环中心坐标、底部高程、水平直径、垂直直径和前端面里程, 测量误差应在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。

8.5 明挖隧道和车站施工测量

I 基本要求

8.5.1 明挖隧道和车站施工测量应包括其基坑围护结构、基坑开挖和结构施工测量。

8.5.2 施工前测量人员应收集设计和测绘资料, 对收集的测绘

资料应进行复核，对各类控制点应进行检测，加固保护，并根据施工方法和现场测量控制点状况制定施工测量方案。

8.5.3 施工放样应依据卫星定位点、精密导线点、线路中线控制点及二等水准点等测量控制点进行。

8.5.4 对线路中线控制点的检测方法和精度要求，应符合本规范第 7.2 节的规定。对精密导线点、二等水准点的检测方法和精度要求，应符合本规范第 3.3 节和第 4.2 节的规定。检测成果与原成果较差：精密导线点应小于 10mm，二等水准点应小于 5mm，线路中线控制点应小于 15mm。

8.5.5 根据施工需要宜将明挖隧道、车站施工区域内的各种管线、地下建筑物在地面投影位置放样到地面。

II 基坑围护结构施工测量

8.5.6 基坑采用地下连续墙围护结构时，其施工测量应符合下列规定：

1 连续墙的中心线放样允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

2 内外导墙应平行于地下连续墙中线，其放样允许误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

3 连续墙成槽施工过程中应根据设计和施工规范要求测量其深度、宽度和垂直度。

4 连续墙竣工后，应测定其实际中心线与设计中心线的偏差，偏差值应小于 30mm。

8.5.7 基坑采用护坡桩围护结构时，其施工测量技术要求应符合下列规定：

1 护坡桩地面位置放样，应依据线路中线控制点或精密导线点进行，放样允许误差纵向不应大于 100mm，横向为 0mm \sim +50mm。

2 桩成孔过程中，应根据设计要求测量其孔深、孔径及其铅垂度。

3 采用预制桩施工过程中应根据设计要求测量桩的铅垂度。

4 护坡桩竣工后，应测定各桩位置及与轴线的偏差。其横向偏差值为 $0\text{mm} \sim +50\text{mm}$ 。

Ⅲ 基坑开挖施工测量

8.5.8 采用自然边坡的基坑，边坡线位置应根据线路中线控制点或精密导线点进行放样，放样允许误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ 。

8.5.9 基坑开挖过程中，应使用坡度尺或采用其他方法检测边坡坡度，坡脚距隧道结构的距离应满足设计要求。

8.5.10 基坑开挖至底部后，应采用附和导线将线路中线引测到基坑底部。基坑底部线路中线纵向允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ，横向允许误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

8.5.11 高程传入基坑底部可采用水准测量方法、电磁波测距三角高程测量方法。水准测量和电磁波测距三角高程测量闭合差应小于 $\pm 8\sqrt{L}$ 。电磁波测距三角高程测量应对向观测，垂直角观测、距离往返测距各两测回，仪器高和觇标高量至毫米。

Ⅳ 结构施工测量

8.5.12 结构底板绑扎钢筋前，应依据线路中线，在底板垫层上标定出钢筋摆放位置，放线允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

8.5.13 底板混凝土模板、预埋件和变形缝的位置放样后，应在混凝土浇筑前依据设计要求进行检核测量。

8.5.14 结构边墙、中墙模板支立前，应按设计要求，依据线路中线放样边墙内侧和中墙两侧线，放样允许偏差应为 $0\text{mm} \sim +5\text{mm}$ 。

8.5.15 顶板模板安装过程中，应将线路中线点和顶板宽度测设在模板上，并结合模板板跨预拱度进行高程放样和模板高程调整，其高程测量误差为 $0\text{mm} \sim +10\text{mm}$ ，中线测量允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ，宽度测量误差为 $-10\text{mm} \sim +15\text{mm}$ 。

8.5.16 结构施工完成后，应对设置在底板上的线路中线控制点和高程控制点进行复测，复测方法和精度要求应按本规范第 8.3

节的有关规定执行。

8.5.17 采用盖挖逆作法的结构施工测量应按下列方法进行：

1 顶板立模前，应在连续墙或桩墙的顶面，每 5m 测量一个高程点并标定其位置，同时在连续墙或桩墙的侧面标出顶板底面设计高程线，其测量误差为 $0\sim+10\text{mm}$ 。

2 中板施工前，应对顶板上的线路中线控制点和高程控制点进行复测，并通过顶板上的预留孔或预留口将这些控制点的坐标和高程传递到中板的基坑面上，作为支立中板模板和钢筋的依据；在浇筑混凝土前应对标定在模板上的线路中线控制点和高程控制点进行检核，其中线测量允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ，高程测量误差为 $0\sim+10\text{mm}$ 。

3 底板的施工测量方法同中板，其中线测量允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ，高程测量误差为 $-10\text{mm}\sim 0\text{mm}$ 。

8.5.18 采用盖挖顺作法施工的车站，其结构施工测量方法和技术要求应符合本规范 8.4 节的规定。

8.6 地下结构完成后的测量

I 基本规定

8.6.1 分区、段施工的隧道和车站结构完成后，应进行结构竣工测量，竣工测量内容应包括贯通测量、地下测量控制点的恢复以及结构限界测量。

8.6.2 隧道和车站贯通测量应依据本规范第 7.4.2 条的技术要求进行地面控制点联测，联测后的成果应作为后续测量工作的依据。

8.6.3 地下测量控制点的恢复应在完成贯通测量，并对已有地下控制点进行联测形成附合导线后进行。

8.6.4 建筑限界测量应采用恢复后的地下测量控制点作为起算点，并应根据设计要求确定断面位置、间隔和断面上限界点的数量与测量部位。

II 贯通误差测量

8.6.5 隧道和车站结构贯通后应进行贯通误差测量，贯通误差测量包括平面贯通误差测量和高程贯通误差。

8.6.6 平面贯通误差测量应符合下列规定：

1 平面贯通误差测量应测定隧道和车站贯通面上的纵向、横向和方位角的贯通测量误差。

2 进行平面贯通误差测量时，应利用贯通面两侧的平面测量控制点分别测量贯通面上设置的同一个临时点的坐标和与贯通面相邻的同一导线边的方位角不符值，并由此计算出隧道和车站的纵向、横向和方位角贯通测量误差。

3 计算贯通测量误差时，应将坐标不符值分别投影到线路和线路的法线方向上确定纵向、横向贯通测量误差；方位角贯通测量误差为与贯通面相邻的同一导线边的方位角较差。

8.6.7 高程贯通误差测量应符合下列规定：

1 高程贯通误差测量应测定隧道和车站贯通面上同一临时点的高程较差。

2 进行高程贯通误差测量时，应利用贯通面两侧的高程测量控制点，分别测定贯通面上同一个临时点的高程，并计算出高程较差。

8.6.8 贯通误差测量方法和精度要求应符合本规范第 8.3.9 条和第 8.3.17 条的规定。

III 地下控制点的恢复测量

8.6.9 地下控制点的恢复测量应在贯通测量后，且贯通测量误差符合限差要求后进行。

8.6.10 根据施工需要可对地下控制点或中线点进行恢复测量。恢复测量时，起算控制点应选用车站或区间竖井投测的施工控制点，并应将已有平面控制点或中线点联测成附合导线，将高程控制点联测成附合水准路线。

8.6.11 进行地下控制点恢复测量时，地下控制点的埋设位置，恢复测量的方法和精度等应符合本规范第 8.3 节的规定。

8.6.12 进行中线点恢复测量时，应符合下列规定：

1 联测的线路中线点附合导线长度不应大于 1500m，直线段中线点的平均间距不应小于 100m；曲线段除曲线要素外，中线点的间距不应小于 60m。

2 应使用不低于Ⅱ级全站仪测量。水平角的左、右角各观测两测回，左、右角平均值之和与 360° 较差应小于 $6''$ ；导线边长测量往返测各两测回，测回间较差应小于 5mm，往返测平均值较差应小于 4mm。

3 数据处理应采用严密平差，相邻中线点间，直线段：纵向误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ，横向误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ；曲线段：纵向误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ，横向误差应根据曲线上中线点间距大小区别对待，曲线边长小于 60m 时，其横向误差不应超过 $\pm 3\text{mm}$ ；曲线边长大于 60m 时，其横向误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

4 恢复后的线路中线点的几何关系，直线段：实测水平角值与 180° 之差不应大于 $8''$ ；曲线段：实测水平角值与设计值之差应根据曲线段线路中线点的间距大小区别对待，当间距小于 60m 时，其角值之差不应大于 $20''$ ；当间距大于 60m 时，其角值之差不应大于 $15''$ 。

5 线路中线点恢复后，应对其进行检核测量。当线路中线点间的几何关系不符合第 8.6.12 条第 4 款的要求时，应依据设计坐标进行归化改正，直至满足要求。

8.6.13 恢复后的地下控制点应作为后续各项测量工作的基准点。

IV 结构限界测量

8.6.14 隧道和车站结构工程完成后，应进行其结构横断面和底板纵断面测量。

8.6.15 结构横断面、底板纵断面测量应以恢复后的地下控制点

或利用恢复后的地下控制点测设的线路中线点为起算依据，按设计要求，直线段每 6m、曲线段每 5m 测量一个横断面和底板高程点，结构横断面变化段和施工偏差较大段应加测断面。

8.6.16 结构横断面应垂直于线路中线，结构横断面上测量点的位置应符合下列规定：

1 区间横断面上测量点的位置应为依据断面形式确定的建筑限界控制点或由设计指定位置的断面点。

2 车站站台侧的断面点位置应包括站台面与轨面的高度、站台沿与轨道中心线的距离、屏蔽门与站台沿或轨道中心线的距离，其余部位应按本条第 1 款的规定执行。

3 横断面底板上的限界控制点应为线路中线点，各个横断面底板上的线路中线点形成底板纵断面。

8.6.17 结构横断面测量可采用全站仪极坐标法、断面仪法、支距法、三维激光扫描法及摄影测量等。

8.6.18 横断面测量可采用不低于Ⅲ级全站仪或断面仪等测量设备进行限界控制点测量。横断面里程中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ ，断面限界控制点与线路中线法距的测量中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ ，除横断面底板上的线路中线点外，其他限界控制点高程的测量中误差不应超过 $\pm 20\text{mm}$ 。

8.6.19 底板纵断面上线路中线点高程测量应使用不低于 DS3 级水准仪测量，里程中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ ，高程测量中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

8.6.20 断面测量完成后，应对结构断面测量成果进行检核，限界尺寸紧张的断面应进行复测。

8.6.21 结构横断面和底板纵断面测量完成后，应按设计要求的数据格式编制和提供断面测量成果表，并绘制断面图。

9 高架结构施工测量

9.1 一般规定

9.1.1 高架结构施工测量应包括高架桥和高架车站的柱（墩）基础、柱（墩）、柱（墩）上的横梁、横梁上的纵梁等施工测量。

9.1.2 进行高架桥结构施工测量时，应根据高架桥结构设计图，选择卫星定位控制点、精密导线点和二等水准点作为起算点。测量前应对起算点进行检核。

9.1.3 当本规范第 9.1.2 条所述的控制点不能满足放样需要时，应加密控制点。加密控制点的施测应执行精密导线测量和二等水准测量的技术要求。

9.1.4 高架桥施工测量应整体布设，分区、分段进行施工时，相邻区段的控制点和相邻结构应进行联测。

9.1.5 相邻结构贯通后，应进行贯通测量。贯通测量内容和方法应按本规范第 8.6 节 II 贯通误差测量的有关规定执行。

9.1.6 高架桥结构横向贯通测量中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ ，贯通测量极限误差应小于 100mm ；高程贯通测量中误差不应超过 $\pm 25\text{mm}$ ，高程贯通测量极限误差应小于 50mm 。

9.2 柱、墩基础施工测量

9.2.1 柱、墩基础施工应利用线路中线控制点或精密导线点采用极坐标法进行放样，放样后应在不同测站进行检核。

9.2.2 同一里程处对多柱或柱下多桩组合的基础放样除按第 9.2.1 条要求进行检核外，还应对柱或桩间的几何关系进行检核。

9.2.3 柱、墩基础放样精度应符合下列规定：

- 1 横向放样中误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

- 2 柱、墩间距的测量中误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。
 - 3 各跨的纵向累积测量中误差不应超过 $\pm 5\sqrt{n}\text{mm}$ (n 为跨数)。
 - 4 柱下基础高程测量中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。
- 9.2.4** 基础放样后应测设基础施工控制桩，施工控制桩宜设立2组，每组控制桩不应少于2个，其中一组控制桩间的连线宜垂直于线路方向。
- 9.2.5** 柱、墩基础施工时，应以施工控制桩为依据，测定基坑边沿线、基础结构混凝土模板位置线，以及基底高程和基础混凝土面高程。位置测量中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。高程测量中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。
- 9.2.6** 柱、墩基础施工完成后，应进行基础承台施工测量。基础承台施工测量应符合下列规定：
- 1 施工放样内容应包括中心或轴线位置、模板支立位置和顶面高程。
 - 2 基础承台中心或轴线位置测量中误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 、模板支立位置测量中误差不应超过 $\pm 7.5\text{mm}$ 、顶面高程测量中误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

9.3 柱、墩施工测量

- 9.3.1** 柱、墩施工前，应在不同测站对完成的柱、墩基础承台中心或轴线位置以及模板支立位置及尺寸、垂直度以及顶部高程进行测量检核，合格后进行柱、墩施工测量。
- 9.3.2** 柱、墩施工测量应符合下列规定：
- 1 中心或轴线位置应利用施工控制桩或精密导线点进行测设。
 - 2 施工模板位置线应以柱、墩中心和轴线控制，用全站仪或钢卷尺进行标定，并以墨线标记。
 - 3 模板支立铅垂度可使用全站仪或吊锤进行测量。
 - 4 高程可采用水准测量、用短视线三角高程、钢尺丈量等

方法，并应在设计高度标记高程线。

5 柱、墩施工测量精度不应超过 $\pm 3\text{mm}$ ，垂直度允许偏差应小于 1‰ 。

9.3.3 浇筑混凝土前，应对模板中心坐标和垂直度等进行复核测量，模板中心坐标测量精度不应超过 $\pm 3\text{mm}$ ，垂直度允许偏差应小于 1‰ 。

9.3.4 柱、墩施工完成后，应按下列要求测定柱、墩顶帽中心坐标和高程：

1 利用施工测量控制点，将柱、墩中心独立两次投测到柱、墩顶帽，两次投测较差应小于 3mm ；以两次投点连线的中点作为最终投点。并按本规范附录 E 中图 E.0.1 埋设中心标志；中心标志固定后应测量其点位坐标，其实测坐标与设计坐标较差应小于 10mm 。

2 利用水准仪和悬吊的钢尺，将高程传递到每一个柱、墩顶部的高程点上。高程传递按城市四等水准测量精度要求独立测量两次，其较差应小于 5mm ，并以两次测量高程的均值作为最终高程。高程传递宜按本规范附录 E.0.2 执行。

9.4 横梁施工测量

9.4.1 横梁施工前，应对柱（墩）顶部的中心位置、高程及相邻柱距进行检核和位置调整。依据检核后的控制点进行横梁位置的标定。

9.4.2 横梁现浇前应检测模板支立的位置、断面尺寸、方位和高程，其位置测量误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ，断面尺寸和高程测量误差不应超过 $\pm 1.5\text{mm}$ 。

9.4.3 预制梁安装前应检查其几何尺寸和预埋件位置，检查几何尺寸测量中误差应小于允许偏差值的 $1/5$ 。

9.5 纵梁施工测量

9.5.1 纵梁架设前应在横梁上恢复线路中线点和高程点，并应

对相邻柱、墩的跨距进行复核。

9.5.2 在横梁上测设纵梁轴线时，应以线路中线点、高程点和复核后的跨距为依据；测设完成后再以轴线为依据安装纵梁，以高程控制点为依据控制纵梁高程。

9.5.3 纵梁采用混凝土预制梁安装时，其中线和高程与线路设计中线和高程的较差应小于 5mm。

9.5.4 纵梁采用混凝土现浇梁时，应在现浇梁端模上测设线路中线和高程控制点，其测量精度均应小于 $\pm 5\text{mm}$ 。测放底模和侧模位置时，应以上述控制点为依据，且相对于上述控制点的误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

9.6 高架结构完成后的测量

9.6.1 高架桥结构施工完成后的竣工测量，应包括线路各级测量控制点的恢复和建筑限界测量。

9.6.2 各级测量控制点的恢复应符合下列规定：

1 需要恢复的测量控制点应包括线路平面、高程控制点和线路中线点。

2 恢复各级测量控制点应采用附和路线，其测量方法和精度应符合本规范第 9.1.2 条和第 9.1.3 条的规定。

3 分区、段施工的高架桥贯通后应以线路两侧卫星定位点、精密导线点和一、二等水准点为依据，采用附和导线形式进行控制点联测。

4 恢复后的各级测量控制点成果应作为后续测量工作的依据。

9.6.3 高架结构建筑限界测量应根据车站或区间、直线或曲线段的设计要求分别进行建筑限界断面测量，并应符合下列规定：

1 建筑限界断面测量应以恢复后的各级测量控制点为起算依据。

2 建筑限界横断面应垂直于线路中线，断面间距直线段宜为 12m，曲线段宜为 10m。

3 区间建筑限界横断面上测量点的位置应设置在防撞墙上或由设计确定。

4 车站站台侧的建筑限界横断面点测量内容应包括站台面与轨面的高度、站台沿与轨道中心线的距离、屏蔽门与站台沿或轨道中心线的距离以及设计指定的项目。

5 横断面底板上的限界控制点为线路中线点，各个横断面底板上的线路中线点形成底板纵断面。

6 断面测量、建筑限界断面测量方法和精度要求应符合本规范第 8.6.15 条～第 8.6.19 条的规定。

10 轨道施工测量

10.1 一般规定

10.1.1 轨道施工测量应包括铺轨控制测量和铺轨施工测量。铺轨控制测量可采用铺轨基标测量或任意设站控制网测量方法，铺轨施工测量应根据采用的铺轨控制测量方法，选择测设加密基标配合轨道尺方法或使用轨道几何状态检测仪方法。

10.1.2 铺轨控制测量应包括平面控制测量和高程控制测量；应以“两站一区间”为测量单元；应在隧道、高架桥、地面路基贯通后，且贯通误差和建筑限界符合要求或由于线路变更重新进行线路调整和限界检查合格后进行。

10.1.3 铺轨平面和高程控制测量采用的起算数据应分别起算于地面卫星定位点、精密导线点和二等水准点。根据地面、地下以及高架线路的特点选择起算点应符合下列规定：

1 地面和高架线路的铺轨控制网应分别直接起算于地面卫星定位点、精密导线点和二等水准点。

2 地下隧道和车站线路测设铺轨控制网前，宜按本规范第8.2节Ⅱ和Ⅲ技术要求重新测设近井导线和近井水准，并采用具有较高精度的两井定向等方法进行联系测量，并以该成果作为建筑限界检测和铺轨控制网测量起算数据。

3 铺轨控制测量前应对既有的起算控制点进行检核。

10.1.4 铺轨施工测量前，应对铺轨综合图和线路设计资料等进行全面的复核。

10.1.5 铺轨施工测量时，应对相邻已测设的轨道铺设控制点和已测设的防淹门控制点及其相互几何关系进行测量，满足限差要求时原测量成果应作为已知数据参与铺轨控制网平差计算。

10.2 铺轨基标测量

10.2.1 铺轨基标应根据铺轨综合设计图，利用贯通平差后的控制点进行测设。

10.2.2 铺轨基标分两级测设，一级为控制基标，二级为加密基标。基标测设时，应首先测设控制基标，然后利用控制基标测设加密基标。

10.2.3 铺轨基标可设置在线路中线上或线路中线的一侧。

10.2.4 道岔基标应依据道岔铺轨设计图，利用控制基标单独测设。道岔基标应设置在道岔直股和曲股的外侧，分为道岔控制基标和道岔加密基标，同样应先测设道岔控制基标，然后利用其再测设道岔加密基标。

10.2.5 控制基标应设置成等高等距，埋设永久标志；加密基标宜设置成等距不等高，埋设临时标志。

10.2.6 铺轨基标的标志类型，宜按本规范附录 F 中图 F.1.1 和图 F.1.2 进行设计。

10.2.7 铺轨基标应使用不低于Ⅱ级全站仪和 DS1 级水准仪测设。

10.2.8 铺轨基标测设完成后，应按本规范附录 F 中表 F.2.1、表 F.2.2 提交控制基标、加密基标和道岔基标测量成果表。

10.2.9 控制基标测量应符合下列规定：

1 控制基标在线路直线段宜每 120m 设置一个，曲线段除在曲线要素点上设置控制基标外，曲线要素点间距较大时还宜每 60m 设置一个，当曲线较短时可设置部分曲线要素点。

2 控制基标设置在线路中线上时，其平面位置可利用中线控制点测设，在直线上可采用截距法，在曲线上可采用极坐标等方法。控制基标设置在线路中线一侧时，可依据线路中线点或控制点采用极坐标法测设。控制基标高程可利用高程控制点，采用水准测量方法测设。

3 应采用初测、定测步骤测设控制基标，初测时，将基标

标志测设到实地并调整到设计的坐标和高程位置，并初步固定。定测时，对初步固定后的控制基标的平面坐标和高程进行检测和调整。

4 结构底板上控制基标的埋设位置应进行凿毛、植筋等处理，并采用添加速凝剂的混凝土固定基标。

5 控制基标埋设完成后，应对其进行检测，检测内容、方法与各项限差应符合下列规定：

- 1) 检测控制基标间夹角时，其左、右角各测两测回，左右角平均值之和与 360° 较差应小于 $6''$ 。距离往返观测各两测回，测回较差及往返较差应小于 5mm。
- 2) 直线段控制基标间的夹角与 180° 较差应小于 $8''$ ，实测距离与设计距离较差应小于 10mm；曲线段控制基标间夹角与设计值较差计算出的线路横向偏差应小于 2mm，弦长测量值与设计值较差应小于 5mm。
- 3) 控制基标高程测量应起算于施工高程控制点，按二等水准测量技术要求施测。控制基标高程实测值与设计值较差应小于 2mm，相邻控制基标间高差与设计值的高差较差应小于 2mm。
- 4) 各项限差满足要求后，应进行永久固定。对未满足要求的，应采用归化测量方法对其进行平面位置和高程调整，调整后按本条 1)～3) 款进行检查，直至满足限差要求。

10.2.10 加密基标测量应符合下列规定：

1 加密基标在线路直线段应每 6m、曲线段应每 5m 设置一个。

2 直线段加密基标应依据相邻控制基标采用截距法和水准测量方法，逐一测定加密基标的位置和高程，其平面位置和高程测定的限差应符合下列规定：

- 1) 相邻基标间距纵向误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。
- 2) 加密基标偏离两控制基标间的方向线应小于 2mm。

3) 相邻加密基标实测高差误差不应超过 $\pm 1\text{mm}$, 每个加密基标的实测高程误差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ 。

3 曲线段加密基标应依据曲线上的控制基标, 采用偏角法和水准测量方法, 逐一测设曲线加密基标的位置和高程, 其平面位置和高程测定的限差应符合本条第 2 款的要求。

4 直线和曲线加密基标测定后, 应按上述相应的平面位置和高程测定的限差要求进行检测, 各项限差满足要求后, 应进行固定。

5 加密基标为等高等距时, 其埋设步骤应符合第 10.2.9 条 3 款的规定。

10.2.11 道岔基标测量应符合下列规定:

1 各类道岔控制基标应按本规范附录 F 中图 F.1.3、图 F.1.4 和图 F.1.5 所示, 在下列位置进行埋设:

- 1) 单开道岔控制基标应测设在岔头、岔尾、岔心和曲股位置或一侧。
- 2) 复式交分道岔控制基标应测设在长轴和短轴的两端及岔头、岔尾位置或一侧。
- 3) 交叉渡线道岔控制基标应测设在长轴和短轴的两端、岔头、岔尾以及与正线相交的岔心位置或一侧。

2 道岔控制基标应利用控制基标采用极坐标法测设, 测设后应对道岔控制基标间及其与线路中线几何关系进行检测。

3 道岔控制基标间及其与线路中线几何关系应符合下列规定:

- 1) 道岔控制基标间距离与设计值较差应小于 2mm 。
- 2) 道岔控制基标高程与设计值较差应小于 2mm , 相邻基标间的高差与设计值较差应小于 1mm 。
- 3) 岔心相对于线路中线的里程(距离)与设计值较差应小于 10mm 。
- 4) 道岔控制基标与线路中线的距离和设计值较差应小于 2mm 。

- 5) 正线与辅助线相交的辙岔角实测值与设计值较差：单开道岔不应大于 $20''$ ，复式交分道岔、交叉渡线道岔不应大于 $10''$ 。

4 道岔控制基标经检测满足本条 3 款的限差要求后，应埋设永久标志。

5 道岔加密基标应利用道岔控制基标测设。测设后应进行几何关系检测，并应满足本规范第 10.2.10 条加密基标测设的技术要求。

10.2.12 铺轨基标测量完成后，应提交技术设计书和技术总结报告，并包括下列成果资料：

- 1 外业测量观测手簿及仪器检定证书。
- 2 控制点成果表和点之记。
- 3 铺轨基标成果表。

10.3 任意设站控制网测量

I 基本要求

10.3.1 任意设站控制网测量的平面和高程控制网采用的布网形式应按本规范附录 G 中 G.1.1 和 G.1.3 的要求进行。

10.3.2 控制点沿线路宜成对布设，各对控制点间距根据通视情况宜在 30m~60m 之内，并应按本规范附录 H 中图 H.0.1~图 H.0.3 所示和 H.0.4 要求，分别埋设于地下隧道侧墙上、站台廊檐侧面、高架桥面两侧防撞墙上、地面段接触网杆内侧，埋设高度应根据设备布置情况确定。控制点宜位于轨道面以上 0.3m 处，且应设置在稳固、不易破坏和便于测量的地方。控制点标识应清晰、齐全、便于准确识别和使用。

10.3.3 控制点应由埋设在建筑结构中的强制对中标志和可以装卸的照准连接件组成。并应符合下列规定：

- 1 测量标志应采用精密加工，用不锈钢等金属材料制作，强制对中标志和标志连接件的加工误差不应大于 0.05mm。

2 同一条线路或同一个城市应采用统一的控制点标志,控制点标志的重复性安装和互换性安装位置误差应符合表 10.3.3 的要求。

3 任意设站控制网测量、轨道施工、精调、轨道维护等各工序,应使用同一型号的控制点测量标志。

表 10.3.3 控制点标志安装精度要求

控制点标志安装方向	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

10.3.4 控制点的编号规则宜符合下列规定:

1 宜按公里数递增方向顺序进行编号,左侧控制点编号为奇数,右侧的控制点编号为偶数。

2 控制点编号宜统一为六位数,具体规则为:×(上下行标识 S 或 X)+××(里程整公里数)+×(表示任意设站控制点点号 C)+××(该千米段序号)。

3 编号应明显、清晰并采用统一规格字模、铭牌,严禁采用手写标识。

10.3.5 任意设站控制网测量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:方向测量中误差不应超过 $\pm 1''$,测距中误差不应超过 $\pm (1\text{mm}+2\text{ppm})$ 。

10.3.6 观测前应对全站仪进行检校,并按表 10.3.3 的精度要求对棱镜组件进行重复性和互换性检核。边长测量应进行温度、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 。

10.3.7 任意测站的编号规则宜符合下列规定:

1 测站点宜按公里数递增方向顺序进行编号。

2 测站点编号宜统一为六位数,具体规则为:××(里程

整千米数) + × × (表示测站点点号) + × × (该千米段序号)。
10.3.8 坐标换带处平面网计算时, 应分别采用相邻两个投影带的平面起算点进行约束平差, 并分别提交相邻投影带两套平面网的坐标成果, 两套坐标重合区段长度不应小于一个区间长度。

II 平面测量技术要求

10.3.9 任意设站控制网观测时, 每个任意测站观测不宜少于 4 对控制点, 其中重复观测控制点不宜少于 3 对。任意测站间距宜为 30m~60m, 任意测站到控制点的最远观测距离不宜大于 120m, 每个控制点应有 3 个任意测站的方向和距离观测值, 并按本规范附录 G 中 G.2.1 的要求填写观测手簿, 记录测站信息。
10.3.10 控制网水平方向应采用边角交会观测法进行观测, 如果分组观测, 应采用同一归零方向, 并重复观测一个方向。水平方向观测应符合表 10.3.10 的规定。

表 10.3.10 控制网水平方向观测技术要求

仪器测角精度	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
0.5"	2	6"	9"	6"
1"	3	6"	9"	6"

10.3.11 控制网距离观测应采用多测回距离观测法, 并应符合表 10.3.11 的规定。

表 10.3.11 控制网距离观测技术要求

测回数	半测回间距离较差	测回间距离较差
2	±1mm	±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。

10.3.12 任意设站控制网平面测量中, 有条件时地上段宜平均每隔 800m、地下段宜平均每隔 1km 按本规范附录 G 中 G.1.2 联测一个高等级控制点。当起算点密度和位置不满足要求时, 应

增设平面起算点。

10.3.13 平面测量可根据施工需要进行分段测量，分段测量的区段长度不宜小于 2km 或一个区间长度。相邻区段控制点重复观测不应少于 4 对，区段衔接处不应位于道岔区。区段之间衔接时，两区段独立平差后重叠点坐标差值应小于或等于 $\pm 3\text{mm}$ 。满足该条件后，应采用约束平差或余弦平滑方法进行区段衔接处理。

10.3.14 数据采集和数据处理软件应全线统一。平面数据处理时，应采用数据处理软件对外业观测数据再次进行质量检查，检查合格后方可进行平差。平差时，应先采用独立自由网平差，再采用合格的平面起算点进行固定约束平差。独立自由网平差后应满足表 10.3.14-1 的规定，固定约束平差后应满足表 10.3.14-2 的规定。

表 10.3.14-1 独立自由网平差后的限差要求

方向改正数	距离改正数
$\pm 3''$	$\pm 2\text{mm}$

表 10.3.14-2 固定约束平差后的技术要求

与起算点联测		任意设站 控制网联测		方向观测 中误差	距离观测 中误差	点位 中误差	相邻点 相对点位 中误差
方向 改正数	距离 改正数	方向 改正数	距离 改正数				
$\leq \pm 4.0''$	$\leq \pm 4\text{mm}$	$\leq \pm 3.0''$	$\leq \pm 2\text{mm}$	$\leq \pm 1.8''$	$\leq \pm 1\text{mm}$	$\leq \pm 3\text{mm}$	$\leq \pm 1\text{mm}$

10.3.15 进行任意设站控制网平面网复测时，采用的网形和精度指标应不低于原测。控制点复测与原测成果的 X、Y 坐标较差应分别小于或等于 $\pm 3\text{mm}$ ，且相邻点的复测与原测坐标增量 ΔX 、 ΔY 较差应分别小于或等于 $\pm 2\text{mm}$ 。较差超限时应分析判断超限原因，确认复测成果无误后，应对超限的控制点采用同精度内插方式更新成果。坐标增量较差应按下列公式计算：

$$\Delta X_{ij} = (X_j - X_i)_{\text{复}} - (X_j - X_i)_{\text{原}} \quad (10.3.15-1)$$

$$\Delta Y_{ij} = (Y_j - Y_i)_{\text{复}} - (Y_j - Y_i)_{\text{原}} \quad (10.3.15-2)$$

式中： ΔX_{ij} ——复测与原测 X 坐标增量较差；

ΔY_{ij} ——复测与原测 Y 坐标增量较差；

X_j 、 X_i ——分别为复测与原测 X 坐标；

Y_j 、 Y_i ——分别为复测与原测 Y 坐标。

10.3.16 平面控制网的平差计算取位应符合表 10.3.16 规定。

表 10.3.16 平面控制网的平差计算取位要求

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)
0.1	0.1	0.01	0.01	0.01	0.1

III 高程测量技术要求

10.3.17 任意设站控制网控制点高程精度应符合本规范二等水准点的技术要求。在高架段和地面段，应采用二等水准测量技术要求按本规范附录 G.1.3-1 的矩形环单程水准网进行观测，并构成图 G.1.3-2 所示矩形环单程水准测量闭合环，环闭合差应小于 1mm。在地下隧道段，宜采用自由测站三角高程测量方法，与平面测量同时进行。

10.3.18 高程测量时，水准路线附和长度不宜大于 2km，并进行往返观测。

10.3.19 高架段水准测量中，当桥面与地面间高差大于 3m 时，可采用悬挂钢尺法传递高程，也可采用本规范附录 J.0.1 所示不量仪器高和棱镜高的中间设站电磁波测距三角高程测量法传递。采用不量仪器高和棱镜高的中间设站电磁波测距三角高程测量法还应符合下列规定：

1 测量技术要求应符合表 10.3.19 的规定。

2 仪器与棱镜的距离不应大于 150m，前、后视距差不应超过 5m。

3 应进行两组独立观测。观测时棱镜高不变，测量温度、气压值并进行边长改正，两组高差较差不应大于 2mm，满足限差要求后，取两组高差平均值作为传递高差。

表 10.3.19 中间设站电磁波测距三角高程测量技术要求

垂直角测量			距离测量		
测回数	测回内指标差互差 (")	测回间垂直角较差 (")	测回数	测回内距离较差 (mm)	测回间距离较差 (mm)
4	5.0	5.0	4	2.0	2.0

10.3.20 高程测量可根据需要分区段测量，区段长度不宜小于 2km，区段间重叠观测点不应少于 2 对控制点。区段之间衔接时，前后区段独立平差的重叠点高程差值不应超过 $\pm 3\text{mm}$ ，本条条件满足后，应采用约束平差方法进行区段衔接处理。

10.3.21 高程测量数据处理时，应对外业观测数据进行质量检查，合格后进行闭合差计算，精度满足表 10.3.21 要求后方可进行平差计算。

表 10.3.21 高程测量水准路线的精度要求

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	检测已测段高差之差 (mm)	往返测不符值 (mm)	附和路线或环线闭合差 (mm)	左右路线高差不符值 (mm)
二等水准	2.0	4.0	$\pm 8\sqrt{L}$	$\pm 8\sqrt{L}$	$\pm 8\sqrt{L}$	$\pm 6\sqrt{L}$

注：表中 L 为往返测段、附和或环线的水准路线长度，单位 km。

10.3.22 高程控制网平差后，高程中误差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ ，相邻点高差中误差不应超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

10.3.23 采用任意设站控制网测量方法，应满足本节 II 平面测量技术要求，进行三角高程测量时，除应满足表 10.3.23-1 的规定外，还应符合下列规定：

表 10.3.23-1 任意设站三角高程测量技术要求

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
1", 1mm+10 ⁻⁶ × <i>d</i>	3	1mm	10"	6"

注：*d* 为距离测量值（单位 km）。

1 相邻点应由 3 个不同的任意测站点同时进行观测，取相邻点 3 个高差值，互差小于 3mm 时，应取距离加权平均值做为最后的高差值。

2 三角高程网每 1km 左右应与水准控制点进行高程联测。联测采用水准测量时，应按二等水准测量要求进行往返观测；联测采用三角高程测量时，应在水准控制点上架设固定高度的棱镜，并在不少于 2 个任意测站对其进行观测。

3 任意设站三角高程网应进行环线或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 10.3.21 的要求。

4 三角高程网应采用严密平差，平差后的各项精度指标应符合表 10.3.23-2 的规定。

表 10.3.23-2 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
±1mm	±1mm	±2mm	±1mm

10.3.24 高程复测时，采用的网形和精度指标应与原测相同。控制点复测与原测成果的高程较差不应超过±3mm，且相邻点的复测高差与原测高差较差应不超过±2mm 时，采用原测成果。较差超限时应分析超限原因，确认复测成果无误后，应对超限的点采用同精度内插方式更新成果。

10.3.25 高程控制网的平差计算取位，应按表 10.3.25 的规定执行。

表 10.3.25 高程控制网的平差计算取位要求

等级	往(返) 测距总和 (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)
二等水准	0.01	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1

10.3.26 任意设站控制网测量完成后，应提交技术设计书和技术总结报告，并应包括下列成果资料：

- 1 外业测量观测手簿及仪器检定证书。
- 2 外业高差各项改正数计算资料。
- 3 测量平差计算表。
- 4 平面、高程起算点点之记。
- 5 任意设站控制点平面和高程成果表。
- 6 控制网联测示意图，水准路线联测示意图。

10.4 铺轨施工测量

I 基本规定

10.4.1 铺轨施工测量应包括轨道安装测量、道岔安装测量和轨道精调测量，铺轨施工测量应以铺轨基标或任意设站控制网为基准，施工前应对其进行复测。

10.4.2 轨道施工偏差应符合现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 的规定。

10.4.3 轨道精调测量应在轨道锁定后，控制基标恢复或任意设站控制网复测完成的条件下进行。

II 铺轨基标轨道安装测量

10.4.4 轨道安装测量步骤和方法应符合下列规定：

- 1 铺轨施工前，应对控制基标和加密基标进行复测，对使用的道尺及丁字尺进行检校。

2 应以控制基标和加密基标为基准，利用道尺及丁字尺架设轨道或铺设轨排。

3 轨道或轨排调整时，其测量点应设置在支撑架位置，且间距直线段不宜大于 3m，曲线段不宜大于 2.5m。

4 轨道或轨排调整后，轨道的中心线偏差和轨顶面高程偏差及轨道的平顺性均应符合现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 的规定。

10.4.5 道岔安装测量方法、步骤和限差应符合下列规定。

1 根据道岔基标，应确定并调整岔头、岔尾的位置，并应保证岔头两股钢轨的横截面与钢轨垂直。

2 根据道岔外直股外侧基标，应使用丁字尺从岔头到岔尾依次根据限差要求调整道岔外直股的方向和高程。

3 在保持道岔外直股不动的前提下，应通过调节钢轨支撑架上位于内直股处轨卡的水平螺栓及立柱，依次根据限差要求调整道岔内直股的轨距、水平。

4 进行曲上股轨距、水平调整时，应按设计图纸，把道尺放在规定的支距点上，在保持外直股不动的前提下，通过依次调节钢轨支撑架上位于曲上股处轨卡的水平螺栓，使曲上股各点支距达到偏差要求。

5 进行曲下股轨距调整时，应在保持曲上股位置不变的前提下，通过调节钢轨支撑架上位于曲下股处的轨卡水平螺栓，调整曲下股各点轨距。

6 道岔调整时，应按道岔铺设图、整体道床布置图及铺设基标对道岔各部的几何状态进行调整。施工过程中随时检查道岔和混凝土轨枕的位置，道岔各部的几何状态不符合偏差要求时，应立即调整。

10.4.6 轨道精调测量应符合下列规定：

1 轨道精调应采用道尺、丁字尺和 10m 长的弦线进行，道尺和丁字尺使用前应进行检校。

2 利用控制基标对线路的绝对位置和高程进行测量，偏差

超过±10mm时，应结合相对平顺性检测结果进行线路调整。

3 对轨距和水平逐个扣件测量，轨道的扭曲、轨向和高低用10m弦线测量，每弦测量不应少于3个点。

Ⅲ 任意设站控制网轨道安装测量

10.4.7 轨道安装测量方法和步骤应符合下列规定：

1 铺轨施工测量前，应将平面、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，并应复核无误。

2 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，精度不应低于Ⅰ级全站仪。

3 利用任意设站的全站仪和轨道几何状态测量仪进行施测，每一站测量的距离不宜大于70m。

4 全站仪宜安置于线路中线附近，且位于控制点的中间，测站观测的控制点不宜少于3对。更换测站后，相邻测站重叠观测的铺轨控制点不应少于1对。测站精度应符合表10.4.7-1的要求。

表 10.4.7-1 测站精度要求

项目	X	Y	H	方向
中误差	$\pm \leq 1\text{mm}$	$\pm \leq 1\text{mm}$	$\pm \leq 1\text{mm}$	$\pm \leq 2''$

5 测站设置完成后，应先对周围控制点进行检核测量。检核控制点的坐标不符值应满足表10.4.7-2的要求。当控制点坐标X、Y、H不符值大于表10.4.7-2的规定时，该点不应参与平差计算。每一测站参与平差计算的控制点不应少于4个，且应分布在轨道安装范围。

表 10.4.7-2 控制点坐标不符值限差要求

项目	X	Y	H
控制点不符值限差	$\leq 2\text{mm}$	$\leq 2\text{mm}$	$\leq 2\text{mm}$

6 更换测站后，应重复测量上一测站测量的最后5个测点，

平面横向偏差之差和高程较差不应大于 2mm，轨距及超高较差不应大于 0.3mm。

7 轨排调整测量点设置位置以及轨排调整后，轨道中心线和轨顶面高程允许偏差，轨道的平顺性均应符合本规范第 10.4.4 条第 3 款、第 4 款的规定。

10.4.8 道岔安装测量方法和步骤应符合下列规定：

1 道岔两端应预留不小于 100m 的长度作为道岔与区间轨道衔接测量的调整距离。

2 道岔粗铺设前，应以任意设站控制点为依据，设置测站，安置全站仪，应按本规范附录 F.1.3、F.1.4 或 F.1.5 进行道岔控制基标和加密基标测设。道岔控制基标横向允许偏差不应大于 1mm。相邻道岔控制基标间距和高差允许偏差应分别小于 2mm、1mm。

3 道岔调整应遵循“先整体，后局部；先直股，后曲股；先高低，后方向；两端线路顺接”的原则，先进行道岔直股测量，再进行道岔曲股测量。调整测量宜采用任意设站全站仪配合轨道几何状态测量仪进行。道岔平面位置及高程调整偏差均不应大于±5mm。

10.4.9 轨道精调测量方法和步骤应符合下列规定：

1 轨道精调前应按本规范第 10.3.15 条和第 10.3.24 条的要求对任意设站控制网进行复测，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。

2 轨道精调应采用全站仪任意设站方式配合轨道几何状态测量仪进行，每一测站最大测量距离不应大于 70m，全站仪设站应满足本规范第 10.4.7 条的要求。

3 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 5 个测点，平面、高程重复测量偏差不应大于 2mm，轨距及超高重复测量偏差不应大于 0.3mm。

4 测量内容应包括线路中线位置、轨面高程、轨距、水平、扭曲、轨向、高低。

5 测量完成后，应根据轨道静态平顺性限差要求，计算出测点扣件轨道调整量。

11 车辆基地施工测量

11.1 一般规定

11.1.1 车辆基地施工测量应包括施工控制网测量、施工测量和线路测量。

11.1.2 车辆基地平面和高程系统应与相应线路一致。线路的一、二等卫星定位平面控制网点和一等水准高程控制网点应作为车辆基地起算数据，各类控制点个数不应少于 3 个。

11.1.3 测量前应收集设计和已有测绘资料，宜包括下列主要内容：

- 1 车辆基地总平面布置图。
- 2 车场线、出入线与正线和地面铁路的联络线线路设计图。
- 3 车场内相关的建筑物结构平面设计图。
- 4 已有的测量资料。
- 5 其他与车辆基地测量有关的文件资料。

11.2 施工控制网测量

11.2.1 施工控制网应包括施工平面控制网和施工高程控制网。

11.2.2 车辆基地平面和高程施工控制网应分别附合在一、二等平面控制网和一等高程控制网上，其测量精度应符合下列规定：

- 1 施工平面控制网测量精度不应低于本规范第 3 章三等平面控制网的测量精度。
- 2 施工高程控制网测量精度不应低于本规范第 4 章二等高程控制网的测量精度。

11.2.3 施工平面控制网宜采用全站仪电磁波测距导线或导线网、卫星定位等方法；施工高程控制网可采用附合水准路线或结点水准网等形式布网。

11.2.4 施工平面控制网布设应参考车辆基地总平面布置图，并应符合下列规定：

1 控制网应便于与高一级控制点联测和下一级施工控制网的扩展。

2 控制网宜布设在车辆基地的周边及建设空地上，对控制点应进行加固和保护，满足建设期间施工需要。

3 控制点埋石应符合本规范第 3 章的要求。

11.2.5 施工平面控制网测量应符合下列规定：

1 施工平面控制网采用卫星定位方法测量时，测量主要技术要求和测量作业技术要求应符合表 11.2.5-1、表 11.2.5-2 的规定。观测及数据处理等技术要求还应符合本规范第 3 章的规定。

表 11.2.5-1 卫星定位测量主要技术要求

平均边长 (m)	最弱点的点位 中误差 (mm)	相邻点的相对 点位中误差 (mm)	最弱边的相 对中误差
350	±10	±8	1/50000

表 11.2.5-2 卫星定位测量作业技术要求

项 目	技 术 要 求
观测方法	静态
接收机类型	双频或单频
观测量	载波相位
接收机标称精度	$\leq (10\text{mm} + 5 \times 10^{-6} \times D)$ (D 是相邻点间的距离)
卫星高度角	$\geq 15^\circ$
同步观测接收机台数	≥ 3
有效观测卫星数	≥ 4
平均重复设站数	≥ 1.6
观测时段长度 (min)	≥ 45
数据采样间隔 (s)	10~15
点位几何图形强度因子 (PDOP)	≤ 6

2 施工平面控制网采用导线或导线网测量时，其水平角和边长观测、数据处理及精度等技术指标应符合本规范第 3.3 节的规定。

11.2.6 施工高程控制网测量应符合下列规定：

1 施工高程控制网应一次布设，控制点数量应不少于 3 个，并应进行加固和保护，满足建设期间施工需要。

2 控制点埋石应符合本规范第 4 章的规定。

3 施工高程控制测量应按本规范第 4 章二等水准测量技术要求施测。

11.3 施 工 测 量

11.3.1 车辆基地施工测量应包括施工场地测量、建筑及附属设施测量。

11.3.2 施工场地测量应包括场地平整、施工道路、临时管线敷设、临时建筑以及场地布置等测量工作，并应符合下列规定：

1 场地平整测量应根据总体设计及施工方案的有关要求进行。采用方格网法时，方格网边长在平坦场区宜为 $20\text{m} \times 20\text{m}$ ，地形起伏场区宜为 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 。

2 施工道路、临时管线与临时建筑等的位置，应利用场区测量控制点，根据施工现场总平面图，采用极坐标方法进行施工放样。

3 施工场地测量的允许误差应符合表 11.3.2 的规定。

表 11.3.2 施工场地测量允许误差 (mm)

内 容	平面位置误差	高程误差
场地方格网测量	100	30
场区施工道路	150	50
临时上下水管道	150	50
临时电缆管线	150	50
其他临时管线	150	50
临时建筑	150	50

4 对施工场地内需要保留的原有地下建筑、地下管线、古树等应采用双极坐标法进行细部测量，且应符合图根控制点的精度要求。

11.3.3 建筑施工测量应包括建筑轴线施工控制测量、建筑及附属设施细部点放样测量等，并应符合下列规定：

1 建筑轴线施工平面控制网宜布设成矩形、十字轴线或平行于建筑外轮廓的多边形，并根据建筑物结构类型，平面控制网分为三个等级，其主要技术要求应符合表 11.3.3 的规定。

表 11.3.3 建筑施工平面控制网主要技术要求

等级	适用范围	测角、测距中误差		测距边长相对中误差
		测角 (")	测距 (mm)	
一级	钢结构、超高层等连续性高的建筑	±9	±3	1/24000
二级	框架高层等连续性一般的建筑	±12	±5	1/15000
三级	一般建筑	±24	±10	1/8000

2 建筑施工高程控制网，可直接利用车辆基地施工高程控制点，或在其基础上加密的高程控制点。加密高程控制点时，应采用水准测量方法，并构成附（闭）合水准路线。建筑施工高程控制测量精度要求，应执行本规范第 4 章二等水准测量的规定。

3 放样测量应依据施工控制网和设计图进行。放样测量前应对设计资料及放样数据进行复核和验算。平面放样测量宜采用极坐标法、直角坐标法和交会法等。高程放样测量宜采用水准测量方法。

4 建筑轴线和建筑细部放样以及竖向投测误差应小于建筑施工允许偏差的 $1/3 \sim 1/2$ 。

5 放样后，应进行检核测量。检核测量内容应包括建筑轴线和建筑细部放样点的平面坐标以及 50 线或 1m 线的高程等。放样点平面设计坐标与实测坐标分量较差应分别小于 10mm，50 线或 1m 线的设计高程与实测高程较差应小于 10mm。

11.4 线路测量

11.4.1 车辆基地线路应包括出入段线、车场线及地面联络线等，其测量内容应包括定线测量、线路路基施工测量和铺轨测量。

11.4.2 定线测量、线路路基施工测量应符合本规范第 7 章的规定。

11.4.3 铺轨测量应根据车辆基地线路特点进行，并应符合本规范第 10 章的规定。

11.4.4 车辆基地线路与既有的正线或地面铁路衔接时，应进行接轨点的坐标、高程和里程测量，还应从接轨点起对既有线路进行不小于 100m 长度的线路测量。对既有线路测量时，应测量每 10m 间距的轨顶面高程、线路中线、曲线要素点的位置，并应对曲线半径和路基、上部建筑结构进行收集和调查。

12 磁悬浮和跨座式单轨交通工程施工测量

12.1 磁悬浮轨道交通工程施工测量

12.1.1 磁悬浮轨道交通工程测量内容应包括线路控制网测量、高架结构施工测量、轨道梁控制网测量、轨道梁定位测量。

12.1.2 线路平面控制网测量应执行本规范第 3.2 节二等控制网的规定，且控制点应埋设强制对中标志。

12.1.3 线路高程控制测量应符合下列规定：

1 高程控制网应分两级布设，首级高程控制网布设在地面上，应按本规范第 4 章一等水准测量技术要求施测；次级高程控制网布设在盖梁和轨道梁上，应按本规范第 4 章二等水准测量技术要求施测。

2 高程控制网应布设成附合路线、闭合路线或结点网。

12.1.4 高架结构施工测量应执行本规范第 9 章的要求。

12.1.5 轨道梁铺设时应建立平面控制网。轨道梁平面控制网测量应符合下列规定：

1 轨道梁平面控制网应起算于线路平面控制网。分段布设时，每一段两端应至少包含两个控制点。相邻段轨道梁平面控制网应设立重合点。

2 控制网宜采用边角网的形式进行布设，相邻控制点间应通视。

3 控制点应埋设在盖梁和轨道梁上，并与地面上已有的高架结构施工控制点组成控制网。盖梁上控制点的点间距宜为 100m~150m，地面上的高架结构施工控制点平均间距宜为 350m。

4 控制点应采用强制对中标志。

5 轨道梁平面控制网测角中误差不应超过 $\pm 0.7''$ ，边长测

距中误差不应超过 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

6 施工中，对轨道梁平面控制网应经常进行检测并进行稳定性评价，检测方法和精度应与初测一致。

12.1.6 轨道梁定位测量应符合下列规定：

1 轨道梁定位精度：X、Y、Z 的实测值与设计值较差均应小于 $\pm 1\text{mm}$ 。

2 轨道梁定位测量起算于布设在轨道梁上的控制点，使用前应进行稳定性检测，确认稳定后方可进行轨道梁定位测量。

3 轨道梁定位宜分为基准梁定位和中间梁定位。基准梁和中间梁应交错布置，宜先进行高程定位，然后再进行平面定位。

4 基准梁定位应采用满足定位精度要求的全站仪与水准仪，测定轨道梁的三维空间位置，通过调位千斤顶精确定位；中间梁定位应根据游标卡尺等量测出的与基准梁的相对位置数据，利用调位千斤顶精密定位；测量数据应进行温度改正；

5 搁置在盖梁上的轨道梁定位和精调，应经检测确定高架结构沉降稳定后进行。

12.1.7 轨道梁铺设完成后，应利用限界检查专用设备进行建筑限界检查测量。

12.2 跨座式单轨交通工程施工测量

12.2.1 跨座式单轨交通工程测量内容应包括平面和高程控制网测量、隧道施工测量、高架结构施工测量和轨道梁架设测量。

12.2.2 平面和高程控制网应执行本规范第 3 章和第 4 章的规定，控制点宜埋设强制对中标志。

12.2.3 隧道施工测量应执行本规范第 8 章的技术规定。

12.2.4 高架结构施工测量应符合下列规定：

1 基础、柱、墩测量应执行本规范第 9 章的相关技术规定；

2 盖梁、支座、预埋件安装等测量工作宜采用极坐标法进行放样，安装位置与设计值允许偏差和测量允许误差应符合表 12.2.4 的规定。

表 12.2.4 盖梁、支座、预埋件安装精度要求

测量项目	与设计值允许偏差	测量允许误差
前后左右边缘距中心点尺寸	$\pm 10\text{mm}$	$\pm 3\text{mm}$
盖梁顶面高程	$0\text{mm} \sim -10\text{mm}$	$0\text{mm} \sim -3\text{mm}$
基座板平面位置	横向 $\pm 5\text{mm}$ 纵向 $\pm 5\text{mm}$	横向 $\pm 2\text{mm}$ 纵向 $\pm 2\text{mm}$
基座板高程	$0\text{mm} \sim -5\text{mm}$	$0\text{mm} \sim -2\text{mm}$
相邻桥墩支座锚箱间距	$\pm 5\text{mm}$	$\pm 2\text{mm}$
基座板平面角度	$\pm 3\%_{\text{e}}\text{rad}$	$\pm 1\%_{\text{e}}\text{rad}$
支撑垫石超高误差	$\pm 1/300\text{rad}$	$\pm 1/900\text{rad}$

12.2.5 轨道梁架设测量应符合下列规定：

1 轨道梁架设前，应对成品轨道梁的梁宽、梁高、梁长、走行面垂直度、端面倾斜度、两端面中心线夹角、顶面线形、侧面线形、指形板与梁表面高差和支座位置等进行检测，检测与设计值允许偏差和测量允许误差应满足表 12.2.5 轨道梁线形精度要求。

表 12.2.5 轨道梁线形精度要求

测量项目	与设计值允许偏差	测量允许误差
梁宽	端部 $\pm 2\text{mm}$ ， 中部 $\pm 4\text{mm}$	端部 $\pm 1\text{mm}$ ， 中部 $\pm 1.5\text{mm}$
梁高	$\pm 10\text{mm}$	$\pm 3\text{mm}$
梁长	$\pm 10\text{mm}$	$\pm 3\text{mm}$
走行面垂直度	$\pm 5\%_{\text{e}}\text{rad}$	$\pm 2\%_{\text{e}}\text{rad}$
端面倾斜度	$\pm 5\%_{\text{e}}\text{rad}$	$\pm 2\%_{\text{e}}\text{rad}$
两端面中心线夹角	$\pm 5\%_{\text{e}}\text{rad}$	$\pm 2\%_{\text{e}}\text{rad}$
顶面线形	整体 $\pm L/2000$ ， 局部 $\pm 3\text{mm}/4\text{m}$	整体 $\pm L/3000$ ， 局部 $\pm 1\text{mm}/1.5\text{m}$

续表 12.2.5

测量项目	与设计值允许偏差	测量允许误差
侧面线形	整体 $\pm L/2000$, 局部 $\pm 3\text{mm}/4\text{m}$	整体 $\pm L/3000$, 局部 $\pm 1\text{mm}/1.5\text{m}$
指形板与梁表面高差	$\pm 2\text{mm}$	$\pm 0.7\text{mm}$
支座位置	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 0.4\text{mm}$

注：L 表示轨道梁长（单位：mm）。

2 轨道梁架设测量应使用全站仪和水准仪施测，施测后应进行检查测量。轨道线路中心横向允许偏差应小于 $\pm 25\text{mm}$ ；轨道梁线间距允许偏差范围应在 $0\text{mm} \sim +25\text{mm}$ 之内；轨道梁端轨面高程允许偏差范围应在 $-15\text{mm} \sim +30\text{mm}$ 之内；轨道梁端轨面横坡允许偏差应小于 $\pm 7\text{‰}$ rad。

3 表 12.2.5 中测量项目的测量中误差，应为测量允许偏差的 $1/2$ 。

12.2.6 轨道梁架设完成后，应对轨道梁连接处线形和错台进行测量。轨道梁连接处水平线形曲线（弦长 20m ）允许偏差应小于 $\pm 20\text{mm}$ ，直线（弦长 4m ）允许偏差应小于 $\pm 5\text{mm}$ ；轨道梁竖向线形（弦长 4m ）允许偏差应小于 $\pm 5\text{mm}$ ；顶面和侧面错台允许偏差应小于 $\pm 2\text{mm}$ 。测量中误差为其允许偏差的 $1/2$ 。

12.2.7 现浇轨道梁和钢轨道梁架设测量应满足本规范第 12.2.5 条和第 12.2.6 条规定，其他特殊轨道梁架设应根据设计要求编制测量方案。

12.2.8 道岔安装测量应使用全站仪和水准仪采用极坐标法施测，施测后应进行检查测量。各项允许偏差应符合下列规定：

1 道岔安装前，岔前点和岔后点平面位置和高程允许偏差均应小于 $\pm 3\text{mm}$ ；同组道岔各安装底板的基准中心与放线基准线的垂直允许偏差应小于 $\pm 2\text{mm}$ ；同一走行轨的各测点间高差允许偏差应小于 $\pm 1\text{mm}$ ；相邻走行轨间高差允许偏差应小于 $\pm 3\text{mm}$ ；相邻走行轨间距允许偏差应小于 $\pm 5\text{mm}$ 。

2 道岔安装后，活动端的转辙量允许偏差应小于 $\pm 3\text{mm}$ ，且直线状态下道岔钢梁应满足本规范第 12.2.5 条和第 12.2.6 条规定。

3 道岔安装前、后的各项测量中误差，应为其允许偏差的 $1/2$ 。

12.2.9 车辆运行前，应利用限界检查专用设备，进行建筑限界和特殊限界检查测量。

13 设备安装测量

13.1 一般规定

13.1.1 设备安装测量应包括接触轨与架空接触网、防淹门与疏散平台、行车信号与线路标志、车站站台与屏蔽门的安装测量。

13.1.2 安装测量方案应依据设备安装设计图进行编制，并经审批后实施。

13.1.3 设备安装应以铺轨基标或任意设站控制网点为起算数据，进行各项设备安装测量。

13.1.4 在隧道边墙上测设设备安装 1m 控制线时，1m 控制线上控制点间距应小于 10m，高程中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

13.1.5 设备安装限差应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 对设备限界的规定。

13.1.6 设备安装完成后应进行设备限界测量，对侵入限界的设备进行调整后应重新进行限界测量。

13.2 接触轨与架空接触网安装测量

13.2.1 接触轨与架空接触网的放样，宜采用极坐标方法或任意设站多点后方交会法进行平面位置放样。宜采用水准测量或电磁波测距三角高程方法测定接触轨、架空接触网支架高程。

13.2.2 接触轨安装测量应包括底座和轨条安装测量。应以相邻走行轨内缘为安装基准，安装方法和允许偏差应符合下列规定：

1 底座安装测量应测设底座位置平面坐标和高程，底座中心与相邻走行轨内缘距离和高程允许偏差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ 。

2 轨条安装应以底座中心为基准，轨条中心至相邻走行轨道内缘的水平距离允许偏差不应超过 $\pm 6\text{mm}$ ，轨条顶面与相邻走行轨道顶面高程允许偏差不应超过 $\pm 6\text{mm}$ 。

3 安装定位测量误差为安装允许偏差的 $1/2$ 。

13.2.3 架空接触网安装测量内容和测量误差应符合下列规定：

1 隧道外架空接触网安装测量内容应包括支柱、硬横跨钢梁、软横跨钢梁和定位装置的安装定位，安装方法和安装允许误差应符合现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 的施工技术要求。

2 隧道内架空接触网安装测量内容应包括支撑结构的底座、定位臂、弹性支撑以及接触悬挂等的安装定位等，安装方法和安装允许误差应符合现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 中的工程验收技术要求。

3 安装定位测量误差应为安装允许偏差的 $1/2$ 。

13.2.4 安装完成后，应按《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 中的工程验收规定，对接触轨、架空接触网与轨道或线路中线的几何关系进行检查与验收测量。

13.3 防淹门与疏散平台安装测量

13.3.1 防淹门与疏散平台安装测量，应在隧道内铺轨控制网测量完成后进行，并根据施工设计图，对防淹门、疏散平台进行放样测量。

13.3.2 防淹门安装测量应包括对防淹门导轨支撑基础的平面、高程及防淹门中心的位置、轴线及高程进行放样，放样方法和精度要求应符合下列规定：

1 导轨支撑基础的平面位置应采用极坐标法放样，放样位置与设计位置的较差不应大于 5mm，平面放样中误差不应超过 $\pm 2.5\text{mm}$ ；高程应采用水准测量方法测定，其与设计高程的较差不应大于 2mm，高程放样中误差不应超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

2 防淹门门框中心与设计值较差 X 方向不应大于 2mm、Y 方向不应大于 2mm，与线路中线的横向偏差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ ，下门框高程与设计值较差不应大于 3mm，平面放样中误差不应超过 $\pm 1\text{mm}$ 、高程放样中误差不应超过 $\pm 1.5\text{mm}$ 。

13.3.3 疏散平台安装测量应包括疏散平台支架和平台的安装测量，并应符合下列规定：

1 疏散平台支架包括悬臂式钢支架结构和 T 形钢支架结构，其结构高度和间距应符合设计要求。支架安装时，应以设备安装 1m 控制线为依据，测定支架位置，支架中心间距安装允许误差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ，纵向高度允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

2 疏散平台铺设后，其边缘与轨道中线的距离允许偏差应为 $-10\text{mm}\sim +30\text{mm}$ 。

3 测量放样误差应小于允许误差的 $1/2$ 。

13.4 行车信号与线路标志安装测量

13.4.1 行车信号安装测量应包括自动闭塞的信号灯支架和停车线标志的放样，其里程位置允许偏差不应超过 $\pm 100\text{mm}$ ，放样中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ 。

13.4.2 线路标志安装测量应包括线路的千米标、百米标、坡度标、竖曲线标、曲线元素标志、曲线要素（曲线的半径、缓和曲线、圆曲线）长度标志和道岔警冲标位置的放样。放样位置、允许偏差和放样中误差应符合下列规定：

1 线路标志放样宜以设备安装 1m 控制线为依据，标定在隧道右侧距轨面 1.2m 高处边墙上，也可标定在钢轨的轨腰上。

2 边墙上标志里程允许偏差不应超过 $\pm 100\text{mm}$ ，轨腰上标志里程允许偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

3 在边墙上、轨腰上的线路标志里程放样中误差分别不应超过 $\pm 50\text{mm}$ 、 $\pm 2.5\text{mm}$ 。

13.4.3 钢轨轨腰上的线路标志，应在整体道床施工和无缝钢轨锁定完毕后进行标定。

13.5 车站站台与屏蔽门安装测量

13.5.1 车站站台测量应包括站台沿位置和站台大厅高程测量。测量工作应根据施工设计图和现行国家标准《地下铁道工程施工

及验收规范》GB 50299 中站台施工测量的技术要求进行。

13.5.2 车站站台沿测量应采用极坐标法进行放样，其与线路中线距离允许偏差为 $0\text{mm}\sim+3\text{mm}$ 。

13.5.3 站台大厅高程应采用水准测量方法或电磁波测距三角高程方法测定，其高程允许偏差不应超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

13.5.4 车站屏蔽门安装应根据施工设计图和车站隧道的结构断面进行，采用极坐标法放样屏蔽门在顶、底板的位置，其实测位置与设计较差不应大于 10mm 。

14 竣工测量

14.1 一般规定

14.1.1 竣工测量应包括控制网检测与控制点恢复测量、轨道竣工测量、线路建筑结构竣工测量、线路设备竣工测量和地下管线竣工测量。

14.1.2 竣工测量采用的坐标系统、高程系统、图式等应与原施工测量一致。

14.1.3 竣工测量时，应收集已有的测量资料并进行实地检测；对符合要求的测量资料应予利用，对已经变更的测量资料应重新测量。重新测量的方法和精度要求应与原施工测量相同，并按实测的资料编绘竣工测量成果。

14.1.4 竣工测量成果精度及资料应符合国家城市轨道交通工程竣工测量与验收的要求。

14.1.5 竣工测量完成后应提交竣工测量有关综合性技术文件，其中应包括下列成果资料：

- 1 竣工测量成果表。
- 2 竣工测量成果图。
- 3 竣工测量报告。
- 4 竣工测量资料电子文档。

14.2 控制网检测与控制点恢复测量

14.2.1 竣工测量前应对卫星定位控制网、精密导线网、水准网和铺轨控制网进行检测。

14.2.2 当需对已经毁坏、丢失的控制点恢复时，应在检测控制网的同时以不低于原测精度进行控制点恢复。

14.2.3 卫星定位控制网、精密导线网、水准网检测与控制点恢

复测量应按本规范第 3 章、第 4 章规定进行。铺轨控制网检测与控制点恢复测量应符合本规范第 10.2 节或第 10.3 节的规定。

14.3 轨道竣工测量

14.3.1 轨道竣工并锁定后应进行轨道竣工测量。

14.3.2 轨道竣工测量应以检测或恢复后的铺轨控制点为基准，进行轨道几何状态测量。

14.3.3 轨道几何状态测量内容和允许偏差应符合下列规定：

1 直线段应每 6m，曲线段应每 5m 测量右股钢轨的平面位置和高程以及两股钢轨间的轨距和水平，曲线段还应加测轨距加宽量和外轨对内轨的超高量。线路中心线的允许偏差不应超过 $\pm 2\text{mm}$ ，轨道高程允许偏差不应超过 $\pm 1\text{mm}$ ，轨距允许偏差应为 $-1\text{mm} \sim +2\text{mm}$ ，左、右轨的水平允许偏差不应超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

2 道岔区应按本规范 10.2.11 条第 1 款的要求分别测量道岔轨道的位置、距离、高程以及轨距。道岔岔心里程位置允许偏差不应超过 $\pm 15\text{mm}$ ，轨顶全长范围内高低差应小于 2mm，道岔轨道的高程、水平、轨距以及距铺轨基标距离的允许偏差应符合本规范第 14.3.3 条第 1 款技术要求。

3 测量中误差为允许偏差的 1/2。

14.3.4 铺轨控制网采用铺轨基标时，轨道几何状态测量应符合下列规定：

1 竣工测量前，对使用的仪器和道尺、丁字尺和 10m 长的弦线应进行检校。

2 利用控制基标使用仪器和设备对线路进行测量，测站最大测量距离不应大于 70m。

3 测量内容应包括线路中心线和轨道的扭曲、轨向和高低。

14.3.5 铺轨控制网采用任意设站控制网时，轨道几何状态测量应符合下列规定：

1 采用全站仪任意设站方式配合轨道几何状态测量仪进行，

每一测站最大测量距离不应大于 70m。

2 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 5 个测点，更换测站重复测量精度应满足本规范第 10.4.9 条第 3 款的要求。

3 测量内容应包括线路中线位置、轨面高程、轨距、水平、扭曲、轨向、高低。

14.3.6 测量完成后应按本规范第 14.3.4 条和第 14.3.5 条要求提供轨道几何状态测量成果。

14.4 建筑结构竣工测量

14.4.1 建筑结构竣工测量内容应包括区间地面线、隧道、高架桥、车站结构限界竣工测量和其附属建筑竣工测量。

14.4.2 进行建筑结构竣工测量时，应首先对已有实测的测绘资料进行抽检，合格后经编绘与新测资料一同作为竣工测量成果，并应符合下列规定：

1 进行外业抽检测量时，应以检测或恢复后的控制点为依据，抽检比例不应少于 30%。

2 抽检的结构限界断面测点数量、位置、测量方法和精度，应执行本规范第 7 章、第 8 章和第 9 章的规定。检测值与原测值较差不应大于 25mm。

3 区间防淹门结构竣工测量，应按本规范附录 K 中图 K.1.1 进行隧道瓶颈口 A、B、C、D 四个断面的测量，测量允许误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

4 经抽检合格的限界其测量资料应作为竣工测量成果，对不合格的限界应对其处理后重新测量，并按重新实测的资料编绘限界竣工测量成果。

14.4.3 建筑结构竣工测量成果应符合下列规定：

1 对地面线应进行路基、轨道和附属设施的平面位置、高程测量。对地下区间隧道和地下车站及附属设施应进行其结

构内侧平面位置、高程和结构尺寸的测量，并调查结构厚度。对高架桥、高架车站及其柱（墩）应进行其平面位置、高程、结构尺寸以及主要角点距相邻建筑的距离测量。对车站出入口、通道和区间风道结构应进行其平面位置、高程和结构尺寸测量。

2 地下区间隧道和地下车站及附属设施的结构厚度，宜根据地下施工测量成果或设计资料确定。

3 应对符合本规范第 14.4.2 条要求的已有实测测绘资料与符合本条要求的新测测绘资料经整理后一同作为竣工测量成果。

14.5 设备竣工测量

14.5.1 设备竣工测量内容应包括接触轨、架空接触网、风机以及行车信号与线路标志设备的竣工测量。

14.5.2 竣工测量时，应以铺轨控制点为测量基准进行设备竣工测量。

14.5.3 接触轨、架空接触网竣工测量，在直线段每 30m，曲线段每 10m，按本规范附录 K 中图 K.1.2 测量接触轨与左轨和架空接触网与右轨的间距（ d 、 d' ）和高差（ Δh 、 $\Delta h'$ ），并按本规范附录 K 中表 K.2.1 填写竣工测量记录。接触轨和架空接触网平面允许偏差分别不应超过 $\pm 6\text{mm}$ 、 $\pm 10\text{mm}$ ，高程允许偏差应分别不应超过 $\pm 6\text{mm}$ 、 $\pm 10\text{mm}$ ，测量中误差应为允许偏差的 1/2。

14.5.4 风机和风管位置竣工测量时，应对其轴线、消音墙以及风管与线路轨道立体相交处的平面位置和高程进行测量。

14.5.5 行车信号与线路标志竣工测量内容应包括其里程、与轨道的水平距离和高差测量。其中岔区的警冲标，应测定其到撤岔中心的距离以及与两侧钢轨的垂距。测量精度应符合本规范第 13.4 节要求。

14.5.6 对车站站台两侧边墙广告箱等应测定其与轨道之间的水平距离和高差，测量中误差不应超过 $\pm 10\text{mm}$ 。

14.6 地下管线竣工测量

14.6.1 地下管线竣工测量内容应包括城市轨道交通工程建设所涉及的施工拆迁、改移、复原的现有管线和新建管线。

14.6.2 地下管线竣工测量应符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的相关规定，并应符合下列规定：

1 在竣工覆土前，应测定各种管线起点或衔接点、转折点、分支点、交叉点、变坡点的管线（或管沟）中心以及每个检查井中心、小室轮廓角点的坐标和高程，实测其管径、结构尺寸和管底或管外顶的高程。

2 对于覆土前未测量的点，应设置临时参考点和参考方向，并应测量管线点与临时参考点的相对关系；覆土后应统一测定临时参考点的位置，并应换算出管线的实际坐标和高程。

3 测量仪器、测量方法和精度要求应执行本规范第 6.2 节有关规定。

14.6.3 竣工测量完成后应提交报告书，报告书中应包括下列内容：

- 1 管线测量成果表。
- 2 管线平面综合图。
- 3 管线纵断面图。
- 4 小室大样图等。

14.7 磁悬浮和跨座式单轨交通工程竣工测量

14.7.1 磁悬浮轨道交通工程竣工测量应符合下列规定：

1 轨道梁竣工测量应以本规范第 3.2 节二等控制网和第 4 章二等水准点为依据，按本规范第 12.1 节第 12.1.6 条技术要求进行轨道梁竣工测量，测量误差为允许偏差的 1/2。

2 除轨道梁以外的主体结构和附属设施等竣工测量，应执行本章第 14.4 节规定。

14.7.2 跨座式单轨交通工程竣工测量应符合下列规定：

1 轨道梁竣工测量应以本规范第 3.2 节二等控制网和第 4 章二等水准点为依据，按本规范第 12.2.5 条技术要求进行轨道梁竣工测量，测量误差为允许偏差的 1/2。

2 除轨道梁以外的主体结构和附属设施等竣工测量，应执行本规范第 14.4 节规定。

15 变形监测

15.1 一般规定

15.1.1 城市轨道交通在建工程和建成后线路应根据设计要求和建设工程及工程环境特点，对工程结构自身及其周边环境进行变形监测。

15.1.2 变形监测方案应根据变形体埋深、结构特点、支护类型、开挖方式以及岩土工程条件、建筑场地变形区内环境状况和施工设计等因素制定，并应包括变形体和环境条件产生异常时的应急变形监测方案。

15.1.3 变形监测应包括下列项目：

1 施工阶段应包括对工程的支护结构、结构自身以及周边变形区内的地表道路、建筑、管线、既有轨道线路和市政隧道等的变形监测。

2 运营阶段应包括受自身运营或周边建设对线路的轨道、道床、建筑结构影响和自身运营对周边地表道路、建筑、管线、既有轨道线路和市政隧道等影响的变形监测。

15.1.4 初始变形监测时间应根据全线或各施工段开工时间、工程进度以及工程需要及时确定。

15.1.5 变形监测可采用几何测量、物理传感器测量方法。

15.1.6 变形监测网应分为平面监测网和高程监测网，并应分别由基准点、工作基点和变形监测点组成。变形监测控制网应分为平面监测控制网和高程监测控制网，并应分别由基准点和工作基点组成。

15.1.7 变形监测点宜按本规范附录 L 中图 L.0.2 的类型埋设，并应符合下列规定：

1 变形监测点应埋设在变形体上能反映出变形特征，便于

施测的部位。

2 监测点标志应标识清楚埋设牢固，易遭毁坏的部位应加设保护装置。

3 对拟监测工程的监测点应根据施工工法和工程进度特点，在结构施工及施工降水前埋设，对其工程环境的监测点在施工影响前埋设，并应及时进行初始值观测。

15.1.8 变形监测的等级划分、精度要求和适用范围应符合表 15.1.8 的要求。

表 15.1.8 变形监测的等级划分、精度要求和适用范围

变形监测等级	垂直位移监测		水平位移监测	适用范围
	变形监测点的高程中误差 (mm)	相邻变形监测点高差中误差 (mm)	变形监测点的点位中误差 (mm)	
I	± 0.3	± 0.1	± 1.5	复杂地质条件的运营线路轨道、道床和混凝土结构；隧道或大口径顶管施工穿越的轨道工程、建筑物；受线路施工和运营影响，对变形特别敏感的超高层、高耸建筑、精密工程设施、重要古建筑等以及有高精度要求的监测对象
II	± 0.5	± 0.3	± 3.0	运营线路轨道、道床和混凝土结构；施工中的工程结构，隧道拱顶下沉、结构收敛；受线路施工和运营影响，变形比较敏感的高层建筑、地下管线；穿越的高速公路、管线以及有中等精度要求的监测对象

续表 15.1.8

变形监测等级	垂直位移监测		水平位移监测	适用范围
	变形监测点的高程中误差 (mm)	相邻变形监测点高差中误差 (mm)	变形监测点的点位中误差 (mm)	
Ⅲ	± 1.0	± 0.5	± 6.0	受线路施工和运营影响, 线路沿线一般多层建筑; 地表及基坑周边与支护结构、运营线路的出入口、联络通道、附属设施等低等精度要求的监测对象

注: 变形监测点的高程中误差和点位中误差是相对最近变形监测控制点而言。

15.1.9 变形监测点的监测技术要求应符合下列规定:

1 水平位移监测点的技术要求和监测方法应符合表 15.1.9-1 的要求。

表 15.1.9-1 水平位移监测点的技术要求和监测方法

等级	变形监测点的点位中误差 (mm)	坐标较差或两次测量较差 (mm)	监测方法
I	± 1.5	2	极坐标法、交会法等、基准线法、投点法以及位移计等
II	± 3.0	4	
III	± 6.0	8	

2 垂直位移监测主线应构成附和、闭合路线或结点网, 监测点的技术要求和监测方法应符合表 15.1.9-2 的要求。当监测对象上布设的监测点密集时, 在观测路线中宜采用间视法进行观测, 但应在不同的测站各观测一次。

表 15.1.9-2 垂直位移监测点技术要求和监测方法

等级	变形监测点的高程中误差 (mm)	相邻点高差中误差 (mm)	往返较差, 附和或环线闭合差 (mm)	主要监测方法
I	± 0.3	± 0.1	$0.15\sqrt{n}$	一等水准测量
II	± 0.5	± 0.3	$0.30\sqrt{n}$	二等水准测量
III	± 1.0	± 0.5	$0.60\sqrt{n}$	二等水准测量

注: n 为测站数。

15.1.10 变形监测实施过程中，应符合下列规定：

1 对每个单体建筑进行不同周期变形监测时，应在基本相同的环境下采用相同的观测路线和观测方法，使用相同的仪器和设备，并应固定观测人员。

2 变形监测中，变形体的变形量、变形速率等发生超常规变化时，应及时调整变形监测方案，增加监测频率，以致进行实时监测。

3 初始值观测应独立观测 2 次，两次水平位移观测较差应满足表 15.1.9-1 的要求，两次垂直位移观测较差应小于表 15.1.9-2 中高程中误差的 $\sqrt{2}$ 倍，并取平均值作为初始值。工程采用降水施工时，应在施工降水前采集初始数据。

4 地上和地下都进行变形监测时，应设置重合断面并同步进行监测。

5 观测记录应包括日期、时间、天气、温度、人员、设备观测数据以及施工现状、荷载变化、岩土条件、气象情况的描述。

6 监测现场应加强巡视检查，对施工现场岩土变化和工程状况进行察看、记录。

7 应定期对监测控制网的稳定性进行检测，各周期观测前应对选用的基准点、工作点进行检测。

15.1.11 根据工程特点、施工经验和监测项目要求，应按现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 相关规定制定监测预警标准。

15.2 变形监测控制网测量

15.2.1 水平位移监测控制网测量应符合下列规定：

1 水平位移监测基准点应埋设在变形区外，按变形监测精度要求可建造具有强制对中标志的观测墩，也可采用对中误差小于 0.5mm 的光学对中装置。水平位移监测控制网的基准点不应少于 3 个。

2 水平位移监测控制网可采用导线网、边角网、基准线和卫星定位等方法，当采用基准线控制时，基准线上应设立检核点。

3 采用导线网或边角网时，水平位移监测控制网主要技术要求应符合表 15.2.1 的规定。

表 15.2.1 水平位移监测控制网主要技术要求

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	全站仪标称精度	水平角观测测回数	距离观测测回数	
							往测	返测
I	±1.5	150	±1.0	$\leq 1/120000$	$\pm 1''$, $\pm (1\text{mm} + 1 \times 10^{-6} \times D)$	9	4	4
II	±3.0	150	±1.8	$\leq 1/70000$	$\pm 2''$, $\pm (2\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times D)$	9	3	3
III	±6.0	150	±2.5	$\leq 1/40000$	$\pm 2''$, $\pm (2\text{mm} + 2 \times 10^{-6} \times D)$	6	2	2

注：D 为测距边长（单位：km）。

15.2.2 垂直位移监测控制网测量应符合下列规定：

1 垂直位移监测控制网的高程系统宜与城市轨道交通工程高程系统一致。

2 垂直位移监测控制网基准点不应少于 3 个，基准点可埋设在变形区外的基岩露头上、密实的砂卵石层或原状土层中，也可埋设在稳固建筑的墙上。受条件限制时，在变形区内也可按本规范附录 L 中图 L.0.1 埋设深层金属管基准点，但金属管底应在变形影响深度以下。变形区外的基准点宜按本规范附录 B 埋设。

3 垂直位移监测控制网可采用水准测量、电磁波测距三角高程测量、静力水准测量等方法。采用水准测量、电磁波测距三

角高程测量时，应布设成闭合、附和或结点网。

4 采用水准测量方法时，垂直位移监测控制网主要技术要求应符合表 15.2.2-1 和表 15.2.2-2 的规定。

表 15.2.2-1 垂直位移监测控制网主要技术要求

等级	相邻基准点高差中误差 (mm)	测站高差中误差 (mm)	往返较差、附和或环线闭合差 (mm)	检测已测高差之较差 (mm)
I	± 0.3	± 0.07	$\pm 0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$
II	± 0.5	± 0.15	$\pm 0.30\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$
III	± 1.0	± 0.30	$\pm 0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$

注：n 为测站数。

表 15.2.2-2 水准观测主要技术要求

等级	仪器型号	水准尺	视线长度 (m)	前后视距差 (m)	前后视距累计差 (m)	视线离地面最低高度 (m)	基、辅分划读数较差 (mm)	基、辅分划读数所测高差较差 (mm)
I	DS05	因瓦	≤ 15	≤ 0.3	≤ 1.0	0.5	≤ 0.3	≤ 0.4
II	DS05	因瓦	≤ 30	≤ 0.5	≤ 1.5	0.3	≤ 0.3	≤ 0.4
III	DS1	因瓦	≤ 50	≤ 1.0	≤ 3.0	0.3	≤ 0.5	≤ 0.7

注：电子水准仪同一标尺两次读数差不设限差，两次读数所测高差的差执行基、辅分划所测高差的限差，其他技术要求应符合表 15.2.2-2 的规定。

15.2.3 当采用其他方法布设监测控制网时，在满足相邻基准点精度要求下，其主要技术要求应符合本规范和国家现行相关标准的要求。

15.3 施工期间变形监测

15.3.1 施工期间应对建筑结构和支护结构进行变形监测，其监测内容分为必测项目和选测项目。应根据本规范第 15.1.2 条要求，在表 15.3.1 中选择。

表 15.3.1 施工期间建筑结构变形监测主要内容

监测项目		监测内容	主要监测仪器
必测项目	支护结构和周围土体	护坡桩、连续墙、土钉墙和周围土体的变形以及支撑轴力监测等	全站仪、水准仪、测斜仪、轴力计等
	建筑结构	建筑结构变形、隧道拱顶下沉和净空水平收敛、高架结构的柱（墩）沉降和梁的挠度监测等	全站仪、水准仪、收敛计、测斜仪等
选测项目	支护结构	支护和衬砌应力、锚杆轴力监测等	应变片、应变计、锚杆测力计等
	建筑结构	混凝土应力、钢筋内力及外力监测等	应变片、应变计、钢筋计等
	其他	地基回弹、围岩内部变形、围岩压力、围岩弹性波速测试、分层地基土沉降、爆破震动、孔隙水压力和地下水位等	位移计、压力盒、波速仪、爆破震动测试仪、孔隙水测压计和水位计等

15.3.2 施工期间建筑结构和支护结构变形监测应符合下列规定：

1 基坑护坡桩、连续墙等的监测点应埋设在其顶部的冠梁上，监测点间距应为 10m~20m。土钉墙的监测点间距应为 10m~20m。锚杆监测点应分层布设，每层不应少于 3 个。支撑轴力监测点应按竖向分层布设，每层支撑轴力监测点数量不应少于 10%，且最少不应少于 3 根。

2 隧道拱顶下沉、净空水平收敛和地表沉降等监测点，应按本规范附录 L 中图 L.0.3 在同一断面内布设。纵断面间距宜为 10m~50m，监测点横向间距宜为 2m~10m。

3 水平位移监测可采用交会法、导线测量、极坐标法、小角法、基准线法和传感器等，并应使用本规范表 15.3.1 中相应仪器。

4 垂直位移监测可采用几何水准测量、静力水准测量、传感器等方法，并应使用本规范表 15.3.1 中相应仪器。

5 监测点变形数据采集应在开挖后 12h 内进行，监测断面应测注线路里程（或坐标）和高程。

6 变形监测项目的监测频率，应根据变形速度和变形量变化关系以及施工状况确定，暗挖隧道监测频率宜按表 15.3.2-1 的要求选择，基坑施工监测频率宜按表 15.3.2-2 的要求选择。

表 15.3.2-1 暗挖隧道监测频率

变形速度 W (mm/d)	监测频率 (次/d)	施工状况	
		喷锚暗挖法	盾构掘进法
$W > 10$	2/1d	距工作面 1 倍洞径	距盾尾 1 倍洞径
$5 < W \leq 10$	1/1d	距工作面 1 倍~2 倍洞径	距盾尾 1 倍~2 倍洞径
$1 < W \leq 5$	1/2d	距工作面 2 倍~5 倍洞径	距盾尾 2 倍~5 倍洞径
$W \leq 1$	1/≥7d	距工作面 >5 倍洞径	距盾尾 >5 倍洞径

注：d 为天。

表 15.3.2-2 基坑施工监测频率

施工进程		基坑设计深度 (m)				
		≤5	5~10	10~15	15~20	>20
开挖深度 (m)	≤5	1 次/1d	1 次/2d	1 次/2d	1 次/2d	1 次/3d
	5~10		1 次/1d	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d
	10~15			2 次/1d	2 次/1d	2 次/1d
	15~20				2 次/1d	2 次/1d
	>20					2 次/1d

注：d 为天。

15.3.3 沿线工程建设环境变形监测应符合下列规定：

1 监测内容与所使用的仪器设备应根据工程要求在表 15.3.3 中选择。

表 15.3.3 沿线环境变形监测主要内容

监测项目	监测对象	主要监测内容	主要监测仪器
建筑	变形区内高层、超高层、高耸建筑、古建筑、桥梁、铁路、经鉴定的危房以及市政设施等的变形	位移、倾斜、沉降	全站仪、水准仪、静力水准仪、传感器等
地表	线路经过的道路、地表等的变形	沉降	全站仪、水准仪等
管线	变形区内燃气、热力和大直径上水、污水等主要管线的变形	沉降	全站仪、水准仪等

2 监测范围应根据基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸以及施工工法、支护结构形式、岩土条件、周边环境条件确定。

3 水平位移监测的方法可采用交会法、导线测量、极坐标法、小角法、基准线法或传感器等。垂直位移监测可采用几何水准测量、静力水准测量等方法。使用物理传感器进行变形监测应按仪器操作要求进行作业。

4 变形监测项目的监测频率，应符合本规范 15.3.2 条第 6 款技术要求。

5 地表沉降监测点应埋设在地表或道路路基以下原状土层中，并应加设保护装置。建筑上的监测点应设置在主要承重结构上，标志应与其外观协调。对隐蔽或不适宜直接设置监测点的管线等设施，宜在其周围土体中埋设监测点，监测点埋设范围：宽度为距线路中心两侧各 2 倍洞径，长度为隧道最近结构边墙至穿越体前后距离为 $H+h$ （ H 为隧道埋深， h 为隧道高度）的范围。

6 变形监测应在施工（包括降水）前进行初始观测，并应从距开挖工作面前方 $H+h$ （ H 为隧道埋深， h 为隧道高度）处

开始第二次观测，土建结构完工及观测对象稳定后结束。

7 变形监测宜与隧道内变形监测同步进行。

15.4 建成后线路变形监测

15.4.1 建成后线路应在下列条件下对相关线路的建筑物、轨道、道床和周边环境进行变形监测：

1 施工阶段的观测对象仍未稳定，需要继续进行观测的线路。

2 不良岩土条件和特殊岩土条件的地区或地段。

3 城市地面沉降对线路影响大的地区或地段。

4 邻近线路两侧进行城市建设的地段。

5 新建线路与运营线路衔接、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。

8 其他存在险情或运营安全隐患的地段或条件。

15.4.2 变形监测对象应包括现有线路轨道、道床和隧道、高架结构、车站建筑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。

15.4.3 变形监测项目应包括监测项目的垂直位移、水平位移以及隧道断面变形、轨道几何形态变化。

15.4.4 应根据本规范第 15.4.1 条的要求和本规范第 15.1 节、第 15.2 节、第 15.3 节的相关规定，制定建成后线路变形监测方案。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，并应符合下列规定：

1 延续施工阶段的变形监测项目，应继续利用原变形监测控制点对变形监测点进行观测。控制点和变形监测点被破坏时应进行恢复，观测数据应保持连续性。

2 新增变形监测项目宜利用施工阶段布设的变形监测控制点，也可在远离变形区的出入口、横通道、通风竖井或车站、区间隧道等稳定的建筑结构上埋设新的控制点。

15.4.5 邻近有施工活动时的轨道交通结构变形监测应符合下列规定：

1 监测范围应包括施工活动边线对应的轨道交通结构区段及两侧外扩区段，外扩范围应大于影响范围。

2 影响区段的监测项目包括轨道的沉降、水平位移，建筑结构的隧道变形、侧墙倾斜、结构裂缝与渗漏等项目。邻近施工活动采取降水措施的，还应监测地层的地下水位变化。

3 施工活动开始前，应进行对轨道交通结构影响程度的评估，制定针对性监测方案。对影响程度较严重的项目应进行自动化实时监测。

4 在施工活动开始前，应完成监测点的布置和初始值的观测，对裂缝、渗漏水的初始状态应进行调查并摄像留档。

5 变形监测中监测频率应根据变形速率和变形量进行调整，变形量或变形速率超过预定报警指标后应及时上报并应增加监测频率。

15.4.6 软弱地层或高水位地区中的轨道交通线路，邻近有下列施工活动时应进行轨道交通线路的混凝土结构和轨道结构的变形监测：

1 修建、改建、扩建或者拆卸建筑物、构筑物。

2 取土、地面堆载、基坑开挖、爆破、桩基础施工、顶进、灌浆、锚杆作业。

3 修建塘堰、开挖河道水渠、采石、挖砂、打井取水。

4 敷设管线或者设置跨线等架空作业。

5 在过江、过河隧道段疏浚作业。

6 其他可能影响轨道交通设施安全的作业。

15.5 变形监测资料整理与信息反馈

15.5.1 变形监测数据整理应符合下列规定：

1 每次工作完成后，应对监测数据及时进行检查、整理并填写监测成果报表。

2 应根据监测数据计算变形体的变形量、变形速率等，绘制变形时态等曲线图。

3 根据变形时态曲线形态，应对监测成果进行回归分析，并结合变形体和施工环境现状预测变形体的变形趋势。

4 编写管理部门规定的其他内容。

15.5.2 监测单位应定期向委托方等单位提交包括各种图表、变形和变形趋势分析、结论与建议等内容的阶段性总结报告。

15.5.3 变形监测应根据建设地段岩土条件，监测对象特点，监测对象本身的允许变形值以及设计和相关规范的要求制定预警标准。当实测变形值大于预警标准的 $2/3$ 时，应及时上报，并宜启动应急变形监测方案。

15.5.4 变形监测信息反馈应符合下列规定：

1 应建立变形监测信息反馈体系。

2 根据变形体变形程度和可能产生的安全隐患，应规范变形监测信息的等级以及不同等级监测信息的反馈渠道。

3 上报的各等级监测信息应及时处理。

15.5.5 各条线路应建立变形监测信息数据处理和管理系统平台，逐步实现监测数据采集、处理、分析、查询和管理一体化。

16 第三方测量和第三方监测

16.1 一般规定

16.1.1 在城市轨道交通工程建设中，建设单位应委托第三方单位在工程建设期间进行第三方测量和第三方监测工作。

16.1.2 承担第三方测量或第三方监测工作的单位，应具备相应的资质，并有从事城市轨道交通工程测量、工程监测或类似工程的业绩。

16.1.3 建设单位应建立城市轨道交通工程第三方测量和第三方监测的管理体制，加强对第三方测量和第三方监测工作的管理。

16.1.4 开工前，建设、施工、监理、第三方测量和第三方监测单位应分别学习相关测量和监测规范、测量和监测工作管理制度和要求。

16.1.5 承担第三方测量和第三方监测工作的单位工作前应编制第三方测量、第三方监测方案，建设单位应组织专家对其进行评审，评审通过后方可实施。

16.1.6 第三方测量和第三方监测应独立进行，作业方法应与原施工测量和施工监测有区别，数据采集精度不应低于原施工测量和施工监测的要求。

16.2 第三方测量

16.2.1 开工前，建设单位或其委托的第三方测量单位应向施工和监理单位移交卫星定位控制网、精密导线网、一、二等水准网的桩点和相关测量成果。移交时各方应签署交接桩书、桩点保护协议等文件。

16.2.2 第三方测量单位应收集线路基础测绘资料、水文气象资料、岩土工程勘察报告、设计文件及施工方案等相关资料，进行

现场踏勘，并应在研究工程条件和测量要求后，编制第三方测量方案。

16.2.3 第三方测量单位应按本规范第3章、第4章要求定期对一、二等卫星定位控制网、三等精密导线网和一、二等水准网进行复测。

16.2.4 施工单位的施工测量方案，宜经过第三方测量单位的审核合格后方可实施。

16.2.5 施工单位应在第三方测量单位对控制测量、关键工序和重要设备的施工测量工作进行100%检测合格后，方可进行后续施工。控制测量、关键工序和重要设备的施工测量项目应包括下列内容：

1 控制测量项目应包括：地面平面和高程控制测量及加密控制点测量、地下施工平面和高程控制测量、明挖车站及区间平面和高程控制点测量、铺轨控制测量、车辆段平面和高程控制测量。

2 关键工序测量项目应包括：平面和高程联系测量、平面和高程贯通测量、贯通后的中线或平面与高程控制点恢复。

3 重要设备施工测量项目应包括：盾构机始发和接收洞门圈定位测量、防淹门、疏散平台安装控制测量、车站站台边缘与屏蔽门控制点测量、轨道几何形态测量。

16.2.6 第三方测量单位应对建筑结构重要施工环节的施工测量项目进行不低于30%抽样检测，抽测合格后，施工单位方可进行后续施工。建筑结构重要施工环节的施工测量项目应包括下列内容：

1 竖井、车站等支护结构放样测量。

2 明挖车站主要轴线放样测量。

3 高架线路承台和墩柱放样测量和梁顶面高程测量。

4 建筑限界测量。

5 暗挖工程掌子面和中、腰线测量。

16.2.7 第三方测量单位每次在进行联系测量和地下控制点测量

时，对于盾构隧道法施工的隧道，应对掘进工作面邻近的环片的姿态进行抽样检测；对于矿山法施工的隧道，应对掘进工作面或邻近的施工中线或初期支护结构断面进行检测。

16.2.8 施工测量成果与第三方测量检测成果的较差，应符合本规范第 3.1.7 条和第 4.1.5 条规定。

16.2.9 第三方测量工作应在施工单位完成相应的施工测量工作后进行。

16.2.10 第三方测量的检测成果不应直接用于指导施工。

16.3 第三方监测

16.3.1 第三方监测单位应收集水文气象资料、岩土工程勘察报告、周边环境调查报告、安全风险评估报告、设计文件及施工方案等资料，并进行现场踏勘后，编制第三方监测方案。

16.3.2 开工前，第三方监测单位应向施工、监理单位就监测点埋设方式、埋设时间和监测精度要求进行技术交底。

16.3.3 施工前，第三方监测单位应对布设的测点进行初始监测。

16.3.4 施工监测与第三方监测应在同一时段分别独立获取监测点初始值，并应分别独立进行全过程现场监测。

16.3.5 第三方监测应遵循对关键工序、关键过程、关键时间、关键部位监测原则的要求，根据合同规定拟定监测内容，并应经专家评审通过。第三方监测内容应从下列项目中选择，除现场巡查必选且应每天进行外，选择的项目监测工作量一般不应少于施工监测的 30%。

1 巡查。

2 基坑工程监测中的桩（墙）顶水平位移及沉降、桩（墙）体水平位移、中间立柱位移及沉降等。

3 盾构隧道法施工中的隧道拱顶沉降及净空水平收敛。

4 矿山法施工中隧道初期支护的沉降、净空水平收敛。

5 高架线路结构的桥墩基坑变形，桥墩水平位移及沉降。

6 建设工程周边环境的建筑物沉降及倾斜、地表及道路沉降、桥梁变形及应力变化、管线沉降、既有轨道交通变形。

16.3.6 现场巡查范围应包括施工工程、工程周边地表和建筑物等，并应符合下列规定：

1 根据巡查路线特点与状况制定巡视路线和巡视内容。

2 巡查中应对巡视对象状态、现场状况进行文字、视频记录。

3 每日应对巡查对象的安全、质量等方面进行评价，明确存在的隐患，并提交巡查报表。

16.3.7 第三方监测单位每次监测工作完成后，应立即对监测成果进行分析、整理，并按下列要求通过监测信息反馈途径进行信息反馈：

1 应及时通过信息化平台进行监测信息发布。

2 依照工程制定的预警标准，及时判断现场安全状态，达到预警条件时应及时发布预警。

3 按合同要求定期通过正式文件上报阶段成果报告和总结报告。

4 结合现场施工情况，为优化设计参数和施工控制措施，提供参考意见。

16.3.8 相同时间的第三方监测成果与施工监测成果的较差，应符合本规范第 3.1.7 条和第 4.1.5 条规定。

17 质量检查与验收

17.1 一般规定

17.1.1 城市轨道交通工程测量成果质量应实行两级检查、一级验收，并应符合下列规定：

1 两级检查中的一、二级检查应由项目承担方的作业部门、质量管理部门分别实施。

2 验收宜由项目委托方组织专家或国家认可的质检机构进行。

17.1.2 城市轨道交通工程设计阶段、施工阶段、竣工阶段的测量成果应分期进行检查与验收。

17.1.3 测量成果质量检查与验收应依据下列文件进行：

1 依据的国家政策法规和技术标准。

2 项目委托书或合同书，以及项目委托方与承担方达成的其他文件。

3 技术设计或施测方案。

4 项目承担方的质量管理文件。

17.1.4 对测量成果，应根据质量检查结果评定其质量等级。质量等级应分为合格和不合格两级。当测量成果出现下列问题之一时，应判为质量不合格：

1 控制点和放样点的数量或布设位置严重不符合规范要求。

2 各级控制点和放样点的标志类型及埋设严重不符合规范要求。

3 所用仪器设备不满足规范规定的精度要求。

4 所用仪器设备未经检定或未在检定有效期内使用。

5 观测成果精度不符合规范要求。

6 编造数据。

17.1.5 测量成果质量检查与验收应符合下列规定：

- 1** 对所有观测记录、计算和分析结果，应进行一级检查。
- 2** 对测量阶段性成果，应进行二级检查；提交给项目委托单位的阶段性成果应为二级检查合格的成果。
- 3** 对测量最终成果，应在两级检查合格的基础上进行质量验收；最终提交给项目委托单位的综合成果应为质量验收合格的成果。
- 4** 质量检查与验收过程应形成记录，并与测量成果一并归档。

17.1.6 当成果质量检查与验收中发现不符合项时，应立即提出处理意见，退回作业部门进行纠正。纠正后的成果应重新进行质量检查与验收。

17.2 质 量 检 查

17.2.1 测量成果质量的两级检查均应采用内业全数检查、外业针对性检查的方式进行。检查过程应填写记录。记录样式应符合本规范附录 M 的规定。

17.2.2 对阶段测量成果，应检查下列内容：

- 1** 各级控制点和放样点的布设位置图。
- 2** 标石、标志的构造及埋设照片。
- 3** 仪器设备的检定和检验资料。
- 4** 外业观测记录和内业计算资料。
- 5** 测量成果图表。
- 6** 与项目有关的其他资料。

17.2.3 对最终测量成果的质量检查应符合下列规定：

- 1** 按本规范第 17.2.2 条进行质量检查。
- 2** 编写质量检查报告。质量检查报告应包括检查工作概况、项目成果概况、检查依据、检查内容及方法、质量问题及处理情况、质量统计及质量等级内容。
- 3** 质量等级应由项目承担方质量管理部门根据检查结果评

定，并应符合本规范第 17.1.4 条的规定。

17.3 质量验收

17.3.1 测量成果的质量验收应采用抽样核查的方式进行，并应符合下列规定：

- 1 对各测量阶段成果应分别进行质量验收。
- 2 抽样时，应随机抽取不少于期数的 10% 作为样本，且至少为 1 期。
- 3 对抽取的样本，应进行内业全数核查、外业针对性核查。

17.3.2 测量成果质量验收时应核查技术设计和技术报告，且应包括下列内容：

- 1 控制点的布设位置图。
- 2 标石、标志的构造及埋设照片。
- 3 仪器设备的检定和检验资料。
- 4 外业观测记录和内业计算资料。
- 5 测量成果图表。
- 6 检查记录和检查报告。
- 7 与项目有关的其他资料。

17.3.3 测量成果质量验收中，当需使用仪器设备时，其精度不应低于项目作业时所用仪器设备的精度。

17.3.4 测量成果质量验收应形成质量验收报告并评定质量等级。质量验收报告应包括验收工作概况、项目成果概况、验收依据、抽样情况、核查内容及方法、主要质量问题及处理情况、质量统计及质量等级内容。质量等级评定应符合本规范第 17.1.4 条的规定。

附录 A 地面平面控制测量

A.1 控制点标石埋设

A.1.1 卫星定位控制点基本标石埋设 (图 A.1.1)

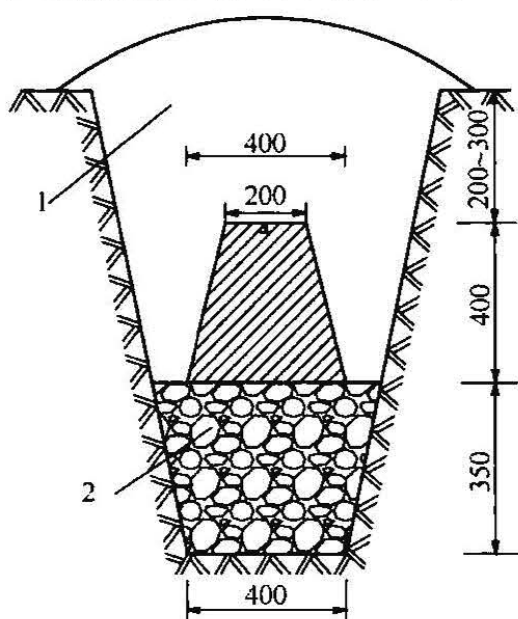


图 A.1.1 卫星定位控制点基本标石埋设 (单位: mm)

1 - 土; 2 - 捣固之土石层

A.1.2 卫星定位控制点岩石标石埋设 (图 A.1.2)

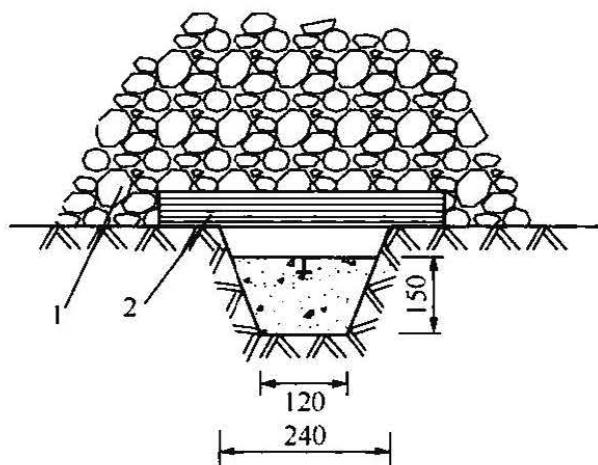


图 A.1.2 卫星定位控制点岩石标石埋设 (单位: mm)

1 - 石块; 2 - 保护盖

A. 1.3 卫星定位或精密导线楼顶控制点标石埋设 (图 A. 1.3)

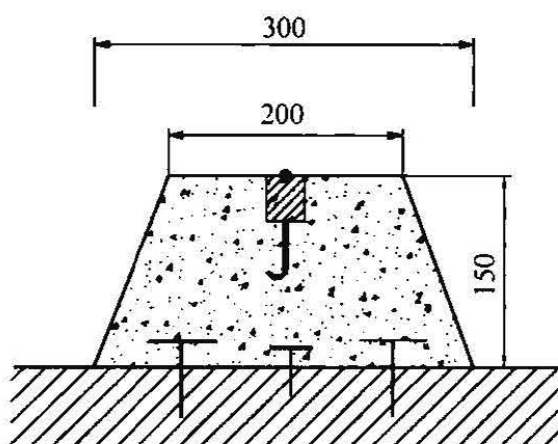


图 A. 1.3 卫星定位或精密导线楼顶控制点标石埋设 (单位: mm)

A. 1.4 二等精密导线点标石埋设 (图 A. 1.4)

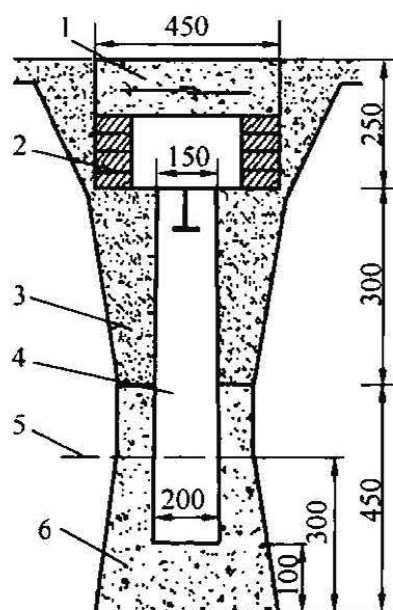


图 A. 1.4 二等精密导线点标石埋设 (单位: mm)

1 - 盖; 2 - 砖; 3 - 素土; 4 - 标石;
5 - 冻土线; 6 - 混凝土

A. 2 卫星定位外业观测手簿

A. 2. 1 卫星定位外业观测手簿应符合表 A. 2. 1 的要求。

表 A. 2. 1 卫星定位外业观测手簿

观测者：	日 期：	年	月	日
测站名：	测站号：	时段号：		
天气状况：				
本测站为：	已知点 <input type="checkbox"/>	待定点 <input type="checkbox"/>		
记录时间：	北京时间 <input type="checkbox"/>	UTC <input type="checkbox"/>	区时 <input type="checkbox"/>	
开机时间：	结束时间：			
接收机号：	天 线 号：			
天 线 高：	1.	2.	3.	平均值：
备 注：				

A.3 卫星定位控制点点之记

A.3.1 卫星定位控制点点之记应符合表 A.3.1 的要求。

表 A.3.1 卫星定位控制点点之记

等级		点名		点号		所在图幅	
概略经度		概略纬度		概略高程			
所在地							
标石类型				标石质料			
详细位置图				标石断面图			
点位详细说明							
交通线路图				交通情况			
托管单位					保管人		
选点者		埋石者		绘图者			
选点日期		埋石日期		绘图日期			
备注							

A.4 全站仪的分级标准

A.4.1 全站仪的分级标准宜符合表 A.4.1 的要求。

表 A.4.1 全站仪的分级标准

级 别	测角中误差 (")	测距中误差 (mm)
I	$\leq \pm 1$	$1 + 1 \times 10^{-6} \times D$
II	$\leq \pm 2$	$3 + 2 \times 10^{-6} \times D$
III	$\leq \pm 6$	$5 + 5 \times 10^{-6} \times D$

注：D 是测距边长，以 km 为单位。

附录 B 地面高程控制点标石埋设

B.0.1 混凝土水准点标石埋设 (图 B.0.1)

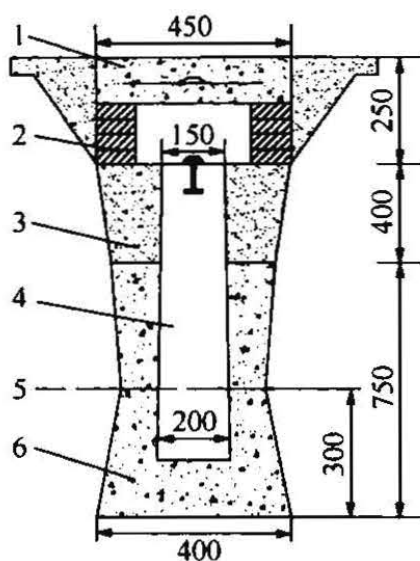


图 B.0.1 混凝土水准点标石埋设 (单位: mm)

1 - 盖; 2 - 砖; 3 - 素土; 4 - 标石; 5 - 冻土线; 6 - 混凝土

B.0.2 墙上水准点标石埋设 (图 B.0.2)

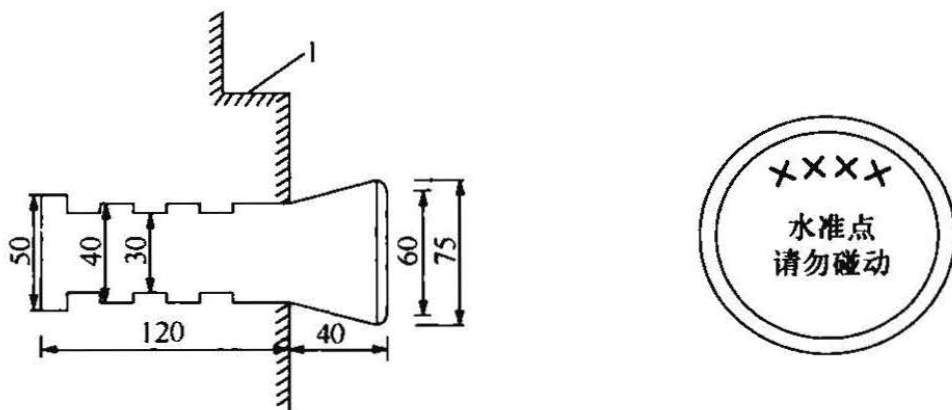


图 B.0.2 墙上水准点标石埋设 (单位: mm)

1 - 墙面

B. 0.3 岩石水准点标石埋设 (图 B. 0. 3)

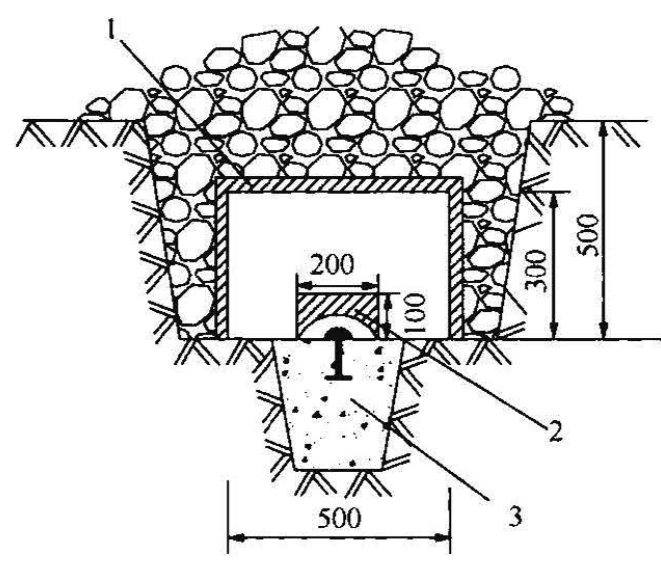


图 B. 0. 3 岩石水准点标石埋设 (单位: mm)
1 - 混凝土盖板; 2 混凝土盖板; 3 混凝土

B. 0.4 深桩水准点标石埋设 (图 B. 0. 4)

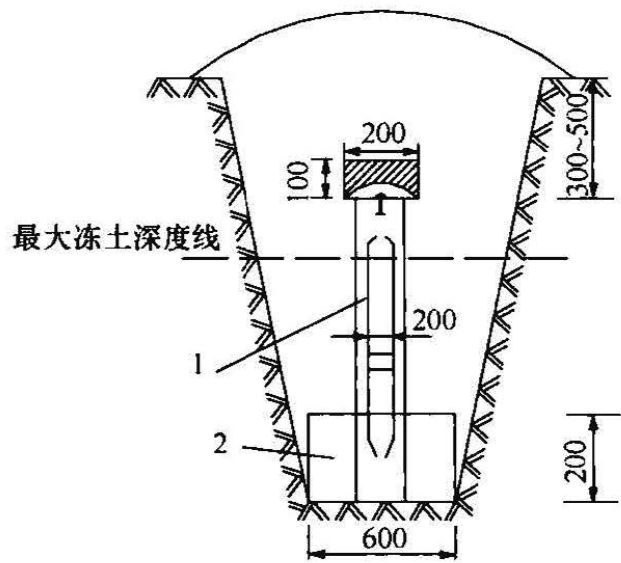


图 B. 0. 4 深桩水准点标石埋设 (单位: mm)
1 - 混凝土桩; 2 - 混凝土桩座

附录 C 联系测量

C.0.1 一井定向 (图 C.0.1)

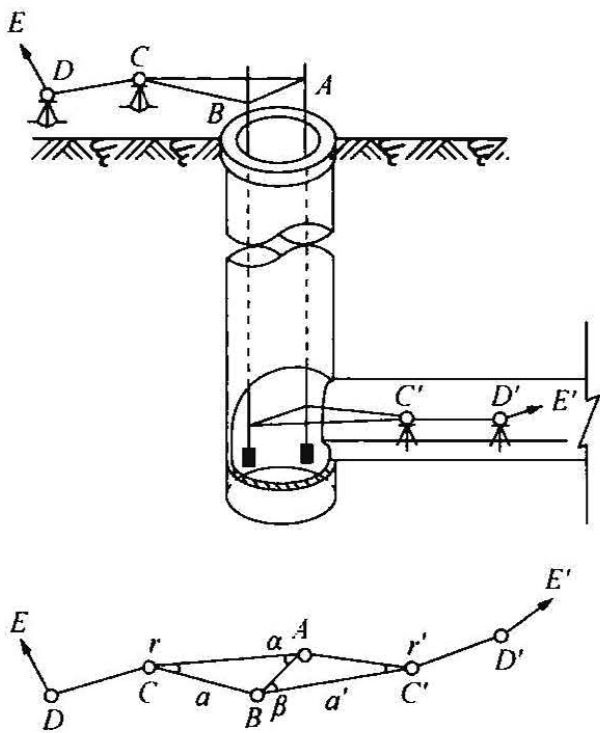
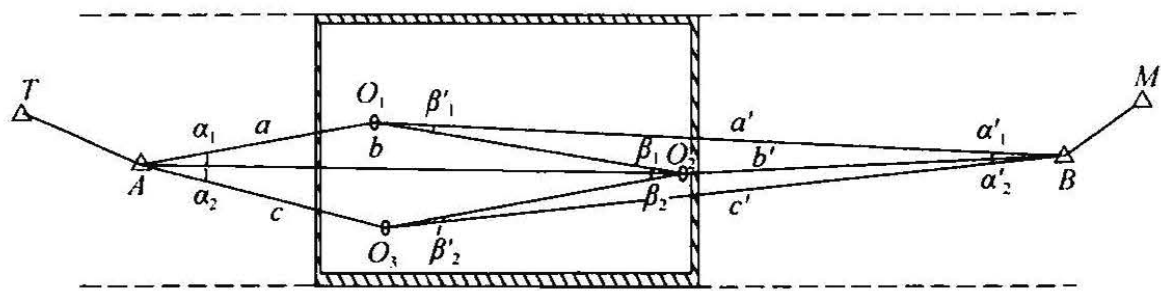


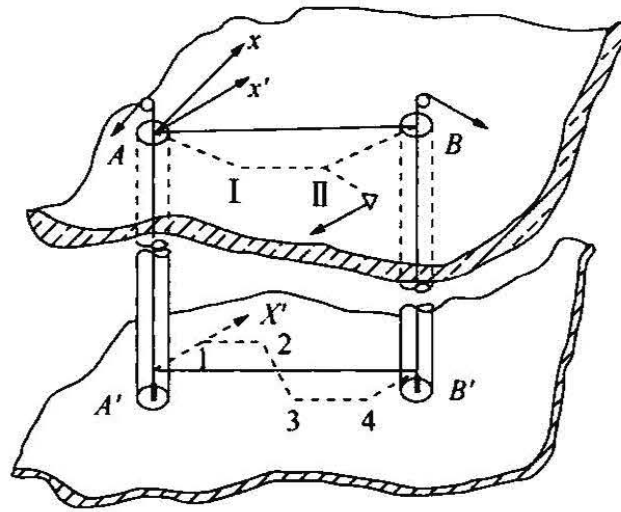
图 C.0.1 一井定向

C.0.2 悬挂三根钢丝的一井定向 (图 C.0.2)



C.0.2 悬挂三根钢丝的一井定向

C.0.3 两井定向 (图 C.0.3)



C.0.3 两井定向

C.0.4 陀螺全站仪+铅垂仪组合定向 (图 C.0.4)

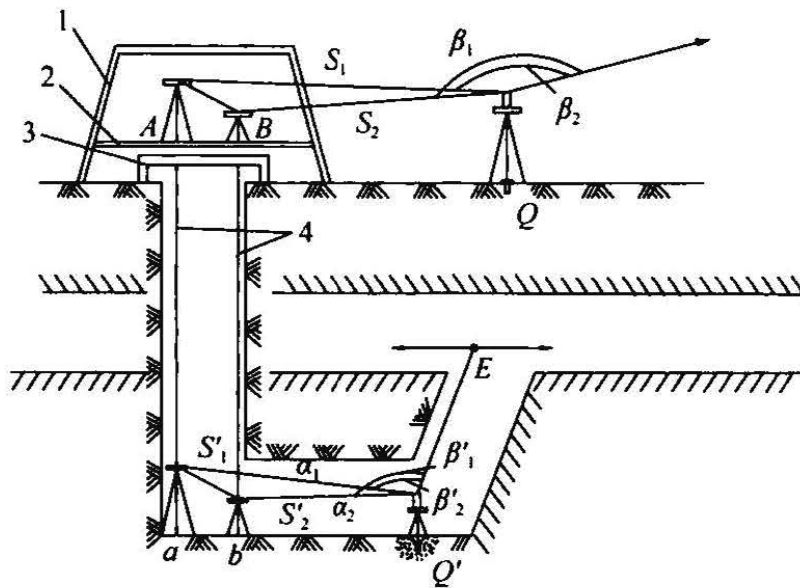


图 C.0.4 陀螺全站仪+铅垂仪组合定向

1—井架；2—仪器台；3—井台；4—视线

Q ——地面上近井点；

Q' ——地下近井点；

A 、 B ——铅垂仪位置；

a 、 b ——井底测量点位；

β_1 、 β_2 ——地面观测角度；

β'_1 、 β'_2 ——地下观测角度；

S_1 、 S_2 ——地面测量距离；

S'_1 、 S'_2 ——地下测量距离；

α_1 、 α_2 ——陀螺方位角；

$Q'E$ ——地下方位角起算边。

附录 D 地下平面和高程控制点

D.0.1 隧道底板上施工控制导线点或线路中线点钢板标志 (图 D.0.1)

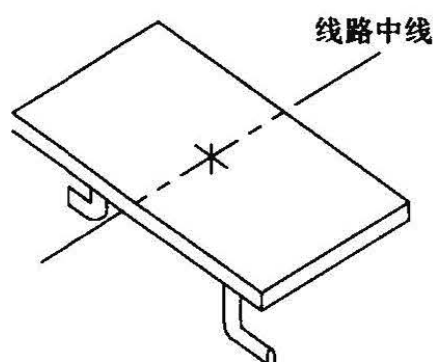


图 D.0.1 隧道底板上施工控制导线点或线路中线点钢板标志

注：标志以 $200\text{mm} \times 100\text{mm} \times 10\text{mm}$ 钢板和钢筋焊接而成，与底板钢筋焊接后，浇筑在底板混凝土中，点位经归化后，应在点位上钻 $\phi 2$ 深 5mm 的小孔并镶以黄铜丝。

D.0.2 隧道拱顶施工控制导线“吊篮”标志 (图 D.0.2)

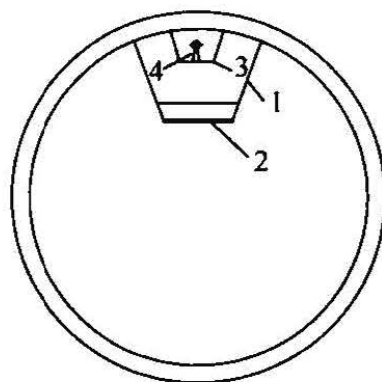


图 D.0.2 隧道拱顶施工控制导线“吊篮”标志

1 - 护栏；2 - 观测站台；3 - 仪器架设平台；4 - 仪器

D.0.3 隧道边墙施工控制导线点固定标志 (图 D.0.3)

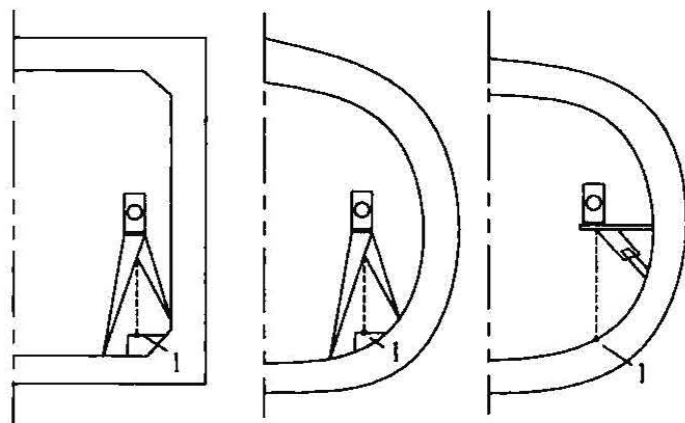


图 D.0.3 隧道边墙施工控制导线点固定标志

1 标志点

D.0.4 隧道内施工导线点标志 (图 D.0.4)

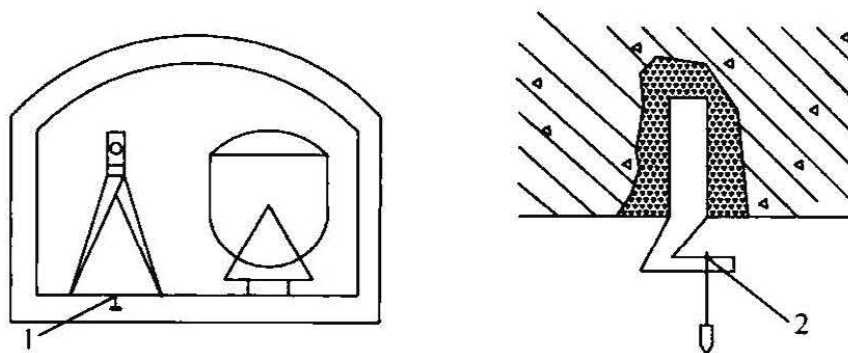


图 D.0.4 隧道内施工导线点标志

1 底板标志; 2 顶板标志

D.0.5 隧道内施工控制水准点位置 (图 D.0.5)

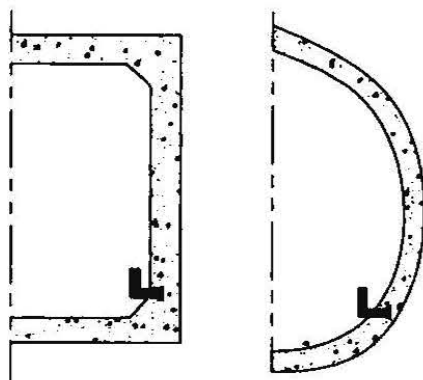


图 D.0.5 隧道内施工控制水准点位置

附录 E 高架线路施工测量

E.0.1 墩顶帽测量标志位置 (图 E.0.1)

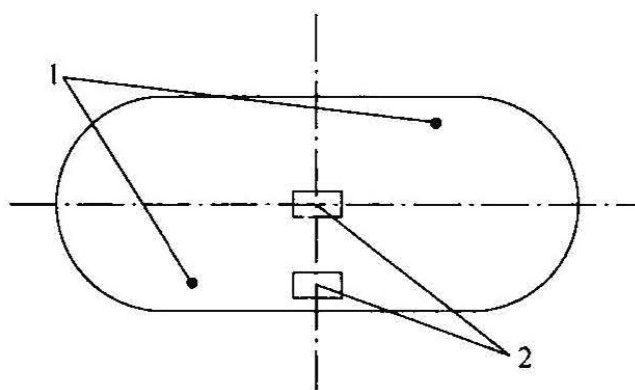


图 E.0.1 墩顶帽测量标志位置

1—水准点；2—钢板标志

E.0.2 墩顶帽高程传递测量 (图 E.0.2)

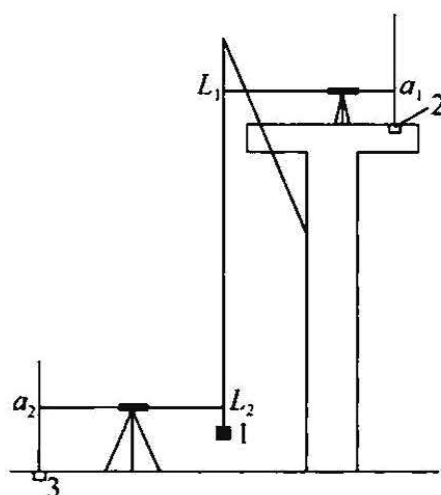


图 E.0.2 墩顶帽高程传递测量

1—重锤；2、3—水准点

附录 F 铺轨基标测量

F.1 铺轨基标标志图

F.1.1 矩形或直墙拱铺轨基标标志 (图 F.1.1)

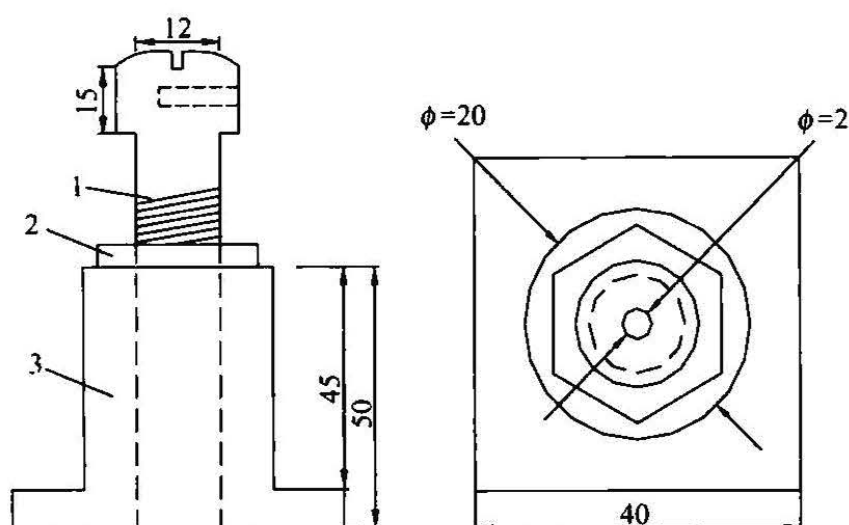


图 F.1.1 矩形或直墙拱铺轨基标标志 (单位: mm)

1 - M10×1.5 螺栓; 2 螺母; 3 基座

F.1.2 马蹄形或圆形隧道铺轨基标标志 (图 F.1.2)

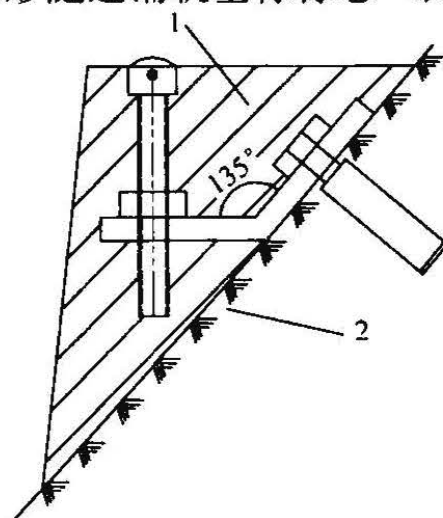


图 F.1.2 马蹄形或圆形隧道铺轨基标标志

1 - 混凝土; 2 隧道结构

F. 1.3 单开道岔铺轨基标 (图 F. 1.3)

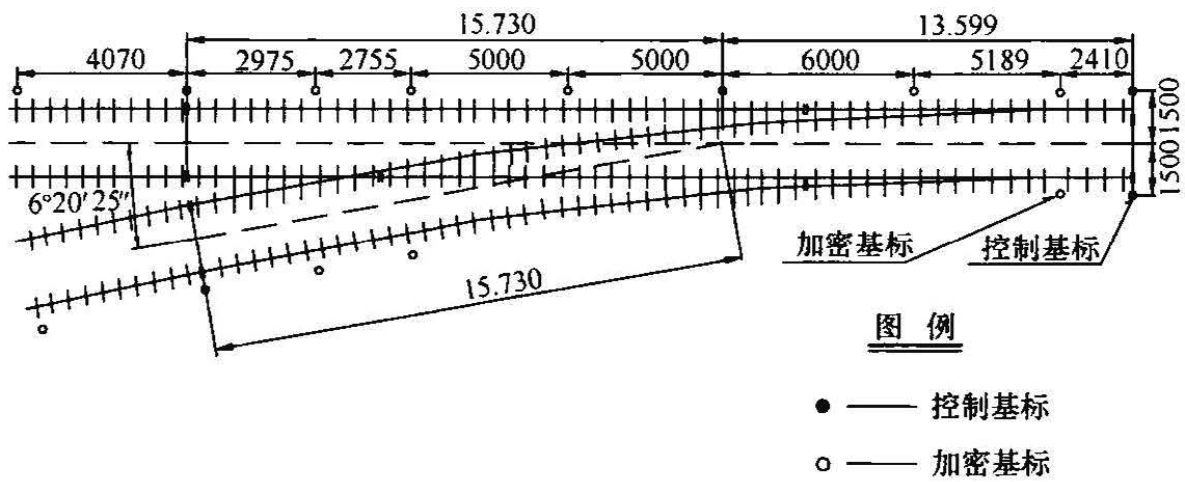


图 F. 1.3 单开道岔铺轨基标
(控制基标间距单位为 m, 加密基标间距单位为 mm)

F. 1.4 复式交分道岔铺轨基标 (图 F. 1.4)

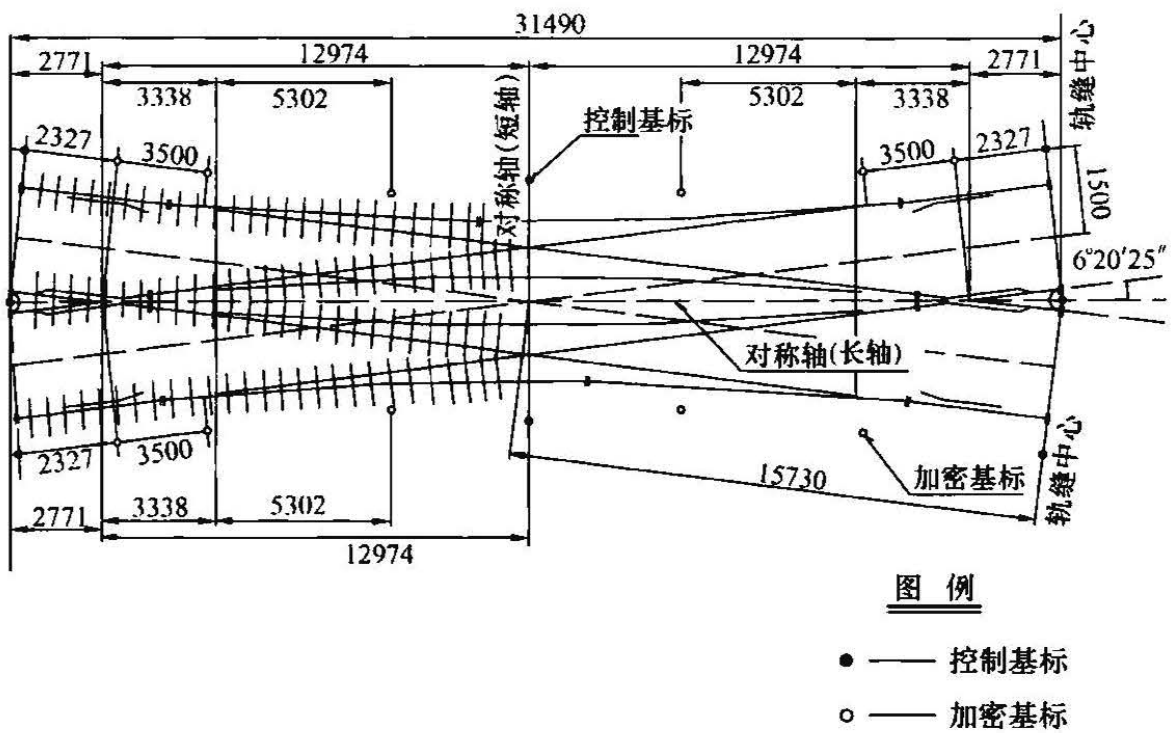
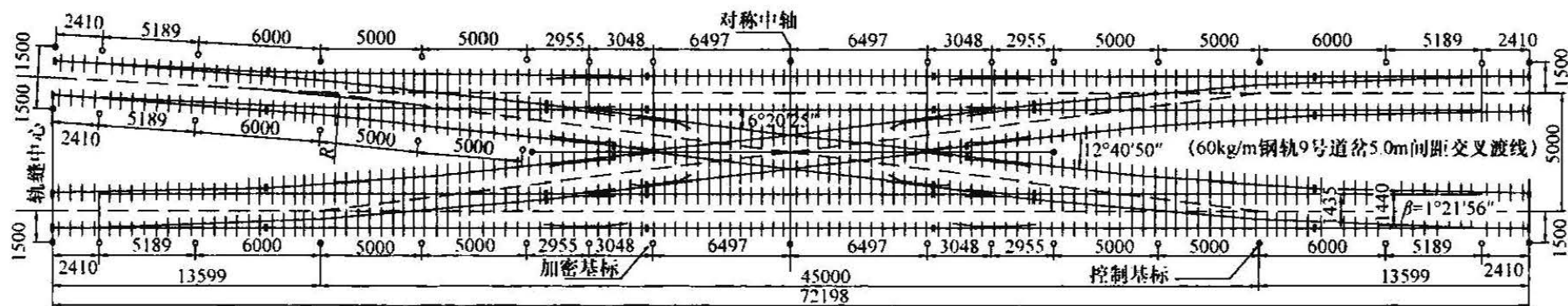


图 F. 1.4 复式交分道岔铺轨基标 (单位: mm)

F. 1.5 交叉渡线道岔铺轨基标 (图 F. 1.5)



图例

● — 控制基标

○ — 加密基标

图 F.1.5 交叉渡线道岔铺轨基标 (单位: mm)

F.2 基标成果表

F.2.1 控制基标成果宜符合表 F.2.1 的要求。

表 F.2.1 控制基标成果表

线名: _____ 年 _____ 月 _____ 日

里 程	折角 (″)		X 坐标 (m)		Y 坐标 (m)		高程	
	设计值	差值 (″)	设计值	差值 (mm)	设计值	差值 (mm)	轨面高 (m)	差值 (mm)
	实测值		检测值		检测值		基标高 (m)	

制表: _____

检核: _____

F.2.2 加密基标成果宜符合表 F.2.2 的要求。

表 F.2.2 加密基标成果表

线名: _____ 年 _____ 月 _____ 日

里 程	设计轨 面高程 (m)	实测基 标高程 (m)	差值 (mm)	里 程	设计轨 面高程 (m)	实测基 标高程 (m)	差 值 (mm)
备 注							

制表: _____

检核: _____

附录 G 任意设站控制网测量

G.1 任意设站控制网测量

G.1.1 任意设站控制网平面网布设形式 (图 G.1.1)

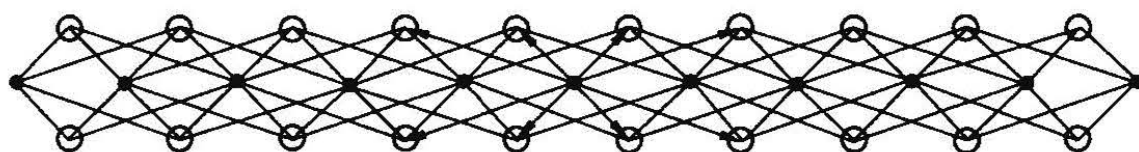


图 G.1.1 任意设站控制网平面网布设形式

G.1.2 任意设站控制网联测高等级线路控制网形式 (图 G.1.2)

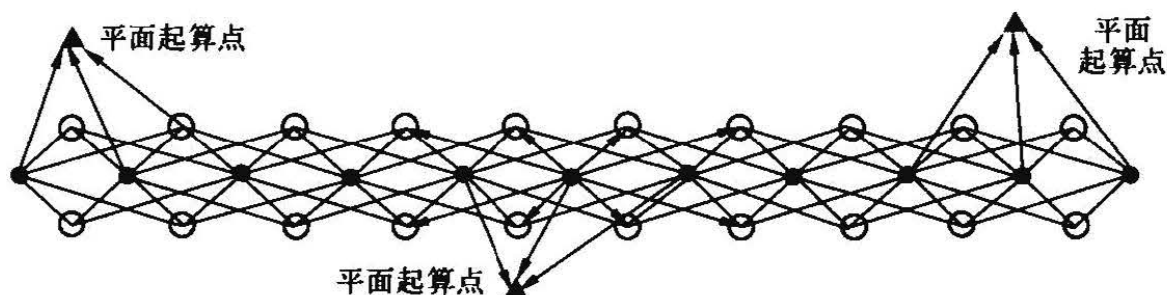


图 G.1.2 任意设站控制网联测高等级线路控制网形式

G.1.3 任意设站控制网高程测量的水准路线形式

在高架区间或敞开段，任意设站控制网点水准测量宜采用图 G.1.3-1 所示的水准路线形式。测量时，左边第一个闭合环的四个高差应该由两个测站完成，其他闭合环的三个高差可由一个测站按后-前-前-后或前-后-后-前的顺序进行单程观测。单程观测所

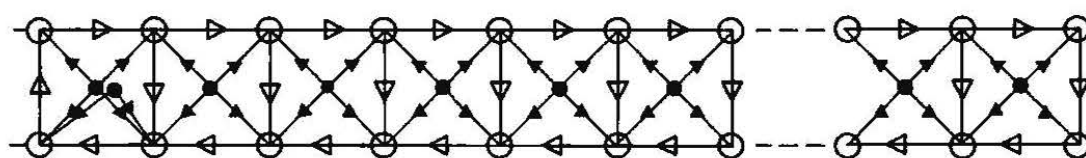


图 G.1.3-1 单程水准测量观测路线形式

形成的闭合环如图 G. 1. 3-2 所示。

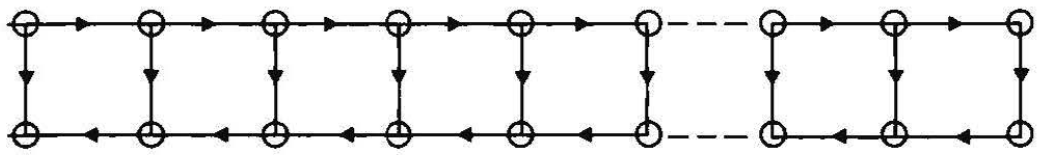


图 G. 1. 3-2 单程水准测量闭合环路线形式

在地下隧道段，由于现场通视、空间等条件无法进行水准测量时，采用任意测站三角高程测量方法进行高程测量，与平面测量同时进行，任意测站三角高程网布设形式如图 G. 1. 1 所示。

G. 2 任意设站控制网平面控制测量观测手簿

G. 2. 1 任意设站控制网平面控制测量观测手簿

表 G. 2. 1 任意设站控制网平面控制测量观测手簿

_____线_____段 第_____页共_____页
测量单位：_____天气：_____ 测量日期：_____年_____月_____日

任意测站点编号		温 度		天 气	
任意设站控制网	备 注	任意设站控制网	备 注		

任意测站、任意设站控制网点编号示意图

线路里程方向 →

说明：将任意测站点和任意设站控制网点的编号标记于上述示意图中。每一测站均应填写一张表格。

观测： 记录： 测量时间： 时 分

附录 H 任意设站控制网控制点 点布设位置

H.0.1 高架桥梁控制点布设位置

在高架 U 形梁段，任意设站控制网点应布设在 U 形梁两侧上翼缘侧面，且点位位置距离上翼缘顶面不宜小于 100mm，如图 H.0.1 所示。在普通桥梁地段，任意设站控制网点应布设在挡砟墙或防撞墙上。

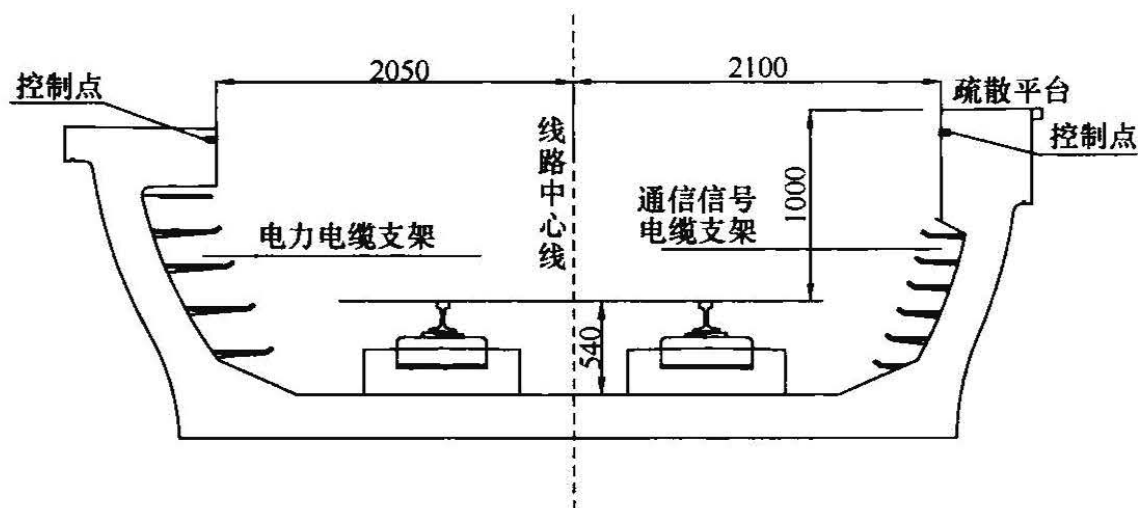


图 H.0.1 高架 U 形梁区间段任意设站
控制网点布设位置

H.0.2 地下隧道段控制点布设位置

在地下隧道区间段，任意设站控制网点应埋设在隧道侧墙上。控制点布设时应根据限界图中应急平台、消防水管、电缆支架的设计位置进行综合比选，选择结构稳定、高度合适、便于控制网测量的位置进行布点。地下单线圆形隧道段任意设站控制网控制点布设位置如图 H.0.2-1 所示，地下矩形隧道段任意设站控制网控制点布设位置如图 H.0.2-2 所示。

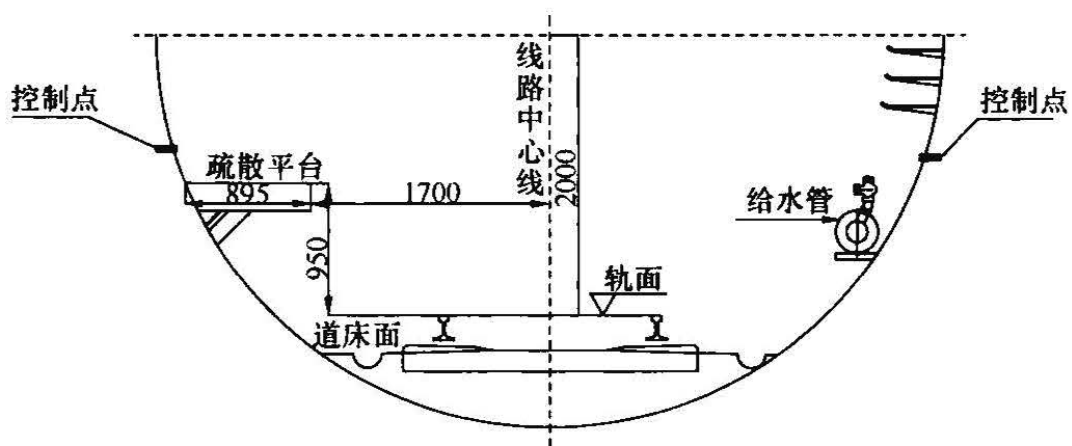


图 H.0.2-1 地下单线圆形隧道段任意设站控制网控制点布设位置

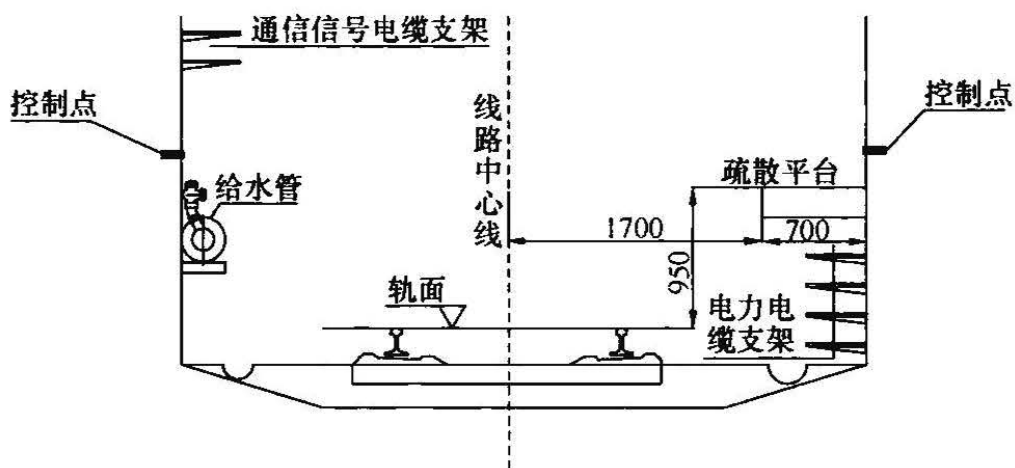


图 H.0.2-2 地下矩形隧道段任意设站控制网控制点布设位置

H.0.3 车站控制点布设位置

在地下岛式或侧式车站，站台一侧控制点应埋设在站台廊檐侧面，且应避开屏蔽门及塞拉门位置，点位埋设位置距离站台顶

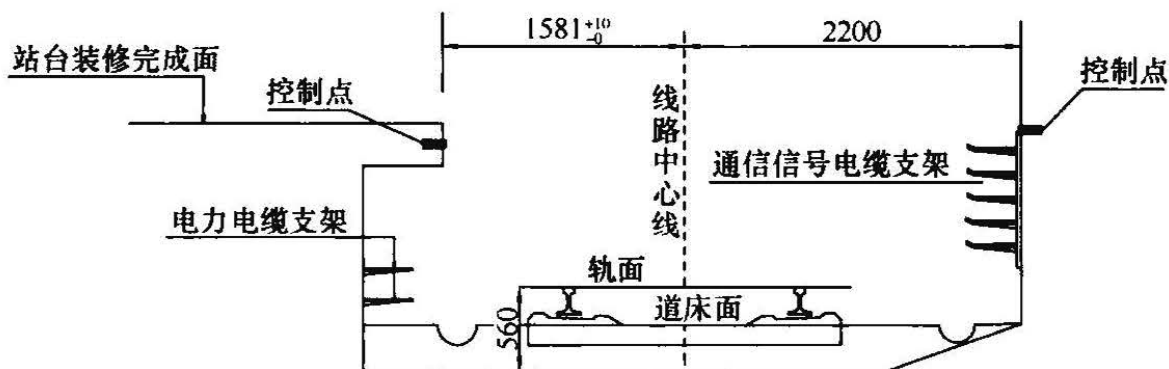


图 H.0.3 地下岛式或侧式车站任意设站控制网控制点布设位置

面不宜小于 100mm，确保后续橡胶条安装不破坏任意设站控制网控制点，另一侧控制点应对应埋设在隧道侧墙上且高于电缆支架 50mm 左右的位置。

H.0.4 地面线路区间段控制点布设位置

地面线路区间段，任意设站控制网控制点应成对布设在接触网杆内侧高于轨面 0.3m 左右的位置，且应高于消防水管。

附录 J 不量仪器高和棱镜高的 电磁波测距三角高程测量

J.0.1 中间设站的电磁波测距三角高程测量方法 (图 J.0.1)

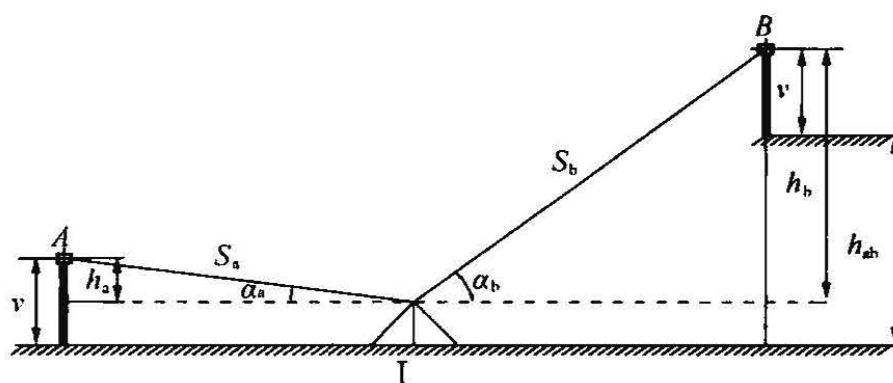


图 J.0.1 中间设站的电磁波测距三角高程测量方法

J.0.2 观测点在同一侧的电磁波测距三角高程测量方法 (图 J.0.2)

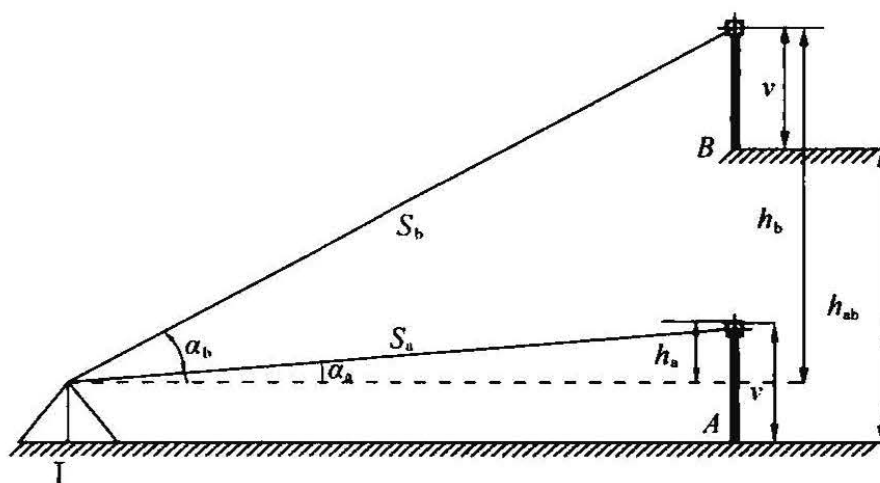


图 J.0.2 观测点在同一侧的电磁波测距三角高程测量方法

附录 K 设备竣工测量

K.1 竣工测量示意图

K.1.1 防淹门竣工测量位置 (图 K.1.1)

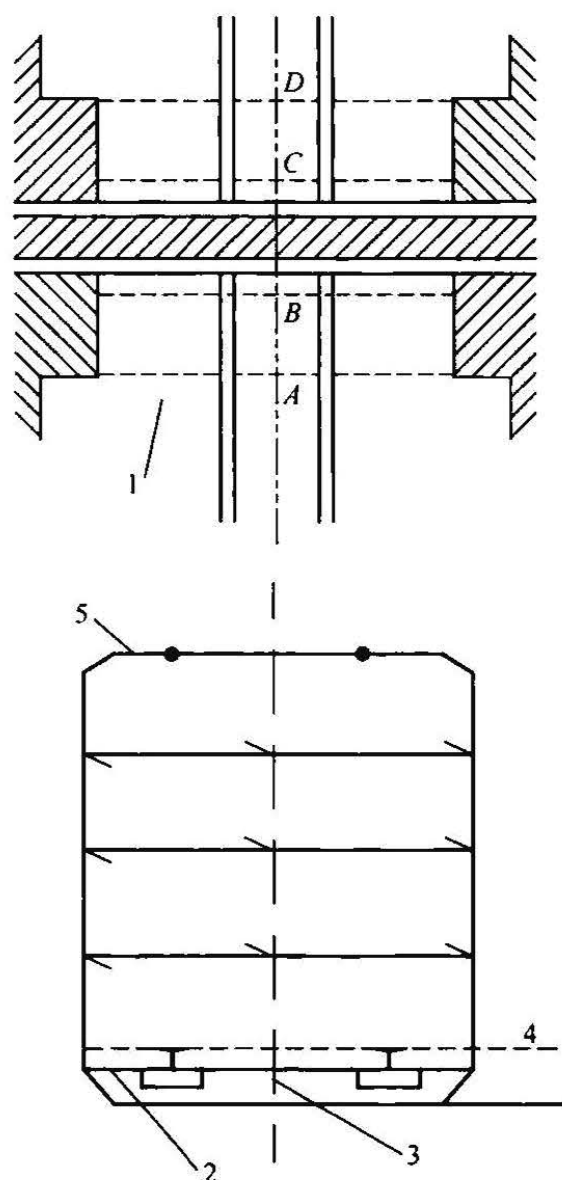


图 K.1.1 防淹门竣工测量位置

1 隧道瓶颈口；2 底板；3 线路中线；4 轨面；5 顶板
注：A、B、C、D 表示四个横断面；每横断面应测量左右轨面高程、
2 个顶板点高程、3 个横距（其高度依据车辆、限界要求选定）。

K. 1.2 接触轨、接触网竣工测量位置 (图 K. 1.2)

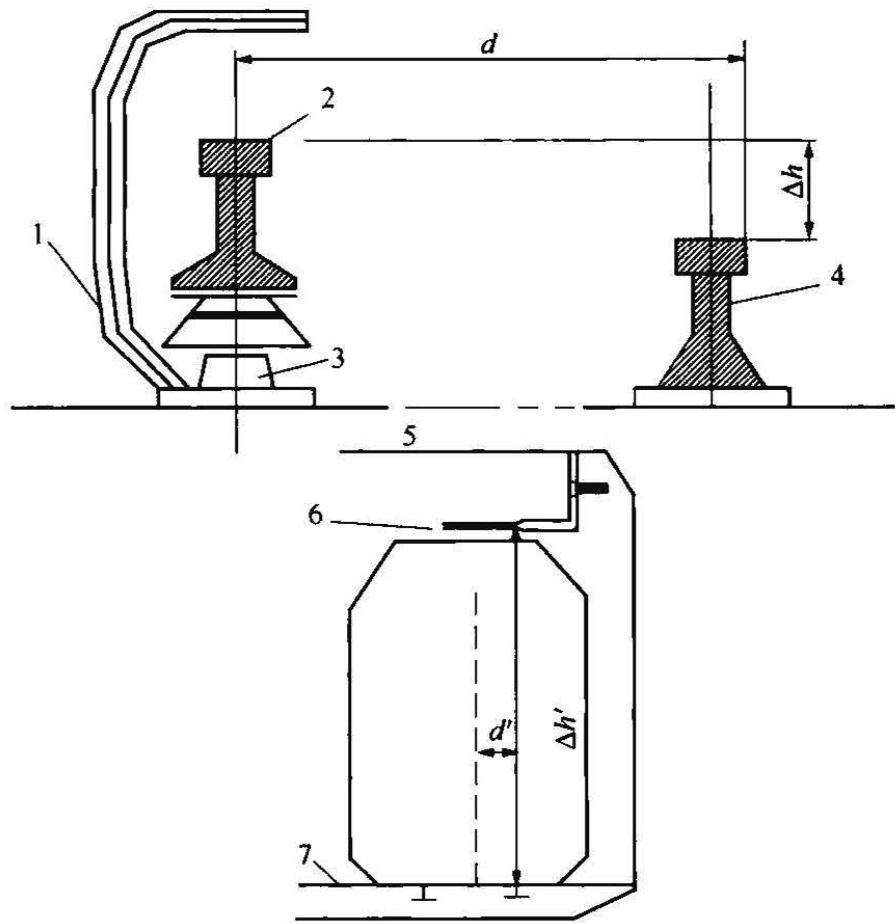


图 K. 1.2 接触轨、接触网竣工测量位置

1—绝缘护板；2—接触轨；3—接触轨承台；
4—轨道；5—隧道顶板；6—接触网授电线；7—轨面

K. 2 接触轨、接触网竣工测量记录表

K. 2.1 接触轨、接触网竣工测量记录表

表 K. 2.1 接触轨、接触网竣工测量记录表

线 段							
里 程	Δh (或 $\Delta h'$)			d (或 d')			备注
	实测值 (m)	设计值 (m)	较差 (mm)	实测值 (m)	设计值 (m)	较差 (mm)	

附录 I 变形监测标石埋设

L. 0.1 深层测温钢管高程控制点标石埋设形式 (图 L. 0. 1)

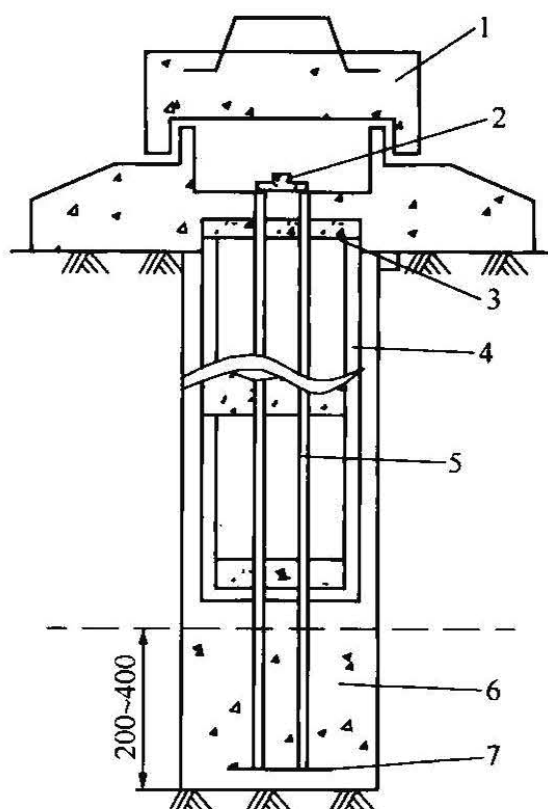


图 L. 0.1 深层测温钢管高程控制点
标石埋设形式 (单位: mm)

- 1- 标志盖; 2 标心 (有测温孔);
3- 橡皮环; 4 保护管; 5 钢管;
6 -混凝土; 7- 封底钢板

L. 0.2 建筑变形观测点标志类型和埋设形式 (图 L. 0. 2)

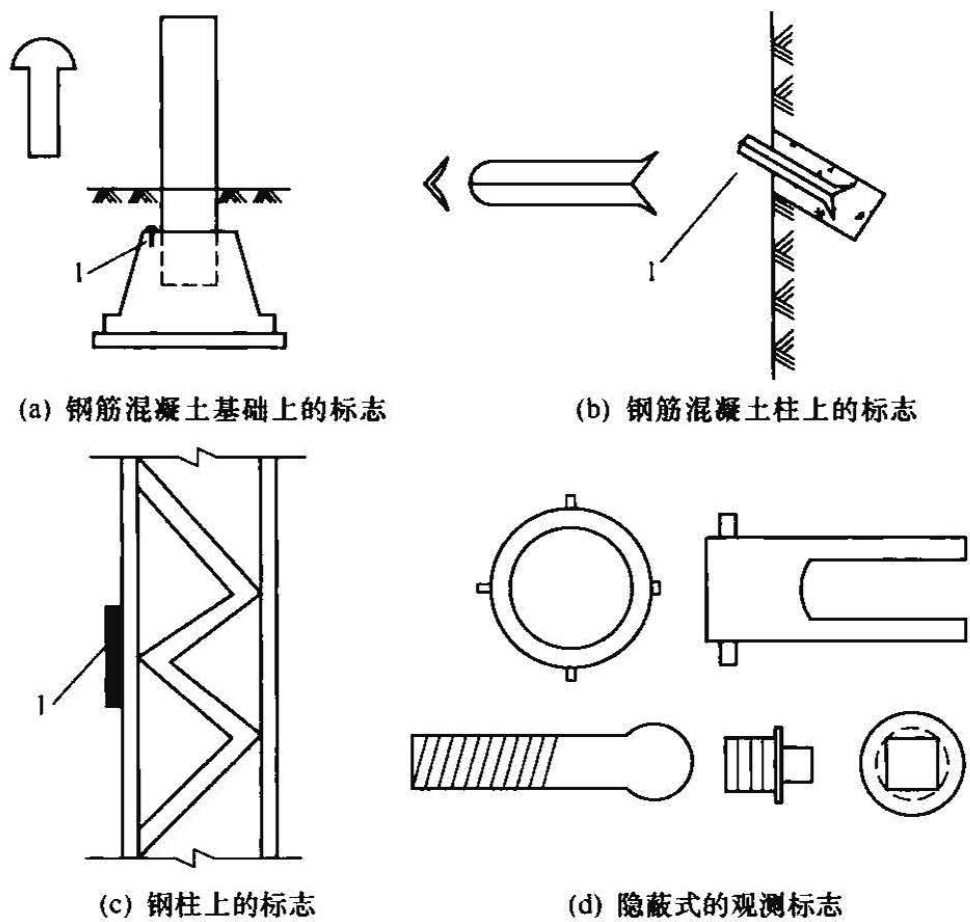


图 L. 0. 2 建筑变形观测点标志类型和埋设形式 (单位: mm)
1 标志

L. 0. 3 隧道净空水平收敛、拱顶下沉和地表沉降观测点布设图 (图 L. 0. 3)

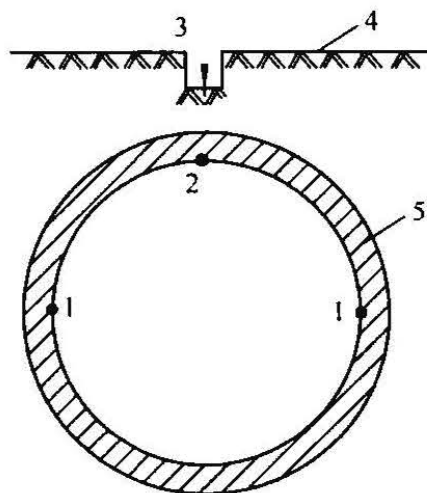


图 L. 0. 3 隧道净空水平收敛、拱顶下沉
和地表沉降观测点布设图

1—净空水平收敛观测点; 2—拱顶下沉观测点;
3—地表沉降观测点; 4—地表; 5—隧道结构

附录 M 质量检查记录表

表 M.0.1 测量成果质量检查记录表

项目名称：

检查内容	检查结果	备注
执行技术标准、技术设计、政策法规情况		
使用的仪器设备及其检定情况		
记录、计算以及所用软件系统情况		
控制点布设位置及埋设的标石、标志情况		
控制点使用前对其稳定性检测与分析情况		
外业记录的完整、准确性及记录项目的齐全性		
观测情况，包括观测限差、数据各项改正、观测方法和操作程序的正确性等		
数据处理的正确性		
资料整理的完整性		
测量成果精度统计和质量评定的合理性		
成果的可靠性、完整性及符合性情况		
技术报告内容的完整性、统计数据的准确性、结论的可靠性		
体例的规范性、成果签署的完整性和符合性情况		

检查阶段：

☐一级检查

☐二级检查

质量等级：

☐合格

☐不合格

检查人：

检查日期： 年 月 日

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 规范中指明应按其他有关标准执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《地铁设计规范》 GB 50157
- 2 《地下铁道工程施工及验收规范》 GB 50299
- 3 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 4 《国家一、二等水准测量规范》 GB/T 12897
- 5 《基础地理信息要素分类与代码》 GB/T 13923
- 6 《地理空间数据交换格式》 GB/T 17798
- 7 《房产测量规范 第 1 单元：房产测量规定》 GB/T 17986. 1
- 8 《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分：1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图图式》 GB/T 20257. 1
- 9 《土地利用现状分类》 GB/T 21010
- 10 《城市地下管线探测技术规程》 CJJ 61
- 11 《城市测量规范》 CJJ/T 8
- 12 《卫星定位城市测量技术规范》 CJJ/T 73

中华人民共和国国家标准

城市轨道交通工程测量规范

GB/T 50308 - 2017

条文说明

编制说明

《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 - 2017 经住房和城乡建设部 2017 年 5 月 4 日以第 1537 号公告批准、发布。

《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 - 2017 是在 2008 版的基础上，经充分调查研究、认真总结技术发展现状和已有经验后进行修订的。

本版规范内容在原规范 20 章和 11 个附录的基础上修订为 17 章和 12 个附录。原有各章节条文的内容进行了调整和全面的修订，并增加了第 16 章第三方测量和第三方监测，其他章节也进行了扩充、深化与完善。

为便于广大设计、施工、科研和高校有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《城市轨道交通工程测量规范》编制组按章、节、条、款、项顺序编制了条文说明，对条文规定的目的、依据和执行中需注意的问题进行了说明。由于条文说明不具有规范正文同等的法律效力，仅供使用者参考。

目 次

1	总则	168
2	术语和符号	170
2.1	术语	170
2.2	符号	170
3	地面平面控制测量	171
3.1	一般规定	171
3.2	卫星定位控制网测量	174
3.3	精密导线网测量	176
4	地面高程控制测量	177
4.1	一般规定	177
4.2	高程控制网设计与埋石	178
4.3	水准测量	178
5	线路带状地形图与中线测量	180
5.1	一般规定	180
5.2	图根控制测量	180
5.4	航空摄影测量	181
5.5	线路中线测量	181
6	专项调查与测绘	183
6.1	一般规定	183
6.2	地下管线调查与测绘	184
6.3	地下建筑测绘	185
6.4	跨越线路的建筑物测绘	186
6.5	水下地形测量	186
6.6	房屋拆迁测量	186
6.7	勘测定界测量	187

7	地面线路施工测量	188
7.1	一般规定	188
8	地下隧道和车站施工测量	189
8.1	一般规定	189
8.2	联系测量	189
8.3	地下控制测量	192
8.4	暗挖隧道和车站施工测量	193
8.5	明挖隧道和车站施工测量	195
8.6	地下结构完成后的测量	195
9	高架结构施工测量	197
9.1	一般规定	197
9.4	横梁施工测量	197
10	轨道施工测量	198
10.1	一般规定	198
10.2	铺轨基标测量	199
10.3	任意设站控制网测量	200
10.4	铺轨施工测量	207
11	车辆基地施工测量	210
11.2	施工控制网测量	210
11.3	施工测量	210
11.4	线路测量	211
12	磁悬浮和跨座式单轨交通工程施工测量	212
12.1	磁悬浮轨道交通工程施工测量	212
12.2	跨座式单轨交通工程施工测量	212
13	设备安装测量	216
13.2	接触轨与架空接触网安装测量	216
13.4	行车信号与线路标志安装测量	216
14	竣工测量	217
14.1	一般规定	217
14.2	控制网检测与控制点恢复测量	218

14.3	轨道竣工测量	218
14.4	建筑结构竣工测量	218
14.5	设备竣工测量	219
14.6	地下管线竣工测量	219
15	变形监测.....	220
15.1	一般规定	220
15.2	变形监测控制网测量	222
15.3	施工期间变形监测	223
15.4	建成后线路变形监测	225
15.5	变形监测资料整理与信息反馈	225
16	第三方测量和第三方监测.....	227
16.1	一般规定	227
16.2	第三方测量	228
16.3	第三方监测	229
17	质量检查与验收.....	230
17.1	一般规定	230
17.2	质量检查	230
17.3	质量验收	230

1 总 则

1.0.1 近年来,随着我国城市轨道交通工程建设蓬勃发展,原有《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308-2008 不能完全满足各个城市轨道交通工程规划和建设的规模与速度的需要,城市轨道交通工程测量技术也日臻成熟,人们对城市轨道交通工程建设的认识 and 理念都上升到了一个新的高度,不论从技术进步还是从技术创新的角度对城市轨道交通工程的建设、安全、环保和舒适性等方面都提出了更高要求,鉴此住房和城乡建设部为适应当前城市轨道交通建设发展的需要,下发建标[2012]5号文《关于印发2012年工程建设标准规范制订修订计划的通知》,要求对《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308-2008 进行修订。

1.0.3 城市轨道交通是城市中的重要市政设施之一,并与线路沿线各种建筑、管线等其他市政设施衔接,所以必须采用所在城市的平面坐标和高程测量系统才能保证各条线路之间以及与相关市政设施衔接正确。

两个城市的坐标和高程系统往往不一致,为满足城市轨道交通工程建设要求,两个城市之间建设轨道交通工程必须采用统一的坐标和高程系统,如果条件限制不能采用统一的坐标和高程系统,两套系统应有严密的换算公式。

1.0.5 《中华人民共和国计量法实施细则》第二十五条规定“任何单位和个人不准在工作岗位上使用无检定合格印、证或者超过检定周期以及经检定不合格的计量器具”现将这些规定摘录如下:

《全站型电子速测仪检定规程》JJG 100 规定的全站仪检定内容,检定周期一般不超过一年。

《水准仪检定规程》JJG 425 规定的水准仪检定内容,检定

周期一般不超过一年。

《钢卷尺检定规程》JJG 4 规定的钢卷尺检定内容，检定周期最长不超过一年。

《水准标尺检定规程》JJG 8 规定的水准标尺检定内容，检定周期为一年。

1.0.6 工程建设应根据工程在建设期间可能会发生的安全、质量、环保等事故，制定相应的安全生产、质量、环保等措施和应急预案，并且在这些措施和应急预案中，应编制在处理安全、质量、环保事故中测绘工作采取的措施和应急预案，以满足应急对测绘工作的需要。

2 术语和符号

2.1 术 语

本术语中主要列入了本规范有关具有城市轨道交通工程测量特点以及与工程测量有关的城市轨道交通概念、施工工法相关的术语。同时为简化用词，对个别词汇赋予较广泛的含义，如“建筑”一词在本规范中包含了建筑物和构筑物两个词的意思。

2.1.1 术语引自国家标准《城市轨道交通工程基本术语标准》GB/T 50833-2012。

2.1.14~2.1.25 术语引自国家标准《城市轨道交通工程基本术语标准》GB/T 50833-2012。

2.1.27~2.1.30 本规范允许偏差、点位中误差、极限误差和较差出现频率较多，为使读者概念清晰，正确使用，特从《测绘学名词》和权威信息资料中选择这些术语并修改而成。

2.2 符 号

城市轨道交通工程测量涉及内容和专业繁多，同一符号在不同专业中的意义不一样，因此本规范中列出的符号代表多种意思，一并列出。

3 地面平面控制测量

3.1 一般规定

3.1.1 以前,城市轨道交通建设由于受经济发展和客观条件的限制,一般都是逐条建设的,当时的《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308-2008 有关地面平面控制测量标准也是根据这一时期的情况制定的,并满足了工程规划、建设和运营需要,在城市轨道交通工程建设中发挥了重要作用。随着我国国民经济和社会的高速发展,我国城市轨道交通规划和建设正进入快速发展时期,许多城市存在几条线路同时建设、对已有的线路进行延长、多条线路交叉换乘等情况。在这种情况下,如果依然采用《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308-2008 规定的相关技术要求建立测量控制网,则其控制网的精度和覆盖范围不能完全满足在上述情况下规划、建设和运营的需要,造成近年有些城市出现的不同时期建设的一些线路之间衔接偏差过大、坐标系统不一致等问题,客观反映出非常有必要根据城市轨道交通的整体规划进行城市轨道交通整体控制网设计和布设。因此,这次在 2008 版规范的基础上对城市轨道交通地面平面控制网内容进行修订。

3.1.2 地面平面控制网分为三个等级,一等为服务全市轨道交通规划、建设所需要的全市轨道交通卫星定位控制网,对全市的轨道交通线路规划和建设进行整体精度控制;二等为服务于各条具体线路建设、运营的卫星定位控制网,在一等网的基础上进行布设;三等为服务于各条具体线路建设、运营的精密导线网,在二等网的基础上加密布设。一等网应根据各个城市近期、中期和远期规划要求,一次性全面布设,二、三等网应根据各条线路建设需要分期布设。

3.1.3 城市轨道交通是城市市政设施重要组成部分,并与城市

其他许多市政设施衔接或在空间位置上与其他城市建筑互相制约。为了保证城市轨道交通设施与城市其他市政设施准确衔接,因此规定作为城市轨道交通基准控制网的一等全市轨道交通卫星定位控制网应采用城市平面坐标系统,其高程投影面应与城市平面坐标系统的高程投影面一致。

3.1.4 现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 和现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 规定了平面控制网的坐标系统,要求满足测区内投影长度变形不大于 25mm/km ,这样的长度变形,可满足大部分建设工程施工放样测量精度不低于 $1/20000$ 和城市 $1:500$ 地形测图的要求。但是,对于城市轨道交通工程中铺轨测量精度要求来讲该投影长度变形引起的误差对隧道结构和铺轨精度影响较大,如在本规范规定的贯通测量中误差 $\pm 50\text{mm}$,贯通距离一般不超过 1.5km ,其相对误差要求小于 $1/30000$ 。再有,铺轨要求纵向距离偏差小于 10mm ,横向偏差小于 2mm 。这样长度变形所产生的误差不仅不能完全满足结构贯通要求,对铺轨测量精度影响更大。由于城市轨道交通工程地下隧道较多,且观测条件差精度难以提高,为尽量减少各项误差对铺轨精度的影响,本规范要求线路轨道面平均高程综合投影长度变形最大值为 15mm/km ,该项误差影响为 $1/60000$,该精度要求减弱了该项误差在总误差中的影响比重,对提高铺轨测量精度,保证轨道交通工程铺轨质量意义重大。

另外,由于各个城市区域范围和地表地貌差距较大,城市中一些轨道交通线路处在城市边缘或距离城市中央子午线较远或线路坡度起伏较大等情况,如果采用统一的投影面或中央子午线,一些线路就会出现较大施工测量误差,线路轨道面平均高程的边长高程投影长度变形和高斯投影长度变形的综合变形值就不能满足本规范要求。为避免这种情况的发生,针对每一条线路的具体情况,二等线路卫星定位控制网应采用本规范介绍的相应方法,保证各条线路轨道面平均高程的边长高程投影长度变形和高斯投影长度变形的综合变形值满足本规范要求。

3.1.7 由于城市轨道交通工程建设周期较长,我国许多城市地面沉降现象严重,加上城市其他建设对控制网的影响,造成初期建立的平面控制网点在工程建设中有可能发生位移。因此,必须根据各个城市工程地质和水文地质条件、地面沉降实际状况以及城市其他建设对控制网影响状况,对已建成的卫星定位控制网和精密导线网定期进行复测,以便了解平面控制点的可靠性、稳定性的状况,并对变化较大的控制点及时进行更新,以满足工程需要。根据经验,除第一次在开工前进行外,一般1年~2年左右复测1次,各个城市可根据各自控制点实际变形速率、累计变形量和对工程的影响等情况确定复测周期。

1 在相同的起算点和控制网测量方案条件下,比较复测与原测量成果才科学可靠。

2 鉴于城市轨道交通工程控制测量精度要求较高,如果达到规范规定的控制点成果精度,需要在测量的观测、数据处理等每一个环节都应该注意,才能得到理想成果。对于了解控制网可靠性、稳定性的复测工作更应该注意重复测量中仪器设备、观测方法、观测精度、数据处理和成果精度应与原测量一致,才能对以往成果进行可靠评价。《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308-2008对于复测具体技术要求比较简单,不能完全满足复测目的要求,本次修订完善了复测技术要求,对实际工作更有指导意义。

3 利用控制点点位中误差计算复测与原测成果坐标分量较差限差公式推导如下:

复测与原测点位误差的较差为: $\Delta P = p_{\text{复}} - p_{\text{原}}$ (其中 ΔP 为复测与原测点位较差, $p_{\text{复}}$ 为复测点位误差, $p_{\text{原}}$ 为原测点位误差);

由上式得到复测与原测点位较差的中误差为: $m_{\text{较差}} = \sqrt{m_{\text{原}}^2 + m_{\text{复}}^2}$;

令坐标分量 x 、 y 中误差相等,则坐标分量 x 、 y 中误差为: $m_x = m_y = m_{\text{较差}} / \sqrt{2} = \sqrt{m_{\text{原}}^2 + m_{\text{复}}^2} / \sqrt{2}$;

取 2 倍中误差作为坐标分量较差的中误差限差, 并以 $m_{x限}$ 和 $m_{y限}$ 表示则有: $m_{x限} = m_{y限} = 2\sqrt{m_{原}^2 + m_{复}^2} / \sqrt{2} = \sqrt{2}\sqrt{m_{原}^2 + m_{复}^2}$;

由于在实际工作中原测精度统计数据往往不易得到, 本规范要求复测与原测精度一致, 并以 m 表示, 则有: $m_{原} = m_{复} = m$;

最终利用控制点点位中误差计算复测与原测成果坐标分量较差限差公式为: $m_{x限} = m_{y限} = 2\sqrt{m_{原}^2 + m_{复}^2} / \sqrt{2} = \sqrt{2}\sqrt{m_{原}^2 + m_{复}^2} = 2m$ 。

必须引起注意的是, 由于每个控制点的点位误差不一样, 因此每个控制点的坐标分量较差需要逐个计算并确定合格与否。

4 复测与原测量成果坐标分量较差限差分别小于 $2m$ 时, 说明原测量成果可靠, 应该继续使用; 大于 $2m$ 时, 应查明原因, 如因变形造成限差超限应利用复测成果取代原测量成果, 如控制点遭到破坏应及时补测或修测, 并应满足与相邻控制点的相对点位中误差要求。

3.2 卫星定位控制网测量

3.2.1 增加了一等全市轨道交通卫星定位控制网的基本技术要求, 其最弱边相对中误差介于 C 级和 D 级网之间, 高于城市二等控制网。

a 、 b 取值应根据卫星定位控制网实际测量误差确定, 与所使用仪器的标称精度无关。

3.2.2

1 了解城市轨道交通线网建设规划方案是为了确定测量控制网范围, 收集全市或线路沿线相关现有城市控制网的基础测绘资料, 以便利用和改造已有城市测量控制网满足城市轨道交通建设要求。

6 在控制点构成的三角形中, 为了保证短边间控制点相对精度, 短边应测设独立基线。如图 1 所示, 为了保证 Station 1 至 Station 5 之间的相对精度, 当 Station 1 至 Station 5 之间的距

离小于基线 Station 1~Station 3 长度与基线 Station 3~Station 5 长度之和的 30% 时，应实测 Station 1 至 Station 5 的基线。

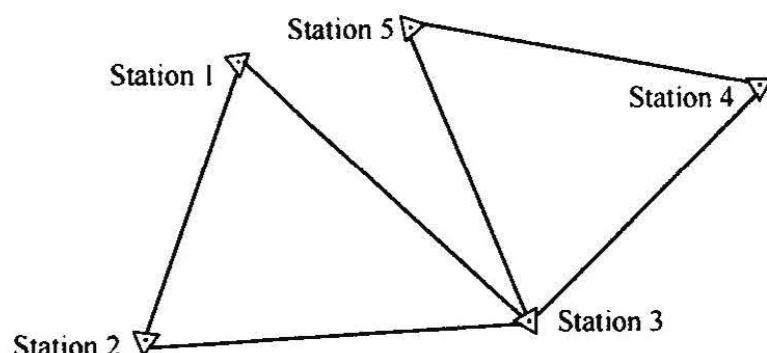


图 1

3.2.10

4 从地面向上 40km 为对流层，该层是气象现象出现的地区，电磁波在其中速度与大气折射率和电磁波传播方向有关，在天顶方向延迟可达 2.3m，高度角 10° 时可达 20m，因此观测值均应进行对流层延迟修正。对流层延迟修正方法，一种为实测该地区气象资料利用模型改正，另一种是基线较短时，气象条件稳定，且两个测站一致，利用基线两端同步观测求差减弱大气折射影响，这样就无需实测该地区气象资料利用模型改正。对流层延迟修正模型中的气象元素包括气压、温度和湿度。

5 基线解算时，对于长度小于 15km 的短基线，静态观测 1h 以上时，由于随时间变化的电离层效应、多路效应将大大减弱；同时在较长观测时间里所观测卫星的几何分布的较大变动改善了参数的确定精度，就能以较高精度求定整周模糊度。由于顾及了整周待定值的整数特性，改善了短基线的相对定位精度，该解算方法叫双差固定解。对于 15km 以上基线，由于电离层误差、卫星轨道误差等影响难以消除，整周模糊度参数求解精度低，因此不再确定模糊度整数解，维持模糊度的实数解联同坐标估值，称为双差浮点解。15km 以上基线可通过双差固定解和双差浮点解两种方法进行基线解算，从中选择最优结果。

3.2.13 约束平差中当改正数的较差超限时，可以认为该基线或

其附近基线有粗差，应采用软件提供的方法或人工干预的方法剔除粗差基线，直至符合本规范式（3.2.13-1）～式（3.2.13-3）的要求。如果超限可能是已知约束值（坐标、边长、方位）与新建的卫星定位控制网不兼容引起的，应剔除某些误差大的已知点的约束值，重新进行约束平差，直至符合本规范式（3.2.13-4）～式（3.2.13-6）的要求。

3.2.14 卫星定位控制点与现有城市控制点的坐标较差为50mm，是为了保证在轨道交通工程规划、设计和定线时能够使用城市现有的大比例尺地形图和资料。

3.2.15 本条规定是根据多年来在全国城市轨道交通工程建设中，政府测绘主管部门、建设和施工单位对测绘工作完成后需要提交的测绘成果和相关资料的要求而制定的。

3.3 精密导线网测量

3.3.1 由于轨道交通工程线路多为直伸形状，在一、二等卫星定位点之间布设的精密导线应构成附和导线形式，当条件限制不利于布设附和导线时，应布设成结点网形式。

3.3.2 城市轨道交通工程平面控制网的三等精密导线网的主要技术要求与国家其他现行规范中的导线不同，主要针对城市轨道交通工程特点以及工程结构施工和暗挖隧道贯通要求而制定。

3.3.6 前后视边长相差较大时，采用一般方法测角调焦幅度大，对测角误差影响显著。针对这一问题，工作实践中采用同一方向正倒镜同时观测法，可减少调焦误差对测角的影响。同一方向正倒镜同时观测法一测回的程序是：先盘左、盘右观测零方向（观测中不调焦），再瞄准另一方向调焦后，盘右、盘左进行观测（观测中不调焦）。

3.3.14 本条规定是根据多年来在全国城市轨道交通工程建设中，政府测绘主管部门、建设和施工单位对测绘工作完成后需要提交的测绘成果和相关资料的要求而制定的。

4 地面高程控制测量

4.1 一般规定

4.1.2 地面高程控制网分为两个等级，一等为服务全市轨道交通规划、建设所需要的全市轨道交通高程控制网，对全市的轨道交通线路规划和建设进行整体精度控制；二等为服务于各条具体线路建设、运营的高程控制网，在一等网的基础上进行布设。一等网应根据各个城市近期、中期或远期规划要求，一次性全面布设，二等网可根据各条线路建设需要分期布设。

4.1.5 我国许多城市由于地面沉降现象严重，一些城市年累计沉降量达 10mm 以上，个别地区年累计沉降量达 20mm 以上，对城市轨道交通这类线形工程危害较大，加上城市其他建设的影响以及线路建设周期较长，造成初期建立的高程控制网点在工程建设中有可能发生沉降。因此，必须根据各个城市工程地质和水文地质条件以及地面沉降实际状况，对已建成的高程控制网定期进行复测，以便掌握高程控制点的可靠性、稳定性的状况，并对变化较大的控制点及时进行补测，以满足工程需要。根据经验，除第一次在开工前进行外，一般宜 1 年~2 年左右复测 1 次，各个城市可根据各自实际情况确定复测周期。

3 利用控制点高程中误差计算复测与原测高程较差限差公示推导如下：

复测与原测高程的较差为： $\Delta H = h_{\text{复}} - h_{\text{原}}$ （其中 ΔH 为复测与原测高程较差， $h_{\text{复}}$ 为复测高程， $h_{\text{原}}$ 为原测高程）；

由上式得到复测与原测高程较差的中误差： $m_{\text{较差}} = \sqrt{m_{\text{复}}^2 + m_{\text{原}}^2}$ ；

取 2 倍中误差作为高程较差的限差，并以 $m_{\text{限}}$ 表示，则有：

$$m_{\text{限}} = 2\sqrt{m_{\text{复}}^2 + m_{\text{原}}^2}；$$

由于在实际工作中原测精度统计数据往往不易得到，本规范要求复测与原测精度一致，故采用复测高程精度值，并以 m 表示，则有： $m_{\text{复}} = m_{\text{原}} = m$ ；

最终坐标高程较差的限差为： $m_{\text{限}} = 2\sqrt{m_{\text{复}}^2 + m_{\text{原}}^2} = 2\sqrt{2}m$ 。

必须引起注意的是，由于每个高程控制点的误差不一样，因此每个高程控制点的较差需要逐个计算并确定合格与否。

4.2 高程控制网设计与埋石

4.2.1 本规范水准测量技术要求主要根据城市轨道交通特点和结构施工与铺轨限差要求制定，其中一等水准测量技术要求基本符合国家二等水准测量技术要求，二等水准测量技术要求介于国家二等和三等水准测量之间。

4.2.2 一等水准点服务于全市轨道交通规划、建设所需要的全市轨道交通高程控制网，对全市的轨道交通线路规划和建设进行整体精度控制，因此，需要沿城市轨道交通规划线路进行布设；二等水准点服务于各条具体线路建设、运营的高程控制网，在一等网的基础上沿建设线路进行布设。

4.2.4 一些城市或地区地表沉降比较大，造成水准点沉降，因此水准点每间隔 4km 左右需埋设深桩水准点或基岩水准点，深桩水准点应埋设在稳定的持力层上。为方便施工或高程传递，车站、竖井及车辆段附近应布设水准点，为加强检核，其数量不应少于 2 个。

4.2.7 由于城市轨道交通工程建设的周期较长，水准点常常受到外界环境和施工建设的影响而损毁，必须及时恢复。

4.3 水准测量

4.3.3

3 使用电子水准仪时，输入的有关参数包括数据单位、时间格式、观测限差以及测站和通信设置，详见《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 中第 7.6.2 条。

4.3.9 本条规定是根据多年来在全国城市轨道交通工程建设中，政府测绘主管部门、建设和施工单位对测绘工作完成后需要提交的测绘成果和相关资料的要求而制定的。

5 线路带状地形图与中线测量

5.1 一般规定

5.1.5 由于城市轨道交通工程为线型工程，线路带状地形图是轨道交通工程线路设计的基础资料，按照设计的要求，带状地形图采用自由分幅，施测前需进行分幅设计，分幅不宜设在重要建筑物、路口、设计的车站等地方。当线路有比较方案时，将其测绘在同一幅图内。当设计对接图位置有特殊要求时，以其要求为准。

5.1.7 本条根据城市轨道交通工程特点，并参考了现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 和现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 有关技术要求制定。

5.2 图根控制测量

5.2.2 图根点相对于邻近等级控制点的点位中误差是根据人工展点误差和眼睛分辨率制定的。

5.2.6 随着卫星定位技术的普遍应用，我国不少的大中型城市均进行了似大地水准面精化的工作，为卫星定位高程测量代替水准测量打下了基础。经许多城市的实践证明，在平地 and 丘陵地区卫星定位高程测量可以达到图根水准测量的精度，因此本次规范修订增加了 GNSS 高程测量的内容。

采用卫星定位测量方法建立高程控制网时，一般应包括高程异常模型建立、卫星定位测量、高程计算与检查等过程。现行行业标准《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73 第 7 章对利用 GNSS 高程测量方法进行图根水准测量的技术要求和操作规程均做了明确的规定，因此本条直接进行了引用。

5.4 航空摄影测量

5.4.8

5 相邻像对的地物和等高线接边误差除应分别小于地物点平面位置中误差和等高线中误差的 1.5 倍,山地和高山地应小于 2 倍外,接边时还应根据地物、地貌特征合理配赋,避免地物、地貌变形。

5.5 线路中线测量

5.5.1 本节中的线路中线测量是指城市轨道交通工程初步设计阶段线路中线测量,由于城市轨道交通工程的线路中线初步设计采用解析设计,设计者依据地形图和沿线的重要建筑的位置等条件,进行线路设计。测量单位施测前应对设计数据进行复核,进行实地核实后,制定测量作业方案。

5.5.2 在进行城市轨道交通工程的线路中线初步设计阶段线路中线测量时,一般情况下城市轨道交通工程的专用控制网尚未布设完成,根据初步设计定线测量线路中线测量的精度要求,线路中线测量可利用线路带状地形图测量的控制点,测量精度不应低于图根控制点的精度。地形图测量控制点的密度不能满足线路中线测量时,就需要加密。

5.5.4 城市轨道交通线路中线上的重要建筑物、铁路、公路以及地形起伏变化处、沟坎、渠坡等处,都是线路设计考虑的关键部位,因此,在这些地方进行线路中线测量时,除满足本条上述的一般规定外,还需进行加密桩的测设。

5.5.6 双线平行地段,定出右线后,即可根据右线将左线放出来。非平行地段,由于线路长度不一样,线路里程也不一样,应分别测设。

线路定线时,可能由于地形图的不准确或图解误差大,使设计的线路与某些建筑发生矛盾,因此需测定建筑等的坐标和高程,用解析数据核实线路位置和走向。

5.5.8~5.5.18 纵横断面测量内容是根据城市轨道交通工程对纵横断面的特殊要求，在一般纵横断面测量技术要求的基础上编制。

6 专项调查与测绘

6.1 一般规定

6.1.1 专项调查与测绘是为城市轨道交通规划设计、建设提供基础测绘资料，因此主要对轨道交通工程线路中线两侧一定范围内地面和地下的管线、建筑、水域和房屋拆迁等进行调查与测绘。

6.1.2 专项调查与测绘各项成果的坐标与城市轨道交通工程平面坐标和高程保持一致，主要是方便使用，避免繁琐的坐标转换。

6.1.3 为便于对照使用，通常将地上、地下建筑二者综合绘制在一张图上，故专项调查与测绘比例尺宜与带状地形图一致。对于某些专项图（如管线图），若管线过密，需经设计、施工单位同意后，可将较小比例尺线路图放大后再展绘管线图。

6.1.4 本条细部点是指建筑物重要特征点的拐角点或几何中心，细部点测量是测定细部点坐标、高程的一项专门测量工作。原规范在条文中未对细部点的精度作明确规定，但在条文说明中有类似表达，只是在高程精度上有差异。原规范引用了现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 对细部点分类及其精度指标的规定，主要建筑物点位中误差不应超过 $\pm 50\text{mm}$ ，高程中误差不应超过 $\pm 20\text{mm}$ ；次要建（构）筑物点位中误差不应超过 $\pm 70\text{mm}$ ，高程中误差不应超过 $\pm 30\text{mm}$ 。按现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的有关规定，将上述两类建筑物的高程中误差分别放宽到 $\pm 30\text{mm}$ 和 $\pm 40\text{mm}$ ，调整后的高程中误差与测绘方法相适应，也符合效益原则，且并不违背现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 确定细部点精度指标的基本思路。因此，这次修订引用了现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 有关细部点精度的

规定。

6.2 地下管线调查与测绘

6.2.1 地下管线包括给水、排水、燃气、热力、工业和电力、电信等，一般管径小于 50mm 的给水管道和管径小于 200mm 的排水管道为入户支管，不在地下管线调查与测绘的范围内。

6.2.2 地下管线由于其用途不同，分属各有关部门敷设和管理。且敷设的年代亦不同，权属单位的单一管线资料往往按专业管线要素绘制，不能完全满足现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61-2003 要求。因此，向权属单位搜集资料了解现场地下管线的埋设情况，是地下管线调查与测绘前的一项重要工作。

6.2.3

2 按现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61-2003 的技术要求，在窨井（包括检查井、闸门井、阀门井、仪表井、人孔和手孔等）上设置明显管线点时，管线点的测设位置应设置在井盖的中心，并以此位置为基准测量地下管线埋深。

4 规范规定断面尺寸应量外径或外壁，但在外业中量取外径（壁）是比较困难。可通过量取内径加入壁厚求得外径。一般来说，不同类型、不同口径的管道（沟）壁厚有一定的规律。

6.2.4

1 选择物探方法主要考虑以下因素：

地铁工程施工要求——这里是指对地铁施工区及其邻近的地下管线的调查与探测的要求（包括精度要求），通常由地铁工程设计部门提出。

探查对象——是指被探查管线的类型、材质、管径、载体、埋深、出露情况、接地条件等。

地球物理条件——这里主要是指地下管线与其周围介质之间的物理特性上的差异，以及周围的干扰场等。

根据以上条件，选择成本低，效果好，效率高且能满足要求

的物探方法和仪器。例如：探查金属管线宜用电磁感应法，探查钢筋混凝土管道可用磁偶极感应法，在接地条件好的场地探测金属、非金属管道与人防巷道可用直流电法（电阻率法、充电法），探查金属、非金属管道及人防巷道，可用地质雷达法、地震波法，探查热力管道可用红外辐射法等。

1 方法试验是指在探查区或邻近的已知管线上进行物探方法的试探测，以确定该方法和仪器的有效性，以及精度和有关参数。

2 除管线特征点上需设置管线点外，施工场地的管线探测通常每 5m~10m 间距设一个探测点，平面图比例尺宜为 1:200~1:1000。地铁工程设计、施工特殊要求的探测点位应在探查任务中明确规定。

4 经过物探，若还不能查明管线的某些特性，或对于某些重要管线需要进一步落实位置或埋深，可与设计单位商榷选择适当部位开挖调查、测绘。

6.2.6 综合管线图分色一般为：给水—天蓝、排水—褐、燃气—粉红、热力—橘黄、工业—黑、电力—大红、电信—绿。

6.2.10 本条规定了地下管线探查质量检查比例；检查取样应随机，是指重复探查点应均匀分布于整个工区不同条件、不同埋深、不同类型的管线上，并具有代表性的管线点。本条还规定重复探查应在不同时间，由不同作业员进行。

6.3 地下建筑测绘

6.3.5 地下建筑轮廓在城市测量中规定测内壁，但在城市轨道交通建设中，地铁设计人员要求测外壁。地下建筑外壁可通过搜集已有资料（施工图、竣工图等）取得壁厚数据，也可用物探方法探测，同时在图上还应绘出外壁轮廓线。对于复杂的重要部位，可开挖量取壁厚。

6.4 跨越线路的建筑物测绘

6.4.1 本条所指的人行天桥又称人行过街桥，立交的公路、铁路统称为立交桥，栈桥是运送货物过街或在铁路车站越过铁路站线运送货物的桥，另将管道置于栈桥上以越过障碍物的架空管线，又称管线桥等。

本节条中所称的跨线路建筑物，不包括埋设在地下的跨越地铁工程的建筑，这类建筑属地下建筑，按本规范第 6.2 节或第 5.2 节的方法测绘。

6.5 水下地形测量

6.5.1 水下地形图是城市轨道交通工程设计与施工的必需资料。水下地形图测量范围和技术要求由设计单位提出。水底纵、横断面可实测，也可利用已有资料编绘。

6.5.2

1 一般认为线路中线与岸线（或水流方向）相交在 $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 范围内即为近似正交，测深断面与线路中线平行布设时，与线路中线重合的测深断面为线路纵断面。

6.5.3 城市轨道交通工程穿过小的河、渠道，一般可直接观测，采用断面法测深、定位等较容易。对于跨越江、河、湖等宽阔水面的断面测深、定位除执行本规范外，还应执行现行行业标准《水运工程测量规范》JTS 131。

当使用水下地形图遥控测量船测量时，可同时获取水下地形点的三维坐标，但由于水质、水中生物、微生物以及电压波动等原因会影响测深精度。因此，可采用测深仪与其他直接测深工具的测深值进行比较，这是有效的检核方法。

6.6 房屋拆迁测量

6.6.1 已进行过产权登记的房屋，不宜再进行房屋拆迁建筑面积测算。

6.6.7 国家标准《房产测量规范 第1单元：房产测量规定》GB/T 17986.1—2000将房屋建筑面积测算中误差分为三级：一级为 $\pm(0.01\sqrt{S}+0.0003S)$ 、二级为 $\pm(0.02\sqrt{S}+0.001S)$ 、三级为 $\pm(0.04\sqrt{S}+0.003S)$ 。该规范分级方法是把原行业标准《房产测量规范》CH 5001—1991中的房屋面积精度标准作为最低一级，即第三级，把固定误差的精度等级系数定为2，把比例误差比例系数的精度等级系数定为3，然后加以处理和凑整。将建筑面积测算中误差定为三级的目的是考虑到各地房价差别很大，存在不同需求，给各地根据当地实际情况确定等级的机会。现行国家标准《房产测量规范》GB/T 17986主要是适用于房屋竣工测量和房屋预售测量。而房屋拆迁测量与竣工测量、预售测量的测量范围不完全一致，它既要测量永久性建筑，又要测量临时建筑。一些农房、临时建筑受自身条件限制房屋边长测量精度提高比较困难，也没有必要。因此，将房屋拆迁建筑面积中误差定为第三级比较符合实际情况。本规范房屋面积用 P 表示。

6.7 勘测定界测量

6.7.8 本条规定是根据多年来在全国城市轨道交通工程建设中，根据土地管理部门、建设和施工单位对测绘工作完成后需要提交的测绘成果和相关资料的要求而编制的。

7 地面线路施工测量

7.1 一般规定

7.1.5 在地面路基结构施工中，由于多家单位以及非同时开工等情况的原因，都存在与相邻已完工结构衔接的问题。为了掌握结构衔接质量，有条件时必须进行贯通测量，本条规定的横向贯通测量限差和高程贯通测量限差均为最低要求，限差出现的概率较小。

8 地下隧道和车站施工测量

8.1 一般规定

8.1.4 起算点稳定可靠与否，只能通过重复测量的成果衡量，因此每次测量前必须对所使用的起算点进行检核，其较差在限差以内则确认其稳定可靠，可以使用。

8.1.5 结构施工完成后，隧道已经贯通，恢复的地下测量控制点精度较高，因此以其为起算点进行结构限界测量，也作为以后测量工作的起算数据。

8.1.6 在地下隧道结构施工中，由于多家单位以及非同时开工等情况的原因，都存在与相邻已完工结构衔接的问题。如果结构衔接的贯通误差过大将影响工程质量，甚至造成巨大经济损失。为了掌握结构衔接质量，具备测量条件时必须进行贯通测量，本条规定的横向贯通测量限差和高程贯通测量限差均为最低要求，且出现的概率较小。

8.2 联系测量

8.2.1 联系测量是将地面坐标、方位和高程传递到地下隧道，作为地下各项测量工作起算数据的一项综合测量工作。联系测量是隧道控制测量的重要环节，其精度对隧道贯通误差影响很大，必须引起重视。

8.2.2~8.2.4 每次联系测量应独立进行三次，取三次平均值作为定向成果；定向测量的地下近井定向边不少于 2 条，传递高程的地下近井高程点不少于 2 个以及隧道贯通前的联系测量工作应不少于 3 次的目的都是增加检核条件，提高联系测量的精度和可靠性。

8.2.5 隧道单向贯通距离大于 1500m 时，由于贯通距离较长，

测量贯通误差大，为避免因贯通误差影响贯通精度，往往在联系测量中采用双联系三角形进行一井定向、使用高精度陀螺仪、采取增加联系测量次数等高精度联系测量方法提高定向测量精度以减少对贯通精度的影响。另外城市轨道交通线路曲线较多，且曲线半径小，因此造成地下控制点间距短，导线边多，对贯通精度影响较大。为了提高贯通精度，每个测量环节都应采取措施，才能保证隧道按要求贯通。

8.2.9 本规范定向测量方法简介如下：

1 一井定向法，适合于井口小、深度大的竖井进行联系测量。虽然其作业工作量较大，但其精度很稳定，因而国内很多单位都在使用该法，在城市轨道交通联系测量工作中该法也得到广泛应用。

2 两井定向法，在两个由隧道连通的竖井井筒内，各悬挂一根重锤线，根据地面控制网测定两根重锤线中心的平面坐标，并在隧道内用导线对两重锤线中心进行联测，从而将地面控制网的平面坐标和方向，传递给井下的控制点和导线边。该方法定向精度高，是城市轨道交通提高联系测量精度的主要方法。隧道贯通后，有条件时都应进行两井定向。

3 陀螺全站仪和铅垂仪（钢丝）组合法，首先应用在北京地铁复西段的施工测量中，在西单车站施工技术科研成果的鉴定会上，得到了与会专家肯定，其方法简单、精度高、作业时间短，此后推广到北京地铁复八线和全国地铁施工测量中。

4 导线直接传递法，较适合于井口大、深度浅（深度小于30m）的车站或竖井进行联系测量。用导线测量方法将坐标和方位直接传递到隧道内，如果不能一次传入隧道，可再经站厅过渡传入隧道。此法工作量较小、简单易行，在全国地铁中应用较多。

5 投点定向法，该法利用在车站两端的出土井搭设人仪分离的观测台，将坐标用投点仪直接投入井内，此法前提条件是井下两点应当通视。另外，当隧道贯通距离较长时，为控制隧道掘

进的横向误差，对浅埋隧道可在地面钻一孔，用吊锤或光学、激光铅垂仪将坐标传入地下隧道内，将地下施工控制支导线变成坐标附和导线，由此提高地下施工控制导线精度。并使用平差后的导线成果继续指导隧道掘进。

8.2.10

1 悬挂三根钢丝组成双联系三角形，可以提高近一倍的定向精度，其测量示意图见图 2。

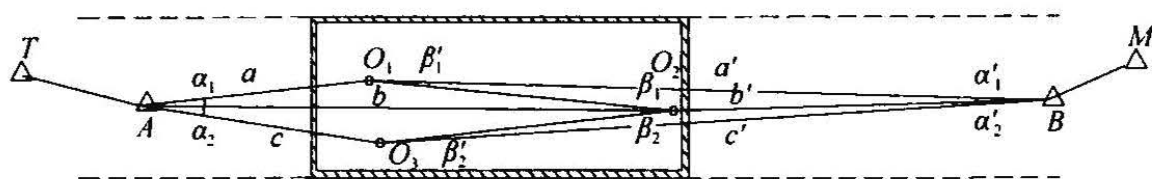


图 2

2 钢丝间的距离越长连接图形越好，根据竖井井口的直径尽量加大钢丝间的距离；从竖井联系测量传递方位角的精度公式来看，减小 γ 、 γ' ，可提高方位角传递的精度，故规定小于 1° ；从方位传递的公式来看， $m_a = \frac{a}{c} m_\gamma$ ， $\frac{a}{c}$ 比值越小，越有利于提高精度，故一般选择井上、井下近井点时，宜使近井点距钢丝距离不超过两钢丝的间距 c 。

3 检定钢尺一般均会随检定证书给出尺长方程式，尺长方程式的形式为 $l = l_0 + \Delta k + \alpha l_0 (t - t_0)$ ，式中 l_0 为钢尺的名义长度(m)， Δk 为尺长改正值(mm)， α 为钢的膨胀系数[mm/(m·°C)]， t_0 为标准温度，一般取 20°C ， t 为丈量时温度。钢尺的温度和尺长改正按尺长方程式计算。如因钢丝间距较短，丈量时可通过目视等方法控制两端高差，倾斜改正一般情况可忽略。

8.2.12

5 观测经验表明，采用悬挂带的陀螺仪的仪器常数在短期内是一个随时间呈线性变化的量，采用“地面已知边—地下定向边—地面已知边”的观测顺序，实际上是根据测前，测后测得的仪器常数，采用内插的方法求取观测时的仪器常数。而采用磁悬

浮的陀螺仪的仪器常数相对来说较为稳定，仅作测前观测就可以满足常数测量的精度要求。

6 子午线收敛角改正量计算的近似公式为：

$$\Delta\gamma = \mu(y_2 - y_1)$$

式中 $\mu = 32.3 \tan\varphi$ (s/km)， φ 为子午线收敛角， $y_2 - y_1$ 为地面常数边与地下定向边设站点的横坐标差（单位：km）。

经计算，在常数观测位置和地下定向边观测位置的横坐标 y 的差值为 100m 时，我国大部分地区（纬度 $18^\circ \sim 58^\circ$ ）子午线收敛角的影响约为 $1.7'' \sim 5.8''$ ，该项影响显著，测量时应考虑子午线收敛角的影响。

7 相关研究表明，陀螺全站仪的仪器常数是一个随时间和地点而变化的量。因此规定陀螺定向各个步骤应在三昼夜内完成，以避免时间过长造成仪器常数发生变化。

8.2.13

2 当导线定向路线存在较大高差时，一般测量仪器纵轴误差不易消除，因此采用的 I、II 级全站仪要有双轴自动补偿功能，若全站仪没有这种补偿，应采用跨水准器进行纵轴倾斜误差改正。

8.2.19 采用电磁波测距三角高程测量方法进行高程传递测量时，应采用有自动补偿的不低于 II 级全站仪精度的仪器，其觇标高和仪器高，应采用无仪器高测定法或用水准仪直接测定，并采用同一架仪器往返观测，测得的高差较差应小于 5mm，取平均值。

8.3 地下控制测量

8.3.5 城市轨道交通工程隧道结构在施工初期非常不稳定，因此埋设在隧道结构上的测量标志难免发生变化，同时由于施工单位不慎，将测量标志碰动和损坏也是屡见不鲜的，因此必须经常对其进行复测和检查。

8.3.9 对导线折角规定测左、右角的主要原因是：增加测站检

核条件和提高测角精度。

8.3.11 在延伸施工控制导线测量前，应对现有施工控制导线前三个点进行检测。因为地铁施工控制导线点在施工期间不稳定，由于种种原因会发生变化，因此测量前对已有导线点进行检测十分必要。

8.3.13 在隧道单向贯通长度小于 1500m 时，按照本规范规定的联系测量和控制测量方法和精度要求作业，能够满足贯通误差的限差要求。当单向贯通长度大于 1500m 时，须根据地面测量、联系测量和地下控制测量的精度进行专门的贯通误差设计，如果不能满足贯通误差要求，则需采取改造地面控制网、增加联系测量次数、加强地下控制测量的图形强度等专项测量措施，上述措施即为贯通误差设计的内容。

8.3.15 地下施工控制水准测量规定，采用地面二等水准测量的仪器、设备以及观测方法，并要求往返闭合差应在 $\pm 8\sqrt{L}$ 之内，主要是考虑隧道内铺轨基标的测设精度要求而制定的同精度水准测量要求。

8.4 暗挖隧道和车站施工测量

8.4.3、8.4.4 竖井内联系测量的控制点是直接从地面传递到井下的坚强控制点，隧道开挖初期必须以此指导隧道掘进。随着暗挖隧道的延伸，不断在延伸的隧道中布设地下施工平面和高程测量点，作为施工依据。一旦路线长度满足布设平面和高程控制点的要求后，应进行地下控制测量，作为施工测量的依据。

8.4.8、8.4.9 施工导线和施工高程测量是根据全国城市轨道交通工程施工测量总结的实践经验 and 贯通误差设计要求制定。

8.4.10~8.4.17 施工测量是为施工服务的，这些条款中所涉及的内容反映了根据目前全国城市轨道交通工程建设中，不同车站既有的施工方法，制定的相应施工测量方法、技术要求。本节未涉及的施工方法所需求的测量方法和技术要求应与本节制定的测

量精度一致。

8.4.20

2 隧道二衬结构施工是隧道结构的最后一道工序，为保证其施工质量和结构限界要求，隧道未贯通前不能进行二衬施工。这样做的目的是一旦贯通误差过大，可以在二衬结构施工中进行调整，避免结构出现错台或限界超限。

8.4.23 盾构始发井建成后，应在井下适宜的位置埋设足够数量的测量控制点，以便进行盾构机在始发井的拼装工作。

8.4.25 始发前盾构机的初始位置和姿态对正确掘进影响较大，必须准确测定。对于具有导向系统的盾构机也应利用人工测量方法进行检核测量，自动导向系统与人工测量结果一致，才能进行掘进施工。

8.4.26 盾构机姿态测量可采用盾构机配置的导向系统或人工测量法进行，对自身具有导向测量系统的盾构机，其盾构机姿态和衬砌环状况，可由该导向测量系统以施工测量控制点为起算数据，实时测量和计算出来。但施工测量控制点数据和稳定状况需要依靠人工测量方法确定，由于隧道内观测条件差，测量所依据的控制点稳定状况不好，加之导向测量系统难免出故障。因此，掘进过程中应在一定的距离内用人工测量方法对盾构机姿态和衬砌环状况进行检核测量，且对盾构机的掘进提供修正参数。

盾构机上所设置的测量标志必须牢固、可靠；有条件时宜设置两套，既可用于检核，也可提高测量精度。

8.4.30

1 盾尾间隙测量是提供衬砌环拼装偏差及修正参数，为下一环管片选型，修正环片拼装位置，确保拼装位置正确的重要工作。

2 衬砌环与盾尾脱离后测定衬砌环姿态，主要提供衬砌环安装初始位置偏差状况和修正参数。衬砌环安装后的变形状况由监控量测提供。

8.5 明挖隧道和车站施工测量

8.5.2 在施工测量前，有关单位向施工单位提交地面线路中线桩和地面控制测量成果及有关设计文件和资料，并在建设单位的主持下在现场进行交接桩工作。其交接内容包括对现场一、二等卫星定位控制点、精密导线点、水准点和埋设在地面的线路桩进行交接，以及这些控制点及桩点的桩号、名称、标志的类型、埋设深度，以及定线测量的方法与精度等测量资料的交接。同时在建设单位主持下，由设计、测量、施工的单位各方代表在交接桩书上签字。交桩后施工单位应对这些桩点进行复测并采取措施妥善保护。

对于交接的设计资料，施工测量人员必须阅读线路平面图、剖面图、明挖基坑的断面图、连续墙、支护桩或其他围护结构的设计图纸，并对线路里程、坐标、曲线、坡度、高程等资料以及设计图上标注的有关尺寸等进行复算和核对，发现错误立即会同相关单位协商解决。

8.5.18 盖挖顺作法的施工方法虽然被归入明挖法，但其施工测量的方法与暗挖法类似，因为顶盖的存在，无法使用导线直接传递法进行测量，因此本条规定其施工测量按照与暗挖车站相同的方法和技术要求进行。

8.6 地下结构完成后的测量

8.6.4 限界一般应根据车辆的轮廓尺寸和技术参数、轨道特性、受电方式、施工方法、设备安装等综合因素确定，并分为车辆限界、设备限界、建筑限界等。本节主要规定了对制约断面尺寸的建筑限界的测量位置。

区间隧道的建筑限界控制点应位于结构两侧边墙和顶底板上。高架线路的建筑限界控制点应根据其限界及设备安装位置而定，一般应位于防护栅栏和人行便道边沿以及地板上。车站的建筑限界控制点一般一侧位于结构边墙，另一侧为站台沿和底板

上。上述各建筑限界控制点的高度应根据车辆尺寸和其上、中、下影响列车运行三个限界比较紧张的位置和顶、底板的线路中线而定。如：区间隧道的建筑限界控制点，在北京一期地铁建设中规定其在两侧边墙的高度分别高于右轨轨面 3.250m、1.850m 和 0.400m 以及顶、底板的线路中线位置。

8.6.10 在隧道施工贯通后，应以从车站或竖井通过联系测量建立的平面和高程控制点为起算数据，因为车站和竖井附近的控制点相对于其他控制点精度较高，对提高隧道测量精度十分重要。

9 高架结构施工测量

9.1 一般规定

高架线路结构工程与特大型桥梁线路工程和大型高架市政道路大体相同，因此参照特大桥引桥线路工程的特点，编制了高架线路工程施工测量的内容，制定了相应的测量限差，作为高架线路结构施工测量的标准。

高架桥结构的施工测量执行桥梁工程的测量标准，对于高架桥上的轨道线路施工测量应按城市轨道交通工程整体道床轨道线路测量标准施测。

9.1.6 在高架桥结构施工中，由于多家单位以及非同时开工等情况的原因，都存在与相邻已完工结构衔接的问题。为了掌握结构衔接质量，有条件时必须进行贯通测量，本条规定的横向贯通测量限差和高程贯通测量限差均为最低要求，且出现的概率较小。

9.4 横梁施工测量

9.4.3 几何尺寸的偏差和预埋件位置偏差的限差一般会在设计文件中规定。测量中误差小于允许偏差值 $1/5$ 的规定，是根据测量所能达到的精度，以及测量误差在允许偏差中的影响较小为原则制定的。

10 轨道施工测量

10.1 一般规定

10.1.1 振动和噪声是目前地铁运营中存在的比较突出的问题，甚至部分线路还存在啸叫、波浪形磨耗等问题，这些问题与线路轨道的平顺性直接相关。在目前我国地铁建设过程中，轨道施工测量主要是采用导线法或极坐标法测设铺轨基标，然后以铺轨基标（控制基标及加密基标）为控制基准，采用道尺和丁字尺量测及人工读数方法进行轨道铺设；轨道铺设完成后，采用轨道尺测量、绳矢法等方法对轨道进行检测和调整。受测量设备作业精度和测量方法人为因素局限性的影响，轨道铺设精度检测质量存在一定的局限性。因此，在轨道平顺性方面需用更先进仪器设备、更科学的方法来进一步提高。借鉴高速铁路 CPⅢ网精密测量技术，在北京、上海、宁波等城市的地铁施工中进行了任意设站控制网的建立，并在铺轨施工中进行应用试验，取得良好的效果，积累了一定的经验，也为地铁的运营维护和沉降变形观测提供了轨道施工与运营维护一致的基础控制网，所以推荐任意设站控制网测量方法作为轨道铺设控制测量的重要方法。

铺轨基标和任意设站控制网对应的铺轨施工测量方法和使用的仪器设备也不一样，铺轨基标的轨道铺设主要采用道尺和丁字尺进行量测和调整，任意设站控制网的轨道铺设主要采用智能全站仪配合轨道几何状态测量仪（俗称轨检小车）进行测量和调整。

10.1.2 城市轨道交通工程是线性工程，工程环节多，施工标段多。由于施工和测量误差等影响，施工所依据的线路中线可能与设计位置有偏差，相邻标段施工所用线路中线间也有差异，因此土建结构完成后必须进行贯通测量和建筑结构限界测量，如果不满足要求，则由设计人员进行线路调整，即进行调线、调坡。根

据变更后的设计线路，测量人员重新放线，并以其作为基准进行建筑限界测量或检查，以确保调整后的线路满足建筑限界要求。

铺轨控制测量以“两站一区间”为单元，主要考虑车站里的控制点一般是联系测量的直接成果，具有较高的精度和稳定性，适宜作为地下控制点联测的起算点，而铺轨控制测量要求布设附和导线和附和水准线路，自然就形成了两站一区间的单元划分方式，另外铺轨工作的组织一般也是按区间组织的，如此划分有利于配合铺轨施工。

10.1.3 由于地面控制网和联系测量控制点长期受外界环境和施工的影响可能会发生位移变化，为了保证任意设站控制网的附和精度要求，在任意设站控制网测量前需对全线的地面控制网和联系测量控制点进行复测。同时，此时隧道等结构和线路已经贯通，有条件应采用具有较高定向精度的两井定向方法进行联系测量。

10.2 铺轨基标测量

10.2.1 铺轨基标测设必须使用隧道贯通后并对贯通测量数据进行统一严密平差的测量控制点，因为这些测量控制点是建筑限界测量的依据，也是根据建筑限界状况进行线路调整的依据，所以利用其进行铺轨基标测设才能保证符合线路关系，保证轨道的平滑和圆顺。

铺轨基标的里程和高程，一般不需要施测单位另行计算，提供的铺轨综合设计图已表述得非常清楚，基标测设时，只需严格按照铺轨综合设计图提供的设计数据进行测量。

10.2.2 控制基标是测设加密基标的控制点，控制基标需要长期保存，加密基标则只要满足铺轨施工期间使用即可。

10.2.3 铺轨基标设置在中线上是一般的做法，这样做对于计算、放样和调轨都比较方便。但在有些情况下基标无法设置在中线上，例如在道岔区，在浮置板道床上或碎石道床上，或者在采用直线电机驱动的线路上，要么是中线上有其他设备，要么就是

埋设或使用基标非常不便,此时就必须将基标设置在线路一侧,至于距中线偏移多少,则要根据轨旁设备的布置以及埋桩和使用的便利性综合考虑,但同一条线路,偏移量应该一致。

10.2.5 控制基标的等高,是指控制基标顶部高程与其所在里程处轨顶面的设计高程间的差值,应保持为一个固定常数 K ,常数 K 一般为 $300\text{mm}\sim 500\text{mm}$ 。控制基标的等距,是指所有控制基标的中心位置与对应线路中线点在法线上的距离 D 保持相等,并根据铺设道床的形式和整体道床水沟的位置而定。当采用碎石道床时,一般 $D=3000\text{mm}$ 。当采用整体道床时,水沟设置在两侧, D 一般为 1500mm ;水沟设置在中间时, $D=0$ 。

10.2.9 车站、矩形隧道、直墙拱形隧道以及浮置板施工后的盾构隧道等的基标埋设,一般按本条规定的要求进行。对于盾构隧道浮置板未进行施工,且基标又设置在中线的某一侧且在衬砌环片上时,还应在衬砌环片上埋设钢筋,进行基标的底座加固。

10.2.12 本条规定是根据多年来在全国城市轨道交通工程建设中,政府测绘主管部门、建设和施工单位对测绘工作完成后需要提交的测绘成果和相关资料的要求而制定的。

10.3 任意设站控制网测量

10.3.1 任意设站控制网基本参照高速铁路 CPⅢ网,并结合城市轨道交通线路短曲线多、曲线半径小、线路建筑限界小等特点进行设计的。为了保证铺轨与道床和建筑结构测量基准一致,根据本规范 10.1 节相关规定,同样要求任意设站控制网采用建筑结构施工控制网作为控制基准。

10.3.3 表 10.3.3 中控制点标志重复性安装误差是指同一标志在同一个预埋件上重复安装后的棱镜中心坐标较差的限差;互换性安装误差是指不同标志安装在同一个预埋件上棱镜中心坐标较差的限差。图 3 为可以装卸的照准连接件示意图。

任意设站控制网点的元器件必须采用工厂精加工元器件(要求采用数控机床),用不易生锈及腐蚀的金属材料制作,一般由

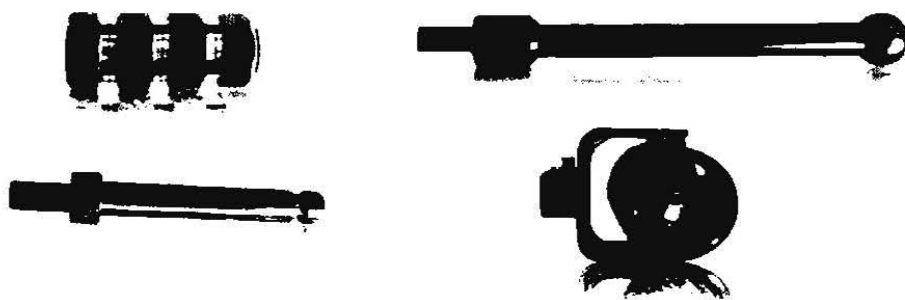


图 3

固定的埋设标和可以装卸的连接件组成；任意设站控制网点的测量标志必须达到以下要求：具有强制对中、能在其上安置棱镜、可将标志上的高程准确地传递到棱镜中心等功 能，而且能够长期保存、不变形、结构简单、安装方便；同一套测量标志在同一点重复安装的空间位置偏差应该小于 $\pm 0.5\text{mm}$ ，分解到 X、Y 方向的重复安装偏差不应大于 $\pm 0.4\text{mm}$ 、Z 方向的重复安装偏差不应大于 $\pm 0.2\text{mm}$ ；不同套测量标志在同一点重复安装的空间位置偏差也应该小于 $\pm 0.5\text{mm}$ ，分解到 X、Y 方向的重复安装偏差不应大于 $\pm 0.4\text{mm}$ 、Z 方向的重复安装偏差不应大于 $\pm 0.2\text{mm}$ ；任意设站控制网测量、轨道施工、精调、轨道维护等各工序，应使用同一型号的控制网测量标志。

10.3.4 图 4 为任意设站控制点编号实例示意图。任意设站控制网点编号 X26C01，其中“X”代表下行，“26”代表里程数，“C”代表任意设站控制网点，“01”代表 1 号点。

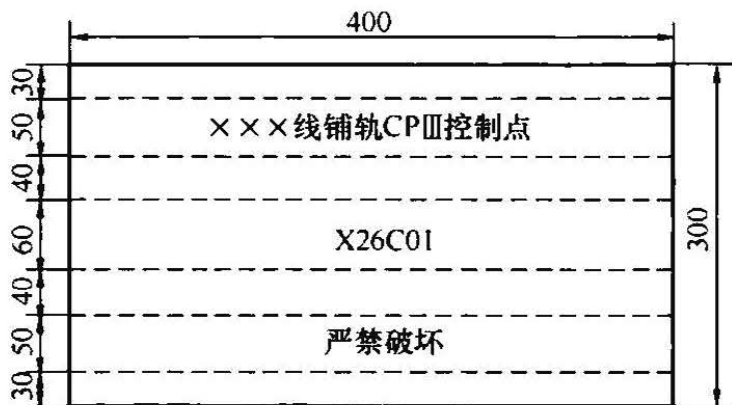


图 4

任意设站控制网点编号应明显、清晰地标在桥梁上冀缘内侧、隧道侧墙或车站廊檐侧面、地面接触网杆内侧，同一路段点号标志高度应统一。点号标志应采用统一规格字模，字高 6cm 正楷字体刻绘，并用白色油漆抹底，红色油漆喷写点号。点号铭牌白色抹底规格为 40cm×30cm，红色油漆应注明工程线名简称、控制点编号、“严禁破坏”，每行居中排列。

10.3.8 坐标换带结合处，提供两套坐标的重叠段不小于一个区间，主要是给轨道施工单位留有选择换带点的余地；此外由于两相邻带的投影尺度变形不一致，会造成一定的衔接误差，通过一个区间的重叠段可进行误差调整。

10.3.9 按照现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的要求，正线最小曲线半径可为 250m，地下隧道导线网点的纵向间距布设为 30m 时，仪器置中间观测到 4 对任意设站控制点有困难，这种情况下可适当缩短距离。

在上海轨道交通 12 号线和 11 号线北段工程共进行了上下行总长约 19.349km 的任意设站控制网建网测量，共计 745 个任意设站控制网控制点，纵向网点间距最短为 30.91m，最长为 69.34m，平均纵向网点间距约为 53.41m，其中 2.4km 为高架，其余均为地下隧道段；在宁波轨道交通 1 号线一期工程共进行了上下行总长约 19.389km 的任意设站控制网建网和测量，共计 798 个任意设站控制网控制点，纵向网点间距最短为 26.11m，最长为 69.25m，平均纵向网点间距约为 51.47m，全部为地下隧道段。

10.3.10、10.3.11 在上海地铁共观测了 3751 个方向（距离）观测值，对观测数据的统计结果如下：测回间水平方向互差大于 6″的共 1 个，为 6.02″；测回间 2C 互差大于 9″的共 2 个，分别为 10.49″、10.98″。其余均满足表 10.3.10、表 10.3.11 的要求；对宁波地铁外业观测数据 3890 个方向的统计表明，其平面外业测量精度均满足表 10.3.10、表 10.3.11 的要求。

10.3.12 地面精密导线点平均边长为 350m，即使一个点破坏，

间隔也就 700m~800m, 如果利用 GPS 进行平面的加密, 800m 一个点也比较合适。地下隧道由于车站、施工竖井或斜井才有联系测量点, 间隔一般为 1km 左右, 因此规定地面平面 800m, 地下 1km 联测一个平面点。

上海地铁共测量了 2.4km 的高架, 起算点联测线路沿线的精密导线点或 GPS 点, 起算点平均间隔约为 700m; 在上海地铁地下段, 所采用的起算点均由地面控制点进行联系测量引入到地下, 起算点平均间隔约为 977m。

在宁波地铁地下段, 所采用的起算点均为宁波市轨道交通 1 号线一期工程测量控制中心提供的控制点, 其控制点均为经复测合格的点。所采用的起算点的平均间隔约为 750m, 一般一个区段内采用 2 个起算点, 较长的区段适当增加起算点, 一般为 3 个~4 个。

10.3.13 如果车站范围内有道岔, 道岔施工必须在一个测量控制网下进行施工, 因此不允许在车站道岔区内设置控制网衔接。

相邻测段搭接点两套坐标余弦函数平滑处理的原理, 如图 5 所示。为了便于分析, 假设前一测段所测的搭接导线网点偏向中线 (X 轴) 上侧, 当前测段所测的搭接导线网点偏向中线下侧, 并将其纳入到数学坐标系下进行分析。

D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} 为前一测段线路左侧最后被搭接的 4 个导线网点, 其坐标分别为 (X_{11}, Y_{11}) 、 (X_{12}, Y_{12}) 、 (X_{13}, Y_{13}) 、

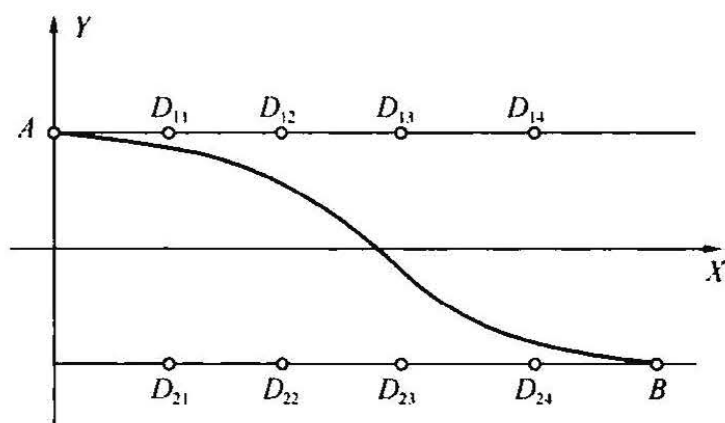


图 5 余弦函数拟合示意图

(X_{11}, Y_{11}) ; D_{21} 、 D_{22} 、 D_{23} 、 D_{24} 为当前测段搭接的 4 个导线网点, 其坐标分别为 (X_{21}, Y_{21}) 、 (X_{22}, Y_{22}) 、 (X_{23}, Y_{23}) 、 (X_{24}, Y_{24}) ; A 为前一测段离被搭接的 4 个任意设站控制点中最近的一个控制点, B 为当前测段离被搭接的 4 任意设站控制点最近的一个导线网点, A 、 B 两点间的距离根据两点坐标计算, 设为 L 。各搭接到 A 点的距离根据输入坐标计算, 假设各搭接导线网点到 A 点的距离分别为: S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 。若采用余弦函数平滑处理两测站的导线网搭接点, 设余弦函数为 $y = a\cos x + t$, 其中 a 为振幅, t 为余弦曲线在 y 轴方向平移量, x 为余弦函数的象限角。

对两测段的搭接点采用余弦函数加权平滑, 实质上就是赋予前一测段搭接点导线网坐标的权为 y , 则后一测段搭接点导线网坐标的权为 $1 - y$ 。由于 A 、 B 为非搭接的导线网点, 其坐标在平滑处理前后不变。因此在 A 点时, 余弦函数中 $x = 0$, $y = 1$; 在 B 点时, 余弦函数中 $x = \pi$, $y = 0$, 由此可以得到如下方程组, 如下式所示:

$$\left. \begin{array}{l} a \times \cos 0 + t = 1 \\ a \times \cos 180^\circ + t = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{cases} a = 0.5 \\ t = 0.5 \end{cases} \Rightarrow y = 0.5\cos x + 0.5$$

在得到上式所示的加权余弦函数表达式后, 便能求出中间 4 个导线网搭接点的权, 如下式所示:

$$\begin{cases} y_1 = 0.5\cos(\pi \cdot S_1/L) + 0.5 \\ y_2 = 0.5\cos(\pi \cdot S_2/L) + 0.5 \\ y_3 = 0.5\cos(\pi \cdot S_3/L) + 0.5 \\ y_4 = 0.5\cos(\pi \cdot S_4/L) + 0.5 \end{cases}$$

由此可得到各搭接导线网点余弦函数加权平滑后的唯一坐标为:

$$\begin{cases} X_i = X_{i1} \times y_i + X_{i2} \times (1 - y_i) \\ Y_i = Y_{i1} \times y_i + Y_{i2} \times (1 - y_i) \end{cases} \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

对线路右侧导线网点采用同样的方法处理。

10.3.14 在地下隧道段，由于从地上引入地下联系测量个别平面控制点精度较低，但导线网点还需附合到这些点上，由此造成在自由网平差后，表现为尺度 K 值过大 (>10)。解决此问题的方法是利用计算出的尺度值 K 进行距离的反改化，限制投影变形值。利用此方法对上海和宁波地铁的数据进行自由网平差后，其中上海地铁共计 3751 个方向（距离）观测值，所有方向观测值的改正数均小于 $3''$ ，距离观测值的改正数均小于 2mm；其中宁波地铁共计 3890 个方向（距离）观测值，所有方向观测值的改正数均小于 $3''$ ，距离观测值的改正数仅有 3 个超过 2mm，分别为 2.53mm、2.64mm、2.74mm，占比 0.77‰。因此规定自由网平差后的精度要求为表 10.3.14-1。

根据上海和宁波地铁观测数据统计，例如：上海地铁观测数据共计 3751 个方向（距离）观测值，约束网平差后，与起算点联测的方向改正数均小于 $4.0''$ ，距离改正数均小于 4mm；任意设站控制网点联测的方向改正数均小于 $3.0''$ ，距离改正数均小于 2mm，方向观测中误差均小于 $1.8''$ ，距离观测中误差均小于 1mm。约束网平差后，共计算任意设站控制网点、测站点及洞内已有导线点共计 1316 个点，点位中误差小于等于 2mm 的共 1162 个点，占比 88.30%，大于 2mm 小于等于 3mm 的共 153 个点，占比 11.63%，大于 3mm 的共 1 个，为 3.08mm。约束网平差后，共有 3864 对任意设站控制网相邻点，其相对点位中误差全部小于等于 1mm。例如：宁波地铁观测数据共计 3890 个方向（距离）观测值，约束网平差后与起算点联测的方向改正数均小于 $4.0''$ ，距离改正数均小于 4mm；任意设站控制网点联测的方向改正数均小于 $3.0''$ ，距离改正数仅有 2 个超过 2mm，分别为 2.39mm、2.71mm，占比 0.51‰。方向观测中误差均小于 $1.8''$ ，距离观测中误差均小于 1mm。约束网平差后，共计算任意设站控制网点、测站点及洞内已有导线点共计 1475 个点，点位中误差小于等于 2mm 的共 1401 个点，占比 94.98%，大于 2mm 小

于等于 3mm 的共 74 个点，占比 5.02%，无大于 3mm 者。约束网平差后，共有 5094 对任意设站控制网相邻点，其相对点位中误差小于等于 1mm 的共计 5084 个，大于 1mm 的共计 10 个，占比 1.97%。

基于以上统计结果，规定表 10.3.14-2 任意设站控制网平面约束网平差后的精度要求是合适的。

10.3.15 任意设站控制网平面网复测采用与原测相同网形，平面网复测要联测与原测相同的控制点，当控制点破坏或不满足联测精度要求时，可采用稳定的导线网点原测成果进行约束平差。

10.3.17 地面任意设站控制网高程网若采用三角高程测量时，由于受气温及大气折光的影响，会出现某个点突变的不稳定情况，但地面上容易进行水准测量，因此规定地面任意设站控制网高程测量采用水准测量的方式。地下隧道由于任意设站控制网在未铺轨前点位布设距地面较高，洞内光线昏暗，水准测量非常困难，但隧道内温度不高且稳定，视线距离不长，适宜进行三角高程测量。采用三角高程测量时，相邻点至少在三个不同测站进行重复观测，并进行路线高差检核，因此保证了地下隧道中三角高程测量成果的精度和可靠性。

10.3.23

1 依据上海和宁波地铁三角高程测量实践，制定相邻点高差互差的限差为 3mm。其中上海地铁每对任意设站控制网相邻点都在三个不同的自由测站点进行同时观测，两相邻点有 3 个或 4 个高差值，共计 754 对导线网相邻点。其中，相邻点的高差互差小于等于 2mm 的有 660 个，占 87.53%；大于 2mm 小于等于 3mm 的有 42 个，占 5.57%；大于 3mm 的有 52 个，占 6.90%；其中宁波地铁共计 1474 对 CPⅢ 相邻点，其中，相邻点的高差互差小于等于 2mm 的有 1409 个，占 95.59%；大于 2mm 小于等于 3mm 的有 50 个，占 3.39%；大于 3mm 的有 15 个，占 1.02%。

因此规定导线网相邻点高差互差的限差为 3mm。对超出限

差的观测值予以删除或重测，并将满足限差要求的高差值取距离加权平均值作为最后的高差值。

实际工作中当复测与原测成果较差满足限差要求时，采用原测成果；当较差超限时，采用同精度扩展方式（即利用周边可靠的点约束平差求得超限点或新埋设点的成果）处理的复测成果。

10.3.26 本条规定是根据多年来在全国城市轨道交通工程建设中，政府测绘主管部门、建设和施工单位对测绘工作完成后需要提交的测绘成果和相关资料的要求而制定的。

10.4 铺轨施工测量

10.4.1 如果铺轨基标或任意设站控制网建立时间与轨道铺设时间间隔较长，沉降变形对控制点有影响，且在各种设备安装时有可能遭到遮挡或破坏，为保证轨道铺设的准确性，铺轨施工前需要对铺轨基标或任意设站控制网进行复测和稳定性评价。

10.4.3 轨道精调作业是保证轨道平顺性重要环节，只有在轨道锁定后（既钢轨焊接、应力放散、轨温锁定后）、控制基标恢复或任意导线网复测后方可进行，缺少任何一环节都有可能影响轨道精调效果。

10.4.4 现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 中轨道位置调整一节对轨道的中心线偏差和轨顶面高程偏差及轨道的平顺性等明确的要求。

10.4.6 利用铺轨基标进行轨道的铺设（图 6），宜使用标称精度为 1 级及以上的电子道尺，丁字尺横竖垂直且刻画清晰，工具需经检校且在有效期内。

10.4.7

1 利用任意设站控制网进行全站仪的自由设站，指导轨道几何状态测

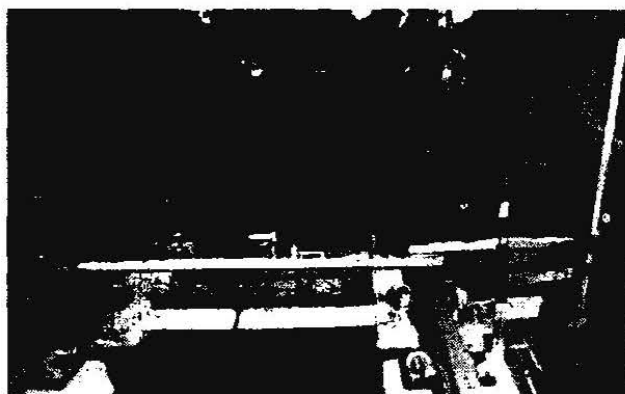


图 6

量仪进行轨道的铺设和精调时，依据线路铺轨综合图中平纵断面数据及超高的数据，因此需事先把这些数据录入到测量系统中的控制计算机上，如图 7 所示。

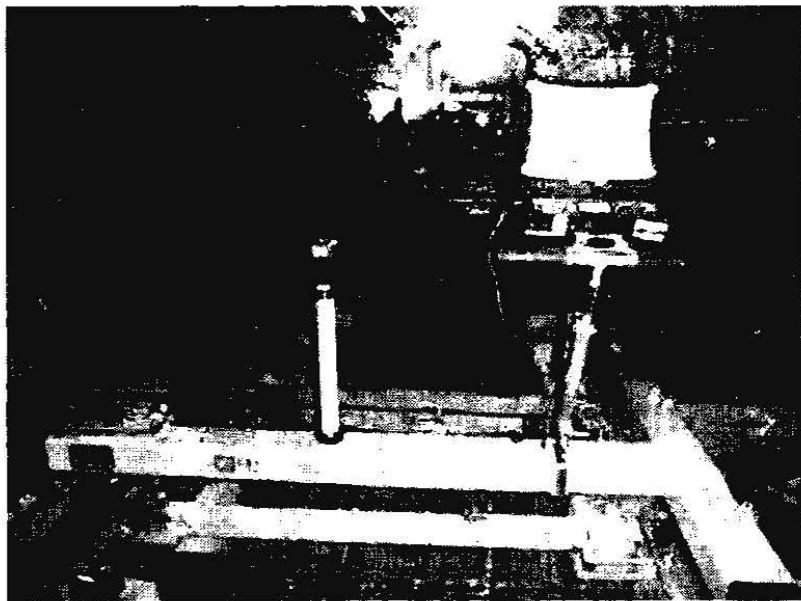


图 7

4 利用任意设站控制网进行全站仪自由设站后，设站的精度是根据高速铁路规定及在北京、上海的试验情况制定的，完全可以满足表 10.4.7-1 的规定。

5 利用任意设站控制网进行全站仪自由设站后，全站仪任意设站程序会计算任意设站精度和观测已知控制网点的坐标不符值，满足表 10.4.7-2 后才能进行轨道的施工。

10.4.8

1 道岔区段的施工难度较大，为了保证较高的平顺性，更平滑的完成道岔与区间正线的过渡，故预留道岔两端大于 100m 作为道岔与区间正线的过渡段。

2 相邻道岔控制基标间距偏差是指相邻道岔控制基标沿线路纵向方向与该控制基标设计位置沿线路纵向方向间距之差，高差偏差是指相邻控制基标高差与设计高差的差值。制定这两项指标精度要求是为了提高相邻道岔轨道的平顺性。

3 调整原则是根据道岔调整的经验而制定，该原则既可保

证精调质量，也可以保证精调的功效。轨枕埋入式道岔浇筑混凝土后，道岔整体或是局部的平面位置和高程会产生变化，为了更易于开展后续的道岔精调作业，减少道岔精调的工作量，保证道岔精调精度达到要求，而制定道岔施工的平面和高程精度要求。

10.4.9

3 无砟轨道在钢轨焊接、应力放散、轨温锁定后，逐个采集扣件的数据，可以提供更细致的轨道精调的扣件更换方案，使扣件更换作业更易于操作。避免由于扣件复位工作不细致，造成杂物压放在钢轨下方，致使扣件数据采集不准确的问题。

11 车辆基地施工测量

11.2 施工控制网测量

11.2.4

2 车辆段和停车场的控制点，受到施工环境的影响，比较容易发生丢失、破坏、通视条件改变等问题。因此选点和埋点一定要认真踏勘，精心选址，并采取点位保护的措施，使控制点在整个施工期间能够正常发挥作用。

11.3 施 工 测 量

11.3.2

1 场区方格网的布设要根据车辆段的工程施工设计总平面图进行设计，设计中应考虑联测方案、精度、点位扩展等情况。对场地平整的方格网边长，可根据场地的起伏、坡度等具体情况决定，本条提出了 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 和 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 两种规格，工作中可根据实际情况选用。

11.3.3

1 建筑施工控制网是依附在场区平面控制网上的，其网形一般与建筑形状基本相同，其任务主要是为建筑施工服务。控制网技术要求是按照建筑结构情况，各等级建筑平面控制网对建筑的放样中误差分别为：一级 $\pm 3\text{mm}$ ，二级 $\pm 5\text{mm}$ 和三级 $\pm 10\text{mm}$ ；按其轴线最大间距 50m 估算，相对中误差分别为 $1/17000$ 、 $1/10000$ 、 $1/5000$ 。考虑到建筑平面控制网的误差影响，设控制网中误差为 $m_{\text{控}}$ ，又顾及建筑放样误差的影响，设放样中误差为 $m_{\text{放}}$ ，取 $m_{\text{控}} \leq m_{\text{放}}/\sqrt{2}$ ，则三个等级建筑控制网的边长相对中误差分别为 $1/24000$ 、 $1/15000$ 、 $1/8000$ 。同时按边角匹配的原则 $(m_{\text{角}} = \frac{m_{\text{边}}}{D}\rho)$ ，则各级建筑

控制网的测角中误差分别为 $\pm 9''$ 、 $\pm 12''$ 、 $\pm 24''$ 。因此制定了本规范表 11.3.3 的各项指标。

11.4 线路测量

车场线是一组形如扫把状的平行股道，其中线间距测量误差不得有较大的“负”误差，防止车辆进出场错车时，造成车辆间相互碰撞。

12 磁悬浮和跨座式单轨交通 工程施工测量

12.1 磁悬浮轨道交通工程施工测量

磁悬浮轨道交通工程地面和高架结构与一般城市轨道交通工程基本一致，这部分的施工测量方法和技术要求同本规范第9章相关内容。但是，轨道梁的架设精度要求很高，因此本节重点从建立精调控制网、轨道梁放样、调整等方面制订标准，供广大测绘技术人员参照执行。由于我国磁悬浮轨道交通工程建设还处在起步阶段，施工测量经验还不丰富，本节内容还有待于今后不断完善。

12.1.5

6 轨道梁精调的平面控制网的精度和稳定性对轨道梁安装精度的影响较大，因此在施工过程中应进行检测，通过检测掌握控制点的稳定状态，避免由于控制点发生变化影响轨道梁安装精度，特别在岩土条件不好的地区更应如此。施工过程中检测次数根据当地岩土条件对控制点的影响程度确定。所谓检测方法和精度与初测一致，是指检测时起算点的选择、控制网的网形、观测要求、精度指标以及数据处理要求等应与测设精调控制网时的要求一致。

12.2 跨座式单轨交通工程施工测量

12.2.4

2 表 12.2.4 盖梁、支座、预埋件安装精度要求中，位置与设计值允许偏差技术指标采用了国家现行标准《跨座式单轨交通施工及验收规范》GB 50614 相关验收标准；根据工程测量要求，即测量误差应小于与设计值偏差要求的 $1/3$ ，才能满足安装允许

偏差的要求的基本原则，因此测量允许误差制定是根据该验收标准和测量实践，以 1/6 允许偏差为测量误差，以 2 倍的测量误差为测量允许误差。

12.2.5

1 表 12.2.5 轨道梁线形精度要求中，位置与设计值允许偏差技术指标采用了国家现行标准《跨座式单轨交通施工及验收规范》GB 50614 相关验收标准；同样根据第 12.2.4 条第 2 款的原则制定了测量允许误差。

12.2.9 限界检查是单轨车辆上线在轨道梁上运行之前，利用限界检查专用设备，按照规定的方法和程序，检查工程是否满足限界设计要求。通过现状的限界检查，发现限界缺陷，提出整改要求，最终使限界满足单轨车辆上线运行的安全性、可靠性要求。

由于每节车厢不能够弯曲，为保证车辆安全运行，在曲线段半径小于 500m 时，建筑限界应根据曲线半径不同，加宽一定的数值（半径大于 500m 时可近似做直线处理），其线间距加宽量计算公式如下：

$$W = 34500/R - 69 + 3700 \cdot (1 - \cos\alpha) + H \cdot \tan\theta$$

式中：W——线间距加宽量；

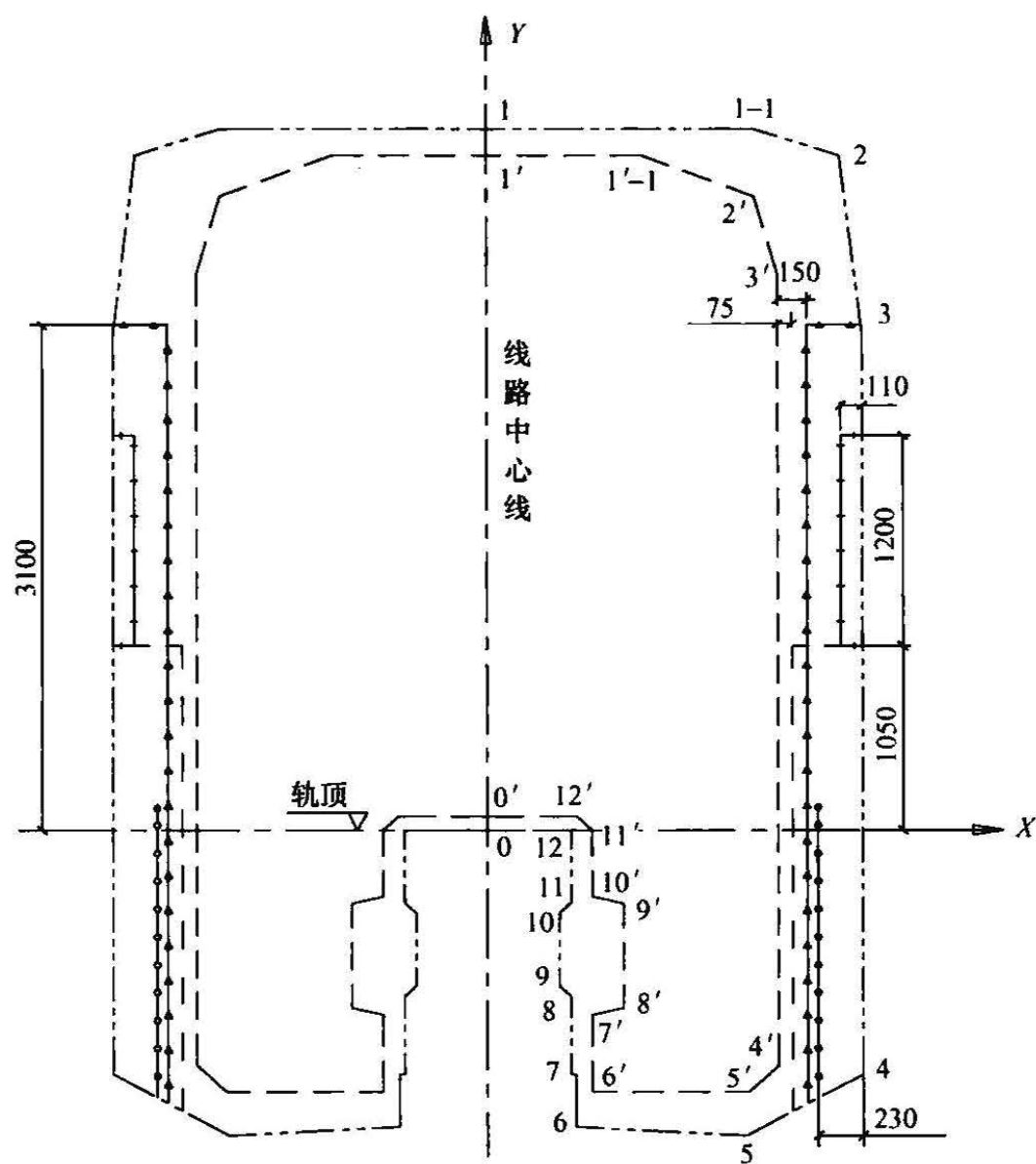
R——曲线半径（m）；

H——计算点建筑限界 Y 坐标值（mm）；

α ——曲线轨道梁超高角度，左右线超高不等时取大值；

θ ——双线轨道梁超高角度差值，当内侧曲线超高小于外侧曲线超高时为正。

建筑限界和车辆限界、轨道梁周围特殊限界见图 8 和图 9。



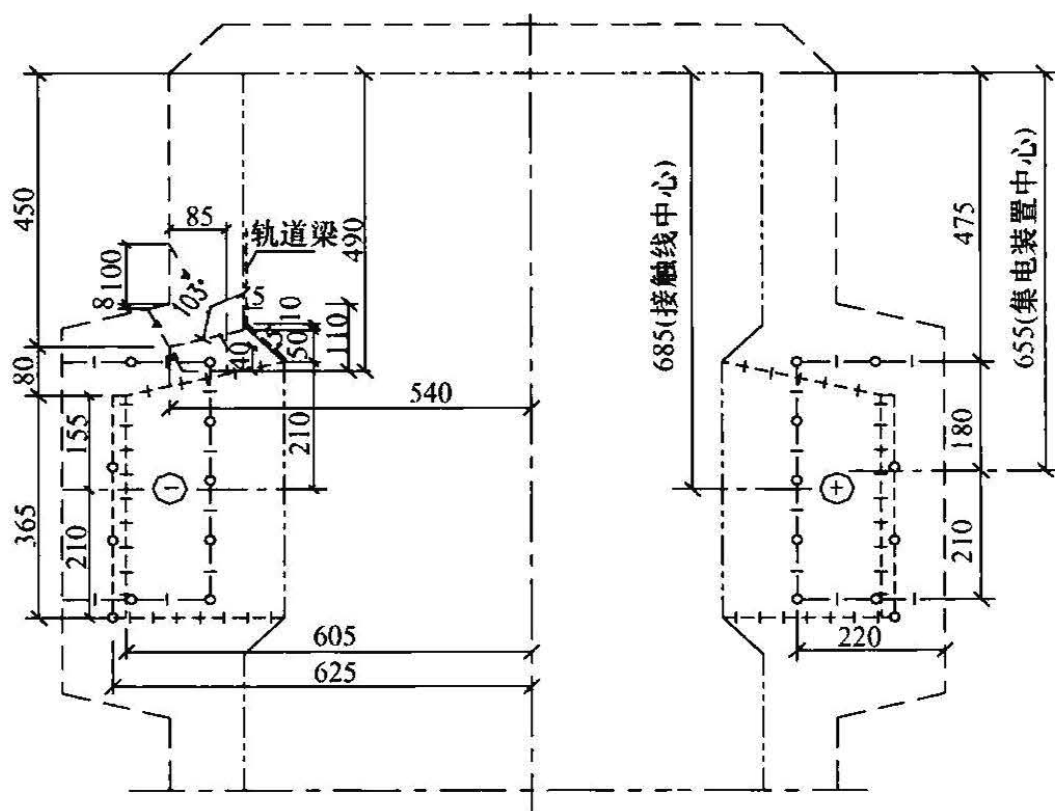
车辆限界坐标 (mm)

控制点	0'	1'	1'-1	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'
X	0	0	800	1380	1500	1500	1350	540	540	700	700	540	540	460
Y	80	3850	3850	3620	3080	-1350	-1500	-1500	-1060	-1020	-420	-380	0	80

建筑限界坐标 (mm)

控制点	0	1	1-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	0	0	1380	1820	1935	1935	1335	455	430	430	370	370	430	430
Y	0	4000	4000	3850	2880	-1100	-1750	-1700	-1400	-955	-895	-475	-415	0

图 8 建筑限界和车辆限界示意图



轨道梁周围主要特殊限界

1:10

图例

----- 车辆限界

----- 建筑限界

---○---○---○--- 道岔部接触线限界

----- 车辆限界

----- 建筑限界

---○---○---○--- 道岔部接触线限界

---○---○---○--- 集电装置限界

---+---+---+---+--- 接触线限界

说明:

本图尺寸以毫米计。

图 9 轨道梁周围主要特殊限界示意图

13 设备安装测量

13.2 接触轨与架空接触网安装测量

接触轨通常设置在线路轨道左股钢轨的左侧，但当进入道岔区时，轨道的左右侧都设置接触轨，此时应根据道岔区的设计图纸进行测设，测量方法和限差与本节各条款相同。架空接触网的悬吊支架，一般都设置在隧道线路中线的拱顶上，但在车站、道岔区也有的设置在隧道的边墙上，此时支架的里程和标高的测定应按照设计图纸进行测设。测设的方法和限差与本节各条款基本相同。

13.4 行车信号与线路标志安装测量

13.4.3 城市轨道交通采用无缝轨道线路，在自动闭塞信号灯之间，轨道都没有接缝。无缝钢轨未锁之前，轨道随温度变化自由伸缩。在温度变化 1°C 时，500m 的钢轨将伸缩 6mm，若变化 5°C 即伸缩 30mm，超过了在轨腰上标志的位置允许误差 $\pm 5\text{mm}$ 的要求。因此必须在无缝钢轨锁定之后测定标志。如果曲线元素标志正好位于锁定长轨的呼吸区钢轨的接缝附近，尽管呼吸区最大伸缩量为轨缝 $1/2$ （即 4mm），同样能满足标志测定的误差要求。

14 竣工测量

14.1 一般规定

14.1.2 竣工测量的起始依据：地面应以控制测量的卫星定位控制点、精密导线点、二等水准点为依据；地下应以铺轨控制基标、任意设站控制网和地下高程控制点为依据。

14.1.3 竣工测量记录了工程地面、地下建筑竣工后的实际位置、高程以及形体尺寸、材质等状况，是反映、评估施工测量的技术资料，应作为工程进行交接验收、管理维护、改建扩建的重要依据；作为建设及运营单位必须长期保存的技术文件；更是国家建设行政管理部门进行监督审查以及国有资产归档的主要技术档案。

竣工图的编制和测量，一般由各施工单位负责。按本规范和相关技术规范要求执行。但对某些施工中变更较多、技术复杂、竣工测量繁重的项目，或涉及全线整体质量评估及行车安全的项目，应统一由建设单位主持、组织或委托勘测单位测绘。

竣工测量基本方法和精度要求，与施工测量基本相同，但程序相反。竣工测量应该选择竣工建筑的有关部位测量，并注记在原施工图上相应部位以便说明比较，如注记主轴点坐标值、主要高程点、间距、方向以及重要的碎部点相关尺寸等。对一般施工中无变更的施工图，应在原图上加注竣工测量调查数据，经施工主管、工程监理审定后，作为竣工图。

对有变更的施工图，应将原图进行修改补充，注记说明，并附以设计变更通知单、竣工实测调查记录以及监理审核验收记录等，加工编制成正式竣工图。

14.1.4 全国各个地方建设工程竣工测量与验收的标准和要求不

完全相同，因此建设工程竣工测量成果资料除满足本规范要求外，尚应满足地方主管部门的要求。

14.1.5 本条规定是根据多年来在全国城市轨道交通工程建设中，根据国家测绘管理部门、建设和施工单位对测绘工作完成后需要提交的测绘成果和相关资料的要求而编制的。

14.2 控制网检测与控制点恢复测量

14.2.1 竣工测量前应对卫星定位控制网、精密导线网、水准网和铺轨控制网进行检测，目的是了解各级控制点的稳定状态和可靠程度，发现问题及时处理，防止因起算点不可靠出现测量错误。

14.3 轨道竣工测量

14.3.1 轨道竣工指对轨道的钢轨和道岔的扣件、接头夹板螺栓拧紧并涂油，且对无缝线路锁定轨温（既无缝线路钢轨温度应力为“零”时的轨温）。该项工作完成后轨道已经定型并稳定，在此情况下才能进行轨道竣工测量。

进行线路轨道竣工测量主要为编制线路平面和纵、横断（含净空）面的竣工图以及轨道（含道岔）铺设竣工图。

14.4 建筑结构竣工测量

14.4.2

2 根据限界设计的要求，净空横断面竣工测量主要是对影响行车安全的净空断面点进行检查测量。根据地面线、高架线和隧道内线路以及断面形状特点，由设计确定限界断面和限界断面上测量点位置，一般应选择结构限界的关键点，例如马蹄形断面，测量点设置在每侧边墙各 3 个、顶和地板线路中线处各 1 个，边墙上测点的位置分别高于右轨轨面 0.400m、1.850m 和 3.250m 处。

3 防淹门是设置在地铁车站或区间里，起到隔断作用的专

用设备，其安装精度要求较高，净空限界严格，为保证高速运行车辆的安全，在长轨锁定之后，必须进行精确细致的竣工测量。对于竣工资料不但要归档，而且还要根据竣工测量数据判断隔断门的安装质量是否达到设计要求。

14.5 设备竣工测量

14.5.3 接触轨的受电方式是利用设在车厢左侧的受电器（电刷子），压紧在接触轨的顶面。受电器有固定长度、高度和弹簧压力。当接触轨与左轨的距离和高度满足设计要求，就可正常受电，因此，本条规定只需测出左轨和接触轨的距离和高差，以便衡量接触轨的安装质量。

架空接触网受电器是弓形的，它有固定的长度并压紧在接触网的输电线上，接触网弓形受电器只要压紧在满足设计高程的输电线上，就可正常受电。因此只需测出右轨和接触网输电线的高差和与右轨的距离就可衡量接触网安装的质量。

14.6 地下管线竣工测量

14.6.3 本条规定是根据多年来在全国城市轨道交通工程建设中，政府测绘主管部门、建设和施工单位对测绘工作完成后需要提交的测绘成果和相关资料的要求而制定的。

15 变形监测

15.1 一般规定

15.1.1 城市轨道交通工程大都穿越城市繁华地区，埋深浅，地层岩土条件复杂，而且多数采用暗挖，即使在明挖段也是工作场地狭小，因此工程施工和运营期间对自身结构以及沿线环境稳定 and 安全的监测至关重要，同时也为今后城市轨道交通类似工程的设计、施工提供依据，所以在工程施工全过程和运营期阶段，进行变形监测是十分必要的。

15.1.2 城市轨道交通建设中建设工程和建设环境产生变形的原因很多，例如在施工期间由于深基坑工程对周围土体的扰动，加之地铁深基坑施工时，为确保施工安全，都采取降水措施，造成深基坑侧面土体由于失水而导致其物理力学性状不可避免的变化，施工中一方面基坑开挖引起围护结构的侧向位移和坑内基底隆起使得坑外地层沉降，导致周围环境也随之沉降。另一方面基坑开挖围护结构向基坑内的侧向水平位移导致相邻建筑结构发生挠曲变形；对于地下隧道开挖前岩体处于应力平衡状态，开挖后洞壁形成临空面，原始应力平衡状态被破坏，引起应力重新分布。在地下隧道开挖过程中，随着围岩应力的变化，始终伴随着围岩位移变化，并导致工程环境发生变化。又如地铁运营期间，地铁临近的建筑载荷，建筑密度大，大面积的高层建筑物，沿地铁隧道沿线排列，其建筑载荷产生的附加应力对地层沉降的影响是相当大的。地铁临近基坑开挖、隧道近距离穿越、隧道上方增加地面荷载、隧道所处地层的水位变化、隧道下卧土层水土流失；加之我国的大多数大中城市的地面沉降问题都非常严重。当隧道穿越沉降漏斗区时，位于漏斗区内的那段隧道的沉降明显比漏斗区外隧道的沉降大；长期积累下去，就会产生严重的纵向不

均匀变形等等。

因此，编制变形监测方案时应考虑变形体埋深、结构特点、支护类型、开挖方式等以及岩土工程条件、建筑场地变形区内环境状况和施工设计等因素，同时还应考虑变形体和环境条件发生异常时，引起监测对象急剧发生变化所采取的应急变形监测方案。

15.1.4 由于城市轨道交通线路分段招标，各标段由不同的单位施工，因此全线或各施工段开工时间、工程进度不同，由此工程受影响产生变形的时间不一样，所以应根据各个标段开工时间和可能引起变形的情况及时开展变形监测工作。

15.1.5 测量单位可以根据监测的内容和对观测对象的精度要求，择优选择仪器设备和测量方法。

15.1.6 变形监测控制网是变形测量的依据，变形监测一般布设专用控制网，布设时要考虑到整个变形观测时间内稳固可靠，而且便于使用。

15.1.7 由于变形体现状各异，监测内容也不一样，因此，选择变形观测点的位置时要考虑变形监测点应能反映出变形特征、便于施测的部位，且标识要清楚埋设牢固，保证整个监测过程不易毁坏。

另外，工程施工降水和工程施工会引起地表和建设工程产生变形，因此在施工降水和结构施工前埋设监测点，并及时对监测点进行初始值观测，作为监测点变形参考基准值。

15.1.8 本规范表 15.1.8 中变形点的点位中误差和高程中误差是相对于最近基准点而言。变形测量的等级划分和精度要求是根据建筑结构形式、结构性质所制定的变形限差，并依照 1971 年国际测量师联合会（FIG）第十三届会议中工程测量组提出的变形测量精度要求，以观测体容许变形值的 $1/20$ 为原则，并结合现行标准相关要求而制定。

15.1.9 本条仅列出了对变形监测点的精度要求和主要测量方法，如采用其他方法进行变形监测，其精度要求不变。

15.1.10

1 为了减弱系统误差影响,提高观测精度,有条件时变形监测要求“五固定”,既固定仪器、固定观测者、固定观测路线、固定观测方法、固定观测时间。

2 由于工程建设和运营对工程结构和环境影响非常复杂,方案必须随变形体的变化和发展趋势及时进行修订,使之能适应变化的情况。

3 变形测量的初始值是整个变形观测的基础值,应提高观测精度,所以独立测量2次以保证精确可靠。

4 同一位置地上、地下不一定同步产生相同位移变化,往往地上滞后,进行变形测量是为了上、下对照,全面了解和掌握观测对象的变形状态。

5 观测记录要求包括对施工现状、荷载变化、岩土条件、气象等情况的简单描述,主要是考虑上述因素均是施工位移和变形的重要影响因素,记录这些因素有利于分析变形原因和追溯。

6 现场巡视检查是一项主要工作,必须选择有经验的工程师承担该项工作,才能细微了解施工现场岩土变化和工程状况,捕捉变形引起的蛛丝马迹。

7 定期对监测控制网和基准点、工作点进行检测,是保证这些基准稳定可靠的重要工作,气象条件、施工进度和施工环境等状况也是造成变形体变形的重要因素,定期分析非常必要。

15.2 变形监测控制网测量

15.2.1 本规范表15.2.1是参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026制定的。水平位移监测控制网一般为一次布设的独立网,由于控制范围较小,多为单三角形和大地四边形。如果布设成三角网,除了对水平位移监测控制网起始边相对中误差不低于 $1/200000$,需用测距精度 $1\text{mm}+1\times 10^{-6}D$ 测距仪施测外,其他

等级水平位移监测控制网起始边均可用测距精度 $2\text{mm}+2\times 10^{-6}D$ 测距仪测定，它们的起始边精度不难达到上一级最弱边相对中误差的要求。如果以此作为下一级起始边精度要求，并按照本规范表 15.2.1 的技术要求布设水平位移监测控制网，经估算，只要加强图形强度，仔细操作，达到规定的精度指标是不成问题的。如采用卫星定位布设控制网，也应按此精度要求执行。

15.2.2 为便于操作，表 15.2.2-1 和表 15.2.2-2 参照国家相关等级水准测量技术要求，并根据实际测量状况，对观测中的一些限差进行了调整而编制。

15.2.3 本节列出的技术要求，适用于一般方法布设的水平位移和垂直位移监测控制网，即采用全站仪和水准仪，以测角量边和直接观测高差为主要方法的监测控制网。除此之外，还有一些用其他方法布设的控制网，例如利用 GNSS、静力水准仪，电水平尺等方法布设的监测控制网，本条是针对这些方法布设的控制网所做的技术规定。

15.3 施工期间变形监测

15.3.1 必测项目为保证城市轨道交通工程自身结构和周边环境稳定及安全，同时反映建设对象在施工和运营中的状态而进行的日常监测项目。选测项目作为必测项目的补充项目，多为科研等特殊需要而增加的局部变形监测项目。

根据监测内容，除几何测量仪器外，所选择的主要物理仪器及其技术指标见表 1（仪器厂家及仪器种类繁多，本表仅供参考）。

表 1 主要物理仪器及其技术指标

测量内容	主要仪器设备	测量范围	测量精度
净空水平收敛	YSJ-2 型收敛计	测量距离 50m， 量程 30m~50m	系统误差 0.003mm 分辨率 0.01mm
水平位移测量	SDW-2 型位移计	测量深度 30m~50m	0.1mm

续表 1

测量内容	主要仪器设备	测量范围	测量精度
倾斜测量	CX-01 伺服加速计 数显型测斜仪	$0^{\circ} \sim 53^{\circ}$ ， 深度 100m	$\pm 1\text{mm}/15\text{m}$
围岩分层沉降	CT-1 型电磁沉降仪	量程 50m	$\pm 2\text{mm}$
围岩压力测量	钢弦式土压力计	量程 15000kPa	分辨率 1%FS 零漂 $\pm 1\%$ FS
应力测量	CHI-2 型弦式 混凝土应力计	量程 50MPa	分辨率 0.15%FS

15.3.2

2 断面间距应根据围岩类别、隧道埋深、断面尺寸等因素确定。

5 要及时采集变形数据，尽量减少变形量损失。观测点注记里程主要是便于对地面、地下的数据进行对照。

6 根据铁路隧道施工技术要求和国家现行标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 规定以及盾构施工要求，可视围岩性质和其实际变形速度，根据本规范表 15.3.2-1 和表 15.3.2-2 适当选择和调整测量频率。

15.3.3

5 线路地表的沉降观测点要埋实，沉降观测点若埋设在路面等容易破坏的地方要加设保护设施，如可在点上砌筑像地下管线手孔状的设施并加上保护盖。

对于不便在管线上设置观测点的管线，如燃气、锈蚀严重的管线等可观测其周围土体的变形，如埋设压力盒和位移计等，间接测量变形体的变形状况。

对地铁地表线路中线两侧变形区内建筑等实际上都需要进行监测。但是由于经济原因，可进行重点建筑的变形监测。另外有些建筑装修档次较高，为不破坏其内、外装修效果，变形观测点的式样设计和埋设应和观测对象外观协调。

6 根据工程经验,一般距开挖工作面前方 $H+h$ (H 为隧道埋深, h 为隧道高度) 范围,施工对穿越物体和其周围土体产生影响,因此应对其进行变形监测,并及时提供监测结论,确保工程安全。

15.4 建成后线路变形监测

15.4.1 本条所列建成后线路变形监测条件主要分为三个方面,一是由于城市轨道交通线路岩土条件差,二是城市工程建设对既有线路造成影响,三是城市轨道交通线路建设对邻近环境造成影响。这三个方面及其互相影响造成的变形是非常显著的,安全危害很大,因此应该对此足够重视。各个城市可以根据自身的岩土条件细化运营阶段监测具体内容,例如:一些城市根据自身特点划定了安全保护区,在保护区内进行施工活动可能影响到城市轨道交通的结构安全,因此需要加强影响区段对城市轨道交通结构在施工期间的监测。在上海、南京等软弱地层分布广泛的地区,地方轨道交通管理条例、地方轨道交通安全保护区暂行管理规定明确规定了轨道交通安全保护区范围。如上海划定的轨道交通保护区:地下车站与隧道外边线外侧 50m 内;地面车站和高架车站以及线路轨道外边线外侧 30m 内;出入口、通风亭、变电站等建筑物、构筑物外边线外侧 10m 内等。

15.5 变形监测资料整理与信息反馈

15.5.1

3 回归分析要有足够的的数据,可选择如下类型回归函数:

$$U = A \times \lg(1 + t)$$

$$U = A \times e^{Bt}$$

$$U = t/(A + Bt)$$

$$U = A(1 - e^{-Bt})$$

$$U = A + B/\lg(1 + t)$$

$$U = A\{1 - [1/(1 + Bt)]^2\}$$

式中： U —位移值（mm）；

A 、 B ——回归系数；

t ——测点埋设后的时间（d）。

15.5.3 变形监测工作中，预警值的设置是一个复杂的问题，要根据风险的大小，损失的可承受程度，结构和周边环境的变形极限等综合考虑。全国各个城市岩土条件差异很大，具体到每一个工程设计和施工工法以及工程周边环境不同，因此没有也不可能制定统一标准。实践中很多地方是采用三级预警制度，即黄色预警，橙色预警和红色预警来区分预警的严重程度并采取不同的响应措施。

16 第三方测量和第三方监测

16.1 一般规定

16.1.1 为加强建设工程安全、质量全面管理，确保建设工程的测量和变形监测信息可靠，减少建设工程可能出现的安全、质量隐患，90年代，北京、广州、上海等一些城市，为了加强城市轨道交通工程建设安全质量管理，在城市轨道交通工程建设中，就实行了第三方测量制度。到2010年1月8日，中华人民共和国住房和城乡建设部颁布了《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》，明确要求在我国城市轨道交通工程建设中，实行了第三方测量和第三方监测工作。实践证明引入第三方测量和第三方监测工作对于控制施工测量、监测质量，规范测量、监测工作管理，真实了解和掌握建设工程位置信息和建设工程与周边环境变形状态、控制建设工程施工质量和安全风险隐患，并对促进信息化施工工作的开展发挥了非常重要的作用。针对城市轨道交通工程开展第三方测量和第三方监测制度已经得到国家相关部门和地方政府及主管部门的重视，并纳入相关管理法规，但缺乏具体操作要求的情况，本规范对第三方测量和第三方监测工作，统一制定了技术要求。

16.1.2 第三方测量和第三方监测是一种专业性较强，且需要多学科协同工作，加上城市轨道交通建设地点人口和市政设施密集，安全责任重大。因此，承担第三方测量和第三方监测工作的单位，应具备相应的资质和从事城市轨道交通或类似工程的工程监测业绩，配备满足工程需要的高精度的专业设备，并具备相关工程经验和知识基础的专业技术人才，以满足工程需要。

16.1.3 轨道交通工程测量工作参与方众多，工作涉及建设单位、设计、施工、监理等参与各方，工作接口多，工作繁杂而且

贯穿工程建设全过程，建设单位只有建立起科学有效的第三方测量和第三方监测管理体系和管理制度才能避免不必要的混乱、扯皮、推诿等现象，保证建设工程顺利开展。

16.1.6 第三方测量和第三方监测由建设单位直接招标，承担测量和监测的质量管理工作。为保证管理的有效性，第三方测量和第三方监测单位独立开展工作，尽管与施工方有关工作内容相同，但应有自己的测量方法和较高的测量精度。

16.2 第三方测量

16.2.3 城市轨道交通工程建设周期较长，建设过程中，控制网桩点因城市地面沉降、车辆碾压、城市建设等原因会发生沉降位移以及通视情况的改变，从而影响使用，因此定期对控制网进行复测检核十分必要。控制网检测完成后，第三方测量单位必须对检测成果进行综合分析，判断控制网的稳定性并明确控制网成果的取值，如果判断控制点确实发生了沉降位移，还应会同施工单位一起查明控制点变形对已经完成施工的结构所造成的影响并及时采取相应对策。

16.2.5 本条规定的测量内容工作量很大，因此要细化第三方测量内容，测量内容应覆盖控制测量、关键工序和重要设备的各个施工测量环节，测量部位应具有代表性，并尽量均匀分布，重点部位不能遗漏。

16.2.7 本条规定了掘进过程中对邻近工作面的隧道结构进行第三方测量。特别在盾构隧道法施工掘进中，由于盾构掘进时盾构机姿态控制受地质条件、操作水平、注浆工艺等影响，因此精度控制难度较大，造成环片出现偏差，有时出现贯通测量精度合格但隧道掘进过程中部分结构侵限的情况，所以加强掘进中对环片的检测，可以及早发现问题，及早采取措施，防止重大质量事故的发生。

16.2.10 第三方测量单位是独立的测量服务机构，具有独立的第三方责任。第三方测量单位的测量成果只是反映施工测量质

量，并不指导施工，也不对施工质量负责。施工质量责任主体是施工单位，因此在施工过程中施工单位应采用自己的测量成果指导施工，不能盲目使用他人成果，避免出现施工质量事故。

16.3 第三方监测

16.3.1 第三方监测方案的质量，直接关系到对现场风险的了解程度。制定高质量的施工方案，需要收集水文气象资料、岩土工程勘察报告、周边环境调查报告、安全风险评估报告等基础资料，并结合现场踏勘情况，充分研读设计文件和施工方案，综合判断关键监测部位，确定监测重点阶段和重点关注问题，从而为后期监测提供重要的指导。

16.3.2 监测点作为监测工作的特征点，埋设质量好坏直接关系后期监测数据是否真实可靠。第三方监测单位作为专业单位，需在开工前，向施工、监理单位就监测点埋设方式、埋设时间要求进行技术交底。为保证施工监测质量，通过技术交底，对施工单位的监测精度提出要求。

16.3.4 为了便于监测成果互相检核，施工监测与第三方监测应在同一时段分别独立获取监测点初始值。获取初始值时，应采用相同的路线施测，同样的水准基点平差，以便于双方统一高程基准。监测过程中，应分别独立进行全过程现场监测，以便于发挥各自的监测作用。

16.3.7 为了更好地促使建设单位、施工、监理以及设计单位了解工程安全状态，第三方监测单位应将监测成果及时收集、整理、分析并进行有效反馈。因参建各方众多，为了增加信息发布的广度，并提高信息发布效率，宜由建设单位组织建立信息化平台，将监测成果以及现场巡查资料、施工工况信息等内容在信息化平台进行发布，供参建各方参考。第三方监测在进行电子信息报送的同时，为了便于资料归档以及成果综合分析的需求，应按合同要求定期通过正式文件上报阶段成果报告和总结报告。

17 质量检查与验收

17.1 一般规定

17.1.1 城市轨道交通工程测量成果资料的正确无误，要依靠完善的质量管理体系来实现，两级检查、一级验收是多年来形成的行之有效的质量保证制度，在测绘技术管理中广泛应用。

17.1.4 本规范规定成果质量分为合格、不合格两个等级，本条给出了变形测量成果质量不合格的几种情况，凡发生其中之一时，应将相应成果判定为质量不合格。

17.1.5 工程测量的时效性决定了测量过程的不可完全重复，因此作业现场应进行自查，作业单位的一级检查、二级检查都要及时。当质量检验出现不合格项时，应及时分析原因，立即通过现场复测、重测来纠正。纠正后的成果应重新进行质量检验，直至符合要求。

17.2 质量检查

17.2.1 城市轨道交通工程测量周期较长，通常要逐期或分期提交阶段性成果。对这些成果内业应进行 100% 的检查，内业检查中发现的问题应到现场对其进行针对性检查。

17.3 质量验收

17.3.1 抽样核查是指从测量成果中抽取一定数量的样本进行核查。各期测量成果抽取不少于期数的 10% 作为样本进行 100% 的内业核查，内业核查中发现的问题需要实地查看判定。



1 5 1 1 2 3 0 1 3 7

统一书号: 15112 · 30137
定 价: **53.00** 元