 **T/CECS XXX-20XX**

**中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准**

邻近营业线施工监测规程

Technical Specification for Monitoring of Operating High-speed Railway Infrastructures with Adjacent Constructions

**（征求意见稿）**

**（在提交反馈意见时，请将知道的相关专利和支持性文件一并附上）**

XXX出版社

**中国工程建设标准化协会标准**

邻近营业线施工监测规程

Technical Specification for Monitoring of Operating High-speed Railway Infrastructures with Adjacent Constructions

（征求意见稿）

**T/CECS XXX-20XX**

主编单位： 中国铁路设计集团有限公司

中国铁路经济规划研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 X X 年X X月X X日

XXXX出版社

20XX年 北京

中国工程建设标准化协会公告

第XXX号

关于公布《邻近营业线施工监测规程》

的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发2020年第一批协会标准制订、修订计划的通知》（建标协字[2020]014号文）的要求，由中国铁路设计集团有限公司等单位编制的《邻近营业线施工监测规程》，经本协会铁道分会组织审查，现批准发布，编号为T/CECS\*\*-20XX，自20XX年\*月\*日起施行。

中国工程建设标准化协会

XXX年XX月XX日

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发2020年第一批协会标准制订、修订计划的通知》（建标协字[2020]014号文）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本规程共分9章和4个附录，其内容包括总则、术语和符号、基本规定、监测项目及要求、监测方法、自动化监测系统、监测频率与报警、数据处理与反馈、安全管理。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会铁道分会归口管理，由中国铁路设计集团有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：天津自贸试验区（空港经济区）东七道109号；邮政编码：300308），并抄送中国工程建设标准化协会铁道分会（北京市海淀区三里河路9号，邮政编码：100038），以供修订时参考。

本规程主编单位： 中国铁路设计集团有限公司

中国铁路经济规划研究院有限公司

本规程参编单位： 哈尔滨工业大学

天津大学

天津铁三院实业有限公司

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员（按章节顺序排序）：

目次

[1 总则 1](#_Toc167800344)

[2 术语和符号 2](#_Toc167800345)

[2.1 术语 2](#_Toc167800346)

[2.2 符号 4](#_Toc167800347)

[3 基本规定 5](#_Toc167800348)

[4 监测项目及要求 8](#_Toc167800349)

[4.1 一般规定 8](#_Toc167800350)

[4.2 桥梁 8](#_Toc167800351)

[4.3 路基 9](#_Toc167800352)

[4.4 隧道 10](#_Toc167800353)

[5 监测方法 12](#_Toc167800354)

[5.1 一般规定 12](#_Toc167800355)

[5.2 精密水准人工监测 14](#_Toc167800356)

[5.3 静力水准自动化监测 15](#_Toc167800357)

[5.4 全站仪监测 17](#_Toc167800358)

[5.5 其他监测 17](#_Toc167800359)

[6 自动化监测系统 19](#_Toc167800360)

[6.1 一般规定 19](#_Toc167800361)

[6.2 系统功能要求 19](#_Toc167800362)

[6.3 系统性能要求 20](#_Toc167800363)

[6.4 系统设计 21](#_Toc167800364)

[6.5 安装与调试 22](#_Toc167800365)

[6.6 系统维护运营与管理 23](#_Toc167800366)

[7 监测频率与报警 25](#_Toc167800367)

[8 数据处理与反馈 29](#_Toc167800368)

[9 安全管理 31](#_Toc167800369)

[附录A 桥梁静力水准仪测点布置 32](#_Toc167800370)

[附录B 桥梁全站仪及棱镜测点布置 33](#_Toc167800371)

[附录C 比测指标 34](#_Toc167800372)

[附录D 沉降监测静力水准仪现场精度测试试验 35](#_Toc167800373)

[本规范用词说明 36](#_Toc167800374)

[引用标准名录 37](#_Toc167800375)

**Contents**

[**1 General Provisions 1**](#_Toc91451599)

[**2 Terms and symbols 2**](#_Toc91451600)

[2.1 Terms 2](#_Toc91451601)

[2.2 Symbols 4](#_Toc91451602)

[**3 Basic stipulations 5**](#_Toc91451603)

[**4 Monitoring items and requirements 8**](#_Toc91451604)

[4.1 General provisions 8](#_Toc91451605)

[4.2 Bridge 8](#_Toc91451606)

[4.3 Subgrade 9](#_Toc91451607)

[4.4 Tunnel 10](#_Toc91451608)

[**5 Monitoring method 12**](#_Toc91451609)

[5.1 General provisions 12](#_Toc91451610)

[5.2 Precise leveling manual monitoring 14](#_Toc91451611)

[5.3 Hydrostatic leveling automatic monitoring 15](#_Toc91451612)

[5.4 Total station monitoring 17](#_Toc91451613)

[5.5 Other monitoring 17](#_Toc91451614)

[**6 Automatic monitoring system 19**](#_Toc91451615)

[6.1 General provisions 19](#_Toc91451616)

[6.2 System functional requirements 19](#_Toc91451617)

[6.3 System performance requirements 20](#_Toc91451618)

[6.4 System design 21](#_Toc91451619)

[6.5 Installation and commissioning 22](#_Toc91451620)

[6.6 Installation and commissioning system maintenance, operation and management 23](#_Toc91451621)

[**7 Monitoring frequency and alarm 25**](#_Toc91451622)

[**8 Data processing and feedback 29**](#_Toc91451623)

[**9 Security management 31**](#_Toc91451624)

**Appendix A**  [**Layout of measuring points of bridge static level 32**](#_Toc91451625)

[**Appendix B Layout of bridge total station and prism measuring points 33**](#_Toc91451626)

**Appendix C** [**Comparison index 34**](#_Toc91451627)

[**Appendix D Field precision test of static level for settlement monitoring 35**](#_Toc91451628)

**Explanation of wording in this code****37**

**List of referenced standards****38**

# 总则

### 为统一邻近高速铁路营业线施工监测技术要求，保证监测质量满足邻近工程施工影响下的高速铁路营业线桥梁、路基、隧道等土建结构安全要求，同时适应邻近工程建设需要，制定本规程。

### 本规程适用范围包括受邻近工程施工影响的高速铁路营业线桥梁、路基、隧道等结构监测。

### 邻近高速铁路营业线施工，应开展安全评估工作，经安全评估后开展邻近营业线施工监测，确定施工监测的内容和范围，并由具备相关资质和营业线监测经验的监测单位承担。

### 邻近高速铁路营业线施工监测应综合考虑邻近工程设计和防护方案、高速铁路营业线桥梁、路基、隧道等结构设计及运营情况、建设场地的工程地质条件、周边环境条件、施工方案、施工组织等因素，综合制定合理的监测方案，精心策划、组织和实施监测。

### 对于邻近的城市轨道交通、基坑等工程自身的监测项目，应按照《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497等相关行业和地方标准实行。

### 邻近高速铁路营业线施工监测除应符合本规程外，尚应符合国家及铁路行业现行有关标准和规范的规定。

# 术语和符号

## 术语

### 高速铁路 high-speed railway

新建设计速度为250km/h～350km/h、运行动车组列车的标准轨距客运专线铁路，设计速度分为250km/h、300km/h、350km/h三级。

### 营业线 operating railway

办理客货运输业务的铁路线。

### 邻近高速铁路营业线施工 construction of adjacent operating high-speed railway

在高速铁路营业线邻近区域，影响或可能影响铁路营业线设备稳定、使用和行车安全的作业。

### 变形 deformation

结构在荷载作用下产生的形状或位置变化的现象。可分为沉降和位移两大类。沉降指竖向变形，包括下沉和上升；而位移是除沉降外其他变形的统称，包括水平变形、倾斜、挠度、裂缝、收敛变形、风振变形和日照变形等。

### 自动化监测系统 automatic settlement monitoring system

由安装在结构物特定位置处的传感器及数据采集与传输、数据处理与管理等软硬件构成，对结构物变形参数进行测量、收集、处理、分析，并对结构物正常使用水平与安全状态进行预警的系统。

### 安全评估 safety assessment

通过理论计算及监测数据分析，综合评价邻近营业线施工对高速铁路营业线桥梁、路基、隧道的安全影响。

### 传感器 sensor

能感受规定的被测量指标并按照一定的规律转化成可用信号的器件或装置，通常有敏感元件和转换元件组成。

### 耐久性 durability

监测系统元器件抵抗自身和自然环境双重因素长期破坏作用的能力。

### 预警值 alarming value

根据高速铁路桥梁、路基、隧道外部环境及自身结构构件变形可能出现的不同程度的异常或危险，所设定的各监测点传感器监测参数警戒值。

### 预警 warning

监测系统在监测数据特征值超过预警值时，发出异常情况警告的行为。

### 数据归零 zeroing

通过调整自动化监测计算参数，使监测指标的输出值为零的操作。

### 数据滤波 data filtering

剔除监测异常数据的分析方法。

### 数据平滑 data smoothing

对不断获得的实际数据和原预测数据给以加权平均，使预测结果更接近于实际情况的预测方法，又称光滑法或递推修正法。

### 数据平差 data adjustment

为了消除各观测值间的矛盾，用最小二乘法原理处理各种观测结果的理论和计算方法。

### 测点 monitoring point

直接或间接设置在监测对象上，并能反映监测对象变形特征的监测点。

### 转点 turning point

直接或间接设置在监测对象上，在测量中起到传递沉降变形作用的点，又叫中继点。

### 基准点 reference point

为进行变形测量而布设的稳定的、长期保存的测量点。根据变形测量的类型，可分为沉降基准点和位移基准点。

### 工作基点 working reference point

为便于现场变形观测作业而布设的相对稳定的测量点。根据变形测量的类型，可分为沉降工作基点和位移工作基点。

### 监测频次 monitoring frequency

单位时间内数据采集次数。

### 初始值 initial value

测点位置处的初始高程和平面坐标。

## 符号

△*t*——某段时间；

*d*1 ——某段时间内采集的第一个监测数据；

{*d*i}——某段时间内采集的监测数组；

*N* ——中位数的取值点数；

{*a*i}——某段时间内采集的监测数据采用中位数法处理后的数组；

*a*1 ——采用中位数法处理后的数据中的第一个；

med ——中位数算法；

*i* ——原始测量数组中的第*i*个数；

*j* ——原始测量数组中的第*j*个数；

*M* ——原始测量数组中的第*M*个数。

# 基本规定

### 设计阶段，新建邻近工程设计单位应考虑营业线施工监测措施。必要时，应进行专项设计。

### 邻近高速铁路营业线工程施工前，监测单位应编制监测方案，监测方案需经建设单位、设计单位、安全评估单位、高速铁路营业线产权单位及设备管理单位等认可。监测方案宜与邻近营业线工程的施工组织计划同期编制，同期审查。

### 施工阶段，建设单位、设计单位、安全评估单位、施工单位、监测单位、营业线运营管理单位、监理单位应重视邻近高速铁路营业线施工监测工作，并与高速铁路营业线日常的轨道检测工作的安全信息充分交流，形成多方联动机制。

### 监测工作宜按下列步骤进行：

**1** 接受委托。

**2** 收集资料，现场踏勘。

**3** 制定监测方案并通过审查。

**4** 按照设备单位管理规定，与设备管理单位签订相关协议，包括安全协议、配合协议等，并办理相关手续，组织人员培训等。

**5** 监测设备、仪器校验和元器件标定，监测现场实施与验收。

**6** 现场监测。

**7** 监测数据的处理、分析及信息反馈。

**8** 提交阶段性监测成果和报告。

**9** 监测工作结束后，对设备进行拆除和场地恢复。

**10** 提交监测成果报告。

### 监测单位在资料收集、现场踏勘阶段的主要工作应包括下列内容：

**1** 了解建设方和高速铁路营业线设备管理单位的具体要求,收集和掌握高速铁路营业线设备管理单位的管理规定。

**2** 收集和熟悉现场勘察资料、气象资料、邻近营业线工程的设计资料以及施工组织设计（或项目管理规划）等。

**3** 收集和熟悉高速铁路营业线桥梁、路基、隧道的原始设计资料、既有变形资料等。必要时可采用拍照、录像等方法保存有关资料或进行必要的现场测试或测量取得有关资料。

**4** 通过现场踏勘，复核相关资料与现场状况的关系，了解邻近营业线施工现状，确定拟监测项目现场实施的可行性以及监测进场时间。

**5** 了解邻近营业线施工工程的设计和施工情况。

### 监测方案应包括下列内容：

**1** 工程概况

包括邻近工程情况，高速铁路营业线情况，二者的相对位置关系，安全评估情况。

**2** 建设场地自然地理、工程地质条件、水文地质条件及周边环境状况等。

**3** 监测目的和依据

**4** 监测项目及方法

**5** 自动化监测系统设计

当采用自动化监测时，应说明系统组成及功能，列表明确监测设备与既有线的关系、距离、安装与防护方法，是否侵限。

**6** 基准点、监测点的安装与保护

应说明监测系统的安装作业计划和安装过程中的保证措施、方案和应急预案。必要时编制专项安装作业方案。当采用自动化监测时，应详细说明基准点、监测点、设备、线缆的安装工艺、安装流程与保护措施，并结合铁路相关规范，检算安装的可靠性。

**7** 监测方法及精度

**8** 监测期和监测频率

**9** 监测报警及异常情况下的监测措施

**10** 监测数据处理与信息反馈

**11** 监测实施组织计划及人员配备

**12** 监测仪器设备选型

**13** 作业安全及其他管理制度

**14** 建设方和设备管理单位的管理规定所要求的其他事项。

### 下列邻近高速铁路营业线施工监测方案应进行专门论证：

**1** 需要在高速铁路营业线轨旁安装监测设备时，应进行轨旁设备方案专项设计，并进行专项论证。

**2** 根据安全评估分析和数值计算，受邻近施工影响的高速铁路营业线施工监测方案不符合《公路与市政工程下穿运营高速铁路技术规程》TB10182和《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》TB10314规定时，应进行专项论证。

### 监测实施前，应与相关设备管理单位签订相关协议，并办理设备管理部门所要求的相关手续。

### 邻近工程施工前宜对高速铁路营业线进行轨道平顺性检测，并将轨道平顺性调整至最优状态。该项工作宜列入邻近工程的设计概算，宜委托设备管理单位实施。

# 监测项目及要求

## 一般规定

### 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。

### 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，并宜与新建邻近施工的测点断面布置一致。

### 测点应布置在监测对象的变形和内力控制点上。

### 测点布置应确保不对高铁安全带来隐患，不应恶化高速铁路的既有运营条件，严禁测点安装侵限。

### 监测点的布置与安装应与新建邻近工程的施工计划和施工组织相结合。

### 监测点应采用统一规则进行编号，编号应反映断面运营里程、测点位置、测点类型等信息。

## 桥梁

### 当高速铁路营业线为桥梁结构时，施工监测的必测项目包括结构竖向位移和水平位移；选测项目包括结构倾斜、错台和裂缝。在设计及安全评估中，可根据现场情况对监测项目的选测内容进行调整。

### 当邻近工程下穿高速铁路营业线桥梁时，监测范围应符合表4.2.2的规定。

表4.2.2下穿高速铁路桥梁工程监测范围

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **工程类型** | | **监测范围** |
| 顶管（拉管）工程 | | 每侧外扩2孔或60m（取大值） |
| 盾构工程 | | 1 外扩3孔或100m（取大值） 2 盾构正上方3.0（*H*+*D*）~4.0（*H*+*D*） |
| 路基工程 | *h*＜1m | 每侧外扩3孔或100m（取大值） |
| 1m≤*h*＜3m | 每侧外扩5孔或150m（取大值） |
| *h*≥3m | —— |
| 路堑工程 | *h*＜3m | 每侧外扩3孔或100m（取大值） |
| 3m≤*h*＜10m | 每侧外扩5孔或150m（取大值） |
| *h*≥10m | —— |
| 桩板/桥梁工程 | | 每侧外扩3孔或100m（取大值） |
| 基坑工程 | | 1、基坑周边3.0*H*~4.0*H* 2、基坑周边1.0*B* |

注:（1）表中*h*针对路基工程指填方高度，针对路堑工程指挖方高度。*H*指盾构隧道顶板的埋深，*D*指盾构隧道的外径。*B*指基坑的长边宽度。

（2）对于*h*≥3m的路基下穿高速铁路桥梁工程、*h*≥10m的路堑下穿高速铁路工程以及风险、复杂程度较高的工程，应进行专项论证或经过计算确定。

### 当邻近工程并行高速铁路营业线桥梁时，监测范围应经安全评估确定。

### 监测范围内高速铁路营业线桥梁施工沉降变形和水平变形测点应逐墩布置。

### 人工沉降监测测点宜设置在墩身，宜利用桥墩原有的沉降观测标。

### 当采用静力水准测量时，可采用间接测量的方式，将静力水准仪安装在箱梁内部或者梁体外侧，与支座对应放置，以支座位置处梁体的沉降变形反映基础的沉降变形，测点的布置可按照附录A所示进行布置。

### 高速铁路营业线桥梁基础水平变形监测的观测点宜设置在墩顶，测点布置可按照附录B所示进行布置。

## 路基

### 当高速铁路营业线为路基结构时，施工监测应包括下列项目：

**1** 必测项目：路基面竖向位移、路基面水平位移。

**2** 选测项目：路基坡脚位移、地下水位变化、挡墙墙顶水平位移、挡墙墙顶竖向位移、结构裂缝。

### 大面积降水、桩基施工、顶进桥涵、路基填挖方、基坑开挖、石方爆破、长距离并行施工等工程的监测范围应根据专项安全评估并结合地区经验综合确定。

### 邻近高速铁路营业线路基有施工抽降水时，监测范围不应小于降水施工区域边缘以外200米，基坑规模大、开挖深度深、施工周期长、地层渗透系数大、有承压水分布的邻近施工，监测范围应进一步扩大。

### 未经加固处理的一般黏土地段或松软土地区，邻近高速铁路路基有预应力管桩、高压旋喷桩等有挤土效应桩基施工时，监测范围不宜小于施工区域边缘以外30m。

### 高速铁路营业线路基段邻近施工变形监测点应根据施工性质、设备状态等因素设置于路基面和坡脚适当位置。

**1** 一般情况下沿线路方向每20m设置一个监测断面；长大段落并行高速铁路营业线路基施工时，地势平坦、地质条件均匀、工况相似的情况下可适当拉大监测断面间距，但无砟轨道营业线路基监测断面间距不应大于50m，有砟轨道营业线路基监测断面间距不应大于100m。施工过程中变形监测异常变化时应适当加密。

**2** 横向结构物、过渡段、道岔区、地形复杂、不良地质等特殊路基地段应适当加密，监测断面间距根据现场情况按3～10m控制。

**3** 高速铁路营业线路基变形监测点设置应避开轨旁设备和埋设管线，并应满足设备管理单位相关营业线施工管理规定。

### 路基面变形观测点宜设置于路基面合适位置，无砟轨道路基面测点宜布置在底座板侧面10～20cm左右位置，有砟轨道路基面测点宜布置在砟脚外侧10～20cm左右位置。

### 邻近抽降水施工影响范围内的高速铁路路基，宜在路基坡脚适当位置埋设地下水位计，埋设数量和间距根据抽降水影响范围确定。

### 邻近管桩、高压旋喷桩等有挤土效应的桩基施工影响范围内的高速铁路路基，宜在坡脚附近适当位置埋设测斜仪，并与路基位移监测点在同一断面。

## 隧道

### 当高速铁路营业线为隧道结构时，根据高速铁路营业线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4.4.1选用。

表4.4.1 高速铁路营业线隧道结构监测内容

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目类型 | 监测内容 | |
| 必测项目 | 隧道结构 | 竖向位移 |
| 水平位移 |
| 选测项目 | 结构变形缝差异、结构裂缝 | |
| 隧道衬砌收敛变形、应力监测 | |
| 邻近影响区域内岩土体变形 | |
| 邻近影响区域内水位异常变化 | |
| 爆破振动振速 | |

注：可根据现场的实际情况对监测项目的选测内容进行调整。

### 邻近施工影响区范围应根据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高速铁路隧道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** 隧道工程的邻近施工影响区范围可按表4.4.2确定。

表4.4.2 高速铁路隧道工程的邻近施工影响区

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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 |
| 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 *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。

**２** 大面积降水、桩基施工、顶进桥涵、路基填挖方以及不良和复杂地质地区的隧道工程的邻近施工影响区应由设计或安全评估单位确定。

### 当邻近工程并行高速铁路营业线隧道结构时，高速铁路营业线的监测范围应经安全评估确定。

### 高速铁路邻近施工安全监测应根据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4.4.4划分。

表4.4.4 监测等级划分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 邻近施工影响区 | 监测区域 | |
| 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 |
| 一般影响区 | 一等 | 三等 |
| 轻微影响区 | 二等 | 三等 |

### 高速铁路隧道监测点每个监测断面不宜少于4个，并应符合《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》TB 10314中的相关规定。隧道监测断面间距可按表4.4.5确定。

表4.4.5 隧道监测断面间距

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 监测等级 | 单线隧道 | 双线隧道 |
| 一等 | 3m-5m | 3m-5m |
| 二等 | 5m-8m | 5m-8m |
| 三等 | 8m-12m | 8m-12m |

注：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。

### 当新建邻近工程为盾构隧道时，高速铁路营业线沉降监测，应在变形区外埋设量测基准点，基准点不宜少于3个，在寒冷地区基准点应埋设在冻土层以下稳定的原状土层中。

### 当邻近工程为盾构隧道时，高速铁路营业线地表沉降监测宜按表4.4.7要求设置监测断面，测点布置间距应能反映影响变形情况。

表4.4.7 地表沉降量测断面设置要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 盾构隧道埋深（m） | 监测段纵向间距（m） | 每断面测点间距（m） |
| H>2D | 20-50 | 2-7 |
| D<H≤2D | 10-20 | 2-6 |
| H≤D | 5-10 | 2-5 |

注：*H*为隧道覆土厚度（m），*D*为隧道直径或等效直径（m）。

# 监测方法

## 一般规定

### 邻近高速铁路营业线施工监测方法包括自动化监测、人工监测。当采用自动化监测方法时，应同时定期进行人工复测。监测方法的选择应符合表5.1.1-1~表5.1.1-3的规定。

表5.1.1-1邻近高速铁路营业线施工监测方法（营业线结构为桥梁）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工程类型 | | 监测方法 | |
| 自动化监测方法 | 人工监测方法 |
| 定向钻、顶管、拉管工程下穿高速铁路桥梁 | | ○ | ○ |
| 盾构工程下穿高速铁路桥梁 | | ○ | —— |
| 路基工程下穿高速铁路桥梁 | | ○ | —— |
| 路堑工程下穿高速铁路桥梁 | | ○ | —— |
| 桩板/桥梁工程下穿高速铁路桥梁 | | ○ | —— |
| 桥梁上跨高速铁路桥梁（转体、顶推、框架墩） | | ○ | —— |
| 高压旋喷桩邻近高速铁路桥梁 | | ○ | —— |
| 基坑工程邻近高速铁路桥梁 | 基坑与桥梁基础的净距D≥（3.0~4.0）H且D≥1.0B | ○ | ○ |
| 基坑与桥梁基础的净距D＜（3.0~4.0）H，或D＜1.0B | ○ | —— |
| 桥梁并行高速铁路桥梁 | 线间距s≤25m | ○ | —— |
| 线间距s≥25m | ○ | ○ |
| 路基并行高速铁路桥梁 | 线间距s≤35m | ○ | —— |
| 线间距s≥35m | ○ | ○ |

注：表中○表示可选用，——表示不可选用。

表5.1.1-2邻近高速铁路营业线施工监测方法（营业线结构为路基）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工程类型** | | 监测方法 | |
| 自动化监测方法 | 人工监测方法 |
| 定向钻、顶管、拉管穿越高速铁路路基 | | ○ | —— |
| 盾构工程下穿高速铁路路基 | | ○ | —— |
| 桥梁上跨高速铁路路基（转体、顶推、框架墩） | | ○ | —— |
| 高压旋喷桩邻近高速铁路路基 | | ○ | —— |
| 基坑工程邻近高速铁路路基 | 基坑与路基坡脚的净距D≥（3.0~4.0）H且D≥1.0B | ○ | ○ |
| 基坑与路基坡脚的净距D＜（3.0~4.0）H，或D＜1.0B | ○ | —— |
| 桥梁并行高速铁路路基 | 线间距s≤30m | ○ | —— |
| 线间距s≥30m | ○ | ○ |
| 路基并行高速铁路路基 | 线间距s≤35m | ○ | —— |
| 线间距s≥35m | ○ | ○ |

注：表中○表示可选用，——表示不可选用。

表5.1.1-3邻近高速铁路营业线施工监测方法（营业线结构为隧道）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工程类型** | | 监测方法 | |
| 自动化监测方法 | 人工监测方法 |
| 定向钻、顶管、拉管下穿高速铁路隧道 | | ○ | —— |
| 盾构工程下穿高速铁路隧道 | | ○ | —— |
| 桥梁上跨高速铁路隧道（转体、顶推、框架墩、悬灌） | | ○ | —— |
| 高压旋喷桩邻近高速铁路隧道 | | ○ | —— |
| 基坑工程邻近高速铁路隧道 | 基坑与隧道的净距D≥（3.0~4.0）H且D≥1.0B | ○ | ○ |
| 基坑与隧道的净距D＜（3.0~4.0）H，或D＜1.0B | ○ | —— |

注：表中○表示可选用，——表示不可选用。

### 自动化监测方法可采用静力水准监测、智能型全站仪监测，人工监测方法可采用精密水准监测和全站仪监测。

### 沉降变形监测和水平变形监测的精度应符合表5.1.3的规定。对于自动化监测方法，应根据相应的精度要求进行相应的设备选型及方案设计。

表 5.1.3 变形测量精度要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 竖向位移测量 | | 水平位移观测 |
| 变形观测点的高程中误差（mm） | 相邻变形观测点的高差中误差（mm） | 变形观测点的点位中误差（mm） |
| 0.5 | 0.3 | 0.6 |

### 采用自动化监测或人工监测时，所采用的仪器均应进行检定，并在检定有效期内。

### 当采用人工监测时，变形监测网（水平位移监测网、竖向位移监测网）可采用独立平面坐标和高程系统，按工程需要的精度等级建立，并与运营铁路控制网联测，一次布网完成。

### 采用人工监测，每周期宜按下列规定执行：

**1** 采用相同的网形或观测路线和观测方法。

**2** 使用同一套仪器和设备。

**3** 固定观测人员。

**4** 固定基准点和工作基点。

**5** 在基本相同的环境和观测条件下工作。

### 采用人工监测时，变形监测点分为基准点、工作基点和变形监测点。其布设应符合下列规定：

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

**2** 基准点应建立或选设在变形影响范围以外便于长期保存的稳定位置。使用时应作稳定性检查与检验。

**3** 宜选用CPI、CPII控制点以及线路水准基点。当需要增设基准点时，按照线路水准基点的埋设要求增设基准点。可利用邻近营业线工程影响范围外的桥墩或稳定的建筑物作为基准点。

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

## 精密水准人工监测

### 竖向位移监测基准网的建立应符合下列规定：

**1** 竖向位移监测基准网应布设成闭合环状、结点或附合水准路线等形式。

**2** 水准基点应埋设在变形区以外的基岩或原状土层上，亦可利用稳固的建筑物、构筑物设立墙上水准点。

**3** 竖向位移监测基准网的主要技术要求不应低于表 5.2.1的规定。

表 5.2.1 竖向位移监测基准网的主要技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 相邻基准点高差中误差（mm） | 每站高差中误差（mm） | 往返较差、附和或环线闭合差（mm） | 检测已测高差较差（mm） | 使用仪器、观测方法及要求 |
| 0.5 | 0.15 | 0.3 | 0.4 | DS05型仪器，宜按国家一等水准测量的技术要求施测 |

注：*n*为测站数

### 水准测量应按照不低于《高速铁路工程测量规范》TB10601中的二等水准测量的技术要求执行。

### 当水准沉降测点安装于路基面时，为保持监测点稳定，测点下宜埋设稳定的混凝土基础，基础埋深30cm。人工观测点的设置方式可按照图5.2.3所示。

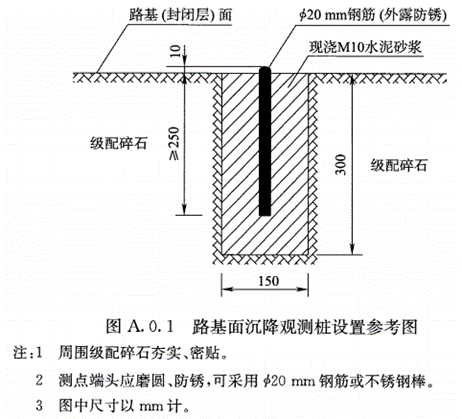


图5.2.3路基面沉降观测桩设置参考图

注：**1** 周围级配碎石夯实、密贴。

**2** 测点端头应磨圆、防锈，可采用φ20mm钢筋或不锈钢棒。

**3** 图中尺寸以mm计。

### 当水准沉降测点安装在路基结构时，测点混凝土基础宜采用土模浇注，预埋螺栓或钢筋头，基础顶面不应低于原路基面且不影响路基面排水。无砟轨道路基面封闭层与混凝土基础之间预留1cm宽伸缩缝，缝内采用硅酮填充。

## 静力水准自动化监测

### 当高速铁路营业线为桥梁结构时，其沉降变形监测宜采用静力水准系统。

### 采用静力水准系统进行测量时，应根据计算的预估沉降量提出监测精度要求，选取相应精确度等级和量程的静力水准传感器。采用的静力水准传感器应经过检定。

### 采用静力水准测量进行沉降观测应采用固定式仪器。

### 静力水准系统的工作基点应采用水准测量方法定期与基准点联测。

### 当采用静力水准仪时，其测量元件的选型应符合下列要求：

**1** 元器件的正常工作温度应适合被测区的环境条件。

**2** 量程不应小于监测点设计总沉降变形量及监测段落垂向距离之和的1.5倍。

**3** 当采用静力水准仪时，其精度不应低于5.1.3所规定的监测精度，且不低于0.1%F.S，当需要研究微小变形规律时，其精度还不应低于预计待测变形量的1/3。

### 静力水准监测的测量线路布置应符合下列规定：

**1** 一组静力水准测量系统可由一个参考点和多个监测点组成。

**2** 当采用静力水准仪进行基础沉降测量时，每条液体通路的长度不宜超过350m。

**3** 当采用多组串联方式构成观测路线时，在相邻组的交接处，应在同一结构物的上下位置设置转接点。

**4** 当观测范围小于350m，且转接点数不大于2个时，可将一端的参考点设置在相对稳定的区域作为工作基点；否则，宜在观测路线的两端分别布设工作基点。

**5**同组中的传感器宜布置在同一高度，高差不宜超过1cm；管路中任何一处与蓄水罐出口及传感器接口的高差不宜超过±2cm。确有困难时，应尽量减小高差，以减小液体的密度效应造成的温度误差。

### 静力水准监测的连通管及液体应符合下列要求：

**1** 宜采用尼龙连通管或不锈钢管作为连通管，连通管材质应符合相应规范的要求。

**2**所灌注的液体根据所处的环境可采用纯净水、防冻液、硅油或其他性能稳定的液体，应具有良好的流动性。

**3** 所灌注的液体应符合相应的规范要求，并宜按照批次或型号委托专业检测机构进行严格的温度-密度标定。

### 静力水准监测应采取防液体蒸发、防气泡和防漏液措施。

### 静力水准监测的管路和测量元件应采取措施保证温度尽量一致，避免过大的局部温差。

### 静力水准监测应进行温度修正。

### 静力水准监测的数据采集与计算应符合下列规定，宜采用自动化形式进行。

**1** 观测时间应选在气温最稳定的时段，观测读数应在液体完全呈静态下进行。当采用自动化采集方式时，宜采用滤波算法滤除列车震动造成的异常值。

**2** 多组串联组成静力水准观测路线时，应先按测段进行闭合差分配后计算各组参考点的高程，再根据参考点计算各监测点的高程。

## 全站仪监测

### 水平位移监测应符合下列规定：

**1** 水平位移监测基准网可采用独立坐标系统一次布设；控制点应采用有强制归心装置的观测墩；照准装置宜采用有强制归心装置的精密棱镜。

**2** 在设计水平位移监测基准网时，应进行精度预估，选用最优方案。

### 当采用全站仪进行邻近高速铁路营业线施工监测时，应选用0.5″级全站仪，采用自动化监测方式时，应具有马达驱动和自动照准功能。

### 监测点应采用固定棱镜的方式布置，并做好保护。

### 水平位移自动化监测采用智能型全站仪时，应符合下列规定：

**1** 工作基点宜配置防护装置，满足对仪器的防护要求；宜配备强制归心装置；选点时应考虑施工对工作基点的扰动和对视线的阻挡。

**2** 监测点与基准点宜同步进行观测，并应同时观测至少 3 个监测网点。

**3** 应定期检查仪器的整平状态，并及时校正。

**4** 智能型全站仪架设位置宜安装电子气温气压计，控制系统，通信系统及不间断供电系统等配套设备，并注意防护。

**5** 监测点与全站仪、后视基准点与全站仪之间的距离均不应大于200m。

## 其他监测

### 邻近高速铁路营业线工程施工期间，应由专人进行日常巡视检查。

### 邻近高速铁路营业线工程巡视检查内容应符合《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497及其他行业和地方标准，同时重点巡查下列内容：

**1** 施工工况与批复的施工组织计划及日计划是否相符，是否存在超挖情况；

**2** 高速铁路营业线附近的地面是否存在裂缝、沉陷、隆起及其他异常情况；

**3** 基准点、监测点完好情况；

**4** 监测元件的完好及保护情况；

**5** 有无影响观测工作的障碍物；

### 巡视检查宜以目测为主，可辅以锤、钎、量尺、放大镜等工器具以及摄像、摄影等设备进行。

### 对自然条件、支护结构、施工工况、周围环境、监测设施等的巡视检查情况应做好记录。检查记录应及时整理，并与仪器监测数据进行综合分析。

# 自动化监测系统

## 一般规定

### 自动化监测系统由监测仪器、数据采集装置、通信装置、计算机及外部设备、数据采集和管理软件、电源及线路等部分组成。

### 自动化监测系统应通过第三方独立评测机构的等保测评，应满足《信息安全要求 网络安全等级保护测评要求》GB/T 28448中的第二级测评要求。

### 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。

### 自动化监测采样频率应满足实际工程监测频率要求。

### 自动化监测设备应安装牢固，不应影响列车运营安全。

## 系统功能要求

### 自动化监测系统应具备下列数据采集及处理功能：

**1** 应具有自动巡测和人工选测的功能。

**2** 能够在数据采集装置与系统平台之间进行双向数据通信。

**3** 能处理模拟量信号和数字信号，可将其转换为监测结果物理量。

**4** 具有人工监测数据录入的功能，实现对人工监测数据的处理。

### 自动化监测系统应具备下列运行状态判别及报警功能：

**1** 具有对设备、电源、通信等硬件的工作状态进行自动监控和诊断，对异常状态自动报警的功能。

**2** 具有自动检验监测结果是否超过报警值，并主动发送手机信息、邮件形式通知管理人员进行报警的功能。

### 自动化监测系统应具备下列系统管理和维护功能：

**1** 系统有明确的权限分级管理，具备可增减用户、更改口令和变更权限等功能。

**2** 可进行监测模块参数扩充和删减，可调整相应计算公式。

**3** 可对传感器进行设置和调整。

**4** 可对监测项目进行增、删、改、查操作。

**5** 可增、删测点，更改测点属性，包括监测点初始化、监测频次及报警值等。

**6** 可增、删监测项目测点布置示意图。

**7** 可对系统通信设备进行增、删、改、查操作。

**8** 可对系统硬件进行维修和更换。

### 自动化监测系统应具备下列信息交换功能：

**1** 可按监测专项技术方案确定的信息反馈要求，反馈监测信息。

**2** 可与其他系统进行信息交换或在系统中预留相应的接口。

### 自动化监测系统应具备下列数据使用及维护功能：

**1** 能对监测数据进行整理，对录入的人工监测数据进行有效性验证，自动计算相应的监测物理量，并记入日志。

**2** 查询数据、查询结果，实现可视化，可用图表显示和导出。

**3** 可根据用户需要，生成各类监测报表，并输出相应监测成果曲线图，曲线图能清楚分辨监测点变化量。

**4** 应具备数据定期自动备份和手动备份的功能。

### 自动化监测系统应具备下列电源管理保护功能：

**1** 系统电源可采用普通电源、不间断电源等供电电源。

**2** 电源能自动切换，具备掉电保护功能，并具有自动提醒功能。在外部电源突然中断时，后备电源供电时间不宜小于24h。

**3** 使用太阳能、风能等清洁能源供电时，应配备电源控制设备，蓄电池的容量应满足连续一周阴雨天气情况下的监测设备正常运行。

**4** 太阳能电池板的功率选型应根据所在地区、安装位置、朝向、辐射强度和日照时长等通过计算确定，并具备一定冗余。

**5** 系统应设置过载保护。

**6** 涉及供电系统操作时，作业人员应持有相应专业资格证，满足国家、行业现行有关标准规定要求。

### 自动化监测系统应具备下列系统数据安全保护功能：

**1** 具有网络安全防护功能，及时更新系统。

**2** 条件允许情况下，应设置自动化监测系统专用服务器。

### 监测系统应具备原始数据过滤功能。

## 系统性能要求

### 自动化监测系统基本性能应满足下列要求：

**1** 采集信号形式：可接入模拟量、数字量信号。

**2** 平均无故障时间（MTBF）：不小于6300h,无法更换或修复的埋入式监测设备，最小无故障时间不应小于监测周期。

**3** 数据采集缺失率:不大于2%。

**4** 系统采集与人工比测数据偏差：不大于2*σ*。

**5** 防雷电感应：不小于500W。

**6** 瞬态电位差：不小于1000V。

**7** 测量装置掉电运行时间：不小于72h。

**8** 定时采集间隔：1min~1d，可调。

**9** 单点采集时间：不大于10s。

**10** 巡测时间：不超过10min。

**11** 存储容量：不小于500测次存储数据容量。

**12** 适用工作环境：适用温度区间的最低值应比当地历史最低温度低5℃以上，适用温度区间的最高值应比当地最高温度高5℃以上，相对湿度不大于95%RH。

**13** 供电电源：有条件情况下优先采用稳定的市电，不具备条件的项目宜采用太阳能或其它清洁能源供电。

**14** 接地电阻：不大于10Ω。

**15** 通信接口：支持符合国家标准的通用通信电气接口，如RS232、RS485、CANbus、以太网等。可支持GPRS、4G等其他通信方式。应提供软件接口（如控件、函数库、动态链接库）或开放通用通信协议规约。

## 系统设计

### 当采用自动化监测方法时，应在监测专项设计中明确，并应进行自动化监测系统的设计，应包括下列主要内容：

**1** 确定纳入自动化监测的项目、监测方式和测点数量，以及监测仪器设备的布置方案。

**2** 确定监测仪器的技术指标和要求。

**3** 确定数据采集装置的布设、通信方式及网络结构设计，拟定供电方式。

### 系统应具备与便携式计算机或读数仪通信的接口，能够使用便携式计算机或读数仪采集监测数据，以便进行人工补测、比测或防止资料中断。

## 安装与调试

### 传感器厂商应提供安装指导书，传感器在现场的安装应严格按照安装指导书进行。

### 监测设备应考虑必要的防护措施，其安装及防护措施应进行检算，并符合下列规定：

**1** 当监测设备及附属设施位于轨旁时，检算工况应包括设备荷载、列车气动力荷载、风力荷载及其他永久荷载和可能出现的临时荷载。

**2** 当监测设备及附属设施安装于箱梁内部、T梁侧部或墩顶、墩侧时，检算工况应包括设备荷载、风力荷载及其他永久荷载和可能出现的临时荷载。

**3** 检算内容应包括连接强度和材料强度。强度安全系数K不小于2.5。

### 监测设备支架应安装牢固，确保与被测对象联成整体，安装连接件应进行防锈处理。

### 自动化监测系统安装于梁体结构时，应符合下列规定：

**1** 严禁在既有箱梁或T梁等梁体结构上打孔，应采用粘接的方式。

**2** 胶结剂的性能应满足《混凝土结构加固设计规范》GB 50367中的A级胶的标准。

**3** 胶结剂的基材处理、施工环境控制及涂布工艺应严格按照产品提供的说明书进行。

### 当自动化监测系统安装于路基面时，自动化监测测点基础几何尺寸应根据设备情况确定，测点基础的设置参见5.2.3和5.2.4。

### 当自动化监测系统安装于隧道结构时，应安装在对行车安全无影响的区域。

对于山岭隧道，传感器可安装于侧沟内壁上；对于盾构隧道，传感器可安装于应急通道内。

### 当采用静力水准系统进行沉降测量时，安装完成后，应进行综合精度测试试验，应满足附录D的规定。

### 静力水准系统观测前向连通管充液时，可采用自然压力排气充液法或人工排气充液法，不得将空气带入，管路应平顺，管路不应出现Ω形，管路转角不应形成滞气死角。

### 对接入自动化监测系统的监测仪器应进行检查或比测。

### 监测仪器安装埋设及调试应符合下列规定：

**1** 自动监测仪器安装前应检验传感器标定成果，安装后应检验传感器工作状态,见附录D。

**2** 观测期间应采取有效措施保护。

### 调试时，对有条件的监测项目及监测点，人工干预给予一定物理量变化，检查自动化测值是否出现相应变化。自动化监测数据应与人工测量数据进行同时段比测。

### 系统调试应包括下列内容：

**1** 监测设备的参数标定；

**2** 监测项目的初始值确定；

**3** 数据采集、传输、处理等软硬件设备的功能测试；

**4** 监测项目、监测频率及报警值的设定；

**5** 系统运行的稳定性和可靠性测试。

### 系统安装调试完成后，应提供系统安装调试报告。

### 自动化监测系统安装调试完成后应进行试运行，稳定运行72h后正式投入使用。

## 系统维护运营与管理

### 自动化监测系统使用期间应定期维护，发现性能异常时应及时修复或更换。

### 自动化监测系统的监测频次不应低于1次/半小时。

### 所有原始实测数据必须全部存档，每月备份不少于1 次。

### 宜每月对自动化系统的部分或全部测点进行1次人工比测。系统实测数据与同时同条件人工比测数据偏差保持基本稳定，无趋势性漂移。与人工比测数据对比结果，参见附录C。

### 应编制自动化监测系统使用维护手册，并制定相关的管理规定，以及系统发生故障时保证不间断监测的应急预案。

### 应加强自动化监测系统的维护和管理，定期对系统的设备设施进行巡查校验，并备有备品、备件。巡检频次不宜少于每月1 次，强台风、暴雨及可能引起设备故障的特殊天气后宜进行1 次全面检查、维护。

### 监测单位应指派专人负责自动化监测系统的运行、管理、维护。

### 应有自动化监测系统日常运行维护日志。

### 根据监测项目的管理需要，应适时对自动化监测系统进行完善、升级，以满足邻近高速铁路营业线施工监测的要求。

# 监测频率与报警

### 监测期与监测频率应符合下列规定：

**1** 监测初始值采集应于邻近施工开始前完成。采用自动化监测时，3天内监测点连续有效采集不应少于10次；采用人工监测时，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。

**2** 工程施工期间和竣工1个月内的监测频率应符合表7.0.1-1~7.0.1-3的规定。

表7.0.1-1邻近高速铁路营业线施工监测频率（营业线结构为桥梁）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工程类型** | | **施工期间监测频率** | **竣工1个月内监测频率** |
| 定向钻、顶管、拉管工程下穿高速铁路桥梁 | | 4次/天 | 1次/天 |
| 盾构工程下穿高速铁路桥梁 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 路基工程下穿高速铁路桥梁 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 路堑工程下穿高速铁路桥梁 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 桩板/桥梁工程下穿高速铁路桥梁 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 桥梁上跨高速铁路桥梁（转体、顶推、框架墩） | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 高压旋喷桩邻近高速铁路桥梁 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 基坑工程邻近高速铁路桥梁 | 基坑与桥梁基础的净距*D*≥（3.0~4.0）*H*且*D*≥1.0*B* | 4次/天 | 1次/天 |
| 基坑与桥梁基础的净距*D*＜（3.0~4.0）*H*，或*D*＜1.0*B* | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 桥梁并行高速铁路桥梁 | 线间距*s*≤25m | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 线间距*s*＞25m | 4次/天 | 1次/天 |
| 路基并行高速铁路桥梁 | 线间距*s*≤35m | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 线间距*s*＞35m | 4次/天 | 1次/天 |

注:（1）表中*H*指基坑深度，*B*指基坑长边宽度。

表7.0.1-2邻近高速铁路营业线施工监测频率（营业线结构为路基）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工程类型** | | **施工期间监测频率** | **竣工1个月内监测频率** |
| 定向钻、顶管、拉管穿越高速铁路路基 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 盾构工程下穿高速铁路路基 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 桥梁上跨高速铁路路基（转体、顶推、框架墩） | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 高压旋喷桩邻近高速铁路路基 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 基坑工程邻近高速铁路路基 | 基坑与路基坡脚的净距*D*≥（3.0~4.0）*H*且*D*≥1.0*B* | 4次/天 | 1次/天 |
| 基坑与路基坡脚的净距*D*＜（3.0~4.0）*H*，或*D*＜1.0*B* | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 桥梁并行高速铁路路基 | 线间距s≤30m | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 线间距s＞30m | 4次/天 | 1次/天 |
| 路基并行高速铁路路基 | 线间距s≤35m | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 线间距s＞35m | 4次/天 | 1次/天 |

注:（1）表中*H*指基坑深度，*B*指基坑长边宽度。

表7.0.1-3邻近高速铁路营业线施工监测频率（营业线结构为隧道）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工程类型** | | **施工期间监测频率** | **竣工1个月内监测频率** |
| 定向钻、顶管、拉管下穿高速铁路隧道 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 盾构工程下穿高速铁路隧道 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 桥梁上跨高速铁路隧道（转体、顶推、框架墩、悬灌） | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 高压旋喷桩邻近高速铁路隧道 | | 1次/2小时 | 4次/天 |
| 基坑工程邻近高速铁路隧道 | 基坑与隧道的净距*D*≥（3.0~4.0）*H*且*D*≥1.0*B* | 4次/天 | 1次/天 |
| 基坑与隧道的净距*D*＜（3.0~4.0）*H*，或*D*＜1.0*B* | 1次/2小时 | 4次/天 |

注:（1）表中*H*指基坑深度，*B*指基坑长边宽度。

**3** 竣工1个月后，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0.5mm/月时，监测单位可提出停测申请。当竣工一个月后，变形速率仍未收敛时，监测周期和监测频率由相关单位共同协商确定。

**4** 当采用自动化监测方法时，应同时进行人工复测，复测频率不应低于1次/月，当自动化监测出现预警时，应及时进行人工复测。

### 当出现下列情况之一时，应提高监测频率，并应及时向相关单位报告监测结果：

**1** 监测数据达到报警值。

**2** 监测数据变化量较大或者速率加快。

**3** 出现其它影响高速铁路营业线及周边环境安全的异常情况。

**4** 施工过程中的工序转化或遇到的其它异常情况。

**5** 由于暴雨、冻融等自然灾害引起的其它变形异常情况。

### 当高速铁路营业线为桥梁结构时，施工监测预警值、报警值和控制值应符合表7.0.3的规定。

表7.0.3高速铁路桥梁结构变形监测预警值、报警值和控制值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测项目 | | 控制标准 | | |
| 累积量预警值 | 累积量报警值 | 累积量控制值 |
| 无砟轨道 | 墩台（/梁部支点）竖向位移 | ±1.2 | ±1.6 | ±2 |
| 墩台顶水平位移 | ±1.2 | ±1.6 | ±2 |
| 有砟轨道 | 墩台（/梁部支点）竖向位移 | ±1.8 | ±2.4 | ±3 |
| 墩台顶水平位移 | ±1.8 | ±2.4 | ±3 |

注：设备状态良好，附加沉降均匀或通过有效措施能保证轨道平顺性和结构性能满足运营要求情况下，经安全评估和专项论证，可对控制标准进行调整。

### 采用人工监测或自动化监测系统时，受邻近工程施工影响的高速铁路营业线路基位移限值应符合表7.0.4规定：

表7.0.4高速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 | | | |
| 累积量预警值 | 累积量报警值 | 累积量控制值 |
| 无砟轨道 | 路基竖向位移 | +1.2  -3.0 | +1.6  -4.0 | +2  -5 |
| 有砟轨道 | 路基水平位移 | +1.8  -4.8 | +2.4  -6.4 | +3  -8 |

注：设备状态良好，附加沉降均匀或通过有效措施能保证轨道平顺性和结构性能满足运营要求情况下，经安全评估和专项论证，可对控制标准进行调整。

### 采用人工监测或自动化监测系统时，受邻近工程施工影响的高速铁路营业线隧道位移限值应符合表7.0.5的规定。

表7.0.5 高速铁路隧道变形监测预警值、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 |
| 隧道结构竖向位移 | 3 | 4 | 5 |
| 隧道结构水平位移 | 3 | 4 | 5 |

注：设备状态良好，附加沉降均匀或通过有效措施能保证轨道平顺性和结构性能满足运营要求情况下，经安全评估和专项论证，可对控制标准进行调整。

### 当监测值超出预警值、报警值及控制值时，宜采取下列相应的应急预案:

**1** 超出预警值情况应急预案：

1）对超过预警值位置进行人工复测，并加密频次。

2）提请设备单位检查预警位置设备情况及轨道平顺度。

**2** 超出报警值情况应急预案：

1）报警限值位置临时停工，监测方马上组织进行人工复测和加密观测。

2）提请设备单位检查预警位置的设备情况及轨道平顺度。

3）由建设单位组织应急小组及设计、安全评估、施工、监理、监测、设备管理部门各方召开现场研究会，结合监测数据分析超限原因，确定处置方案后，现场恢复施工，监测方继续进一步重点观测。

**3** 超出控制值情况应急预案：

1）超过控制限值位置紧急停工，监测方马上进行人工复测和加密观测。

2）提请设备单位检查预警位置的设备情况及轨道平顺度。

3）由建设单位组织召开专家会，确定整治方案及措施，处理完成后，现场恢复施工，监测方继续进一步重点观测。

# 数据处理与反馈

### 每次变形观测结束后，应及时进行成果整理并上报相关单位。项目完成后，应对成果资料进行整理并分类装订。成果整理应符合下列规定：

**1** 观测记录内容应真实完整，采用电子方式记录的数据，应完整存储在可靠的介质上。

**2** 数据处理、成果图表及检验分析资料应完整、清晰。

**3** 及时绘制每个观测点的时间-变形曲线。

**4** 应采用统一的变形观测记录表格，图式符号应规格统一、注记清楚。

**5** 观测记录、计算资料和技术成果均应有相关责任人签字。

**6** 按照项目管理单位具体要求及时整理、汇总、分析变形观测资料，完成监测报告。

### 变形观测资料应包含仪器检验与检定资料，电子版观测记录（手簿），电子版平差计算、观测质量评定资料，变形观测成果表，变形测量技术报告。

### 变形测量技术报告结构应清晰，重点应突出，结论应明确，并应包括下列主要内容：

**1** 项目概况。应包括项目来源，观测目的和要求，测区地理位置及周边环境，项目起止时间，总观测次数，实际布设和测定的基准点、工作基点、监测点点数，项目承担方及主要人员等。

**2** 作业过程及技术方法。应包括变形测量依据的技术标准，采用的平面坐标系或高程基准，项目技术设计或施测方案的技术变更情况，所用仪器设备及其检校情况，基准点及监测点的标志及其布设情况，变形测量精度等级，观测及数据处理方法，各期观测时间，观测成果及精度统计情况等。

**3** 成果质量检验情况。

**4** 变形测量过程中出现的异常、预警及其他特殊情况。

**5** 变形分析方法、结论及建议。

**6** 项目成果清单。

**7** 图、表等附件。

### 变形观测成果表应包含下列内容：

**1** 观测日期。

**2** 测点编号。

**3** 施工阶段等工况信息。

**4** 本次高程。

**5** 本期变形量。

**6** 累计变形量。

**7** 桥梁相邻墩台/路基（隧道）相邻测点本期变形差。

**8** 桥梁相邻墩台/路基（隧道）相邻测点累计变形差。

**9** 变形速率。

### 基础变形监测的相关资料应在竣工交验时移交接收单位。采用人工监测时，移交资料应包含下列内容：

**1** 施测方案与技术设计书。

**2** 基准点、工作基点、监测点的布置位置图。

**3** 标石、标志规格及埋设图、埋设照片。

**4** 仪器检验与校正资料。

**5** 观测记录手薄。

**6**平差计算、成果质量评定资料及测量成果表。

**7** 变形测量成果图表。

**8** 变形分析成果资料。

**9** 变形测量技术报告。

### 采用自动化监测时，数据的采集、预处理由系统自动进行，数据的分析应由具有岩土工程、结构工程、工程测量的综合知识和工程实践经验，并具有较强综合分析能力的人员承担。

### 监测过程中的成果资料提交及相关情况通知宜采用信息化方式进行反馈。

### 监测结果一旦触发报警，宜立即自动调整监测频率，进行加密监测。同时应立即发送报警信息至相关单位，报警信息宜包括工程名称、报警项目、测点编号、当前值及报警值、报警时间。

### 监测成果报表、变化曲线图应自动生成，并包含完善的信息。

# 安全管理

### 变形监测单位必须严格执行设备单位关于高铁安全和营业线施工安全的相关规定，并与相关设备管理单位签订安全协议和配合协议后，在设备管理单位的配合下实施。

### 变形监测单位所有作业人员和管理人员必须经过铁路安全知识培训，经考试合格后，持证上岗作业。

### 作业人员必须配备安全防护设备，严格遵守高速铁路营业线安全管理规定。

### 施工现场的各种安全设施、设备和警告、安全标志，未经同意不得任意拆除和挪动。

### 测量作业中出现不安全险情时必须立即停止工作，组织撤离危险区域，及时向相关单位报告。

# 附录A 桥梁静力水准仪测点布置

### **A.0.1** 当高速铁路营业线为桥梁结构，采用静力水准仪进行沉降监测时，测点布置可按图A.0.1-1~图A.0.1-3布置。



图A.0.1-1 测点布置立面图



图A.0.1-2 测点布置横断面图（箱梁）



图A.0.1-3 测点布置横断面图（T梁）

# 附录B 桥梁全站仪及棱镜测点布置

### **B.0.1** 当高速铁路营业线为桥梁结构，采用全站仪进行平面变形监测时，棱镜布置和全站仪布置可按图B.0.1-1~图B.0.1-2布置。当视线受限时，智能型全站仪也可安装在墩侧或在地面上新建基础墩安装。



图B.0.1-1 棱镜布置图



图B.0.1-1 全站仪布置图

# 附录C 比测指标

### **C.0.1**人工比测一般采用过程线比较或者方差分析进行对比。

### **C.0.2**过程线比较是取某测点相同时间，相同测次的自动化测值和人工测值，分别绘出自动化测值过程线和人工测值过程线，进行规律性和测值变化幅度的比较。

### **C.0.3**方差分析是取某监测点试运行期间自动化监测和人工比测相同时间、相同测次的测值分别组成自动化测值序列和人工测值序列，计算其标准差*σz，σr*；再设某一时刻的自动测值为Xzi，人工测值为Xri，则两者差值按（C.0.3-1）计算：

 （C.0.3-1）

取，其中均方差按式（C.0.3-2）计算：

 （C.0.3-2）

式中*σz*——自动化测量精度；

*σr*——人工测量精度。

# 附录D 沉降监测静力水准仪现场精度测试试验

### **D.0.1**静力水准仪现场工作环境与室内测试环境差异较大，安装完成后需进行综合影响因素作用的现场精度测试实验。

### **D.0.2**现场精度测试实验要求在每个通液区段随机选择1～3支静力水准仪进行抬升。

### **D.0.3**现场精度测试实验要求在夜间进行，环境温度、湿度、气压相对稳定，现场无风或微风，周边无机械施工。

### **D.0.4**现场试验之前准备标准厚度的垫片，静力水准仪拆卸与安装工具，记录本，签字笔。垫片要求提前编号并精确测量其厚度，制作厚度对照表。

### **D.0.5**垫片厚度测量采用千分尺，每个垫片分不同角度测量厚度，一般按等分角度确定测量位置，至少测量4组数据计算平均值作为垫片厚度。

### **D.0.6**现场试验步骤如下：

**1** 将需要测试的静力水准仪以及对应的基准点进行现场核对和记录，包括测点编号，测试开始时间，垫片编号，测试结束时间，天气情况等。

**2** 将待测试的静力水准仪防护罩及固定螺栓拆除。

**3** 将垫片放在静力水准仪底部，保证垫片与仪器底部完全贴合。

**4** 将防护罩及相关辅件重新安装固定，并做好记录。

**5** 垫片安装固定后采集不少于5组有效数据，结束后拆卸静力水准仪防护罩，移除垫片，将防护罩及相关辅件重新安装固定，并做好记录。

**6** 计算每个通液区段测试点测试期间采集的变化量，与对应的垫片厚度进行对比分析，结合传感器理论精度评估静力水准仪安装后综合性能。

# 本规范用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于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：

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：

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，在条件允许时首先应这样做的：

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，采用“可”。

**2** 规程中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

**1** 《高速铁路设计规范》 TB10621

**2** 《高速铁路工程测量规范》 TB 10601

**3** 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497

**4** 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911

**5** 《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》 TB10314

**6** 《公路与市政工程下穿运营高速铁路技术规程》 TB10182

**7** 《信息安全要求 网络安全等级保护测评要求》 GB/T 28448

**8** 《混凝土结构加固设计规范》GB 50367

**中国工程建设标准化协会标准**

邻近高速铁路营业线施工监测技术规程

Technical Specification for Monitoring of Operating High-speed Railway Infrastructures with Adjacent Constructions

**T/CECS XXX—20XX**

（条文说明）

目次

[1 总则 1](#_Toc91201651)

[3 基本规定 4](#_Toc91201652)

[4 监测项目及要求 5](#_Toc91201653)

[4.2 桥梁 5](#_Toc91201654)

[4.3 路基 5](#_Toc91201655)

[4.4 隧道 6](#_Toc91201656)

[5 监测方法 7](#_Toc91201657)

[5.1 一般规定 7](#_Toc91201658)

[5.2 精密水准人工监测 7](#_Toc91201659)

[5.3 静力水准自动化监测 7](#_Toc91201660)

[6 自动化监测系统 12](#_Toc91201661)

[6.1 一般规定 12](#_Toc91201662)

[6.5 安装与调试 12](#_Toc91201663)

[6.6 系统维护运营与管理 12](#_Toc91201664)

[7 监测频率与报警 13](#_Toc91201665)

（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中应注意的事项等予以说明，不具备与规范正文同等的效力，仅供使用者作为理解和把握暂行规范的参考。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。）

1. 总则

**1.0.1** 随着国家综合立体交通体系的不断完善和城市化进程的不断进展，需要邻近高速铁路营业线施工的工程，包括高速公路、城市道路、地铁、管线等邻近、并行、上跨、下穿高速铁路营业线工程近年来呈现井喷式发展，大量分散、并发的邻近施工成为高速铁路运营安全的重要风险源。在工程实践中，工程的实际状态和设计工况往往存在一定的差异，设计计算和安全评估还不能全面、准确的反应工程的各种变化，所以有必要在理论分析指导下进行有计划的施工监测。

施工监测直接关系到高速铁路营业线能否安全运营和邻近工程能够顺利有序建设，因此，保证施工监测的质量极为关键，需要科学合理的制定监测方案，并精心组织现场实施。为统一邻近高速铁路营业线施工监测技术要求，保证监测质量满足邻近工程施工影响下的高速铁路营业线桥梁、路基、隧道等土建结构安全的要求，同时适应邻近工程建设的需要，制定本规程。

**1.0.2** 本条是对本规程适用范围的界定。桥梁、路基、隧道等结构作为高速铁路关键的基础设施结构，其服役状态直接关系到高速铁路的运营安全，因此，有必要在邻近工程施工期间，对高速铁路营业线桥梁、路基、隧道进行监测。另外，轨道、站房等的监测已在《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》中规定，本规程未纳入。

**1.0.3** 为保证邻近高速铁路营业线施工监测工作的质量，监测单位应同时具备桥梁/路基/隧道工程、岩土工程和工程测量三方面的专业资质。监测单位应具备承担监测任务的相应设备、仪器和其他测试条件，有经过专门培训的监测人员以及经验丰富的数据分析人员，有必要的监测程序和审核制度等工作制度及其他管理制度。

邻近高速铁路营业线施工监测既要保证高铁营业线的安全，也要保证邻近营业线工程的顺利实施，涉及建设、设计、安全评估、监理、施工以及高铁产权单位和设备管理单位等各方，对技术人员的专业水平要求较高。要求监测数据分析人员要有桥梁/路基/隧道工程、岩土工程、工程测量等方面的综合知识和较为丰富的工程实践经验。为了保证监测质量，各路局在监测管理方面开始走专业化的道路，实践证明，专业化有利的促进了监测工作和监测技术的健康发展。

**1.0.4** 邻近高速铁路营业线工程涉及因素极多，施工监测需要对总体情况进行全面掌握，以便有针对性的制定监测方案。邻近工程的设计方案，如管道、地铁、道路等的设计和防护方案将影响到监测范围的确定；高速铁路营业线结构设计和运营情况,包括既有结构体系、既有结构变形设计值、既有结构已发生的变形（沉降、差异沉降、水平变形）、轨道的平顺性和扣件调整量等将影响到监测布点和预警值的确定，针对有砟轨道高速铁路路基还可能存在电缆及光缆影响布点的问题；建设场地的工程地质条件和周边环境条件，如地下水是否丰富、是否软土地区、是否抽水等是工程的风险源，影响到监测重点和监测关键期；施工方案和施工组织则是施工监测方案编制的主要依据，除常规的编制监测方案外，当采用自动化监测系统时，还应特别注意自动化监测系统的布置，因为自动化监测系统一般需要超前于邻近工程安装，应特别注意测点等监测设备和采集仪、连接线、供电及通讯设备等是否与拟施工的邻近工程存在交叉干扰，并采取绕避和保护措施，从源头避免后期施工对自动化监测系统的破坏，以保证监测的连续性和施工的顺利进行。因此，邻近高速铁路营业线施工监测方案需要综合考虑上述的种种因素，在实施前进行详尽的调查，综合制定合理的监测方案，并精心策划、组织和实施监测。

**1.0.5** 本规程主要针对高速铁路营业线桥梁、路基、隧道的变形监测，针对城市轨道交通及基坑工程自身的监测，包括监测内容、监测方法及其他技术要求仍应按照相关技术规范执行。

3 基本规定

**3.0.1** 由于邻近营业线工程对高速铁路营业线的影响分析理论还不够完善，施工场地也存在着各种复杂因素的影响，邻近营业线工程的设计方案和对既有线的防护措施能否真实的反映实际状况，只有在方案实施阶段才能够得到最终的验证，其中现场监测是获得上述验证的重要和可靠手段，因此在邻近营业线工程设计阶段应考虑高速铁路营业线进行现场监测的措施。

**3.0.2** 监测单位拟定出监测方案后，提交工程建设单位，建设单位应遵照建设主管部门的有关规定，组织设计、监理、施工、监测等单位讨论审定监测方案。由于对高速铁路营业线结构的监测需要既有设备管理部门的配合，建设单位还应洽设备管理部门的工务、电务、供电、通信等专业人员或部门参加，召开协调会议，监测方案经协商一致，并且签订相关协议后，监测工作方能正式开始。

**3.0.4** 本条提供了监测单位开展监测工作宜遵循的一般工作程序。

**3.0.7** 2019年，原中国铁路总公司发布了《中国铁路总公司工电部关于加强高铁轨旁设备管理的通知》（工电综技函[2019]40号），提出了“需要在高速铁路营业线轨旁安装监测设备时，应进行轨旁设备方案专项设计，并进行专项论证和安全评估”的要求，经过近期的实践，这一做法有效降低了设备脱落造成的侵限风险，保证了高速铁路运营安全，经过实践总结，此次纳入规范。

轨旁设备专项设计应经过检算，检算依据的规范主要包括《高速铁路设计规范》TB10621、《混凝土结构加固设计规范》GB50367、《混凝土后锚固技术规程》JTG145、《铝合金结构设计规范》GB50429及其他国家和行业标准，检算内容包括在列车气动力和有车风荷载联合作用下设备的强度和稳定性是否满足规范要求。

4 监测项目及要求

4.2 桥梁

**4.2.3** 2014年，由原铁三院、京沪高速铁路股份有限公司、石济铁路客运专线有限公司、北京铁路局、济南铁路局联合承担了原铁路总公司重点课题《铁路线桥隧工程建造技术深化研究——石济客专并行京沪高铁施工监控及防范综合技术研究》，课题针对新建石济客专并行京沪高铁的影响进行了仿真计算，并给出了线间距控制指标及监测范围指标。

经过大量的计算最终确定的石济客专并行京沪高铁段落的合理线间距取值为：（1）既有京沪高铁为32m简支梁，石济客专修建桥梁，推荐相邻线线间距为25米。

（2）既有京沪高铁为（48+80+48m）大跨连续梁，石济客专修建（48+80+48m）大跨连续梁，推荐相邻线线间距为35米。

（3）既有京沪高铁为刚构中桥，石济客专修建刚构中桥，推荐相邻线线间距为50米。

（4）既有京沪高铁为路基，石济客专修建桥梁，推荐相邻线线间距为35米。

该线间距取值适用于：对于桩身及桩尖范围内土层由粉质粘土（140~260 kPa）、粉土（130~210 kPa）、细砂（300 kPa）、粉砂（200 kPa）、黏土（220 kPa）等互层组成，无不良地质，地下水位埋深为1.5~2.4m范围内情况。当线间距小于或等于上述控制值时，应进行施工监测。

该研究成果被推广应用至通辽连接线并行京沈高铁、太焦铁路并行大西客专、京雄城际并行京沪高铁、南沿江铁路并行宁杭客专、昌景黄铁路并行沪昆高铁、邯长邯济铁路并行石济客专、郑济铁路并行京沪高铁等多个项目中。由于地质条件、荷载、结构形式等不同，因此对于不同的并行情况和监测范围仍需要通过仿真计算和安全评估综合确定，以上结论可供借鉴和参考。

**4.2.5** 人工沉降监测及自动化沉降监测的人工复测的测点宜设置在墩身，宜利用桥墩原有的沉降观测标，以便与原始沉降进行数据衔接，同时减小二次安装测点对墩身结构的损伤。

4.3 路基

**4.3.5** 以上测点间距制定原则系总结《铁路工程沉降变形观测与评估技术规程》Q/CR 9230、《中国铁路上海局集团有限公司营业线施工工务安全管理办法》（上铁工【2020】345号）和邻营监测经验综合确定。

4.4 隧道

**4.4.1** 选测项目中的邻近影响区域内岩土体变形包括但不限于：地表沉降、土体分层变形以及潜在滑坡体的错动等。

对于预先埋设有应力传感器的既有高速铁路营业线隧道还应对其结构进行应力监测。

当新建工程采用爆破施工时，需要对高速铁路营业线隧道的爆破振动振速进行监测，爆破振动安全允许标准可按《高速铁路隧道工程施工技术规程》Q/CR 9604-2015中的相关限值选取。

5 监测方法

5.1 一般规定

**5.1.1** 发生意外情况时为保证数据能顺延，自动化变形监测系统应与水准测量进行互校。

**5.1.3** 本条要求与《高速铁路工程测量规范》TB10601第8.1.7条和《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》TB10182第11.0.4条保持一致。

5.2 精密水准人工监测

**5.2.4** 为保证测点稳定且与基床表层变形的一致性，路基面测点宜设置混凝土基础。

5.3 静力水准自动化监测

**5.3.1** 流体静力水准测量是五十年代末在丹麦首都哥本哈根首次进行试验的，20公里的中误差为±1.0mm。此后，流体静力水准测量在各种高程测量和精密工程测量中推广使用。当前国内外制造的多种型号的流体静力水准仪，可用于工程建筑物和沉陷观测，地震和大型机械安装测量等。经实践，当软管长30~40m，而且测量条件较好时，测高精度可达±0.05mm。静力水准系统具有结构简单，观测迅速，可以连续观测（其最高监测频次甚至可以达到100次/s）的特点，便于实现自动化监测，在邻近高速铁路营业线自动化监测中得到广泛应用。

**5.3.2** 静力水准测量目前有连通管式静力水准和压力式静力水准两种装置，其原理图如说明图5.3.2所示。



说明图5.3.2连通管式与压力式静力水准原理图

目前在用的静力水准测量系统多为连通管式静力水准，其利用相连容器中静止液面在重力作用下保持同一水平这一特征来测量各监测点间的高差。各监测点间的液体通过管路连通，称为连通管法，其特点是各个容器中的液体是连通的，存在液体流动和交换。

压力式静力水准系统其容器间的液体被金属膜片分断，不存在液体间的相互交换，通过压力传感器测量金属膜片压力差的变化可计算监测点间的高差，又称为压差式、差压式、晶硅式、硅压阻式、压阻式、液压式静力水准传感器，有时也被称为位测计、位移计、沉降计。

量程和精度是静力水准的两个重要指标。对于同一型号的传感器，精度为量程的百分数，如0.05%F.S，0.1%F.S、0.2%F.S。如某款静力水准传感器其标称量程为50mm，精度为0.1%F.S，则测量精度为±50mm×0.1%=±0.05mm。目前常用的连通管式液体静力水准仪有20mm~200mm多种量程，绝对精度高，可达到±0.02~±0.2mm，而压力式静力水准传感器的量程一般较大，可以达到600mm、1200mm、1800mm甚至3000mm，相应的精度则相对较低，为±0.6mm~±3.0mm，因此，针对待测量的精度要求和量程要求进行合理的传感器选型极为重要，对于需要研究变形过程的监测项目，建议优先采用连通管式静力水准仪。

目前，无论是连通管式静力水准还是压力式静力水准，均无相应的国家标准，对于压力式静力水准，其测量原理更类似于化工行业的差压变送器，该类型的传感器已有国家标准《物联网差压变送器规范》GB/T 34037,建议参考并部分借鉴。对于连通管式静力水准，目前的标准为电力行业的部分规范，建议参考并部分借鉴。由于目前铁路行业尚无静力水准仪的标准，本技术规程中结合其他行业标准并结合实践经验编制技术要求及试验方法。监测设备的生产和验收应按照此标准执行，本标准未涵盖的技术指标，由委托方和生产厂家另行约定，并鼓励在此基础上不断提高精度和质量。当委托方无用于试验和验收的设备时，可采取派出验收代表，在生产厂家平行见证的方式进行验收，生产厂家应保证委托方代表可不受阻碍的见证试验过程，保证试验验收成果的真实性。

**5.3.3** 由于高速铁路变形监测精度要求极高，沉降测量应采用固定式仪器，并可靠安装，保证传感器与待测结构的变形一致。

**5.3.5** 我国幅员辽阔，为了保证自动化监测系统的持续稳定运行，应根据所在地区的气候条件和历史温度选择合适的元器件。本条规定了静力水准系统对于量程和精度的选型原则。

**5.3.6** 为了保证液体的流动性，每条液体通路的长度不宜超过350m。连通管式静力水准系统要求所有测点的液面都位于一个水准面上，初始安装时要求各传感器安装在同一高度，安装高度的偏差直接影响沉降测量的量程。压力式静力水准系统的高差限制较宽，但也有相应要求。

对于有纵坡的线路结构，常常需分段分组安装测线，相邻测线交接处应在同一结构的上、下设置两个传感器作为转接点(说明图5.3.6)。变形测量作业现场，静力水准的参考点很难布设到稳定区域，点位稳定性很难满足基准点的要求，应定期进行水准联测。



说明图5.3.6 静力水准线路分组安装示意图

**5.3.7** 静力水准系统的整体精度不但受传感器的精度影响，还受其连通管、液体介质等多种因素影响，其连通管材质和灌注的液体介质（如防冻液等）均应符合各自的国家标准和行业标准。

应保证管路内液体的流动性，在环境温度可能达到冰点的安装现场，填充液应采用防冻液或其他不会冻结的液体。

实践表明，静力水准系统内所灌注液体的温度-密度关系将极大的影响测试系统整体的精度和稳定性，因此，建议对所灌注的液体按照批次或型号委托专业检测进行严格的温度-密度标定，以便修正由液体密度的温度误差所带来的系统测试误差。

**5.3.8** 该条是在多年的静力水准仪的应用实践经验中总结并结合精密水准规范和相关的安装手册而来的，防液体蒸发可采用添加硅油或液体石蜡等措施；防气泡除了在灌注过程中需要小心以外，还应该采用将液体介质静置一天以上或煮沸15分钟以上，以排净气泡。防混凝物可采用在液体介质中添加硫酸铜或采用防冻液的方法。防漏液应采用可靠的连接并定期检查。

**5.3.9** 管路和传感器应采用措施，如反射、保温、遮挡、避免阳光直射等措施以保证同一系统内温度的一致性，避免局部温度不一致造成过大的温度误差。可采用外包铝箔的保温棉，应严格注意不应有局部的漏包或者破损情况，特别是保温棉之间的接头处以及管线与设备的接头处。

**5.3.10**尽管在室外安装时应采取措施应采取措施保证全部连通管管路温度均匀，避免阳光直射，监测过程中仍不可避免的由于环境温度变化引起液体密度、管线尺寸、仪器自身的温飘等造成监测误差，因此在实际监测过程中，应根据实际情况进行温度补偿。

**5.3.11** 对连通管式静力水准系统，同一测段内静力水准测量的沉降观测值按下列计算：

 （说明式5.3.11）

式中：——k测点第i次测量相对于测点g第j次测量的沉降量（mm）；

——k测点第i测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离（mm）；

——g测点第i测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离（mm）；

——k测点第j测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离（mm）；

——k测点第j测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离（mm）；

经验表明，液面受外界强迫振动影响显著。经对安装在箱梁内的一台振弦式静力水准液面高度进行了跟踪观测，列车开过前后典型的液面振荡曲线见说明图5.3.11。该图表明，当采集数据的时刻与列车通过的时刻重合时，可能由于列车震动引起采集的数据异常，该异常值的大小与震动的大小有关，其值的大小并无规律且是无意义的，列车经过后，采集的数值恢复正常，该值应该通过人工判断或采用中位数滤波法滤除舍弃。静力水准观测时间应选在气温最稳定的时段，观测读数应在液体完全呈静态下进行。



说明图5.3.11列车震动引起数据突变

6 自动化监测系统

6.1 一般规定

**6.1.2** 高速铁路变形监测信息安全极为重要，因此，根据《信息安全要求 网络安全等级保护测评要求》GB/T 28448，制定本条规定。

6.5 安装与调试

**6.5.4** 由于目前基本上所有的高速铁路桥梁均为预应力混凝土结构，在箱梁上打孔可能损害预应力孔道的危险和预应力筋，对箱梁的强度造成削弱，引起安全事故，另外，还可能对箱梁混凝土的耐久性造成伤害，因此，制定本条规定。同时，为了保证粘接强度，对胶结剂的性能和施工工艺进行了规定。

**6.5.7** 静力水准系统的综合精度不但与设备精度有关，还与所处的环境条件、安装质量、液体密度、管线材质等相关，因此，在系统安装完成后应及时进行综合精度测试试验，以保证系统工作精度。

**6.5.8** 静力水准浮子上、下的活动范围有限，传感器的安装高度应统一，较大的差异直接影响其量程。

静力水准测量误差源主要有液面高度（受外界环境影响）、液压读取元件等两方面。液面高度受外界环境影响又分为：

1）非均匀温度场下管路内液体不均匀膨胀，导致液面高度变化；

2）不同气压、风力导致局部液面压力异常，导致液面高度变化；

3）液面受外界强迫振动影响，如箱梁内安装的静力水准系统受列车运行的振动影响。

为了保证静力水准系统的安装质量和综合精度，综合实践经验，制定本条规定。

6.6 系统维护运营与管理

**6.6.1** 自动化监测系统在长期运营期间，难免发生系统性能的降低，如静力水准系统液体蒸发引起的液面下降、个别传感器损坏、局部管路渗漏，长时间阳光照射不足导致供电系统亏电等情况，应定期对其进行维护。

7 监测频率与报警

**7.0.2** 该条与《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》TB10182第11.0.8条保持一致。

**7.0.3** 2012年~2020年，中国铁设开展了达700余项邻近高速铁路营业线安全评估和施工监测的工程实践，并承担了《石济客专并行京沪高铁施工监控及风险防范综合技术研究》和《高速铁路立交工程关键技术研究》等多项国铁集团重点课题。困难条件，如邻近工程规模大、地质情况较差等情况下，可结合轨道平顺性情况、扣件的调整余量、已发生的沉降和变形情况、高速铁路营业线结构（简支梁/连续梁/框构）情况，将新增加的邻近施工作为一种附加工况，叠加到原设计工况进行重新检算和安全评估后，综合确定安全预警值。

**7.0.5** 本条与《邻近铁路营业线施工安全监测技术规程》TB10314第7.2.1条规定一致。

**7.0.6** 本条给出了监测预警后的应急措施。