

浅析隧道岩爆综合防治施工技术措施

付小军¹ 宁伟伟²

1. 西安方舟工程咨询有限责任公司 陕西 西安 710075

2. 陕西交控科技发展集团股份有限公司 陕西 西安 710075

摘要: 为有效解决隧道施工中可能出现的岩爆问题, 需要以岩爆的分类和施工原则为依据, 针对隧道工程的具体情况进行分析, 在确定岩爆的具体类型和基本特点的基础上制定相应的防治措施, 以提高隧道工程施工质量。本研究旨在分析隧道岩爆综合防治施工技术相关内容, 通过岩爆段施工原则的分析, 提出具体的防治施工技术, 以期为西天山隧道施工的安全进行提供支持。

关键词: 隧道; 岩爆综合防治; 施工技术; 措施

隧道是现代交通基础设施建设的重要组成部分, 其在建设过程面临着诸多地质挑战。其中岩爆是一种突发性的地质灾害, 岩爆的发生较为突然具有较强的破坏力, 因而被施工单位及工作人员高度重视。岩爆不但会对施工人员的生命安全造成威胁, 还有可能导致较大的经济损失和工期延误。因此, 深入分析并探究隧道岩爆的综合防治技术措施, 有助于提高隧道施工的安全性和有效性, 为工作人员的生命安全和工期的顺利进行提供保障。

1 岩爆段概况

西天山隧道路线主要穿越地层为志留系乌帕塔尔坎组大理岩、绿泥石英片岩及华力西晚期浅成岩($\lambda\pi 43$)以及第四系冰积和洪积卵石(Q3-4fgl+pl)、崩坡积碎石(Q3-4col+pl)、冰积碎石(Q3-4fgl)。构造上主要穿越F1逆冲断层。根据隧洞穿越岩性、岩石的力学性状以及隧道围岩特征, 基于数值模拟结果分析, 岩爆段落累计总长6440m, 其中: ①发育Ⅲ级(强烈)岩爆的段落累计长度2660m, 占岩爆段41.3%; 其中910m段局部可能发育Ⅳ级(剧烈)岩爆; ②发育Ⅱ级(中等)~Ⅲ级(强烈)岩爆的段落累计长度2970m, 占岩爆段46.1%; ③发育Ⅰ级(轻微)~Ⅱ级(中等)岩爆的段落累计长度810m, 占岩爆段12.6%。

2 施工总体原则

2.1 预报先行

在可能出现岩爆的地段, 合理使用超前水平钻孔进行地应力测试, 定量分级岩爆等级, 比如, 可以使用原位测试获得洞壁切向应力, 根据应力强度比判据对岩爆进行分级, 在情况必要时, 可以使用微震监测进行基于微震能量的岩爆分级。

2.2 主动控制, 分级预防

在隧道施工过程中, 对于预测到地应力较大且有岩爆风险的区域, 应实施预防控制措施。施工团队需恪守施工准则, 采用合理的预防方法和强化的支护手段维护施工安全, 以最小化岩爆的风险及其潜在损害。此外, 还应强化监测工作, 采取向掌子面注水、增设锚固装置等手段; 并加强现场监控, 确保施工人员和设备的安全, 从而为隧道工程的施工提供坚实的安全保障。

2.3 隧道岩爆综合防治施工技术措施分析

2.3.1 加强岩爆超前地质预报预测

加强岩爆超前地质预报预测是确保施工安全、提高施工效率的重要措施。第一, 科学利用HSP声波反射法进行超前地质预报。这项技术通过在掌子面附近发射低频声波信号, 并在后方一定距离处接收反射波信号, 可以对隧道前方的地质情况进行有效的推断和预测。这项探测技术具有较强的适用性, 可以适用于多种围岩的地质结构探测, 对施工环境没有特殊的要求, 可以有效排除隧道内的干扰。第二, 利用物探超前地质钻机进行预报。对掌子面前方一定范围内的断层规模和围岩破碎程度以及富水情况等多种地质特征进行预测, 通过TBM和岩石之间的相互作用状态以及皮带出渣情况, 可以对前方掌子面岩石的情况以及变化趋势进行实时监测和判断, 并结合不同的情况对掘进方法进行调整。第三, 创建完善的岩爆预警系统。工作人员通过深度分析所收集的地质数据, 可以创建岩爆预警模型, 对可能出现岩爆的区域进行科学预测。同时结合施工现场的具体情况, 制定科学且完善的应急预案, 一旦出现岩爆迹象, 立即启动应急预案, 并采取有效措施预防岩爆的发生。第四, 做好人员安全教育工作。通过有效的培训可以提高施工人员对岩爆的认识和防范意识, 使其在实际施工过程中可以及时发现并报告可能存在的岩爆迹象, 从而科

学规避并减少岩爆所带来的损失,确保施工安全进行。第五,定期进行地质复查^[1]。在隧道施工过程中,工作人员需要定期对已经开挖的隧道进行地质复查,以便及时发现并处理可能存在的新的地质问题和不良地质条件。

2.3.2 微震监测安全预警系统的应用

在隧道岩爆综合防治施工当中,使用微震监测安全预警系统可以做到实时监测与预警,通过在隧道内安置微震传感器可以对围岩的微震活动进行实时监测,并对微震事件的时间序列和空间分布规律进行分析。当系统监测到异常的微震活动时,则可以发出预警信号,提醒施工人员采取有效的防范措施,减少岩爆事件的发生。同时系统可以对微震信号进行处理和分析,确定破裂源的具体位置以及信号强度等参数,帮助施工人员了解岩爆发生区域和具体程度,制定有效的防范对策。微震监测的主要原理是在高应力下,基于微震实时监测记录围岩或者断层发生破裂或错动所辐射的振动信号。诱发微震事件之后,其产生的微震波沿着附近的介质向外辐射,放置于钻孔孔内与岩壁紧密耦合的传感器将接收到其原始的微震信号并将其转变为电信号,随后将信号传输到信号采集仪器当中,再通过数据传输线路将数据信号传输到计算机当中进行分析,并以这些信号为基础来确定破裂源的具体位置。通过一系列的波形特征以及震源参数的记录,可以进行更深层次的分析,有助于施工人员对微震事件位置和烈度的评估。在隧道施工过程中,微震监测方案内容主要包括以下几点。第一,为有效预防隧道出现岩爆而造成各类安全事故,在施工过程中使用微震监测方法进行岩爆监测,这样可以将岩爆所造成的不良后果和损失降到最低。第二,在TBM盾尾后约50米的位置处设置监测点,每处检测点的位置相距20米,并在每处监测点设置四个传感器;伴随着TBM的掘进,监测点会不断地向前循环移动,以此来做到不间断的监测。第三,微震监测工作团队每一天早晨和晚上都需要进行监测情况汇报,以形成监测报告,隧道施工则需要结合监测结果对不同程度的岩爆进行分析,并选择相应的支护参数,以确保隧道施工的有效性和安全性^[2]。通过合理使用微震监测安全预警系统可以在隧道岩爆综合防治施工中提高岩爆防治的针对性和有效性,减少岩爆事件的发生,以确保整个隧道施工的安全。

2.3.3 科学控制掘进施工

在隧道施工过程中,针对岩爆这一复杂的地质现象,需要采取有效的综合防治施工技术,以确保施工的安全和有效。岩爆的发生不但会影响掘进施工效率,还会对设备和人员安全造成威胁。因此,在对西天山平导

洞TBM掘进参数进行调整和控制时,必须对岩爆可能出现的部位、时间以及岩爆所造成的影响进行细致考虑和分析,以实现掘进参数的精准控制。在容易出现岩爆的地质段,需要合理匹配TBM掘进施工参数,为了降低对周围岩石地应力状态的干扰,防止岩爆事件,保障TBM掘进工作面顺畅进行。在启动掘进作业时,应先设定一个较慢的掘进速率,待监测到周围岩石的应力状态变得相对平稳后,再适当提高掘进速率。但必须以科学的方法管理TBM的掘进速率,精确控制推进力度。在掘进过程中如果遇到较为松散破碎的岩层,应减小TBM的掘进力度和速率,及时观察掘进过程中电机电流以及扭矩的变化。同时需要将TBM掘进的刀盘转速调低,以有效预防细小岩石出现崩塌现象。针对掘进面正面发生的岩爆,由于岩爆会导致掘进面的不平整,从而造成刀具异常损坏,因此掘进过程中需要避免使用较高的转速。在此种情况下,掘进刀具受力之后波动较大,需要对其推力进行适当控制。从整体角度进行分析,需严格落实低转速和小推力的掘进模式。特别是在强烈岩爆的情况下,更需要强化控制,以确保刀具的安全和使用期限。针对隧道洞壁所出现的岩爆,需要采取相应的支护结构来增强其防控能力,确保掘进的顺利进行。在轻微或者中等级别的岩爆掘进过程中,由于支护结构能够有效防控岩爆,因此,可以选用高转速和大推力的配置来达成快速掘进的目的,这样可以避免刀盘被卡住或者护盾被困住的情况发生。在面对强烈岩爆的掘进作业中,为了降低施工过程中的安全风险,减少支护结构受损的可能性,必须严格控制施工的进度,尽可能地让岩爆现象在护盾的保护范围内发生^[3]。在这种情况下,应采用大推力配合低转速的掘进方式,以有效维护盾被卡住的问题,确保掘进进程的稳定和安全。

3 合理使用支护防治方法

在隧道施工过程中,有效防控岩爆是岩爆隧道支护的根本目的。在隧道项目施工过程中采取敞开式的TBM支护措施则主要采取锚杆以及挂网和钢筋排等,但也需结合微震监测结果进行分级支护施工,以确保支护的有效性和安全性。首先,释放超前应力。施工人员需要在岩爆段落位置处施作应力释放孔,通过喷水以及注水的方法来释放围岩的应力。这种措施的合理使用可以有效降低围岩的应力集中程度,进而减少施工期间岩爆问题的发生。同时通过超前应力释放还可以提高围岩结构的稳定性和安全性,为隧道掘进和施工的顺利进行提供保障。其次,在轻微和中等岩爆段进行有效的支护。在轻微和中等岩爆段落进行支护应当以防控为主,一般会

选择短锚网片喷混的方法进行支护。在围岩出露护盾之后,需要立即挂网并进行锚杆施工。在具体的支护作业过程中,施工人员应当确保支护施工和TBM掘进速度的同步性,这样才能确保应力释放工作的有效进行。结合隧道施工现场的具体情况,可以将中等岩爆段落位置处的支护调整为锚杆钢筋排钢拱架喷混支护。这种支护措施可以对岩爆的发生进行科学控制,以确保隧道的安全和有效性,为TBM掘进的顺利进行提供安全保障。最后,强烈岩爆段的支护。在这一施工阶段,通常会采用锚固钢筋排、钢拱架和喷射混凝土的复合支护方法。作业人员需在护盾内的预设存储区提前做好钢筋排,其中一端由钢拱架提供支撑,另一端则依靠护盾进行固定^[4]。随着TBM的掘进,钢筋排应持续地向外滑动。一旦达到预定的掘进距离,如一个或半个步距,应立即安装钢拱架。这样在钢拱架和钢筋排的保护下,施工人员便可进行预应力锚杆的施工作业。结合隧道施工现场的具体情况,调整钢管架的间距,或者使用钢管片进行初步支护,增强防护效果。

4 做好施工避险工作

在隧道岩爆综合防治施工过程中,设备和作业人员的防护也极为重要。首先,所有参与隧道施工的人员和设备必须配备相应的防护设备,如人员需要佩戴安全帽以及防护眼镜和防尘口罩等,这样可以预防岩石碎片和其他潜在危险物质对人员所造成的伤害,确保人员在施工过程中的安全^[5]。施工现场应当设置明显的警示标志和安全通道,以确保在紧急情况下,施工人员可以迅速撤离现场。在支护工作当中需要以快速支护为主,尽量使用机械作业代替人工作业,以减少人工作业数量,缩短支护施工时间。这种机械操作方法不但可以提高支护施工效率,还可以降低人员在危险环境中的暴露时间,减少人员事故的发生概率。同时,机械化作业能够提高支护结构的稳定性和可靠性,科学预防岩爆事件的发生。其次,微震监测是岩爆预警的一种有效方法。通过微震监测系统对地下岩层的微动情况进行实时监测,可以提前发现潜在的岩爆风险,并采取有效的措施预防岩爆的发生。一旦系统检测到可能会出现强烈岩爆,施工人员应当立刻撤离现场并到专门设定的安全防护区域内,待

岩爆危险预警解除之后再恢复施工。这种岩爆预警机制可以更为有效地确保现场作业人员的生命安全,科学规避因岩爆所导致的人员伤亡问题。如果隧道施工现场出现大规模的滞后性岩爆,则需要立即停止施工,并按照应急预案以及现场实际情况,组织施工人员迅速撤离到TBM安全区域处。在确保所有人员安全撤离施工现场之后,需要对现场情况进行详细检查和评估,以确定岩爆出现的具体原因和影响范围。结合分析结果制定相应的加固措施和修复方案,等到加固和修复施工顺利完成之后,才可以恢复施工。在这个过程中,必须严格按照安全规程进行作业,确保每项操作都符合安全生产标准。

结束语

综上所述,隧道岩爆是一种极为复杂的地质灾害,其防治工作需要长期坚持。通过深入分析隧道岩爆综合防治施工技术相关措施,如,在隧道施工前进行超前地质预报,以掌握当地的地质情况;通过微震监测安全预警系统的应用对可能出现岩爆的位置进行预警;合理调控TBM参数,做到掘进的科学管控;使用支护防治方法,减少岩爆的影响;做好施工避险工作,确保现场人员和设备安全。这些防范技术的使用可以为隧道工程从业人员提供有效的启示,以增强从业人员在施工过程中的警觉性和安全意识,为工程的顺利进行提供保障。

参考文献

- [1]李建高,唐泽林.深埋隧道岩爆特征分析与综合防治技术——以成兰铁路平安隧道为例[J].隧道建设(中英文),2020,40(12):1781-1790.
- [2]曾俊,马春驰,范俊奇,等.基于微震监测的钻爆法施工隧道围岩稳定性综合判断方法研究[J].工程地质学报,2023,31(3):830-842.
- [3]辛杰,江权,翟迪,etal.压剪荷载作用下双隧道围岩的剪切型岩爆:对比分析[J].中南大学学报(英文版),2023,30(12):4207-4229.
- [4]唐登志,白根铭,陈爽,等.深埋隧道岩爆影响因素及其预测研究[J].四川水力发电,2023,42(2):11-17.
- [5]施建俊,郭书成,张伟.基于模糊数学的黄台隧道深埋段岩爆预测[J].工程爆破,2023,29(3):71-79,146.