**中国工程建设化协会标准**

**高速铁路轨道安全监测技术规程**

**（征求意见稿）**

**主编单位：中铁第四勘察设计院集团有限公司**

**参编单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所**

**西南交通大学**

**北京交通大学**

**武汉理工大学**

**中国铁路上海局集团有限公司**

**北京华与信息科技有限公司**

**2022年11月**

# 

目 录

[前 言 I](#_Toc102067996)

[1 总则 1](#_Toc102067997)

[2 术语 2](#_Toc102067998)

[3 基本规定 3](#_Toc102067999)

[3.1 一般规定 3](#_Toc102068000)

[3.2监测系统设计 4](#_Toc102068002)

[3.3监测系统安装 5](#_Toc102068003)

[3.4监测系统验收 5](#_Toc102068004)

[3.5监测系统维护 6](#_Toc102068005)

[4监测系统设计 7](#_Toc102068006)

[4.1 监测项目 7](#_Toc102068007)

[4.2测点布置 8](#_Toc102068008)

[4.3传感器 9](#_Toc102068009)

[4.4 数据采集 11](#_Toc102068010)

[4.5 数据传输 12](#_Toc102068012)

[4.6 数据存储、处理与分析 12](#_Toc102068013)

[4.7 监测中心 14](#_Toc102068014)

[4.8 接口设计 16](#_Toc102068016)

[5监测系统安装与调试 17](#_Toc102068017)

[5.1 传感器安装 17](#_Toc102068018)

[5.2线缆敷设 17](#_Toc102068019)

[5.3数据采集机柜安装 18](#_Toc102068020)

[5.4 系统调试 19](#_Toc102068021)

[6监测系统验收与移交 20](#_Toc102068022)

[6.1设备安装验收 20](#_Toc102068023)

[6.2软件验收 21](#_Toc102068024)

[6.3 系统移交 21](#_Toc102068025)

**Contents**

[Preface I](#_Toc112245332)

[1 General 1](#_Toc112245334)

[2 Terminology 2](#_Toc112245335)

[3 Basic provisions 3](#_Toc112245336)

[3.1 General provisions 3](#_Toc112245337)

[3.2 Monitoring system design 4](#_Toc112245338)

[3.3 Monitoring system installation 5](#_Toc112245339)

[3.4 Monitoring system acceptance 5](#_Toc112245339)

[3.5 Monitoring system maintenance 6](#_Toc112245339)

[4 Monitoring system design 7](#_Toc112245340)

[4.1 Monitoring items 7](#_Toc112245341)

[4.2 Layout of measuring points 8](#_Toc112245342)

[4.3 Sensor 9](#_Toc112245343)

[4.4 Data acquisition 11](#_Toc112245344)

[4.5 Data transmission 12](#_Toc112245345)

[4.6 Data storage, processing and analysis 12](#_Toc112245345)

[4.7 Monitoring center 14](#_Toc112245345)

[4.8 Interface design 16](#_Toc112245345)

[5 Installation and commissioning of monitoring system 1](#_Toc112245346)7

[5.1 Sensor installation 1](#_Toc112245347)7

[5.2 Cable laying 1](#_Toc112245348)7

[5.3 Installation of data acquisition cabinet 1](#_Toc112245349)8

[5.4 System commissioning 1](#_Toc112245350)9

[6 Acceptance and handover of monitoring system 2](#_Toc112245351)0

[6.1 Equipment installation acceptance 2](#_Toc112245352)0

[6.2 Software acceptance 2](#_Toc112245353)1

[6.3 System handover 2](#_Toc112245354)1

[Terminology of this standard 2](#_Toc112245363)2

## 前 言

本技术规程主要依据高速铁路轨道服役状态安全监测前期工程实践经验、自主创新研究的最新成果以及国内其他有关标准和规范编制。

本技术规程主要包括总则、术语、基本规定、监测系统设计、监测系统安装与调试、监测系统验收与移交等内容。

本技术规程起草单位：中铁第四勘察设计院集团有限公司，中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所，西南交通大学，北京交通大学、武汉理工大学、中国铁路上海局集团有限公司、北京华与信息科技有限公司。

本技术规程主要起草人：

本技术规程由中铁第四勘察设计院集团有限公司负责解释。

## 1 总则

**1.0.1**为规范高速铁路轨道服役状态监测技术标准，使高速铁路轨道服役状态安全监测系统（以下简称“监测系统”）符合新建、既有高速铁路安全适用、技术先进，成果可靠的要求，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于高速铁路轨道结构温度、变形及受力的长期监测，是监测系统设计、安装与调试、验收与移交的依据。

**1.0.3**监测系统应综合考虑轨道结构特点、运营环境、功能目标、维养需求等因素制定设计方案，组织现场实施，以稳定可靠、先进成熟、经济适用、维护简便为主要原则，并应具备可扩展性和兼容性。

**1.0.4** 新建监测系统应与主体结构同步设计，宜与主体结构同步施工、同步使用，并提前规划好现场供电、数据通讯、预埋件安装、连接构件、预留孔道、检修通道、监控中心用房等工程界面。

**1.0.5** 既有监测系统设计应考虑现场安装环境和条件，在不影响线路正常运营的前提下利用天窗时间快速实施。

**1.0.6**监测系统技术要求除应符合本规程外，尚应符合国家、行业和国铁集团现行有关标准的规定。

## 2 术语

2.0.1 轨道服役状态安全监测系统 **Safetymonitoring system of track state**

主要包括前端传感及数据采集装置、数据传输装置和监测平台。可实时在线监测轨道服役状态参数变化，具备自动存储、发送、统计和分析监测数据的功能，对于超限数据可自动报警。

2.0.2 传感器**Sensor**

一种监测装置，能感受到被测量的信息，并能将感受到的信息，按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

2.0.3数据采集装置 **Data acquisition device**

从传感器和其它待测设备等模拟和数字被测单元中自动采集非电量或者电量信号，并自动进行分析、处理和存储的装置。

2.0.4数据传输装置 **Data transmission device**

连接数据采集装置和后端服务器的装置，实现轨道监测数据的传输。

2.0.5监测中心 **Monitoring center**

系统接收来自前端的采集数据并将数据自动入库，可为终端用户提供数据展示、查询、统计和分析服务。

2.0.6 预警阈值**Early-warning threshold value**

为满足轨道状态监测需求，保证轨道结构的状态安全，针对各监测项目的监测数据变化量所设定的受力或变形的设计允许值的限值。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 监测系统设计应由具备相应资质的专业单位负责，应由建设单位、运营单位审查后实施。

3.1.2新建线路监测系统工程的设计、实施流程宜按图3.1.1进行。



图3.1.1 新建监测系统建设管理流程

3.1.3 运营线路监测系统设计与实施宜遵循下列工作流程：

1 原设计单位现场踏勘，收集、分析相关资料；

2 编制监测设计方案和经费预算；

3 系统使用单位组织监测方案审查；

4 系统使用单位组织监测系统招标；

5 施工单位编制施工组织方案；

6 系统使用单位组织施工组织方案审查；

7 监测系统安装、集成与调试；

8 监测系统验收与移交。

3.1.4 监测系统应具备对外界环境、轨道结构响应和结构表观状况的实时监测、采集、传输，数据处理、查询、异常状态预警等功能。

3.1.5监测系统应根据监测需求、结构特征及现场条件合理确定传感器类型、布设方式、数据采集传输方式以及结构性能评估指标。

3.1.6 监测系统室外设备的设置位置及方式应满足铁路建筑限界、轨旁设备安装及管理要求。

### 3.2监测系统设计

3.2.1 监测系统设计方案应根据轨道结构及线下基础的特点，结合监测目的有针对性地进行编制。监测系统设计方案宜包括以下内容：

1 工程概况；

2 监测目的和依据；

3 监测内容和监测方法；

4 监测设备选型；

5 测点布置方案；

6 供电、通讯、设备用房等接口设计；

7 终端软件功能设计；

8 主要工程数量表。

3.2.2监测内容应结合轨道结构型式、线下基础类型、建设和运营实际情况等进行选取。

3.2.3 监测方法应结合监测周期、经济性、技术成熟性、耐久性、稳定性、运营实际情况等进行选取。

3.2.4 监测设备选型应稳定可靠，满足监测精度、量程和耐久性要求，并具备适当的保护设计与维修替换设计。

3.2.5 测点布置应能反映监测对象的实际状态及变化趋势。布设位置应便于监测设备的安装、调试和维护，安装位置附近不应有强烈的干扰源。

3.2.6监测系统终端软件应具有兼容性、可扩展性、易维护性和良好的用户使用性能，且与硬件系统相匹配。

3.2.7 监测系统的可靠性及可维护性应满足铁路运输和设备维护要求。

### 3.3监测系统安装

3.3.1监测系统施工应符合《铁路工程基本作业施工安全技术规程》（TB 10301）等相关标准的规定。

3.3.2监测系统安装前应根据设计方案和现场实际情况编制监测系统施工组织方案。监测施工组织方案宜包括以下内容：

1 工程概况；

2 监测内容和测点布置方案；

3 现场安装方案；

4 施工组织和要素安排；

5 施工质量保证措施；

6 施工安全专项防护措施；

7 施工工程安全生产事故专项应急预案；

8 其他需要解决的问题。

3.3.3监测设备及配套装置等应保证与结构本体牢固连接，并采取有效的防护措施，不应对行车安全造成不利影响。

3.3.4监测设备及配套装置不应影响检修人员的正常通行，如位于检修人员的行进路径上，应做好警示标识和防护措施。

### 3.4监测系统验收

3.4.1在监测系统可靠性和稳定性满足试运行要求且实施单位完成系统试运行报告后，可申请系统验收。

3.4.2 监测系统验收应包括设备安装验收和软件功能验收。

3.4.3监测系统验收阶段主要工程资料应包括：

1 竣工验收报告；

2 材料、设备的质量合格证明；

3 施工记录，包括设备设施安装记录、必要的试验检验记录。

4 监测系统使用说明书；

5 监测系统维护说明书；

6 监测系统设备清单；

7 其他有关该项工程的技术资料。

### 3.5监测系统维护

3.5.1每个月应对现场监测设备巡检一次，巡检内容包括监测设备及配套装置的固定状态。当遭遇台风、强降雨等极端气候条件时，应增加巡检次数。

3.5.2对工作状态不良或存在安全隐患的监测设备及配套装置应及时维修或更换。

3.5.3监测系统服役期间，未经监测系统设计单位许可不得改变测点或损坏传感器、电缆、采集仪等监测设备。

## 4监测系统设计

### 4.1 监测项目

4.1.1 高速铁路轨道服役状态监测的重点地段主要有大跨度桥梁、下部基础过渡段、小半径曲线等，重点设备主要有钢轨伸缩调节器、道岔等。

4.1.2 轨道主要监测内容选择应符合表4.1.1规定。

**表4.1.1 轨道监测内容参考表**

| **监测类型** | **监测项目** | | **轨道结构型式** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **有砟轨道** | **无砟轨道** | | | |
| **序号** | **项目** | **CRTS双块式** | **CRTSⅠ型板式** | **CRTSⅡ型板式** | **CRTSⅢ型板式** |
| **荷载作用** | 1 | 轨道结构温度 | / | □ | □ | □ | □ |
| 2 | 钢轨温度 | □ | □ | □ | □ | □ |
| **轨道结构局部响应** | 3 | 钢轨纵向位移 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 4 | 钢轨-轨道板/道床板纵向位移 | / | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 5 | 轨道板-凸型挡台纵向位移 | / | / | 🟊 | / | / |
| 6 | 宽接缝宽度变化量 | / | / | / | 🟊 | / |
| 7 | 轨道板-底座板纵向位移 | / | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 8 | 轨道板-底座板垂向位移 | / | □ | □ | 🟊 | □ |
| 9 | 底座板-桥梁纵向位移 | / | / | / | □ | / |
| 10 | 道床板钢筋应力 | / | ○ | / | / | / |
| 11 | 自密实混凝土层钢筋应力 | / | / | / | / | ○ |
| 12 | 自密实混凝土层混凝土应力 | / | / | / | / | ○ |
| 13 | 底座板钢筋应力 | / | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 14 | 底座板混凝土应力 | / | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 15 | 张拉锁件应力 | / | / | / | □ | / |
| 16 | 裂缝及离缝宽度 | — | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **钢轨伸缩调节器及抬轨装置响应** | 17 | 基本轨伸缩位移 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 |
| 18 | 尖轨伸缩位移 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 |
| 19 | 轨枕间距 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 |
| 20 | 抬轨装置垂向变形监测 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| **道岔响应** | 21 | 道岔裂纹 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 |
| 22 | 密贴监测 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 |
| 23 | 心轨挤岔 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 | 🟊 |
| 注： “🟊”为应测项，“□”为宜测项，“○”为选测项，”/”代表无此项内容。 | | | | | | | |

### 4.2测点布置

4.2.1 测点布置应符合下列规定：

1 测点布置应考虑结构受力特点、理论分析结果及构件重要性，选取结构性能参数变化敏感的部位进行布设，并满足预警、监测参数分析和结构状态评估需求。

2 监测项目的测点应冗余设置。

3 测点位置宜便于监测设备的安装、测读、维护、更换以及线缆敷设。

4轨道结构与下部基础具有相关性的监测测点宜统一布置于同一关键截面。

4.2.2 无砟轨道温度场监测点安装应符合下列规定：

1 温度场监测点每个监测断面宜设置2处，分别选取无砟轨道平面中心点和距结构边缘100mm处；

2 温度场监测点应结合无砟轨道结构型式分层安装，各层间距宜平均布置；

3 温度场监测点应涵盖无砟轨道结构最高和最低温度，宜在结构层分界处设置一层温度监测点；

4 大跨连续梁地段应监测轨温，必要时可监测钢轨应力和无砟轨道下部基础温度。

4.2.3 无砟轨道温度变形监测点布设应符合下列规定：

1 无砟轨道翘曲变形测点宜在每个监测断面轨道板角和轨道板长边中心各设置1处。

2 梁轨相对变形测点位置宜包含上、下行梁端无砟轨道及其相邻轨道板（道床板）。

3 无砟轨道连续结构温度上拱变形测点宜安装在轨道板（道床板）角处。

4.2.4 大跨度桥梁铺设CRTSI型板式无砟轨道地段，同时梁端未设置钢轨伸缩调节器时，宜对靠近梁缝处2块轨道板范围内的凸型挡台变形进行监测。

4.2.5 钢轨伸缩调节器温度变形监测点布设应符合下列规定：

1 基本轨伸缩位移监测点宜布置于基本轨跟端，包含同一股道的左右股基本轨。

2 尖轨伸缩位移测点宜布置于尖轨尖端，包含同一股道的左右股尖轨。

3 梁端伸缩装置测点宜布置于活动钢枕间、活动钢枕与相邻混凝土轨枕间、伸缩标尺等处。

### 4.3传感器

4.3.1 传感器选型的总体要求应符合下列规定：

1 应根据所需监测参数选取传感器的量程、测量精度、分辨率、灵敏度等；

2 应选用具有重复性好、稳定性好、耐久性好和抗干扰能力强的传感器；

3 应选用技术成熟、性能先进的产品；

4 传感器应满足结构实际使用的环境因素，且便于现场安装、系统集成、维护和更换。

4.3.2 传感器寿命应满足工程监测要求，监测设备宜优先选用表贴式可更换的设备，埋入式传感器寿命宜在5年以上，非埋入式传感器寿命宜在2年以上。

4.3.3 环境温度传感器量程应覆盖监测区已有气象观测资料记录的极值，最低精度不宜低于±0.2℃。

4.3.4 监测结构的温度传感器量程，最低温度应低于温度极值10℃，最高温度应高于最高温度极值20℃，最低精度不宜低于±0.2℃。

4.3.5位移传感器选型应符合下列规定：

1 位移传感器应根据结构特点和监测要求来选取，位移传感器应具有温度补偿功能。

2 钢轨-轨道板/道床板相对位移传感器的量程一般宜在±25mm范围内，精度宜为±1mm。

3 轨道板/道床板-底座板/支承层纵向位移的量程一般宜在±25mm范围内，精度宜为±1mm。

4 轨道板/道床板-底座板/支承层垂向位移的量程一般宜在±10mm范围内，精度宜为±0.1mm。

4.3.6 应变传感器选型应符合下列规定：

1 预埋式应变传感器应加强施工过程保护，同时增大测点的冗余性。

2 应变传感器量程宜不小于最大预测值的2倍。

3 应变传感器应具有温度补偿功能或采用低温敏传感器。

4 当采用电阻式应变计时，应对导线电阻进行修正。

4.3.7视频监控设备选型应符合下列规定：

1视频监控设备应具有实时监视、存储、回放、云台控制、多级管理等功能，可具备现场抓拍、视频内容分析功能。

2视频监控设备图像分辨率不应低于1920×1080。

3 根据现场需要合理确定半球、快球、枪机等视频监控设备类型。

4宜采用网络摄像机。

### 4.4 数据采集

4.4.1 应根据传感器信号类型、数量、采样范围、采样频率、信号输出方式等选择合适的数据采集装置，并考虑与数据传输设备接口的兼容。

4.4.2 应根据监测需求、空间尺寸条件、测点数量和布设位置、传感器类型等项目特点，设计数据采集装置与传感器间的空间分布关系，其与传感器间的最远传输距离应由传感器的信号衰减传输性能确定。

4.4.3数据采集装置安置场所应便于到达，满足运维操作的空间需求，满足采集硬件的工作环境要求，提供稳定且不间断的电力，具备满足监测需求的通讯条件。

4.4.4监测系统应针对监测数据应用及报警需求，设计包含数据采集模式、采集频率、全时采集时长、触发阈值、采集同步性等要求在内的专项数据采集方案，方案可参考表4.4.1进行设置。

**表4.4.1轨道结构数据采集方案建议表**

| **监测类型** | **监测项目** | | **最低采集频率** | **采集方式** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** |
| 环境 | 1 | 温湿度 | 1次/10min | 全时采集 |
| 轨道结构温度场及局部响应 | 2 | 轨道结构温度 | 1次/10min | 全时采集 |
| 3 | 轨道结构相对位移 | 1次/10min | 全时采集 |
| 4 | 轨道结构应变 | 1次/10min | 全时采集 |
| 5 | 裂缝及离缝宽度 | 1Hz | 全时采集 |
| 钢轨伸缩调节器状态指标 | 1 | 基本轨伸缩位移 | 1次/10min | 全时采集 |
| 2 | 尖轨伸缩位移 | 1次/10min | 全时采集 |
| 3 | 轨枕间距 | 1次/10min | 全时采集 |
| 4 | 抬轨装置垂向变形监测 | 1次/每趟车 | 触发采集 |
| 道岔响应 | 1 | 道岔裂纹 | 1次/每趟车 | 触发采集 |
| 2 | 密贴监测 | 1次/每趟车 | 触发采集 |
| 3 | 心轨挤岔 | 1次/每趟车 | 触发采集 |

4.4.5数据采集软件应前置安装运行在监测现场并能够长期连续稳定运行，应具备记录系统运行状态的日志功能和故障自动恢复功能，宜支持授权用户对设备和软件参数进行远程集中控制。

### 4.5 数据传输

4.5.1 数据传输硬件应保证监测系统各组成部分间建立稳定的物理连接，提供足够的带宽和数据冗余度，满足各级终端对数据传输的要求。

4.5.2 数据传输方案应综合考虑监测规模、通信传输距离、现场地形条件、网络覆盖状况等因素选取通信传输方式，宜采用单模光纤（光缆）传输和组网。

4.5.3 数据传输网络可选用铁路专用网络或公网，采用公网模式时，应采用秘钥、数字签名等方式对信息进行安全加密。

4.5.4 现场监控单元与铁路维护管理单位间的远距离数据传输宜采用光纤传输，主备用带宽不小于100Mbit/s。

4.5.5 数据传输软件应具备数据包处理功能，以包为单位传输，采用应答模式，并引入检校-重发-补发机制进行误码控制。

4.5.6 传输层数据协议应使用TCP/IP协议，应用层数据协议宜采用HTTP、MQTT等协议。

### 4.6 数据存储、处理与分析

4.6.1 数据存储与管理模块应具备数据高效存储、数据快速显示及指定时间回放、数据归档、数据库容灾备份、故障恢复及日志审计等功能。

4.6.2 数据存储及备份宜采用冷热分离机制，实时监测数据作为热数据宜存储于时序数据库中且存储时间不宜少于1年，冷数据存储时间不宜少于5年，超时限的数据宜转储至离线存储介质。

4.6.3 视频存储宜采用循环更新方式，原始数据应存储于本地硬盘，普通视频图像存储时间不宜小于1个月，告警时段图像应及时上传主数据库永久存储。

4.6.4数据存储与管理模块宜预留与工务安全生产管理信息系统的接口。

4.6.5监测数据处理、分析与反馈应符合下列规定：

1 监测数据采集后，首先应对原始监测数据进行预处理，以消除噪声和不合理趋势项，进行异常值判别和缺失值处理。

2 数据处理完成后应快速进入后端数据分析工作，包括特征值分析和规律分析。

3 监测数据分析完成后应及时、准确反馈信息，并提出相应对策与建议。正常情况下每天提供日报表，每周提供周报表，每月提供月报表。分析结构在相对稳定环境条件下的长期变化规律，以及特殊事件发生前后结构的变化规律。当监测数据持续变化较大、接近或达到预警值时，应提高监测频率和报表的反馈频率。

4.6.6 轨道结构服役状态特征指标及分析内容见表4.6.1。

**表4.6.1 轨道结构服役状态特征指标分析表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **监测类型** | **监测指标** | **特征值分析** | **规律分析** |
| 环境指标 | 环境温湿度 | 最高、最低、平均温度，内外最大温差 | 趋势分析； 与设计温度对比分析 |
| 荷载作用指标 | 结构温度 | 最高、最低、平均温度，温度梯度 | 趋势分析；  与环境温度进行相关性分析； 与设计温度场对比分析； |
| 轨道局部响应指标 | 轨道结构相对位移 | 最大值、最小值、平均值 | 趋势分析 |
| 轨道结构应变 |
| 裂缝及离缝宽度 |
| 钢轨伸缩调节器状态指标 | 基本轨伸缩位移 | 最大值、最小值、左右股伸缩位移量差值 | 趋势分析；  与梁端纵向位移的相关性模型；  与环境/结构温度的相关性及回归模型； |
| 尖轨伸缩位移 |
| 轨枕间距 | 最大值、最小值 | 趋势分析；  与梁端纵向位移的相关性模型； |
| 抬轨装置垂向变形监测 | 最大值、最小值 | 趋势分析； |
| 道岔响应 | 道岔裂纹 | 最大裂纹长度 | 趋势分析； |
| 密贴监测 | 最大值、最小值 | 趋势分析； |
| 心轨挤岔 | 次数统计 | 趋势分析。 |

4.6.7 预警阈值的设定应符合下列规定：

1 根据设计值、竣工试验值、规范容许值并结合结构的重要性等多种因素综合确定。

2除结构的相关参数与状态指标，监测数据本身的特征和规律也可用于阈值确定，以判断结构是否出现异常情况。

3阈值应根据使用期间的环境变化、结构状态变化、历史数据统计值等因素进行调整。

4轨道结构的预警阈值可根据实测数据和设备性能确定。

### 4.7 监测中心

4.7.1 监测中心主要由数据库、WEB服务器、网络设备和监控终端构成。

4.7.2 数据库设计应遵循可靠性、先进性和可扩展性原则，宜采用分布式数据库架构对信息进行分类存储管理。

4.7.3 数据库应根据系统需求分析及功能结构的确定，结合不同的前端监测设备，建立统一的数据接口和数据格式，准确有效地记录所有的监测数据，确保数据查询的灵活性。

4.7.4 严格控制数据库的访问权限，根据系统分配的不同帐号等级开放相应的权限，以保护数据库不被未经授权的访问和破坏，确保数据的安全性和稳定性。

4.7.5 应针对不同的应用要求制定不同的数据备份计划，定期对数据库和日志文件进行备份，以保证一旦发生故障，可利用备份文件，迅速将数据库恢复到一致性状态，确保数据的完整性和持续性。

4.7.6 监控终端软件应与数据采集、传输等硬件相匹配，且具有兼容性、可扩展性、易维护性和界面友好性。

4.7.7 监控终端软件应具有简洁易用的用户界面，宜选用B/S模式。

4.7.8 数据采集、传输、存储和管理设备信息应具备实时在线显示功能，并可对各模块功能参数进行在线设置和修改。

4.7.9 监控终端软件应具备监测数据、实时预警信息及各类评估结果的在线显示功能、数据查询统计功能、报表自动化生成功能。

4.7.10 监控终端软件自动对比监测参数实测值和预警阈值，如超限则自动报警，根据报警等级将报警信息发送至不同等级用户终端。

4.7.11 监控终端软件宜采用橙色和红色两级预警，阈值设置原则应符合表4.7.1的规定。

**表4.7.1预警阈值设置原则**

|  |  |
| --- | --- |
| **预警等级** | **阈值** |
| 橙色预警 （警戒值） | 根据实测数据统计值取值，取具有97.5%保证率的预警指标分位值。 |
| 红色预警 （安全值） | 结构响应超出设计荷载组合最不利工况的响应值，或相关规范与规程规定的限值，或行车安全值，或设计允许值，作为红色预警阈值。 |

4.7.12 监测终端软件预警模块的主要功能应符合下列规定：

1 预警模块应具备预警值设置、预警信息统计和分级推送功能。

2 预警内容应包括始末时间、预警级别、警示事项、传感器编号及位置、预警监测值及阈值、预警频率等。

3 预警模块应能发布、调整和解除预警。

4.7.13 监控终端软件应具备文档管理功能，支持用户在线进行上传、下载、删除、新建等档案管理操作。

4.7.14 监控终端软件应具备用户角色管理、权限控制、系统状态监控等功能。

4.7.15 监控终端软件应采用网络安全登录、分级授权、SSL证书等网络安全措施，防范系统入侵风险。

### 4.8 接口设计

4.8.1监测系统设备的供电负荷等级及电能质量应符合《铁路电力设计规范》（TB 10008）等相关标准的规定。

4.8.2 监控单元供电和电源设备应符合下列规定：

1 监控单元采用电力专业配备的配电箱独立供电，供电接入点应设在监测系统现场监控单元内，并应符合《铁路通信设计规范》（TB 10006）等相关标准的规定。

2 监控单元电源设备宜按双套配置，互为备用。

3 监控单元设备可配置UPS作为电源净化和临时断电使用，UPS设备的功能及性能应符合《铁路通信电源 第3部分：通信用不间断电源设备》TB/T 2993.3等相关标准的规定。

4 监控单元电源设备的备用时间应不小于3h。

5 现场采集设备宜采用监控单元内的电源设备供电。

4.8.3 监测系统与铁路运营单位间的主干通信光纤，应由通信专业统一设计，光纤接入点应设在监测系统现场监控单元或设备用房内。

4.8.4 监测设备防雷应进行专项设计，并应符合《铁路防雷及接地工程技术规范》TB 10180、《铁路通信设计规范》TB10006等相关标准的规定。

## 5监测系统安装与调试

现场监测系统安装可划分为传感器安装、线缆敷设、数据采集机柜安装等分部工程。

### 5.1 传感器安装

5.1.1 传感器安装位置及安装工艺应满足实施方案要求及设备技术要求。

5.1.2 埋入式传感器安装应符合下列规定：

1 传感器埋设宜与钢筋牢固绑扎，并设有可靠的保护措施，防止混凝土浇筑过程中损坏传感器。

2 混凝土中引出线缆应采用软管保护，软管与结构钢筋绑扎牢固，光纤类传感器的光缆端头应有密封保护措施。

5.1.3 结构表面传感器安装应符合下列规定：

1 传感器宜采用基座与结构连接。

2 钢构件表面安装传感器时，应将基座与结构焊接固定，基座宜与构件在工厂同步加工，疲劳敏感区宜采用粘贴方式与结构固定。

3 混凝土构件表面安装传感器时，宜在施工过程中将基座埋入混凝土或用膨胀螺栓将基座牢靠锚固在结构表面，螺栓应采取防松动措施。

4 采用夹具或抱箍固定时，夹具和抱箍应与传感器连接可靠。

5.1.4 传感器应根据安装位置和形状设计合理的保护装置，且将传感器引线外套保护管引出并固定在结构表面。

5.1.5安装钢轨-轨道板/道床板相对位移传感器时，传感器应采取绝缘措施，禁止将钢轨与轨道板/道床板连通；同时传感器不应设置在线路内侧。

5.1.6视频摄像头立杆的高度不得超过其与线路外轨间的最短距离，同时立杆顶端与接触网的距离应大于3m。

### 5.2线缆敷设

5.2.1 线缆的敷设与防护应符合《铁路信号设计规范》（TB 10007）及《铁路通信设计规范》（TB 10006）等相关标准的规定。

5.2.2 线槽应综合考虑工程环境条件、重要性和耐久性等因素合理选择防腐处理方式，并应设置伸缩节。

5.2.3 线缆敷设应符合下列规定：

1 线缆无压扁、护套损伤、表面严重划伤等缺陷。

2 线缆表面宜打上“XX监测专用”等字样。

3 线缆终端接线处及经过伸缩缝处应留有冗余。

4 桥面线缆宜敷设于弱电槽内，弱电槽外的线缆应采用防护管，且与结构牢靠固定，防护管弯曲应符合光电缆弯曲半径的要求。

5 结构内部敷设的线缆应采用管槽防护，管槽应与结构牢靠固定，保持连续的电气连接，并有不少于两点的良好接地。

6 线缆在金属防护管内敷设时，管口处应采取防护措施。

7 线缆进入设备箱时，宜从底部进入，并设置防水措施，管线孔应密封。

8 设备间连接线的电磁屏蔽性能与防水防腐蚀等级应符合设计要求，宜采用单根完整屏蔽线，存在中间接头时应使用热缩接头。

### 5.3数据采集机柜安装

5.3.1数据采集机柜应安装在信号采集干扰小的环境中，无法避开时应采取有效的屏蔽措施。

5.3.2数据采集机柜应安装在传输线路较短、信号损失最小的位置。

5.3.3 机柜表面应进行防锈处理，喷涂监测系统管理单位名称和联系方式。若机柜数量较多时应进行编号。

5.3.4 机柜不得侵入限界。安装于桥梁梁面上时，机柜宜布置在桥梁防撞墙外侧的走行道上，避开桥梁梁缝，并预留走行位置，不妨碍作业人员通过；安装于路基上时，机柜宜固定在路肩防水层区域；安装于岔区时，机柜不应遮挡行车标志。

5.3.5 机柜应安装牢固，所有紧固件应拧紧且采取防松措施。

5.3.6 机柜柜门应锁闭牢固，机柜的开门方向应与列车运行方向相反，防止列车风吹开机柜柜门带来安全隐患。

5.3.7 机柜内应设置防雷器和空气开关。

5.3.8线缆从电缆槽道引入至数据采集机柜时，采用镀锌钢管、钢丝橡胶软管或桥架防护。保护管结合部位连接可靠并用密封胶防水。

### 5.4 系统调试

5.4.1 系统调试前应先查验已安装设备的规格型号、配线、接地系统、绝缘电阻、引入电源等是否符合设计要求。

5.4.2 设备安装完成后，应对供电情况、设备运行状况、采集数据的可靠性和同步性、信号传输的稳定性等项目进行调试。

5.4.3 系统软件开发完成后，应对数据采集与传输软件、数据存储与管理软件、用户端软件的接口、设计要求的各项功能以及稳定性进行调试，软件调试完成后应出具软件测试报告。

5.4.4 系统各项功能根据设计要求自检合格后，即可进入试运行阶段，试运行期不宜少于1个月。

5.4.5 试运行期间，监测系统的可靠性和稳定性应符合下列规定：

1 系统各项功能运行正常，系统每月平均无故障工作时间应不小于每月总时长的90%。

2 每日系统自动采集数据的完整率应不小于90%。

3 监测系统应保证数据具有较好的周期性及与环境的相关性，无明显的系统性偏移。

## 6监测系统验收与移交

### 6.1设备安装验收

6.1.1 传感器安装验收应符合下列规定：

1 监测系统安装单位提供传感器清单，验收人员按照清单现场确认传感器型号、规格及数量；

2 查验传感器的型号、规格、数量和技术指标是否符合设计要求，检查生产厂家的合格认证标识，检测报告等是否完整；

3 传感器的安装位置和方式是否符合设计文件要求。

4 表面式传感器的成活率为100%，埋入式传感器的成活率不低于90%。验收时检查采集的数据是否正常，并进行归档记录。

5 传感器安装对结构产生的影响均已恢复，传感器表面或附近有明确的设备信息标识。

6.1.2 线缆敷设安装应符合下列规定：

1 线缆应采用线卡、线槽等措施进行固定，并做好相应标识。

2 敷设线缆时，应按设计文件要求采取保护措施；当设计文件无规定时，宜采用橡胶管或钢管进行保护。

3 不应敷设在影响操作和妨碍设备和管道检修、车辆和行人通行的位置，应避开运输、人行通道和吊装孔。对遭受雨淋、太阳直射的柜、箱，缆线宜考虑底部进入并应有防水措施。

4 不应敷设在有腐蚀性物质排放、强磁场和强电场干扰的区域，当无法避免时，应采取防护或屏蔽措施。

5 线缆的终端接线处及经过伸缩缝和沉降缝处应留有冗余度。

6 线缆不应有中间接头，无法避免时应在接线箱或拉线盒内接线，接头宜采用压接；当采用焊接时应用无腐蚀性的助焊剂。

6.1.3数据采集机柜安装验收需满足以下要求：

1数据采集机柜应安装稳妥，满足机柜安装的相关规范要求。

2数据采集机柜内设备应安装平整，空间富裕，线缆排线整齐。

3 数据采集机柜应进行编号，方便后期养护维修。

### 6.2软件验收

6.2.1软件应实现数据实时采集和显示、自动存储、缓存管理、即时反馈和自动传输等功能；

6.2.2 软件应与数据库系统稳定、可靠地通信，可本地或远程调整设备配置，可通过标签数据库或本地配置文件进行信息读取；

6.2.3 软件应具备分级预警及预警解除功能，报警信息自动化处理、显示、发送过程合理及时，无报警信息的漏报和误报。

6.2.4 软件应能实时显示及回放历史时段的监测数据及分析结果，具备数据处理分析能力和报表的自动化生成、管理功能。

6.2.5 软件响应速度应满足设计文件要求。

6.2.6 软件可靠性和稳定性各项要求不应低于试运行期的要求。

### 6.3 系统移交

6.3.1 系统交付前应对接收单位的使用人员进行培训，包括设备维护、系统软件主要功能、系统日常运行维护、系统异常和报警处理等操作培训。

6.3.2 验收合格后应按规定将系统设备和软件移交给接收单位。

6.3.3 系统移交资料应包含以下内容：

1 系统验收资料；

2 设备维护手册；

3 操作培训资料；

4 其他相关技术资料。

本规程用词说明

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”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

《高速铁路轨道安全监测技术规程》

条文说明

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

**1.0.1**  本规程涉及的高速铁路轨道，主要针对有砟轨道、CRTSI型、Ⅱ型、Ⅲ型板式无砟轨道和双块式无砟轨道，其他类型轨道结构监测需增设监测系统时，可参照本规程执行。

**1.0.2**  本规程针对的是高速铁路轨道服役状态的长期监测，监测的指标以温度、变形、应变等静态指标为主，监测的周期一般要求超过1年。

**3.1.2** 监测系统建设是复杂的系统性工程，涉及传感、网络通信、信号处理、数据管理、数据挖掘与预测、结构分析等多学科交叉内容，核心在于对监测数据的利用分析及对轨道结构状态的评估，需要组建专业化的队伍负责系统全过程的建设及运维，并对监测系统数据的准确性、稳定性、可利用性负责。

系统建设流程参考如下：

**1** 可行性研究阶段确定监测系统建设的必要性，纳入项目及投资。

**2** 实施阶段组织招投标或委托专业单位开展，编制详细的系统实施方案，通过评审后组织设备采购、开发及实施。

**3** 试运行阶段，进行系统的调试、优化，评判系统的运行情况，评价实施单位的工作效果。

**4** 验收阶段，进行系统施工质量的验收和评定。

**3.1.6** 根据《关于加强高铁轨旁设备管理的通知》（工电综技函〔2019〕40号）的要求，轨旁安装的各类传感设备及其控制箱盒，需要纳入设计范畴，统筹考虑结构强度、耐久情况、易于维护等因素，与主体工程同步建设、同步验收、同步投运，满足铁路运输安全条件，符合国家、行业相关标准。

**3.2.3** 铁四院于2009年武广高铁雷大桥轨道监测项目开始，先后开展了30余个高铁轨道监测项目，采用的监测方法、监测周期如下表所示。结合10多年的轨道监测经验，提出轨道长期监测方法选取建议：对于监测周期在2年以内的项目，可考虑采用振弦式监测技术、光纤光栅监测技术或其他成熟的监测技术；对于监测周期超过2年的项目，建议采用长期稳定性和耐久性好的监测手段，如光纤光栅监测技术。对于轨道结构中不利于安装接触式传感器的敏感部位，例如钢轨伸缩调节器尖轨/基本轨、道岔尖轨，宜优先采用非接触式的监测手段，如图像识别技术、激光测量技术等。

说明表3.2.3-1 高速铁路轨道结构综合监测方法现场应用典型工点

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **监测工点**  **类型** | **监测工点名称** | **监测系统建立时间** | **监测系统**  **服役时间** | **监测方法** |
| 1 | CRTSI型板式无砟轨道 | 广深港高铁沙湾水道特大桥连续梁梁端轨道状态监测 | 2014.1 | 5年 | 光纤传感技术 |
| 2 | 哈齐高铁CRTSⅠ型板式无砟轨道状态监测 | 2015.1 | 8年 | 光纤传感技术 |
| 3 | 哈大高铁成高子试验段 | 2014.1 | 2年 | 振弦式监测技术 |
| 4 | CRTSI型双块式无砟轨道 | 兰新第二双线乌鲁木齐试验段 | 2014.1 | 2年 | 振弦式监测技术 |
| 5 | 兰新第二双线吐鲁番试验段 | 2014.1 | 2年 | 振弦式监测技术 |
| 6 | 成都地区双块式无砟轨道试验点 | 2014.1 | 2年 | 振弦式监测技术 |
| 7 | CRTSII型板式无砟轨道 | 京沪高铁南京南站路桥过渡段轨道状态监测 | 2013.8 | 2年 | 振弦式监测技术 |
| 8 | 沪昆高铁萧山特大桥轨道状态监测 | 2014.3 | 2年 | 振弦式监测技术 |
| 9 | 宁杭高铁湖州隧道入口CRTSⅡ型板式无砟轨道监测 | 2014.6 | 4年 | 振弦式监测技术 |
| 10 | 沪昆高铁金华江特大桥轨道状态监测 | 2014.8 | 4年 | 光纤传感技术 |
| 11 | 沪昆高铁江山站板式道岔状态监测 | 2014.8 | 4年 | 光纤传感技术 |
| 12 | 京福高铁金寨路特大桥小半径曲线段CRTSⅡ型板式无砟轨道综合监测 | 2015.1 | 5年 | 光纤传感技术 |
| 13 | 沪昆高铁抚州CRTSⅡ型板式无砟轨道状态监测 | 2015.6 | 3年 | 图像识别技术 |
| 14 | 合福高铁巢湖东站无砟轨道服役状态监测 | 2019.1 | 3年 | 振弦式监测技术 |
| 15 | CRTSIII型板式无砟轨道 | 郑徐高铁跨京杭运河特大桥CRTSⅢ型板式无砟轨道监测 | 2016.4 | 3年 | 振弦式监测技术 |
| 16 | 郑徐高铁跨路基地段CRTSⅢ型板式无砟轨道运营状态监测 | 2016.4 | 3年 | 振弦式监测技术 |
| 17 | 道岔区纵连板式无砟轨道 | 武广高铁雷大桥特大桥道岔区板式无砟轨道运营监测 | 2009.7 | 3年 | 光纤传感技术 |
| 18 | 道岔区轨枕埋入式无砟轨道 | 沪昆高铁赣江特大桥跨九龙大道道岔连续梁拱桥（跨度102m）上无缝道岔综合监测 | 2014.12 | 4年 | 光纤传感技术 |
| 19 | 桥梁-轨道一体化综合监测 | 宁安高铁安庆长江大桥健康服役状态监测 | 2016.9 | 7年 | 图像识别技术+振弦式监测技术 |
| 20 | 有砟轨道钢轨伸缩调节器 | 京福高铁铜陵长江大桥钢轨伸缩调节器区轨道状态监测 | 2017.5 | 5年 | 光纤传感技术 |
| 21 | 张吉怀高铁酉水大桥钢轨伸缩调节器监控 | 2021.10 | 1年 | 图像识别技术 |
| 22 | 无砟轨道钢轨伸缩调节器监控 | 昌吉赣高铁赣江特大桥钢轨伸缩调节器监控 | 2019.7 | 3年 | 图像识别技术 |
| 23 | 商合杭高铁裕溪河特大桥钢轨伸缩调节器监控 | 2020.3 | 2年 | 图像识别技术 |

4.1.2 根据不同的轨道结构形式，轨道结构温度对应的监测部位各不相同。CRTS双块式无砟轨道宜监测道床板温度和底座/支承层温度；CRTSⅠ型板式无砟轨道宜监测轨道板温度和底座板温度；CRTSⅡ型板式无砟轨道结构宜监测轨道板温度、砂浆层温度和底座板温度；CRTSⅢ型板式无砟轨道宜监测轨道板温度、自密实混凝土层温度和底座板温度。

CRTS双块式无砟轨道结构的一个主要特征就是在长大路基地段道床板采用连续不间断结构。相比较单元结构，纵连混凝土结构温度效应明显；而CRTS双块式无砟轨道纵连道床板的竖向稳定性主要依靠道床板和支承层的粘结作用及道床板的整体效应，因此CRTS双块式无砟轨道道床对于支承层表面的拉毛质量、道床板施工前支承层表面的洁净度要求高。在实际工程中，双块式轨枕预制混凝土和道床板现浇混凝土界面存在新老混凝土的结合问题，如果轨枕周围及轨枕下混凝土振捣不密实，则在新老混凝土界面容易出现离缝，影响结构耐久性。CRTS双块式无砟轨道结构重点监测以下内容：（1）轨道结构温度；（2）道床板与支承层的纵向相对位移；（3）道床板与支承层的垂向相对位移。

凸形挡台是CRTSⅠ型板式无砟轨道的限位结构，主要功能是限制轨道板的纵、横向移动，保证轨道结构稳定性。凸形挡台主要承受温度力、轨道横向阻力、轮轨横向力、制动/牵引力等水平荷载；对于温度跨度较大的桥梁，由于环境温度变化所产生的梁轨相互作用对梁端凸形挡台限位结构受力的影响较大。根据CRTSⅠ型板式无砟轨道的现场排查资料，温度跨度较大的连续梁梁端凸形挡台与底座连接处容易发生拉裂情况，因此对于CRTSⅠ型板式无砟轨道，大跨度连续梁梁端是无砟轨道监测的一个重点区域。CRTSⅠ型板式无砟轨道结构重点监测以下内容：（1）轨道结构温度；（2）钢轨-轨道板纵向相对位移；（3）凸型挡台与轨道板纵向相对位移；（4）轨道板-底座板纵向相对位移；（5）凸台内混凝土和钢筋应力。

砂浆层与轨道板或底座板（支承层）之间出现离缝伤损是 CRTSⅡ型板式无砟轨道结构中较为常见的伤损形式之一。尤其是在夏季持续高温作用下，离缝严重地段会产生轨道板上拱病害，影响行车安全。因此轨道板的离缝上拱是CRTSⅡ型板式无砟轨道结构监测的重点。CRTSⅡ型板式无砟轨道结构的受力变形主要与轨道结构的温度、砂浆层的离缝状态、宽窄接缝状态、侧向挡块的受力等因素有关。CRTSⅡ型板式无砟轨道结构，重点监测以下内容：（1）轨道结构温度；（2）钢轨-轨道板纵向相对位移；（3）轨道板-底座板纵向、垂向相对位移；（4）宽窄接缝内张拉锁件和混凝土受力；（5）底座板内混凝土和钢筋应力。

根据《CN钢轨伸缩调节器暂行技术条件》（TJ/GW 143-2015），对于铺设在伸缩位移较大的长大连续梁梁端、曲线桥或新型桥梁结构等特殊地段的钢轨伸缩调节器，为及时掌握其使用状态与周围环境的变化，以便工务部门及时进行养护维修，宜在调节器范围设置监测系统。监测系统应具备远程记录调节器相关使用数据（气温、轨温、梁温、梁缝宽度、基本轨和尖轨伸缩量等数据）的功能，并不得对调节器自身及线路其他设备正常使用产生干扰。

根据《高速铁路道岔监测系统（JDS-300A）暂行技术条件》（铁总科技[2015]208号），道岔监测内容包含岔区钢轨裂纹、密贴、心轨挤岔3部分。其中岔区钢轨裂纹包含钢轨螺栓贯穿裂纹、轨头下鄂水平裂纹、轨腰水平裂纹、轨头纵向裂纹、轨底裂纹。密贴监测、心轨挤岔监测功能满足铁运[2008]36号文《道岔监测系统设备》规定。

4.2.2~4.2.3 无砟轨道温度场及温度变形测点布置方案参照《高速铁路无砟轨道温度场及温度变形监测》（Q/CR 804-2020）。

4.2.4大跨度桥梁CRTSⅠ型框架板式无砟轨道梁端的凸型挡台为半圆形，是轨道结构受力的薄弱环节，目前类似桥梁上已经出现过凸形挡台与底座板连接处破损，凸形挡台破损的情况。凸型挡台与轨道板间的纵向相对位移监测能够很好地反映出凸形挡台的服役状态。根据对广深港高铁沙湾水道特大桥梁端凸型挡台与轨道板间的纵向相对位移的长期监测，凸型挡台与轨道板相对位移测点2和3位于梁缝处，测点1和4与梁缝距离1块轨道板（说明图4.2.4-1所示）。4个测点全年的凸台与轨道板的相对位移变化趋势相同（说明图4.2.4-2所示），均从正相对位移变成负相对位移，最后再回到正的相对位移，即凸台与轨道板间由受拉变成受压再到受拉状态。其中测点1的相对位移年最大变化量为5.88mm，测点2的相对位移年最大变化量为10.88mm，测点3相对位移年最大变化量为7.06mm，测点4相对位移年最大变化量为9.67mm。距离梁端第二个凸型挡台的年变化量（测点1和测点4）均≤±4mm（该范围为凸台树脂砂浆弹性变形的正常范围），因此对大跨度桥梁靠近梁缝处2块轨道板范围内的凸型挡台变形进行监测一般可满足安全监测需求。



**说明图4.2.4-1 凸型挡台与轨道板相对位移测点布置图**



**说明图4.2.4-2 全年凸型挡台与轨道板相对位移量随时间变化图**

4.3.1 传感器主要性能参数定义如下：（1）量程：传感器所能测量的最大被测量的数值；（2）测量精度：真值附近正负三倍标准差的值与量程之比，是指测量值与真值的最大差异；（3）分辨率：传感器能够检测到的最小输入增量；（4）灵敏度：传感器在稳态下输出量变化对输入量变化的比值；（5）重复性：传感器在全量程输入按同一方向做连续多次测试时所得的输入-输出特性曲线不一致的程度，体现随机性的误差；（6）稳定性：传感器在相当长的工作时间内保持其性能的能力，又称长期稳定性。

4.3.2传感器的预期寿命是制约监测系统使用年限的重要环节，受到温度、湿度、振动冲击、污染、灰尘、供电稳定性等诸多因素影响，也与对监测系统的维护和保养程度紧密相关。

对于轨道结构监测，埋入式传感器适用于新建道床的埋入式应变及温度传感器。安装温度传感器是为了获取结构的温度场，一般经历1~2年的循环，即可获取较为准确的结构温度分布规律。安装埋入式应变是为了获得混凝土结构的恒载应力及后续的应力增量。因此，以获取轨道结构恒载应力为目标的埋入式应变计，结合目前开展的多项现场监测试验经验，5年的设备寿命期较为合适，足够获得较为准确的结构恒载应力发展历程。5年后轨道结构应变的测量可以由表贴式应变计代替，进行应力增量的测量，恒载应力可以通过截面应力关系换算至表面。非埋入式传感器直接暴露在外界环境中，根据调研、经济性及实际使用情况，使用年限在2年左右。传感器更换时，需考虑数据的延续性和可继承性。

4.4.3轨道数据采集站安置场所一般根据实际需求，按最有利于达到采集目标的原则（高效、高质量、可靠）设置，常常选择桥梁挡墙外侧靠近传感器区域，如挡墙外侧或护栏上，有时也设置在桥梁的桥墩上。

4.4.4采集设备按照其采集的时间频度、频次和时间间隔，一般分为全时采集、定时采集、触发采集三种模式，其中全时采集为实时连续的采集；定时采集仅在指定某时间段内进行全时采集；触发采集仅在采集数据触发预设阈值时，才进行连续采集。

轨道监测系统在运行的前二年内一般采用全时采集，获取轨道的初始静力参数，积累足够的数据进行阈值的合理设置，后期可根据轨道服役状态进行采集参数设置。

轨道结构相对位移对应不同类型轨道结构，包含钢轨纵向位移、钢轨-轨道板/道床板纵向位移、轨道板-凸型挡台纵向位移、宽接缝宽度变化量、轨道板-底座板纵向位移、轨道板-底座板垂向位移、底座板-桥梁纵向位移等监测项目。

轨道结构应变对应不同类型轨道结构，包含道床板钢筋应力、自密实混凝土层钢筋应力、自密实混凝土层混凝土应力、底座板钢筋应力、底座板混凝土应力、张拉锁件应力等监测项目。

4.6.2热数据是指会被频繁查询或更新的数据，同时对访问的响应时间要求很高。冷数据不允许更新，偶尔被查询，同时对访问的响应时间要求不高，热数据就近计算，冷数据集中存储。冷热数据一般按时间推移来区分，由于很多监测数据与温度性很强，以1年作为时间分割线可以很好的把握数据的周期性规律，也可以结合业务与历史访问情况综合考量。对于超过时间线的数据，迁移到冷数据中，迁移过程需要注意两点，即不对热数据系统产生性能影响、不影响数据查询。

4.6.5数据分析前需要先进行通过异常值剔除、缺失值填补等预处理工作以提高数据质量，再实施滤波、数据平滑零均值化、粗差处理、趋势项消除、野点跳点的剔除与补正等数据初步处理工作。

监测数据分析应包含特征值分析和规律分析内容。特征值分析是对监测数据进行数据解耦和特征指标提取，完成数值统计；规律分析是利用长时间监测数据，分析监测量及其特征值的变化趋势；分析具备相关关系的监测量及其特征值间的相关性；对同类的对称或相似位置参数进行对比分析。

4.6.6轨道结构相对位移对应不同类型轨道结构，包含钢轨纵向位移、钢轨-轨道板/道床板纵向位移、轨道板-凸型挡台纵向位移、宽接缝宽度变化量、轨道板-底座板纵向位移、轨道板-底座板垂向位移、底座板-桥梁纵向位移等监测项目。

轨道结构应变对应不同类型轨道结构，包含道床板钢筋应力、自密实混凝土层钢筋应力、自密实混凝土层混凝土应力、底座板钢筋应力、底座板混凝土应力、张拉锁件应力等监测项目。

4.6.7根据理论计算、结构设计、轨道服役阶段监测数据，提出不同轨道结构类型及设备的预警建议值，供监测系统设计及实施单位参考。

（1）CRTSI型板式无砟轨道：①轨道板升温幅度：≤45℃；②凸型挡台与轨道板纵向相对位移：≤±7.0mm。

（2）CRTS双块式无砟轨道：①道床板温度变化幅度：≤40℃；②道床板-支承层纵向相对位移：≤±1mm；③道床板-支承层垂向相对位移：≤2mm。

（3）CRTSII型板式无砟轨道：①目前华东地区CRTSII型轨道板温度以气温超过35℃作为高温预警值；②轨道板升温幅度：≤40℃；③夏季轨道板板温允许达到的最大值（在砂浆层和宽窄接缝状态良好的前提下）：④施工锁定板温+40℃；⑤轨道板-底座板/支承层纵向相对位移：≤±2mm；⑥轨道板-底座板/支承层垂向相对位移：≤2mm；⑦宽接缝宽度变化量：≤3mm。

（4）BWG钢轨伸缩调节器和国产钢轨伸缩调节器

**说明表4.6.8-1钢轨伸缩调节器监测指标阈值参考值**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测对象 | | 监测内容 | 初期预警值 | | 设计预警值 |
| BWG钢轨伸缩调节器及伸缩装置状态 | | 基本轨伸缩位移 | 初期取设计伸缩量程的80% | | 设计伸缩量程 |
| 左右股基本轨伸缩位移量差值 | 初期取±4mm | | ±5mm |
| 尖轨伸缩位移 | 初期取设计伸缩量程的80% | | 设计伸缩量程 |
| 左右股尖轨伸缩位移量差值 | 初期取±4mm | | ±5mm |
| 轨枕间距 | 初期取设计伸缩量程的80% | | 设计伸缩量程 |
| 桥梁梁缝值 | 初期取设计伸缩量程的80% | | 设计伸缩量程 |
| 国产钢轨伸缩调节器及伸缩装置状态 | 基本轨伸缩位移 | | | 初期取设计伸缩量程的85% | 设计伸缩量程 |
| 梁端伸缩装置伸缩量 | | | 初期取设计伸缩量程的85% | 设计伸缩量程 |
| 轨枕间距 | | | 初期取设计伸缩量程的75% | 设计伸缩量程 |
| 桥梁梁缝值 | | | 初期取设计伸缩量程的75% | 设计伸缩量程 |

（5）道岔：①道岔裂纹长度：10mm；②道岔密贴量≤5mm。

**5.1.1** 各类传感器安装严格执行产品说明、实施文件及专项施工作业指导书等文件要求，保障传感器的稳定性和准确性，相关建议如下：

**1** 埋入式传感器的监测点远离结构钢筋时，结合辅助钢筋定位和固定。混凝土浇筑过程中需采取保护措施，避免振动棒直接接触传感器。

**2** 温度传感器在结构表面安装时，需用绝热材料隔绝传感器与外界环境之间的热交换。埋置轨道结构温度传感器时，在轨道结构选定测点处钻孔（优先选择灌浆孔），孔深一般贯穿轨道板、砂浆层直至底座中心，达到预定测量深度后，将温度传感器按照轨道结构各层的厚度放入孔内，然后用同标号的混凝土填埋。

**3**大气温、湿度传感器应安装在百叶箱内，传感器感应部分中心离地面宜在1.5m±0.1m。传感器的连接支架要具有足够的刚度。

**4** 采用视觉非接触式监测方式时，标靶与桥梁结构牢固连接，在列车通行时标靶与结构间无相对晃动。

**5** 轨道区域附近传感器工装采用黑色不锈钢保护罩进行保护，固定在轨道板表面的保护罩位于两轨间时，其高度一般不大于8cm。

**5.1.4** 保护装置的安装不能影响传感器的性能，保护装置要具有足够的刚度、强度和耐久性，且拆卸方便。

**5.2.3** 综合布线一般采用线槽及防护管等进行线缆保护，线槽根据现场环境情况采用热浸镀锌、不锈钢、铝合金等材质，防护管采用包塑不锈钢软管、热镀锌钢管、钢丝橡胶管等材质。当设计文件无规定时，桥面线缆一般采用不锈钢管或热镀锌钢管进行保护，弯曲段一般采用钢丝橡胶软管，结构空间内部线缆一般根据环境情况采用热镀锌钢管、包塑不锈钢软管等进行防护。

电缆连接对芯线和电缆护套要采用热缩管保护，芯线对接采用自带助焊剂的焊锡丝焊接，焊接点牢固、光滑、无虚焊或假焊。芯线焊接后用热缩套管完成绝缘密封后，再进行电缆护套热缩套管加热操作。热缩套管与电缆护套搭接段涂上热熔胶，使热缩套管与芯线结合部及两侧电缆外护套紧密结合。电缆连接完成后，要及时检测芯线电阻及绝缘电阻。

光纤（缆）接续一般采用热熔接方式连接，尽量减少接头数量，避免在多尘及潮湿环境中操作，接续时采用OTDR双窗口测试接续损耗，每根单模光纤接续损耗平均值一般不大于0.08db，光纤熔接完成后，使用热缩套管进行光纤（缆）防护。

光电缆线与大桥其他缆线保持必要的距离，采取必要的屏蔽措施。光缆敷设弯曲半径一般要大于光缆外径的20倍，双绞线、同轴电缆、大对数线缆的弯曲半径要大于其直径的15倍，接头部位平直不受力。