

# 高铁隧道施工安全的影响原因与控制方法建议

周兴勃

西安铁一院工程咨询管理有限公司

**摘要：**隧道是高铁建设中的重要控制性工程，其施工安全对于高铁工程整体施工进度的顺利推进会产生较大的影响。但是由于高铁隧道的施工环境条件较为复杂，容易受到围岩结构以及地下水等因素的影响。同时，高铁隧道的施工对于施工技术水平、施工操作的规范性以及现场施工管理能力等均有很高的要求，客观上增加了施工中的安全风险。本文将对影响高铁隧道施工安全的主要原因进行分析，并在此基础上提出有效的控制方法建议，以促进高铁建设的健康发展。

**关键词：**高铁隧道；施工安全；影响原因；控制方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.03.055

为进一步促进各地区的社会经济发展，为人员、物资以及经济文化交流提供良好的基础条件，我国近年来不断加大高铁的建设力度，而隧道工程则是高铁施工中的重要组成部分。在高铁隧道工程的施工过程中，工程区域往往会遇到较为复杂的地质构造，且在开挖过程中需要采用爆破作业方式等有一定安全风险的施工工艺，加之机械化作业中所使用的机械设备、电力设施较多，使得高铁隧道工程的施工现场存在较多的安全隐患。因此，为保证高铁隧道工程的施工安全，施工单位应对施工实践中较为常见的安全风险进行全面的分析，准确掌握其主要影响原因，以便以此为依据建立科学完善的安全管理机制，采取有效的施工安全技术和施工安全管理措施。

## 一、现阶段高铁隧道施工中常见安全事故类型分析

由于高铁隧道工程的施工需要在已有荷载存在的条件下进行结构开挖施工，原始围岩结构的受力平衡被破坏，因此存在较高的安全风险<sup>[1]</sup>。根据对目前高铁隧道工程实践经验的总结发现，塌方、涌水是较为常见的安全事故。同时，在高铁隧道的施工现场，爆破作业事故、用电事故、火灾、坠物、机具伤害以及中毒窒息等也是较为常见的安全事故类型。此外，如果在隧道工程区域出现强台风、强降雨等极端天气时，也可能引发泥石流以及滑坡等灾害事故。而地震等地质灾害的发生更是会给施工安全带来巨大的风险。

## 二、影响高铁隧道施工安全的主要原因分析

### （一）受高铁隧道工程施工安全管理因素影响

一些施工单位由于缺乏安全意识，在高铁隧道工程的施工过程中未能建立起完善的安全管理体系，无法对施工现场进行全方位的安全管理，特别是在管理爆破器材设备、电气设备以及安全风险系数较高的施工环节时，管理措施不到位，就有可能导致安全事故的发生。

在高铁隧道的施工中，往往需要使用大量的施工机械设备和电力设施等，且在开挖掘进时也可能掉落物等，这使得施工现场存在较多的安全隐患，如安全管理人员未能对施工人员佩戴安全护具情况、操作施工机械设备的规范性以及相关安全防护设施的设置情况进行全面的检查，安全事故发生概率就将明显增加。尤其是在爆破作业是如果出现哑炮等情况时，如果未能严格按照相关技术要求进行规范化处理排查险情，在后期的清理挖掘时就有可能发生意外爆炸等事故，严重威胁施工人员的人身安全。

### （二）受高铁隧道工程区域地质构造因素影响

工程区域复杂的地质水文条件是导致高铁隧道施工发生安全事故的一个重要因素。例如在隧道工程的浅埋段如果遇到山峦崩塌体的地质构造，就会使得围岩的抗拉强度无法满足施工要求，比较容易引发坍塌等事故。而一些长大高铁隧道工程在穿越两山之间间施工时，往往会遇到有地表水冲刷风化石而形成的堆积流沙段，在该类型地质条件下时极易发生冒顶或者坍塌事故<sup>[2]</sup>。此外，如果在高铁隧道工程的开挖轮廓外侧以及作业面前方岩壁内存在岩溶溶腔时，就可能会诱发突泥等事故，危及施工安全。

### （三）受高铁隧道工程勘察设计因素影响

部分高铁隧道工程在勘察过程中未能全面、详细、准确的了解工程区域的地质水文条件，勘察人员对异常活动区的地质构造没有进行详细的勘测，导致没有准确掌握工程区域的熔岩以及断层等情况，这不仅会影响设计方案的合理性，而且还会给施工安全带来严重的风险隐患。同时，高铁隧道工程对设计水平和质量均有较高的要求，一旦在设计方案中所采用的技术工艺不科学、设计参数的计算取值不准确、支护结构形式以及设计强度与现场围岩情况不相符等，都会在不同程度上危及施工安全，甚至造成重大安全事故。

### （四）受高铁隧道工程区域施工方案因素影响

由于高铁隧道的施工是一项较为复杂的系统性工程，因此需要施工单位制定完善的施工方案，合理安排施工工序，提高施工组织的科学性，为施工任务的有序开展创造有利条件。但是部分施工单位在施工方案的制定中存在施工工序设置不合理，不仅影响了工序之间的有序衔接，而且如未能在掘进过程中同步开展支护施工以及施工监测等工作，就会给施工安全带来较大的风险隐患。

### （五）受高铁隧道工程施工工艺因素影响

在高铁隧道工程的开挖施工中往往需要采用爆破作

业方式来进行岩体破碎,如在爆破作业时未能准确掌握施工技术要点,炮眼布设位置不合理或者过深、一次装填炸药量过多等都会加大对围岩结构的扰动,破坏围岩结构的稳定性,造成围岩失稳,进而发生严重的安全事故。同时,如果在开挖过程中出现了超挖等情况时,也会增加事故现场的安全风险。此外,在高铁隧道工程的施工中,如果施工单位未能及时施作支护结构,或者支护结构的形式或所使用的材质等与设计标准不一致,不仅会严重影响支护结构的施工质量,而且会造成支护结构的强度和承载能力达不到施工要求,这也是导致塌方等安全事故发生的重要原因之一。

### (六) 受高铁隧道工程施工成本控制因素影响

安全管理需要有一定的经费投入,但是现阶段一些施工单位在高铁隧道工程的施工管理工作中由于片面追求降低施工成本,严重压缩了安全经费规模,导致安全管理工作无法得到充足的资金保证,严重影响了施工安全管理的全面性和有效性,并且也在客观上加大了安全事故发生的概率。

## 三、控制高铁隧道施工安全的有效方法建议

### (一) 加强施工安全管理机制的建设

施工单位在高铁隧道工程的施工过程中应加强安全管理机制的建设,通过建立完善的施工安全管理组织体系、合理确定安全管理目标以及制定科学的安全管理措施来实现对施工全过程的全方位安全监督管理。施工单位应成立由项目部经理为领导的安全管理小组,明确划分各岗位的安全管理职责范围,将安全管理责任切实落实到岗到人<sup>[3]</sup>。同时,施工单位应加强对安全管理责任落实情况的监督考核,以促使安全管理人员增强岗位责任感。施工单位所制定的安全管理措施应清晰、明确,并具有较高的可行性和合理性,且应确保各项安全管理措施均能够得到有效的贯彻执行。此外,由于高铁隧道工程的施工过程中存在较多安全风险因素,因此施工单位还应加强安全防控风险体系的建设,以便准确识别安全风险因素,并对其风险等级进行科学的判断分析,对各项风险隐患可能发生的概率以及所能造成的损失程度形成清晰的认识,从而为制定相应的风险防控方案和安全措施提供可靠的参考依据。

### (二) 加强对隧道工程区域地质水文条件的勘测

在高铁隧道工程的施工准备阶段,施工单位应全面收集工程区域的地质水文数据,并要加强现场勘测工作,以详细了解施工现场以及周边区域的地形地貌特点、地质构造特征、围岩状态性质以及地下水水位、走向和分布情况等各项相关数据信息。同时,施工单位应结合勘测数据复核工程设计方案,如果发现设计图和施工图存在与现场情况不一致的情况的时,施工单位应及时与设计方和监理方沟通协调,并提出相应的改进意见和建议,为保证施工安全奠定良好的基础。

### (三) 合理配置施工机械设备

在高铁隧道工程的施工中,施工单位应积极应用具

有较高信息化、自动化和智能化水平的先进施工设备,以提高施工效率,降低施工人员的工作强度,并减少由于人为因素而产生的安全隐患。特别是在存在较高安全风险的软弱围岩条件下开展打孔钻眼以及爆破作业时,应在具备条件的情况下尽量采用凿岩机器人或者其他无人化设备进行现场作业。同时,施工单位还应应用高精度、高灵敏度的施工监测设备以及现场传感设备等,以实现高铁隧道围岩状态的连续动态监测,从而及时发现围岩结构的异常变化,为采取相应的处置措施以及撤离人员争取时间。此外,在选择运输车辆以及其他施工设备时,应尽量选择配置了净化装置的设备类型,且一般应使用柴油动力设备,以减少设备运行时所产生的废气污染隧道洞内的空气质量,从而改善高铁隧道工程的施工环境条件,保证施工人员的身心健康。

### (四) 组织施工人员进行安全教育

施工单位在高铁隧道工程的施工过程中应积极组织全体员工进行安全教育以及技术培训,促使施工人员以及安全管理人员增强安全意识,帮助现场所有工作人员均能够充分了解安全生产规范,更好的掌握各项施工技术要点以及操作规程。同时,在爆破作业等安全管理的关键工序施工前,施工安全管理部门应对所有上岗人员进行岗前培训和考核,在安全生产知识以及专业技术均考核合格后才能允许其上岗施工,以保证施工安全。施工单位还应制定科学的应急处置预案,并定期组织应急演练。

### (五) 积极应用先进的超前地质预报技术

为保证高铁隧道工程的施工安全,施工单位应积极应用先进的超前地质预报技术,准确掌握开挖作业面前方的地质水文情况,并为安全风险识别以及相关控制措施的制定提供可靠的参考依据。目前在高铁隧道施工实践中,超前钻孔探测技术、TSP超前地质预报技术以及红外探水等技术方法已经得到了广泛的应用,能够对作业面前方区域的地质构造特征进行较为准确的勘测预报,为地质产状分析、围岩结构勘以及含水性分析提供了重要的参考依据。施工单位应在断面开挖以及支护结构设施施工等工作中充分发挥超前地质预报技术的作用,以避免隧道施工过程中发生突泥涌水等突发性安全事故。

#### 1、应用超前钻孔探测技术要点分析

在应用超前钻孔探测技术对高铁隧道开挖作业面前方进行地质预报时,一般需要通过冲击钻以及回转钻进设备来采集芯样。施工人员应全面收集工程区域的地质水文资料,并合理确定芯样直径、超前探测长度等参数。通常当工程区域处于活动断裂带上时,应对作业面前方约90m范围进行超前探测;而在对剩余断裂带区域进行超前探测时,其长度一般应为50m,搭接长度则通常应为15cm。

#### 2、应用TSP地质预报技术要点分析

超前地质预报TSP技术主要是以小爆破方式机房地

震波,并对隧道介质中球面波的传播速度以及反射波等数据信息进行分析,以判断前方是否有软弱岩层存在,并能够查明岩体的含水性等性质特征<sup>[4]</sup>。TSP超前预报技术是具有较高信息化和自动化水平的技术方法,施工人员可以利用专业计算机软件自动测算隧道轴线和不同围岩结构界面之间的间距以及角度等参数,并可以实现对围岩结构、弹性模量、泊松比以及密度等指标参数的计算研究。

### 3、应用红外探水技术要点分析

高铁隧道围岩晶格以及分子在振动的过程中会产生电磁波,并形成红外辐射场。因此根据红外辐射场的变化就能够判断出是否有异常地质体存在,而红外探水技术正是以此为依据利用红外探测仪来对红外辐射场进行测量,以实现高铁隧道开挖作业面前方地质构造异常的准确预报。在应用红外探水技术时,施工人员应将测点设置于作业面后方指定探测段的起点位置,且测点之间的间距通常应控制在5m。之后再理红外探水仪来对各测点位置的初始场强进行测量。如在测量时发现某测点场强存在变化时,应分别从横纵向方向重复测量以确定场强的变化范围。施工人员应根据探测数据进行曲线图的绘制,并通过趋势外推法等分析方法的应用来对作业面前方是否存在含水构造进行准确的判断分析。

### (六) 科学应用超前支护技术

#### 1、高铁隧道工程施工中的超前小导管支护技术分析

超前小导管支护是目前高铁隧道工程中较为常用的支护技术之一。所谓超前小导管技术也就是采用小直径无缝钢管作为注浆管,并利用其对隧道拱顶结构进行加固支护的施工技术。在应用该支护方式施工时,施工单位应对钻孔角度以及深度进行严格的控制,并要做好清孔工作。在安装小导管施工时,一般应将小导管的外露长度控制在30cm左右,为注浆施工提供便利。同时,施工人员应严格按照设计配比进行浆液的配置,以保证注浆加固效果。

#### 2、高铁隧道工程施工中的超前管棚及锚杆支护技术分析

超前管棚及锚杆支护技术在高铁隧道工程的支护施工中也较为常见。施工单位应详细了解围岩结构特点和性质,并应合理控制管棚顶入深度。当工程区域地质构造较为复杂时,施工单位可以采用管棚跟管钻进等施工技术,以提高超前支护效果,确保施工安全。

#### 3、高铁隧道工程施工中的预注浆支护技术分析

在高铁隧道工程的开挖过程中,施工单位可以采用预注浆技术对开挖作业面进行超前支护,以保证施工安全。在应用预注浆技术时,施工人员应向开挖作业面的岩层内打入钢管,并进行注浆施工,以固结岩体,从而达到提高作业面前方岩体结构稳定性的目的。在施工实践中,施工单位可以根据岩体节理的实际发育情况合理

选择采用分区分段预注浆技术或者一次性预注浆技术。

### (七) 加强对二次衬砌施工的监督管理

二次衬砌是高铁隧道工程的永久性支护结构,对于保证隧道工程的质量安全具有重要的影响。因此,施工安全管理人员应加强二次衬砌施工的监督管理。在初支结构稳定无变形后应及时开展二次衬砌作业。安全管理人员应对衬砌台车使用的规范性、模板支立的严密性和牢固性、浇捣混凝土的施工质量等进行严格的控制,以确保衬砌结构的强度和承载能力均能够达到设计标准。

### (八) 施工现场安全管理措施

施工安全管理部门应采取科学的施工环境安全管理措施,加强对现场电气设施安全管理,并要高度重视施工现场的治水安全,做好降排水以及截水处理。同时,对爆破作业等高危作业环节要进行现场旁站监督管理。此外还应加强施工控制测量工作,以及时发现异常变化。

### (九) 施工成本控制应以保证施工安全为基本出发点

在高铁隧道工程的施工管理工作中,对施工成本的控制应建立在保证施工安全的基础上,严禁个别施工单位片面追求降低施工成本,对施工材料设备、人员以及施工及时工艺的安全生产工作投入不足。对于存在安全隐患的施工设备必须及时进行检修或者更新,并确保各项安全防护设施所需的资金及时、足额到位。高铁建设的管理打完应严格按照国家颁布的风险抵押以及安全费用提取等相关政策要求对专项资金的缴纳、提取以及使用情况进行动态监督,并依法查处违规行为,从而为实现对施工安全的有效控制提供可靠的资金保障。

## 四、总结

隧道工程是高铁建设中的关键性控制性工程,施工单位应高度重视隧道施工中的安全性。在高铁隧道工程的施工过程中,施工单位应建立健全安全管理机制,制定科学的安全管理方案和应急处置方案,以实现施工全过程的全方位安全控制。同时,施工单位应针对隧道施工中常见的安全事故成因采取有针对性的安全控制方法,准确识别安全风险,提高风险防控能力,及时排除施工中的安全隐患,为施工人员的人身安全以及施工单位的经济财产安全提供更加可靠的保障。

### 参考文献

- [1] 芦岩. 高铁隧道施工安全的影响原因与控制方法[J]. 工程技术研究, 2017(7): 2.
- [2] 刘磊. 高铁隧道施工安全的影响原因与控制方法[J]. 环球市场, 2017(3): 1.
- [3] 秦娟. 分析高铁隧道施工安全的影响与控制方法[J]. 建筑与装饰, 2019(19): 2.
- [4] 马斌. 高铁隧道施工中安全风险控制研究[J]. 名城绘, 2020(4): 1.