UDC

TB

中华人民共和国行业标准

TB 10314 — 2021
J 2906 — 2021

P

邻近铁路营业线施工安全监测技术规程

Technical Specification for Safety Monitoring of Operating Railway Infrastructures with Adjacent Constructions

2021-03-10　发布　　2021-06-01　实施

国　家　铁　路　局　　发布

中华人民共和国行业标准

邻近铁路营业线施工安全监测技术规程

Technical Specification for Safety Monitoring of Operating Railway Infrastructures with Adjacent Constructions

TB 10314—2021

J 2906—2021

主编单位：同济大学

中国铁路经济规划研究院有限公司

批准部门：国家铁路局

施行日期：2021 年 6 月 1 日

中国铁道出版社有限公司

2021 年·北 京

国家铁路局关于发布铁道行业标准的公告

（工程建设标准2021年第2批）

国铁科法〔2021〕10号

现公布《铁路工程信息模型统一标准》（TB/T 10183—2021）、《铁路客站结构健康监测技术标准》（TB/T 10184—2021）、《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》（TB 10314—2021）等3项铁路工程建设标准，自2021年6月1日起实施。以上标准由中国铁道出版社有限公司出版发行。

国家铁路局

2021年3月10日

前　言

随着我国城镇化建设的持续推进和铁路运营里程的快速增加，邻近铁路营业线施工建设需求与工程数量日益增多，但缺乏邻近铁路营业线施工对铁路运营设备设施安全影响的通用技术标准。在上海、北京、南昌、武汉等地的铁路运输企业管辖范围内均有大量邻近铁路营业线施工项目成功实施，为制定邻近铁路营业线施工安全监测技术标准积累了丰富经验，奠定了坚实基础。

本规程为满足铁路安全运营需要，统一邻近铁路营业线施工安全监测的要求，在全面总结邻近铁路营业线施工安全监测实践经验和科研成果的基础上编制而成。本规程贯彻安全优先的原则，结合我国测量技术水平、铁路管理模式等因素，并与现行工程勘察、测量和工务作业等相关标准统筹协调，系统规定了邻近铁路营业线施工安全监测的内容与关键控制指标，为邻近铁路营业线施工安全监测提供技术支撑。

本规程共分7章，包括：总则，术语，基本规定，监测项目及测点布置，人工监测，自动化监测，监测频率、预警值、报警值及控制值，另有5个附录。

本规程主要内容如下：

1. 明确了本规程适用范围，规定了邻近铁路营业线施工安全监测应遵循的主要原则和技术要点。

2. 明确了与邻近铁路营业线施工安全监测相关专用名词的定义。

3. 明确了邻近铁路营业线施工安全监测方案编制、监测点布

置、监测数据采集及报告编制等方面的基本要求。

4. 规定了邻近铁路营业线施工安全监测的项目选择及测点布置要求。

5. 规定了竖向位移、水平位移、倾斜和裂缝的人工监测技术要求。

6. 明确了采用自动化监测的适用条件，规定了全站仪、静力水准装置、电水平尺以及卫星定位等自动化监测的技术要求。

7. 规定了铁路运营设备设施的监测频率，变形监测预警值、报警值及控制值。

在执行本规程过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见及有关资料寄交同济大学（上海市曹安公路4800号同济大学嘉定校区通达馆，邮政编码：201804）、中国铁路经济规划研究院有限公司（北京市海淀区北蜂窝路乙29号，邮政编码：100038），供今后修订时参考。

本规程由国家铁路局科技与法制司负责解释。

主编单位：同济大学、中国铁路经济规划研究院有限公司。

参编单位：中国铁道科学研究院集团有限公司、中铁工程设计咨询集团有限公司、中国铁路设计集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中铁上海设计院集团有限公司、中铁二十四局集团有限公司。

主要起草人：周顺华、刘建国、刘　喆、霍建勋、蔡德钩、王炳龙、林传年、赵旭伟、狄宏规、马伟斌、石少帅、许学良、梁英俊、张　强、郑雪峰、魏　好、严爱国、李建望、陈　军、代仁平、付琪生。

主要审查人：肖广智、刘　椿、刘　燕、刘　珣、杨梦蛟、张民庆、支　洋、杨建伟、钟庆华、钱春阳、张华莹、庞元志、陈志广、刘红卫、江荣丰、刘金国、卢建康、张金龙、曹德志、夏真荣、王立川、李兆平。

目　次

1　总　　则 …… 1

2　术　　语 …… 2

3　基本规定 …… 4

4　监测项目及测点布置 …… 7

4.1　一般规定 …… 7

4.2　监测项目 …… 7

4.3　测点布置 …… 10

5　人工监测 …… 13

5.1　一般规定 …… 13

5.2　竖向位移监测 …… 13

5.3　水平位移监测 …… 14

5.4　倾斜监测 …… 15

5.5　裂缝监测 …… 16

6　自动化监测 …… 18

6.1　一般规定 …… 18

6.2　全站仪自动化监测 …… 19

6.3　静力水准装置自动化监测 …… 20

6.4　电水平尺自动化监测 …… 21

6.5　卫星定位自动化监测 …… 22

7　监测频率、预警值、报警值及控制值 …… 23

7.1　监测频率 …… 23

7.2　预警值、报警值及控制值 …… 24

附录 A　监测报表 …… 27
附录 B　轨道测点布置 …… 28
附录 C　路基测点布置 …… 29
附录 D　桥梁测点布置 …… 30
附录 E　隧道测点布置 …… 31
本规程用词说明 …… 32
《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》条文说明 …… 33

1 总 则

1.0.1 为统一邻近铁路营业线施工安全监测的技术规定，满足铁路运营安全要求，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于邻近铁路营业线施工期间铁路运营设备设施的变形监测。

1.0.3 邻近铁路营业线施工安全监测应做到方案合理、方法可靠、预警准确、报警及时。

1.0.4 邻近铁路营业线施工安全监测所用仪器设备应检定合格。仪器设备的检定、校准及维护应符合本规程和国家现行有关标准的规定。

1.0.5 邻近铁路营业线施工安全监测应积极推广采用新技术、新材料、新设备、新方法。

1.0.6 监测工作应认真贯彻安全生产方针，结合各阶段工程特点和具体情况，制定相应的安全生产措施。

1.0.7 邻近铁路营业线施工安全监测除应符合本规程外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术　　语

2.0.1　邻近铁路营业线施工　constructions near operating railway

邻近铁路营业线施工简称“邻近施工”,是指在邻近铁路营业线一定范围内,影响或可能影响铁路运营设备设施稳定、使用和行车安全的施工作业。

2.0.2　邻近施工影响区　influence zone of railway resulting from nearby constructions

邻近铁路营业线施工可能引起铁路基础设施变形、运营设备干扰和影响行车安全的区域。

2.0.3　铁路运营设备设施　railway operation infrastructures and facilities

铁路工务(包括桥梁、隧道、路基、轨道等)、供电、电务、信号等设备设施,以及站台、站房、人行天桥、地道等关系铁路运营安全的建(构)筑物。

2.0.4　变形监测　deformation monitoring

对铁路运营设备设施的位置、形状变化进行观测,获得监测对象随时间的变形特征,并进行变形分析的过程。

2.0.5　监测控制值　limit value of monitoring

为确保监测对象的安全,对监测对象变形量所设定的监控值,用以判断铁路运营设备设施是否出现变形超限。

2.0.6　监测报警值　warning value of monitoring

为确保监测对象的安全,对监测对象变形量所设定的警告值,一般为监测控制值的 80%,用以警告铁路运营设备设施变形量已接近监测控制值。

2.0.7　监测预警值　early warning value of monitoring

为确保监测对象的安全，对监测对象变形量所设定的预先警告值，一般为监测控制值的60%，用以判断铁路运营设备设施变形是否出现异常。

2.0.8 人工监测 manual monitoring

采用水准仪、经纬仪或全站仪等常规设备对监测对象实施的定期人工观测等相关工作。

2.0.9 自动化监测 automatic monitoring

采用全站仪、电水平尺、静力水准装置及卫星定位等自动化设备对监测对象进行的持续实时量测。

2.0.10 重点监测区 primary monitoring zone

邻近施工时铁路营业线路堤坡脚、路堑坡顶、桥涵（含公铁两用桥）、隧道以及站房等铁路运营设备设施竖向投影的区域。

2.0.11 一般监测区 secondary monitoring zone

邻近施工时从铁路营业线路堤坡脚、路堑坡顶、桥涵（含公铁两用桥）、隧道以及站房等铁路运营设备设施外侧起向外延伸一定距离的区域。

3 基本规定

3.0.1 邻近铁路营业线施工应经安全评估后开展邻近施工安全监测，并应由具备相关资质和营业线监测经验的监测单位承担。

3.0.2 邻近施工安全监测应编制专项监测方案。

3.0.3 监测单位在编制监测方案之前，应搜集岩土工程勘察报告、邻近施工设计文件、施工方案、铁路运营设备设施情况和对铁路营业线影响的评估报告等资料。

3.0.4 监测设备精度和量程应满足监测要求，并具有良好的稳定性、安全性及可靠性。

3.0.5 监测方法应根据项目特点、监测对象、监测等级、设计要求、精度要求和场地条件等因素综合确定，做到合理可行。

3.0.6 基准点、工作基点布置应符合下列规定：

1 基准点应设置在邻近施工影响区之外的稳定区域，每个工程应不少于3个。

2 工作基点应选在相对稳定且方便使用的位置。对能直接使用基准点测定监测点的工程，可不设立工作基点。

3 基准点和工作基点应在施工前布置，经观测确定其稳定后方可使用。

4 监测期间，应定期复核基准点和工作基点的稳定性。

3.0.7 监测点的布置严禁影响铁路运营安全，且应便于观测及更换维修。

3.0.8 监测点应牢固，并应充分考虑气象环境影响、列车振动和视线遮挡等因素。

3.0.9 监测点布置、维护及监测实施工作中应严格遵守铁路运输企业的相关安全规定，做好安全防护。监测结束后，影响列车正常

运营和相关铁路运营设备设施正常使用的监测点及各类监测设备应及时拆除清场。

3.0.10 邻近施工安全监测应明确变形值正负号,竖向位移以向上为正,向下为负。

3.0.11 专项监测方案应根据邻近施工特点、铁路营业线等级、铁路运营设备设施状况及工程风险分析有针对性地进行编制,并应包括下列主要内容:

1 邻近施工及铁路营业线概况。

2 工程地质条件、周边环境条件及工程风险分析。

3 监测目的和依据。

4 监测项目、监测范围及工程监测等级。

5 监测方法及测点布置。

6 监测仪器设备及人员配备。

7 监测频率、周期、预警值、报警值及控制值。

8 监测信息采集反馈。

9 安全质量管理制度及应急预案。

3.0.12 当邻近施工设计或施工方案有重大变更时,应及时调整监测方案。

3.0.13 邻近施工安全监测数据管理应符合下列规定:

1 监测数据应真实、有效,并做好原始数据的保存工作。

2 监测数据管理分正常、预警、报警和超限四个级别,预警值、报警值及控制值应严格按照经审批的监测方案执行。

3 按监测方案中的监测频率及时将监测报表提交工程建设各方和铁路运输企业,监测报表可按附录A填写。定期提交阶段性报告,数据异常时应提交快报。

4 工程建设各方和铁路运输企业应建立数据反馈及异常情况处理工作机制。

3.0.14 邻近施工安全监测应编制总结报告,总结报告应包括下列主要内容:

1　邻近施工及铁路营业线概况。

2　工程地质条件及周边环境条件。

3　监测方案概述。

4　监测数据分析。

5　结论与建议。

3.0.15　邻近施工安全监测范围，监测等级，监测方法，监测频率，监测预警值、报警值及控制值等可按高速铁路、普速铁路分类确定，城际铁路宜按高速铁路标准执行。

4 监测项目及测点布置

4.1 一般规定

4.1.1 监测项目应根据铁路运营设备设施类型、邻近施工对其影响程度分析确定。

4.1.2 测点断面布置应能反映铁路运营设备设施的状态变化趋势，并宜与邻近施工的测点断面布置一致。

4.1.3 监测点应布置在监测对象的变形和内力控制点上，并不应影响和妨碍铁路运营设备设施的正常使用。

4.1.4 监测点应标识清晰、编号统一。

4.1.5 监测点布置后应与相关铁路运输企业交底，防止线上作业造成损坏。

4.2 监测项目

4.2.1 监测项目可根据铁路运营设备设施实际情况和邻近施工特点分为必测项目和选测项目，可按表4.2.1选用。

表4.2.1 监测项目

铁路监测区段	路基段	桥涵段	隧道段	站房段(附属设施)
必测项目	轨道竖向位移、轨道水平位移、路基竖向位移、路基水平位移、接触网支柱竖向位移、接触网支柱倾斜	墩台竖向位移、墩台水平位移、框架桥竖向位移、框架桥水平位移、墩台倾斜、箱涵竖向位移	轨道竖向位移、轨道水平位移、隧道结构竖向位移、隧道结构水平位移	轨道竖向位移、轨道水平位移、站房竖向位移、站房倾斜、站台竖向位移、雨棚柱竖向位移、雨棚柱倾斜、接触网支柱竖向位移、接触网支柱倾斜

续表 4.2.1

铁路监测区段	路基段	桥涵段	隧道段	站房段(附属设施)
选测项目	挡墙墙顶水平位移、挡墙墙顶竖向位移、结构裂缝	接触网支柱竖向位移、接触网支柱倾斜、桥涵过渡段差异竖向位移、箱涵错台、结构裂缝	结构变形缝差异变形、结构裂缝	站台雨棚柱水平位移、站台水平位移、地道竖向位移、天桥竖向位移、结构裂缝

注:在设计及安全评估中,可根据现场的实际情况对监测项目的选测内容进行调整。

4.2.2 邻近施工影响区范围应根据铁路营业线等级、地质条件和工程类别等因素综合确定,并可根据邻近施工对铁路运营设备设施的影响程度分为主要影响区、一般影响区和轻微影响区。

1 基坑工程的邻近施工影响区范围可按表 4.2.2—1 确定。

表 4.2.2—1 基坑工程的邻近施工影响区

铁路等级	邻近施工影响区	区域范围
普速铁路	主要影响区	基坑周边 $0.7H$ 范围内
	一般影响区	基坑周边 $0.7H$ 至 $(2.0\sim3.0)H$ 范围内
	轻微影响区	基坑周边 $(2.0\sim3.0)H$ 至 $(3.0\sim4.0)H$ 范围内
高速铁路	主要影响区	基坑周边 H 范围内
	一般影响区	基坑周边 H 至 $(3.0\sim4.0)H$ 范围内
	轻微影响区	基坑周边 $(3.0\sim4.0)H$ 至 $(4.0\sim5.0)H$ 范围内

注:1 H 为基坑开挖深度。

2 对于地质复杂程度、工程风险较高的工程应进行专项评估以确定邻近施工影响区范围。

2 隧道工程的邻近施工影响区范围可按表 4.2.2—2 确定。

表 4.2.2—2　隧道工程的邻近施工影响区

铁路等级	邻近施工影响区	区域范围	
		邻近施工隧道横向	邻近施工隧道纵向
普速铁路	主要影响区	隧道正上方至竖向位移曲线反弯点 $1.5i$ 范围内	距离隧道施工面(1.0～2.0)($H+D$)范围内
	一般影响区	隧道竖向位移曲线反弯点 $1.5i$ 至竖向位移曲线边缘 $2.5i$ 处	距离隧道施工面(1.0～2.0)($H+D$)至(2.0～3.0)($H+D$)范围内
	轻微影响区	隧道竖向位移曲线边缘 $2.5i$～$4i$ 处	距离隧道施工面(2.0～3.0)($H+D$)至(3.0～4.0)($H+D$)范围内
高速铁路	主要影响区	隧道正上方至(1.0～2.0)($H+D$)范围内	距离隧道施工面(2.0～3.0)($H+D$)范围内
	一般影响区	距隧道正上方(1.0～2.0)($H+D$)至3.0($H+D$)范围内	距离隧道施工面(2.0～3.0)($H+D$)至4.0($H+D$)范围内
	轻微影响区	距离隧道正上方3.0($H+D$)至4.0($H+D$)范围内	距离隧道施工面4.0($H+D$)至5.0($H+D$)范围内

注：1　i 为隧道地表竖向位移曲线 Peck 计算公式中的竖向位移槽宽度系数(m)，H 为隧道覆土厚度(m)，D 为隧道直径或等效直径(m)。

2　对于风险、复杂程度较高的工程应进行专项评估以确定邻近施工影响区范围。

3　大面积降水、桩基施工、顶进桥涵以及路基填挖方等工程的邻近施工影响区应由设计或安全评估单位确定。

4.2.3　邻近施工安全监测应根据铁路营业线等级、监测对象重要程度以及邻近施工影响区范围进行分级实施，可按表 4.2.3 划分。

表 4.2.3　监测等级划分

邻近施工影响区	监测区域			
	高速铁路		普速铁路	
	重点监测区的监测对象	一般监测区的监测对象	重点监测区的监测对象	一般监测区的监测对象
主要影响区	一等	三等	一等	三等

续表 4.2.3

邻近施工影响区	监测区域			
	高速铁路		普速铁路	
	重点监测区的监测对象	一般监测区的监测对象	重点监测区的监测对象	一般监测区的监测对象
一般影响区	一等	三等	二等	三等
轻微影响区	二等	三等	三等	三等

4.2.4 当遇到下列情况时，邻近施工安全监测应适当扩大监测范围并提高监测等级：

1 轨下隧道、顶管及基坑周边土体以淤泥、淤泥质土或其他高压缩性土为主。

2 邻近施工存在不良地质体或特殊岩土层。

3 采用锚杆支护、注浆加固、高压旋喷桩等工程措施。

4 施工期间发生严重的涌砂、漏水、冒水、支护结构变形过大、邻近建(构)筑物及铁路运营设备设施变形过大。

5 邻近施工采用挤密桩。

6 新建铁路建设期已发现的显著差异变形地段。

7 铁路运输企业日常动、静态检查时线路状态出现持续变化且变化较大的地段。

8 铁路运营设备设施状态异常。

9 自然灾害引起监测对象变形异常。

4.3 测点布置

4.3.1 路基段无砟轨道监测点宜布置在轨道支承层(底座)上，路基段有砟轨道监测点宜布置于轨枕适宜部位。路基段轨道监测点可按本规程附录 B 布置，监测断面间距可按表 4.3.1 确定。

表 4.3.1　路基段轨道监测断面间距

监测等级	线路等级	
	高速铁路	普速铁路
一　等	1 m~5 m	1 m~5 m
二　等	5 m~8 m	5 m~10 m
三　等	8 m~10 m	10 m~15 m

注:邻近施工自身风险等级高的间距取小值,自身风险等级低的间距取大值。

4.3.2　路基监测点宜布置于路肩和路基坡脚附近,监测点应保证稳定。路基监测点与轨道监测点宜布置在同一断面。路基监测点可按本规程附录 C 布置。

4.3.3　桥梁墩台监测点应结合桥梁形式、环境影响因素及监测设备安装方式等进行布置,并应符合本规程附录 D 的规定。框架桥及涵洞监测点宜布置于结构顶、底板及交接接缝处。

4.3.4　隧道监测点每个监测断面不宜少于 4 个,并应符合本规程附录 E 的规定。隧道监测断面间距可按表 4.3.4—1、表 4.3.4—2 确定。

表 4.3.4—1　单线隧道监测断面间距

监测等级	线路等级	
	高速铁路	普速铁路
一　等	3 m~5 m	5 m~8 m
二　等	5 m~8 m	8 m~12 m
三　等	8 m~12 m	12 m~15 m

注:1　本表仅适用于穿越隧道工程,并行隧道工程由设计或安全评估部门另行决定。

2　邻近施工自身风险高时间距取小值,自身风险低时间距取大值。

表 4.3.4—2　双线隧道监测断面间距

监测等级	线路等级	
	高速铁路	普速铁路
一　等	3 m~5 m	3 m~5 m

续表 4.3.4—2

监测等级	线路等级	
	高速铁路	普速铁路
二　等	5 m~8 m	5 m~10 m
三　等	8 m~12 m	10 m~15 m

注:1　本表仅适用于穿越隧道工程,并行隧道工程由设计或安全评估部门另行决定。

2　邻近施工自身风险高时间距取小值,自身风险低时间距取大值。

4.3.5　站房的结构墙角、结构分界处和出入口侧墙应设置竖向位移监测点,每侧不少于3个测点。

4.3.6　地面雨棚柱和接触网支柱应设置位移监测点。变形较为敏感的无柱雨棚监测应提高一个监测等级。

4.3.7　其他铁路运营设备设施或增设其他监测项目的监测点布置方式应根据安全评估报告,结合具体情况确定。

5 人工监测

5.1 一般规定

5.1.1 竖向及水平位移监测精度要求应符合表5.1.1—1和表5.1.1—2的规定。

表5.1.1—1 竖向位移监测精度要求

中误差	监测等级		
	一等	二等	三等
监测点高差中误差	≤0.3 mm	≤0.5 mm	≤1.0 mm

注:监测点高差中误差是指相应精度与视距的水准测量单程一测站的高差中误差。

表5.1.1—2 水平位移监测精度要求

中误差	监测等级		
	一等	二等	三等
监测点坐标中误差	≤0.6 mm	≤0.8 mm	≤1.2 mm

注:监测点坐标中误差是指监测点相对测站点(如工作基点等)的坐标中误差,为点位中误差的$1/\sqrt{2}$。

5.1.2 竖向及水平位移监测基准网主要技术要求应符合现行《高速铁路工程测量规范》TB 10601、《铁路工程测量规范》TB 10101的相关规定。

5.1.3 监测初始值采集应于邻近施工开始前完成,对监测点连续有效采集不应少于3次,数据稳定后,取平均值作为初始值。

5.2 竖向位移监测

5.2.1 竖向位移监测可采用水准测量法、三角高程测量法等。

5.2.2 竖向位移监测基准网应布置成闭合或附合水准路线。

5.2.3 竖向位移监测应符合下列规定：

1 监测精度应与布置的控制网观测精度一致。

2 监测期间应定期对水准仪 i 角进行检校，检校后的 i 角不应大于 15″，检校间隔不应超过 30 d。

3 三角高程测量宜采用 0.5″级或 1″级的全站仪和特制觇牌，采取中间设站、不量仪器高的前后视观测方法。

5.3 水平位移监测

5.3.1 测定特定方向的水平位移可采用投点法、小角度法、激光准直法及方向线偏移法等，并应符合下列规定：

1 采用投点法和小角度法时，应对经纬仪或全站仪的竖向轴倾斜误差进行检验，当竖向角超出 ±3°范围时，应进行竖向轴倾斜改正。

2 采用激光准直法时，应在使用前对激光仪器进行检校。

3 采用方向线偏移法时，对主要监测点，可以该点为测站测出对应基准线端点的边长与角度，求得偏差值；对其他监测点，可选适宜的主要监测点为测站，测出对应其他监测点的距离与方向值，按坐标法求得偏差值。

5.3.2 测定任意方向的水平位移可采用边角前方交会法、边角后方交会法、导线测量法和极坐标法等，并应符合下列规定：

1 采用边角前方交会时，交会角宜在 60°～120°之间，并宜采用三点交会。

2 采用边角后方交会时，宜采用全站仪后方交会，由三个及以上固定点测角、测边求得测站坐标。

3 采用导线测量时，测量要求应参考对应的基准网测量要求。

5.3.3 当监测点与基准点无法通视或距离较远时，可采用卫星定位法或边角测量与基准线法相结合的综合测量方法。

5.3.4 基准点及工作基点应采用强制对中装置。

5.3.5 水平位移监测基准网可采用独立坐标系统，并进行一次布网，定期复测。每次监测前，宜对基准网进行稳定性检查，并以稳定点为起算点。

5.3.6 单测角或单测边水平位移监测基准网宜布置为近似等边三角形网，其三角形内角不应小于30°，当受场地或其他条件限制时，个别角可放宽，但不应小于25°。边角网应合理配置测角和测距的精度。

5.4 倾斜监测

5.4.1 接触网支柱、高架墩台、站房和雨柱棚等铁路运营设备设施的倾斜监测，可根据现场观测条件采用投点法、全站仪坐标法或差异竖向位移法等。

5.4.2 投点法适用于每个测站观测一个倾斜方向的偏移量，并应符合下列规定：

1 在结构的上、下部竖向对应设置观测标志。

2 测站点设置在倾斜方向的竖向方向线上，与观测点的距离宜为上、下部观测点高差的1.5～2.0倍。

3 采用经纬仪或全站仪观测时，在下部观测点安置水平尺，瞄准上部观测点后投影到水平尺上直接读取倾斜偏移量；观测时应正、倒镜各观测一次取平均值。

4 历次倾斜偏移量的变化值与上、下点高差的比值即为倾斜率变化值。当上、下观测标志的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜偏移量与高差的比值即为结构的倾斜率。

5.4.3 全站仪坐标法适用于同一测站对监测对象在两个正交方向的倾斜偏移量进行观测，并应符合下列规定：

1 在结构的上、下部竖向对应设置观测标志，观测标志宜为小棱镜或反射片，采用基于无合作目标测距技术时可为其他平整的标志。

2　测站点应设置在结构边线的延长线或结构边线的垂线上，与观测点的水平距离宜为上、下部观测点高差的1.5～2.0倍。

3　以测站点为原点、测站点至下部观测点连线为x轴正方向、y轴竖向于x轴、竖直方向为z轴建立独立坐标系，x、y两个坐标分量的变化值分别为两个方向的倾斜偏移量。

4　历次观测应正、倒镜各观测一次取平均值。

5　历次两正交方向的倾斜偏移量的变化值与上、下点高差的比值即分别为相应两个正交方向的倾斜变化率。当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜偏移量与高差的比值即为结构的倾斜率。

5.4.4　当采用差异竖向位移法进行倾斜观测时，应在需要观测的倾斜方向上对应设置竖向位移观测点。竖向位移监测应满足本规程第5.2节的要求。差异竖向位移量与距离的比值可作为该连线方向的倾斜率。

5.4.5　倾斜监测成果应包含测量位置、倾斜方向、偏移量和倾斜率等。

5.5　裂缝监测

5.5.1　邻近施工前应详细调查监测对象已有裂缝的情况，记录各裂缝的位置、走向、长度、宽度及初测日期。

5.5.2　裂缝监测应符合下列规定：

1　裂缝监测应测定裂缝分布位置和裂缝的走向、长度、宽度及其变化情况。

2　对需要监测的裂缝应统一进行编号。

3　裂缝宽度监测宜在裂缝的最宽处及裂缝首、末端布置。

4　当原有裂缝增大或出现新裂缝时，应及时增设监测点。

5.5.3　裂缝监测宜采用下列方法：

1　裂缝宽度监测可采用裂缝监测仪、千分尺或游标卡尺等直接测量，也可采用安装裂缝计、千分表或摄影测量等方法监测裂缝

宽度变化。

2　裂缝长度监测宜采用直接量测法。

5.5.4　裂缝监测点应设置便于量测的标志。长期监测时,可采用镶嵌或埋入式的金属标志、金属杆标志或楔形板标志。监测裂缝纵横向变化时,可采用坐标方格网板标志。

5.5.5　监测标志布置完成后应拍摄裂缝监测初始照片。每次监测时,应拍摄裂缝照片,并记录裂缝的走向、长度、宽度和监测日期等。

5.5.6　裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1 mm,裂缝长度量测精度不宜低于 1.0 mm。

5.5.7　采用测缝传感器自动采集时,应确保数据的传输过程和保存结果完整可靠,并与人工监测数据进行比对。

5.5.8　裂缝监测频率应根据裂缝变化速率确定。当发现裂缝变化速率快速变大时,应及时增加监测频率,必要时应实时监测。

6 自动化监测

6.1 一般规定

6.1.1 自动化监测方法选择应符合表6.1.1的规定。

表6.1.1 自动化监测方法与适用条件

监测项目		监测方法		
		自动化全站仪	静力水准装置	电水平尺
高速铁路	轨道及路基竖向位移	○	○	—
	轨道及路基水平位移	○	—	—
	桥墩竖向位移	○	○	—
	桥墩水平位移	○	—	—
	隧道结构竖向位移	○	○	—
	隧道结构水平位移	○	—	—
	框架桥、涵洞竖向位移	○	○	—
	框架桥、涵洞水平位移	○	—	—
	接触网支柱竖向位移	○	○	—
	接触网支柱倾斜	○	—	—
普速铁路	轨道及路基竖向位移	○	○	○
	轨道及路基水平位移	○	—	—
	墩台竖向位移	○	○	—
	墩台水平位移	○	—	—
	隧道结构竖向位移	○	○	○
	隧道结构水平位移	○	—	—
	框架桥、涵洞竖向位移	○	○	—

续表 6.1.1

监测项目		监测方法		
		自动化全站仪	静力水准装置	电水平尺
普速铁路	框架桥、涵洞水平位移	○	—	—
	接触网支柱竖向位移	○	○	—
	接触网支柱倾斜	○	—	—

注：○表示可选用。

6.1.2 自动化监测的通信与供电系统应避免对列车运营产生影响。

6.1.3 自动化监测采样频率应满足实际工程监测频率要求。

6.1.4 自动化监测设备应性能稳定，精度应符合本规程第 5.1.1 条的规定。

6.1.5 自动化监测设备应安装牢固，满足铁路的限界要求，不应影响列车运营安全。

6.1.6 监测初始值采集应于邻近施工开始前完成，3 天内监测点连续有效采集不应少于 10 次，数据稳定后，取平均值作为初始值。

6.2 全站仪自动化监测

6.2.1 高速铁路运营设备设施的监测应选用 0.5″级全站仪，普速铁路运营设备设施的监测应选用 1.0″级及以上全站仪。全站仪应具有马达驱动和自动照准功能。

6.2.2 全站仪观测应采用强制对中装置。后视基准点不应少于 3 个且分布均匀。全站仪自由设站点的精度应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 全站仪自由设站精度要求

铁路等级	设站精度			
	x 方向中误差 m_x	y 方向中误差 m_y	高程中误差 m_h	定向精度
高速铁路	≤0.7 mm	≤0.7 mm	≤0.7 mm	≤2.0″
普速铁路	≤1.2 mm	≤1.2 mm	≤1.2 mm	≤3.0″

注：连续梁、特殊孔跨桥等困难地段，自由设站点坐标中误差可放宽 1.5 倍。

6.2.3 邻近施工安全监测全程应同步记录气象数据,温度最小读数为0.2 ℃,气压最小读数为50 Pa,并应及时进行数据的气象修正。

6.2.4 监测点或监测点组应根据水平位移、竖向位移和倾斜等监测项目的具体要求设置。监测点宜采用固定棱镜的方式布置,并做好保护。

6.2.5 全站仪自动化监测系统宜具备异常数据自动剔除、未测测点自动补测、观测限差自动检查、超限数据自动重测等功能。

6.2.6 全站仪自动化监测系统应具备根据远程指令选取观测方向,设置观测时间、观测频率和观测测回数等性能。

6.2.7 数据处理前应进行基准网稳定性判断,对异常观测值应及时补测。

6.3 静力水准装置自动化监测

6.3.1 静力水准线路应由基准点和观测点等组成,宜布置成附合水准线路。

6.3.2 静力水准的基准点应位于影响范围之外,并应采用水准测量法定期联测。

6.3.3 静力水准设备的连通管路应平顺,管路内不应有气泡,每一点都应低于蓄液罐底部。对于有冰冻可能的地段,应使用防冻液填充。

6.3.4 同一测段内静力水准测量的竖向位移观测值可按公式(6.3.4)计算。

$$\Delta H_{kg}^{ij} = (h_k^i - h_g^i) - (h_k^j - h_g^j) \tag{6.3.4}$$

式中 ΔH_{kg}^{ij}——以第 j 测次为计算基准($i > j$),k 测点相对 g 测点的第 i 次竖向位移值(mm);

h_k^i——k 测点第 i 测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离(mm);

h_g^i——g 测点第 i 测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离(mm)；

h_k^j——k 测点第 j 测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离(mm)；

h_g^j——g 测点第 j 测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离(mm)。

6.3.5 单点测量精度不应低于 0.3 mm。

6.4 电水平尺自动化监测

6.4.1 电水平尺传感器量程不宜小于 ±40′,分辨率不宜低于 ±1″,重复测量精度不宜低于 ±3″。

6.4.2 采用多支电水平尺串联安装进行竖向位移测量时,应对尺链起点与终点的高程进行定期校核。

6.4.3 单支电水平尺差异竖向位移可按式(6.4.3)计算。

$$\Delta S_t = L \times (\sin \alpha_t - \sin \alpha_0) \tag{6.4.3}$$

式中 ΔS_t——电水平尺两端点的差异竖向位移值(mm)；

L——电水平尺长度(mm)；

α_t——第 t 次倾角(°)；

α_0——初始倾角(°)。

6.4.4 多支电水平尺差异竖向位移测量可按式(6.4.4)计算。

$$\Delta S_n = S_0 + \sum_{i=1}^{n} [L_i \times (\sin \alpha_i - \sin \alpha_{i0})] \tag{6.4.4}$$

式中 ΔS_n——尺链中第 n 支电水平尺端点所在处的竖向位移值(mm)；

S_0——起点水准测量修正值(mm)；

L_i——尺链中第 i 支电水平尺的长度(mm)；

α_i——尺链中第 i 支电水平尺本次倾角(°)；

α_{i0}——尺链中第 i 支电水平尺初始倾角(°)。

6.5 卫星定位自动化监测

6.5.1 卫星定位自动化监测应采用连续运行基准站进行监测，接收机宜具有数据通信和定时上传功能。

6.5.2 监测过程中应采用多基站平差方案，基准站不应少于2个，应设置在邻近施工影响区外且稳固牢靠，不受周边干扰和影响。

6.5.3 监测过程中宜同步记录接收机电压数据，实时监控接收机的电源状态。

6.5.4 监测点宜采用接收机等配套设备内置于天线保护罩的方式，做好保护。

6.5.5 卫星定位自动化监测系统宜具备异常数据自动剔除、观测限差自动检查、超限数据自动重测等功能。

6.5.6 卫星定位自动化监测系统宜具备根据远程指令设置接收机采样频率、数据定时上传周期等功能。

7 监测频率、预警值、报警值及控制值

7.1 监 测 频 率

7.1.1 监测频率应根据铁路营业线等级、监测等级及工程实施阶段确定，并符合表7.1.1的规定。

表7.1.1 监测频率

监测周期及监测等级		铁路营业线等级	
		高速铁路	普速铁路
施工期间	一 等	1次/2小时	1次/2小时
	二 等	8次/天	4次/天
	三 等	4次/天	1~2次/天
竣工一个月内	一 等	4次/天	1次/2天
	二 等	2次/天	1次/4天
	三 等	1次/天	1次/2周
竣工一个月后		根据是否达到停测标准确定是否继续监测	

7.1.2 当出现下列情况之一时，应提高监测频率或对个别点进行实时监测，并应及时向铁路运输企业报告监测结果：

1 监测数据达到预警、报警值。

2 监测数据持续变化较大。

3 邻近施工出现异常情况。

4 结构裂缝变大或出现明显新增裂缝。

5 暴雨等自然灾害引起的其他变形异常情况。

6 其他影响铁路运营设备设施使用安全的异常情况。

7.1.3 监测周期应包含施工期和竣工后至少一个月的数据稳定期。当竣工一个月后，达到下列停测标准时，监测单位可提出停测申请：

1 高速铁路：根据监测数据分析，变形趋于稳定，竣工一个月后变形速率不大于0.5 mm/月。

2 普速铁路：根据监测数据分析，变形趋于稳定，竣工一个月后变形速率不大于1.0 mm/月。

7.2 预警值、报警值及控制值

7.2.1 铁路运营设备设施监测预警值、报警值和控制值可按表7.2.1—1～表7.2.1—4确定。

表7.2.1—1 轨道位移变形监测预警值、报警值和控制值(mm)

监测项目		控制标准		
		累计量预警值	累计量报警值	控制值
高速铁路	轨道竖向位移	±1.2	±1.6	±2
	轨道水平位移	±1.2	±1.6	±2
普速铁路	轨道竖向位移	+1.8 −4.8	+2.4 −6.4	+3 −8
	轨道水平位移	±4.2	±5.6	±7

表7.2.1—2 铁路桥梁变形监测预警值、报警值和控制值(mm)

监测项目			控制标准		
			累计量预警值	累计量报警值	控制值
高速铁路	桥墩监测(无砟轨道)	墩台竖向位移	±1.2	±1.6	±2
		墩台顶部、底部横线路水平位移	±1.2	±1.6	±2
		墩台顶部、底部顺线路水平位移	±1.2	±1.6	±2

续表 7.2.1—2

监测项目			控制标准		
			累计量预警值	累计量报警值	控制值
高速铁路	桥墩监测(有砟轨道)	竖向位移	±1.8	±2.4	±3
		墩台顶部、底部横线路水平位移	±1.8	±2.4	±3
		墩台顶部、底部顺线路水平位移	±1.8	±2.4	±3
普速铁路		墩台竖向位移	+1.8 -4.8	+2.4 -6.4	+3 -8
		墩台顶部、底部横向水平位移	±4.2	±5.6	±7
		墩台顶部、底部纵向水平位移	±4.2	±5.6	±7

表 7.2.1—3　铁路路基变形监测预警值、报警值和控制值

监测项目			控制标准		
			累计量预警值	累计量报警值	控制值
高速铁路	无砟轨道	路基竖向位移	+1.2 -3.0 mm	+1.6 -4.0 mm	+2 -5 mm
	有砟轨道	路基竖向位移	+1.8 -4.8 mm	+2.4 -6.4 mm	+3 -8 mm
普速铁路		路基竖向位移	±6 mm	±8 mm	±10 mm
		路基水平位移	±4.2 mm	±5.6 mm	±7 mm
		接触网支柱竖向位移	±3 mm	±4 mm	±5 mm
		接触网支柱倾斜	0.3%	0.4%	0.5%

注:1　接触网支柱得向线路侧和受力方向倾斜。

2　在限速条件下进行邻近施工时,预警值、报警值和控制值可根据线路情况结合安全审查、评估意见确定。

表 7.2.1—4　隧道位移变形监测预警值、报警值和控制值(mm)

监测项目		控制标准		
		累计量预警值	累计量报警值	控制值
高速铁路	隧道结构竖向位移	±3	±4	±5
	隧道结构水平位移	±3	±4	±5
普速铁路	隧道结构竖向位移	±4.8	±6.4	±8
	隧道结构水平位移	±4.8	±6.4	±8

7.2.2　监测等级为一等的站房，监测预警值、报警值和控制值由房屋鉴定和安全评估部门给出建议值；监测等级为二等、三等的站房变形监测预警值、报警值和控制值可按表 7.2.2 确定。

表 7.2.2　二等、三等监测等级的站房变形监测预警值、报警值和控制值

监测项目	控制标准（mm）		
	累计量预警值	累计量报警值	控制值
站房竖向位移	±6 ~ ±18	±8 ~ ±24	±10 ~ ±30
站房差异竖向位移	$0.006l \sim 0.001\ 2l$	$0.008l \sim 0.001\ 6l$	$0.001l \sim 0.002l$

注：l 为相邻基础的中心距离(mm)。

7.2.3　本规程未明确的铁路运营设备设施监测预警值、报警值和控制值应由设计单位、安全评估单位会同铁路运输企业共同确定。

附录A　监测报表

A.0.1　监测报表可按表A.0.1填写。

表A.0.1　监测报表样表

一、施工概况：

天气： 施工概况：

二、各监测项目数据分析

项　目	本次变形值		累计变形值		预警值	报警值	控制值	备　注
	测点号	数值	测点号	数值				
墩台竖向位移								
墩台水平位移								
路基竖向位移								
路基水平位移								
轨道竖向位移								
轨道水平位移								
接触网支柱竖向位移								
接触网支柱横向倾斜								
接触网支柱顺向倾斜								

三、监测结论

计算：　　复核：　　监测负责人：

监测单位：××××公司，日期：×××× 年××月××日

附录 B　轨道测点布置

B.0.1　轨道测点可按图 B.0.1—1、图 B.0.1—2 布置。

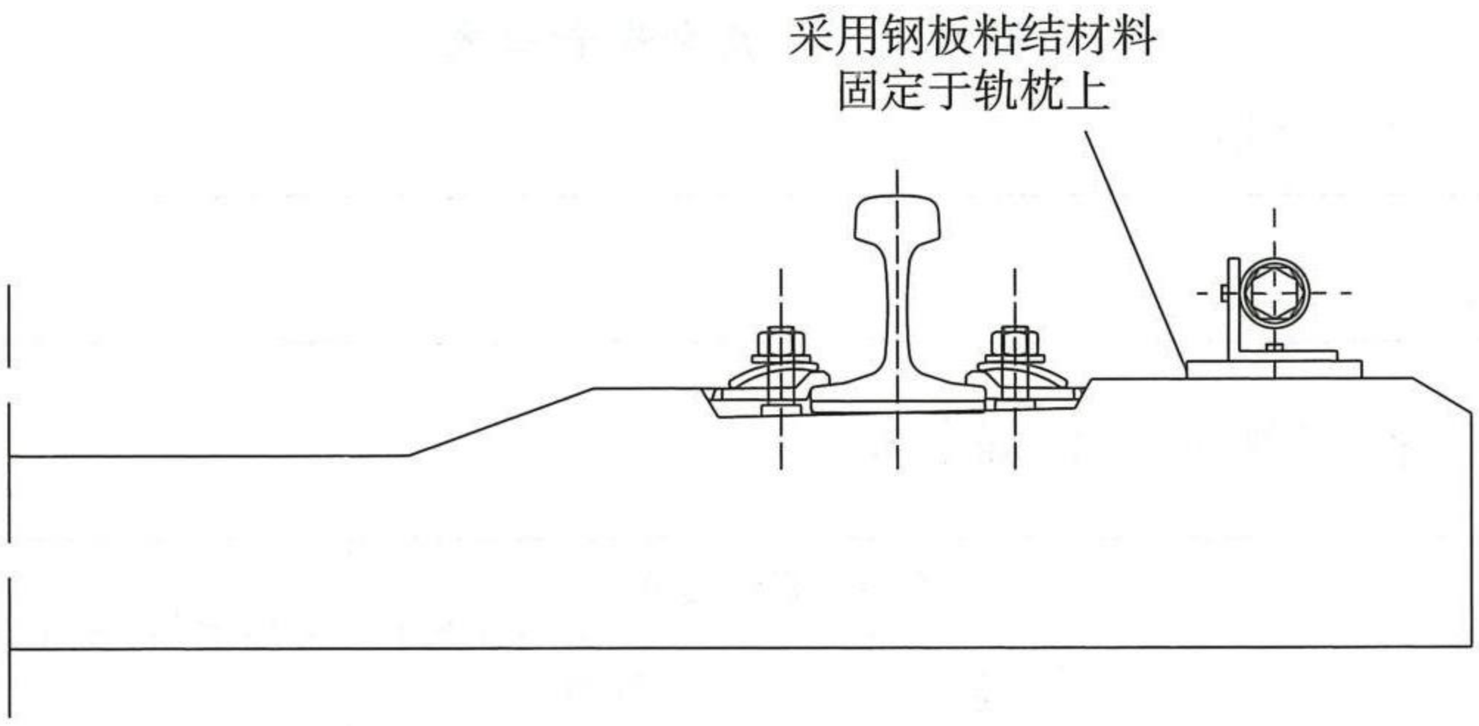


图 B.0.1—1　有砟轨道测点布置示意图

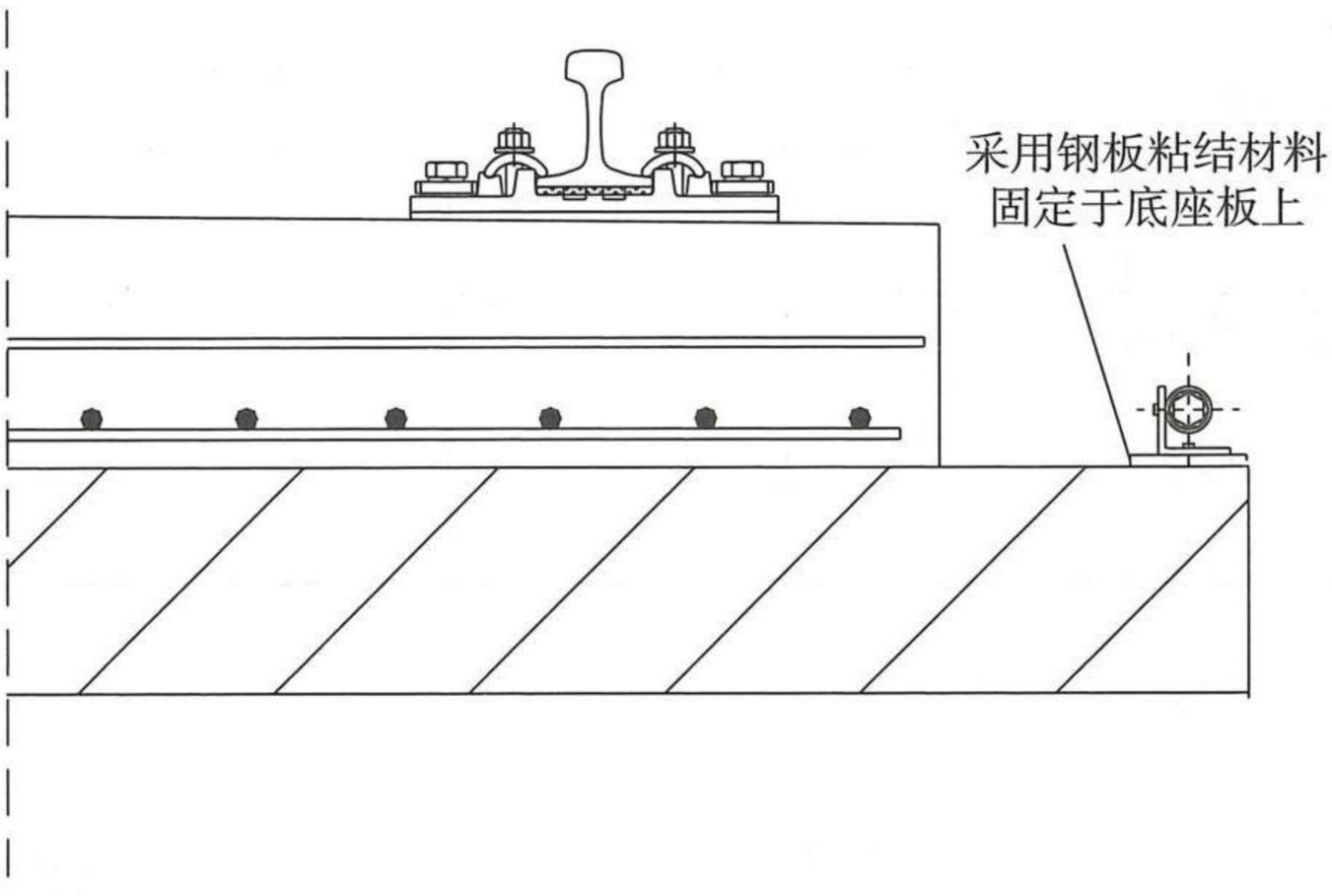


图 B.0.1—2　无砟轨道测点布置示意图

附录 C　路基测点布置

C.0.1　路基测点可按图 C.0.1—1、图 C.0.1—2 布置。

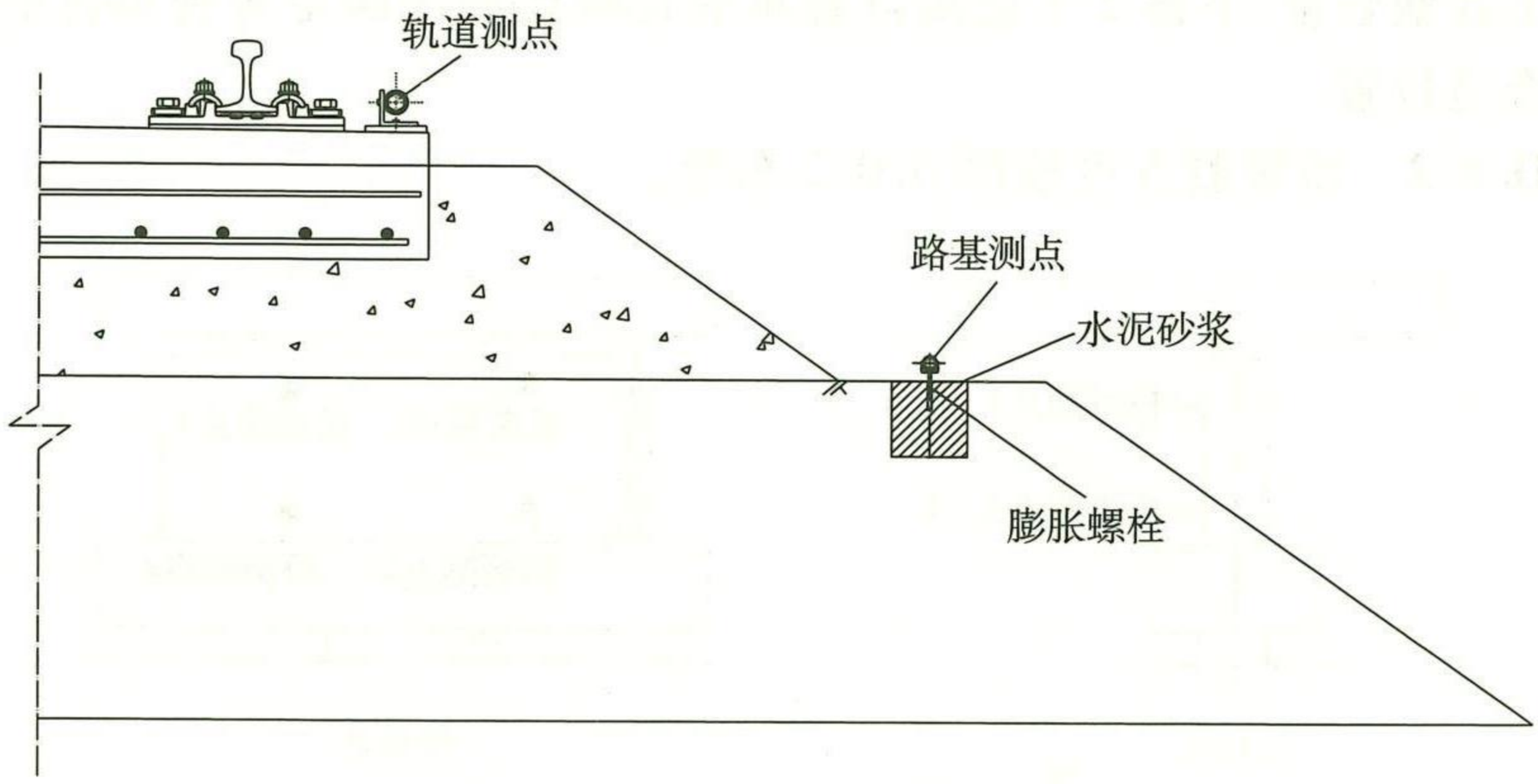


图 C.0.1—1　有砟轨道路基测点布置示意图

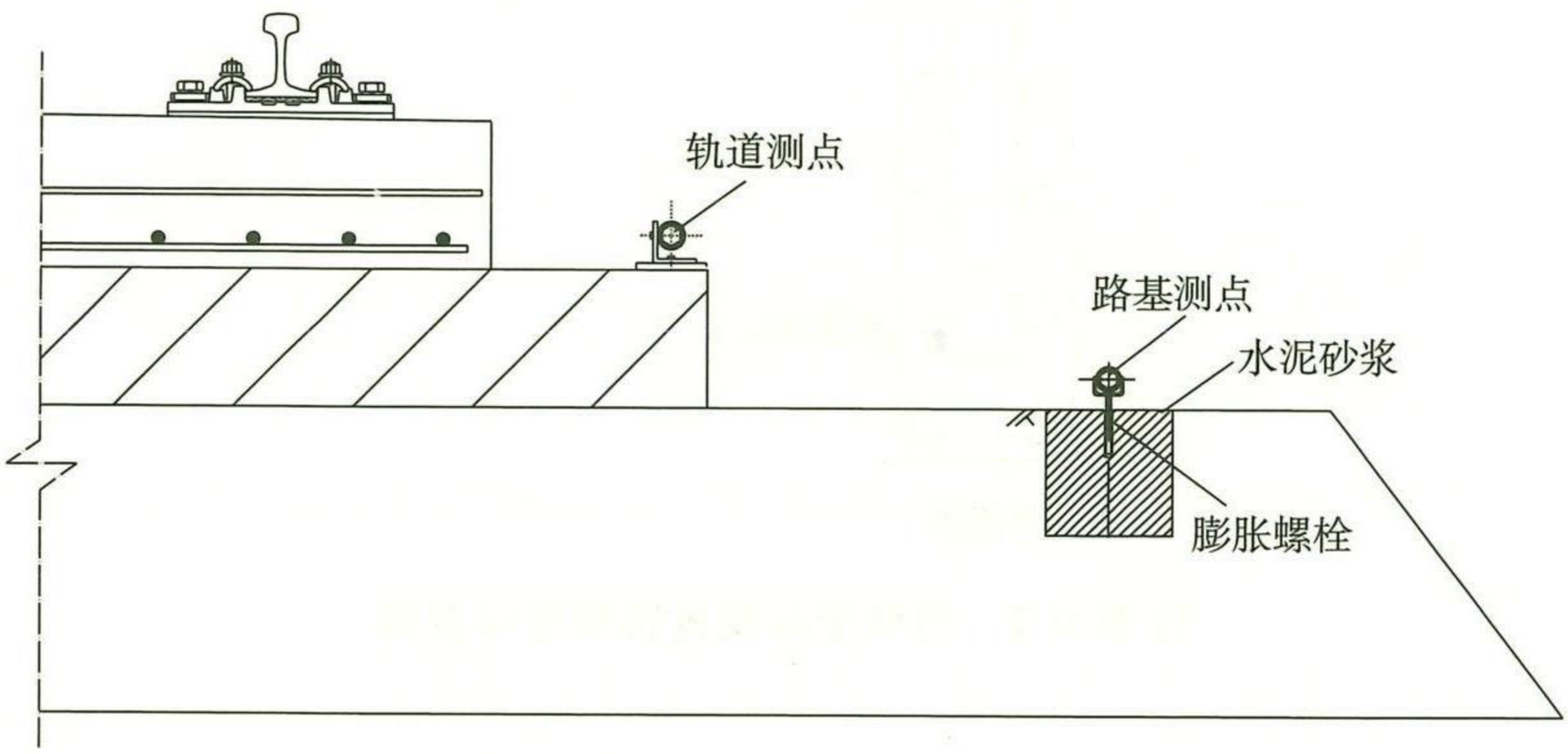
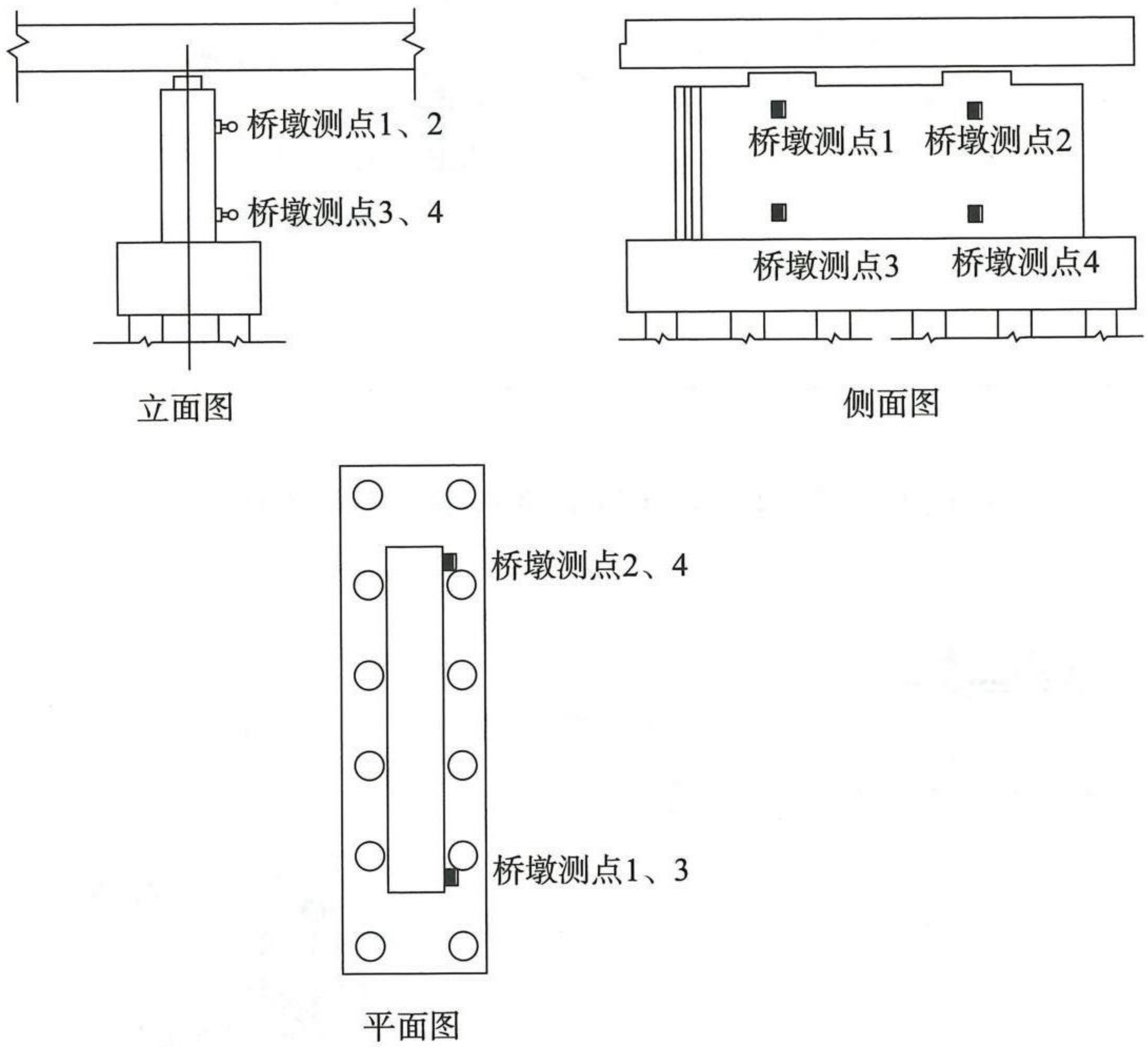


图 C.0.1—2　无砟轨道路基测点布置示意图

附录 D　桥梁测点布置

D.0.1　每个墩台应布置不少于 4 个监测点，上部 2 个监测点宜布置在墩台顶，下部 2 个监测点宜布置在墩台底部满足通视条件的合适位置。

D.0.2　桥墩测点可按图 D.0.2 布置。



立面图　　侧面图

平面图

图 D.0.2　桥墩全站仪棱镜布置示意图

附录 E　隧道测点布置

E.0.1　隧道拱腰两侧应各布置至少 1 个监测点，道床两侧侧墙应各布置 1 个变形监测点。

E.0.2　隧道测点可按图 E.0.2 布置。

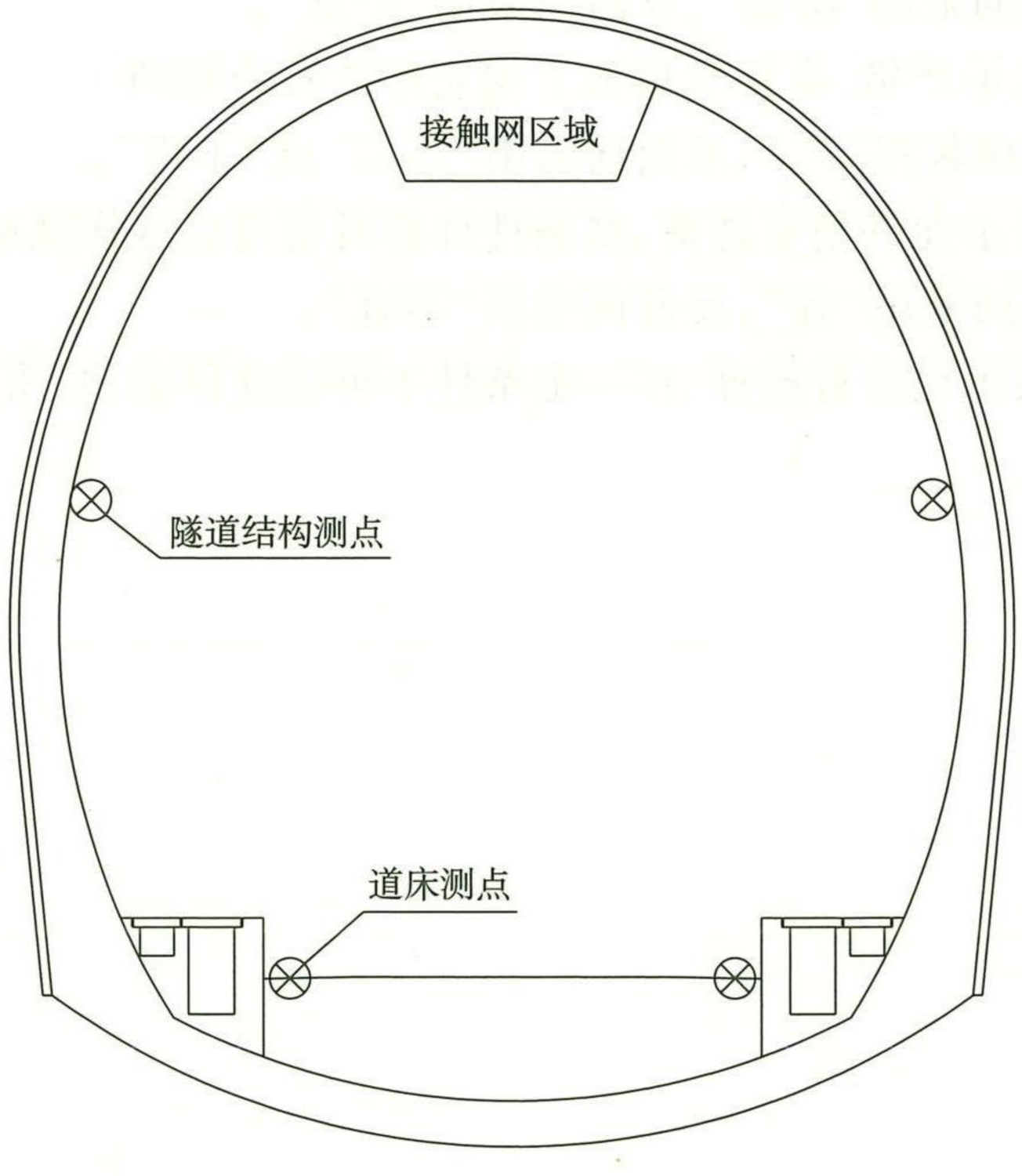


图 E.0.2　隧道断面收敛测点布置示意图

本规程用词说明

执行本规程条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待。

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. 表示允许有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》
条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题以及在执行过程中应注意的事项等予以说明，不具备与正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。为减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

1.0.1 随着我国城镇化的发展和铁路运营里程的增加，邻近铁路营业线施工的数量日益增多，为此铁路运输企业成立了路外工程管理机构。但是，如何判别邻近铁路营业线施工对铁路运营设备设施安全造成的影响，长期缺乏统一的技术标准，而主要依靠《普速铁路线路修理规则》TG/GW 102—2019。该规则没有对监测频率、监测设备、监测预警值、报警值及控制值等进行统一的规定，不利于保证铁路运营设备设施的安全。2018 年 4 月已颁布的《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》TB 10182—2017，首次对下穿工程的监测提出了解决框架，但仍需要在此基础上进一步完善细化。近年来在上海、北京、南昌、武汉等地的铁路运输企业管辖范围内均有大量邻近施工项目成功实施，为总结已有的铁路运营设备设施安全监测经验，制定一套完善的行业技术标准提供了基础条件。

1.0.2 本规程适用于邻近铁路营业线的上跨、下穿及近距离并行等施工，主要包括基坑开挖、路基填筑、隧道掘进（矿山法隧道、盾构法隧道、顶管、非开挖埋管等）、桥梁架设、桩基施工、降水、重型机械作业、临时堆载、河道拓宽及疏浚等施工作业。

1.0.5 本规程仅对常规的人工监测和自动化监测中的全站仪、静力水准装置、电水平尺、卫星定位做出了较为详细的规定。鉴于新

兴监测技术的发展日新月异,本规程鼓励采用适用于邻近施工的新兴监测技术,但需要满足本规程相关的精度要求,采用新技术代替传统技术进行监测时,需要对技术可行性进行专家论证。

1.0.7 监测工作涉及到多门学科,本规程难以全面涵盖工程勘察、测量、结构设计及工务管理等专业的技术要求。本规程未详之处,可以参照相关国家和行业规定执行:《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897—2006、《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898—2009、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911—2013、《工程测量规范》GB 50026—2007、《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》TB 10182—2017、《高速铁路工程测量规范》TB 10601—2009、《铁路工程测量规范》TB 10101—2018、《改建铁路工程测量规范》TB 10105—2009、《高速铁路安全防护设计规范》TB 10671—2019 等。

2.0.10 ~ 2.0.11 在铁路营业线路堤坡脚、路堑坡顶、桥涵(含公铁两用桥)、隧道以及站房等竖向投影的区域聚集着绝大多数涉及运营安全的重要设备设施,这些设备设施变形过大会影响自身功能或造成侵限,因此将此区域统一定义为重点监测区。

在重点监测区以外也存在着一些需要保护的与铁路运营相关的管线、供电塔等设备设施,其中在铁路站场区域较为常见,但保护的重要性有别于重点监测区,因此将此区域定义为一般监测区。

考虑到我国幅员辽阔,各地的工程地质条件和各个铁路运输企业的管理习惯不同,一般监测区的范围由各个邻近施工属地的铁路运输企业划定,当无明确规定时,建议以重点监测区外 30 m 作为一般监测区的范围。

3.0.1 由于铁路运营设备设施种类繁多,很多监测项目需要根据实际情况才能确定监测等级、监测控制值等技术参数。因此,建议在监测之前进行安全评估。本规程主要针对铁路运营设备设施的变形监测制定,根据现行的法律法规,具备工程勘察、测绘以及监测等相关资质的企业可以实施监测。中华人民共和国住房和城乡

建设部颁布的《工程勘察资质标准》(建市〔2013〕9号)和中华人民共和国自然资源部(原国家测绘地理信息局)颁布的《测绘资质分级标准》(国测管发〔2014〕31号)对项目规模、作业限额作出了明确规定。

3.0.2 专项监测方案是邻近施工的重要技术文件,要由监测单位单独制定。监测单位在编制过程中要充分考虑邻近施工特点和铁路运营设备设施管理要求。

3.0.3 监测单位在现场踏勘、资料收集阶段进行的工作包括:获取邻近施工的工程图纸与安全评估报告,了解邻近施工的施工组织设计与工序安排;分析工程水文地质报告,了解软弱地层、粉细砂层、承压水层、断裂带等分布;收集影响范围内的铁路运营设备设施现状等资料,在设计和安全评估单位征询铁路运输企业的保护需求基础上,明确需要监测的对象和变形控制要求;现场确认邻近施工与铁路运营设备设施的空间位置关系,并与铁路运输企业商定监测点的布置方案。

3.0.4 邻近铁路营业线施工对于监测设备的精度和数据采集频率要求较高,因此在监测方案编制过程中需针对监测等级选取合适的监测方法。由于运营线的特殊性,在监测设备超量程后,上线更换作业手续复杂,因此,设备量程要保证一定的冗余。监测设备的选择需考虑野外监测的特殊性,采集设备要考虑监测期限内的可靠性和耐久性,同时监测设备必须保证其工作在检定有效期内,如超期需及时更换。

3.0.5 监测方法要根据设计文件中的监测对象和监测项目进行合理选择,需要进行高频次、实时监测及上线作业困难的监测项目建议首选自动化监测手段。

在选取自动化监测手段时,需充分考虑各种方法的适用条件,如选用电水平尺进行长距离监测时,系统误差会随尺链累加。电水平尺和静力水准装置目前尚无法监测水平位移。

3.0.6 变形监测网的基准点要不受基坑开挖、降水、桩基施工以

及周边环境变化的影响，建议设置在邻近施工影响区范围以外且位置稳定的地方，并至少每月复测一次，并根据稳定性加密复测频率。

变形监测点的具体埋设建议参照《建筑变形测量规范》JGJ 8—2016 中第 5.2.4 条及第 5.3.4 条的相关规定。

3.0.8 线上测点极易被线路和接触网维护作业破坏，在测点埋设后，要及时与相关作业部门进行交底。如存在线路加固作业，在扣轨或便梁架设和拆除作业中，测点需要拆卸和恢复，监测数据也要做好“断链”后的重新采集“链接”工作。

3.0.9 监测结束后，体积较大的抱箍、影响行车安全的棱镜、传感器的导线、仪器设备支架等需要及时拆除并带离监测场地，做到工完料尽场地清，避免影响列车正常运行以及铁路运营设备设施的正常使用。

3.0.10 本规程仅约定了竖向位移的正负号，水平位移建议面向大里程方向向左为正，向右为负，如遇多条线路并存时，以某条线路为基准，统一规定水平位移的方向。对于尚未明确正负号的监测项目，在监测方案中要统一规定，并做到与设计文件一致。

3.0.11 监测方案编制时，需要充分分析工程的风险特点，了解设计文件与营业线相关管理规定，明确监测范围，选定监测方法，绘制测点布置图，根据工作量配备合理的监测人员与监测设备，完善现场的监测管理网络和监测数据采集反馈流程，并估计可能出现的危险工况，建立合理周全的应急预案。

3.0.12 如设计方案出现重大变更，监测方法出现重大调整，则需重新向铁路运输企业报审监测方案；如施工方案出现重大调整，需及时调整监测方案，并请监理单位和设计单位确认。

3.0.13 监测数据的原始资料作为基础的技术资料，要及时存档。测点高程记录、水平位移测量记录、仪器 i 角检定成果及水准点联测记录等需要人工记录的，要誊抄清晰且完备，采用电子仪器测量的原始数据不能人为修改和遗失。自动化监测的数据同样要严格

存档,配套的现场传感器、测点等巡查记录也要完善保管,以备监督检查。

监测值处于0与预警值之间时,监测数据处于“正常状态”;监测值处于预警值与报警值之间时,监测数据处于“预警状态”;监测值处于报警值与控制值之间时,监测数据处于“报警状态”;监测值处于控制值之外时,监测数据处于“超限状态”。

监测单位要根据监测频率准时提供监测报表,定期提供阶段性报告并汇总分析各类监测阶段性监测成果(一般为一周一次),如局部监测点发生异常,则监测快报可以仅限于局部的异常点。

3.0.15 本规程中关于高速铁路及普速铁路的范围界定:高速铁路部分适用于200 km/h及以上的铁路和200 km/h以下仅运行动车组的铁路;200 km/h客货共线铁路也参照高速铁路部分执行,其余均按照普速铁路执行。市域(郊)铁路根据速度等级参照高速铁路或普速铁路标准执行。

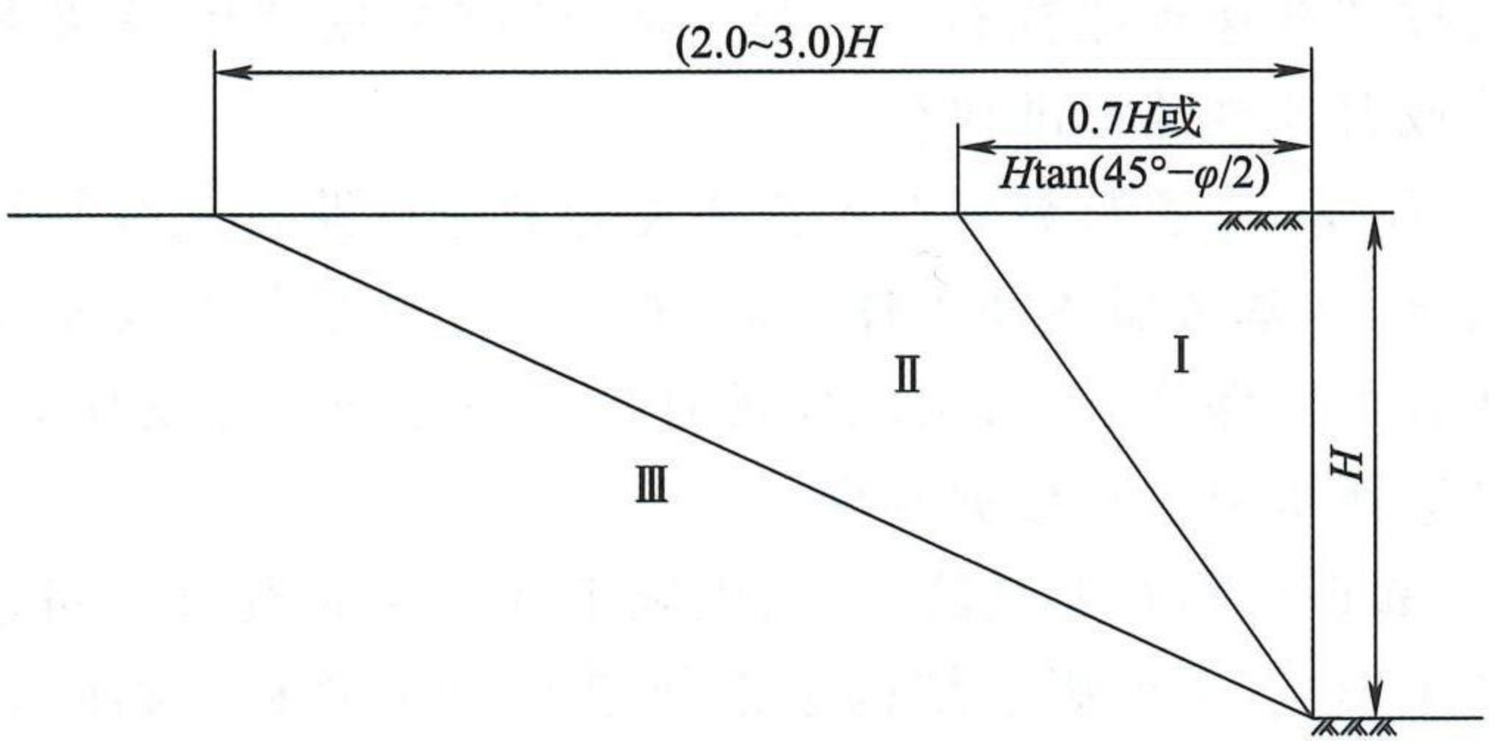
4.1.2 路基、轨道监测测点布置要充分考虑铁路营业线与周边工程的安全,如基坑墙体和土体测斜管布置与铁路营业线安全监测测点布置可以保持一致,出现异常时统一综合分析并发现规律,建议两种监测资料进行数据共享。

4.2.1 邻近铁路营业线施工时,因施工变形会对既有铁路结构的状态产生影响,从而影响结构上部轨道几何尺寸和铁路附属结构功能,根据不同的影响程度,铁路要采取限速或停运等措施。监测项目的选取,要有助于铁路运输企业采取合适的措施。监测数据变化是监测对象状态变化的重要表现形式,选择监测项目时,一般选择能直接反映监测对象的位移、变形或受力状态的项目。参照《运营高速铁路基础变形监测管理办法》TG/GW 260—2015中总则要求,根据邻近铁路区段的种类,本规程表4.2.1要求对路基、桥涵、隧道、站房内的结构和附属结构进行竖向位移监测和水平位移监测。

必测项目为与铁路营业线安全密切相关的项目，选测项目则根据现场实际情况灵活确定。本条文将隧道段隧道结构竖向位移和水平位移规定为必测项目，如设计单位认为必要，对隧道结构收敛也可以给予关注。

考虑到全国范围内地域、施工种类以及需要保护铁路运营设备设施重要程度的差异性，监测项目不仅限于表4.2.1的内容，设计与安全评估单位可以依据实际情况对选测内容进行调整。

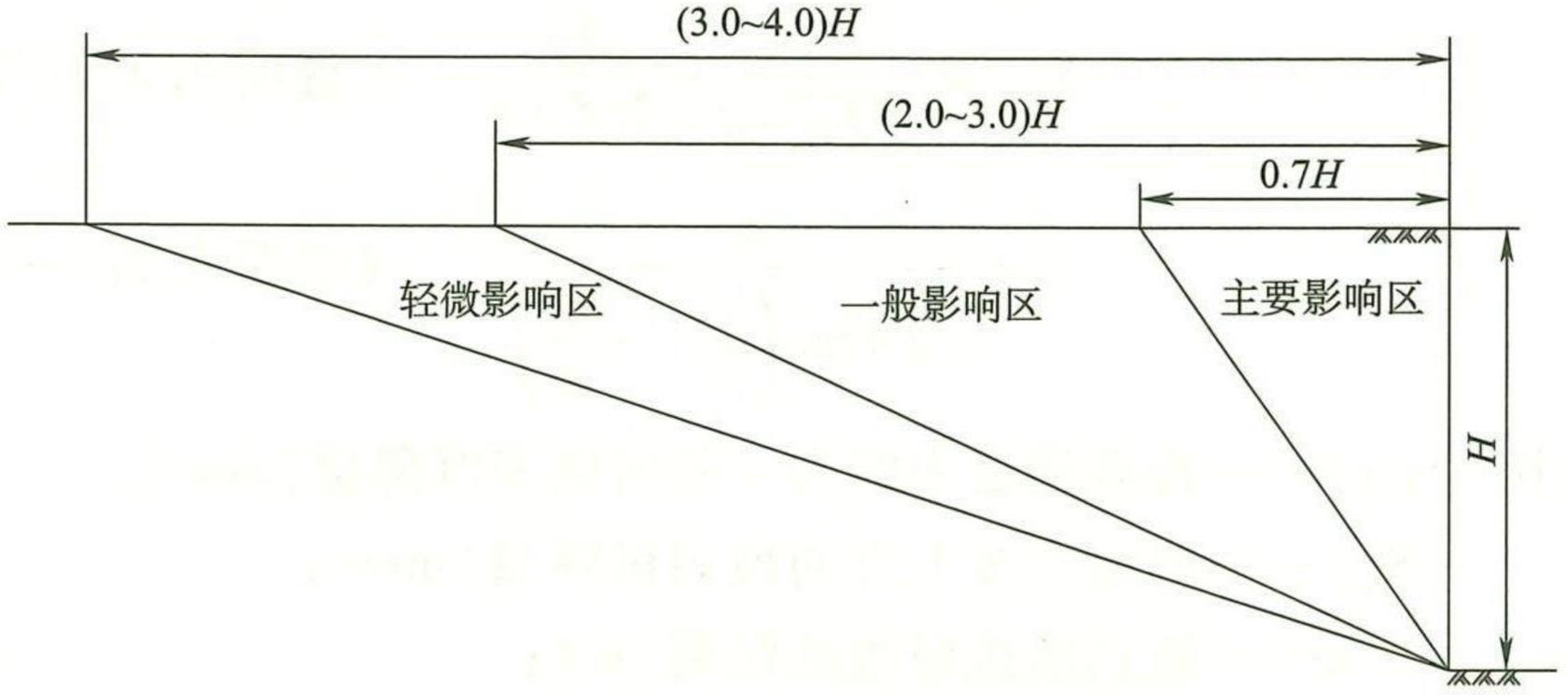
4.2.2 在《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911—2013中，按照与基坑边缘距离的不同，将影响区划分为主要影响区、次要影响区和可能影响区，划分标准依据基坑设计深度。主要影响区、次要影响区和可能影响区以 $0.7H$ 或 $H\tan(45° - \varphi/2)$ 和 $(2.0 \sim 3.0)H$ 作为分界点，影响区分别用符号Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ表示，具体划分参考说明图4.2.2—1。



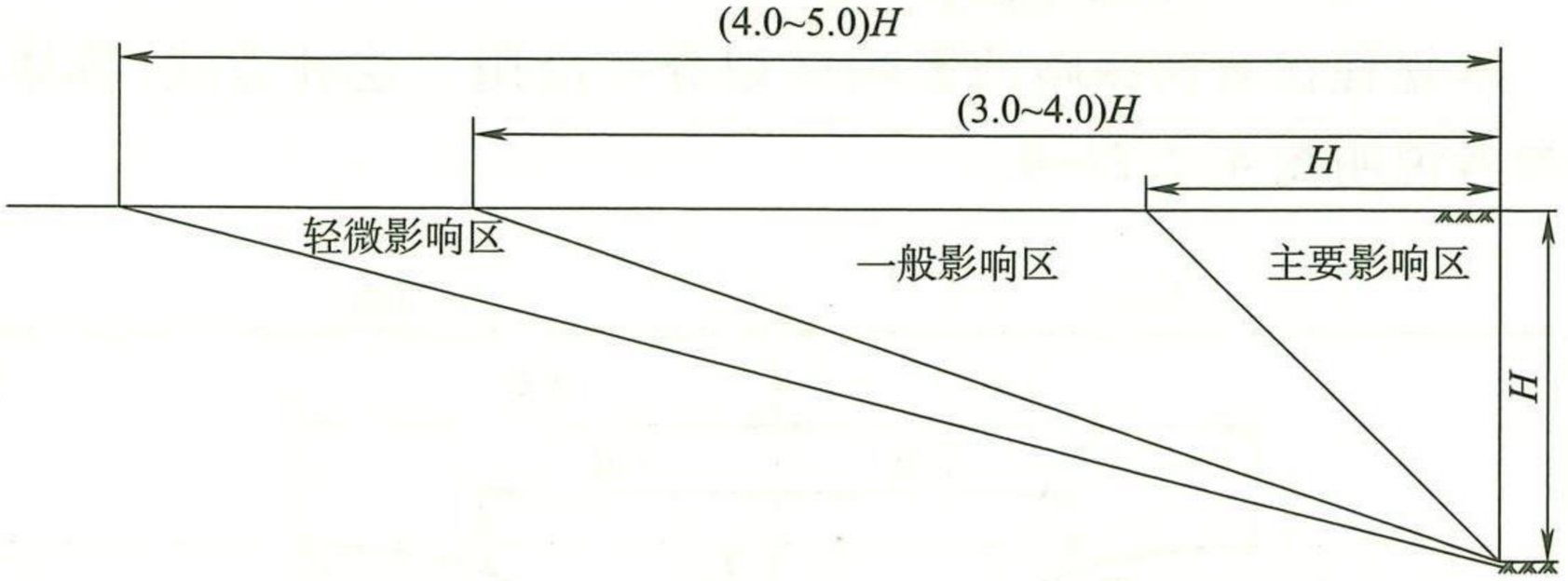
说明图4.2.2—1　现行规定中的影响区划分

参照上述规范及目前的工程经验和相关研究成果，本标准通过主要影响区、一般影响区和轻微影响区对邻近施工影响的区域范围进行划分，同时与铁路等级共同决定邻近铁路营业线施工监测等级，并结合本工程所处的地质条件、环境情况进行修正。对于普速铁路，主要影响区、一般影响区和轻微影响区以 $0.7H$、$(2.0 \sim 3.0)H$ 和 $(3.0 \sim 4.0)H$ 为分界点，具体划分参考说明

图 4.2.2—2。对于高速铁路，主要影响区、一般影响区和轻微影响区以 H、(3.0～4.0)H 和(4.0～5.0)H 为分界点，具体划分参考说明图 4.2.2—3。



说明图 4.2.2—2　普速铁路基坑工程影响分区



说明图 4.2.2—3　高速铁路基坑工程影响分区

以往的邻近施工基坑工程大多与营业线不相交，即与营业线存在一定距离。但目前国内较多的 U 形槽下穿高速铁路桥梁工程会与铁路营业线（投影）相交，影响区的划分根据营业线墩台与 U 形槽边缘的距离进行确定。

在《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911—2013 对于施工横向影响范围的规定中，根据相关研究成果，结合城市轨道交通隧道工程的特点，采用应用范围较广的隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式预测的方式，划分隧道工程的不同影响区域。主要影响

区、一般影响区和轻微影响区以 Peck 曲线的反弯点 i 和 2.5 倍 i 作为分界点。隧道地表沉降曲线 Peck 公式表示如下：

$$S(x) = S_{max} \cdot e^{-\frac{x^2}{2 \cdot i^2}} \qquad \text{（说明 4.2.2—1）}$$

$$S_{max} = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi} \cdot i} \approx \frac{V_s}{2.5 \cdot i} \qquad \text{（说明 4.2.2—2）}$$

$$i = \frac{z_0}{\sqrt{2\pi}\tan\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)} \qquad \text{（说明 4.2.2—3）}$$

式中 $S(x)$——距离隧道中线为 x 处的地表沉降量(mm)；

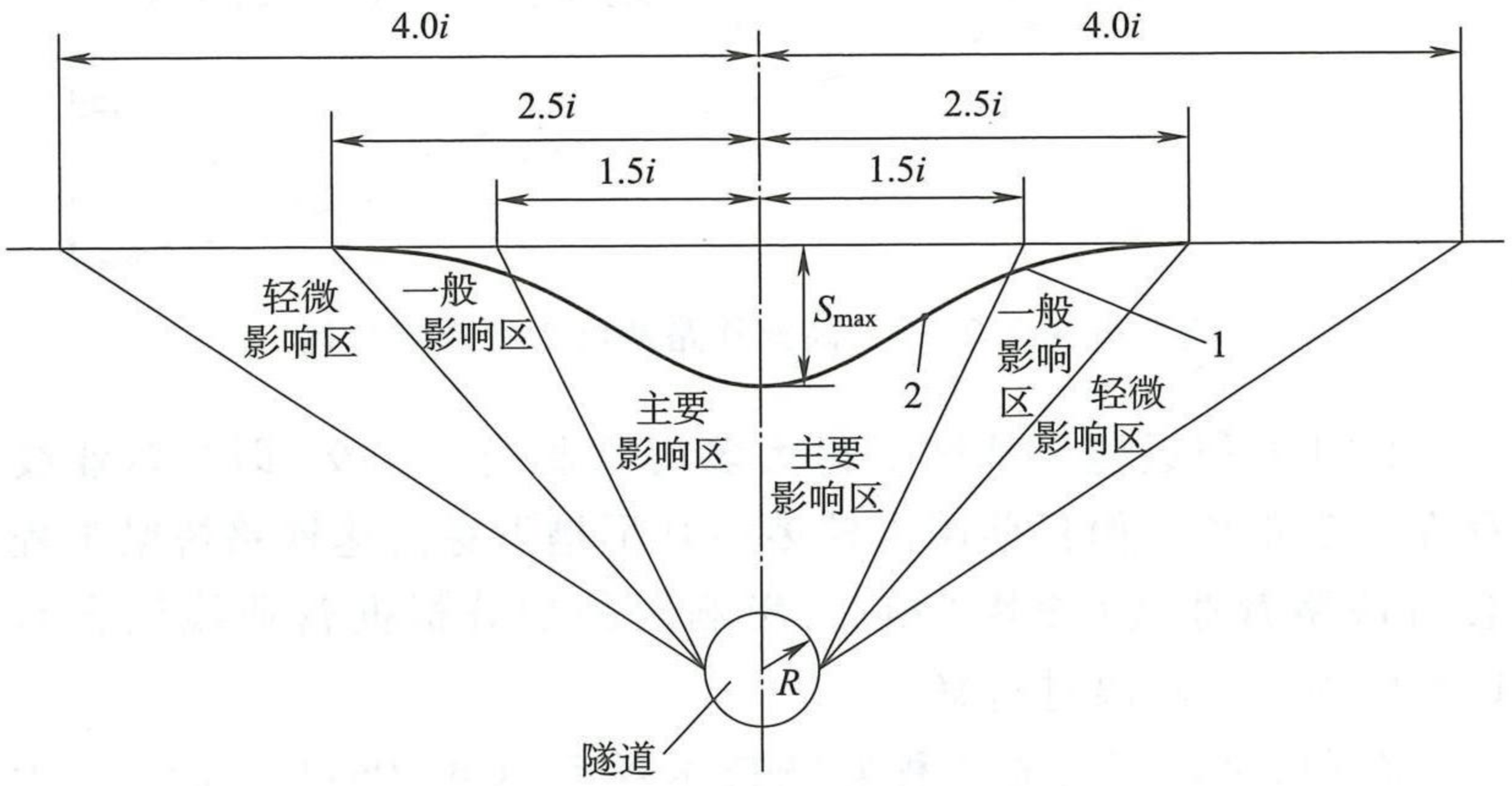
S_{max}——隧道中线上方的地表沉降量(mm)；

x——距离隧道中线的距离(m)；

V_s——沉降槽面积(m^2)；

z_0——隧道埋深(m)；

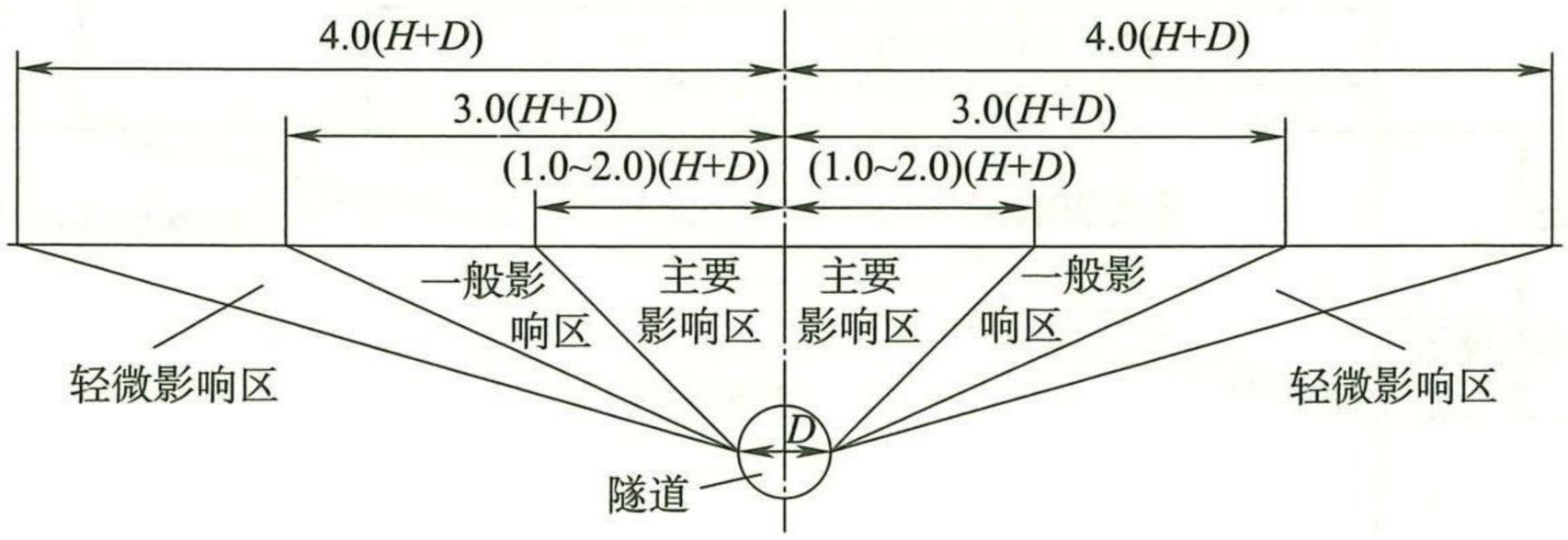
本规程在普速铁路的影响区划分中沿用了这种方式，具体划分参考说明图 4.2.2—4。



说明图 4.2.2—4　普速铁路隧道工程横向影响分区

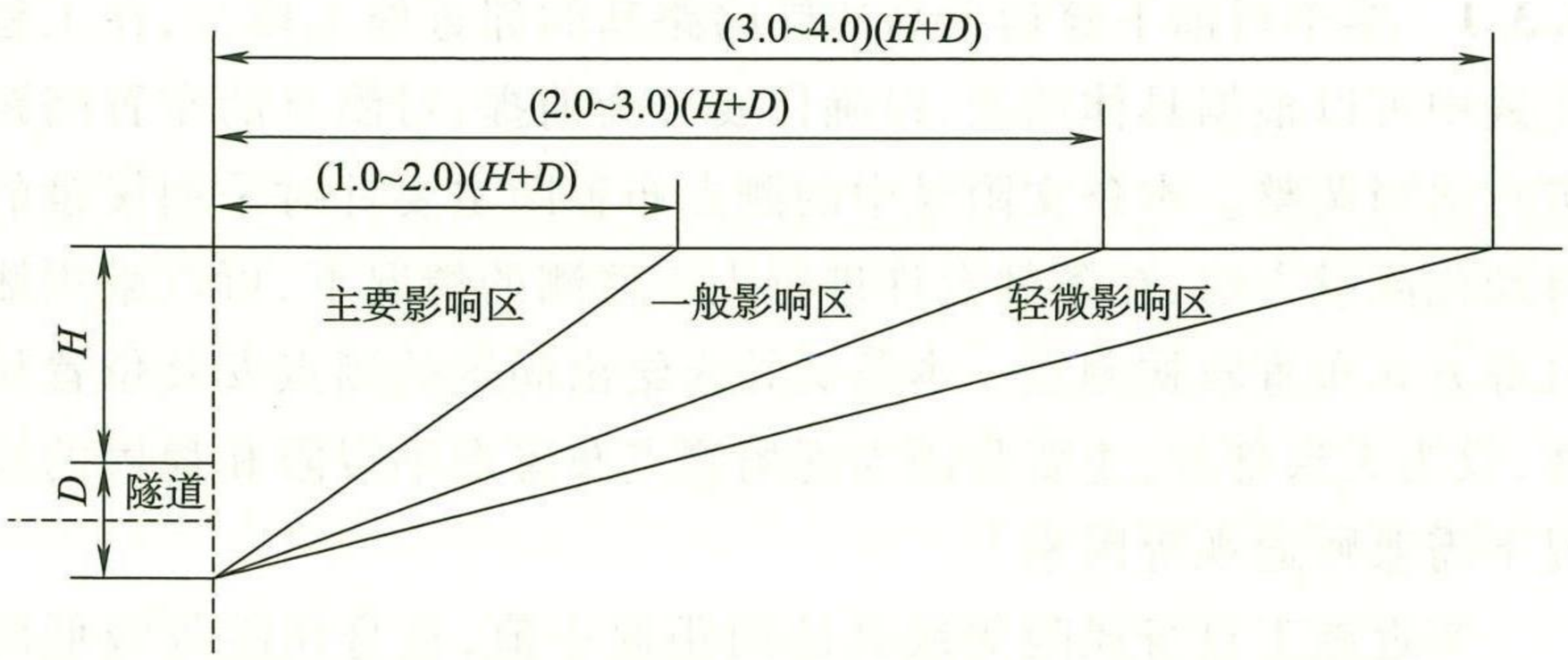
1—沉降曲线；2—反弯点

但是在高速铁路的监测实践中，发现由于控制变形的幅值很小，沉降断面曲线与 Peck 曲线的契合程度可能不高，为了保障铁路营业线安全，以埋深和隧道直径作为范围划分的主要技术参数，具体划分参考说明图 4.2.2—5。



说明图 4.2.2—5　高速铁路隧道工程横向影响分区

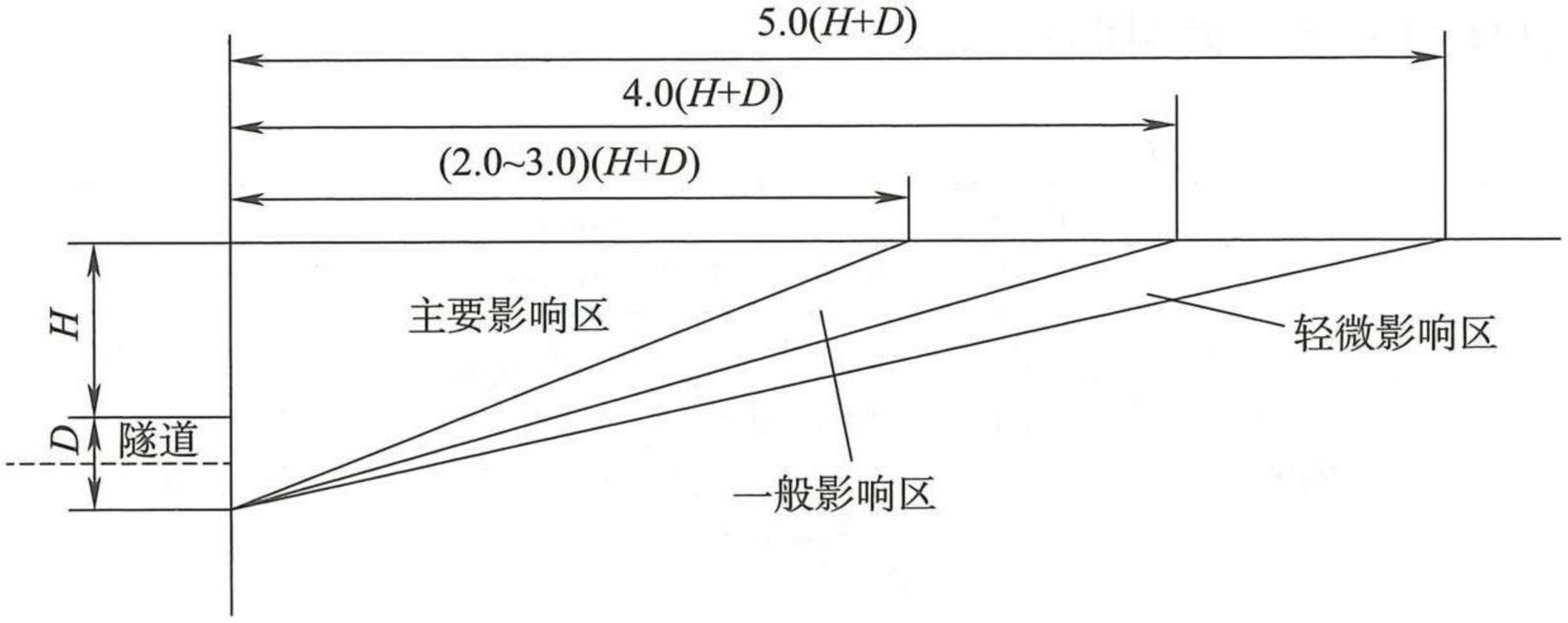
隧道的纵向影响范围根据目前工程经验和相关研究成果，按照与隧道施工面的距离划分为主要影响区、一般影响区和轻微影响区。对于普速铁路，主要影响区、一般影响区和轻微影响区以 $(1.0\sim2.0)(H+D)$、$(2.0\sim3.0)(H+D)$ 和 $(3.0\sim4.0)(H+D)$ 为分界点，具体划分参考说明图 4.2.2—6。



说明图 4.2.2—6　普速铁路隧道工程纵向影响分区

对于高速铁路，主要影响区、一般影响区和轻微影响区以

(2.0～3.0)($H+D$)、4.0($H+D$)和5.0($H+D$)为分界点，具体划分参考说明图4.2.2—7。

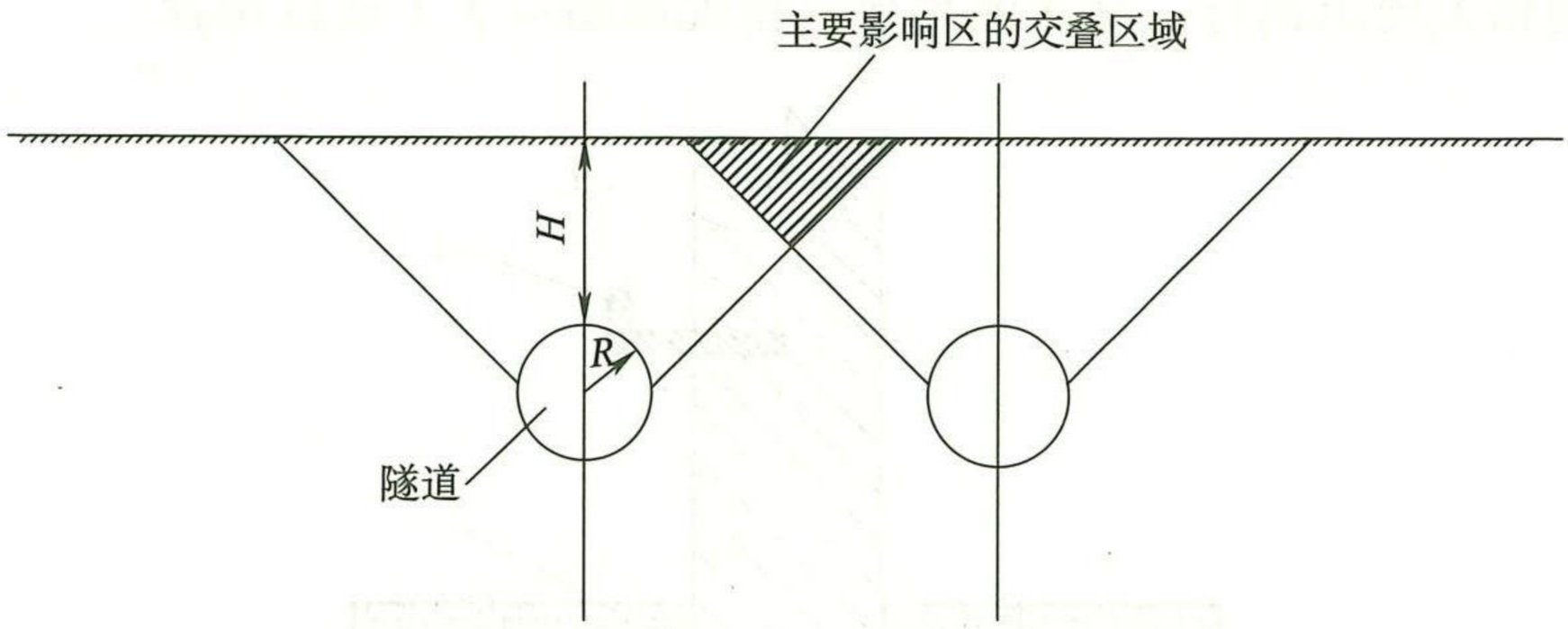


说明图4.2.2—7　高速铁路隧道工程纵向影响分区

存在粉砂层地层、淤泥质地层下卧层、高承压水、断层及断裂带等复杂地质情况的邻近施工，对营业线造成的影响范围可以根据设计或安全评估进行确定；对于大面积降水及桩基施工等，由于施工参数和成桩工艺不同，影响范围也有所不同，因此可以结合安全评估或设计进行确定。

4.3.1　鉴于目前下穿运营高速铁路路基的邻近施工极少，在工程实践中可以根据具体情况，以确保安全为前提，对测点的布置间距进行适当调整。本条文附录中的测点布置图主要针对采用棱镜的自动化测量方法，在条件允许进行人工监测的情况下，可以采用测钉等方式布置轨枕测点。本条文并未给出固定的测点安装位置尺寸，仅为大致部位，主要是因为现场测点布置在不侵限和稳固的情况下需兼顾通视等因素。

邻近施工自身风险等级高的间距取小值，自身风险等级低的间距取大值。例如，当两条盾构先后穿越铁路营业线时，两盾构间土层属于主要影响区叠加位置，如说明图4.3.1所示，测点间距取小值。



说明图 4.3.1　主要影响区的交叠区域

4.3.2　路基测点要保证稳固且与路基表层变形一致，鉴于我国若干地区存在季节性冻土，而监测更多关注路基表层及线路的变形情况，因此除设计特殊要求外，测点埋设可以不穿透冻土层。铁路营业线路基段路肩和路基坡脚附近往往密布各种线缆，在布置测点时要主动避让。

4.3.3　桥梁段轨道变形较难监测，考虑到墩台的刚度较大，用墩台的变形监测来替代桥梁上方轨道的位移监测。

监测点的布置要结合梁体形式、环境影响因素及监测设备安装方式等进行选择，为反映墩台多个方向的倾斜和沉降，每个墩台布置的监测点不少于 4 个，监测点可以利用铁路运营设备设施长期变形监测点。

4.3.4　由于隧道拱顶监测点的安装较为困难，因此重点关注拱腰部位及拱底部位的变形，鉴于目前铁路隧道多为矿山法施工，因此本条规定主要针对采用矿山法进行施工的铁路隧道。在隧道段每个监测断面的 4 个监测点中，上部两个监测点为结构变形监测点，下部两个监测点为轨道变形监测点。当关注断面的收敛情况时，可以利用拱腰的水平位移计算。

4.3.5　站房变形的监测技术要求可以参照《建筑变形测量规范》JGJ 8—2016、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911—2013

位移监测、地下管线监测、土体变形监测等根据项目监测方案专家评审会的建议设定。对受力敏感的特殊构筑物(比如旅客地道、系杆拱桥)可由设计单位根据检算结果提出相应的监测项目建议。

5.1.1～5.1.3 在《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》TB 10182—2017 的第 11.0.4 条中规定了下穿高速铁路桥梁的监测精度要求,见说明表 5.1.1—1。

说明表 5.1.1—1 下穿高速铁路桥梁的监测精度要求

垂直位移测量		水平位移观测
变形观测点的高程中误差(mm)	相邻变形观测点的高程中误差(mm)	变形观测点的点位中误差(mm)
0.5	0.3	1.5

在《建筑变形测量规范》JGJ 8—2016 的第 3.2.2 条中规定了建筑变形的等级、精度指标等,见说明表 5.1.1—2。

说明表 5.1.1—2 建筑变形的等级、精度指标及适用范围

等级	沉降监测点测站高差中误差(mm)	位移监测点坐标中误差(mm)	主要适用范围
特等	0.05	0.3	特高精度要求的变形测量
一等	0.15	1.0	地基基础设计为甲级的建筑的变形测量;重要的古建筑、历史建筑的变形测量;重要的城市基础设施的变形测量等
二等	0.5	3.0	地基基础设计为甲、乙级的建筑的变形测量;重要场地的边坡监测;重要的基坑监测;重要管线的变形测量;地下工程施工及运营中的变形测量;重要的城市基础设施的变形测量等
三等	1.5	10.0	地基基础设计为乙、丙级的建筑的变形测量;一般场地的边坡监测;一般的基坑监测;地表、道路及一般管线的变形测量;一般的城市基础设施的变形测量;日照变形测量;风振变形测量等

续说明表 5.1.1—2

等级	沉降监测点测站高差中误差(mm)	位移监测点坐标中误差(mm)	主要适用范围
四等	3.0	20.0	精度要求低的变形测量

注:1 沉降监测点测站高差中误差:对水准测量,为其测站高差中误差;对静力水准测量、三角高程测量,为相邻沉降监测点间等价的高差中误差。

2 位移监测点坐标中误差:指的是监测点相对于基准点或工作基点的坐标中误差、监测点相对于基准线的偏差中误差、建筑上某点相对于其底部对应点的水平位移分量中误差等。坐标中误差为其点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 倍。

为了满足邻近施工的监测精度要求,兼顾野外条件下传感器的采样精度以及现有监测设备的精度,同时考虑到列车行车干扰以及野外条件下的昼夜温湿度变化影响,在《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》TB 10182—2017 的相关条文基础上参照《建筑变形测量规范》JGJ 8—2016,根据不同的监测等级细化了相应的高差及坐标中误差要求,同时对监测点初始值采集的次数也做了详细规定。

5.2.1 竖向位移监测方法可以采用传统的水准测量方法、全站仪三角高程测量方法或其他测量方法,但测量方法和测量精度要经过实际验证,满足监测点高差中误差的精度要求。

5.2.2 监测网布置成闭合路线、附合路线,为了形成检核条件,确保监测数据的准确性,本规程第 3.0.6 条规定,每个独立的监测网设置不少于 3 个基准点。为了检查基准点的稳定性和兼容性,需定期检测更新,避免因基准不稳定造成整个监测数据精度不满足设计要求。

5.2.3 水准仪 i 角对监测精度影响很大,限值参照《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897—2006 和《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898—2009 中规定要求。采用三角高程测量时,要采用 0.5″或 1″级的全站仪和特制觇牌,用中间设站、不量仪器高的前后视观测方法,目的是消除量高误差对监测精度的影响。

5.3.1 特定方向的水平位移监测方法,参照《城市轨道交通工程

监测技术规范》GB 50911—2013 中相关方法。

5.3.2 测定任意方向的水平位移监测方法,参照《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911—2013 和《工程测量规范》GB 50026—2007 中相关要求和方法。

5.3.3 采用单一测量手段受到作业场地环境限制无法满足监测要求时,可以采用多种方法相结合的综合监测方法,但综合监测方法要经过方案设计和精度分析,满足监测精度要求。

5.3.4 水平位移监测基准点间及基准点与设站点间的边长较短,采用强制对中装置的观测墩可以有效降低对中整平、量高及三脚架不稳定等影响,提高监测精度。

5.3.5 水平位移监测网坐标系可以采用独立坐标系,也可以采用满足精度要求的既有工程坐标系。一次布网和测量的目的是消除监测网不同期测量引起的监测数据差异,定期复测是为了解决基准随着时间变化,精度不满足监测要求的问题。

5.3.6 测角、测边水平位移监测网可以布置成边角网的形式,布置为近似等边三角形网,以保证边角网图形强度。三角形长短边边长不可悬殊过大,并要合理配置测角和测距的精度,发挥测角和测边精度的互补特性。

5.4.1 倾斜监测内容根据设计文件和铁路运输企业的相关规定及需求来确定,一般为接触网支柱、高架墩柱台、站房和雨柱棚等,还可以包括信号机柱、围墙等细高设备或结构物。倾斜测量常用的监测方法有投点法、全站仪坐标法和差异竖向位移法等,具体应用时,要根据监测项目的特点、精度要求、现场的观测条件及监测的安全性等综合选用。

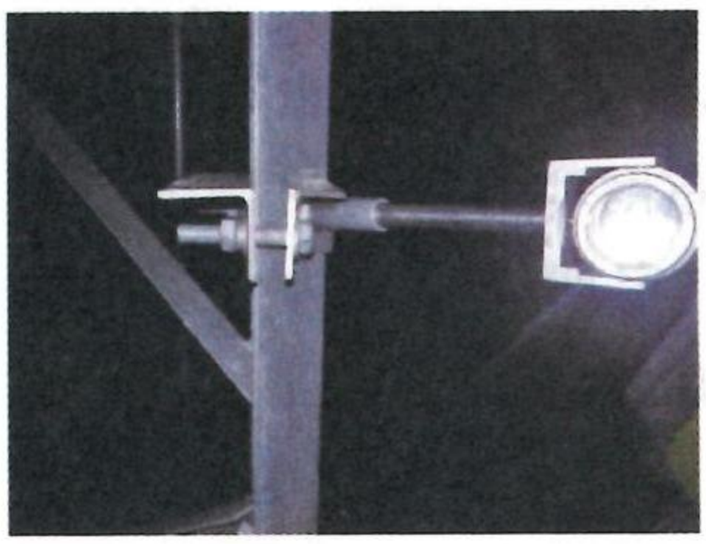
5.4.2 投点法为一种传统的倾斜观测方法,适用于每个测站观测一个倾斜方向的偏移量。当被测构筑物具有明显的外部特征点和宽阔的观测场地时,可以采用投点法,测出每对上部和底部观测点之间水平位移分量,再按照矢量计算方法求得倾斜量和倾斜方向。

5.4.3 全站仪坐标法的优势在于设站灵活,能在同一测站对监测

对象在两个正交方向的倾斜偏移量进行观测，且一个测站可以同时观测多个目标。

观测标志的选用要考虑精度要求，同时要充分考虑其安全性，尤其是高速铁路，埋设位置、规格和高度等要满足铁路运输企业的相关规定和要求。

如接触网支柱倾斜监测点一般采用抱箍的方式进行设置，设置方式如说明图 5.4.3—1 ~ 说明图 5.4.3—3 所示，若抱箍设置有困难，可以采用贴片的方式设置监测点，如说明图 5.4.3—4 所示。



说明图 5.4.3—1　塔式杆抱箍现场示意图



说明图 5.4.3—2　片式杆抱箍现场示意图



说明图 5.4.3—3　柱式杆抱箍现场示意图



说明图 5.4.3—4　接触网支柱贴片现场示意图

5.4.4 当构筑物的整体刚度较好时,可以采用差异竖向位移法进行倾斜观测。

5.5.1 工程施工前对周边环境监测对象的裂缝情况进行现状普查是非常重要的一项工作。通过裂缝现状普查,一方面能够对周边环境对象的裂缝情况了解和掌握,选择其中部分重要的裂缝进行监测,另一方面也为解决后续施工过程中的工程纠纷提供资料依据。

裂缝的位置、走向、长度、宽度是裂缝监测的4个要素,裂缝深度测量由于手段较为复杂、精度较低,并且可能需要对裂缝表面进行开凿,因此只有在特殊要求时才进行监测。

5.5.2 因同一条裂缝不同位置宽度不尽相同,首先要在现场标出监测具体位置,每次监测都在相同位置,确保数据监测准确性。因不同走向的裂缝对于监测结构的影响不同,所以要测定裂缝走向,便于后续对结构安全的分析判断。

(1)位置:一般现场根据公里标,通过距离测量确定裂缝的里程。

(2)走向:用量角器或罗盘在裂缝起始端处测量,裂缝起始端和终端的连线与隧道纵轴线平行线的夹角,从道路轴线处面向墙面观察,仰角为正,俯角为负。

(3)长度:用钢卷尺测量,裂缝起始端到终端的距离。

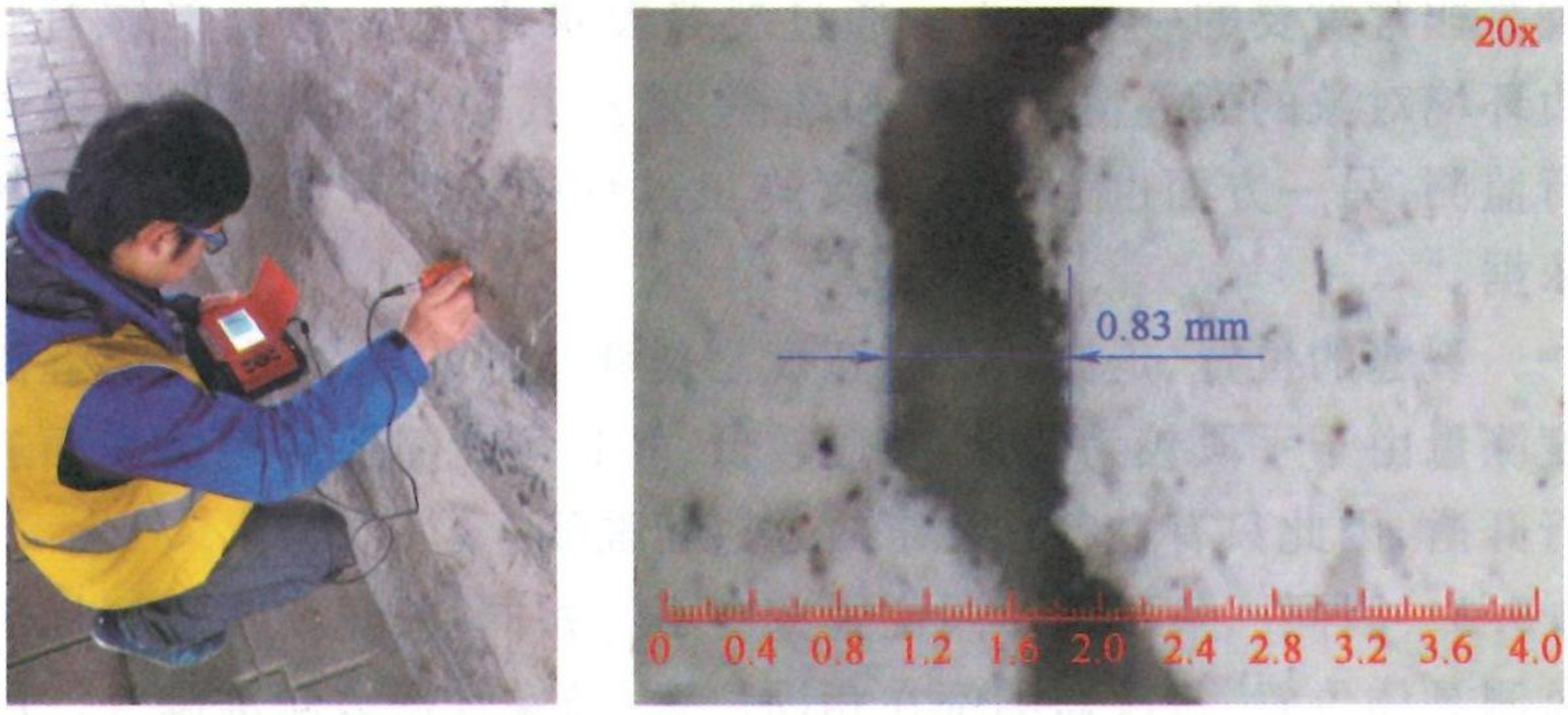
(4)宽度:用游标卡尺或裂缝计测量。

(5)形态:系指裂缝展布状态,可用如下术语描述:①平直:裂缝基本呈一条直线;②起伏:裂缝总体上呈一条直线,细部有弯曲起伏;③弧形:裂缝呈弧形;④分叉:裂缝从某一处向多于一个方向发展。

(6)裂缝发展状况要按照实际情况描绘在素描底图相应位置,对于裂缝发展较多、较密集的地方,可以进行拍照,并在素描底图中标注上该处的照片编号。

5.5.3 满足监测精度要求的监测方法均可以采用。对细小裂缝

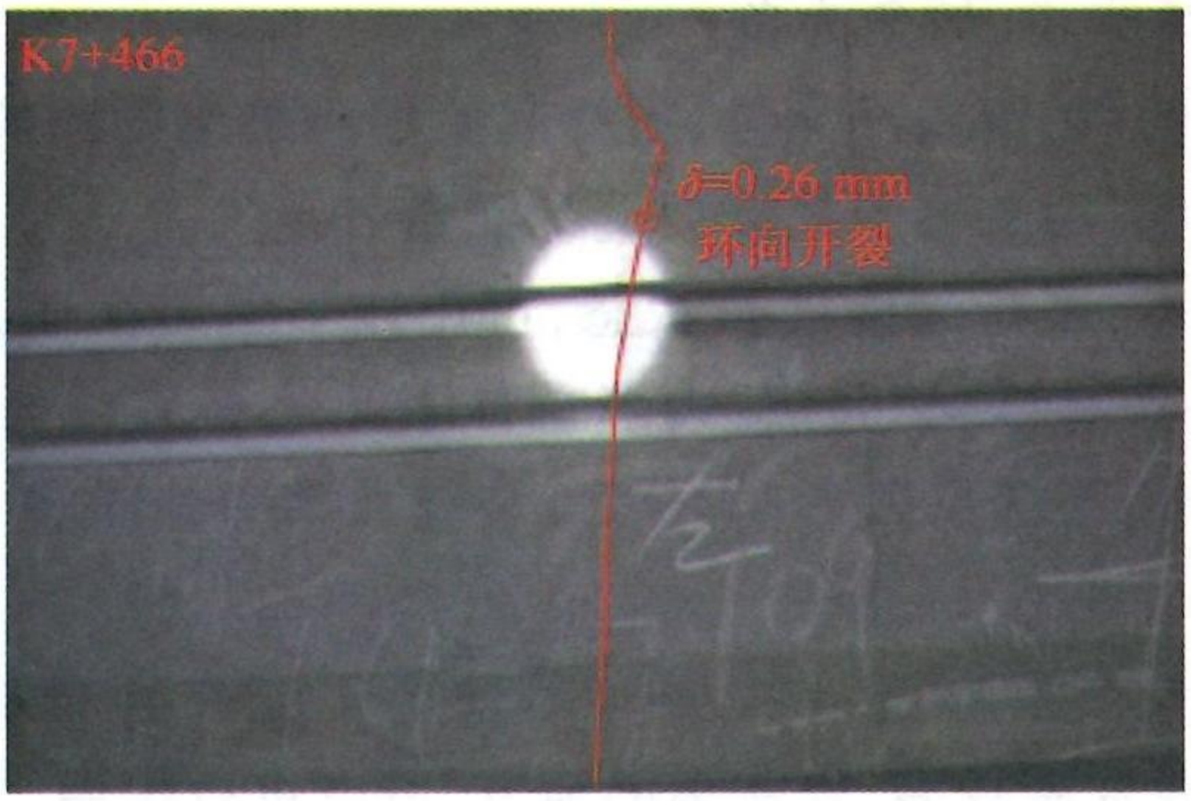
可以采用智能裂缝测宽仪进行自动测量，测量时程序自动扫描捕获裂缝并在显示屏上实时显示裂缝的宽度数值，如说明图 5.5.3 所示。



说明图 5.5.3　裂缝测量示意图

5.5.4　裂缝监测标志测量端面或中心的位置要精确明晰。

5.5.5　裂缝每期监测时，均要留下记录和影像资料，为后续数据分析和报告编写提供基础资料。现场照片如说明图 5.5.5 所示。



说明图　5.5.5



说明图 5.5.5　裂缝现场照片(初始状态调查)

5.5.7　采用传感器自动采集裂缝数据时,需与人工监测数据对比,以校核自动化数据的准确性。

5.5.8　当裂缝变化速率快速增大时,人工监测已无法满足监测频率要求,要实时自动化监测,及时准确获取裂缝的变化情况和发展趋势。裂缝自动化监测现场图如说明图 5.5.8 所示。

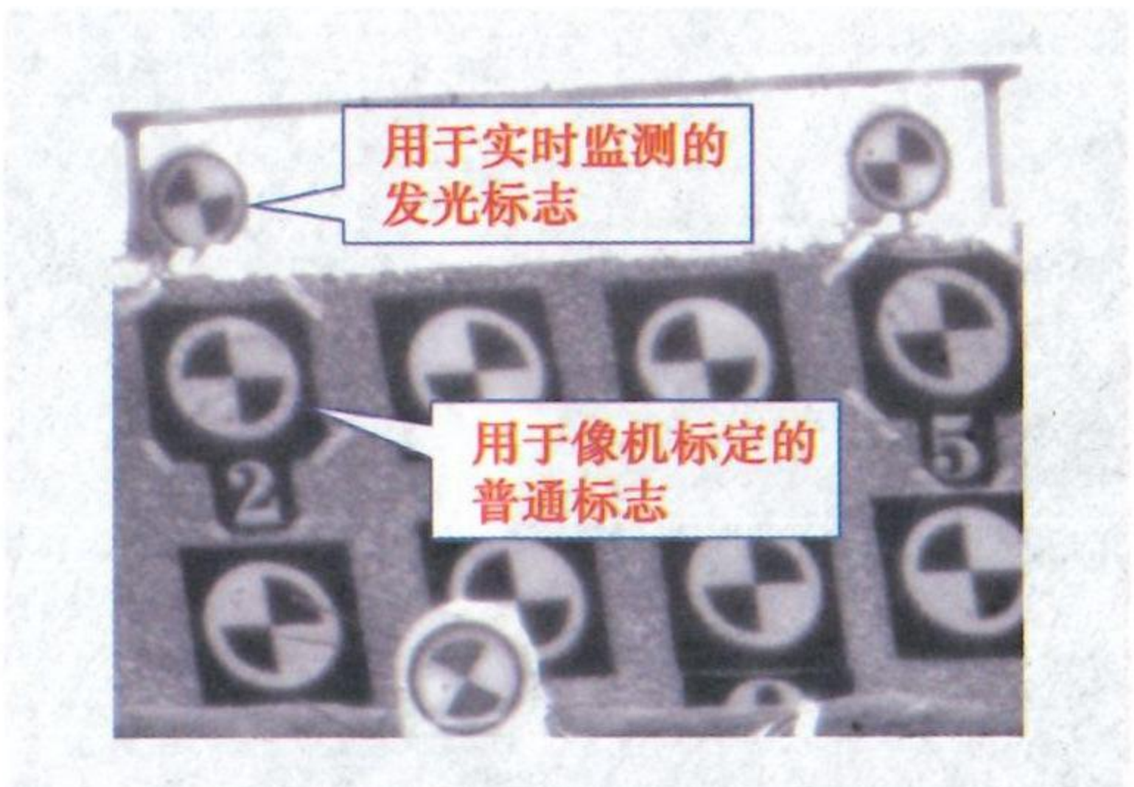


说明图 5.5.8　裂缝自动化监测现场图

6.1.1 邻近施工作业的自动化测量系统的选择要根据工程结构、地形地质条件、现场使用环境、工程技术等级选择，符合铁路运输企业的有关规定。系统现场施工需安装便捷，便于维护和二次校准，且不干扰施工和交通，可实现远程监测与管理，技术参数稳定，经济指标优异。由于电水平尺耐久性较差且易被干扰，原则上电水平尺不能用于高铁监测。

邻近铁路营业线监测领域的新技术发展迅速，深圳大学引入视频摄像技术形成了静动态亚毫米级变形自校准摄像监测方法，并应用于上海机场联络线邻近高铁施工的实时监测。

监测过程中选用红外发光标志作为永久性合作标志以保障夜间成像质量，在红外发光标志周围临时粘贴普通标志以标定像机，如说明图 6.1.1—1 所示，并在受施工影响较小的远处区域及待测目标点处分别布置后视不动点和前视测量点。像机标定首先通过全站仪和像机分别获取合作标志的三维坐标和控制点的像点坐标，再根据上述坐标利用光束法平差进行像机内外参数的优化求解。

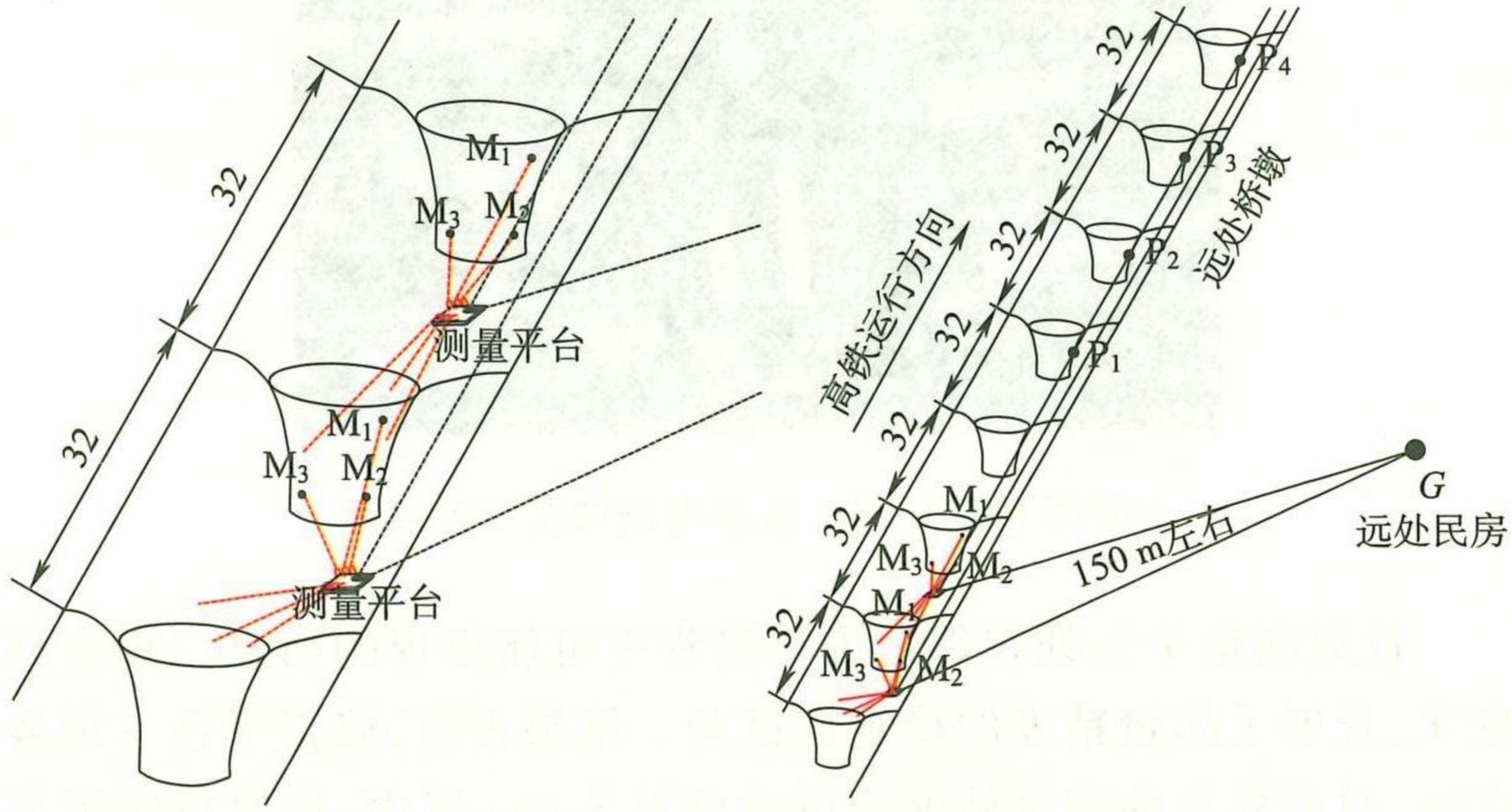


说明图 6.1.1—1　红外发光标志与普通标志

采用两步 Newton-Raphson（NR）迭代算法改进数字图像相关（DIC）技术以实现对旋转运动标志点的稳定跟踪提取，进而基于后视校准像机视场内三个以上基准点和摄像测量原理，计算出测

量平台抖动量并进行目标点的位移修正。

上海机场联络线邻近高铁施工监测的测点布置如说明图6.1.1—2所示，监测现场的像机安置如说明图6.1.1—3所示。



说明图6.1.1—2　监测系统与待测桥墩间的位置关系图(单位:m)



说明图　6.1.1—3

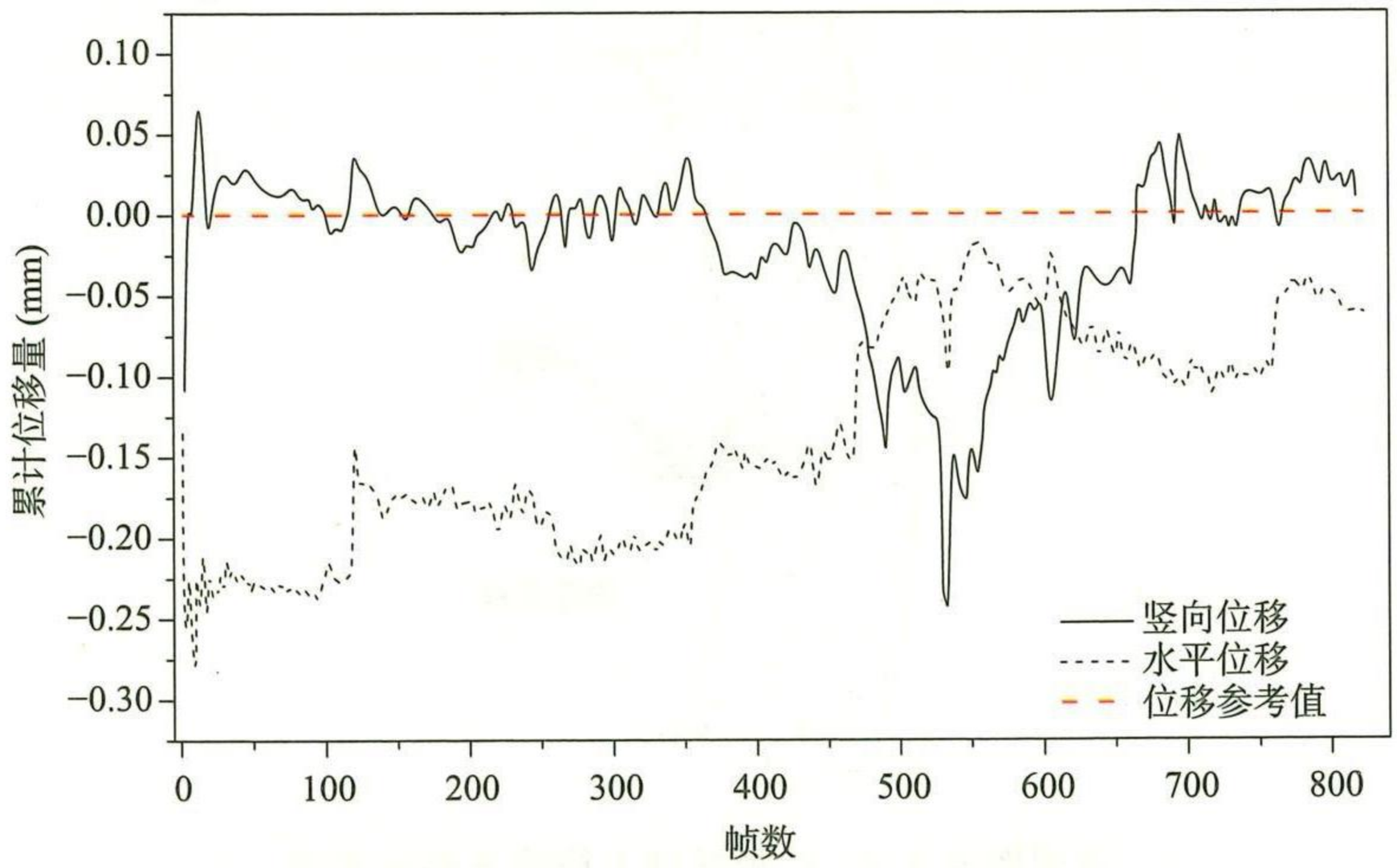


说明图 6.1.1—3　监测现场像机安置照片

针对测量平台处在邻近施工过程中可能出现的明显三维姿态变化,开展了测量精度的稳定性试验。结果表明,修正平台三维姿态后,对目标点的测量精度均可达到 0.8 mm 以内;针对桥墩可能会发生水平和(或)竖向的位移变化,试验结果表明,在桥墩发生位移变化后,测量精度均可达到 0.6 mm 以内;此外,在中午大气抖动及温度的影响最为显著的环境下,该监测系统通过消除大气抖动及温度的影响之后,测量精度可达到 0.6 mm 以内。经长时间测量工况下的综合试验验证,结果如说明图 6.1.1—4 所示,测量精度可达到 0.3 mm 以内,试验精度满足一等测量等级的相关要求。

6.1.2　自动化监测系统配设一个独立的工控采集模组、传输模组和供电模块组。自动化监测系统在极限工作温度时也要满足设计要求,工作温度和使用寿命、工作性能都需符合工程监测要求。

6.1.3　自动化监测系统监测频率要满足工程监测需求,并结合工程本身,分阶段制定合理的监测频率;在工程现场发生变化后根据变形值和变形速率作出调整。



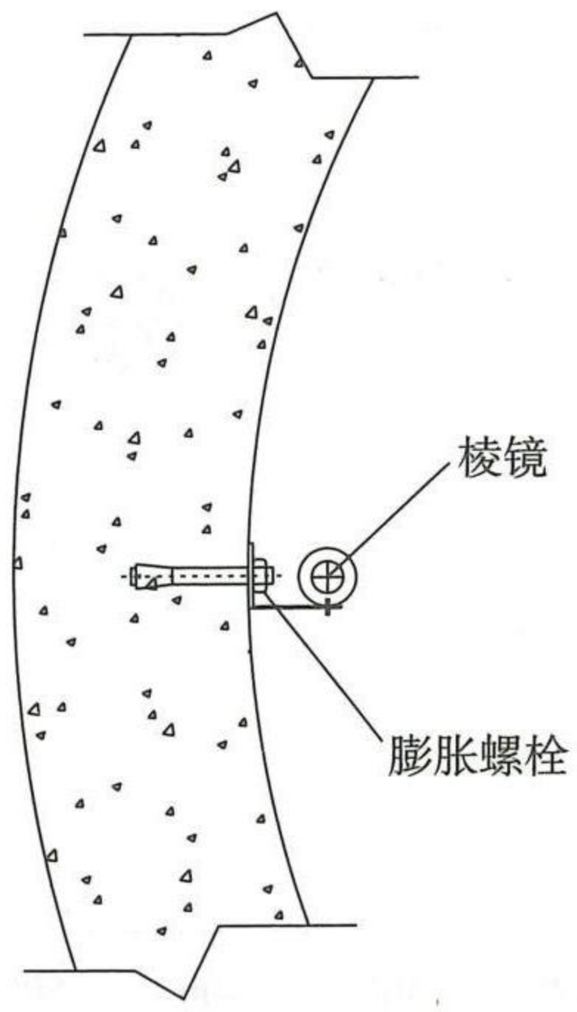
说明图 6.1.1—4　某桥墩像机视场内目标点长时间监测结果

6.1.5　自动化监测系统在列车运行期间结构稳定性要能达到轨旁设备的安全要求，且满足铁路建筑物限界要求，不能影响列车运营安全。对自动化监测系统的元件和导线做好保护工作，标识准确、安装稳固，以避免受到施工机械碰撞等人为因素的破坏。

6.1.6　考虑到自动化监测多为针对监测等级较高的监测项目，对于设备的稳定性要求较高，同时监测数据获取相对人工监测较为便捷，因此初始值采集要求不少于 10 次，且在三天内集中完成。

6.2.2　使用全站仪监测系统时，原则上在后视基准点安装棱镜，精度高且安装牢固，以某隧道监测为例，大棱镜安装时采用直径 12 mm 的膨胀螺栓，固定于隧道侧壁，安装时采用冲击钻，钻孔深度约 60 mm ~ 80 mm，L 型小棱镜安装时采用直径 8 mm 的膨胀螺栓，安装时采用冲击钻，钻孔深度约 30 mm ~ 50 mm，说明图 6.2.2 为后视基准点棱镜安装示意图。

6.2.3　不同时间段的气象指标如温度、湿度和气压变化时，所监测的对象变形量值存在一定差异。因此，在使用全站仪进行自动

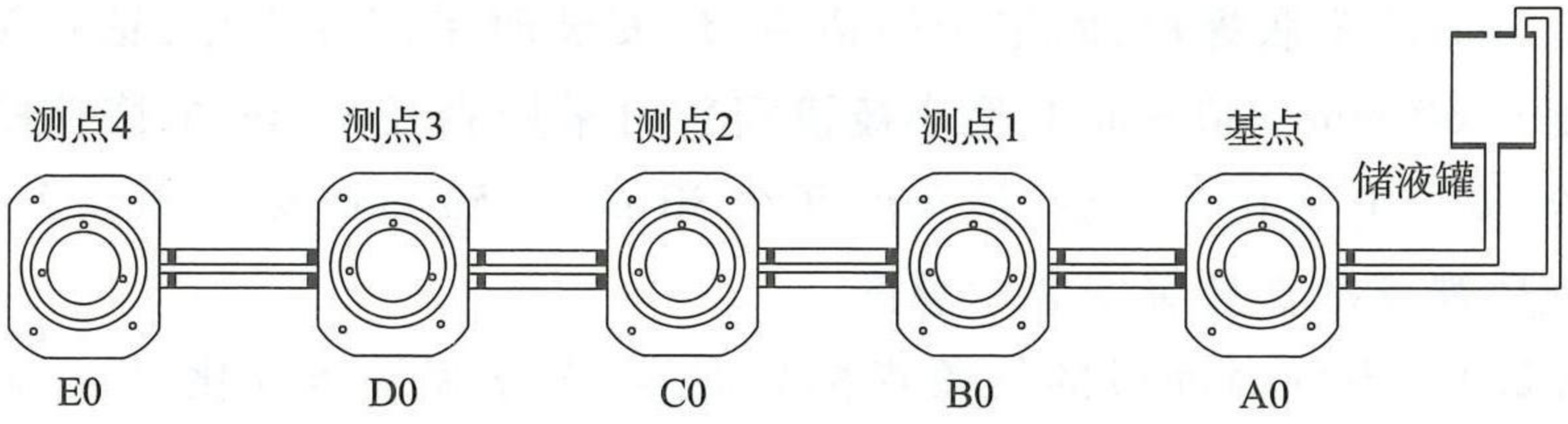


说明图 6.2.2　后视基准点棱镜安装示意图

化监测的过程中,需要同步记录对应气象指标,及时修正数据。

6.3.1　静力水准自动化设备基于连通器原理,符合该工作原理的其他静力水准设备也适用于本技术规程,如压力式液位计、物位计。静力水准设备在工作环境温度快速变化时要保证测量精度在规定范围内,同时保证在长期监测条件下的稳定性。

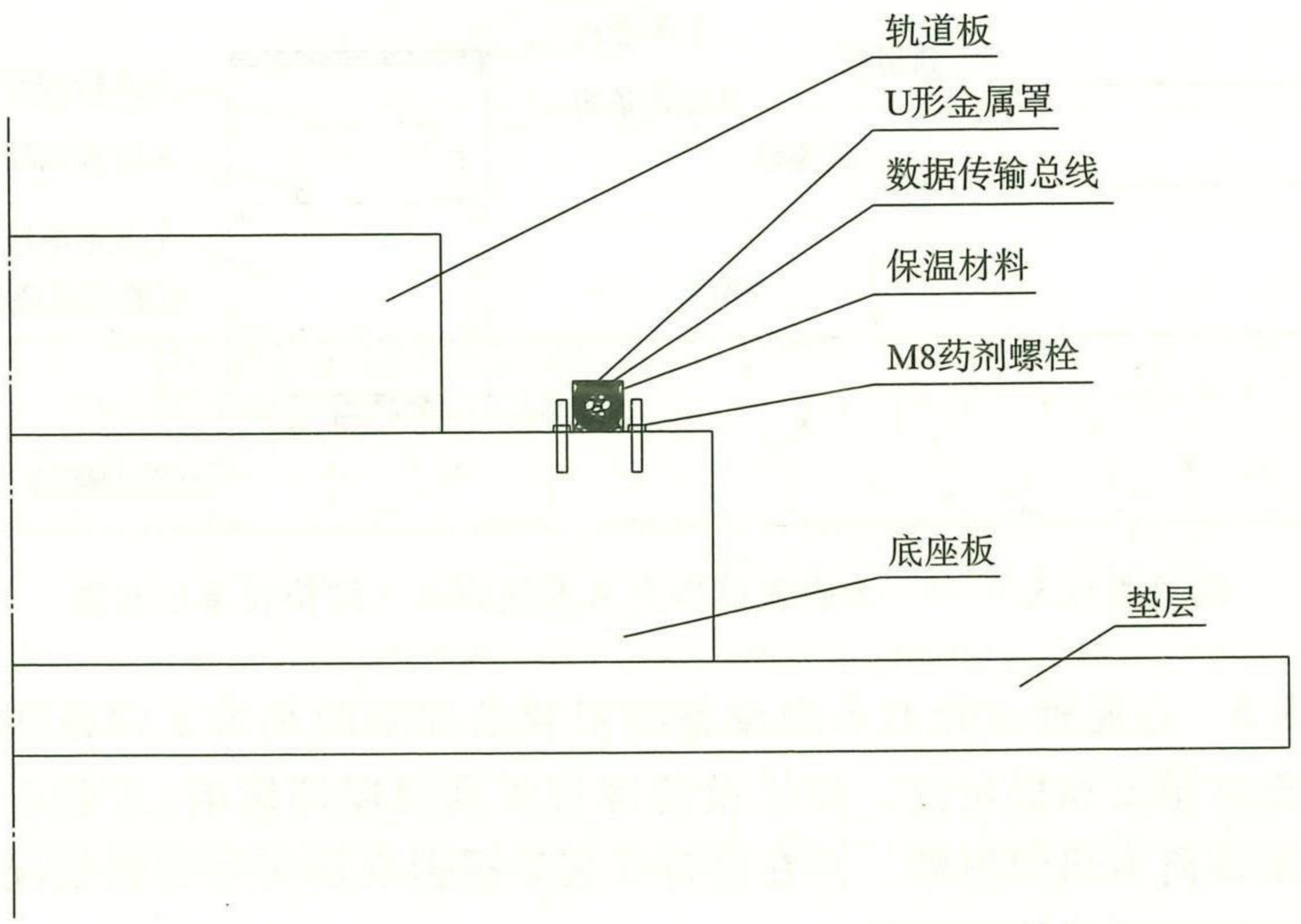
6.3.2　静力水准仪自动化监测系统包括若干静力水准仪、储液罐、通气管、通液管、干燥罐、底板、采集仪等,如说明图 6.3.2—1 所示。基准点一般布置在预估超过变形的深度上或工程影响范围之外,且有必要对起算点的稳定性不定期检验分析,只有检验合格的数据,才能用于变形分析。



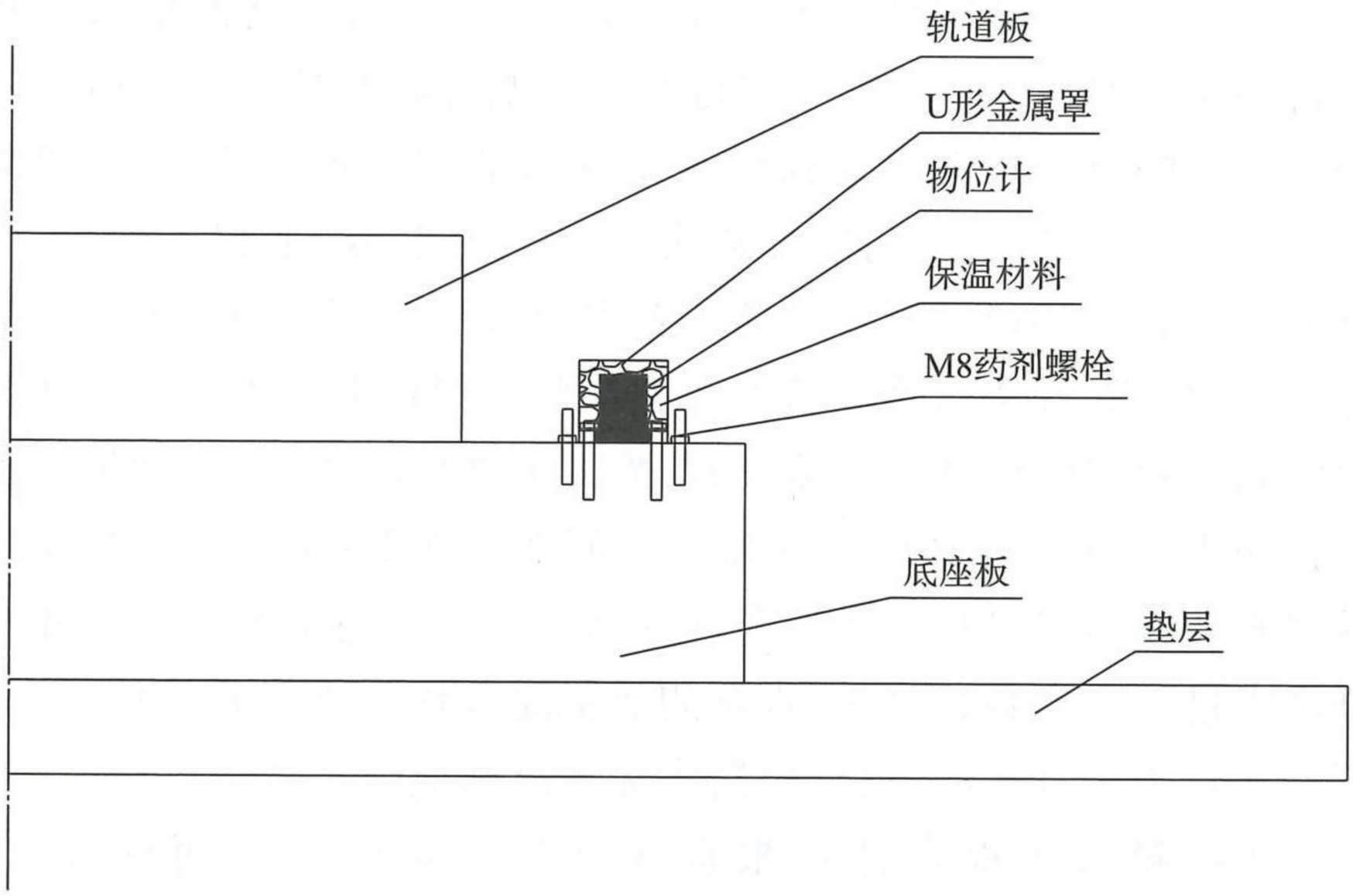
说明图 6.3.2—1　静力水准仪监测系统

结合国内郑徐铁路客运专线商丘车站、鲁南铁路曲阜东站和郑济铁路正濮段新乡东站等邻近和并行既有高速铁路项目施工监测经验，并参照《运营高速铁路基础变形监测管理办法》(TG/GW 260—2015)、《高速铁路无砟轨道线路维修规则(试行)》TG/GW 115—2012、《高速铁路工务安全规则》(铁总运〔2014〕170号)相关要求，在邻近铁路营业线施工监测项目中使用静力水准仪对线路轨道竖向位移进行监测时，静力水准仪的传输线、物位计和工控箱可参照说明图 6.3.2—2～说明图 6.3.2—4 埋设。在邻近铁路营业线施工过程中条件允许的情况下可通过 CPⅠ和 CPⅡ对基准点进行变形数据修正，将观测数据输入软件进行系统修正，修正频次可为每月 1 次，也可根据实际情况确定。

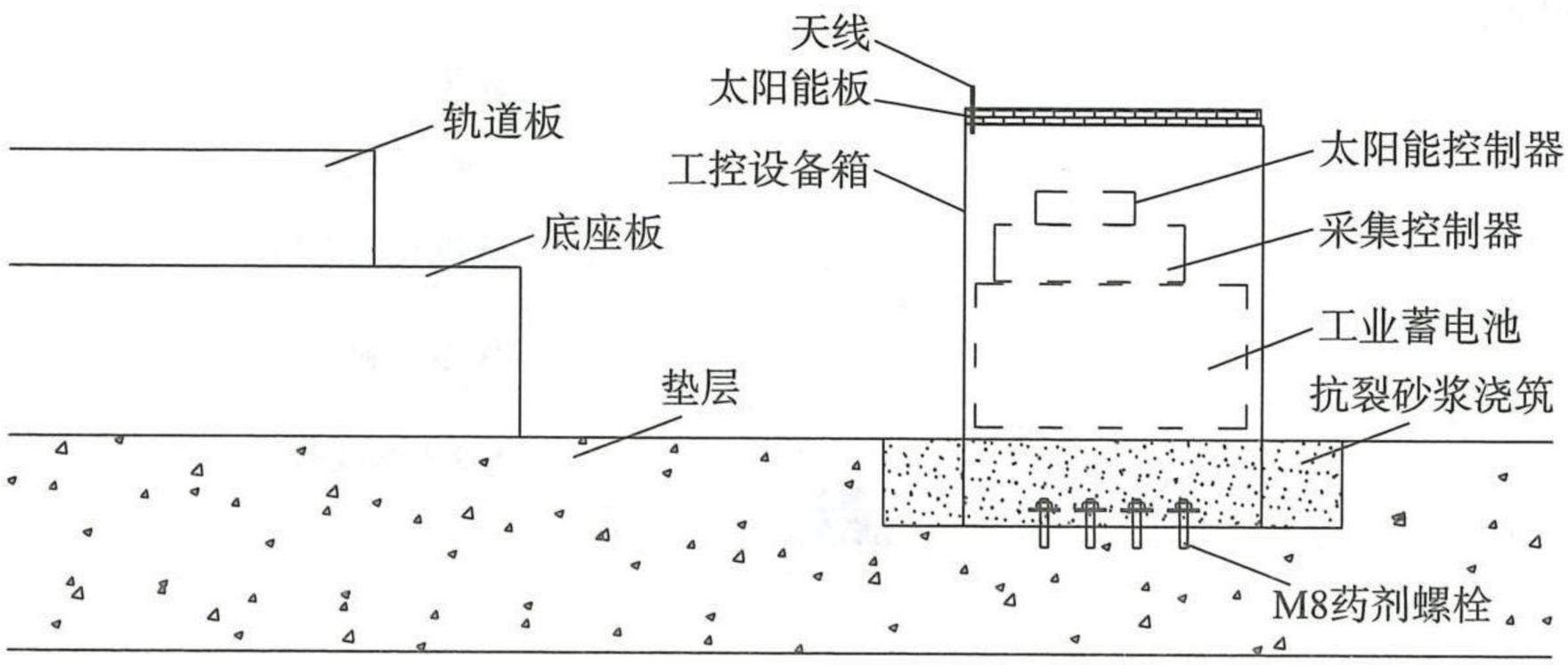
工控箱太阳能电池板根据线路朝向可以采用两种方式：(1)安装在设备箱顶部，用于背阳侧，说明图 6.3.2—4 即为此安装方式；(2)安装在工控箱侧面，太阳能电池板背离铁路，用于向阳侧。



说明图 6.3.2—2　无砟轨道静力仪水准测点传输线安装示意图



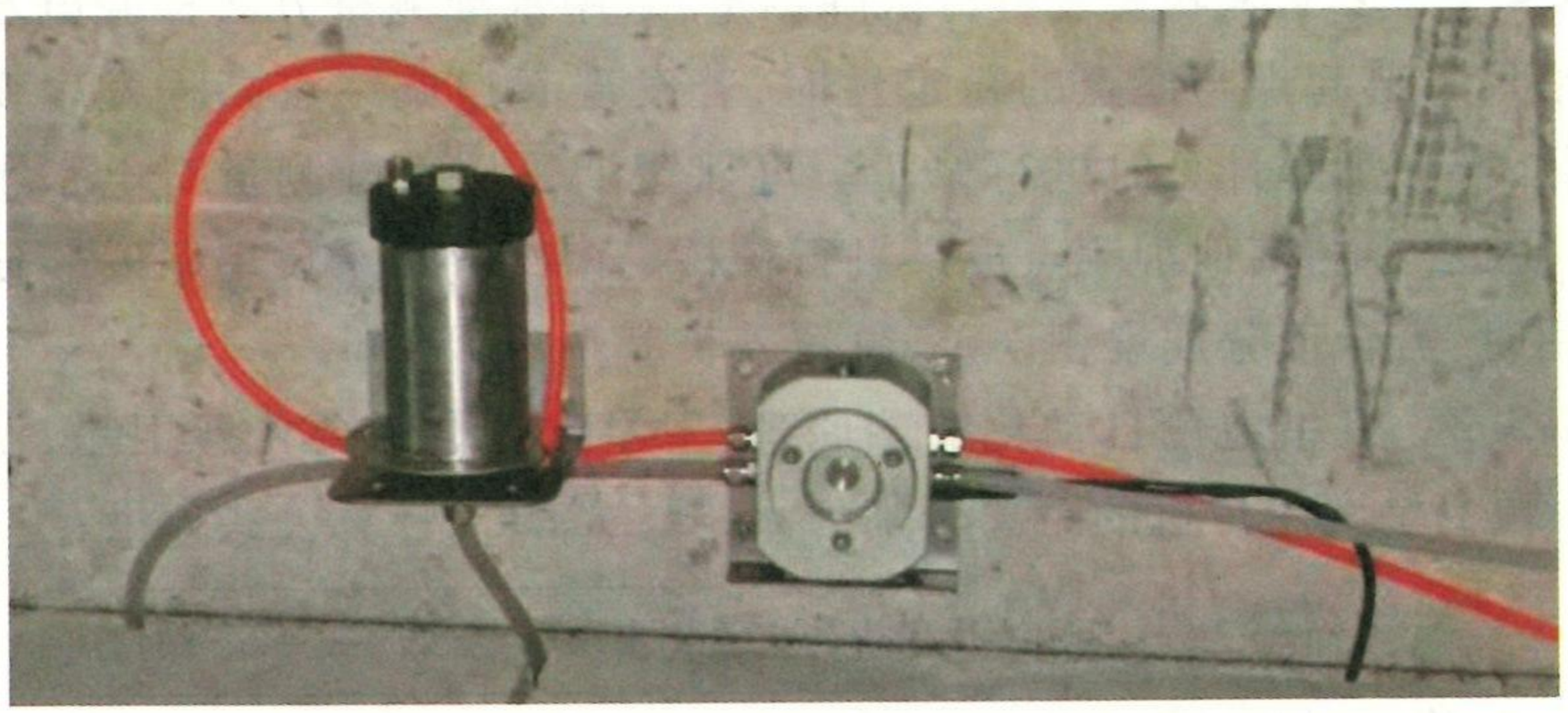
说明图 6.3.2—3　无砟轨道静力水准仪测点物位计安装示意图



说明图 6.3.2—4　无砟轨道静力水准仪测点工控箱安装示意图

6.3.3　连通管式静力水准设备的安装条件限制是为了保证测量的重复精度和稳定性。由于设备容易受到温度的影响,安装时要尽量远离强热辐射源。并在设备安装后根据现场实际安装情况确定相应的测量修正系数。

储液罐的安装位置跟随基点,建议与基点水平距离为 40 cm,高于整条线路 50 cm 以上,有助于液体压差流动。基准点和储液罐连接时,不得有直角转弯,保持 45°缓角上升,如说明图 6.3.3 所示,以保证液体的流动性。



说明图 6.3.3　基准点和蓄液罐连接示意图

根据现场工作需要,切割液管、气管和通信线缆至合适长度,然后分别与静力水准仪上相应接口连接。有一部分液管和气管需要连接储油罐和基点静力水准仪。安装连接时需要注意松弛度和密闭性。

根据现场环境选择合适材料作为固定管,把液管、气管和通信线缆固定在线管内,注意施工时不得伤及通信线缆和液管。穿管完成后,建议将管线用 U 形固定夹固定,固定距离为 50 cm,以此类推。

灌液时,要注意水压的高低平衡,液管内不得有气泡产生,如果发现气泡要及时排除,否则会影响设备的精度。灌液后要认真检查,间隔 24 h 后认真复查,不得有气泡滞留在液管内。

6.3.4　静力水准装置在采集数据时,需充分利用行车间隙,列车在运行时,由于自身车重、瞬时气流、振动等,导致静力水准仪中液位产生很大波动,引起测量误差较大。

6.3.5 静力水准装置要符合国家的相关设备标准。结合现场实际勘探情况,综合考虑起算点和观测点的高程差、设备的分辨率、测量范围和准确度,系统的重复精度和极限工作状态下的精度均不能低于 0.3 mm。

6.4.2 多支串联安装进行沉降测量,采用水准测量方法检验电水平尺尺链起点与终点的稳定性时,若发现起点或终点高程发生变化,需在沉降计算时进行修正。可以定期采用水准测量对电水平尺尺链中的其他观测点成果进行校核。多支电水平尺串联安装使用时,需合理分配累积误差,总覆盖长度小于 250 m。

6.5.2 卫星定位自动化监测原理:卫星定位共需要 4 颗卫星,设 4 颗卫星到用户机的距离分别为 R_1,R_2,R_3,R_4,计算公式如下:

$$R_1 = c(t_r - dt_r - t_{s1}) = \sqrt{(x_1 - x)^2 - (y_1 - y)^2 - (z_1 - z)^2}$$

$$R_2 = c(t_r - dt_r - t_{s2}) = \sqrt{(x_2 - x)^2 - (y_2 - y)^2 - (z_2 - z)^2}$$

$$R_3 = c(t_r - dt_r - t_{s3}) = \sqrt{(x_3 - x)^2 - (y_3 - y)^2 - (z_3 - z)^2}$$

$$R_4 = c(t_r - dt_r - t_{s4}) = \sqrt{(x_4 - x)^2 - (y_4 - y)^2 - (z_4 - z)^2}$$

(说明 6.5.2)

式中 x_i, y_i, z_i——第 i 颗卫星的坐标;

c——光速;

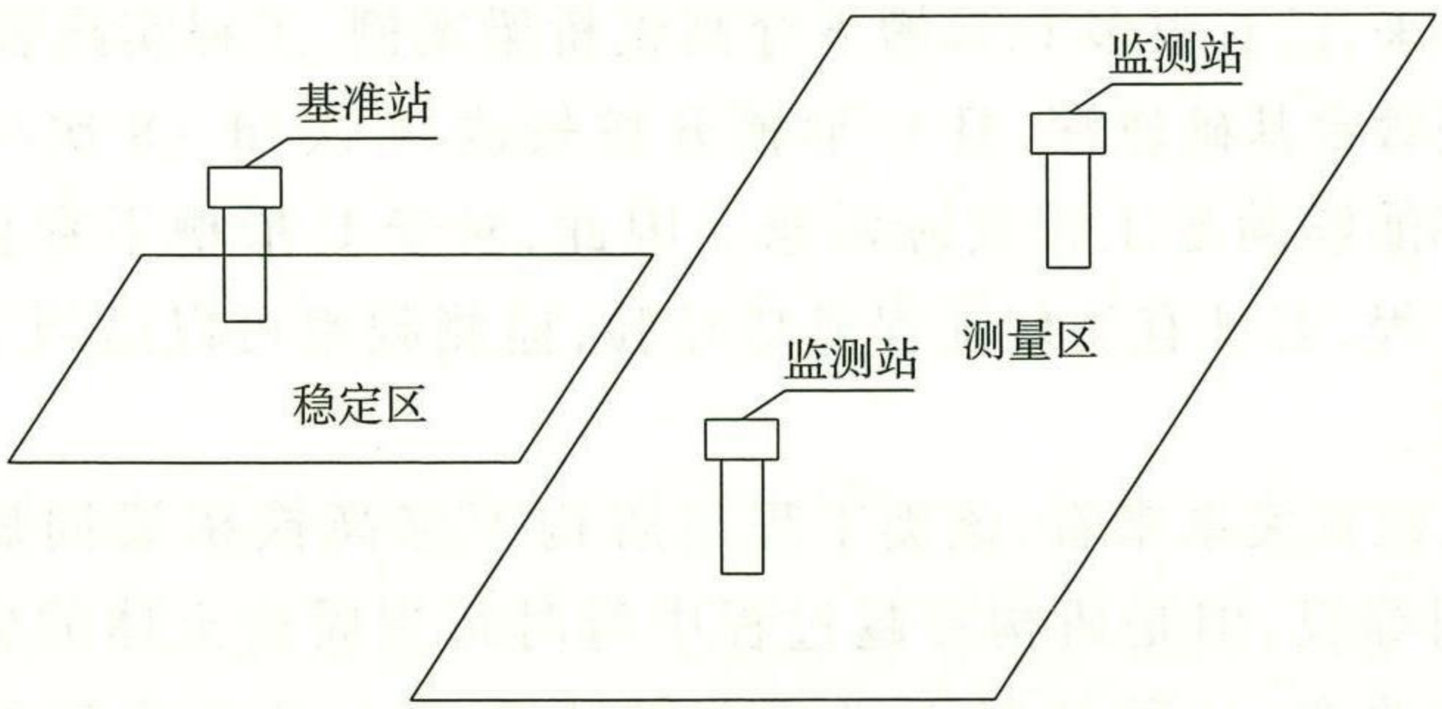
t_r——接收机测得的信号到达时间;

dt_r——接收机与卫星的钟差;

t_{si}——卫星测得的信号发射时间。

以上 4 个方程可以解出 4 个未知数,可得到测站的坐标。为提高定位测量精度,使用 RTK 技术将一台接收机置于基准站上,另一台或几台接收机置于载体(称为流动站)上。基准站和流动站同时接收同一时间、同一卫星发射的信号。基准站实时地将测量的载波相位观测值、伪距观测值、基准站坐标等用无线电传送给运动中的监测站。监测站同时接收基准站数据与卫星数据进行差分处理,得到基准站和流动站基线向量($\Delta x, \Delta y, \Delta z$)。基线向量与

基准站坐标结合换算得到流动站每个点 WGS84 坐标，最后通过坐标转换参数转换得出流动站每个点的平面坐标 x，y 和正常高 h。基于 RTK 原理、利用卫星定位以及对测量数据的后处理技术的北斗位移测量设备由于数据量较大，测量数据的后处理会有一定的滞后。卫星定位监测设备必须有基准站置于稳定区上，一般设在无遮挡且稳定的基岩上，北斗监测设备布置如说明图 6.5.2 所示。



说明图 6.5.2　卫星定位监测布置示意图

7.1.1　监测频率的确定是监测工作的重要内容，与地质条件、周边环境条件、施工方法、施工进度、监测对象及其自身特点等密切相关。在制定本条文时，参考了《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》TB 10182—2017 的规定，见说明表 7.1.1。说明表 7.1.1 仅对下穿工程给出了观测频率，对其他邻近铁路营业线施工的工程未作说明。本条规定考虑到邻近施工的复杂性、铁路安全的重要性，根据邻近铁路营业线等级、监测等级及工程实施阶段进行了细化。

说明表 7.1.1　监测频率

观测阶段	观测周期	备　　注
施工准备期间	—	施工实施前预观测一周，采集首期观测值
下穿工程施工期间	不少于 4 次/d	

续说明表 7.1.1

观测阶段	观测周期	备　　注
竣工 1 个月内	1 ~ 2 次/d	
竣工 1 个月后	—	根据监测数据收敛情况确定是否继续监测及监测频率

自《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》TB 10182—2017 发布以来，已有很多 U 形槽下穿高铁桥梁案例，工程实践表明，由于高铁墩台基础较深，且 U 形槽开挖较浅，4 次/d ~ 8 次/d 的监测频率能够满足工程实际需求。因此，对于 U 形槽下穿桥梁等类似工程，若已有类似工程成功经验，监测频率可以适当下调监测等级。

从位置关系来看，该类工程与盾构下穿高铁桥梁同属于一等监测等级，但是盾构穿越过程中每时每刻周边土体的应力状态都在改变，这种情况下必须坚持 1 次/2 h 乃至实时的监测频率。

7.1.2　当出现本条所述情况之一时，为实施掌握数据变化情况，保障铁路运营安全及其他铁路运营设备设施使用安全，监测单位须相应提高监测频率，及时将数据报送施工、设计、监理、建设等单位和铁路运输企业。但实时监测的数据采集及处理耗时较长，根据现场实际情况选择变化较大点或变形特征点进行实时监测。

7.1.3　参考《建筑变形测量规范》JGJ 8—2016 的规定“在最后 100 天竖向位移速率小于 0.01 mm/d ~ 0.04 mm/d 时，认为该工程施工对周边环境影响已趋稳定”，考虑到监测设备的精度、铁路运营设备设施的工后沉降允许值等因素设定本条文，而停测的前提是数据根据时程曲线判断已经趋于稳定。

7.2.1　监测控制值是工程施工过程中对工程自身及周边环境的安全状态或正常使用状态进行判定的重要依据，也是工程设计、工

程施工及施工监测等的控制要点。考虑高速铁路与普速铁路的结构特点及变形要求,针对轨道、桥梁、路基、隧道等结构确定不同的监测控制值。由于施工对结构变形的影响具有一定的滞后性,如发现监测对象变形量接近监测报警值时再采取控制措施,可能会很快超过监测控制值,无法起到警报作用,增加了后续施工难度及铁路运营风险。因此,通过增设监测预警值,有利于分阶段控制监测对象的变形,保障工程自身和邻近铁路营业线运营安全。对于规程中未列出的结构形式可以经安全评估论证及专家审查会确定。

参考高速铁路 200 km/h ~ 250 km/h 无砟轨道线路静态几何尺寸容许偏差管理值,见说明表 7.2.1—1。从表中可看出,当高低、水平为5 mm,轨向为 4 mm 时就要保养。一般情况下,运营后的铁路线路或多或少已有轨道几何尺寸的偏差,而外部作业也多少会进一步影响轨道的平顺性。因此,能容许外部作业发生的轨道几何尺寸偏差为表中容许偏差管理值减去已存在的偏差,并留有一定的安全系数,规定高低、水平、轨向变化控制值为 2 mm。

说明表 7.2.1—1　200 km/h ~ 250 km/h 线路无砟轨道静态几何尺寸容许偏差管理值

项　　目	作业验收	经常保养	临时补修	限速(160 km/h)
轨距(mm)	+1 -1	+4 -2	+6 -4	+8 -6
水平(mm)	2	5	8	10
高低(mm)	2	5	8	11
轨向(直线)(mm)	2	4	7	9
扭曲(mm/3 m)	2	4	6	8
轨距变化率	1/1 500	1/1 000	—	—

注:1　高低和轨向偏差为 10 m 及以下弦测量的最大矢度值。

2　扭曲偏差不含曲线超高顺坡造成的扭曲量。

本条规定对普速铁路轨道竖向位移及水平位移的要求参考《普速铁路线路修理规则》TG/GW 102—2019 临时补修值，见说明表 7.2.1—2。根据工程经验，轨道隆起更易造成线路安全事故，因此对监测控制值作了折减，其隆起值选定为 3 mm。普速铁路轨道竖向位移及水平位移监测控制值适用于正线速度最大值大于 160 km/h 的普速铁路营业线，对于更低运营速度的普速铁路，设计及监测单位可以根据实际需要适当放宽。如遇特殊情况邻近道岔区或曲线段施工，控制值由安全评估确定。

说明表 7.2.1—2　线路轨道静态几何不平顺容许偏差管理值（混凝土枕线路，mm）（部分）

项　　目		160 km/h < v_{max} 正线			
		作业验收	计划维修	临时补修	限速（160 km/h）
轨　　距		+2 −2	+4 −3	+6 −4	+8 −6
水　　平		3	5	8	10
高　　低		3	5	8	11
轨向（直线）		3	4	7	9
三角坑	缓和曲线	3	4	5	6
	直线和圆曲线	3	4	6	8

普速铁路桥梁桥墩竖向位移及水平位移监测控制值是充分参考了 160 km/h 铁路营业线轨道竖向位移及水平位移监测控制值而制定的。

在总结上海局、北京局、广州局、济南局等多家铁路运输企业的高速铁路及普速铁路路基段邻近施工经验，结合路基工后沉降允许控制值，在充分听取专家意见的基础上，拟定了高速铁路及普速铁路路基竖向位移及水平位移监测控制值。

在高速铁路和普速铁路路基段变形监测中，本规程对接触网支柱竖向位移和倾斜的监测预警值、监测报警值和监测控制值进

行了规定。其中对接触网支柱倾斜监测预警值、监测报警值和监测控制值的要求参考《普速铁路接触网运行维修规则》TG/GD 116—2017 第七章第三节第一百三十六条第三款规定“支柱倾斜率为 0.5%,且不得向受力方向倾斜,向线路侧倾斜时不得侵入限界”及《高速铁路接触网运行维修规则》TG/GD 124—2015 第七章第三节第一百二十条第三款规定“支柱倾斜率为 0 ~ 0.5%”。上述规范仅对接触网支柱的倾斜提出了要求,未对接触网支柱的竖向位移提出规定,本规程结合工程调研与施工经验,提出接触网支柱的竖向位移监测控制值为 5 mm,监测报警值及监测预警值分别为 4 mm 与 3 mm。

本规程在对隧道位移变形监测中隧道结构竖向位移和水平位移的规定参考了《铁路桥隧劣化评定标准　第 2 部分:隧道》Q/CR 405.2—2019 和《铁路运营隧道衬砌安全等级评定暂行规定》(铁运函〔2004〕174 号)中的有关规定。《铁路桥隧劣化评定标准　第 2 部分:隧道》Q/CR 405.2—2019 第 4.2 节表 2 中提出,高速铁路隧道整体道床变形、错牙、下沉、上拱小于 3 mm 时劣化等级为“严重”,大于 3 mm 时劣化等级为“极严重”;表 6 中提出铁路隧道整体道床变形、错牙、下沉、上拱 3 mm ~ 5 mm 时劣化等级为“严重”,大于 5 mm 时为“极严重”。《铁路运营隧道衬砌安全等级评定暂行规定》(铁运函〔2004〕174 号)中提出,整体道床变形、错牙、下沉 3 mm ~ 5 mm,病害等级为“严重”,可能影响轨道稳定,大于5 mm 为“极严重”,已影响轨道稳定。本规程在结合劣化评定标准的基础上,考虑铁路营业线隧道结构对邻近施工的敏感程度和自身稳定能力,提出了高速铁路及普速铁路的隧道结构竖向位移及水平位移监测控制值。监测过程中需要关注变形缝、结构缝两侧的差异沉降,防止发生渗漏现象。

7.2.2　本规程对监测等级为二、三等的站房变形监测进行了规定,其竖向位移和差异竖向位移监测控制值的规定主要是参考了

《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 中表 5.3.4 中的规定，对于框架结构在中、低压缩土的变形允许值为 0.002l，对于砌体承重结构基础在中、低压缩土的局部倾斜变形允许值为 0.002，考虑到站房内存有重要的运输运营设备，本规程对允许值给定了一个较为严格的范围。对于监测等级为一级的站房受铁路环境、地质条件、主体结构形式、站内设备等条件的影响需要由鉴定、评估、产权部门给出建议值。

中华人民共和国行业标准

邻近铁路营业线施工安全监测技术规程

TB 10314—2021

J 2906—2021

*

中国铁道出版社有限公司出版发行

（100054，北京市西城区右安门西街 8 号）

出版社网址：http://www.tdpress.com

国铁印务有限公司印

开本：850 mm×1 168 mm 1/32　印张：2.375　字数：62 千

2021 年 5 月第 1 版　2021 年 5 月第 1 次印刷

书号：15113·6237　定价：18.00 元

版权所有　侵权必究

凡购买铁道版图书，如有印制质量问题，请与本社读者服务部联系调换。

电话：路电（021）73174，市电（010）51873174