

# 基于自动化地铁施工监测信息技术的应用探究

胡亚豪

中铁第六勘察设计院集团有限公司 天津 300131

**摘要:** 地铁地下施工环境复杂、工况动态多变,传统人工监测模式难以适配现代施工高精度、全天候的管控需求。自动化监测信息技术逐步替代传统监测手段,成为地铁施工安全管控的重要支撑。本文结合地铁施工专属的监测特征,梳理自动化监测技术的应用体系与运行模式,分析采集、传输、处理、协同及运维环节存在的各类现实问题,结合现场施工工况提出针对性的技术优化方案与完善路径,有效改善施工监测的数据质量与运行稳定性,强化地铁施工全过程的安全管控能力。

**关键词:** 地铁施工; 自动化监测; 信息技术; 数据处理; 技术优化

**引言:** 城市轨道交通建设规模持续扩张,地下施工环境的复杂性与不确定性显著提升,施工过程极易引发地层形变、结构位移等安全隐患。监测工作是把控施工状态、规避施工风险的关键环节,传统监测方式存在时效性弱、覆盖范围有限、人工误差较大等短板。自动化监测信息技术依托智能感知、网络传输与数据处理技术,可实现施工状态的连续捕捉与动态研判。完善技术应用模式、补齐技术应用短板,能够持续提升地铁施工监测的精细化水平,保障地下工程施工过程平稳推进。

## 1 地铁施工自动化监测技术基础体系

### 1.1 地铁施工监测工作特征

地铁施工多集中于城市地下空间,作业环境密闭复杂,周边岩土结构与地下管线分布密集。施工推进过程会持续改变地层原有应力状态,空间环境的动态变化具备较强不确定性。监测工作需要贯穿施工全流程,覆盖基坑开挖、隧道掘进、结构浇筑等多个作业阶段。监测内容涵盖结构形态、地层状态、环境参数等多项维度,整体工作具备连续性、动态性与多维性的特点<sup>[1]</sup>。地下作业可视条件较差,人工操作存在明显局限,常规监测模式难以覆盖全域作业空间。监测工作需要保持高频次的捕捉能力,及时捕捉地层与结构的细微变化,为施工管控提供稳定的信息支撑。

### 1.2 自动化监测信息技术基本类别

地铁施工适用的自动化监测信息技术可按照功能属性划分为多个独立类型。感知类技术依托各类传感设备完成物理信号采集,针对位移、沉降、应力、水位等施工关键参数完成信息捕捉。传输类技术依托无线网络与有线链路搭建数据通道,负责各类监测数据的稳定输送

与信号传递。处理类技术依托后台程序与数据模型,完成原始数据的筛选、分类与规整梳理。管控类技术依托智能处理程序,依据采集信息搭建监测逻辑,完成施工状态的动态识别与状态区分。不同技术类型分工清晰,承担专属工作内容,相互配合构成完整的自动化监测技术矩阵。

### 1.3 自动化监测信息技术运行原理

自动化监测信息技术依托分层式运行结构完成整套工作流程。前端感知设备可对施工区域的物理状态进行实时捕捉,将各类物理变化转化为可识别的数字信号。信号通过专属传输链路输送至后台处理终端,终端接收的原始数据进行清洗与规整,剔除无效干扰信息。系统按照预设技术规则完成数据研判,区分施工区域的稳定状态与异动状态。终端根据研判结果留存对应数据信息,为后续施工状态分析与技术调整提供原始依据。整套流程依靠设备与程序完成自主运转,摆脱人工操作的过多干预。

### 1.4 自动化监测技术适配地铁施工的运行逻辑

地铁施工状态的动态变化对监测工作的时效性与精准度具备较高标准。自动化监测技术依托全天候数据捕捉能力,适配地下施工长期作业的运行模式,填补人工监测时段性缺失的问题。技术体系可覆盖地下密闭空间、高危作业区域等人工难以抵达的监测点位,完善施工全域监测的覆盖范围。技术运行节奏匹配地铁施工循序渐进的推进节奏,可跟随施工工序调整监测频次与数据维度。技术输出的标准化数据,能够适配地下施工状态动态变化的研判需求,让监测工作完全适配地铁施工的专属场景特征与运行规律。

## 2 地铁施工监测信息技术应用现状

### 2.1 地铁施工常规监测技术应用模式

地铁施工常规监测技术依托传统技术体系搭建固定应用模式,长期服务于城市地下工程施工管控工作。这类技术依靠人工配合基础监测设备完成作业流程,按照固定施工节点开展数据采集与状态核查。作业流程遵循固定工序标准,针对基坑、隧道、围岩等关键施工部位开展定点监测。数据记录与状态统计依靠人工整理完成,信息更新节奏固定且周期较长。整套应用模式的运行逻辑简单,设备部署门槛较低,能够适配基础的地下施工监测管控需求<sup>[2]</sup>。但作业开展容易受现场环境、人员操作状态等外界因素干扰,监测工作的稳定性存在明显浮动空间。

### 2.2 自动化监测信息采集技术应用现状

自动化监测信息采集技术已广泛落地于地铁各类施工场景,成为施工状态感知的核心技术手段。各类高精度传感设备布设至施工关键点位,针对性捕捉地层沉降、结构位移、围岩应力等核心施工参数。设备布设方式遵循施工区域结构特征,采用定点布设、分区覆盖的形式完成全域感知布局。数据采集频次依托程序设定自主调节,可根据施工推进节奏调整信息捕捉密度。现阶段采集技术可实现细微物理变化的有效捕捉,大幅提升施工状态信息的完整度。多数施工场景的采集设备可长期稳定运行,减少人为介入带来的信息缺失问题。

### 2.3 自动化监测数据传输技术应用现状

自动化监测数据传输技术依托成熟的有线与无线传输体系,完成监测信息的全域输送工作。各类传输链路适配地下施工复杂的信号环境,针对性规避密闭空间、岩土遮挡带来的信号干扰问题。传输体系划分专属信息通道,分类输送不同类型的监测数据,规避信息混杂造成的链路拥堵。数据输送全程依托程序自主推进,保持稳定的信息输送效率。现有传输技术可支撑长周期、大容量的监测数据转运,保障前端采集信息稳定输送至后台终端。技术运行稳定性可适配地铁施工长期连续作业的基本要求,维持监测链路的常态化畅通。

### 2.4 自动化监测数据处理技术应用现状

自动化监测数据处理技术依托后台智能程序完成海量监测数据的规整与梳理工作。系统可自主甄别原始数据中的无效信息与干扰内容,完成数据清洗与标准化规整处理。处理程序具备固定的数据分类逻辑,可按照监测类型、施工区域、采集时段完成信息归类存储。技术体系能够对海量监测数据进行有序梳理,提炼可用于施

工状态研判的有效信息。现阶段数据处理工作摆脱人工统计的低效模式,提升数据整理的规整度与精准度。技术运行模式适配地铁施工多维监测数据的处理需求,为施工状态分析提供规范的数据支撑。

## 3 自动化地铁施工监测信息技术应用现存问题

### 3.1 监测信息采集环节存在的问题

地铁施工现场环境复杂多变,地下空间粉尘、潮湿、地层扰动等因素会对传感设备造成持续干扰。各类采集设备长期处于恶劣工况下,精密元器件容易出现性能偏移<sup>[3]</sup>。设备布设点位多依据常规施工标准确定,部分特殊施工区域的监测点位布设密度不够合理。部分老旧采集设备识别精度有限,无法捕捉地层与结构的细微变化。设备运行状态缺少动态核查机制,故障问题无法及时发现,容易造成监测数据间断或数据失真。

### 3.2 监测数据传输环节存在的问题

地下隧道与基坑结构会对信号传播形成遮挡,削弱无线传输链路的信号稳定性。施工过程中的大型机械作业会产生电磁干扰,影响数据传输链路的纯净度。不同类型监测设备的传输链路相互独立,链路资源分配缺少科学规划。数据传输过程存在丢包、延迟等不稳定现象,破坏监测数据的完整性。传输链路防护设计较为薄弱,长期施工扰动会造成线路损耗,制约数据输送的稳定性。

### 3.3 监测数据处理与分析存在的问题

地铁施工监测数据类型繁杂,不同维度数据的格式标准存在差异。现有数据处理程序的筛选规则较为固定,对复杂工况下的异常数据识别能力不足。数据分析模式偏向基础规整统计,深度挖掘能力存在明显欠缺。系统无法从海量监测数据中提炼隐蔽性的施工状态隐患。数据研判逻辑通用性较强,难以匹配不同施工阶段的差异化分析需求,降低数据利用价值。

### 3.4 技术应用协同与适配存在的问题

监测体系内各类技术模块独立运行特征明显,模块之间的联动机制不够完善。感知、传输、处理各环节技术标准不统一,环节衔接存在壁垒。技术适配方案多采用通用模式,没有结合地铁施工不同工序的场景特征做出调整。新技术与原有监测体系的融合难度较大,功能拓展受到明显限制。整体技术体系的兼容拓展能力不足,难以适配施工场景的动态变化。

### 3.5 技术运维配套体系存在的问题

现阶段监测工作重点集中于技术落地与数据获取,

运维保障体系建设相对滞后。设备日常检修、校准工作缺少细化的执行规范,养护工作随机性较强。故障排查依赖工作人员经验,标准化的运维流程未能全面落地。运维人员对新型自动化监测技术的操作熟练度不足,专业技术支撑力度薄弱。运维体系的不完善会加速设备损耗,影响监测系统长效稳定运行<sup>[4]</sup>。

#### 4 自动化地铁施工监测信息技术应用优化路径

##### 4.1 优化监测信息采集技术布设方式

结合地铁施工现场环境差异与施工工序特征,调整监测设备的整体布设方案。针对基坑边缘、隧道围岩、重点管线周边等关键区域,合理加密监测点位布局。更换精度落后的老旧传感设备,选用适配地下潮湿、多粉尘工况的高防护等级采集设备。结合不同施工阶段的扰动强度,动态调整设备采集频次。建立常态化设备自查机制,定期校验设备运行精度,及时排查性能偏移问题。有效规避外界环境带来的监测干扰,保障采集数据的连续性与精准度。

##### 4.2 完善监测数据传输链路体系

针对地下空间信号遮挡与电磁干扰问题,优化传输链路的布局结构。合理融合有线传输与无线传输方式,依托双重链路提升信号抗干扰能力。统一各类监测设备的传输通道标准,统筹分配链路资源,规避通道拥堵问题。强化线路外部防护结构,降低施工机械扰动、岩土挤压对传输线路的损耗影响。升级链路自检功能,主动识别数据丢包、延迟等异常状态并完成自主修复,维持数据输送的稳定状态。

##### 4.3 升级监测数据处理分析模式

统一多维度监测数据的录入格式与存储标准,消除数据杂乱带来的处理难题。更新后台数据处理程序的筛选逻辑,增设复杂工况对应的异常数据识别规则。拓展数据深度挖掘功能,从海量监测信息中捕捉隐蔽的施工状态隐患。贴合地铁不同施工阶段的管控需求,设置差异化的数据研判模型。提升数据加工的精细化程度,充分释放监测数据的参考价值,为施工状态研判提供可靠依据。

##### 4.4 构建多技术协同应用机制

梳理监测体系各环节的技术规范,统一数据接口与运行标准,破除模块之间的衔接壁垒。搭建一体化的整体运行框架,扭转各技术模块独立作业的零散格局。针对土方开挖、盾构推进、结构浇筑等不同施工场景,定制差异化的技术组合方案。优化新型监测设备与原有系统的兼容方式,降低系统升级改造带来的运行冲突。拓展技术体系的迭代与兼容空间,适配施工现场不断变化的监测需求,提升整套监测体系的整体运行效能。

##### 4.5 健全技术应用运维保障体系

完善自动化监测设备全周期运维规范,细化设备检修、精度校准、日常养护的执行流程。摒弃依托个人经验的故障排查模式,落地标准化运维作业流程。开展针对性的技术培训,提升运维人员对新型监测设备与智能系统的操作能力。建立设备运行档案,记录设备工况、故障问题与养护记录。持续优化运维管理细节,减缓设备老化损耗速度,保障监测系统长期稳定运行<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

地铁施工自动化监测信息技术的应用贯穿施工全过程,技术运行质量直接影响工程施工的安全管控水平。现阶段监测体系在信息采集精度、数据传输稳定性、数据挖掘能力、多技术协同及运维保障方面仍存在诸多不足。通过优化设备布设方案、升级数据传输链路、完善数据处理机制、搭建协同体系与标准化运维模式,可全方位改良现有监测技术应用短板。优化后的监测体系适配性更强,监测精度与运行稳定性大幅提升,可为地铁地下施工安全管控提供坚实的技术支撑。

#### 参考文献

- [1] 李景翔. 基于自动化地铁施工监测信息技术的应用探究[J]. 中国住宅设施,2024(9):160-162.
- [2] 张磊. 基于自动化地铁施工监测信息技术的应用[J]. 新一代信息技术,2022,5(2):91-93.
- [3] 张勇. 自动化的地铁施工监测信息技术分析[J]. 中国新通信,2023,25(24):33-35.
- [4] 张居福. 自动化监测技术在地铁隧道施工中的应用分析[J]. 运输经理世界,2023(35):117-119.
- [5] 刘燕岭. 自动化监测技术在地铁隧道施工中的应用探析[J]. 工程机械与维修,2023(5):107-109.