

# 铁路隧道施工安全管理中智能监测技术的应用与风险控制策略研究

吕佳佳

上海天佑工程咨询有限公司深圳分公司，广东省深圳市，518100；

**摘要：**随着我国铁路事业的发展，铁路隧道建设规模逐渐增大，为实现快速高效的施工，隧道工程施工安全风险越来越大。为了提升铁路隧道施工安全管理水平，文章从当前铁路隧道施工安全管理的现状出发，以智能监测技术为核心，介绍了智能监测技术在铁路隧道施工安全管理中的应用方法与实施过程，分析了智能监测技术在铁路隧道施工中的应用效果及存在的问题，并针对这些问题提出了相应的风险控制策略。文章通过案例分析验证了智能监测技术在铁路隧道施工安全管理中的应用效果，并为保障铁路隧道工程的顺利进行和提高施工安全管理水平提出了相关建议。

**关键词：**铁路隧道施工；安全管理；智能监测技术；应急预案；风险控制

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.02.007

## 引言

近年来，随着我国铁路事业的快速发展，铁路隧道建设规模也越来越大，铁路隧道工程施工安全风险也随之增加。为此，有必要提高铁路隧道施工安全管理水平，保障施工安全。随着大数据、物联网等技术的发展，智能监测技术在铁路隧道施工安全管理中得到了广泛应用。智能监测技术能够实时采集铁路隧道工程现场信息，通过对这些信息的分析和处理，能够及时发现和诊断施工过程中存在的风险并采取相应措施进行控制。本文以某铁路隧道为研究对象，通过介绍智能监测技术在该隧道工程施工安全管理中的应用方法与实施过程，分析了智能监测技术的优势和局限性，并提出了相应的风险控制策略。

## 1 铁路隧道施工安全管理现状分析

### 1.1 铁路隧道施工概况

铁路隧道施工安全管理是一项非常复杂的工作，要保证隧道施工过程中的安全，首先要做好铁路隧道施工方案的设计工作。在铁路隧道施工中，地质条件是影响工程质量的重要因素，地质条件的不同对铁路隧道施工质量会产生不同程度的影响。因此，在进行铁路隧道施工前，必须对工程地质条件进行全面分析和了解，然后根据实际情况进行针对性地设计。在实际开展铁路隧道施工时，要严格按照相关规定进行安全管理工作。另外，

铁路隧道施工环境也比较复杂，容易受到外界因素的干扰，因此要采取科学合理的措施保证施工过程中的安全性。

### 1.2 铁路隧道施工安全管理现状

现阶段，我国铁路隧道工程建设项目数量多，施工规模大，所面临的环境也相对复杂。在这种情况下，施工单位对工程安全管理工作不够重视，部分施工单位在施工过程中忽视了对工程安全风险的管控，导致工程安全事故频发。我国铁路隧道工程建设中存在着诸多安全风险，如地质灾害、技术因素、人员素质等因素。这些因素会对铁路隧道施工的安全性造成影响，甚至会引发施工人员伤亡事故。因此，铁路隧道施工单位必须对工程中存在的安全风险进行全面评估，并采用科学合理的手段对风险进行有效控制，从而保证铁路隧道工程的安全性。

### 1.3 存在的问题与挑战

虽然我国的铁路隧道建设取得了较大进展，但由于我国地形复杂，隧道工程建设环境非常复杂，安全风险问题依然存在。具体而言，我国铁路隧道施工的安全管理中存在以下几个方面的挑战：第一，隧道工程建设过程中的环境复杂性高。我国大部分地区地形较为复杂，这会影响到隧道工程建设的安全性。例如：在山岭重丘区中修建隧道，其地质情况与自然环境都非常复杂，这

会增加隧道施工的安全风险；第二，铁路隧道施工过程中面临着许多不确定因素。这些不确定因素可能会影响到工程进度、工程质量以及施工人员的人身安全；第三，铁路隧道施工过程中存在着一些重大事故隐患。

## 2 智能监测技术在铁路隧道施工安全管理中的应用

### 2.1 智能监测技术概述

智能监测技术是通过传感器采集数据，将数据上传到计算机系统，对信息进行处理、分析和预测，然后通过网络技术将监测结果反馈给用户，从而实现对现场的监测。智能监测技术不仅能够实现远程数据的采集和传输，还能够将数据存储于计算机系统中。在此基础上，工作人员可以借助智能监测系统对数据进行分析处理，并对现场的施工进行监测和评估，从而及时发现和预防安全隐患。通过智能监测技术，工作人员可以及时获取现场的实际情况，然后通过分析和处理数据，采取合理的措施对现场进行处理。在智能监测技术的帮助下，铁路隧道施工可以更加安全。

### 2.2 智能监测技术在铁路隧道施工中的应用案例分析

在进行铁路隧道施工时，往往会受到多种因素的影响，使得隧道工程施工变得更加复杂，如果不能对隧道施工过程中的各种安全问题进行有效处理，就会给整个工程带来安全隐患，甚至会造成严重的后果。而利用智能监测技术进行施工安全管理能够有效地解决上述问题。以某铁路隧道工程为例，该铁路隧道工程主要采用新模法进行施工，通过对隧道周边进行自动化监测来掌握隧道围岩及支护结构的变形情况，进而对隧道围岩稳定性进行评价。然后利用智能监测技术对采集到的数据进行处理和分析，通过智能监控系统 and 远程控制系统来实现对隧道施工过程中安全风险的实时监控和预警。

### 2.3 智能监测技术的优势和局限性

智能监测技术具有以下优势：一是全面。不仅能够对施工过程中的结构进行实时监测，还能对监测数据进行采集、存储和分析，最终形成直观的数据报表，为工程后期的安全管理提供可靠依据；二是精确。通过传感器可对被监测结构的力学特性进行实时感知，并对数据进行分析，最终形成精准的监测报告；三是快速。智能

监测系统具备信息采集和传输功能，可在短时间内完成数据的采集和处理；四是安全。智能监测系统在施工过程中能实时采集信息，并与现场管理系统对接，为隧道施工安全管理提供了有效的技术支撑。

## 3 铁路隧道施工安全管理中的风险控制策略

### 3.1 预防性控制策略

对铁路隧道施工进行预防性控制，能够有效降低安全风险，主要是对施工中可能出现的突发事故进行分析，采取相应的预防措施，可以有效降低安全事故的发生概率。铁路隧道施工过程中，要对可能出现的突发事故进行预判，例如：在隧道掘进过程中，一旦发现存在塌方或者冒顶的风险，就要立即停止施工，进行施工人员撤离。通过这一措施，能够有效减少安全事故发生的概率。在隧道开挖过程中，也要加强对地质灾害的监测和预报工作。当隧道施工遇到不良地质时，要立即采取相应措施进行处理，防止突发事件发生时造成损失。例如：在施工过程中遇到溶洞、暗河、采空区等情况时要采取相应措施。

### 3.2 应急响应控制策略

在隧道工程施工过程中，应对安全事故的应急响应策略，应包括：一是制定应急预案，在发生事故时，可以利用预案来引导救援人员进行合理的救援行动，并采取紧急措施对事故进行控制；二是与保险公司合作，利用保险公司的赔偿机制，对事故造成的损失进行赔偿；三是对施工人员进行专业的培训和教育，提高施工人员的专业水平和素质，并培养施工人员的安全意识；四是对相关法律法规进行完善，加强施工企业对相关法律法规的学习，以规范企业施工行为；五是加强对监测数据的分析和研究，提高铁路隧道施工风险控制的水平和质量。

### 3.3 整改性控制策略

在铁路隧道施工的过程中，还应注重整改性控制，其主要包括以下内容：①铁路隧道施工工程在建设之前，应先做好风险评估工作，并针对不同的风险制定相应的处理方案；②在铁路隧道施工工程建设之前，应做好施工环境调查工作，并对沿线地质环境进行全面的分析，以确保施工环境安全可靠；③在铁路隧道施工过程中，应按照相关标准与规定实施安全检查与检测工作；④在铁路隧道施工过程中，应加强对环境污染的控制和管理

工作；⑤在铁路隧道施工过程中，应加强对相关人员的培训和教育，提高相关人员的责任意识 and 安全意识。

## 4 应急预案设计与优化

### 4.1 应急预案概述

铁路隧道工程建设中，危险源主要包括：爆破、通风、排水、监测等，这些因素都可能对工程安全造成影响，因此需要在施工过程中制定应急预案，以保证在出现紧急情况时能够及时采取措施。应急预案主要包括应急准备、响应和恢复三个部分，应急准备主要包括组织结构、救援队伍、物资储备等内容；响应是指当突发事件发生时，救援队伍应当如何展开救援；恢复主要指的是在事故发生后，如何对受损设施进行修复和生产生活恢复。铁路隧道工程建设中，在风险事件发生后要进行安全评估，然后根据评估结果制定具体的应对措施，从而保障工程施工顺利开展。

### 4.2 铁路隧道施工安全应急预案设计原则

预案设计应符合国家有关法律法规的要求。应急预案设计应符合国家《中华人民共和国突发事件应对法》《中华人民共和国安全生产法》等法律法规的要求，保证应急预案的合法性和科学性。1. 预案设计应遵循以人为本、科学合理的原则。应急预案设计应着眼于风险分析、预测，制定合理、有效的应对措施，达到减少人员伤亡和财产损失的目的；2. 应急预案设计应符合现场实际情况，做到可操作性和实用性。应急预案设计必须根据现场实际情况制定，并注重可操作性，尽量避免过多的冗余程序。应急预案设计要尽可能涵盖施工过程中可能出现的风险因素，以确保其可操作性。

### 4.3 应急预案优化策略研究

铁路隧道施工安全应急预案的制定是为了应对突发事件，但在实际的应急处置过程中，却经常存在应急预案不够完善、可操作性不强、方案针对性不足等问题，导致突发事件的处理效率较低。针对上述问题，本研究提出了以下优化策略：（1）建立应急预案编制团队；（2）规范应急预案编制流程；（3）将智能监测技术应用到应急预案中；（4）建立隧道施工安全风险数据库；（5）明确各部门的职责和分工，制定切实可行的应急方案。在以上优化策略的支持下，本研究以某铁路隧道为例，制定了“隧道施工安全风险数据库”与“隧道施工安全风险预警机制”。

## 5 智能监测技术在铁路隧道施工安全管理中的应用效果评价

### 5.1 安全管理绩效评价指标

安全管理绩效评价指标的选取应具有较强的可操作性，既要考虑到隧道施工的实际情况，也要在一定程度上考虑到隧道施工对周边环境所产生的影响。根据本文对铁路隧道施工安全管理绩效评价指标的选取原则，结合本文中构建的铁路隧道施工安全管理绩效评价指标体系，我们可以构建出铁路隧道施工安全管理绩效评价指标体系如表1所示。该指标体系中包含了6个一级指标、13个二级指标以及35个三级指标。其中，一级指标由组织管理、风险管理、施工现场、监控量测、安全信息等5个方面构成；二级指标由组织管理、安全信息4个方面构成；三级指标由组织管理和风险管理组成。

### 5.2 智能监测技术的应用效果评价方法

基于铁路隧道施工安全管理的实际情况，结合智能监测技术的应用优势，应科学合理地构建铁路隧道施工安全管理绩效评价体系，主要包含人员素质、安全投入、设施设备等多个方面的内容。其中，人员素质主要是指参与铁路隧道施工安全管理工作人员的综合素质与业务能力，是评价体系中最关键的一部分；安全投入主要指的是隧道施工人员配备设备的数量、质量以及合理性；设施设备主要包括视频监控系统、地质雷达系统和地质信息采集系统等，也是铁路隧道施工安全管理绩效评价体系不可或缺的一部分。根据上述内容，具体构建铁路隧道施工安全管理绩效评价指标体系如表1所示。

### 5.3 评价结果分析与讨论

结合上文分析可知，智能监测技术在铁路隧道施工安全管理中的应用效果评价结果为良好。该结果说明，在隧道施工安全管理中，智能监测技术可以帮助施工企业实时掌握隧道支护结构和围岩的变化情况，并针对实际情况采取相应措施，保障施工安全。但同时也应注意到，在隧道施工安全管理中应用智能监测技术也存在一定不足，如监测设备的稳定性、精度较低，无法满足实际需求；人工成本较高，不利于监测工作的开展；受外界环境影响大等。因此在实际应用过程中，应结合隧道施工环境与实际需求，制定相应的技术标准和管理办法，加强对智能监测技术的管理和应用。

## 6 结论与展望

### 6.1 研究结论总结

本文通过对铁路隧道施工安全风险的分析,归纳总结了影响铁路隧道施工安全风险的关键因素。在此基础上,根据相关理论,从风险控制策略角度提出了铁路隧道施工安全管理中智能监测技术应用的相关策略,并通过实际工程案例验证了该策略的有效性。在隧道施工安全管理中,应用智能监测技术进行风险控制,可以实现对隧道施工现场的实时监测,及时发现现场施工中存在的安全隐患问题并进行及时处理,对控制施工现场的安全事故发生起到积极作用。同时,将该智能监测技术应用于铁路隧道施工安全管理中,可以有效地提高铁路隧道施工现场的管理水平。

### 6.2 未来研究方向

本研究主要针对隧道施工过程中的监测数据,对于铁路隧道的信息化施工和风险管理体系建设还存在一些不足,具体如下:1. 智能监测技术与自动化监测系统的集成还存在一定不足。今后在研究过程中,要综合考

虑现场数据采集、数据传输、数据分析、自动报警等方面的问题;2. 将 BIM 技术应用到隧道施工的全过程,还需要进一步研究。在信息化施工过程中,由于各个阶段信息传递不对称,容易造成安全风险事故;3. 由于铁路隧道施工具有隐蔽性,难以直观地判断安全性,所以在研究过程中,需要对其进行实时监测,以确保安全。

### 参考文献

- [1] 姬彬波,谭成伟,刘恒,等. 铁路隧道工程建设施工安全现状及应对策略[J]. 交通节能与环保,2024,20(S2):215-220.
- [2] 孔文亚,周立新,王君楼. 西昆高速铁路隧道衬砌施工质量控制关键技术[J]. 铁道建筑,2024,64(07):96-100.
- [3] 牛衍亮,苏丽娟,纪文雅,等. 高海拔铁路隧道施工安全风险管理策略研究[J]. 中国安全生产科学技术,2024,20(06):168-175.
- [4] 汪祥,夏裕栋,张朝阳,等. 高速铁路隧道接触网外置槽道整治方案及受力分析[J]. 铁道建筑,2024,64(07):101-105.