

# CSPSTC

## 团 体 标 准

T/CSPSTC 62—2021

---

### 城市交通基础设施智能监测技术规范

Technical specification for intelligent monitoring of urban  
transportation infrastructure

2021-02-26 发布

2021-05-01 实施

---

中国科技产业化促进会 发 布



目 次

前言 ..... III

引言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本规定 ..... 3

5 监测项目与方法 ..... 4

6 传感采集与传输 ..... 6

7 数据集成与存储 ..... 9

8 数据处理分析..... 11

9 控制值及预警..... 12

10 监测成果 ..... 13

附录 A（资料性） 数据处理流程 ..... 16

附录 B（资料性） 监测数据标准 ..... 22

附录 C（资料性） 监测报告成果格式 ..... 30

参考文献 ..... 44



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由重庆市勘测院提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：重庆市勘测院、济南市勘察测绘研究院、福州市勘测院、武汉大学、西南交通大学、重庆市轨道交通(集团)有限公司、重庆市设计院、重庆路桥股份有限公司、中铁大桥局集团有限公司、中铁第六勘察设计院集团有限公司、重庆邮电大学、杭州鲁尔物联科技有限公司、中冶成都勘察研究总院有限公司。

本文件主要起草人：向泽君、陈翰新、谢征海、滕德贵、邹进贵、王鹏、陈瑞霖、胡波、崔征、肖根旺、刘永中、游为、冯文丹、葛俊、蒋溢、任子豪、张兴国、熊开明、何孟松、赵铭、明镜、王昌翰、隋俭武、熊安萍、陈里里、李超、张恒、王大涛、袁长征、周成涛、李凯、黄赞、林江伟、胡辉、罗东林、薛鹏、何蕃民。

## 引 言

随着国民经济建设的不断推进,我国城市基础设施在质量和规模上取得了巨大的突破,在施工工艺、科学运营等方面具有显著进步。城市交通基础设施是城市经济社会活动的基石,从设计、建设到运营阶段的全寿命安全极为重要,尤其是我国大量基础设施已进入运营中后期,更加需要科学有效的技术手段开展全面的智能监测工作,及时甄别安全风险,提升设施服务能力。智能安全监测是一项跨学科、跨行业的综合性工作,以海量观测数据为基准,开展科学可靠的状态评价,对未来趋势进行精准预测预报,是我国智慧城市建设、新基建等工作的重要组成部分。

本文件参考国内外有关标准,结合参编单位在各大城市实际工作中形成的技术经验,按照新型智慧城市建设的不要求以及智能交通基础设施发展规划,涵盖了城市交通基础设施智能监测技术所涉及的监测项目与方法、传感采集与传输、数据集成与存储、数据处理分析、控制值及预警以及智能监测成果等技术要求,以提升城市交通基础设施管理的信息化水平。

# 城市交通基础设施智能监测技术规范

## 1 范围

本文件规定了城市交通基础设施智能监测技术应用及系统建设过程中所包括的监测项目与方法、传感采集与传输、数据集成与存储、数据处理分析、控制值及预警以及智能监测成果等内容。

本文件适用于城市交通基础设施从建设到运营的全生命周期智能化监测。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 30269.2 信息技术 传感器网络 第2部分：术语  
GB 50330 建筑边坡工程技术规范  
GB 50490 城市轨道交通技术规范  
GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准  
GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范  
GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范  
JGJ 8—2016 建筑变形测量规范  
T/CAGHP 013—2018 地质灾害 InSAR 监测技术指南（试行）  
CJJ 89 城市道路照明工程施工及验收规程  
CECS 333:2012 结构健康监测系统设计标准  
JTG/TD 70 公路隧道设计细则  
JTG 3370.1 公路隧道设计规范 第一册 土建工程  
JTG/T 3660 公路隧道施工技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 基础设施

#### 3.1.1

**轨道交通 urban rail transit**

采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统，包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统。

[来源：GB 50490，2.0.1]

#### 3.1.2

**城市道路 urban road**

在城市范围内，供车辆和行人通行的、具备一定技术条件和设施的道路。按照道路在道路网中的地

位、交通功能以及对沿线建筑物和城市居民的服务功能等,城市道路分为快速路、主干路、次干路、支路、居住区道路。

[来源:CJJ 89,2.0.12]

### 3.1.3

#### **城市桥梁 urban bridge**

城市范围内,修建在河道上的桥梁和道路与道路立交、道路跨越铁路的立交桥及人行天桥。

### 3.1.4

#### **公路隧道 road tunnel**

供汽车及非机动车和行人通行的地下通道,一般分为汽车专用隧道和汽车、非机动车与行人共同通行的隧道。

[来源:JTG/TD 70—2010,2.1.1]

## 3.2 监测项目

### 3.2.1

#### **周边环境 surrounding buildings**

基础设施周围的建筑物、构筑物,道路、桥梁,各种市政设施以及其他公共设施。

[来源:GB 50911,2.1.2]

### 3.2.2

#### **变形监测 deformation monitoring**

对主体结构、附属结构、附属设施及周边环境等监测对象的竖向、水平、倾斜等变化所进行的量测工作。

[来源:GB 50911,2.1.8]

### 3.2.3

#### **环境监测 environmental monitoring**

对基础设施所在区域的风速、风向、温度、湿度、降雨量等自然环境参数进行的量测工作。

### 3.2.4

#### **响应监测 response monitoring**

对在荷载作用下主体结构、附属结构等构件产生的应变、裂缝、腐蚀、拉索索力、支座反力、基础冲刷等参数进行的量测工作。

## 3.3 数据处理

### 3.3.1

#### **控制值 controlling value on monitoring**

针对交通基础设施及周边环境的保护要求,对监测项目所设定的控制值。

### 3.3.2

#### **数据预处理 data preprocessing**

在进行融合数据处理以前开展的数据清洗、集成、滤波、变换等处理过程。

### 3.3.3

#### **预测预报 forecast and prediction**

根据监测对象的结构特性,利用经验的或系统模拟的方法估计定时限之后的结构状态,并进行趋势数据发布的过程。



### 3.4 数据通讯

#### 3.4.1

##### 同步传输 **synchronous transmission**

发送方和接收方的时钟是统一的、字符与字符间的传输是同步无间隔的数据传输技术。

[来源:CECS 333:2012,2.1.9]

#### 3.4.2

##### 异步传输 **asynchronous transmission**

不要求发送方和接收方的时钟完全一样,字符与字符间的传输是异步的数据传输技术。

[来源:CECS 333:2012,2.1.10]

### 3.5 智能系统

#### 3.5.1

##### 传感器 **sensor**

感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成。

[来源:GB/T 7765,3.1.1]

#### 3.5.2

##### 采集网关 **acquisition gateway**

连接由传感器网络节点组成的区域网络和其他网络的设备,具有协议转换和数据交换的功能。

[来源:GB/T 30269,2,2.1.5]

#### 3.5.3

##### 智能监测系统 **intelligent monitoring system**

利用各种传感技术,通过自动化系统提取各类传感器的测量数据,经过处理和分析,快速发现城市交通基础设施的异常情况,及时发出警报,实现事前预警,事中处理,事后决策的全自动、全天候、实时监测的智能化系统。

## 4 基本规定

### 4.1 一般规定

4.1.1 城市交通基础设施应根据工程风险评级的有关规定开展安全监测工作。

4.1.2 宜充分利用传感器、物联网、云计算、大数据等技术开展技术服务。

4.1.3 监测设计与实施应遵循规范性、先进性、实用性、可靠性、可扩展性等原则。

4.1.4 宜在交通基础设施设计阶段考虑建设期与运营期的监测工作,对需要建立智能安全监测系统的,与主体结构同时设计、同时施工、同时投入使用。

### 4.2 监测准备

4.2.1 应在既有控制网、监测网、既有系统成果的基础上进行方案设计与系统建设。

4.2.2 宜加强对地质、环境、设计、竣工等资料的收集分析。

4.2.3 应进行现场踏勘,排查潜在风险点,明确监测项及监测点位。

4.2.4 交通基础设施新建时宜预埋监测设备,或预留设备埋设空间,为后续监测提供便利。

### 4.3 方案设计

4.3.1 应以传感技术为主,构建 24 h 连续自动化监测系统,以人工核查为辅。

4.3.2 应根据项目委托方要求、结构类型特点、地质资料、设计资料进行监测技术方案设计,方案宜涵盖以下部分:

- a) 基础设施建设或运营概况;
- b) 监测目的和技术依据;
- c) 监测内容、项目、方法及实施方案;
- d) 监测精度及频率、监测控制指标、监测应急响应预案;
- e) 监测数据处理与信息反馈机制;
- f) 监测预警方案;
- g) 监测系统运营维护方案。

4.3.3 监测技术方案设计宜符合下列要求:

- a) 建设期宜结合施工过程、施工工艺开展专项设计,合理借用施工条件开展传感器布设,做好安全保护措施;
- b) 运营期宜依据既有结构现状、通信条件开展专项设计,在不破坏既有结构完整性的条件下进行传感器布设;
- c) 老旧基础设施宜进行现场摸排,确定风险点,根据实际受损情况及发展趋势选用相匹配的监测技术,从监测精度、可靠性、经济性等方面开展优化设计。

4.3.4 监测项目及监测点分布宜根据交通基础设施的复杂度、重要性、结构特性、外部环境及荷载作用等因素确定,应能准确反映监测对象的变形特征、趋势及规律。

4.3.5 监测频率应符合相应规范和设计要求,特殊情况下宜进行加密观测,相关监测项宜同步采集。

4.3.6 对于现行规定中未明确的新技术、新方法,宜按照优于设计或变形允许值的 1/10 作为精度指标,在使用前应与现有监测方法进行对比验证。

### 4.4 系统建设与运维

4.4.1 系统软硬件配置和功能应满足交通基础设施安全运行需要,并充分考虑设施结构、交通条件、外部环境等因素对设施设备的影响。

4.4.2 智能监测软件系统宜包括传感器子系统、数据采集及传输子系统、数据处理与分析子系统、数据管理子系统、预测预警子系统。

4.4.3 应根据工程实际需要和系统运行环境,采用满足国家及行业标准的技术和产品。

4.4.4 智能监测系统应符合国家安全保密的相关规定,在数据传输、存储、发布等环节加强安全防护。

4.4.5 系统运行期间应加强日常运维,对传感器、采集器、通讯网络、服务器等硬件设备进行定期人工巡检,对软硬件系统进行定期自动巡检。

4.4.6 采集器、传感器的金属外壳和正常不带电的金属部分,由于绝缘破坏而有可能带危险电压时,应作保护接地。

4.4.7 监测系统中用以降低电磁干扰的部件,应作屏蔽接地,位于多雷击区或强雷击区内的监测设备,应设置系统防雷接地。

## 5 监测项目与方法

### 5.1 一般规定

5.1.1 应根据监测对象变形特点、精度要求、现场条件确定监测项目及方法。

5.1.2 因设备更换、检查等导致测点位置发生变动的,监测基准应重新校核修正。

5.1.3 宜根据不同设施的结构特性及监测需求采用新型传感技术。

5.1.4 宜利用视频监控设备获取设施现场的实时状况。

## 5.2 水平位移

5.2.1 水平位移可分为绝对位移和相对位移,可采用智能型全站仪、全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System,GNSS)、摄影测量、三维激光扫描、激光测距仪、多点位移计等设备或技术。

5.2.2 智能型全站仪监测应符合 JGJ 8—2016 中 4.5 相关规定,且监测点与基准点、工作基点宜同步进行观测。

5.2.3 GNSS 监测应符合 JGJ 8—2016 中 4.6 的相关规定。

5.2.4 摄影测量监测应符合 JGJ 8—2016 中 4.8 的相关规定。

5.2.5 采用三维激光扫描仪进行监测时,可采用变形点坐标提取、多期点云叠加、三维建模等方式进行监测数据分析。

5.2.6 激光测距仪应保持激光垂直入射,并使激光光斑位于标靶中心位置。

5.2.7 多点位移计安装前、后应及时测量频率和温度,并进行编号、存档。

## 5.3 竖向位移

5.3.1 竖向位移监测宜采用全站仪三角高程、GNSS 静态测量、三维激光扫描、静力水准、InSAR 等方法。

5.3.2 采用全站仪、GNSS、三维激光扫描进行监测时,应符合 5.2 的相关规定。

5.3.3 静力水准监测应符合 JGJ 8—2016 中 4.3 的相关规定。

5.3.4 InSAR 监测宜参照 T/CAGHP 013—2018 的相关要求。

## 5.4 深部位移

5.4.1 深部位移监测宜采用固定式测斜仪、绞盘式测斜仪等设备。

5.4.2 当以顶部作为深部位移的起算点时,每次监测应测定起算位置的坐标变化并修正。

5.4.3 监测点布设应考虑地质剖面特征,在滑移面关键点位应进行布设。

5.4.4 设备轴向宜与主变形方向一致,并做好安装记录用于变形计算。

## 5.5 结构倾斜

5.5.1 倾斜监测宜采用倾角计、智能型全站仪、静力水准仪等设备。

5.5.2 安装倾角计宜明确安装方向,并做好安装记录用于变形计算。

## 5.6 结构裂缝

5.6.1 裂缝监测宜采用裂缝计、位移计、拉绳计等设备。

5.6.2 应综合考虑裂缝收缩与扩张两种情况。

5.6.3 应考虑裂缝的变化方向,避免因物理形变超量程导致设备损坏或数据异常。

## 5.7 结构应力

5.7.1 应力监测宜采用钢筋计、应变计等设备。

5.7.2 土压力监测宜采用土压力计。

5.7.3 锚杆和土钉的内力监测宜采用测力计、钢筋计、应变计及锚索计等设备。

## 5.8 结构振动

5.8.1 振动监测包括振动响应监测和振动激励监测,监测内容包括加速度、速度及位移。

5.8.2 振动监测宜采用加速度计、激光测振仪、图像识别仪等设备。

5.8.3 在地震活动较为显著的地区应增加地震动监测。

## 5.9 地下水位

5.9.1 地下水位监测宜采用渗压计等设备。

5.9.2 埋设时应布置专用水位管或与深层水平位移监测共用测斜管。

## 5.10 温湿度

5.10.1 温湿度监测宜采用温度计、湿度计等设备。

5.10.2 温度监测点应布置在温度梯度变化大,能反映结构水平及竖向温度场变化规律的部位。

5.10.3 湿度监测点宜布置在结构内湿度变化大,对结构耐久性影响大的部位。

5.10.4 温湿度监测频率宜与结构应力和形变监测保持一致。

## 6 传感采集与传输

### 6.1 一般规定

6.1.1 应根据监测对象的风险等级、施工进度、施工方法、监测项目等因素进行传感器选型与布设,形成有效、完整的数据采集体系,数据采集流程宜参照附录 A 的 A.1。

6.1.2 传感器的选型与布设宜以减少周边环境干扰、便于恢复利用为原则,不得破坏设施结构和影响正常使用。

6.1.3 传感器应由具备相应资质的计量鉴定单位进行检定,并在安装前应进行必要的标定、校准。

6.1.4 采集传输网络宜采用环形组网或双链路通信,通信故障时能够自动切换并上报。

6.1.5 采集传输网络宜满足采集器与传感器、采集器与物联网平台之间的双向通信需求。

6.1.6 数据采集传输过程应进行加密,以保障数据安全。

### 6.2 传感器选型

6.2.1 传感器的选型应符合下列原则:

- a) 应具有良好的稳定性和抗干扰能力,采集信号的信噪比应满足需求;
- b) 物理输入输出接口、数据采集通信协议应兼容常用接口规范。

6.2.2 传感器的技术参数应符合下列要求:

- a) 传感器的精度、量程、灵敏度、分辨率、线性度等性能指标应满足监测需求;
- b) 使用寿命应满足方案设计年限要求;
- c) 采样频率应满足动态监测需求,可参照 A.2;
- d) 传感器防水防尘应满足监测现场环境的需求;
- e) 应根据监测环境选用传感器安装配件;
- f) 应满足监测现场环境的温度、湿度、气压等要求。

### 6.3 传感器布设

6.3.1 应根据监测项目、传感器特性、建设进度、运营条件制定传感器布设方案,宜参照 A.3 进行传感器布设。

- 6.3.2 传感器布设应遵循下列原则：
- a) 应满足相关规范及设计要求，重点布设于受主体结构、附属结构的静、动力参数或环境条件变化较为敏感的位置；
  - b) 合理利用设施结构的对称性原则优化传感器布设方式和数量，且应考虑一定的冗余量，检校数据采集的可靠性和准确性。
- 6.3.3 应在埋设结束后进行工作性能测试。
- 6.3.4 连接电缆应耐酸、耐碱、防水、防腐蚀、质地柔软；电缆应按设计路线铺设，接头处应做保护处理。
- 6.3.5 宜布设传感器数据校核装置，以验证监测数据的准确性。
- 6.3.6 宜张贴设备标识牌，包括传感器类型、埋设日期、施工单位等信息；对于易受环境影响或施工破坏的加装保护装置，张贴警示牌。
- 6.3.7 传感器布设完成后，应将现场设备布置图存档，并根据工程环境特点、传感器工作特性制定周期维护方案，维护内容包括传感器外观、工作电源、测量精度、信号传输等。
- 6.3.8 传感器的布设点位信息宜集成于 BIM、CIM、GIS 三维信息系统，形成三维空间数据成果。

6.4 通信传输

- 6.4.1 通信传输组网应遵循标准化、模块化和向下兼容的原则，并符合有关通信技术标准。
- 6.4.2 应参照 A.4，综合通信距离、通信延迟率、网络带宽、采集频率、数据量、现场环境、经济成本等因素确定组网方式。
- 6.4.3 传感器数据的通信传输宜采用以下方式：
- a) 有线通信传输，包括 RS232、RS485、CAN、光纤、双绞线等；
  - b) 无线通信传输，包括 4G、5G、WiFi、微波、卫星、LoRa、ZigBee 等；
  - c) 综合应用有线、无线通信传输方式进行数据通信。
- 6.4.4 宜制定统一的交通基础设施监测数据采集与传输通信指令协议，以提升物联网平台、采集器与传感器之间的兼容性。
- 6.4.5 通信指令协议宜包括传感器之间的局域网通信指令协议以及物联网平台与采集器之间的广域网通信指令协议。
- 6.4.6 局域网通信宜采用主从应答模式，通信帧包括指令帧、响应帧，帧格式宜满足表 1 的要求定义。

表 1 通信帧格式

起始字符	传感器地址	控制指令标识	参数	校验	结束符
1 字节	4 字节	2 字节	可变长度	2 字节	2 字节

- 6.4.7 传感器地址宜包括传感器类型、节点编号等信息，且应在局域网内具有唯一性。
- 6.4.8 控制指令宜分为公共功能码、用户定义功能码和故障功能码三类，公共功能码宜包括设备开机、设备关机、数据读取、数据写入、查询从机地址、存储数据查询、配置设备地址、系统帮助等。
- 6.4.9 校验方式宜采用和校验、CRC 校验，高字节在前、低字节在后。
- 6.4.10 广域网通信指令协议宜采用 MQTT 通信协议，包括消息主题、消息负载协议两部分，并满足以下要求：
- a) 消息主题宜包括命令主题、响应主题，采集器应订阅广播命令主题、点到点命令主题接收控制指令，并通过广播响应主题、点到点响应主题上报采集数据；
  - b) 消息负载协议宜采用 Json 格式，命令消息负载可包含采集网关地址、传感器节点地址、控制指令、命令时间；
  - c) 响应消息负载宜包含采集网关地址、传感器节点地址、响应数据、响应时间、采集状态。

6.4.11 信号衰减严重的情况下应增加中继器,延长通信传输距离。

6.4.12 应避免无线通信空间中的电磁交叉干扰。

## 6.5 数据采集

6.5.1 数据采集可采用远程遥测终端、工控采集器、采集网关等设备。

6.5.2 数据采集设备宜满足下列要求:

- a) 硬件接口宜进行标准化设计,方便设备安装、检修和更换;
- b) 宜具备防雷、防水、防尘等基本性能,保证设备正常运行;
- c) 宜提供人机交互接口,满足特定条件下进行人工干预数据采集的需求。

6.5.3 数据采集系统宜满足下列要求:

- a) 宜具备监测对象信息、采集参数配置与存储功能;
- b) 宜同时具备自动采集与远程召测功能,满足周期性监测与实时数据采集;
- c) 宜兼容处理多种监测传感器信号;
- d) 宜具备粗差探测、超限检测等数据预处理功能;
- e) 宜具备设备状态监控与诊断、异常上报与恢复功能,确保数据完整性及连续性;
- f) 宜满足多终端数据采集需求。

6.5.4 传感设备埋设后应进行调试检核,初始值的获取宜采用以下方式:

- a) 传感器进入稳定工作状态后,将人工测量数据与自动化采集数据进行互检,取3次正常测量数据的均值;
- b) 传感器进入稳定工作状态后,以48 h监测数据作为样本,剔除粗差后取均值。

6.5.5 监测过程中应进行基准点和工作基点的周期性复测及稳定性分析。

6.5.6 数据采集频率应符合以下规定:

- a) 应反映监测对象结构状态变化过程,并满足数据分析及安全评估要求;
- b) 建设期宜根据监测对象的结构形式、风险等级、施工进度、变形情况等因素动态设定监测频率;
- c) 运营期在确保结构安全的情况下可降低监测频率;
- d) 当需要对多类监测数据进行相关性分析时,关联传感器的采集频率应保持一致;
- e) 当发生下列情况时,应提高观测频率:
  - 1) 变形量或变形速率出现异常变化;
  - 2) 变形量或变形速率达到或超出变形预警值;
  - 3) 监测对象本身或周边环境出现影响结构安全的异常情况;
  - 4) 发生地震、暴雨、台风等自然灾害。

6.5.7 采集网关宜通过配置指令定义文件、数据定义文件,支持多类型传感器的动态接入与数据采集。

6.5.8 采集网关指令定义文件应包括以下组成部分:

- a) 传感器类型集合;
- b) 传感器控制指令、采集指令集合,包括以下部分:
  - 1) 基本信息,包括名称、存储、标识、排序;
  - 2) 指令信息,包括类型、起始位、地址位、延时位;
  - 3) 解码信息,包括类型、起始位、存储位、解码集、校验模型、计算模型;
  - 4) 存储信息集,包括数据位、标识位、处理位、类型。

6.5.9 采集网关数据定义文件应包括以下组成部分:

- a) 传感数据集合;
- b) 数据项存储集合;

c) 数据项定义,包括以下部分:

- 1) 基本信息,包括英文名称、中文名称、排序、主键标识;
- 2) 索引信息,包括方式、索引名称、索引类型;
- 3) 存储信息,包括数据类型、数据检校、数据长度。

## 6.6 设备供电

6.6.1 系统供电电源应保证输出功率、电压精度、纹波率优于传感器工作电源指标要求,且具有过负载、过压、过温保护功能。

6.6.2 关键部位布设的监测设备宜配置备用电源。

6.6.3 采用电池供电时宜具备低电量报警功能,避免电池爆炸、燃烧等安全事故。

## 7 数据集成与存储

### 7.1 一般规定

7.1.1 应根据传感器的采集频率、数据结构、通信方式进行数据集成体系设计,并建立物联网平台,数据集成流程及传感数据标准参照附录 B 的 B.1、B.2 的要求。

7.1.2 宜对传感器与采集器进行统一编号及权限认证。

7.1.3 物联网平台应 24 h 连续运行,根据网络负载状态进行网络接入节点动态切换。

7.1.4 宜对监测数据建立标准资源目录、并形成分级分类多备份存储机制,结合业务进行共享开放。

### 7.2 数据接入

7.2.1 宜采用字符串、数据块、交换文件等多种形式将数据实时接入物联网平台。

7.2.2 字符串接入应遵循以下流程:

- a) 单个传感器数据采集完成后应封装成字符串,包含设备号、设备通道、多组数据项、数据值、设备控制指令、状态标识等;
- b) 物联网平台接收到字符串后自动解码并存储。

7.2.3 数据块接入应遵循以下流程:

- a) 同类型传感设备采集完成后应封装成标准数据块,包含设备号、通道号、数据标识、数据数值等;
- b) 物联网平台接收到数据块后自动解码并存储。

7.2.4 交换文件接入应遵循以下流程:

- a) 多类型传感设备采集完成后应封装成标准的交换文件,包含周期信息、数据信息、设备信息、质量信息、附属信息等;
- b) 物联网平台接收到交换文件后自动解码并存储。

7.2.5 物联网平台应对接入数据进行数据检校和质量检查。

### 7.3 设备管理

7.3.1 远程遥测终端、工控采集器、采集网关设备接入物联网平台应符合以下要求:

- a) 唯一的设备编号地址;
- b) 有效的权限身份认证令牌;
- c) 标准化的数据采集成果;
- d) 有效的数据加密机制;
- e) 开放的通信指令协议;

f) 支持主动、被动工作模式。

7.3.2 物联网平台宜对接入设备的通信状态、运行状态、数据状态进行实时监控,异常情况下应及时告警。

7.3.3 物联网平台宜支持通过指令协议对接入设备进行实时控制与远程管理。

## 7.4 数据存储

7.4.1 采集器与数据中心应采用文件和数据库相结合的方式进行数据同步存储。

7.4.2 采集器应根据存储空间、设备性能、数据类型等因素确定存储方式。

7.4.3 采集器工作参数应存储于非易失性存储器中,便于设备故障后恢复。

7.4.4 采集器与数据中心存储的数据结构宜保持一致。

7.4.5 数据中心宜按表 2 的要求进行数据库设计。

表 2 数据分类

序号	数据分级	数据分类	功能描述
1	平台级数据库	平台基本信息	平台运行所需的基本配置信息
2		物联网设备表	所有物联网设备的系统管理维护
3		项目管理表	所有监测项目的基本信息维护
4		用户管理	平台组织架构信息,用户信息
5		知识管理	平台新闻通知公告,模型设计,文档系统等
6		权限配置	配置平台功能、角色、授权等信息
7		平台引擎	配置动态建库建表的相关参数
8	项目级数据库	项目基础信息	基础设施结构的基本信息
9		测点参数	系统运行的各类参数,包括设备编号、监测参数、采样参数、设备状态参数等
10		原始数据	传感器及人工获取的原始监测数据
11		过程数据	处理分析过程中的数据
12		成果数据	计算成果及评估分析结论
13		维护数据	软硬件系统的工作状态信息及用户操作日志

7.4.6 数据库存储管理平台应符合下列要求:

- 应提供数据库操作接口;
- 应具有用户权限控制功能;
- 应具有数据库状态监控及异常报警功能;
- 应采用缓存技术、读写分离技术,减少数据库的访问频次。

7.4.7 数据存储安全应符合下列要求:

- 数据库存储安全应满足现行国家相关法律法规的规定;
- 监测成果数据的传输与存储应采取加密措施;
- 数据中心应采取必要的软硬件安全防御措施,并定期进行安全测评;
- 应对监测数据进行实时增量备份。



## 8 数据处理分析

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 应对传感数据进行质量评价、预处理、统计分析及模型评估。
- 8.1.2 采集器宜通过数据预处理技术保障原始观测数据质量。
- 8.1.3 数据中心宜设计通用的数据处理框架进行分布式并行计算。
- 8.1.4 数据处理流程宜参照 B.3。

### 8.2 质量评价

- 8.2.1 应进行采集数据与规范要求信息的完整性评价。
- 8.2.2 宜进行采集数据与实际变形量接近程度的准确性评价。
- 8.2.3 应进行采集数据与传感器合理取值范围接近程度的有效性评价。
- 8.2.4 应进行采集时间与业务需求符合程度的时效性评价。
- 8.2.5 宜进行采集数据所引用规范和标准及数据格式的逻辑性、一致性评价。

### 8.3 预处理

- 8.3.1 应对传感数据的缺失值、错误值、重复值及异常值进行预处理。
- 8.3.2 应对数据信号进行降噪处理,并依据模型进行计算与补偿修正。
- 8.3.3 应对突变数据通过 3 次以上的冗余观测进行校核。
- 8.3.4 宜采用过程线法、统计假设检验法、模型检验法和稳健估计法等方法进行粗差剔除。

### 8.4 统计分析

- 8.4.1 传感数据统计宜依据以下方式进行：
  - a) 单个传感器统计,以提取传感器监测数据各个维度的最大值、最小值、当前值及变化速率为主；
  - b) 单个对象的统计,以提取单个监测对象在多个特征维度的融合最大值、最小值、当前值及变化速率为主；
  - c) 大区域范围的统计,以提取大区域范围内的基础设施在结构、形变、环境及荷载等维度的最大值、最小值、当前值及变化速率为主。
- 8.4.2 宜设计完善统计指标体系,实时提取基础设施从微观到宏观的运行特征。

### 8.5 模型评估

- 8.5.1 模型评估宜采用以下多种方式组合进行：
  - a) 基础统计建模分析理论,以时序分析、回归分析、神经网络方法为主,重点对监测数据成果随时间的变化规律进行反演,挖掘不同特征数据间的关联程度,揭示基础设施运行的演化机制；
  - b) 设施结构及力学、动力特性分析模型,以设施设计结构、力学特性及动力特性为研究对象,分析设施不同结构对象之间的互动特性、力学作用规律,建立设施力学、动力特性分析模型,对设施破坏致灾机理进行描述；
  - c) 人工智能大数据挖掘建模,以历年累计的监测数据成果为基础,对基础设施结构特征、规模进行分类标识,从数理统计、结构机理、人工智能等方面挖掘不同结构类型基础设施变形规律；
  - d) 组合模型分析,通过对不同模型给定适当的权值,对各个模型的分析结果进行加权重组,得到优化后的结果以提高精度。
- 8.5.2 模型评估应开展精度评定,通过模型值与观测值进行比较,宜以最大模型残差、最小模型残差、

模型残差标准差作为模型间精度对比和精度评定的指标数据。

## 8.6 并行处理

8.6.1 宜通过传感数据配置、计算规则配置、分布计算引擎形成分布式并行处理系统。

8.6.2 传感数据配置应包括以下部分：

- a) 元数据,包括数据项、数据类型、数据长度、索引类型、可用标识、非空标识等;
- b) 关联信息,包括外键、过滤条件、数据来源等;
- c) 可视化信息,包括列表可视化、终端可视化等;
- d) 其他信息,包括初始值、单位、小数位等。

8.6.3 计算规则配置应包括以下部分：

- a) 输入数据集,包括数据层级、数据块信息、数据块分类信息、数据块索引信息;
- b) 计算模型,包括标准数据块的起算数据、控制数据、模型参数及模型算法;
- c) 输出数据集,包括数据层级、数据块信息、数据块分类信息、数据块索引信息;
- d) 规则参数,包括规则分类、自动标识、处理排序、分发标识。

8.6.4 分布计算引擎应符合以下原则：

- a) 具有统一的任务分发机制;
- b) 具有明确的处理应答机制;
- c) 具有可循环、多层级处理机制。

## 9 控制值及预警

### 9.1 一般规定

9.1.1 应根据设计要求、工程特点、施工经验等确定监测项目控制值,当变形值和变形速率达到控制值时,应进行监测预警。

9.1.2 宜构建实时数据预警与模型预测预警相结合的预警策略,预警计算流程宜参照 B.4。

9.1.3 监测单位应在核实预警信息准确性后,向建设及运营管理单位发送正式预警文件,建设及运营管理单位在收到预警文件后,应按照应急预案开展应急处置工作。

### 9.2 控制值

9.2.1 控制值宜由设计单位提供,若设计单位未提供的,以各行业现行规范标准为依据进行设定。

9.2.2 控制值宜分为“黄、橙、红”三个等级,其中,黄色预警值一般为控制值的 70%,橙色预警值一般为控制值的 85%,红色预警值一般为控制值的 100%。

9.2.3 轨道交通类基础设施控制值宜参照 GB 50911 相关条款进行设置。

9.2.4 市政道路类基础设施控制值宜参照 GB 50330、GB 50497、JTG 3370.1 及 JTG/T 3660 等规范的相关条款进行设置。

9.2.5 市政桥梁类基础设施控制值宜参照 GB 50982 的相关条款进行设置。

### 9.3 预警策略

9.3.1 实时数据预警宜采用以下方式：

- a) 阈值预警,对每个监测点位设计控制阈值,监测数据超过控制值应立即预警;
- b) 统计预警,对多源监测数据进行统计分析,统计指标超出安全范围时应立即预警;
- c) 评估预警,对结构监测数据进行融合评估,分析结果超出安全范围时应立即预警。

9.3.2 模型预测预警宜采用以下方式：

- a) 短时预测,对处于高风险变形的设施,构建以分钟、小时为周期的预测预警模型;
- b) 中期预测,对处于周期性变形的设施,构建以日、周、月为周期的预测预警模型;
- c) 长期预测,对处于稳定期或缓慢变化的设施,构建以季度、年为单位的预测预警模型;
- d) 可定制预测,对处于特定场景下的设施,构建动态自适应预测预警模型。

#### 9.4 预警发布与处置

9.4.1 预警信息宜通过短信、电话、邮件、APP 消息等方式实时推送建设及运营管理单位,并在规定时间内报送纸质预警通知单。

9.4.2 预警信息宜通过声光电报警器等终端进行现场播报。

9.4.3 处于预警期的设施应在加密监测作业结束后在规定时间内提供监测评估结果;当出现险情时,应在加密监测作业结束后立即提交监测评估结果。

9.4.4 预警信息发布后,监测单位应加强监测工作,相关单位成立风险处置小组,启动应急预案,排查风险源并研究处置措施。

### 10 监测成果

#### 10.1 一般规定

10.1.1 监测成果包括传感数据及软硬件系统。

10.1.2 监测成果应按规定进行质量检查与验收,并依据下列文件进行:

- a) 现行国家法律法规、技术标准及验收评定标准;
- b) 项目委托书或合同书,以及项目委托方与实施方达成的其他文件;
- c) 技术设计或监测方案;
- d) 项目实施方的质量管理文件。

10.1.3 监测成果应参照相关行业的档案管理规定进行归档。

#### 10.2 传感数据

10.2.1 数据成果宜包括传感器监测数据、人工巡检数据、计算分析数据、预测预报数据。

10.2.2 数据成果宜以数据库、数据文件、监测报告等形式提供。

10.2.3 监测报告应包括监测次报、监测期报、总结报告、专项报告等,包含详尽的数据、图表、影像、图纸资料,并进行综合分析评价,给出明确、可靠的监测结论。

10.2.4 监测报告格式应符合附录 C 的要求。

10.2.5 监测次报应符合下列规定:

- a) 以单次观测或单日观测成果为记录单元形成报告;
- b) 应统计监测项目的单次/单日变化量、累计变化量、变化速率;
- c) 应统计监测对象的单次/单日最大变形量和超阈值数据,并结合工况进行简要分析,给出相关建议;
- d) 宜结合监测预警控制值进行数据可视化,反应基础设施结构状态的变化规律。

10.2.6 监测期报应符合下列规定:

- a) 以周、半月、月观测成果为记录单元形成报告;
- b) 应统计监测项目本期变化量、累计变化量、变化速率;
- c) 应统计监测对象的本期最大变形量和超阈值数据,并结合工况进行简要分析,给出相关建议;
- d) 应包含本期工作总结、监测依据、监测基准、仪器设备、详细情况、结论建议和附表附图等。

10.2.7 总结报告分为系统建设总结报告和运行总结报告,应符合下列规定:

- a) 建设总结报告应在系统建设完成后出具,运行总结报告应每季度/半年/年一次以及监测结束后出具;
- b) 建设总结报告宜包含:项目概况、系统架构图和网络拓扑图、监测内容及测点布置、系统实施总结、试运行情况总结、运行维护方案等;
- c) 运行总结报告宜包含:运行状态总结、运行维护记录、系统稳定性分析、监测数据分析、结论与建议等。

10.2.8 专项报告应在出现监测预警或其他特殊情况时出具,报告内容根据业务需求确定。

### 10.3 软硬件系统

10.3.1 硬件系统成果应包括以下内容:

- a) 监测传感设备、采集器;
- b) 网络通信设备;
- c) 平台服务器;
- d) 其他辅助设施。

10.3.2 硬件合格证、质检证书、使用说明书等资料宜形成数字化成果。

10.3.3 软件系统成果应包括以下内容:

- a) 数据采集软件;
- b) 终端应用系统;
- c) 物联网平台;
- d) 数据处理与存储系统;
- e) 监测管理系统。

10.3.4 系统建设过程中形成的需求分析、设计文档、实施文档、用户手册等资料宜形成数字化成果。

### 10.4 质量检查与验收

10.4.1 应进行数据质量检查与报告质量检查,数据质量检查以系统自动化检查为主、人工复查为辅;报告质量检查内容包括数据、图表、结论等。

10.4.2 数据成果验收宜采用抽样核验收的方式进行,并符合以下规定:

- a) 对各类传感数据成果应分别进行质量验收;
- b) 抽取不少于期数的 10% 作为样本且至少为 1 期,其中首期成果为必查样本;
- c) 对抽取的样本,应进行内业全面核查、外业针对性核查。

10.4.3 软硬件系统的质量检查应以现行技术标准、设计方案为依据,委托第三方机构进行功能及性能测评。

10.4.4 系统验收应形成验收报告并出具验收意见,验收报告应包括工作概况、成果概况、验收依据、抽样情况、核查内容及方法、主要质量问题及处理情况、质量统计及质量评价内容。

### 10.5 成果归档

10.5.1 归档成果应包括纸质文件、数字化成果。

10.5.2 系统建设成果归档资料宜包括:

- a) 勘察、地形、水文环境等资料;
- b) 技术服务合同;
- c) 系统设计方案及评审资料;
- d) 软硬件系统的第三方测评报告;
- e) 实施过程资料;

- f) 系统试运行报告；
- g) 系统质量检查及验收报告。

10.5.3 系统运行成果归档资料宜包括：

- a) 传感数据成果；
- b) 外业巡检资料；
- c) 监测次报；
- d) 监测期报；
- e) 监测总结报告；
- f) 预警通知单、预警处置会议纪要。

附录 A  
(资料性)  
数据处理流程

A.1 传感数据采集流程

A.1.1 智能设备采集拓扑

智能设备采集拓扑见图 A.1。

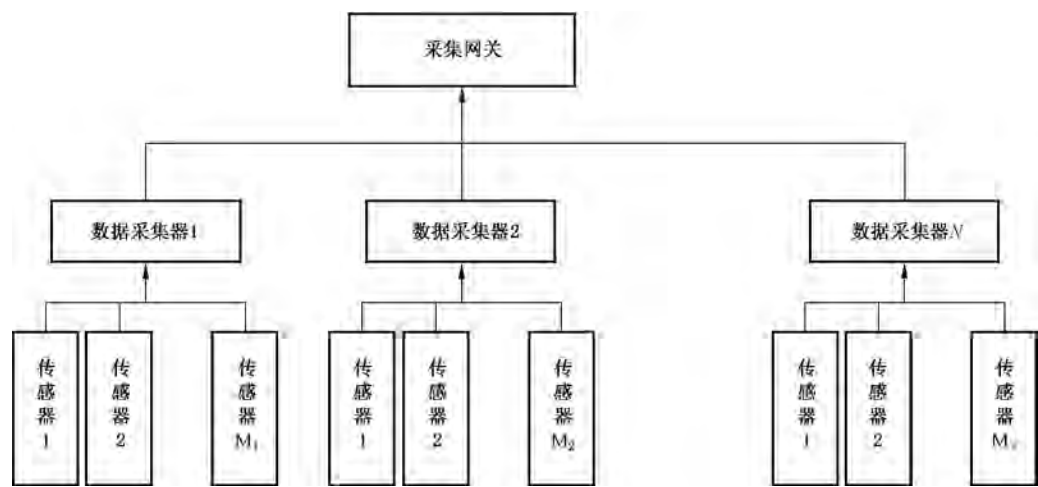


图 A.1 智能设备采集拓扑图

A.1.2 数据加密采集策略

数据加密采集流程见图 A.2。

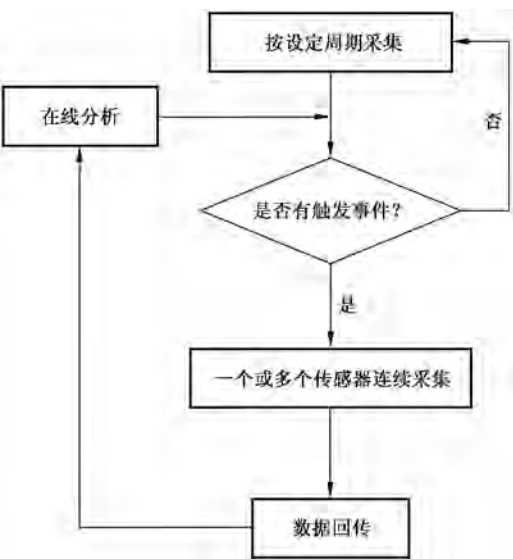


图 A.2 数据加密采集流程图

## A.1.3 标准数据采集流程

标准数据采集流程见图 A.3。

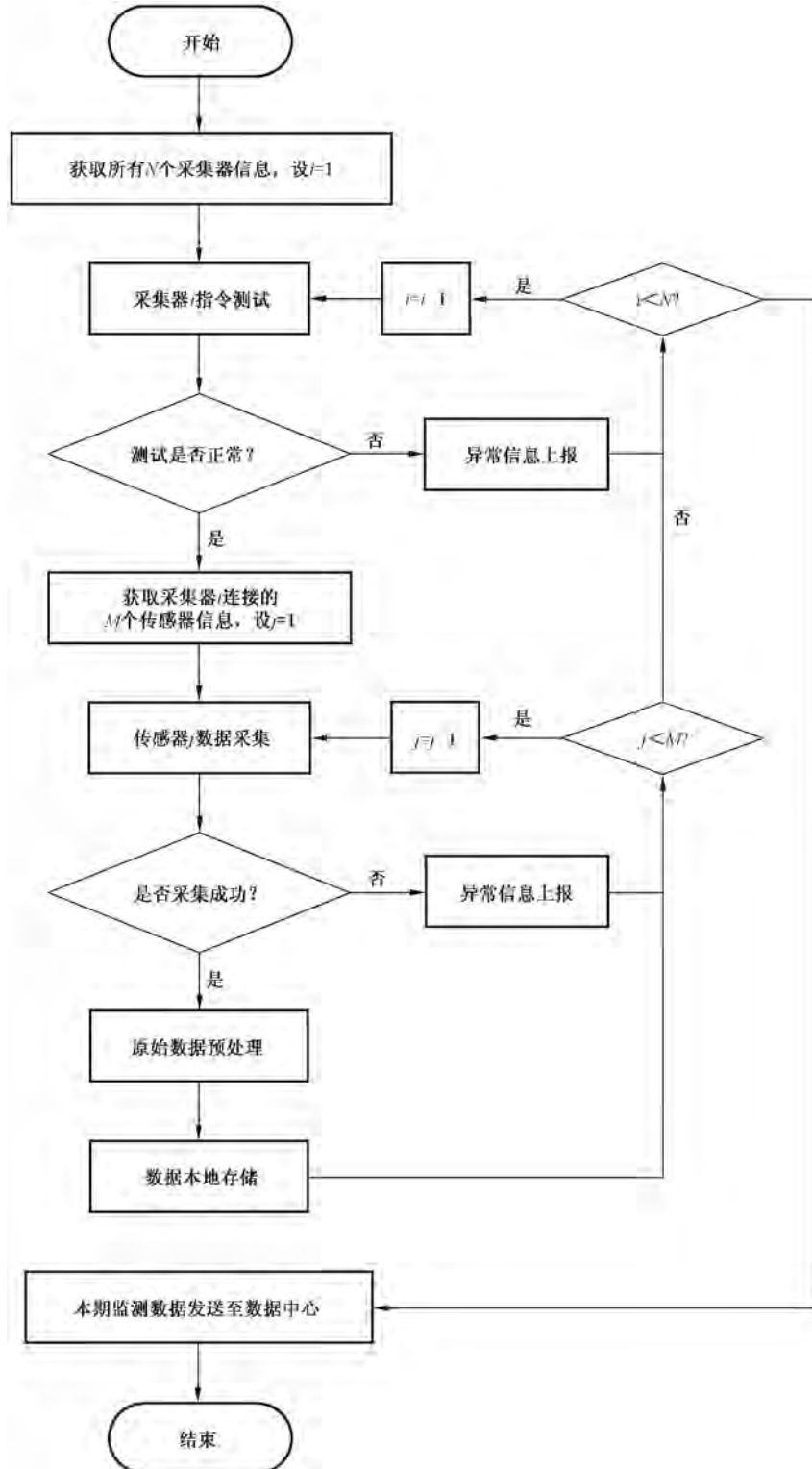


图 A.3 数据标准采集流程

### A.2 传感器工作频率

常见传感器的工作频率见表 A.1。

表 A.1 传感器工作频率

类型	监测类型	常用传感器类型 <sup>a</sup>	工作频率 <sup>b</sup>
结构变形 传感器	应力/应变	振弦	≤0.2 HZ
		光纤光栅	≤100 HZ
	裂缝	振弦	≤0.2 HZ
		光纤光栅	≤100 HZ
	倾角	MEMS	≤0.5 HZ
	加速度	压电式	≤50 HZ
	位移	静力水准	≤0.5 HZ
		激光	≤0.2 HZ
		GNSS	≤1 HZ
		全站仪	≤0.2 HZ
环境传感器	温湿度	电阻电容式	≤1 HZ
	风速风向	光电式	≤1 HZ
	水位	振弦渗压计	≤0.2 HZ
	雨量	开关雨量计	≤1 HZ
	车辆荷载	压电式	≤50 HZ
	地振动	压电式	≤50 HZ
	视频	摄像头	实时
注：智能系统根据组网方式、采集方式得到采样频率。			
<sup>a</sup> 仅列出了城市交通基础设施智能监测较为常用的传感器类型。 <sup>b</sup> 该工作频率为保证传感器数据精度与稳定性情况下，基于配套采集仪表的单点工作频率范围。			

### A.3 传感器布设

传感器布设见图 A.4 和图 A.5。



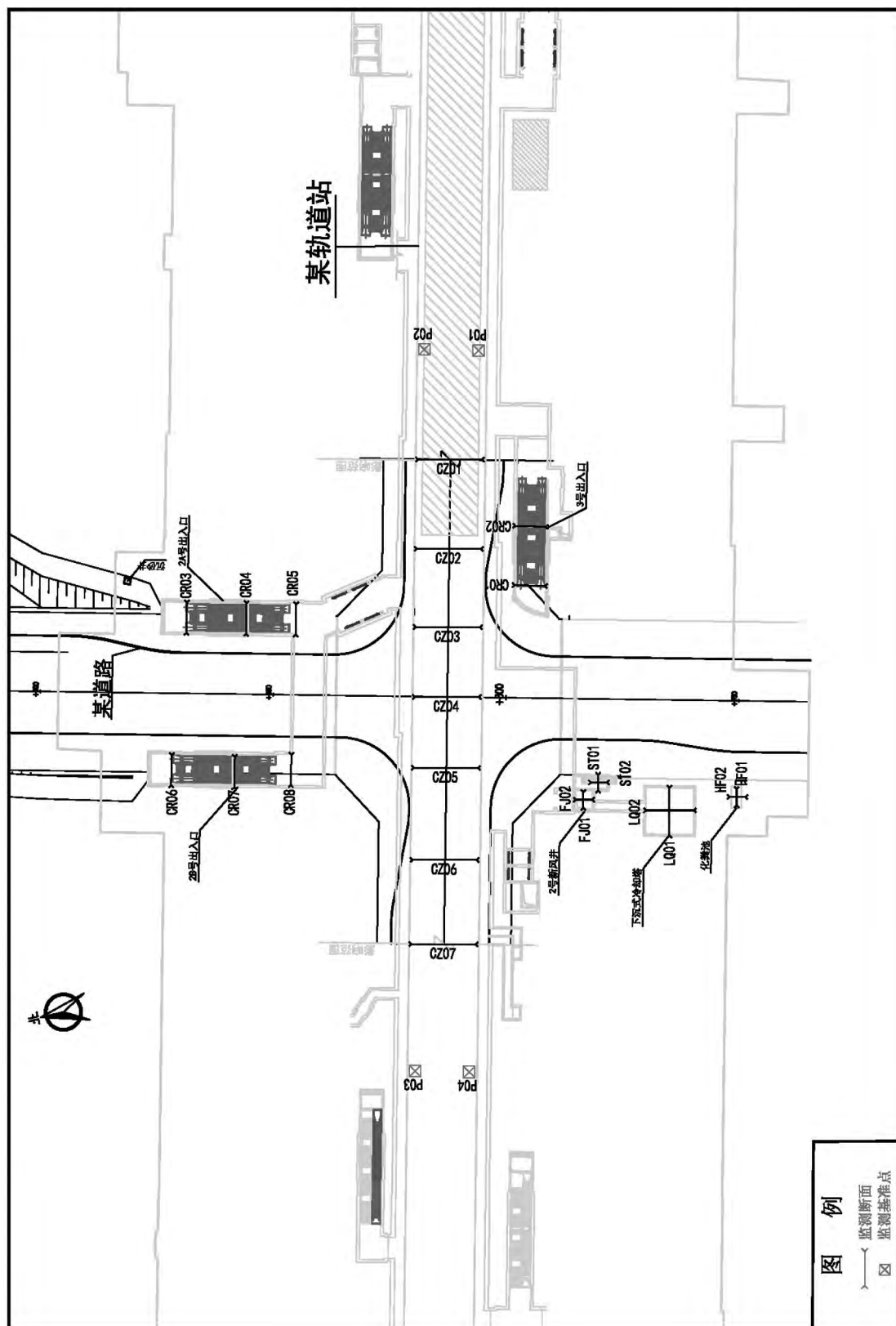
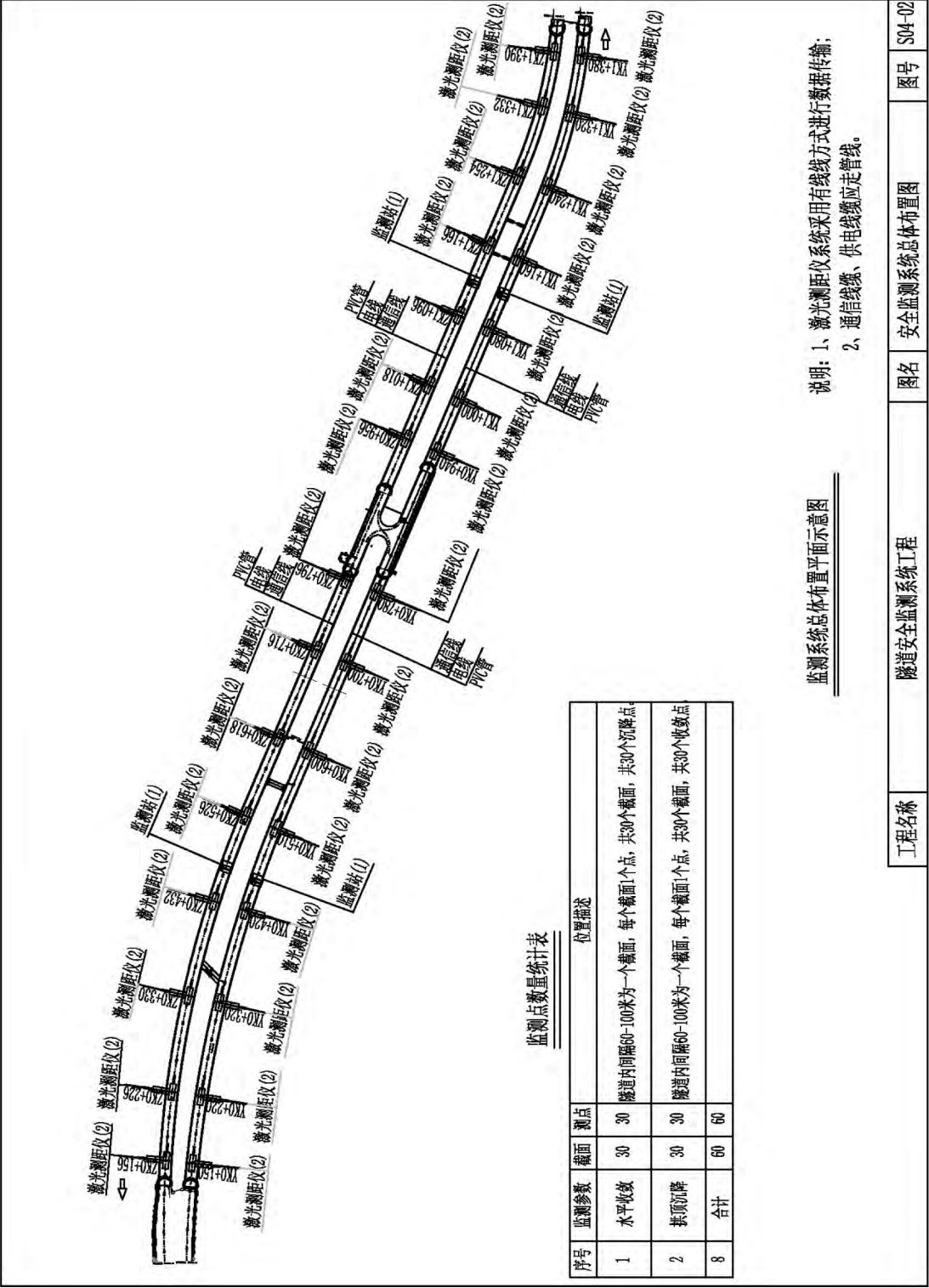


图 A.4 轨道交通站厅传感器布设示意图

注1: 上图为轨道交通站厅及轨行区区间布设示意图。

**注 2:** 选取风井、出入口、隧道受外部施工影响显著部位进行传感布设。



注 1：上图为市政公路隧道布设示意图。  
注 2：等间距在隧道拱顶、拱腰进行传感布设。

图 A.5 市政公路隧道传感器布设示意图

## A.4 传感系统组网传输

### A.4.1 通讯技术要求参阅表见 A.2。

表 A.2 通讯技术参阅表

通信方式		通信距离 <sup>a</sup>	数据加密	抗干扰性	通信速率 <sup>b</sup>	成本 <sup>c</sup>
无线局域网	LoRa	1 km~15 km	支持	强	1 K~300 Kbps	中等
	红外	10 m	无	弱	4 Mbps	低
	Bluetooth	10 m	128 位 AES	弱	1 Mbps	中等
	WiFi	100 m	SSID	弱	11 Mbps/54 Mbps	高
	ZigBee	50 m~2.5 km	128 位 AES	弱	20 K~250 kbps	中等
	无线网桥	5 km	支持	弱	11 Mbps/54 Mbps	高
无线广域网	NB-IoT	—	支持	强	160 kbps~250 kbps	低
	3G	—	支持	强	2 Mbps	较高
	4G	—	支持	强	100 Mbps	较高
	5G	—	支持	强	20 Gbps	较高
	卫星	—	支持	强	960 pbs	较高
有线	RS485 总线	1.2 km	支持	较强	100 kpbs~10 Mbps	低
	CAN 总线	10 km	支持	较强	5 Kbps~1 Mbps	较高
	双绞线	90 m	支持	较强	1 000 Mbps	低
	光纤	5 km	支持	较强	10 Gbps	较高
<sup>a</sup> 通信距离为常用通信方案在典型环境下距离数据。 <sup>b</sup> 通信速率为通信方式在典型工作环境下测试数据,实际通信速率视现场通信环境确定。 <sup>c</sup> 该成本按照通信方式综合成本核算。						

### A.4.2 基础设施组网方式

典型基础设施组网方式见表 A.3。

表 A.3 典型基础设施组网方式

交通基础设施类型	局域网组网方式		广域网组网方式	备注
	低速率	高速率		
桥梁	RS485 总线/LoRa/ZigBee	光纤/双绞线	光纤/5G/4G	
隧道	RS485 总线/LoRa/ZigBee	光纤/双绞线	光纤/5G/4G/双绞线	
公路	RS485 总线/LoRa	光纤/双绞线	5G/4G/双绞线	
铁路	RS485 总线/ LoRa	光纤/双绞线	5G/4G	
边坡	LoRa/ZigBee	光纤/双绞线	光纤/5G/4G	

附录 B  
(资料性)  
监测数据标准

B.1 数据集成流程

数据集成流程见图 B.1。

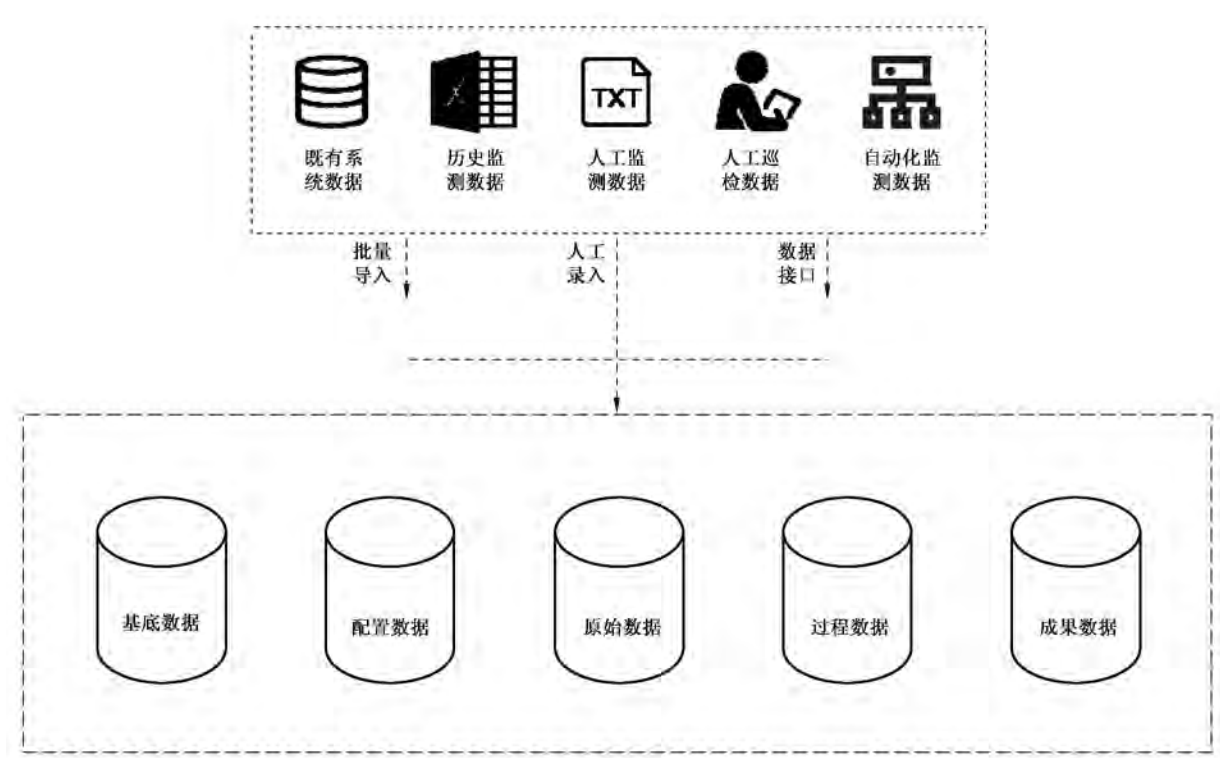


图 B.1 数据集成流程图

B.2 传感数据标准

B.2.1 设施基础信息

设施基础信息应符合表 B.1 的要求。

表 B.1 设施基础信息表

列(字段)	列(中文)	非空	数据类型	字段长度
ProjName	设施名称	1	nvarchar	250
ProjCharge	设施管理人员	1	nvarchar	50
ProjNumber	设施编号	1	nvarchar	50
ProjType	设施类型	1	nvarchar	50

表 B.1 设施基础信息表 (续)

列(字段)	列(中文)	非空	数据类型	字段长度
ProjAbbre	设施简称	1	nvarchar	50
ProjLng	经度	0	float	—
ProjLat	纬度	0	float	—
OwnerUnit	建设业主	0	varchar	50
DesignUnit	设计单位	0	varchar	50
SupervisUnit	监理单位	0	varchar	50
ConstructUnit	施工单位	0	varchar	50
SurveyUnit	监测单位	1	varchar	50
ProjDirector	设施负责人	1	varchar	50
ProjWorker	作业负责人	1	varchar	50
ProjProvince	省	1	varchar	50
ProjCity	市	1	varchar	50
ProjZone	区	1	nvarchar	50
ProjAddress	项目地址	1	nvarchar	50
CreateDate	创建日期	1	datetime	—
ProjMap	项目地图	0	nvarchar	—1
ProjPictPath	文件路径	0	nvarchar	—1
注：字段长度—1 代表为数据库的最大长度或动态可变长度。				

## B.2.2 监测点

监测点应符合表 B.2 的要求。

表 B.2 监测点要求

列(字段)	列(中文)	非空	数据类型	字段长度	单位	小数位
PCollectionID	监测工点	1	nvarchar	100		
MonitorObjId	监测对象	1	nvarchar	200		
PointType	监测类型	1	bigint	—		
PointName	监测点名	1	nvarchar	—		
PtPerson	负责人	1	nvarchar	50		
PtXcor	X 坐标	0	float	—	m	4
PtYcor	Y 坐标	0	float	—	m	4
PtZcor	Z 坐标	0	float	—	m	4
PtLocation	测点位置	0	nvarchar	50		
PtBeginTime	开始时间	1	datetime	—		

表 B.2 监测点要求 (续)

列(字段)	列(中文)	非空	数据类型	字段长度	单位	小数位
PtEndTime	结束时间	0	datetime	—		
PtLng	经度	0	float	—	°	
PtLat	纬度	0	float	—	°	
PointStatus	测点状态	0	int	—		

B.2.3 监测数据

监测数据应符合表 B.3 的要求。

表 B.3 监测数据要求

数据分类	列(字段)	列(中文)	非空	数据类型	单位	小数位
基础信息	PointID	监测点	1	nvarchar		
	SurveyTime	测量时间	1	datetime		
	PeriodId	观测期次	1	int		
	Mark	标识	1	int		
智能机器人	TPS_X	X 坐标	1	float	m	4
	TPS_Y	Y 坐标	1	float	m	4
	TPS_Z	Z 坐标	1	float	m	4
	TPS_Dx	X 形变	0	float	mm	1
	TPS_Dy	Y 形变	0	float	mm	1
	TPS_Dz	Z 形变	0	float	mm	1
	Proj_Dxy	平面	0	float	mm	1
	Proj_Ang	变形方向	0	float	°	5
	Proj_Dx	X 投影	0	float	m	4
	Proj_Dy	Y 投影	0	float	m	4
GNSS 位移	XCor	X 坐标	1	float	m	4
	YCor	Y 坐标	1	float	m	4
	ZCor	Z 坐标	1	float	m	4
	Lng	经度	1	float		
	Lat	纬度	1	float		
	Dx	X 形变	0	float	mm	1
	Dy	Y 形变	0	float	mm	1
	Dz	Z 形变	0	float	mm	1
	Dxy	平面形变	1	float	mm	1

表 B.3 监测数据要求 (续)

数据分类	列(字段)	列(中文)	非空	数据类型	单位	小数位
激光位移	Temp	温度	1	float	℃	2
	Distance	距离	1	float	mm	2
	Accu	累积变化	0	float	mm	2
	Curr	当期变化	0	float	mm	2
静力水准	Temp	温度	1	float	℃	1
	Pressure	液体压力值	0	float	kPa	2
	WaterLevel	液位值	1	float	mm	2
	Settlement	沉降值	1	float	mm	2
	Curr	当期变化	0	float	mm	2
	Accu	累积变化	0	float	mm	2
深部位移	Temp	温度	1	float	℃	1
	XDirect	X 方向测角	1	float	°	5
	YDirect	Y 方向测角	1	float	°	5
	XDistance	X 方向位移	1	float	mm	2
	YDistance	Y 方向位移	1	float	mm	2
	Curr	当期变化	0	float	mm	2
	Accu	累积变化	0	float	mm	2
倾斜传感	Temp	温度	0	float	℃	2
	XDirect	X 方向	1	float	°	5
	YDirect	Y 方向	1	float	°	5
	Curr	当期变化	0	float	mm	2
	Accu	累积变化	0	float	mm	2
	Freq	频率	1	float	HZ	2
裂缝传感	Temp	温度	0	float	℃	2
	Freq	频率	1	float	HZ	2
	Crack	裂缝	1	float	mm	2
	Curr	当期变化	0	float	mm	2
	Accu	累积变化	0	float	mm	2
应力传感	Freq	频率	1	float	HZ	2
	Temp	温度	1	float	℃	1
	Value	应力	1	float	MPa	2
	Curr	当期变化	0	float	MPa	2
	Accu	累积变化	0	float	MPa	2

表 B.3 监测数据要求 (续)

数据分类	列(字段)	列(中文)	非空	数据类型	单位	小数位
振动传感	zhensuX	X 方向	1	float	mm/s	4
	zhensuY	Y 方向	1	float	mm/s	4
	zhensuZ	Z 方向	1	float	mm/s	4
地下水位	Temp	温度	0	float	℃	2
	Freq	频率	1	float	HZ	2
	WaterLevel	地下水位	1	float	m	2
温湿度	wendu	温度值	1	float	℃	2
	shidu	相对湿度	1	float	%	2
	daltaWendu	差异温度	1	float	℃	2
雨量	RainFall	实时雨量	1	float	mm	2
	RainFall_Sum	累计雨量	1	float	mm	2

B.3 数据处理流程

B.3.1 规则处理流程

规则处理流程见图 B.2。



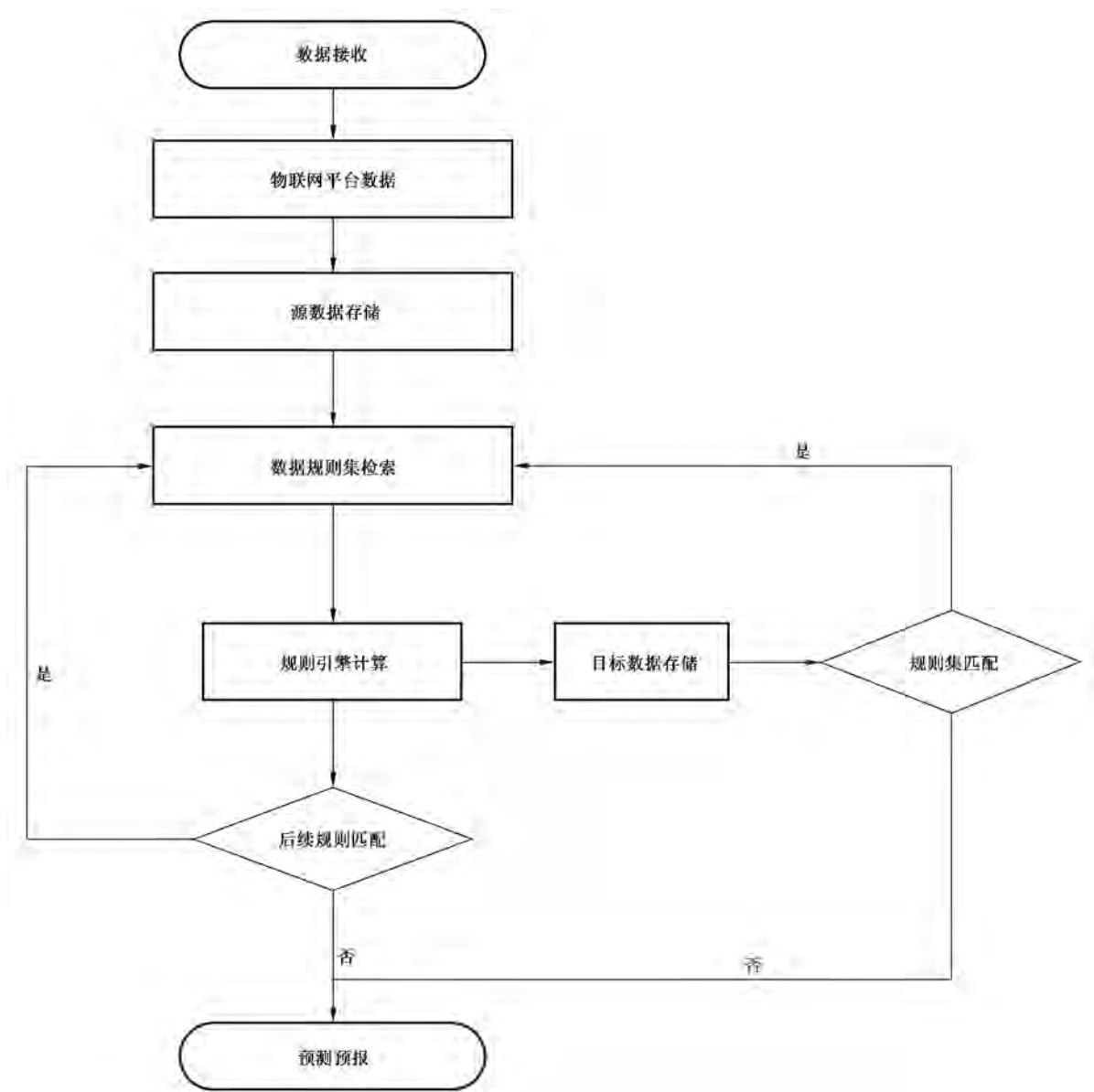


图 B.2 规则处理流程图

B.3.2 规则引擎模型图

规则引擎模型见图 B.3。

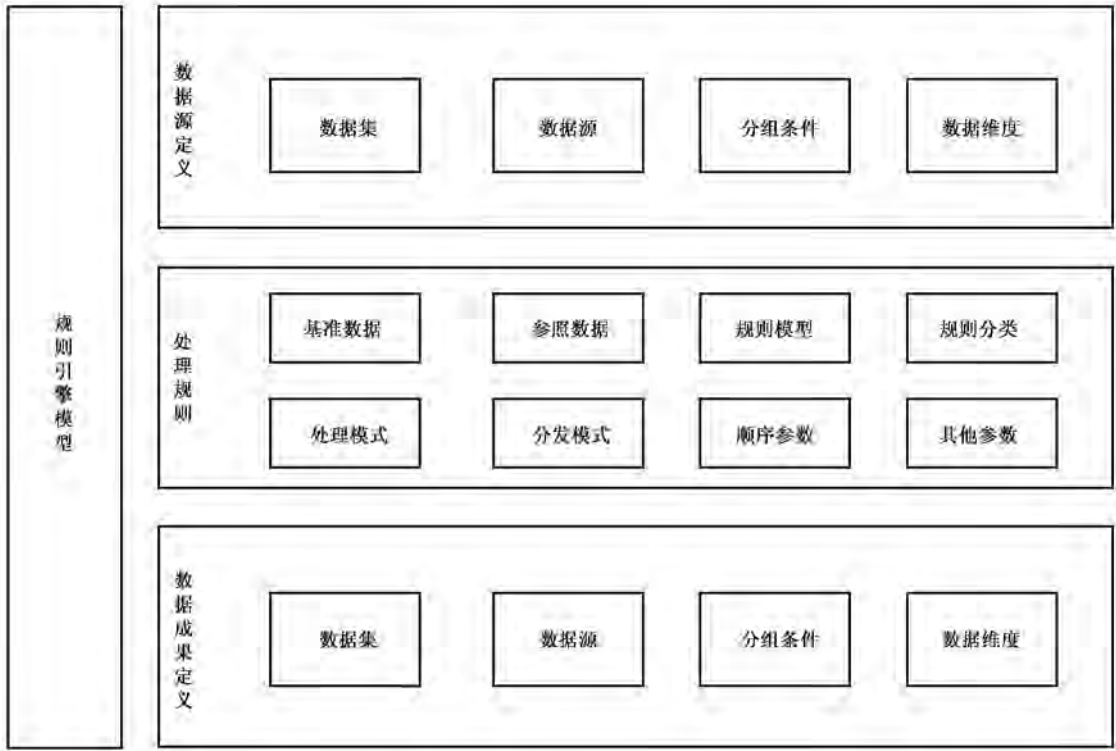


图 B.3 规则引擎模型图

B.4 预警计算流程

预警计算流程见图 B.4。

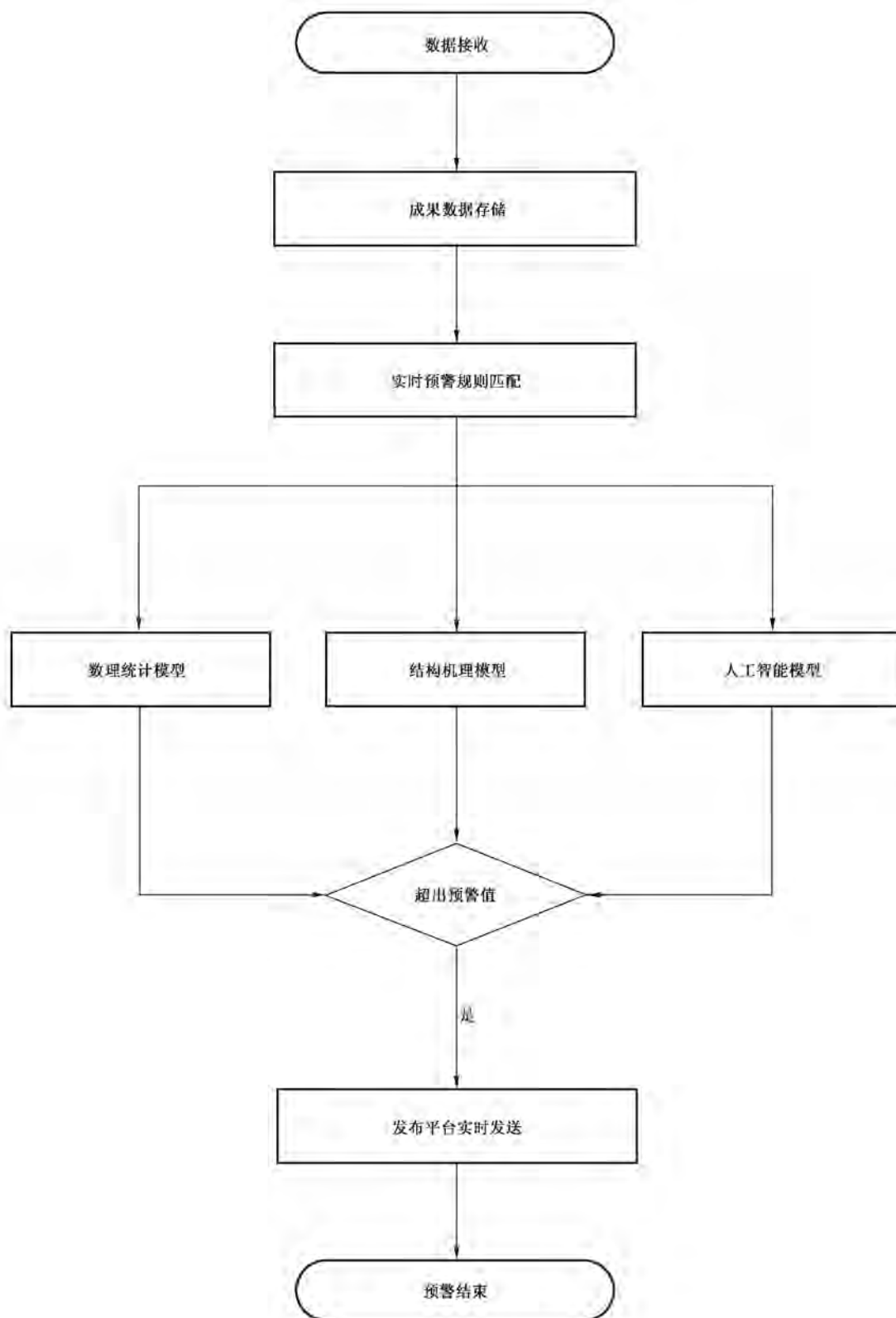


图 B.4 预警计算流程图

附 录 C  
(资料性)  
监测报告成果格式

C.1 监测次报报告格式

C.1.1 监测次报封面格式

监测次报封面格式见图 C.1。

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX 等第三方监测	
XXXXXX 工点监测次报	
编号: HLQ-GC-RB-1175	
报表内容:	
1. 监测成果综述及建议	第 1 页
2. 轨道交通二号线墩柱沉降	第 1 页
3. 轨道交通二号线墩柱倾斜	第 2 页
4. 既有道路沉降	第 3 页
5. 既有建筑物沉降	第 4 页
6. 在建抗滑桩桩体沉降	第 5 页
7. 深部位移[CX01]	第 6 页
8. 深部位移[CX03]	第 7 页
监测单位: XXXXXXXX	
XXXX 年 XX 月 XX 日	

图 C.1 监测报告封面格式

C.1.2 监测次报综述及建议格式

监测次报综述及建议格式见图 C.2。

监测成果综述及建议							
监测对象	监测项目	点号	累计最大变形量	点号	最大本次变形	控制值	备注
莲花上行隧道	X方向	S8951	-5.4mm	S8993	-0.4mm	20mm	
	Y方向	S9502A	4.1mm	S8904	0.5mm	20mm	
	Z方向	S9272A	-7.6mm	S9501	-4.7mm	20mm	
	收敛位移监测	S9504_S9502A	2.6mm	S9504_S9501	4.3mm	20mm	
南港下行隧道	X方向	X0421A	-3.6mm	X1703	-0.2mm	20mm	
	Y方向	X1043	-10.2mm	X1802B	1.1mm	20mm	
	Z方向	X1043	-22.3mm	X1802B	1.1mm	20mm	黄色
	收敛位移监测	X1071A_X1073	14.2mm	X1802B_X1801A	-1.2mm	20mm	
莲花下行隧道	X方向	X9204	-4.6mm	X9203A	0.3mm	20mm	
	Y方向	X8951	3.6mm	X9344	-0.4mm	20mm	
	Z方向	X8951	-5.8mm	X9324A	1.4mm	20mm	
	收敛位移监测	X8954_X8951	4.5mm	X9483A_X9482A	-0.2mm	20mm	
南港上行隧道	X方向	S0773A	-4.3mm	S0512B	0.5mm	20mm	
	Y方向	S1141B	7.8mm	S0414	-0.7mm	20mm	
	Z方向	S1014	-16.4mm	S0414	-0.7mm	20mm	
	收敛位移监测	S1114A_S1111A	4.7mm	S0463A_S0461	-0.8mm	20mm	
注：1、水平位移，+为向基坑内偏移、-为向基坑外偏移； 2、沉降，+为隆起、-为下沉； 3、轴力，+为拉应力、-为压应力； 4、地下水位，+为上升、-为下降； 5、数据详细情况见附表。							

数据分析建议

截至本期监测，从数据信息反应的情况表明：本次莲花桥影响上行隧道南港道桥影响下行隧道Y方向X1043、X1073 累计变化量超预警值，Z方向X1043、X1044、X1073、X1074、X1113、X1114 累计变化量超控制值，Z方向X0783、X0824、X0861A、X0863、X0864、X0931A、X0932B、X0933、X0934、X0991A、X0992B、X0993、X0994……

\*\*\*\*\*

图 C.2 监测成果综述及建议格式

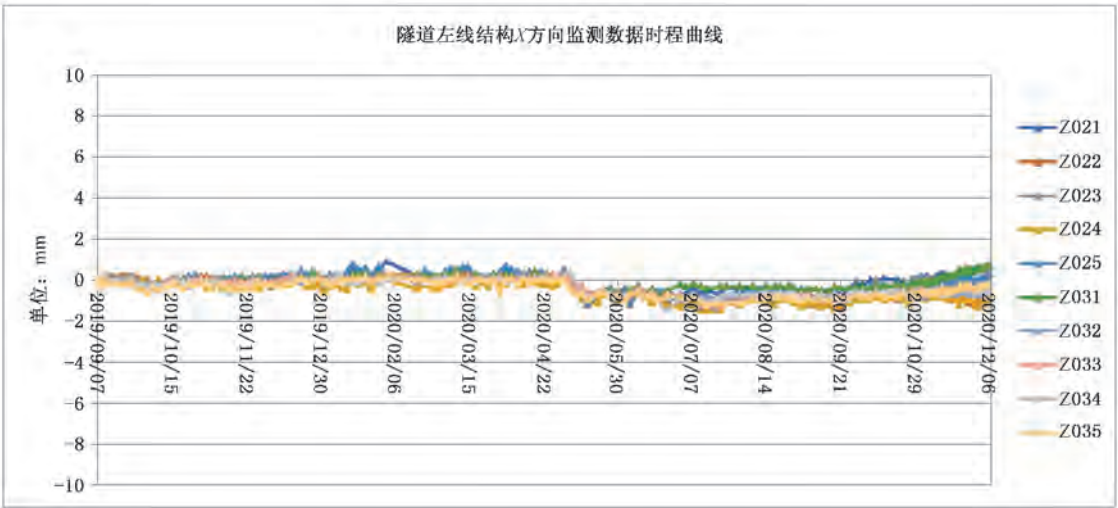
C.1.3 监测数据报表格式

监测次报监测数据报表格式应参照表 C.1、表 C.2 和表 C.3 的格式。

表 C.1 隧道左线结构×方向监测数据报表

监测项目:×××××××××× 报表编号:62×××××××× 监测仪器:监测仪器  
量测时间:××××-××-×× 监测者:监测者 校核者:检校者

点号	本次变化量 (mm)	上次累计变化量 (mm)	本次累计位移 (mm)	本次变化速率 (mm/d)	监测时间间隔 (d)	备注
Z021	0.1	0.6	0.7	0.10	1.00	ZK24+932
Z022	0.0	-0.9	-0.9	0.00	1.00	ZK24+932
Z023	0.2	-0.3	-0.1	0.20	1.00	ZK24+932
Z024	0.1	-0.9	-0.8	0.10	1.00	ZK24+932
Z025	0.1	0.2	0.3	0.10	1.00	ZK24+932
Z031	0.0	0.7	0.7	0.00	1.00	ZK24+942
Z032	0.0	-0.5	-0.5	0.00	1.00	ZK24+942
Z033	0.1	-0.4	-0.3	0.10	1.00	ZK24+942
Z034	-0.1	-0.5	-0.6	-0.10	1.00	ZK24+942
Z035	0.0	-0.3	-0.3	0.00	1.00	ZK24+942

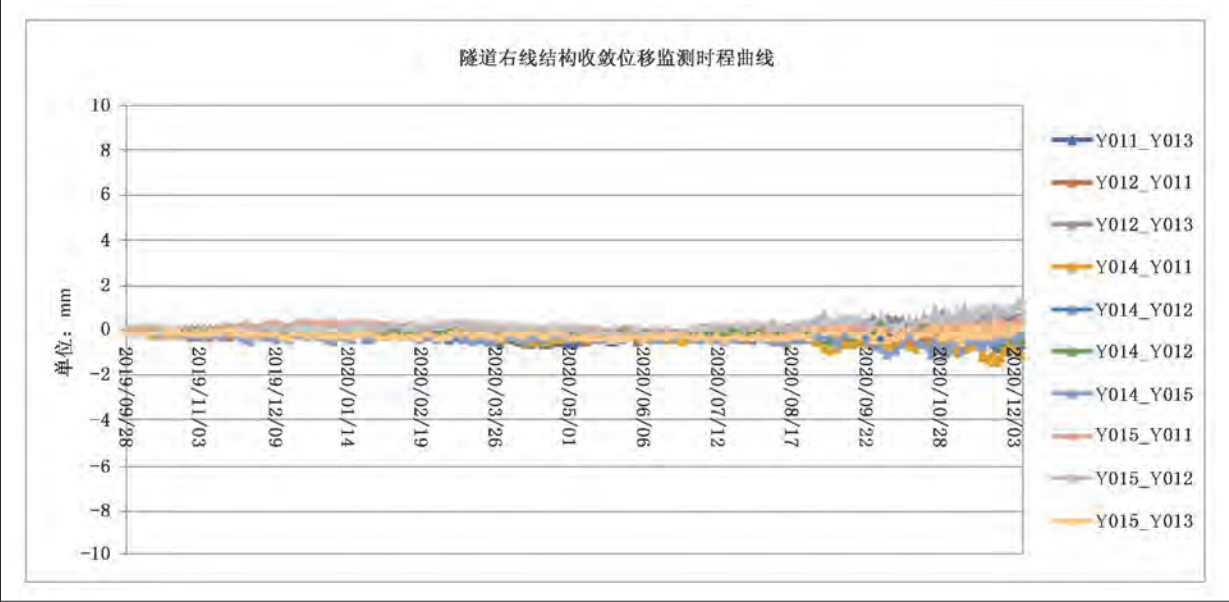


注：表中变化量正数表示×××××××,负数表示×××××××。

表 C.2 隧道右线结构收敛位移监测数据报表

监测项目:×××××××××× 报表编号:×××××× 监测仪器:监测仪器  
量测时间:××××-××-×× 监测者:监测者 校核者 :检校者

点号	本次变化量 (mm)	上次累计变化量 (mm)	本次累计位移 (mm)	本次变化速率 (mm/d)	监测时间间隔 (d)	备注
Y011_Y013	0.0	－0.6	－0.6	0.00	1.00	YK24+931
Y012_Y011	－0.2	－0.2	－0.4	－0.20	1.00	YK24+931
Y012_Y013	0.0	0.6	0.6	0.00	1.00	YK24+931
Y014_Y011	－0.1	－1.0	－1.1	－0.10	1.00	YK24+931
Y014_Y012	－0.1	0.1	0.0	－0.10	1.00	YK24+931
Y014_Y013	0.1	－0.5	－0.4	0.10	1.00	YK24+931
Y014_Y015	－0.2	0.0	－0.2	－0.20	1.00	YK24+931
Y015_Y011	0.0	0.5	0.5	0.00	1.00	YK24+931
Y015_Y012	－0.2	1.3	1.1	－0.20	1.00	YK24+931
Y015_Y013	0.0	0.1	0.1	0.00	1.00	YK24+931



注：表中变化量正数表示××××××，负数表示××××××。

表 C.3 62××××××××××深层水平位移监测报表

监测项目:×××××××××× 报表编号:××××××× 监测仪器:监测仪器

量测时间:××××-××-××      监测者:监测者      校核者:检校者

监测仪器:测斜仪      仪器型号:TRC-C×-01F      检校日期:

监测孔号	深度 (m)	上次累计 变化量 (mm)	本次累计 变化量 (mm)	本次 变化量 (mm)	变化 速率 (mm/d)	控制值	
						累计变 化值 (mm)	变化速率 (mm/d)
ZQT-14	0.5	+0.28	+0.17	-0.11	-0.11	20.00	2.00
	1.0	+0.19	+0.10	-0.09	-0.09	20.00	2.00
	1.5	+0.18	+0.09	-0.09	-0.09	20.00	2.00
	2.0	+0.17	+0.06	-0.11	-0.11	20.00	2.00
	2.5	+0.19	+0.08	-0.11	-0.11	20.00	2.00
	3.0	+0.21	+0.13	-0.08	-0.08	20.00	2.00
	3.5	+0.16	+0.12	-0.04	-0.04	20.00	2.00
	4.0	-0.02	-0.00	+0.02	+0.02	20.00	2.00
	4.5	-0.02	-0.00	+0.02	+0.02	20.00	2.00
	5.0	+0.01	+0.03	+0.02	+0.02	20.00	2.00
	5.5	-0.09	-0.08	+0.01	+0.01	20.00	2.00
	6.0	-0.04	+0.02	+0.06	+0.06	20.00	2.00
	10.5	-0.03	-0.08	-0.05	-0.05	20.00	2.00
	11.0	-0.08	-0.13	-0.05	-0.05	20.00	2.00
	11.5	-0.08	-0.13	-0.05	-0.05	20.00	2.00
	12.0	-0.01	-0.00	+0.01	+0.01	20.00	2.00
	12.5	-0.08	-0.09	-0.01	-0.01	20.00	2.00
	13.0	-0.05	-0.06	-0.01	-0.01	20.00	2.00
	13.5	+0.07	+0.07	0.00	0.00	20.00	2.00
	14.0	+0.07	+0.10	+0.03	+0.03	20.00	2.00
14.5	+0.10	+0.13	+0.03	+0.03	20.00	2.00	
×	×	×	×	×	×	×	

桩体深层水平位移监测  
曲线图

深度/m

变形值/mm

—●— 本次累计变化量

备注：本次变化量“+”向坑内，“-”向坑外

施工工况：××××××××××，目前处于正常施工状态。

监测结论及意见：

62××变形在允许范围内。现场安全可控，周边环境无风险事件发生。

建议：加强巡视，并及时进行封堵，防止雨水渗入；××××××。



C.2 监测期报报告格式

C.2.1 监测期报报告封面格式

监测期报报告封面格式参照图 C.3。

编号：JFBHD-15
XXXXXXXX 建设投资有限公司
XXXXXXXXXXXX 系统工程结构监测期报
(第十五期)
XXXXX (监测单位)
二〇一七年十月

图 C.3 监测期报封面格式

C.2.2 监测期报报告基本目录格式

监测期报报告基本目录应符合图 C.4 的要求。

目 录	
1 本期监测工作总结 .....	1
1.1 监测工作总结 .....	1
1.2 监测异常及处理情况 .....	2
2 监测依据及标准和空间基准 .....	3
2.1 监测依据及标准 .....	3
2.2 空间基准 .....	3
3 仪器设备 .....	3
4 监测工作情况 .....	3
4.1 现场巡查 .....	3
4.2 监测成果统计分析 .....	8
4.3 各项目监测数据成果 .....	8
4.3.1 XXXXX结构净空收敛监测成果 .....	8
4.3.2 XXXXX结构竖向位移监测成果 .....	9
4.3.3 XXXXX结构净空收敛监测成果 .....	10
.....	
4.3.25 XXXXX结构竖向位移监测成果 .....	25
4.3.26 XXXXX结构净空收敛监测成果 .....	25
4.3.27 XXXXX结构竖向位移监测成果 .....	26
4.3.28 XXXXX结构应力监测成果 .....	27
6 结论 .....	27
附表 1 监测成果统计分析总表 .....	29
附表 2 XXXXX 结构净空收敛监测成果（2017.10.01~2017.10.15） .....	30
附表 3 XXXXX 结构竖向位移监测成果（2017.10.01~2017.10.15） .....	30
附表 4 XXXXX 结构净空收敛监测成果（2017.10.01~2017.10.15） .....	31
附表 5 XXXXX 结构竖向位移监测成果（2017.10.01~2017.10.15） .....	31
附表 6 XXXXX 结构净空收敛监测成果（2017.10.01~2017.10.15） .....	32
附表 7 XXXXX 结构竖向位移监测成果（2017.10.01~2017.10.15） .....	32
附表 8 XXXXX 结构净空收敛监测成果（2017.10.01~2017.10.15） .....	32
附表 9 XXXXX 结构竖向位移监测成果（2017.10.01~2017.10.15） .....	32

图 C.4 监测期报基本目录格式

C.2.3 监测期报监测数据统计格式

监测期报监测数据统计格式应符合表 C.4 和表 C.5 的要求。

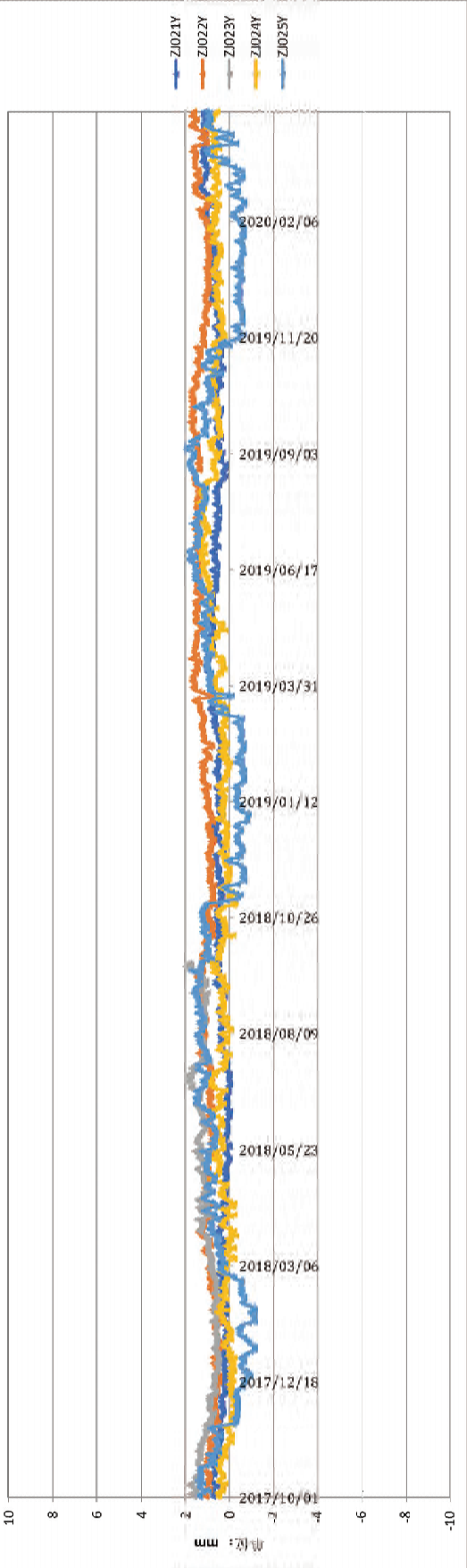
表 C.4 监测成果统计分析表

监测对象	监测项目	本期变形最大值		最大本期平均变化速率		本期累计变形最大值		控制值		监测结论	备注
		测点	变化量	测点	变化速率	测点	变化量	变形速率	累计变形最大值		
XXX 联络道	结构净空收敛	FJ001Y	-1.2mm	FJ001Y	-0.08mm/d	FJ004Y	-1.7mm	3.0mm/d	10mm	正常	
	结构竖向位移	FJ002D	-0.7mm	FJ005D	-0.04mm/d	FJ005D	1.9mm	3.0mm/d	8mm	正常	
XXX 联络道	结构净空收敛	FJ010Y	-0.5mm	FJ010Y	-0.03mm/d	FJ007Y	1.3mm	3.0mm/d	10mm	正常	
	结构竖向位移	FJ008D	-0.4mm	FJ006D	-0.03mm/d	FJ008D	1.0mm	3.0mm/d	8mm	正常	
XXX 1 号支洞	结构净空收敛	FJ027Y	-0.2mm	FJ027Y	-0.01mm/d	FJ027Y	-0.1mm	3.0mm/d	10mm	正常	
	结构竖向位移	FJ027DA	-0.4mm	FJ027DA	-0.02mm/d	FJ027DA	-1.2mm	3.0mm/d	8mm	正常	
XXX 2 号支洞	结构净空收敛	FJ028Y	0.1mm	FJ028Y	0.00mm/d	FJ028Y	0.6mm	3.0mm/d	10mm	正常	
	结构竖向位移	FJ028D	0.7mm	FJ028D	0.05mm/d	FJ028D	1.2mm	3.0mm/d	8mm	正常	
XXX 通道北段	结构净空收敛	ZJ053YA	1.2mm	ZJ053YA	0.08mm/d	ZJ051Y	2.0mm	3.0mm/d	10mm	正常	
	结构竖向位移	ZJ047D	1.4mm	ZJ047D	0.09mm/d	ZJ053DA	-1.8mm	3.0mm/d	8mm	正常	
	结构应力应变	YL013	-0.7MPa	YL013	-0.05MPa/d	YL012	-2.6MPa	3.0MPa/d	15MPa	正常	
	结构净空收敛	ZJ039Y	1.2mm	ZJ039Y	0.08mm/d	ZJ029YA	2.9mm	3.0mm/d	10mm	正常	
XXX 通道南段	结构竖向位移	ZJ031D	-1.0mm	ZJ029DA	-0.07mm/d	ZJ029DA	2.8mm	3.0mm/d	8mm	正常	
	结构应力应变	YL010	-2.0MPa	YL010	-0.13MPa/d	YL008	-3.1MPa	3.0MPa/d	15MPa	正常	
XXX 联络道	结构净空收敛	FJ014Y	0.9mm	FJ014Y	0.06mm/d	FJ015YA	2.4mm	3.0mm/d	10mm	正常	
	结构竖向位移	FJ012D	-0.9mm	FJ012D	-0.06mm/d	FJ017D	2.2mm	3.0mm/d	8mm	正常	
	结构裂缝监测	LF001	0.13mm	LF001	0.01mm/d	LF001	-0.47mm	0.1mm/d	0.2mm	LF001 累计变化量超控制值	
	结构应力应变	YL014	-2.1MPa	YL014	-0.14MPa/d	YL015	-3.1MPa	3.0MPa/d	15MPa	正常	
XXX 新华路	结构净空收敛	ZJ024Y	-0.3mm	ZJ024Y	-0.02mm/d	ZJ023Y	1.5mm	3.0mm/d	10mm	正常	
	结构竖向位移	ZJ024D	-0.7mm	ZJ024D	-0.05mm/d	ZJ024D	1.4mm	3.0mm/d	8mm	正常	
	结构应力应变	YL005	-0.4MPa	YL005	-0.03MPa/d	YL005	-0.8MPa	3.0MPa/d	15MPa	正常	

表 C.5 监测单项期次数据报表

测点编号	初值观测时间	上期累计量 (mm)	监测日期：2017/10/01 至 2017/10/15															仪器名称：远程精密测距监测设备						
			本期各次累计变化量(mm)															本期变化量 (mm)	最终累计变化量(mm)	本期变化速率 (mm/d)	变形速率控制值 (mm/d)	控制值	监测结论	备注
			1/10	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10	10/10	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10							
ZJ021Y	2017/3/17	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.0	0.8	0.00	3.0	10mm	正常		
ZJ022Y	2017/3/17	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	-0.2	0.9	-0.02	3.0	10mm	正常		
ZJ023Y	2017/3/17	1.6	1.6	1.7	1.8	1.6	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.4	1.5	1.5	1.6	-0.1	1.5	-0.01	3.0	10mm	正常		
ZJ024Y	2017/3/17	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.4	0.4	0.3	-0.3	0.3	-0.02	3.0	10mm	正常		
ZJ025Y	2017/3/17	1.5	1.4	1.4	1.4	1.2	0.9	1.0	1.4	1.4	1.4	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	-0.2	1.3	-0.01	3.0	10mm	正常		

结构净空收敛



#### C.2.4 监测期报传感设备点位分布图

传感点位分布图见图 C.5。

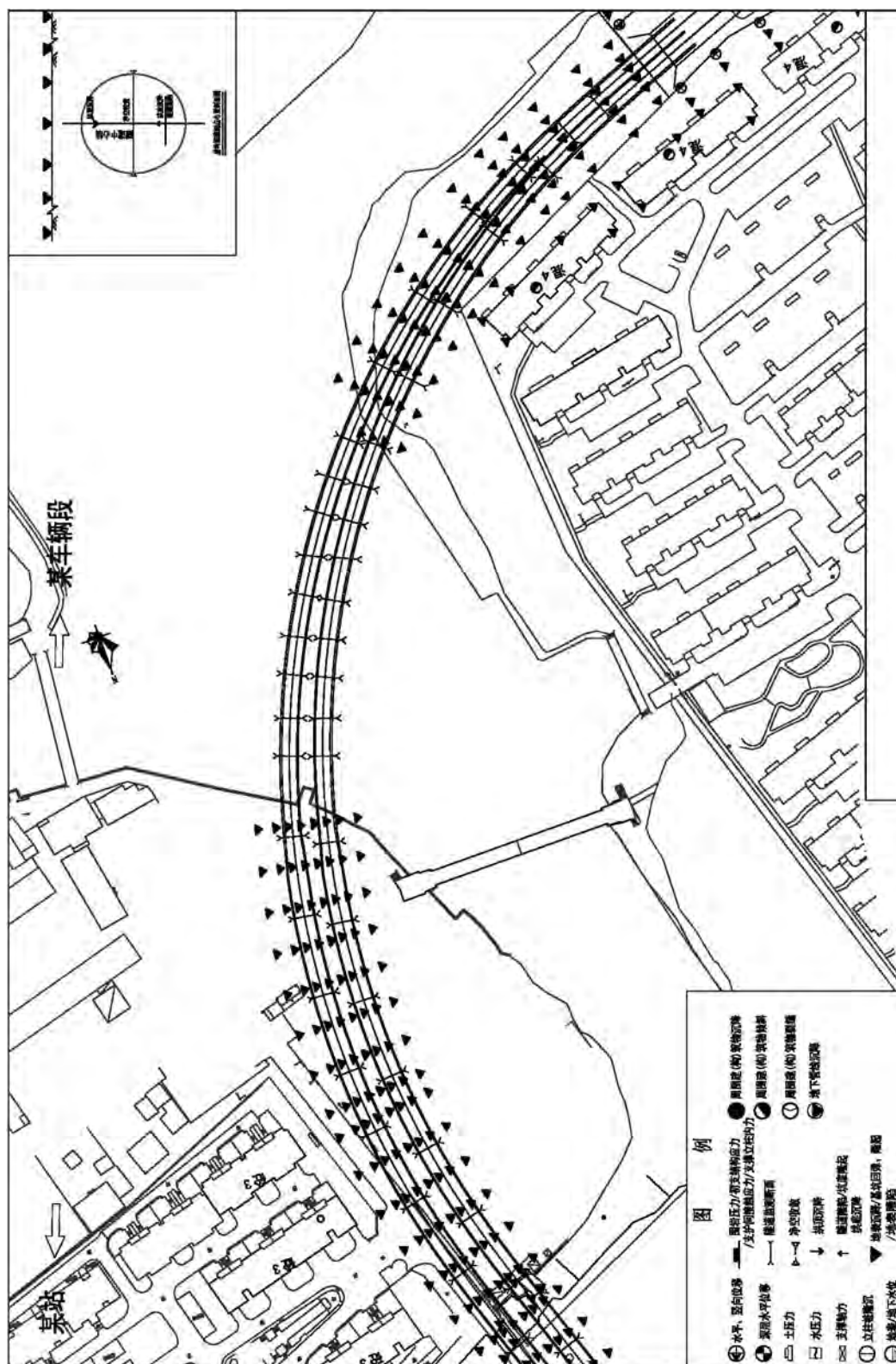


图 C.5 传感设备点位分布图

### C.3 总结报告格式

#### C.3.1 总结报告封面格式

总结报告封面格式参照图 C.6。

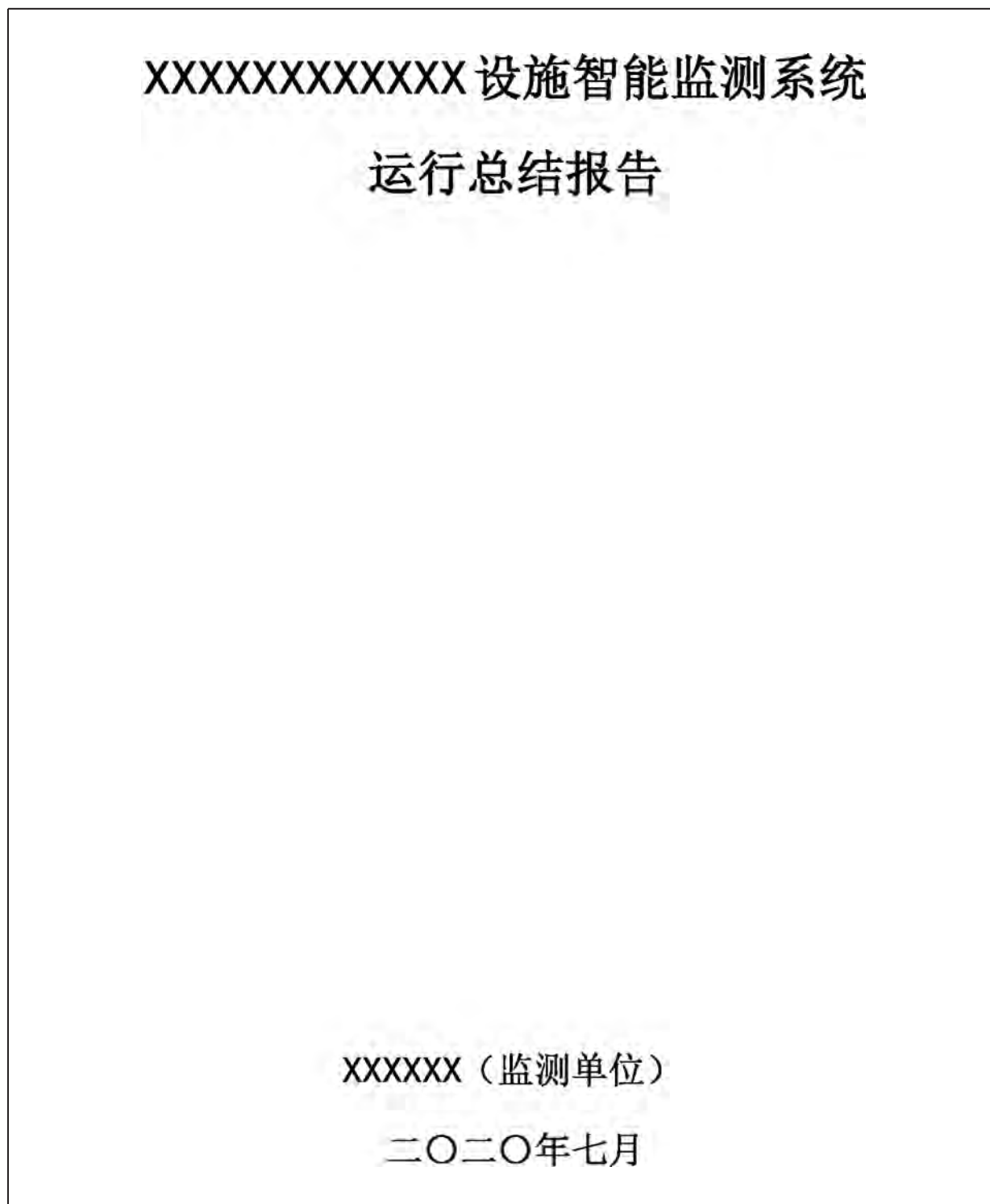


图 C.6 总结报告封面格式



C.3.2 总结报告基本目录格式

总结报告基本目录格式参照图 C.7。

目 录	
目 录.....	2
1 工程概况.....	3
2 监测依据及空间标准 .....	5
3 监测内容及测点布置 .....	6
4 监测预警.....	8
5 健康监测系统运行状态及数据分析 .....	12
5.1 系统运营情况 .....	12
5.2 实测数据分析 .....	13
5.2.1 动态称重系统 .....	13
5.2.2 应变监测 .....	15
5.2.3 变形监测 .....	17
5.2.4 伸缩缝监测 .....	19
5.2.5 温湿度监测 .....	20
5.2.6 地震动监测 .....	22
5.2.7 裂缝监测 .....	23
6 总结.....	24
7 下一步工作及建议 .....	24
8 监测点位分布图 .....	25

图 C.7 总结报告基本目录格式

C.3.3 传感设备布设

传感设备布设参照图 C.8。

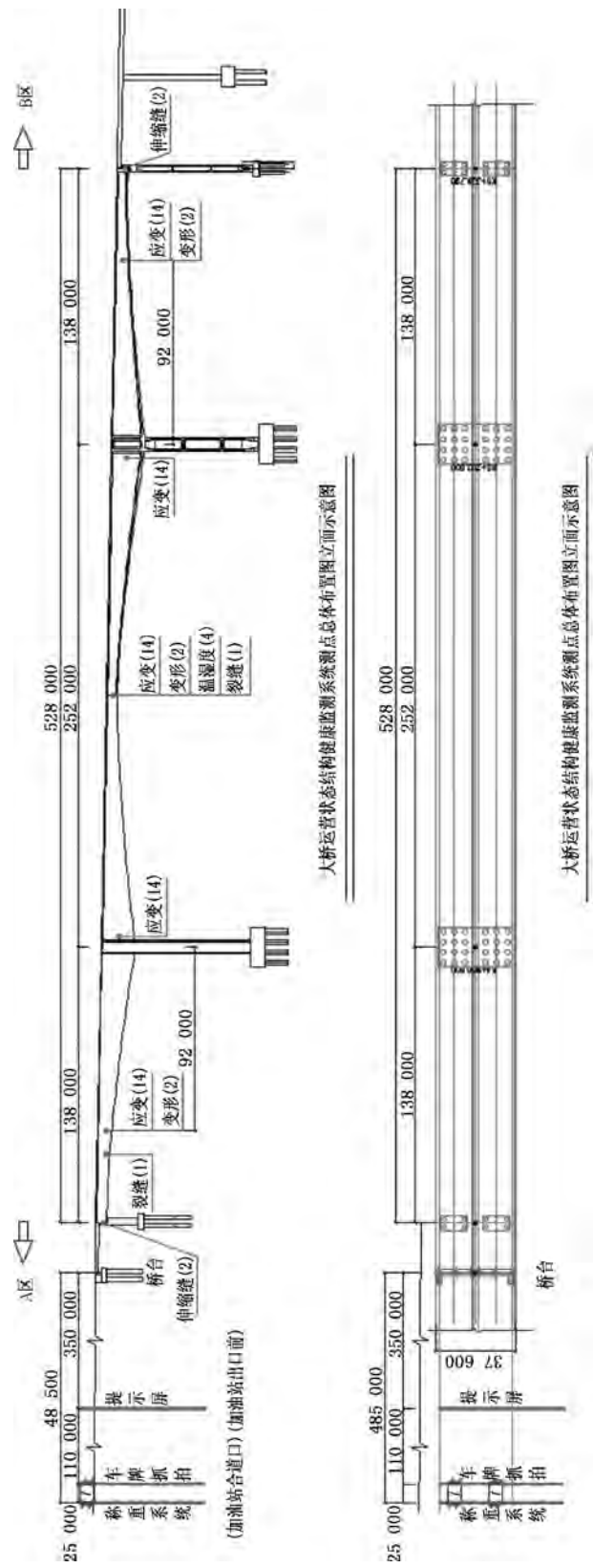


图 C.8 传感设备布置图



### C.3.4 传感系统评价

传感系统评价参照表 C.6 和表 C.7。

表 C.6 系统运行总览

监测项目	传感器类型	监测点	数据量	有效率	监测情况
动态称重系统	称重传感器	8 车道	95%	93%	很好
应变监测	应变传感器	70	98%	98%	很好
变形监测	静力水准传感器	6	92%	93%	很好
伸缩缝监测	伸缩缝传感器	4	95%	95%	很好
地震动监测	振动传感器	4	95%	98%	很好
温湿度监测	温湿度传感器	4	98%	98%	很好
裂缝宽度	裂缝计	2	98%	98%	很好

表 C.7 系统运行评价标准

数据质量指标范围	监测情况	计算公式
$\text{eff} < 0.25$	较差	$50\% \times 50\%$
$0.25 \leq \text{eff} < 0.64$	正常	$50\% \times 50\% - 80\% \times 80\%$
$0.6 \leq \text{eff} < 0.81$	良好	$80\% \times 80\% - 90\% \times 90\%$
$\text{eff} \geq 0.81$	很好	$90\% \times 90\%$
注： $\text{eff} = \text{数据比率} \times \text{有效率}$		

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 16566 铁路隧道词汇
  - [2] GB/T 18567 高速公路隧道监控系统模式
  - [3] GB/T 18578 城市地理信息系统设计规范
  - [4] GB/T 20270 信息安全技术 网络基础安全技术要求
  - [5] GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
  - [6] GB/T 30012 城市轨道交通运营规范
  - [7] GB/T 33474 物联网 参考体系结构
  - [8] GB/Z 33750 物联网 标准化工作指南
  - [9] GB/T 34068 物联网总体技术 智能传感器接口规范
  - [10] GB/T 34069 物联网总体技术 智能传感器特性与分类
  - [11] GB/T 36620 面向智慧城市的物联网技术应用指南
  - [12] GB 50026 工程测量规范
  - [13] CJJ 36 城镇道路养护技术规范
  - [14] CJJ 37 城市道路工程设计规范
  - [15] CJJ/T 73 卫星定位城市测量技术标准
  - [16] CJJ 99 城市桥梁养护技术标准
  - [17] CJJ/T 100 城市基础地理信息系统技术标准
  - [18] CJJ 242 城市道路与轨道交通合建桥梁设计规范
  - [19] Q/CR 9218 铁路隧道监控量测技术规程
  - [20] Q/CR 9230 铁路工程沉降变形观测与评估技术规程
  - [21] YD/T 3331 面向物联网的蜂窝窄带接入(NB-IoT) 无线网总体技术要求
-

