

# 自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的实践探析

刘 刚

北京地铁建筑设施维护有限公司 北京 100080

**摘 要:** 随着城市化进程的加速, 地铁作为城市交通的重要组成部分, 其在缓解城市交通压力、提高城市生活质量方面的作用越来越突出。然而在地铁隧道的施工和运营过程中存在着诸多风险, 为了实时监测地铁隧道的变形状况, 自动变形监测系统的应用逐渐成为一种趋势。本文将探讨自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的实践及意义。

**关键词:** 自动变形监测系统; 运营地铁隧道; 实践探析

## Practice and Analysis of Automatic Deformation Monitoring System in Monitoring Operation of Subway Tunnels

Liu Gang

Beijing Metro Construction Facilities Maintenance Co., Ltd. Beijing 100080

**Abstract:** With the acceleration of urbanization, metro, as an important part of urban traffic, plays a more and more important role in relieving the pressure of urban traffic and improving the quality of urban life. However, there are many risks in the construction and operation of subway tunnels. In order to monitor the deformation of subway tunnels in real time, the application of automatic deformation monitoring system has gradually become a trend. This paper will discuss the practice and significance of automatic deformation monitoring system in subway tunnel monitoring.

**Keywords:** automatic deformation monitoring system; Operating subway tunnels; Practical Analysis

### 引言

随着城市化进程的加速和交通拥堵问题的加剧, 地铁作为城市交通的重要组成部分, 其安全性和可靠性越来越受到人们的关注。地铁隧道作为地铁运行的重要载体, 其变形情况直接关系到地铁运营的安全性和稳定性。因此, 对地铁隧道进行实时监测和预警显得尤为重要。自动变形监测系统作为一种先进的监测手段, 可以实现对地铁隧道变形的实时监测和预警, 为地铁运营管理提供重要的技术支持和保障。

### 1 地铁隧道自动变形监测系统概述

#### 1.1 地铁隧道自动变形监测系统定义

地铁隧道自动变形监测系统是一种多传感器自动化监测系统, 主要由变形监测子系统和计算机数据处理子系统组成, 能够对轨道交通隧道进行实时动态监测, 实现对轨道交通隧道变形情况的及时掌握<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 地铁隧道自动变形监测系统组成

根据监测目的和要求, 地铁隧道自动变形监测系统主要分为以下两种类型。

##### 1.2.1 全站仪自动测量系统

全站仪自动测量系统是将 GPS接收机、全站仪、光学测距仪等设备安装在一起, 组成自动化测量系统, 能够实现

对地铁隧道变形情况的实时测量。该系统主要由激光测距仪、光学测距仪和电子水准仪等组成, 能够对地铁隧道的水平位移和竖向位移进行实时测量, 并将数据上传至计算机数据处理子系统。

##### 1.2.2 GPS自动测量系统

GPS自动测量系统主要由 GPS接收机、控制电源和无线数传电台组成, 能够实现

GPS自动测量系统主要由 GPS接收机、控制电源、无线数传电台和专用的计算机组成。在地铁隧道变形监测中, 可以根据具体情况选择使用 GPS自动测量系统或者 GPS自动测量与人工监测相结合的方法。

### 2 自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的应用

#### 2.1 实时监测隧道结构变形

地铁隧道在运营过程中, 受到多种因素的影响, 如地下水压、土压力、车辆荷载等, 可能导致隧道结构的变形。自动变形监测系统通过高精度传感器和测量仪器, 对隧道结构进行实时监测, 可以及时发现隧道结构的微小变形, 防止因变形过大而引发安全事故。自动变形监测系统通过安装于隧道内的传感器, 可以实时监测隧道的轴向位移、轴向变形、水平位移、水平变形等指标。通过对这些数据的分析, 可以



判断隧道结构的稳定性,预防结构变形导致的安全事故。例如,当隧道发生轴向变形时,系统会及时发出预警,提醒管理人员对隧道进行检查和修复<sup>[2]</sup>。

## 2.2 监测土体沉降

地铁隧道的稳定性与周围土体的沉降密切相关。自动变形监测系统可以对土体进行持续监测,及时分析土体的沉降数据,如发现土体沉降过大,可通过预警机制及时提醒相关部门采取措施,防止因土体沉降引发隧道失稳事故。

## 2.3 监测环境因素

地铁隧道的运营环境复杂多变,如温度、湿度、振动等环境因素都可能影响隧道的稳定性。自动变形监测系统可以实时监测这些环境因素,通过数据分析,及时发现环境因素的变化对隧道变形的影响,为运营管理部门提供决策依据。

## 2.4 监测隧道内设备状态

地铁隧道中的设备如照明、通风、排水等设备的状态对隧道的运营安全具有重要影响。自动变形监测系统可以对这些设备的状态进行实时监测,如发现设备异常运行或故障,及时提醒维护人员进行检修或更换,确保隧道的正常运行。

# 3 自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的应用意义

## 3.1 提高地铁运营安全性

自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的应用,可以有效提高地铁运营的安全性。通过对隧道结构、土体和环境因素的实时监测,可以及时发现并预测变形异常,采取必要的措施防止安全事故的发生。例如,当系统检测到隧道结构的变形超过安全范围时,可以及时发出警报,提醒相关人员采取措施进行加固或维修,避免发生地铁隧道塌方等安全事故。同时,自动变形监测系统还可以收集和分析历史数据,为优化地铁运营管理提供参考。通过对历史数据的分析,可以找出隧道变形的规律和影响因素,从而制定更加科学合理的运营策略和措施,降低安全风险和提高事故应对能力。

## 3.2 降低运维成本

自动变形监测系统的应用可以降低地铁隧道的运维成本。一方面,通过实时监测和预警机制的建立,可以减少维修和养护的人力物力投入。通过自动化监测和分析,可以及时发现并定位隧道中存在的问题和隐患,从而有针对性地进行维修和保养工作,避免了大规模的检修和更换设备的情况发生。另一方面,通过对隧道变形的分析,可以指导隧道设计、施工和运营过程中的优化改进。通过对隧道结构的优化设计、施工方法的改进以及运营管理的精细化调整,可以在长期内降低隧道的运维成本。同时,自动变形监测系统还可以帮助隧道管理部门制定科学合理的维护计划和预算,提高资源的利用效率,降低运营成本<sup>[3]</sup>。

## 3.3 优化资源配置

自动变形监测系统可以对隧道变形的数据进行实时分析,帮助运营管理部门对资源配置进行优化。例如,根据数据分析结果,可以合理安排维护和检修人员的工作时间和地

点,提高资源的利用效率;同时可以通过对不同区域或不同时期的隧道变形数据进行对比分析,优化资源配置策略和调度方案。此外,自动变形监测系统还可以提供准确的隧道变形数据,帮助管理部门制定更加科学合理的隧道维护和管理决策,如确定隧道维护和检修的周期、选择适当的维护方法和材料等。通过优化资源配置,可以降低地铁隧道的运维成本,提高运营效率,同时也能更好地保障地铁的安全和可靠性。

## 3.4 促进科学研究和技术进步

自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的应用,为科学研究和技术进步提供了丰富的数据和实验基础。通过对隧道变形数据的收集和分析,可以深入研究地铁隧道变形的规律和机理,揭示隧道变形的影响因素和演化过程。这有助于隧道工程领域的专家和学者提出更加科学合理的隧道设计、施工和运营管理的方法和措施,推动地铁隧道工程的发展和创新<sup>[4]</sup>。此外,自动变形监测系统的技术手段也在不断发展和完善。通过不断引入新的技术和方法,如物联网、云计算、人工智能等,可以进一步提高自动变形监测系统的精度、稳定性和智能化程度。这些先进技术的应用可以帮助管理部门更加准确地掌握地铁隧道的运营状态和变形情况,提高管理效率和决策水平,同时也可以为隧道的维护和检修提供更加智能化的支持。

## 4 自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的应用案例

在运营地铁隧道监测中,传统的人工观测方法不仅会消耗大量的时间和人力资源,而且在安全监测的过程中存在着诸多安全隐患。自动变形监测系统具有自动化程度高、精度高、实时性好等特点,可大大减少人工监测带来的误差,并且能够自动完成对各种不同类型数据的采集、存储、传输和处理。基于此,本文以某地铁线路为例,对自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的应用进行了分析,对其应用效果进行了评价。

### 4.1 工程概况

该地铁线路全长约11.3 km,自地铁A号线某车站北端起始端(与C号线换乘)至终点端(与E号线换乘)。其主要沿城市东西方向布置,并穿过多个城市街区。

### 4.2 自动化监测系统

本地铁线路中设置了2个自动变形监测系统,分别为地面沉降自动监测系统和隧道沉降自动监测系统。地面沉降自动监测系统由自动测量单元、数据采集处理单元和数据传输单元三部分组成,其能够在地铁隧道周围布设一系列的监测点,并将采集到的数据通过无线网络发送至数据处理单元。在地面沉降自动监测系统中,该系统可通过传感器和采集单元将地铁隧道周边的土壤、建筑等情况实时采集到,并将其传送至数据处理单元,再通过数据传输单元将数据传输至控制中心,由控制中心对采集到的数据进行分析、计算和处理,从而实现对面沉降的自动监测。

#### 4.3 地铁隧道变形监测数据处理方法

对于地铁隧道的变形监测数据,首先采用了平均法、最小二乘平差等方法对其进行初步处理,然后将得到的结果与控制点进行对比分析。经分析发现,测量结果的精度能够达到厘米级。而且通过对监测数据的处理可以发现,该监测系统在监测过程中能够及时、准确地预报变形情况,并为隧道结构安全提供有效保障。

### 5 未来发展趋势

#### 5.1 智能化与自动化

随着科技的不断进步,自动变形监测系统将朝着智能化和自动化的方向发展。通过引入人工智能和机器学习等技术,自动变形监测系统可以更加准确地识别和分析隧道变形的原因和趋势,提供更加智能化的预警和建议。同时,自动化程度的提高也可以减少人工干预的需求,降低运维成本,提高工作效率。

#### 5.2 高精度与高效率

为了更好地满足地铁隧道监测的需求,自动变形监测系统需要具备更高的精度和效率。通过采用高精度传感器和测量仪器,可以实现微小变形的精确测量,及时发现潜在的安全隐患。同时,通过优化数据处理和分析算法,可以提高系统的响应速度和处理效率,实现更加快速、准确的监测和分析。

#### 5.3 多元化与综合化

自动变形监测系统在未来的发展中,将朝着多元化和综合化的方向发展。除了对隧道结构、土体和环境因素的监测,还可以考虑对隧道中的设备、车辆和人员等其他因素进行综合监测。通过多元化的监测手段和综合化的分析方式,可以更好地揭示地铁隧道变形的规律和影响因素,为地铁的运营管理提供更加全面、科学的支持。

#### 5.4 数据共享与协同工作

在未来的发展中,自动变形监测系统可以与其他相关系统实现数据共享和协同工作。例如,与地铁车辆控制系统、

安全预警系统、交通管理系统等实现数据共享,可以提高地铁运营的整体效率和安全性;与科研机构、高校等实现数据协同工作,可以促进隧道工程领域的科学研究和技术进步<sup>[5]</sup>。

#### 5.5 绿色环保与可持续发展

在绿色环保和可持续发展的理念下,自动变形监测系统在未来的发展中也将注重环保和可持续性。例如,采用低功耗的传感器和测量仪器,减少能源消耗;采用太阳能或其他可再生能源进行供电,降低对环境的影响;同时也可以采用环保的材料和工艺进行设备制造和安装,减少对环境的影响。

### 6 结束语

自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中具有重要的作用和意义。通过实时监测和分析隧道变形数据,可以及时发现并预防变形异常,提高地铁运营安全性;同时也可以降低运维成本,优化资源配置。在未来的发展中,自动变形监测系统将朝着智能化与自动化、高精度与高效率、多元化与综合化、数据共享与协同工作以及绿色环保与可持续发展的方向发展。通过不断创新和完善自动变形监测系统,可以更好地满足地铁隧道监测的需求,为地铁的安全运营提供更加可靠的保障。

### 参考文献

- [1]夏丹.地铁结构变形监测中自动变形监测系统的应用探讨[J].建筑技术开发,2021,48(04):9-10.
- [2]廖海山,李盈洲.自动变形监测系统在运营地铁隧道监测中的应用[J].测绘与空间地理信息,2021,44(02):193-195+198.
- [3]乔茂伟,韦永斌,刘云飞等.地铁隧道穿越工程变形自动监测系统的设计及应用[J].工程勘察,2018,46(09):58-62.
- [4]邓显威.自动监测系统在地铁运营隧道中的应用[J].建筑安全,2012,27(07):70-72.
- [5]何自强.地铁隧道变形自动监测系统研究.上海市,上海地铁盾构设备工程有限公司,2011-05-12.

