

DB42

湖北省地方标准

DB42/T 1604—2020

城市综合管廊结构安全自动监测设计规程

Design specification for structural safety automatic monitoring of urban utility
tunnel

2020-12-04 发布

2021-04-04 实施

湖北省住房和城乡建设厅
湖北省市场监督管理局

联合发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体设计 2

5 监测内容与测点选择 4

6 传感器 6

7 信号采集与传输模块 7

8 数据存储与管理模块 9

9 数据分析与安全预警模块 10

10 系统集成 12

11 系统运行安全 13

附录 A（资料性） 传感器的选择 15

附录 B（资料性） 常用传感器性能要求 23

附录 C（资料性） 采集设备的选择 25

附录 D（资料性） 综合管廊结构安全监测管理平台协议示例 27

附录 E（资料性） 综合管廊自动化监测日/周/月报表 35

附录 F（资料性） 设备状态统计表 36

参考文献 37

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。

本文件遵循 GB 50838-2015的原则制定。由于城市综合管廊是一种浅埋地下的结构物，易受人为环境和自然环境影响，发生不均匀沉降、振动、张裂破坏，导致结构开裂、渗水等。因此管廊结构的自动化监测是管廊结构安全的重要保障。本文件是对城市综合管廊自动化监测设计的基本要求。

本文件由湖北省住房与城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：中建三局安装工程有限公司、上海同禾工程科技股份有限公司、华中科技大学、同济大学、武汉市政工程设计研究院有限责任公司、湖北省标准化与质量研究院、中建三局工程设计有限公司、中国市政工程西北设计研究院有限公司

本文件主要起草人：李永峰、刘伟、宋爽、王丹生、赵程、彭定新、徐辉、李飞、王孝谦、杨卫星、韩阳昱、黄俊、郭俊、方大为、刘国强、谢东武、刘凡、何皓、陈镜、王琛、秦黎泉、伍荣刚、梁杨、胡祎、赵广振、刘尚书

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：407483361@qq.com。对本文件的有关修改意见和建议请反馈至中建三局安装工程有限公司，联系电话：027-87131700，邮箱：441276820@qq.com。

城市综合管廊结构安全自动监测设计规程

1 范围

本文件规定了城市综合管廊结构安全自动监测设计要求。

本文件适用于湖北省行政区划内的新建、扩建城市综合管廊本体结构在使用期间的安全监测系统设
计。

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 837.15 爆炸性气体环境用电设备第15部分：危险场所电气安装（煤矿除外）
- GB 3837.14 爆炸性气体环境用电设备第14部分：危险场所分类
- GB 10070 城市区域环境振动标准
- GB 10071 城市区域环境振动测量法
- GB/T 15969 可编程序控制器
- GB/T 17626.2 电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容试验和测量技术浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 20633 承载印制电路板用涂料（敷形涂料）
- GB/T 22239 信息系统安全等级保护基本要求
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范
- GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
- GB 50174 电子信息机房设计规范
- GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
- GB 50838 城市综合管廊工程技术规范
- HJ 918 环境振动监测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

结构安全监测 structural safety monitoring

采用仪器监测方法，长期、连续地采集和收集反映结构本体安全状态、变化特征及其发展趋势的信
息，并进行分析、反馈和预警的活动。

3.2

结构安全监测系统 structural safety monitoring system

是一种由特定硬件和软件组成的能对结构安全进行自动化监测为主的系统。

3.3

变形监测 deformation monitoring

对结构的竖向、倾斜、裂缝、断面收敛等指标变化进行的量测工作。

3.4

应力监测 stress monitoring

对结构的局部应力指标变化进行的量测工作。

3.5

振动监测 vibration monitoring

对结构的突发振动指标变化进行的量测工作。

3.6

模拟信号传感器 analog signal sensor

输出信号为电压、电流、频率等模拟信号的传感器

3.7

数字信号传感器 digital signal sensor

输出信号为数字量或数字编码的传感器。

3.8

预警值 alarming value

为保证运营期内结构安全，依据本文件规定和设计要求，对监测项目设定必须发布预警信息的下限值。

3.9

控制值 controlling value

为保证运营期内结构安全，依据本文件规定和设计要求，对监测项目设定必须采取维护措施的下限值。

4 总体设计

4.1 一般规定

4.1.1 城市综合管廊结构安全自动监测系统应进行专项设计，据监测项目及现场情况对结构的整体或局部建立监测系统，宜与管廊的施工期监测和运行维护相结合。

4.1.2 城市综合管廊结构安全自动监测系统应有适当的保护措施和可维护性，并能保证系统设计使用寿命。

- 4.1.3 城市综合管廊结构安全自动监测系统软件应与硬件相匹配，且具有兼容性、可扩展性、易维护性和良好的用户使用性能。
- 4.1.4 城市综合管廊结构安全自动监测系统的安装方式不得对管廊结构本体造成损害，且不应妨碍管廊正常使用和施工。
- 4.1.5 城市综合管廊结构安全自动监测系统设计，除应符合本文件的规定外，尚应符合国家现行标准的规定。

4.2 系统组成与架构

- 4.2.1 城市综合管廊结构安全自动监测系统包含传感器、信号采集与数据传输系统、数据存储与管理
系统、数据分析与安全预警系统。
- 4.2.2 城市综合管廊结构安全自动监测系统各模块应包含表 1 中所列出的部件。

表1 城市综合管廊结构安全自动监测系统的组成部件

名称	组成部件
传感器	应包含传感器硬件、连接管线及配套供电设备
信号采集与数据传输系统	应包含信号采集硬件、网络传输硬件、供电设备及配套软件
数据存储与管理系统	应包含数据存储硬件、远程管理平台软件
数据分析与安全预警系统	主要为具备数据分析和预警功能的软件平台

- 4.2.3 城市综合管廊结构安全自动监测系统架构宜按图 1 中所列架构设置。

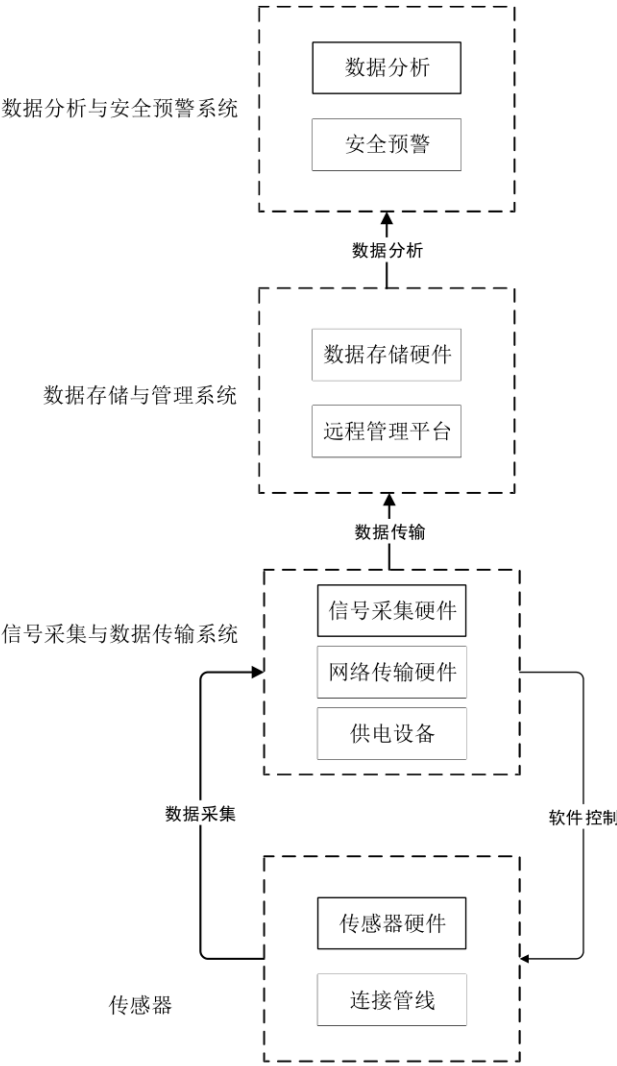


图1 城市综合管廊监测系统构架图

5 监测内容与测点选择

5.1 一般规定

- 5.1.1 城市综合管廊结构安全自动监测在采用自动化监测系统的基础上，宜与现场巡查、视频监控等方法相结合。
- 5.1.2 监测内容及测点布置应根据具体项目需求和实际运用环境确定。
- 5.1.3 监测的方式宜采用连续监测，不具备自动连续监测的条件时，监测频率宜不低于 2 次/天，当监测数据异常时应增大监测频率。

5.2 监测内容

- 5.2.1 城市综合管廊结构安全自动监测内容应包括变形、应力、 振动监测，可根据结构特点和管廊运营需求增设其他监测内容。
- 5.2.2 常规监测内容可按表 2 执行，其限值由设计单位根据结构计算确定。

表2 城市综合管廊结构安全常规监测内容

变形监测						应力监测	振动监测	环境
沉降	倾斜	裂缝	水平位移	变形缝形变	断面收敛	应力	振动	温、湿度
★	★	★	▲	★	▲	▲	★	▲
注1：★为必测项，▲为选测项；								
注2：温湿度监测可采用已有的其他温湿度监测数据。								

5.3 监测方法

- 5.3.1 城市综合管廊监测方法应结合工程结构特点、现场安装环境条件等因素综合确定，监测方法应具备先进性、适用性、可靠性、及时性、经济性。
- 5.3.2 沉降监测方法可采用连通管测量、几何水准测量、电子测距三角高程测量等方法，对应监测设备详见附录 A。
- 5.3.3 倾斜监测可通过测量相互垂直的两个方向上的倾斜分量来获得城市综合管廊结构倾斜累计值和倾斜速率。
- 5.3.4 裂缝和变形缝监测方法可通过接触式或非接触式设备获得裂缝监测数据。
- 5.3.5 应力应变监测可通过安装在结构内部或表面的应变计或其他传感器进行监测，试验和临时监测宜采用外贴方式，长期监测宜采用内埋式。
- 5.3.6 断面收敛监测应根据断面净空情况布置测点，宜采用非接触测量方法。
- 5.3.7 振动监测方法应根据 GB 10070、GB 10071 和 HJ 918 执行。

5.4 监测测点布置

- 5.4.1 监测点的布置要求应在 GB 50838 的基础上遵循下列原则：
- 在管廊结构沿线间隔布置监测点，且受力最不利处或已损伤处必须布置；
 - 应充分考虑地质条件和环境条件；
 - 便于传感器的安装、维护和更换；
 - 尽量减少信号的干扰和衰减；
 - 关键区域合理增加传感器数量；
 - 超过 2 个舱室的管廊宜在两侧舱室独立布置沉降和倾斜监测测线；
 - 测点布置详图参照附录 A 的管廊测点布设图。
- 5.4.2 沉降和倾斜监测测点应符合以下规定：
- 至少选择一个管廊舱室进行连续沉降和倾斜监测；
 - 沉降和倾斜监测测点的纵向间距宜不大于 30m，但在以下特殊位置应专门布设测点：沉降和倾斜监测点纵向分布位置应选择在起点处、断面变化处、水文地质条件变化处、线路交叉处、曲线段的中点处、终点处和沉降量可能变形较大处；
 - 沉降和倾角监测点在结构横断面上宜选择在结构顶板或侧壁位置进行布置；
 - 对具有一定高差变化或曲率变化的城市综合管廊，沉降测点布置时应满足转点布置和传感器量程要求；
 - 每组监测在一个典型结构单元段首、末端应布设不少于 2 个监测点；
 - 断面宽度尺寸大于 10m 的管廊结构应增设一条沉降测线进行横向差异沉降监测；
 - 沉降监测基准点应布设在结构中相对稳定区域，且每 6 个月内应至少进行一次基准点高程人工复核。

5.4.3 沉降监测基准点应布设在结构中相对稳定区域，且每 6 个月内应至少进行一次基准点高程人工复核。裂缝监测测点应符合以下规定：

- a) 裂缝监测应横跨裂缝布设，布设前应采集裂缝的长度、宽度和深度是否为贯穿裂缝的信息，并作为基础信息保存；
- b) 裂缝监测宜在裂缝的最宽处及裂缝首、末端按组布置，重点应监测裂缝的宽度变化情况，每组应布设 2 个监测点，并应分别布设在裂缝两侧，且其连线应垂直于裂缝走向；
- c) 潜在裂缝的监测点宜选择在断面变化较大处、跨度较大构件跨中部位、荷载突变处、下穿主干道处、变形可能较大处等位置；
- d) 当选取关键横断面进行裂缝监测时，应在舱室顶板、承重侧壁上至少布置 1 个裂缝测点；
- e) 当裂缝宽度达到报警值后，宜对裂缝深度、宽度进行检测。

5.4.4 变形缝监测测点应选取关键断面进行监测，在舱室顶板、承重侧壁上布设，每组应对称布设至少 3 个监测点，测项包含差异沉降与伸缩变形，纵向间距不宜大于 100m。

5.4.5 应力监测测点应符合以下规定：

- a) 监测断面的纵向间距应根据结构受力特点、土质条件、线型特征等情况确定，宜与变形监测区域一致，纵向间距不宜大于 30m；
- b) 监测横断面上的监测点应选择各边中间部位、接缝部位、地面荷载较大和变形较大部位、受力条件复杂部位等位置，每边至少布置 1 个应力应变监测点。

5.4.6 断面收敛监测断面的纵向间距应根据结构受力特点、土质条件、线型特征等情况确定，纵向间距不宜大于 30m，监测点沿横断面宜布置在断面宽度较大位置。

5.4.7 振动监测测点应符合以下规定：

- a) 振动测点宜布设在结构主要振型振幅较大部位，并避开节点位置，且相邻测点间距不宜大于 200m；
- b) 当外部环境增加新的震源时，应在对应管廊位置新增振动监测测点。

6 传感器

6.1 一般规定

6.1.1 传感器宜选用国际通用数字信号传感器。

6.1.2 传感器应满足各项指标参数的技术需求，包括测量精度、量程、供电方式、输出方式、频率、响应范围、防护等级、抗干扰性能等。

6.1.3 传感器应在复杂环境条件下正常工作，元器件和防护配件应具有高防护性、高稳定性、高耐久性和高集成度，传感器外壳的防护等级应不小于 IP65。

6.1.4 传感器设置应充分考虑管廊结构形式及内部管线布置，做到安装便捷、稳定。

6.1.5 传感器安装完成后应立即对其进行初始状态设置或归零处理。

6.1.6 传感器的安装可参考附录 A 的传感器安装图。

6.2 传感器选择

6.2.1 传感器的选型应符合下列规定：

- a) 应根据具体的项目要求和实际应用条件选择合理的传感器类型；
- b) 传感器应具有良好的稳定性和抗干扰能力；
- c) 宜选择具有温度补偿功能的传感器；
- d) 应根据传感器性能及现场条件等因素选择传感器合理安装方式；

- e) 应根据传感器类型，选择操作方便、耐久性好且精度合适的信号采集及信号通讯系统，保证监测结果的可信度，宜优先选用技术先进、微型化、数字化、智能化、多功能化、系统化、网络化的传感器元件；
- f) 宜采用数字信号传感器，如采用模拟信号传感器，应先将模拟信号转换为数字信号，通过总线传输，避免信号干扰对数据质量的影响。

6.2.2 常用传感器的选型可参照表规定，使用注意事项宜按本文件附录 A 的规定进行。

表3 推荐传感器选型

监测内容	推荐传感器类型
沉降	静力水准传感器、压差式沉降传感器
倾斜	倾角传感器
裂缝、变形缝	裂缝传感器、位移传感器
应力	应变传感器、混凝土应变传感器、钢筋应力传感器
断面收敛	红外激光测距传感器
振动	加速度传感器

6.3 传感器性能

6.3.1 传感器的性能参数应符合下列要求：

- a) 传感器工作状态点宜在满量程的 20%~80%内，且最大工作状态点不应超过满量程；
- b) 应根据监测参数和传感器类型选择适当的采样频率；
- c) 传感器应具有良好而稳定的线性度；
- d) 传感器应具有良好而稳定的灵敏度和信噪比；
- e) 传感器应具有良好而稳定的分辨率，且不应低于所需监测参数的最小单位量级；
- f) 传感器应具有良好而稳定的重复性；
- g) 传感器测量值应具备较小的时漂和温漂。

6.3.2 传感器除应符合第 6.3.1 条的性能参数要求外，尚应符合下列规定：

- a) 不同类型传感器的供电方式应根据实际情况和监测要求确定；
- b) 传感器应满足结构实际使用环境的要求；
- c) 结构安全监测系统的设计年限应根据监测需要确定；
- d) 传感器使用前应进行必要的标定、校准或自校；
- e) 传感器应满足防护要求。

6.3.3 常用传感器的性能参数详见本文件附录 B。

6.4 供电要求

6.4.1 传感器应具备稳定的直流供电，系统应配备备用电源，保证传感器断电后工作时间不少于 12 小时。

6.4.2 传感器的输入电压应兼容直流 12V 与 24V，具备宽压工作功能，单个传感器功率不宜大于 1.5W，保证传感器采集总线的线压降可控，可进行长距离传输。

7 信号采集与传输模块

7.1 一般规定

7.1.1 信号采集与传输模块是一种对传感器数据进行采集和传输到管理平台的模块，包含信号采集及传输硬件和数据传输网络。

7.1.2 信号采集及传输硬件应满足传感器的监测要求，还应具有可靠性高、抗干扰能力强、采样率高、功耗低等特点。

7.1.3 数据传输网络应选用覆盖范围广、传输稳定性强、传输速度快的网络。

7.2 信号采集

7.2.1 信号采集方式应根据综合管廊的结构形式、传感器的类型、数量及布置方式等进行设计，并应满足下列要求：

- a) 传感器相距较远且较分散，宜选用分布式信号采集方式；
- b) 传感器相距较近且分布较集中，宜选用集中式信号采集方式；
- c) 信号采集模块应安装进专用的防护箱。

7.2.2 信号采集硬件应根据传感器种类、数量、信号特征、采样频率、数据吞吐量及对信号的预处理要求等进行选择，并应符合下列原则：

- a) 应遵循标准协议和标准接口，便于数据传输和存储；
- b) 应具备实时采集、本地存储、自动传输等功能，应保证现场数据的真实性、有效性和实时性；
- c) 应满足复杂环境下工作需求，具有防护功能，且应易于更换，更换时不影响软件的使用。

7.2.3 信号采集硬件除符合 7.2.2 条规定外，还应符合下列规定：

- a) 数字信号传感器宜选用分布式信号采集硬件，并确定传输距离、传输带宽和速率；
- b) 模拟信号宜选用 4mA~20mA 和 0V~10V 等标准工业信号，可选用集中式信号采集硬件，并确定输入范围、分辨率、精度、传输带宽和速率；
- c) 信号采集模数转换分辨率应满足传感器分辨率和监测要求，不宜低于 16 位；
- d) 模拟信号应进行光电隔离，以增强抗干扰能力。

7.2.4 信号采集软件设计应符合下列规定：

- a) 应实现数据实时采集、自动存储、缓存管理、即时反馈和自动传输等功能；
- b) 应与数据库系统和数据分析软件稳定、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；
- c) 应对传感器输出信号、信号采集和传输设备的运行状态信号进行实时采集，对系统运行状态进行监控，异常时可及时报警；
- d) 应能接受并处理信号采集参数的调整指令，并记录和备份处理过程；
- e) 应能定时启动传感器设备监测运行；
- f) 可按不同的监测内容、采样次序、采样频率来完成对传感器输出的采样与模数转换。

7.2.5 信号采集硬件布置应根据监测要求和信号传输距离要求确定，不应影响数据质量；信号采集站之间应考虑信号采集时间同步性要求。

7.2.6 应力与变形监测点采用周期采集模式，采样频率宜不超过 1 次/小时，当综合管廊结构区段满足以下条件之一时，采样频率宜适当提高。

- a) 下穿河流、隧道、城市快速路、主干路、铁路、轨道交通、高速公路、高层建筑、地下管线、桥梁等结构物的区段；
- b) 处于富水和软土地质条件的区段；
- c) 周围 10m 范围内有可能影响管廊结构的新建工程施工区段。

7.2.7 当遇到下列特殊情况时，应在常规采样频率基础上适当提高采样频率。

- a) 监测数据达到预警值时；
- b) 监测数据异常或变化速率过大时；

- c) 存在勘察未发现的不良地质条件，且影响管廊安全时；
- d) 暴雨或长时间连续降雨时；
- e) 邻近工程施工、超载、振动等周边环境有较大改变时；
- f) 出现其他影响综合管廊结构安全的异常情况时。

7.2.8 振动监测点应采用触发采集模式，超过预警值时，以不低于 200Hz 的采样频率采集不小于 1024 个采样点。

7.2.9 信号采集硬件宜使用工业可编程逻辑控制器（PLC）或远程终端单元（RTU），该硬件设备应符合以下规定：

- a) 具备可编程功能，可适配各类管廊结构物监测所需使用的传感器及物联网平台；
- b) 具备 RJ45 网络接口、工业 RS485 接口、电源浪涌保护设计等硬件功能；
- c) 具备本地存储空间，支持缓存本地传感器数据 7 天以上；
- d) 信号采集设备宜与管廊监控与报警系统合用，信号采集设备宜采用可扩展、易更换的模块化结构，符合 GB/T 15969 的规定；
- e) 常用采集设备的选型和使用注意事项宜按本文件附录 C 的规定进行。

7.3 数据传输

7.3.1 物理传输方式应符合下列规定：

- a) 数据传输线路及电源传输线路的布线应基于管廊现场情况，在保证满足抗电磁干扰要求的同时，做到统一规划、安装牢固、维护便捷，根据实际情况宜选用有线、无线相结合的传输方式；
- b) 选用有线传输的方式时，宜通过光纤通信网络连接监控中心与各管廊区段（一般以防火门为划分，区段长度不超过 1km），各区段及监控中心通过光纤交换机将光纤网络转换为以太网；
- c) 光纤网络或以太网络等数据传输线路应按需设置必要的路由器；
- d) 选用无线传输的方式时，管廊内的无线信号传输能力应满足传输要求；
- e) 数据传输硬件的选择除满足上述规定外，还应符合 GB 50838 中的规定。

7.3.2 接口与协议应符合下列规定：

- a) 数据提供方和数据接收方之间的接口应具备完整性、规范性、开放性和灵活性；
- b) 传输数据时，如突遇网络异常或其他异常情况，具备断点续传和补全历史数据的功能；
- c) 交换内容组织格式采用 JSON 方式，字符编码宜采用 UTF-8 格式；
- d) 接口应支持至少 TCP/IP、Https、MQTT 等协议中的一种；
- e) 接口应支持双向通讯，具备数据主动推送及远程遥测功能；
- f) 推荐传输协议示例见本文件附录 D。

7.4 供电要求

采集模块的输入电压应兼容直流 12V 与 24V，具备宽压工作功能。

8 数据存储与管理模块

8.1 一般规定

- 8.1.1 数据存储与管理模块应具备数据统一上传、存储、管理、浏览的功能，确保监测数据完整性。
- 8.1.2 数据存储与管理模块应建立用户等级制度，对不同等级用户赋予管理权限。
- 8.1.3 数据存储和管理模块宜设置开放式数据接口，可与其他数据库实现无缝衔接。

8.2 数据存储

8.2.1 监测数据应当在系统运营期内完整保存，系统宜采用冷热数据分离技术，热数据的有效时间宜大于6个月。

8.2.2 数据库系统应当支持冗余或集群部署，并设置自动备份，宜采用容错服务器，并支持异地容灾。

8.2.3 数据应进行分层设计，原始传感数据与分析处理后数据独立存储，保证原始传感数据不得被任何人修改。

8.2.4 数据资源需进行鉴权设计，敏感信息应强加密存储。

8.3 数据管理

8.3.1 原始监测数据应定期存储、备份存档，后处理数据宜保持不少于三个月在线存储，重要数据宜采用光盘或大数据硬盘永久存储。

8.3.2 在应用程序调试完成后，应对数据库进行试运行操作，包括功能测试和性能测试。试运行操作期间，应做好数据库的备份和恢复工作。

8.3.3 应有一个或多个能胜任的授权用户来管理数据库管理系统和它所包含信息的安全。管理员应经过培训，以便能正确有效地建立和维护安全策略。被授权的管理员应严格遵从系统管理员文档的要求进行操作，不应蓄意破坏数据库管理系统，不应蓄意违反操程。授权用户应具备必要的授权来访问由数据库管理系统管理的少量信息。

9 数据分析与安全预警模块

9.1 一般规定

9.1.1 数据分析与安全预警模块应根据监测数据对管廊结构安全状态进行分析，并根据分析结果对管廊结构的安全状况进行预警。

9.1.2 应建立明确的管廊结构预警指标，并建立预警机制。

9.1.3 预警指标的确定应根据工程特点、结构设计要求等制定，对于工况条件复杂的综合管廊结构宜通过计算分析或专项评估等方式有针对性制定监测项目预警指标。

9.1.4 数据分析及安全预警模块应具备在线分析与实时报警能力。

9.2 数据分析

9.2.1 数据分析模块应根据监测数对管廊结构安全性和耐久性进行全面分析，当设计文件无明确要求时，分析内容可按表4执行。

表4 数据分析内容表格

监测内容	分析方法	分析内容
沉降、水平位移	时域分析	时程曲线、累计值、日变化速率
倾斜		
裂缝、变形缝		
断面收敛		
应力		时程曲线、累计值、峰值
振动	时域分析、频率分析	峰值、特征频率

9.2.2 数据分析模块应对监测数据进行对比、趋势分析，同时利用人工巡检数据进行复核，综合评估管廊结构工作状态。

9.2.3 数据分析模块应具备各项结构参数的时域趋势变化趋势功能及安全评价功能，评价标准参照结构设计文件及 9.3.2 条规定内容制定。

9.2.4 数据分析和综合评估设计流程见图 2 所示。

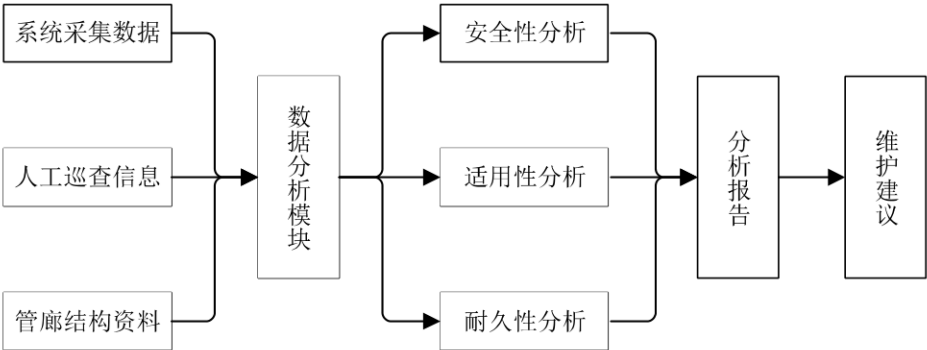


图2 数据分析工作流程图

9.2.5 数据分析模块应能在线生成监测分析报告，并将报告发送至多级管理人员，监测分析报告宜包含以下内容：

- a) 工程概况；
- b) 监测项目及依据；
- c) 采用的仪器型号、规格；
- d) 监测信号采集方法；
- e) 监测数据图表：监测点布置、监测数据的累计值、变化速率、时程曲线等；
- f) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
- g) 结论与建议。

9.3 安全预警

9.3.1 应根据监测项目预警等级和预警标准建立预警管理制度，预警管理制度应包括不同预警等级的警情报送对象、时间、方法和流程。

9.3.2 预警值和控制值应以综合管廊结构设计文件制定的指标为准，当综合管廊结构设计无具体要求时监测项目分级预警和控制值可参 5 照表执行。

表5 管廊结构监测项目预警值及控制值

	不均匀沉降	倾斜	裂缝、变形缝	断面收敛	振动
三级预警	监测数据 $\leq$ 70%控制值，或 $5\% < \text{数据变量} \leq 10\%$				
二级预警	70%控制值 $<$ 监测数据 $\leq$ 80%控制值，或 $10\% < \text{数据变量} \leq 20\%$				
一级预警	80%控制值 $<$ 监测数据 $\leq$ 100%控制值，或数据变量 $> 20\%$				
控制值	15mm	0.25%	0.2mm	0.2mm/m	0.5g
注1：该表中预警值和控制值均为监测内容累计值；					
注2：数据变量为（本次数据-上次数据）/上次数据。					

9.3.3 当监测数据达到预警标准时，必须进行警情报送，并自动推送预警报告；当达到目标等级的控制值后应根据现场情况采取对应的控制措施；预警报告宜包含以下内容：

- a) 警情发生的时间、地点、现场情况、严重程度等；
- b) 现场巡查信息；

- c) 监测数据图表：监测项目的累计值及变化速率等；
- d) 警情原因分析；
- e) 警情处理措施建议。

10 系统集成

10.1 一般规定

- 10.1.1 系统集成指管廊结构健康监测系统作为子系统如何集成至管廊运管综合管理系统。
- 10.1.2 系统集成包括硬件系统集成与软件系统集成。
- 10.1.3 硬件系统集成主要包括数据中心基础设施的集成、网络设备的连接、显示设备的集成等。
- 10.1.4 软件系统集成主要包括数据接口与数据界面的集成。
- 10.1.5 系统集成应根据监测系统整体要求，确保各个子系统和模块的兼容性、数据传输可靠性、系统整体稳定性、环境适应性、可扩展性与技术先进性。

10.2 硬件系统集成

- 10.2.1 硬件系统集成应采用模块化、单元化、标准化设计，确保硬件模块无缝连接。
- 10.2.2 硬件系统集成应考虑网络通信、环境适应性、防雷的要求，并考虑通信接口、供电接口等兼容性和匹配性，考虑以最优分配和可靠度最大为约束条件的可靠性和稳定性。
- 10.2.3 网络通信设备选型应考虑网络带宽和吞吐率、品牌和性价比、可扩展性、可靠性和稳定性等。
- 10.2.4 网络服务器可采用 X86 构架服务器，宜采用工作组服务器或部门级服务器。
- 10.2.5 数据中心的建设应考虑包括通风系统、温控系统、供电冗余系统等基础设施的共享与兼容性，满足各子系统服务器等设备的支持需求。

10.3 软件系统集成

- 10.3.1 结构物监测系统应提供标准数据服务接口，综合管理系统可按需调用数据，实现多系统的无缝接入。
- 10.3.2 数据服务接口的开发宜采用 Web API、Web Service、MQTT 等国际通用物联网接口标准，保证标准性与易读性，并兼顾系统升级与更新的扩展需求。
- 10.3.3 数据服务架构应采用冗余设计，保证服务的高可用性。
- 10.3.4 支持基本的统一认证接入，如 LDAP、OAuth 等技术，实现多系统间账户体系的集成。
- 10.3.5 若采用界面级别的集成，应采用统一的 UI 设计规范，保证配色、字体、交互体验等元素的一致性。
- 10.3.6 监测系统必须符合综合管廊运维管理平台的架构设计，应遵循平台化、组件化的设计思想，采用统一的数据交换、统一的接口标准、统一的安全保障。
- 10.3.7 监测系统可通过管理平台系统软件平台对历史和实时数据进行分析、评估，及时发现病害和判断其结构安全状况。

10.4 监测报表

- 10.4.1 监测系统应当自动生成日、周、月度报表，内容应包括测点数据分析、报警情况汇总、设备分析等信息。
- 10.4.2 系统应根据用户不同权限，生成不同报表内容，满足数据可见性与保密要求。
- 10.4.3 系统应具备报表自动推送功能，可以按照用户设置与权限，推送至用户的邮箱中。

10.4.4 报表中的监测数据内容,应包含测点日变化、累计变化信息,并根据预设的报警条件,对发生日变化或累计变化报警的测点进行高亮显示,汇总报警统计信息。

10.4.5 报表中的设备分析内容,应包含项目设备的类型、数量、编号等基本统计信息,另外应当根据报表的周期,动态计算设备的状态信息,如设备在线率、设备电量统计等。

10.4.6 监测数据报表及设备状态统计表详见附录 E 和附录 F。

10.5 监测中心机房

监控机房主要用于结构监测信息处理、存储、交换和传输设备的安装和运行的建筑空间,应与机房合设。机房的建设要求可参照 GB 50174 执行。

11 系统运行安全

11.1 一般规定

11.1.1 监测系统应根据 GB/T 22239 中第二级及以上的要求进行系统运行安全管理。

11.1.2 监测系统的维护应执行运行维护管理制度,定期对系统软件进行测试、升级,对配套设备进行运行检查、维修和更换。

11.1.3 管理单位应依据各专业标准规范对入廊管线配套的监控系统进行维护,并配合综合管廊运营单位进行智慧管理系统的接口测试。

11.1.4 监测系统的运行维护对象包含硬件、软件、传输线路等。

11.2 硬件安全

11.2.1 电气设备、接地施工安装应符合 GB 50303、GB 50168 和 GB 50169 的规定,并应符合下列规定:

- a) 配电柜、控制柜(台、箱)和配电箱(盘)的安装位置与方式应符合设计要求,并应便于操作和维护;
- b) 配电柜、控制柜(台、箱)和配电箱(盘)不应安装在影响管廊内专业管线敷设、人员通行及有漏水隐患的孔口下方等部位,不应安装在低洼、可能受积水浸入的地方;
- c) 所有配电柜、控制柜(台、箱)和配电箱(盘)等应采取防水防潮措施,防护等级不应低于 IP54。

11.2.2 爆炸环境下低压电气设备的安装应符合 GB 50058、GB 3837.14、GB 837.15 的规定。

11.2.3 管廊监测自动化设备(包括 PLC/RTU、各类监测传感器等)的防护等级不宜低于 IP65,仪器内 PCB 电路板应进行三防处理(防霉、防潮、绝缘),所使用的三防漆应满足 GB/T 20633 标准。

11.2.4 管廊监测自动化设备(包括 PLC/RTU、各类监测传感器等)应当进行电磁兼容设计,具备抗静电、浪涌(冲击)功能。检验标准参照 GB/T 17626.2、GB/T 17626.5。

11.3 系统安全

11.3.1 监测系统管理后台必须确保信息完整、数据不可伪造、操作必须真实。

11.3.2 监测系统需要对合法用户进行统一管理、监控,避免非法用户登录。

11.3.3 监测系统需要确保不同的用户按照各自的权限访问不同的数据。

11.3.4 确保系统数据完整,包括:

- a) 不因物理原因影响数据完整性,物理原因指停电、火灾等;
- b) 不因逻辑原因影响数据完整性,逻辑原因指修改某个字段等。

11.3.5 对于部分重要关键操作，需要记录操作人员、操作时间、操作机 IP 地址等信息，能够追踪整个操作过程。

11.3.6 结构监测系统安全需要从管理机制、办法规则和软硬系统建设等方面全面建设（如：数据安全【使用、存储、保存、管理】、传感器安全、协议安全、数据交设备安全、后台安全、应用系统安全等），定义信息安全事件分为网络攻击事件、信息破坏事件、信息内容安全事件、网络故障事件、计算机资源故障、软件系统故障、灾害性事件和其它突发事件等。

11.3.7 传输安全：监测设备采集数据后，需将数据上传到云平台。上传数据时，平台端需要有设备接入鉴权，数据传输过程需利用 SSL/TLS 协议进行加密，保证数据的安全。

11.3.8 存储安全：监测设备本地具有数据缓存功能，防止网络原因造成数据丢失；对敏感数据存储时，可利用如 DES、RSA、MD5 等算法进行加密处理，保护隐私；平台端数据库需具备容灾、自动备份、故障恢复、迁移等功能，保障数据库服务安全可靠；

11.3.9 数据与软硬系统建设应符合以下规定：

- a) 数据信息安全包括后台基础库信息安全和应用数据安全；
- b) 后台基础库信息安全，在访问控制、系统和信息完整性、系统与通信保护、数据平台维护和数据管理等角度进行安全设计；
- c) 应用数据安全，在访问控制、系统与通信保护、数据安全隔离、数据和信息的完整性数据应用维护上进行安全设计。

附 录 A
(资料性)
传感器的选择

A.1 传感器的分类和性能参数

A.1.1 综合管廊结构健康监测用传感器和仪器类型按所监测的参数可分为下列几类：

- a) 变形、应力、振动；
- b) 变形类监测传感器，包括沉降传感器、倾斜传感器、裂缝传感器和断面收敛传感器；
- c) 应力类监测传感器为应变传感器；
- d) 振动类监测传感器为加速度传感器。

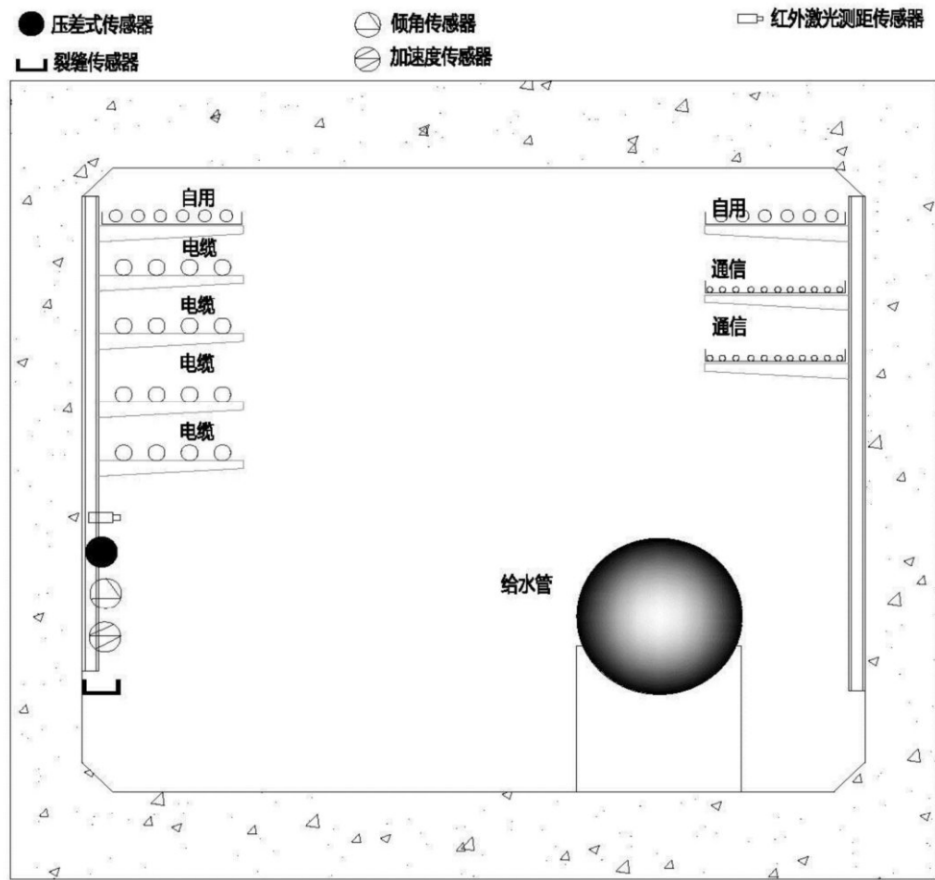
A.1.2 常规监测用传感器宜包括下列类型：

- a) 沉降传感器包括静力水准仪、压差式沉降仪、基于影像识别的变形测量仪、自动全站仪等；
- b) 倾斜传感器包括“固体摆”式、“液体摆”式、“气体摆”式 三种倾斜传感器；
- c) 振动传感器包括“压电式”加速度计、“伺服式”加速度计、“电容式”加速度计等；
- d) 裂缝传感器包括“电阻式”位移传感器、“电感式（LVDT）”位移传感器、“磁滞伸缩线性”位移传感器；
- e) 应变传感器包括振弦式、电阻式、光纤光栅式应变传感器。

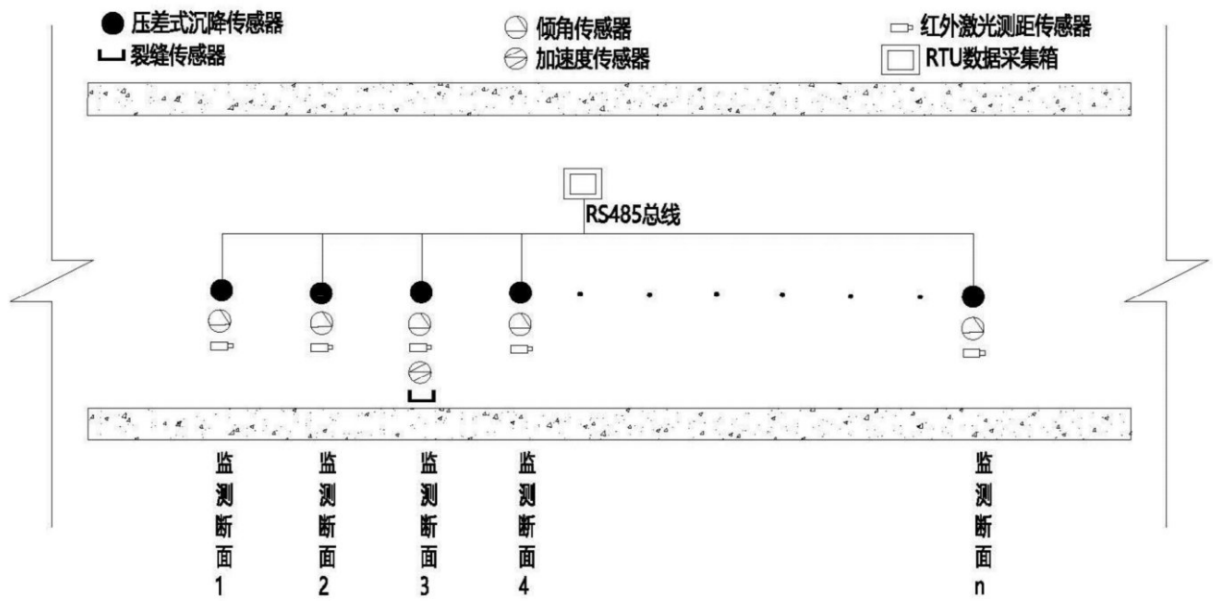
A.1.3 传感器主要性能参数宜包括下列内容：

- a) 量程：传感器能测量的物理量的极值范围；
- b) 最大采样频率：传感器每秒从实际连续信号中提取并组成离散信号的采样最大个数；
- c) 线性度：传感器的输出与输入成线性关系的程度；
- d) 灵敏度：传感器在稳态下输出量变化对输入量变化的比值；
- e) 分辨率：传感器能够感知或检测到的最小输入信号增量；
- f) 迟滞：在相同测量条件下，对应于同一大小的输入信号，传感器正反行程的输出信号大小不相等的现象；
- g) 重复性：传感器在输入量按同一方向做全量程多次测试时所得的输入-输出特性曲线的一致程度；
- h) 漂移：传感器在输入量不变的情况下，输出量随时间变化的现象；
- i) 供电方式：传感器采用直流电供电；
- j) 寿命：传感器的有效期。

A.1.4 综合管廊结构健康监测的测点布设可按照图A.1和图A.2进行。



图A.1 管廊测点横断面参考布设图



图A.2 管廊测点纵断面参考布设图

A. 2 传感器选择

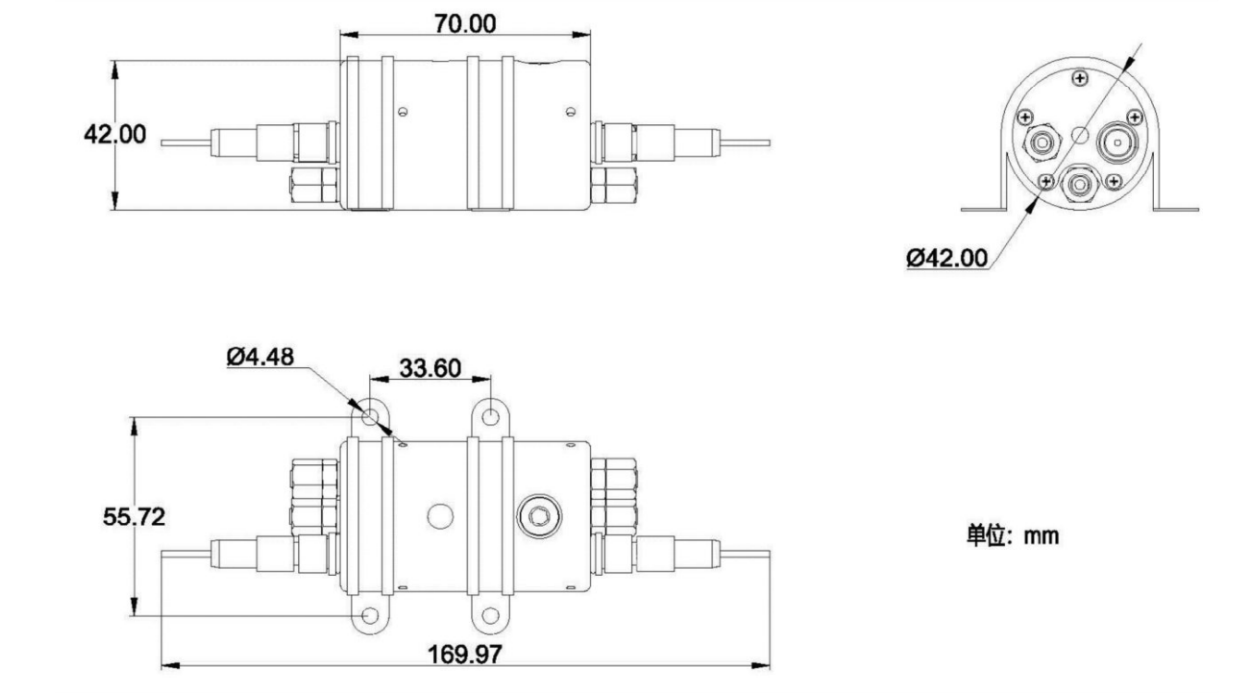
A. 2. 1 沉降传感器

A. 2. 1. 1 沉降传感器宜根据监测目的和要求进行选择，当设计要求未明确时可按表A. 1进行选择。

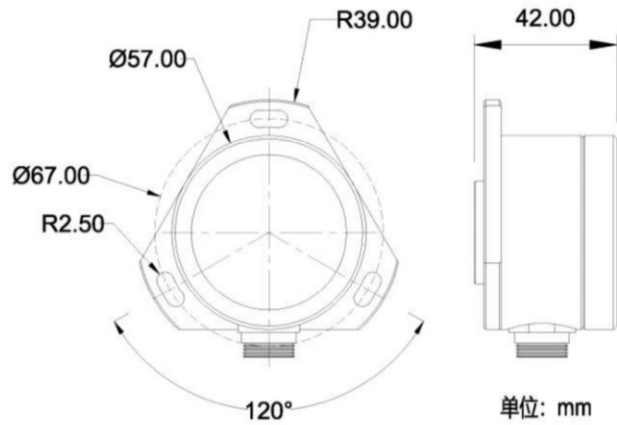
表A. 1 沉降传感器特性

名称	基本原理	优点	不足
静力水准仪	基于连通管原理，将多个储液容器通过连通管连接在一起，通过测量各个容器的液面高度，测量监测点间相对差异沉降。	测量精度高，振动影响小	测量量程小，对于高差较大的管廊需要设置多个转点
压差式沉降仪	基于连通管原理，将多个储液容器通过连通管连接在一起，通过测量各测点的液体压力差，测量监测点间相对差异沉降。		
基于影像识别的变形测量仪		测量精度高，可测量二维向变形，不需要连接管线	对管廊内通视及照明条件要求较高
自动全站仪		测量精度较高	设备不宜保护，对管廊内通视及照明条件要求较高

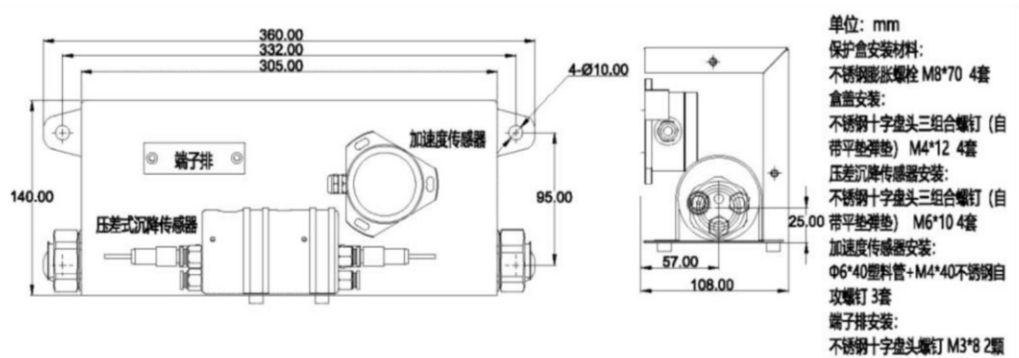
A. 2. 1. 2 沉降传感器可选压差式传感器，压差式沉降传感器和加速度传感器的大样图及安装图如图A. 3至A. 5所示。



图A. 3 压差式沉降传感器大样图（参考）



图A.4 加速度传感器大样图（参考）



图A.5 压差式沉降传感器和加速度传感器安装图（参考）

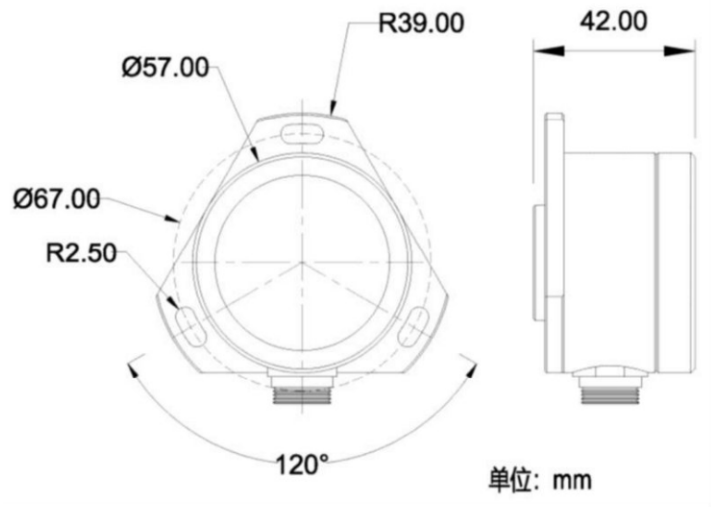
A.2.2 倾斜传感器

A.2.2.1 倾斜传感器宜根据监测目的和要求进行选择，当设计要求未明确时可按表A.2进行选择。

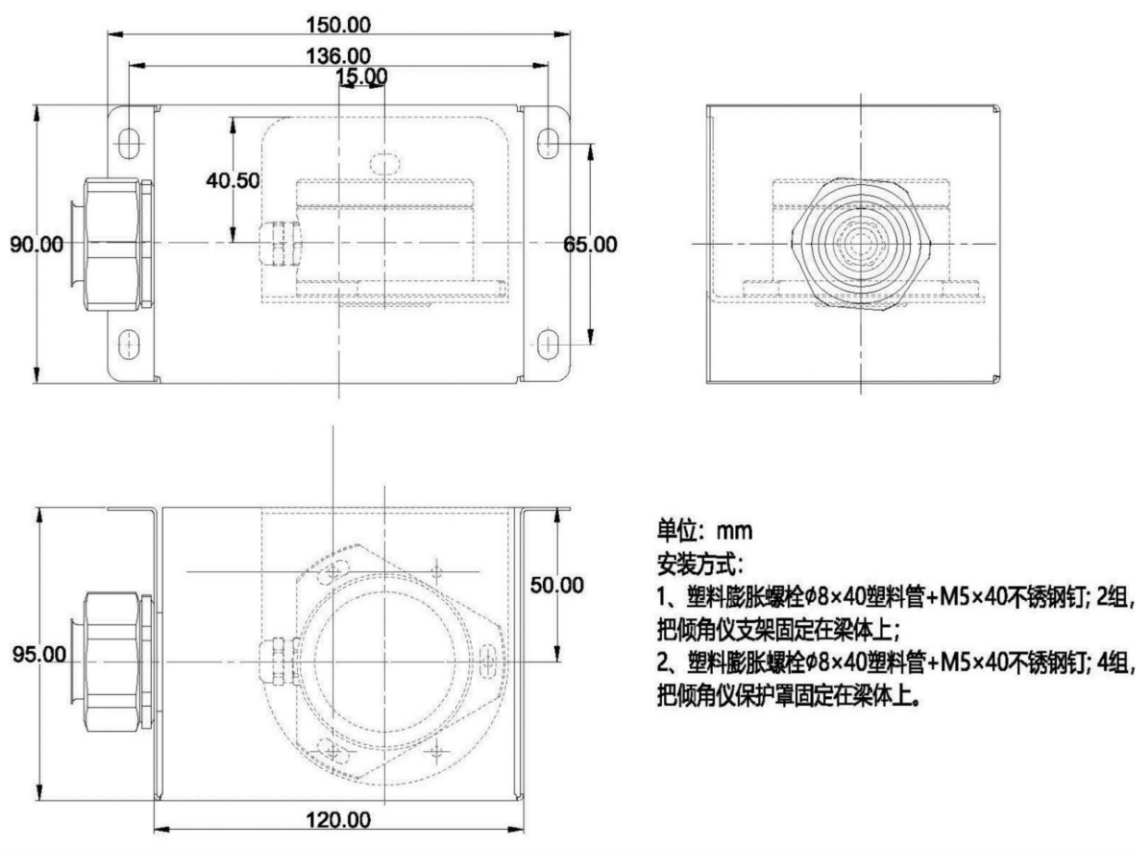
表A.2 倾斜传感器特性

名称	基本原理	优点	不足
“固体摆”式倾斜传感器	由摆锤、摆线、支架组成，摆锤受重力 G 和摆拉力 T 的作用，测量摆锤与竖向之间的角度	有明确的摆长和摆心，测量范围、精度及抗过载能力较高	摆锤受惯性影响较大
“气体摆”式倾斜传感器	密封腔体内气体受热时受到浮升力作用，当腔体所在平面相对水平面倾斜或腔体受到加速度的作用时，热线的阻值发生变化，并且热线阻值的变化是角度 q 或加速度的函数，由此测得倾斜的角度	密封腔体内气体质量较小，在大冲击或高过载时产生的惯性力也很小，具有较强的抗振动或冲击能力	气体运动控制较为复杂，影响其运动的因素较多，对精度影响较大
“液体摆”式倾斜传感器	由导电液、倾角传感器电极组成，当玻璃壳体倾斜时，电极间的导电液不相等，三根电极浸入液体的深度也发生变化，从而引起输出电信号变化而感知倾角的变化	介于“固体摆”式和“气体摆”式之间	

A.2.2.2 倾角传感器的大样图及安装图如图A.6及A.7所示。



图A.6 倾角传感器大样图（参考）



图A.7 倾角传感器安装图（参考）

A. 2. 3 振动传感器

振动传感器宜根据监测目的和要求进行选择，当设计要求未明确时可按表A.3进行选择。

表A.3 振动传感器特性

名称	基本原理	优点	不足
“压电式”加速度传感器	利用物质的压电效应，在加速度计受振时，质量块加在压电元件上的力也随之变化。当被测振动频率远低于加速度计的固有频率时，则力的变化与被测加速度成正比。	结构简单、取材方便、安装便捷、使用寿命长	谐振频率高、易受到声音影响，输出抗阻高、信号弱
“伺服式”加速度传感器	在传统的位移传感器基础上采用了负反馈工作原理的加速度传感器，采用负反馈电路以及配套的放大电路再作用于质量块，使其实现了自动控制角度上的闭环系统	具有良好的幅值线性度和高灵敏度，重复性好、精度高	体积大，成本高
“电容式”加速度传感器	质量块位于两个电极之间，振动引起基座的振动，质量块保持静止，使得上下电容产生变化，从而形成一个与加速度大小成正比的差动输出信号	具有较好的低频特性和直流响应，灵敏度高、环境适应性好，温漂小；	非线性差、量程小、频响范围较小；通用性差，成本较压电式高。

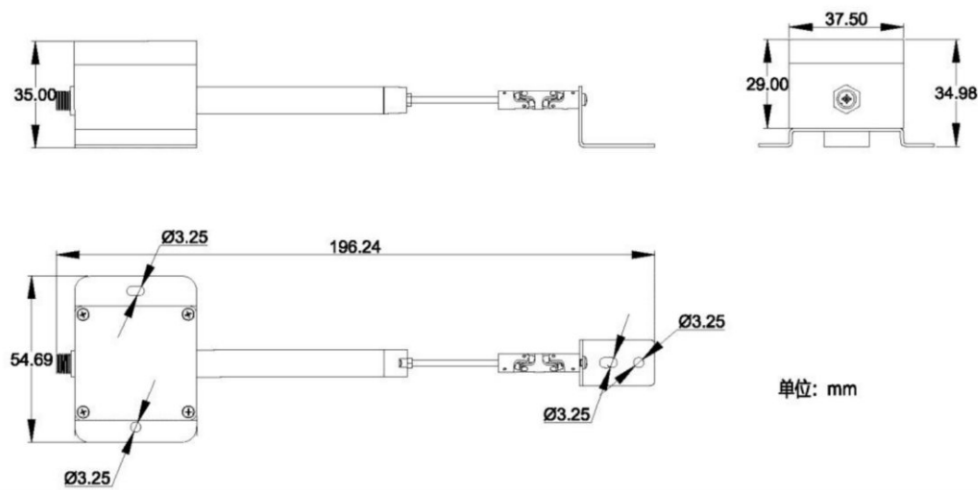
A.2.4 裂缝传感器

A.2.4.1 裂缝传感器宜根据监测目的和要求进行选择，当设计要求未明确时可按表A.4进行选择。

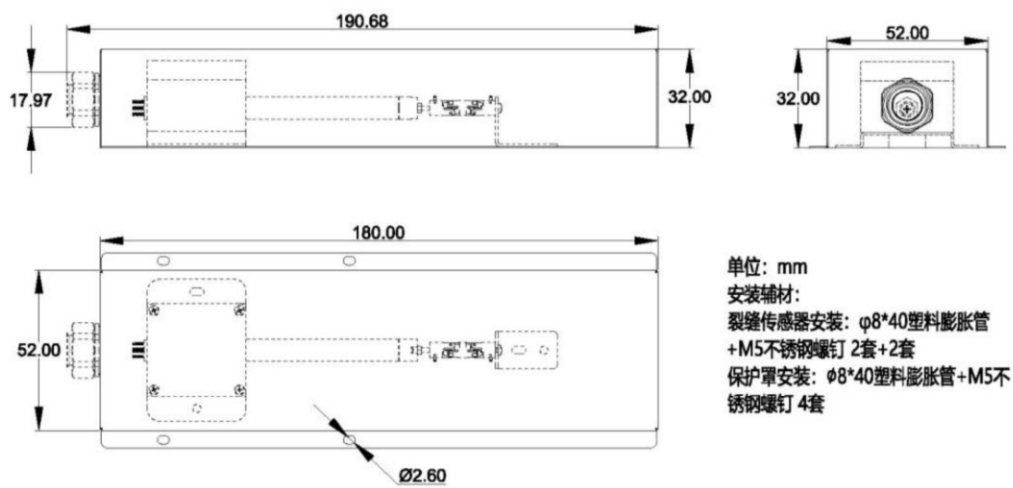
表A.4 裂缝传感器特性

名称	基本原理	优点	不足
“电阻式”位移传感器	采用高精度修刻机对碳膜基板（将薄膜电阻附加在基板上形成）修刻过，使其线性分布均匀。然后通过拉杆带动接触刷头，以相对电压来显示所测量位置的实际位置	精度高、重复性好、环境适应性强、温漂低	接触式测量，不适合频繁往复测量
“电感式（LVDT）”位移传感器	电感式传感器是利用被测量的变化引起线圈自感或互感系数的变化，从而导致线圈电感的改变这一物理现象来实现测量的	精度高、重复性好、环境适应性强	受温度影响大
“磁滞伸缩线型”位移传感器	由电子仓内电子电路产生始脉冲，始脉冲在波导丝中传输时，同时产生了沿波导丝方向前进的旋转磁场，磁场与磁环或浮球中的永久磁场相遇时，产生磁致伸缩效应，使波导丝发生扭动，扭动被安装在电子仓内的拾能机构所感知并转换成相应的电流脉冲，电子电路计算出两个脉冲之间的时间差，即可精确测出被测的位移	精度高、重复性好、稳定可靠、环境适应性强	价格偏高

A.2.4.2 裂缝传感器的大样图及安装图如图A.8及A.9所示。



图A.8 裂缝传感器大样图（参考）



图A.9 裂缝传感器安装图（参考）

A. 2. 5 应变传感器

应变传感器宜根据监测目的和要求，可按表A. 5进行选择。

表A. 5 各类传感器特性

监测参数	钢弦式应变计	电阻式应变计	光纤光栅应变计
传感器体积	大	小	小
蠕变	较小，适宜长期测量	较大，需要提高制作技术、 工艺解决	较小，适宜长期测量
测量灵敏度	较高	较高	高
温度变化影响	温度变化范围较大时需要修改	可以实现温度变化的自动 补偿	温度变化范围较大时需要修改

表 A.5 各类传感器特性（续表）

监测参数	钢弦式应变计	电阻式应变计	光纤光栅应变计
长导线影响	不影响测量结果	需进行长导线电阻影响的修正	不影响测量结果
信号传输距离	较长	长，小于 100m	长，可达 10km
抗电磁干扰能力	差	差	好
对绝缘的要求	要求不高	要求高	无需绝缘
动态响应	差	好	好

附 录 B
(资料性)
常用传感器性能要求

常用传感器性能要求见表B. 1所示。

表 B. 1 常用传感器性能要求

监测内容	常用传感器	技术指标	备注
沉降	压差式沉降仪	1) 量程: $\geq 1500\text{mm}$ 2) 分辨率: $\leq 0.02\text{mm}$ 3) 精度: $\leq \pm 1\text{mm}$ 4) 工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 5) 防护等级: IP65 6) 温度补偿: 是	
	静力水准仪	1) 量程: $\geq 50\text{mm}$ 2) 分辨率: $\leq 0.02\text{mm}$ 3) 精度: $\leq \pm 0.1\text{mm}$ 4) 工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 5) 防护等级: IP65	
倾角	倾角测量仪	1) 量程: $\geq \pm 10^{\circ}$ 2) 分辨率: $\leq 0.02^{\circ}$ 3) 精度: $\leq \pm 0.05^{\circ}$ 4) 工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 5) 防护等级: IP65	
裂缝 结构缝	裂缝计	1) 量程: $\geq 30\text{mm}$ 2) 分辨率: $\leq 0.01\text{mm}$ 3) 精度: $\leq \pm 0.04\text{mm}$ 4) 工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 5) 防护等级: IP65	
应力应变	应变计	1) 量程: $\geq \pm 1000 \mu \varepsilon$ 2) 分辨率: $\leq 2 \mu \varepsilon$ 3) 精度: $\leq \pm 10 \mu \varepsilon$ 4) 工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 5) 温度补偿: 是	
断面收敛	激光收敛计	1) 量程: $\geq 4000\text{mm}$ 2) 分辨率: $\leq 0.2\text{mm}$ 3) 精度: $\leq \pm 1.5\text{mm}$ 4) 工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 5) 防护等级: IP65	量程应按管廊宽度进行选择, 但不宜小于 4m

表 B.1 常用传感器性能要求（续）

监测内容	常用传感器	技术指标	备注
振动	三轴加速度计	1) 量程: $\geq \pm 2g$ 2) 分辨率: $\leq 0.002g$ 3) 精度: $\leq \pm 0.01g$ 4) 工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 5) 防护等级: IP65	

附 录 C
(资料性)
采集设备的选择

综合管廊结构健康监测用采集设备宜采用工业可编程逻辑控制器（PLC）或远程终端单元（RTU），该硬件设备应符合表C.1～表C.6的参数或功能要求：

表 C.1 硬件核心参数

存 储	1. 电子硬盘 4G（可扩展） 2. 内存 512M
网络接口	1. 4G 全网通（7 模 18 频） 2. Ethernet（RJ45）
数据接口	1. 隔离型 RS485 接口 ≥ 2 2. 数字输入接口 ≥ 1 3. 数字输出接口 ≥ 1

表 C.2 表通信功能

断点续传与缓存	1. 具备断点续传功能，未成功上传的数据在重新联网后会自动重新上传 2. 数据缓存容量达 4GB，最大可存储数据时间 3 年，超出容量部分数据支持自动覆盖
通信协议	1. 支持 MQTT、TCP/IP、Https 等协议 2. 支持协议定制
远程通信方式	支持以太网或者 LTE 移动通讯网络进行远程操控和数据交互
本地通讯方式	支持用户通过网页、专用 APP 等对采集设备进行现场配置与调试，包括 IP 地址配置、采样率配置、传感器数据显示等，便于用户现场快速调试与维护

表 C.3 传感器信号采集

传感设备接入	支持 ModBus RTU 串口输出的数字信号传感器的接入 通过模拟采集模块或仪器支持模拟信号传感器的接入
采样设置	用户可通过平台远程修改传感器的采样设置，包括传感器数据的阈值、正常采集周期（未超过阈值）、加密采集周期（数据超过阈值时）
阈值报警	当传感器测值超过设定的阈值时，立即将所测数据报送至平台。具备阈值触发短信报警并直接触发预警喇叭报警的功能。

表 C.4 电源

供电方式	DC 9~36V
功 耗	1. 额定功率 $\leq 5\text{W}$ 2. 峰值功率 $\leq 10\text{W}$

表 C.5 工作环境和防护

工作温度	-40~80℃
工作湿度	0~95%RH（无凝露）
贮存温度	-40~85℃
贮存湿度	0~95%RH（无凝露）
防护等级	优于 IP54

表 C.6 其他功能特点

自 启 动	上电自启动
自动校时	内置 RTC 实时时钟，若时钟时间与互联网时间相差较大，会自动同步互联网时间
自检功能	定期将自动化信号采集仪配置信息和现场工况信息如信号强度等信息报送给平台

附 录 D
(资料性)
综合管廊结构安全监测管理平台协议示例

示例1:

简介

本协议是智能硬件 RTU 与监控中心之间的数据通讯协议。
本协议适用于城市综合管廊结构安全自动监测数据传输系统的建设及数据管理。

监测类型定义

管廊安全监测中可能会用到的监测类型、类型编码及监测指标如表 D. 1 所示。

表 D. 1 监测类型、类型编码及监测指标

序号	监测类型	类型编码	监测指标	单位	备注
0	设备状态	000	json	--	默认 1 小时采集上传一次，一般指 RTU 设备
1	沉降仪	101	value	mm(毫米)	默认持续采集，每 1 小时上报
2	倾角计	102	X	° (度)	默认持续采集，每 1 小时上报
			Y		
			Z		
3	裂缝计	103	value	mm(毫米)	默认持续采集，每 1 小时上报
4	应变计	104	value	μ ε (微应变)	默认持续采集，每 1 小时上报
5	收敛计	105	value	mm(毫米)	默认持续采集，每 1 小时上报
6	振动仪	106	gX	mg(加速度)	默认持续采集，每 1 小时上报
			gY		
			gZ		

项目实施时，各厂家应与监管平台协商自家设备编码及监测指标。
一个设备可能会有多个同类型传感器，因此需要在类型编码后面加上序号，如 106_1。
RTU 属性说明如表 D. 2 所示：

表 D. 2 RTU 属性表

属性	说明	类型	示例
4g (dbm)	4g 信号强度	int	-69
battery (%)	电量百分比	float	89. 2
chargeMode	是否为充电模式	bool	true

RTU 设备状态格式如下：000_1
{

 "4g (dbm)": -69,
 "battery (%)": 92. 28,

```
    "chargeMode": true,
    "sensor_state ": {
      "101_1 ": {
        "tem ": 12.1,
        "humidity ": 67.2,
        "errno ": 0
      },
      "102_1 ": {
        "tem ": 12.1,
        "humidity ": 67.2,
        "errno ": 0
      }
    }
  }
}
```

传感器状态码（errno）如表 D.3 所示：

表 D.3 传感器状态码表

错误码	说明
0	无错误
1	通讯异常

监测数据上传标准

上传数据格式采用字符串 json 格式，用 key:value 键值对表示。

Json 是一种轻量级的数据交互格式，比较灵活，便于扩展。

数据上传说明

数据包（数据点、设备指令）均以字节流的形式进行数据上传。

数据点上传的时间格式统一为毫秒级时间戳（北京时间），如 1573808193220。

数据点内容说明

监测设备上传 json 字符串数据中属性定义：

name：设备类型编号，如 101_1

points：该监测设备的数据点列表

value：值类型可以为数值（如：23.3）、字符串（多个监测指标，如倾斜仪数据点：

“34.3,32.1,34.6”）、对象类型（多个监测指标，如倾斜仪数据点：{x:34.3,y:32.1,z:34.6}）

数据包格式

设备上传监测数据见表 D.4。

表 D.4 设备上传监测数据表

起始位置	数据块格式	数据块说明	
Byte 1	binary	数据格式类型：1	
Byte 2	binary	后面 json 字符串数据包大小 大端序	高位字节
Byte 3			低位字节

表 D.4 设备上传监测数据表（续表）

起始位置	数据块格式	数据块说明
Byte 4	string	{ "7201_1": { "1533199952449 ": 11.2, "1533203553449": 11.2 }, "7702_1"{ "1533203552449": "36.5, 42.6" } }
...		
...		
...		
...		
Byte n		

文件类型数据上传如表 D.5 所示。

表 D.5 文件类型数据表

起始位置	数据块格式	数据块说明
Byte 1	binary	数据格式类型：2
Byte 2	binary	后面 json 字符串数据包大小 大端序
Byte 3		高位字节
Byte 4	string	低位字节
...		{ "ds_id": "文件数据类型编码", "at": "1533207152449", //时间 "desc": "xxxxx" //该数据段的描述信息
Byte n		
Byte n+1		
Byte n+2	binary	文件数据流的大小
Byte n+3	binary	高位字节
...		低位字节
Byte n+...		文件数据流

指令内容及响应格式
指令内容格式如下：
\$cmd=xxx (指令类型)¶mA (参数)=xxx¶mB (参数)=xxx

获取设备终端时间
指令格式：
\$cmd=reqtime
指令返回结果格式：
\$cmd=reqtime&time=YYYY-MM-DD HH:mm:ss
比如：\$cmd=reqtime&time=2019-05-01 13:00:00
设置设备终端时间
指令格式：
\$cmd=settime&time=YYYY-MM-DD HH:mm:ss
比如：\$cmd=settime&time=2019-05-01 13:00:00
指令返回结果：

设置终端时间成功: \$cmd=settime&result=succ

设置终端时间失败: \$cmd=settime&result=fail

查看采集和上传参数

设置传感器的采集间隔, 上传间隔, 加报间隔, 设置这三个传感器参数时需要指定传感器 ID 加序号, 如表 D.6 所示。

表 D.6 传感器参数表

关键字	字段	说明	类型	取值范围
sensor_id	传感器 ID	传感器编码	string	
sample_intv	传感器采集间隔	采集间隔, 单位为秒	int	> 0
upload_intv	传感器上传间隔	上传数据频率, 单位为秒	int	> 0
plus_intv	传感器加报间隔	应急模式下的数据上传频率(s)	int	>0

指令格式:

\$cmd=reqsensortime&sensor_id=value

指令响应格式:

\$cmd=reqsensortime&sensor_id=value&sample_intv=value&upload_intv=value&plus_intv=valu

e

设置采集和上传参数

指令格式:

\$cmd=setsensortime&sensor_id=value&sample_intv=value&upload_intv=value&plus_intv=valu

e

指令返回结果:

指令设置成功返回格式:

\$cmd=setsensortime&result=succ

指令设置失败返回格式:

\$cmd=setsensortime&result=fail

查看设备阈值

获取传感器的阈值 (见表 D.7), 上限值, 下限值, 获取这三个传感器参数需要指定传感器 ID, 传感器 ID 加序号 (上下限值指的是正常的数据范围)。

表 D.7 设备阈值表

关键字	字段	说明	类型	取值范围
sensor_id	传感器 ID	传感器编码	string	
threshold	阈值		float 或 string	
upper_limit	上限值		float 或 string	
lower_limit	下限值		float	

指令格式：

```
$cmd=getsensorattr&sensor_id=value
```

指令返回结果：

```
$cmd=getsensorattr&sensor_id=value&threshold=value&upper_limit=value&lower_limit=valu
```

e

设置设备阈值

设置传感器的阈值，上限值，下限值，设置这三个传感器参数时需要指定传感器 ID 加序号，属性值可以为数字类型或字符串类型，数字类型表示单值类型传感器，字符串类型用来处理多值，每个值用逗号隔开，比如 三轴加速度计数据的阈值：” 1,2,3”，X 轴阈值是 1，Y 轴阈值 2，Z 轴是 3。

指令格式：

```
$cmd=setsensorattr&sensor_id=value&threshold=value&upper_limit=value&lower_limit=valu
```

e

指令响应格式：

设置传感器属性成功：

```
$cmd=setsensorattr&result=succ
```

设置传感器属性失败：

```
$cmd=setsensorattr&result=fail
```

设备遥测

采集并查看当前测量值，平台对传感器数据实时采集，指令格式：

```
$cmd=sample
```

可在平台设备数据流中查看最新数据。

查看工作模式

指令格式：

```
$cmd=getworkmode
```

指令响应格式：

```
$cmd=getworkmode&mode=value
```

工作模式取值，0: 正常模式，1: 应急模式

设置工作模式

比如：某设备在正常模式下是持续采集，每 2 小时上报数据。进入应急模式后，设备需立即上报监测数据，并且进入每 10 分钟上报数据的加报状态；

指令格式：

```
$cmd=setworkmode&mode=value
```

工作模式取值：

0: 正常模式：设备进入正常的数据上报状态

1: 应急模式：设备进入该模式后需立即上报数据并且进入数据加报状态

指令响应格式：

设置工作模式成功：

```
$cmd=setworkmode&result=succ
```

设置工作模式失败：

```
$cmd=setworkmode&result=fail
```

获取设备状态

用于下发查询命令给设备，设备主动返回当前设备状态

指令格式：

\$cmd=getstatus

指令响应格式:

\$cmd=getstatus&state=jsonstr

jsonStr 具体内容, 如: :

```
{
  "4g(dbm)": -69,
  "battery(%)": 92.28,
  "chargeMode": true,
  "sensor_state ": {
    "101_1 ": {
      "tem ": 12.1,
      "humidity ": 67.2,
      "errno ": 0
    },
    "102_1 ": {
      "tem ": 12.1,
      "humidity ": 67.2,
      "errno ": 0
    }
  }
}
```

远程重启设备

平台可以远程重启终端。指令格式:

\$cmd=reboot

指令返回结果:

成功: \$cmd= reboot &result=succ

失败: \$cmd= reboot &result=fail

监测设备通讯流程

监测设备与云平台的通讯流程。

设备注册、连接流程

设备出场后接入物联网云平台, 步骤如图 D.1 所示。

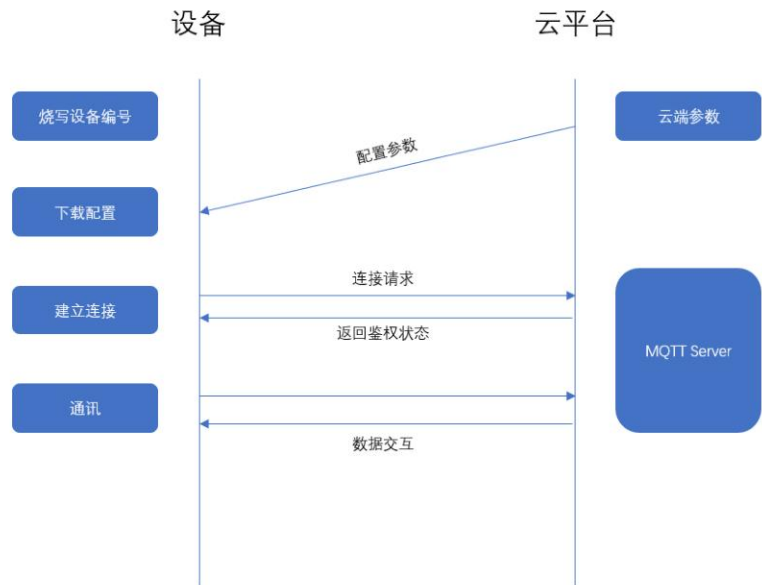


图 D.1 设备连接流程图

MQTT 协议

设备与物联网平台通讯使用 MQTTv3.1.1 协议，详情可参考

<http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.pdf>

设备连接平台成功后需订阅主题，topic=" \$creq/deviceID/+"，订阅参数 qos=1，用于确认和接受离线消息。其中 '+' 表示通配一个层级，例如 a/+，匹配 a/x，a/y。设备能接收到 2 种主题信息，如下：

\$creq/(deviceID)/cmd：表示平台下发命令主题

\$creq/(deviceID)/upgrade：表示平台下发的固件升级命令，平台端会发送固件二进制流数据到设备

连接鉴权

设备向平台发送 connect 报文，报文中携带鉴权信息：

clientID：设备 ID

uName：设备类型 ID

uPwd：设备编号

平台端收到信息后通过检查鉴权信息，判断设备是否可以建立连接。

设备消息发布

设备使用 publish 类型报文进行数据上传或指令响应。

数据点上传

数据点上传报文格式如表 D.8 所示：

VariableHeader：

表 D.8 数据点上传

	Field 名称	说明	格式
Field1	Topic Name=" \$dp"	\$dp 为系统上传数据点的指令	3 字节
Field2	Packet Identifier		2 字节

Payload: payload 数据块内容见 3.3 数据包格式

指令回复

设备使用 publish 报文回复平台下发的指令，报文格式如表 D.9 所示：

VariableHeader:

表 D.9 报表格式

	Field 名称	说明	格式
Field1	Topic Name=" \$dr"	\$dr 为设备回复平台下发的指令	3 字节
Field2	Packet Identifier		2 字节

Payload: payload 数据块内容见 4 指令内容及响应格式。

附 录 E
(资料性)
综合管廊自动化监测日/周/月报表

综合管廊自动化监测日/周/月报表如表E. 1所示。

表 E. 1 综合管廊自动化监测日/周/月报表

综合管廊自动化监测日/周/月报表							
项目名称:							
测区名称:							
时间周期(日/周/月):							
设备总数: 报警总数:							
项目负责人: 联系方式:							
设备信息			监测信息统计				
测点名称	设备编号	设备状态	日/周/月变化量	累计变化量	报警值	报警等级	安全评价
测项 1 监测曲线图							
测项 2 监测曲线图							

附 录 F
(资料性)
设备状态统计表

设备状态统计表如表F.1所示。

表 F.1 设备状态统计表

设备状态统计表								
项目名称:								
测区名称:								
时间周期(日/周/月):								
设备总数: xxx 台								
测点名称	设备编号	设备类型	品牌	型号	应采数据量	实际数据量	在线率	最后一组数据在线时间

参 考 文 献

- [1] GBZ/T 205 密闭空间作业职业危害防护规范
 - [2] GB 50003 砌体结构设计规范
 - [3] GB 50007 建筑地基基础设计规范
 - [4] GB 50009 建筑结构荷载规范
 - [5] GB 50010 混凝土结构设计规范
 - [6] GB 50011 建筑抗震设计规范
 - [7] GB 50017 钢结构设计标准
 - [8] GB 50052 供配电系统设计规范
 - [9] GB 50153 工程结构可靠性设计统一标准
 - [10] GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范
 - [11] GB/T 51274 城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准
 - [12] GB 51354 城市地下综合管廊运行维护及安全技术标准
 - [13] JGJ 8 建筑变形测量规范
-