

山区复杂地质条件下隧道施工安全管理探讨

刘小虎

(四川省交通建设集团有限责任公司,四川 成都 610000)

摘要:高地热、瓦斯隧道是指具有高地应力、高地温、瓦斯等地质特点,且施工环境恶劣,存在较大安全风险的隧道。高地热、瓦斯隧道施工过程中,在地质条件复杂的情况下,因施工技术有限,安全风险极高。一旦发生安全事故,对企业和社会将造成不可估量的损失。

关键词:山区高速公路;高地热;地应力;瓦斯;隧道;通风

中图分类号:TD712

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2023)35-0070-03

0 引言

随着我国交通基础设施建设的快速发展和新技术、新材料、新工艺的不断应用,隧道工程施工技术取得了很大进步,施工方法和手段日益更新和多样化。然而,在西南山区高速公路建设中,尤其是隧道施工过程中存在诸多不利因素:地质条件复杂多变;地应力、高地温、瓦斯等地质灾害频发;通风困难;机械化程度低;安全风险较大。如何确保高速公路高地热、地应力、瓦斯隧道施工安全已成为亟待解决的问题。

1 高地热、地应力、瓦斯隧道施工的特点和安全分析

1.1 特点

(1)隧道施工环境恶劣,高地热、高地应力、瓦斯隧道施工过程中,常出现隧洞围岩温度升高,岩层压力增大,隧道岩爆、闷热、卡钻、超欠挖严重等工程难题。

(2)安全风险大。地热、高地应力、瓦斯隧道施工过程中,易出现通风不畅、人员晕厥、掌子面弹石、找顶排危困难等安全风险,极易造成人身伤亡事故。

(3)施工条件差。高地热、瓦斯隧道施工通风条件差,施工环境恶劣,设备机械配套不足,人员组织难度大等问题。同时,高地热、瓦斯隧道埋深大、洞内送风距离长、洞内运输距离长、设备尾气抽排困难、施工进度慢等问题。

(4)安全管理难度大。山区高速公路建设过程中安全管理难度大是必然的。尤其是在高速公路隧道工程建设中,受地质条件影响较大。因此,高地热、高瓦斯隧道施工安全管理难度大。

(5)施工班组规模小,流动性大。高地热、瓦斯隧道工程施工班组规模一般较小,且各班组人员多为临时组建,缺失磨合,遇到难题畏难情绪重,易轻言放弃、提桶跑路。在管理方面,因管理人员经验匮乏、各专业工种之间的配合程度低等因素影响安全管理工作。

1.2 安全分析

(1)隧道施工作业面长、作业人员多。隧道施工工

序多,工序间相互影响大,各工序交叉作业,加之作业人员的流动性大,安全风险高。

(2)隧道地质条件复杂多变。隧道地质条件复杂多变,具有高地应力、高地温、瓦斯等特点。这些因素会导致地质灾害频发,如岩爆、塌方等,会严重威胁施工安全和人身安全。施工过程中存在高地应力、高地温、瓦斯等多种危险源,加之隧道施工多为地下作业,作业人员密集,通风距离长,施工场地狭小等不利因素,易引发重大安全事故。

(3)机械设备数量多、种类多。由于山区高速公路隧道地形复杂、地质条件恶劣等因素影响,导致机械化施工程度低,缺乏有效的机械设备保障措施。

(4)专业应急资源匮乏。偏远山区因地处峡谷地带,陆运、水运均出现时滞性障碍;专业矿山或隧道专业应急救援队伍建设不足;隧道矿山等应急救援装备缺乏;专业应急救援物资储备不足;外部专业应急救援队伍应急联动不及时。

(5)隧道工程施工安全风险高。隧道工程施工安全风险高是由于隧道工程施工作业面长、作业人员多、地质条件复杂多变等因素造成的。比如:高地热瓦斯隧道所处地区的地质条件复杂,存在大量的断层、褶皱等地质构造,容易发生坍塌、岩爆、涌温泉水、有毒有害气体等灾害,对隧道施工带来极大的安全隐患。

2 高地热瓦斯隧道施工安全管理的基本要求

2.1 优化施工组织设计,提高机械化施工水平

施工组织设计中,根据高地热、瓦斯隧道工程特点,优化隧道衬砌、初期支护、二次衬砌、防排水等工序施工方案,提高机械化施工水平,提高工作效率和质量,减少因人员操作失误而引起的安全事故。

2.2 建立完善的安全管理体系

高地热、瓦斯隧道工程建设中,建立健全完善的安全管理体系非常必要。安全生产清单制管理是安全生产工作头号工程,优化责任清单模板。在责任分层分级方面,对工区重点工序的重点班组、重点人员实行分级

对口联系。在此基础上,进一步畅通问题隐患报送渠道,针对发现的问题,实时挂牌重大隐患整改,每周通报整改进度。在节假日期间和重点时段,组织人员深入一线,对发现的问题隐患建立台账,以清单形式督促整改,实现持续动态“清零”。通过分层分级、到岗到人,将责任落实到最小工作单元。通过实施清单制管理,进一步厘清各管理层级和各岗位人员的责任。

2.3 强化隧道施工现场的安全教育和培训工作

隧道施工过程中,经常出现因工人操作失误而引发的安全事故。因此应加强对工人进行现场操作技术培训和现场处置能力培训,使工人熟悉作业环境和操作规程及规范。

2.4 加强机械设备的定期检查维护

针对高地热、高瓦斯隧道工程特点和现场实际情况,制定设备维护保养计划,并按照计划定期对设备进行检查维护。分析质量问题和安全问题进行及时处理,以保证每种机械设备始终处于良好的状态,以免发生“带病”作业的问题,以降低安全事故发生的概率,保证隧道施工任务能够顺利完成。

2.5 风险评估+监测预警

依据总体和专项风险评估报告,采用“行业+专业”模式组建第三方监测机构,依托隧道“五大系统”开展安全风险监测预警,重点围绕在线监测风险发布、风险研判预警提示开展工作。形成每日风险预警信息,每月底汇总当月事件信息、洞内地质特点、系统预警等,综合分析安全形势,研判次月安全风险,向各班组发出动态性、关键工序、关键环节安全风险提示和防范要求,跟踪重大隐患闭环管理,督促采取安全防范措施,化解安全风险隐患,严密防范事故发生。“工地安全生产工作成效如何,关键看作业班组。”进一步完善风险监测预警处置工作机制,周期性开展风险辨识评估、风险预警提示和隐患排查整治。

3 高地热、地应力、瓦斯隧道施工中常见的安全事故及其原因分析

3.1 飞石坍塌事故

飞石坍塌事故是高地热瓦斯隧道施工中常见的安全事故之一,其主要原因是地质构造复杂、地应力大、岩石温度高、有毒有害气体赋存等原因导致事故伤害。为避免此类事故的发生,需要采取相应的措施,如超前地质水平钻、加长超前锚管(杆)、掌子面淋水释压、加长锁脚锚杆、及时初喷封闭掌子面等。

3.2 火灾爆炸事故

火灾爆炸事故是高地热瓦斯隧道施工中常见的安全事故之一,其主要原因是可燃气体和易燃物质的存在、火源或静电火花等因素引发的火灾爆炸。为避免此

类事故的发生,需要采取相应的措施,如改变通风方式(压入式变巷道式)、超前钻孔、增加局扇、加大气体监测频率、增设备用风机和备用电源、成洞段设置临时消防站、设置“五大系统”+门岗手工登记等。安全生产风险监测预警信息平台可通过前期设定,捕捉隧道施工重大风险,实现“人防+技防”相结合,为安全生产工作上了“双保险”。

3.3 人员伤害事故

高地应力瓦斯隧道施工,工人在施工过程中易遭遇掌子面弹石、坍塌、物体打击、粉尘噪声伤害等事故。为避免此类事故的发生,需要采取相应的措施,如加强超前钻孔和注水释放地应力、改用湿喷工艺减少扬尘、开挖台车和防水台车增加人员躲避防护棚、增加人员个体防护措施、坚持班前班后安全教育等。

3.4 设备故障事故

设备故障事故是高地热瓦斯隧道施工中常见的安全事故之一,其主要原因是临时停电、设备老化、混凝土工作性能不良导致堵管、操作不当等因素导致的设备故障。为避免此类事故的发生,需要采取相应的措施,如增设备用发电机、加强设备维护、喷射作业时试验人员全程旁站、加大设备操作人员培训力度等。

4 山区高速公路高地热、地应力、瓦斯隧道施工安全管理对策

4.1 杜绝火源

火源是引起山区高速公路高地热瓦斯隧道施工安全事故的主要因素,因此,在具体施工中必须采取一系列行之有效的方法和措施来全面杜绝火源。比如:按照隧道内部瓦斯浓度登记配备相应的防爆电气设备、加强爆破管理、强化动火焊接作业管理、在爆破施工中做好“一炮三检”、隧道“五大系统”+门岗检查登记等^①。此外,在进行隧道施工中还要采取有效的方法和措施,防止摩擦、撞击火花产生,若必须进行动火作业,需要在通风后气体检测合格的施工范围内进行,并做好动火旁站监督,以免发生火源外溢问题。

4.2 设备防爆

为最大限度上保证山区高速公路高地热瓦斯隧道施工安全,凡是进入隧道内部的设备都需要进行防爆改造,可按照煤矿行业的现行相关标准,对车辆的动力系统、排气系统、电气系统进行防爆改装,提升机械设备的防爆效果,全面消除引火源^②。此外,还需要安装上瓦电、风电联锁装置,可通过改装系统采集施工机械设备工作区域的瓦斯气体浓度参数,按照系统中设定好的瓦斯预警浓度,在实际施工中实现施工设备预警、自动断电、熄火等操作。当隧道中瓦斯浓度达到0.5%,立即发出报警,达到0.75%时立即自动停机。

4.3 通风降温

隧道通风的目标就是要确保洞中有充足的新鲜空气,与此同时,还需要用到冷热空气的交换来将周围的环境温度降下来,这样才能让劳动条件得到改善,确保工作人员的身体健康和机械设备的正常运转。在选择通风方案的时候,要以各个洞口担负的施工任务为依据,采取合理的通风方式。与此同时,从过去长大隧道的施工通风经验中可以看出,对通风效果有很大影响的因素有两个,一个是漏风系数,另一个是风管直径的选择。

4.4 严控瓦斯浓度

为实现对隧道内部瓦斯浓度的实时监测,需要在隧道内部建立起自动化和人工现场检测相结合的瓦斯浓度监测体系,其中自动化控制系统主要由洞口监测中心和洞内控制分站,以及瓦斯浓度监测传感器、自动报警器等共同组成^[9]。需要注意的是自动监测系统中的探头,到开挖面应有一定的距离,监测范围有限,而且各种设备在恶劣的条件的长期运行容易发生故障,因此,为实现对隧道内部瓦斯浓度是实时监测,还需要监测人员深入隧道内部进行 24h 循环检测。隧道内部瓦斯浓度监测地点和范围如下。

(1)隧道内掌子面、回风流、衬砌台车等位置,每个断面需要检查隧道拱顶、拱腰、两侧拱脚,墙边到坑道周边 20cm 的位置。

(2)隧道爆破点附近 20m 范围内的风流和局部坍塌位置。

(3)局部风机前后 10m 内的风流中。

(4)电动机及其开关 20m 以内的风流中。

(5)动火作业点附近 20m 以内的风流中。

4.5 个体防护

在山区高速公路高地热瓦斯隧道施工中隧道内部温度可达到 35~54℃,而且氧气浓度比较低,易发生缺氧问题。在具体施工中施工人员会同时受到高温环境、缺氧等因素的联合影响,这会对施工人员的身体和心理造成双重影响。因此,施工人员在进入山区高速公路高地热瓦斯隧道之前,必须切实加强个体的安全防护,可通过阻止外界和身体的直接对流和辐射传热、制冰机冷气通过风管输送降低人体在劳动中可能产生的热能。在山区高速公路高地热瓦斯隧道施工需要高度重视以下 5 点。

(1)按照隧道工程施工进度,合理安排施工人员,保证每位施工人员都能充足的休息时间。

(2)为进入隧道施工的人员提供充足的饮用水、保健药品,并提供科学的防护,以降低高温、瓦斯对施工造成的危害^[4]。

(3)加强对隧道内部环境的温度监控,若隧道内部温度超过人体能够承受的极限温度,严禁进入隧道内部。

(4)山区高速公路高地热瓦斯隧道施工现场还需要增设低温吸氧室和休息室。

(5)洞口设置制冰机、通过风机管道输送冷风入洞。

4.6 其他措施

(1)施工前必须全面掌握隧道所处地质条件,有针对性地编制专项施工方案。要根据围岩等级、瓦斯等级、地质构造和地下水情况,采用“先探后掘,先探后装,超前支护”的原则。

(2)开挖时必须使用短进尺、弱爆破、勤量测、强支护的方法进行掘进,保证初期支护的整体性和稳定性。严格执行瓦斯监测制度。施工中根据地质情况及时调整施工方法,采用“超前支护+超前钻孔”的方法,当围岩发生变化时,及时调整开挖方法和支护参数。开挖过程中应加强瓦斯监测工作,如有异常情况应及时处理^[9]。

(3)在瓦斯隧道施工过程中应加强通风管理工作,防止瓦斯积聚、爆炸事故的发生。在确保安全的前提下采用机械通风,对瓦斯隧道严格控制爆破参数及装药量、控制超欠挖。

5 结语

综上所述,我国高速公路建设已进入高质量发展阶段,高速公路高地热、瓦斯隧道施工安全管理是一项复杂的系统工程,其核心问题是安全风险辨识、评估与控制。通过分析高速公路高地热、瓦斯隧道施工安全管理的重点及难点,提出相应的控制措施,并在实际施工中不断进行总结、完善和优化。随着我国高速公路建设不断发展,相信我国高地热、瓦斯隧道施工安全管理水平会不断提高,为我国交通事业发展做出更大贡献。

参考文献

- [1] 吴何碧,曹继翔,张凌寒,等.基于前景一后悔理论的瓦斯隧道施工风险等级评估方法:以山西黎霍高速公路隧道施工为例[J].科技和产业,2022,22(11):325-330.
- [2] 高艳冬.瓦斯隧道施工的瓦斯防治与安全管理[J].工程机械与维修,2022(6):65-67.
- [3] 畅焱.地铁隧道施工技术及其瓦斯隧道通风安全风险控制[J].工程机械与维修,2022(6):168-170.
- [4] 崔鹏杰,李冰,叶爱军,等.公路瓦斯隧道施工安全问题及控制措施分析[J].现代隧道技术,2022,59(增刊1):660-665.
- [5] 陈嘉俊,贾正滴.高速公路低瓦斯隧道施工技术及其控制要点[J].云南水力发电,2022,38(7):169-172.

作者简介:刘小虎(1986—),男,汉族,四川达州人,本科,工程师,主要从事高速公路施工相关工作。