

隧洞钻孔爆破技术的发展及其在工程施工中的应用探讨

杨志金

中国安能集团第一工程局有限公司天津分公司, 天津 300041

[摘要]隧洞钻孔爆破技术属于现代隧道施工的关键手段之一, 历经长时间的发展以及技术层面的创新, 在施工效率、施工质量以及安全管理等方面均收获了颇为显著的成效。本论文以隧洞钻孔爆破技术的概念、关键技术创新作为主要分析对象, 同时结合地质条件、施工工艺以及参数优化方法来深入探讨其于实际隧洞工程当中的应用效果以及安全环保控制措施。剖析钻孔爆破施工在提升工程效率、削减施工成本、确保隧洞稳定性以及环境安全等方面的运用价值, 从而为隧洞施工技术的优化以及后续发展给予一定的参考依据。

[关键词]隧洞施工; 钻孔爆破; 爆破技术; 工程应用

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17737

中图分类号: TV542

文献标识码: A

Development of Tunnel Drilling and Blasting Technology and Its Application in Engineering Construction

YANG Zhijin

Tianjin Branch of China Aneng Group First Engineering Bureau Co., Ltd., Tianjin, 300041, China

Abstract: Tunnel drilling and blasting technology is one of the key means of modern tunnel construction. After a long period of development and technological innovation, it has achieved significant results in construction efficiency, construction quality, and safety management. This paper takes the concept and key technological innovation of tunnel drilling and blasting technology as the main analysis object, and combines geological conditions, construction technology, and parameter optimization methods to deeply explore its application effect and safety and environmental protection control measures in actual tunnel engineering. Analyzing the application value of drilling and blasting construction in improving engineering efficiency, reducing construction costs, ensuring tunnel stability, and environmental safety, providing certain reference basis for the optimization and subsequent development of tunnel construction technology.

Keywords: tunnel construction; drilling and blasting; blasting technology; engineering application

引言

我国基础设施建设发展速度较快, 在此期间, 隧洞工程于交通、水利以及矿山等诸多领域所呈现出重要程度也愈发明显起来。隧洞施工当中面临着诸多挑战, 像复杂地质状况、对施工效率有着较高的要求、存在安全方面的风险以及面临环保方面的压力等等。在这样的大背景之下, 钻孔爆破技术因其具备高效且可控的特点, 渐渐地成为了核心的施工技术之一。这项技术借助科学合理的布孔方式、精确到位的装药操作以及合理的起爆顺序安排, 从而达成对断面开挖过程的可控性要求, 同时也实现了施工效率的优化提升。随着爆破设备、药剂以及智能化、自动化等相关技术不断地向前发展, 钻孔爆破施工正朝着高精度、低风险以及更加环保的方向不断迈进。本文全面且细致地对其发展历程以及关键技术创新之处进行了梳理归纳, 同时对施工工艺、参数优化、安全以及环保控制等方面展开分析, 进而提出能够提升施工效率与工程质量的相关策略, 以此为隧洞施工技术的研究与实际应用给予一定的参考依据。

1 隧洞钻孔爆破技术概述

隧洞钻孔爆破技术主要采用钻孔、填药、爆破土方开

挖等施工技术, 并根据施工地质条件、断面尺寸、工时需求、支护方式、施工机械等因素进行施工。隧洞钻孔爆破工艺主要由掏槽钻孔爆破、辅助钻孔爆破、周边钻孔爆破等组成, 钻孔爆破形式的合理选取要符合隧道工程中的孔的大小要求。在工程施工中采用钻孔爆破技术进行隧道建设, 必须严格按照设计图纸和规范进行, 加强质量和安全控制, 按照安全、数量、质量和布局规范, 制定相应的安全防护措施及应急处置方案。该技术可提升施工效率, 降低施工成本, 在复杂地质条件下能保证隧洞施工精度和稳定性, 还对施工安全起着重要作用。

2 钻孔爆破关键技术创新

2.1 钻孔设备及施工技术改进

现代隧洞施工对钻孔设备以及施工技术的精度与效率提出了更高的要求。随着设备结构不断优化、动力系统得以提升以及钻头材料获得改良, 现代钻机在高硬度、多破碎岩层的条件下可实现连续钻孔与自动定位, 这不仅大幅提高了施工精度, 而且减少了人工干预的情况。在施工技术层面, 借助对孔径、孔深、孔距以及装药量的精准计算, 达成了对爆破破碎范围的可控性, 有效降低了岩体出

现过度破碎以及二次破碎的现象。对于复杂地质条件,还引入了分段分区爆破的方式、动态调整装药量的做法以及智能排孔系统,使得施工在确保安全的前提之下能够达成高效率与高精度的目标。与此配合现代测量与定位技术,钻孔设备能够实时对钻孔方向与深度做出调整,以此来确保爆破效果契合设计要求,这极大地提升了隧洞断面的整齐程度以及岩体的稳定性,从而为现代隧洞施工给予了先进的设备保障与施工技术方面的支持。

2.2 爆破药剂与装药技术的发展

爆破药剂以及装药技术方面的改进,这无疑构成了钻孔爆破技术不断向前发展的关键支柱之一。在早期开展施工作业的时候,所采用的是黑色炸药或者硝铵炸药,这类炸药虽然能够释放出大量的能量,然而其控制性能却颇为欠缺,如此一来便很容易致使岩体遭受损伤,同时也容易引发各类施工事故的发生。而随着乳化炸药、水胶炸药以及复合炸药等一系列高性能药剂开始逐步得到应用之后,施工过程便顺利达成了诸如爆速可以进行调节、能量能够更为集中以及破碎范围也能够实现有效控制等诸多目标。就装药技术来讲,通过精准地去计算每一个钻孔所需要的药量,同时合理地对装药方式进行精心设计,并且还使用阻力控制塞以及缓冲填充物等辅助手段,进而促使爆破能量能够朝着特定的方向予以定向传递,以此来切实保障隧洞断面的完整性得以维持。将计算机模拟技术与现场监测技术相互结合起来,那么装药设计就能够依据岩体的具体性质以及隧道断面的实际形状来进行相应的优化操作,从而达成对爆破效果进行预测以及实现可控性的目的。现代所运用的爆破药剂以及装药技术,一方面极大地提升了施工环节的安全水平以及工作效率,另一方面也为处于复杂地质环境之中的隧洞施工给予了极为坚实的技

2.3 智能化与自动化爆破技术

智能化以及自动化技术于隧洞钻孔爆破施工当中的运用,施工效率以及安全性均得到了明显的提升。智能化系统借助传感器还有数据采集设备,达成对施工参数的实时监控以及自动优化,使得孔深、孔距、孔径以及装药量都能够依据岩体条件来自动做出调整。自动化钻机能够实现连续化以及标准化的作业,人工操作所花费的时间得以减少,施工精度也得以提高,特别适合应用于长隧道、大断面以及复杂地质环境之中。联合爆破仿真模拟以及智能决策系统,施工人员便可以提前对爆破效果、振动幅度以及岩体破碎范围加以预测,进而对施工方案予以优化。智能化与自动化技术不但降低了施工的风险,而且还推动隧洞钻孔爆破技术朝着高精度、低环境影响以及可持续发展的方向去发展,给现代隧洞工程带来了可靠的技术方面的保障。

3 隧洞工程施工中的应用

3.1 地质条件对钻孔爆破的影响

在隧洞施工期间,地质条件对钻孔爆破施工方案以及

施工成效有着直接影响。岩体的硬度状况、内部结构情况、节理发育程度以及地下水相关条件,都会给孔深设定、孔距安排、装药量确定以及爆破顺序设计带来影响。当处于坚硬且均匀的岩体环境下时,钻孔爆破能够运用较大的孔径与孔距,进而达成高效的破碎效果;然而在裂隙较为发育、岩体呈现软弱或者破碎的状态下,则需要把孔径缩小一些,对孔距做出相应调整,并且采取分段装药的方式,以此来减少坍塌以及过度破碎的风险出现。地下水的存在有可能会使得炸药能量分散掉,又或者是让破碎效果有所降低,所以在施工开始之前,必须要详尽地去勘察岩体的性质、节理的走向以及水文方面的条件,并且要综合实际情况来对钻孔布置以及装药方式进行优化处理,从而确保隧洞断面的完整性以及施工过程的安全性。对地质条件做出合理的评估,这有利于提升施工的效率,降低各类风险,并且能够实现隧洞施工的可控性以及稳定性。

3.2 钻孔爆破施工工艺流程

隧洞钻孔爆破施工依照科学流程来开展,以此确保施工期间的安全、质量以及效率得以保障。其流程涵盖了隧道测量放线环节、钻孔作业环节、装药环节、起爆环节以及爆破之后的支护和清理相关工作。在测量放线这个阶段,要确保钻孔布置能够契合设计方面的要求;处于钻孔作业阶段的时候,得把控孔径、孔深还有角度这些要素,从而让爆破能量可以均匀地进行传递;到了装药阶段,要依据岩体的具体特性以及断面的形状来设计药量以及填塞的方法,进而达成爆破可控性的目的;爆破完成以后,需要对岩体破碎的实际情况加以检查,同时清理掉碎石,并且着手开展支护结构施工以及断面修整等方面的工作。整个流程呈现出系统化、标准化的特点,既具备较高的效率,又是处于可控制的状态,能够在一定程度上减少岩体受到的损伤以及对环境产生的影响,最终形成了现代隧洞施工的标准化作业模式。

3.3 爆破参数设计与优化方法

爆破参数的设计属于极为关键的环节,其对于施工效果以及施工安全有着决定性的影响。这些参数包含孔径、孔深、孔距、装药量、起爆顺序还有时间间隔等等诸多方面。在对这些参数展开设计的时候,务必要结合岩体的具体性质、隧道的实际断面情况、现场的施工条件以及周边的环境状况等多方面的因素来综合加以确定。在现代的施工过程当中,往往会借助数值模拟的方式、有限元分析的相关手段以及振动控制模拟的技术,以此来对爆破的范围、破碎呈现出的形态还有振动的幅度等方面做出预测,进而达成对相关参数的优化目的。当对参数予以科学合理的优化之后,能够切实提升施工的效率,同时还能降低施工的成本,并且可以有效减少出现二次破碎以及坍塌这类风险的可能性,进而充分保障隧洞断面的完整性得以维持。尤其是在面对那种地质条件相对复杂的状况之下,参数设计以及相应的

优化方法便成了实现施工安全、施工高效以及施工精准等一系列目标的关键基石所在,这也充分彰显出了现代钻孔爆破技术在实际工程应用当中所具备的重要价值。

3.4 安全管理与风险控制措施

安全管理以及风险控制在钻孔爆破施工当中属于极为关键的部分,施工单位应当构建起较为完善的安全生产体系,这里面涵盖了培训事宜、方案审查工作、现场监控环节以及应急预案的制定等方面。在施工正式开展的过程中,针对爆破振动、冲击波、岩体出现坍塌状况以及有害气体等一系列的风险情况要实施实时的监测举措,并且要设置专门的隔离带以及报警装置,对于装药和起爆的操作务必要严格把控,同时要依据施工监测所获取的数据来及时地去调整相关参数。风险控制方面除了上述内容之外,还应当对支护结构、隧洞的稳定性还有环境方面的诸多因素展开持续不断的监测,借助预警机制以及科学严谨的分析手段来尽力降低事故发生的几率^[1]。周全的安全管理以及风险控制方面的措施一方面能够切实保障施工人员的生命安全,另一方面也能够保证隧洞结构维持稳定的状态并且使施工得以顺利推进,这无疑是在现代钻孔爆破施工当中不可或缺的一项技术层面的要求,同时也是在管理层面所必不可少的规范准则。

4 钻孔爆破技术效果评估

4.1 工程施工效率与经济性评估

隧洞钻孔爆破施工在工程效率以及经济性方面的评估情况,这可算是技术应用价值的关键指标所在。通过对施工周期、施工进度、人工投入、机械使用效率还有材料消耗等方面展开分析,便能够较为完整地反映出技术所作出的贡献。在经过对钻孔布局予以优化、对分段装药加以改进以及实施智能化控制等一系列操作之后,施工效率有了明显的提升,单位隧道断面开挖所需的时间也相应缩短了,施工机械以及人力资源的利用率也都得到了提高^[2]。借助于减少出现过度破碎的情况、降低二次清理作业的量以及合理地控制装药量等举措,施工成本得以大幅度地降低。施工效率与经济性的评估一方面能够体现出技术所具备的优势,另一方面还能够为后续隧洞工程的施工方案给予数据层面的支持,进而让工程决策变得更加科学,管理也更为合理,这也充分彰显出了钻孔爆破技术在隧洞建设当中所具有的高效性以及经济性价值。

4.2 爆破质量与隧洞稳定性分析

爆破质量以及隧洞稳定性,二者属于评价钻孔爆破

施工技术的关键方面。其中,爆破质量会体现在岩体破碎的均匀性、断面的平整程度以及与支护的适应性上;而隧洞稳定性则涉及到岩体破碎的具体程度、支护结构所承受的力以及长期的安全状况^[3]。通过科学地去设计钻孔的布置情况、对装药量加以优化、实施分段分区的爆破方式以及开展实时的监测工作,如此便能够较为显著地提升爆破质量,同时也能有效减少出现二次破碎以及坍塌的风险。借助对爆破之后岩体应力展开的分析以及针对稳定性所做的评估,可以及时察觉到潜在的破坏点,进而采取加固或者支护的相关措施,以此来保障隧洞结构的安全无虞。优质的爆破效果,不但能够提升施工的效率,而且还能让断面的整齐度得以提高,从而为隧洞的长期运营奠定下较为可靠的根基,这也充分体现了钻孔爆破技术在施工精度以及安全性层面所具备的优势。

5 结语

隧洞钻孔爆破技术属于现代地下工程施工的关键手段,经由长时间的发展以及技术方面的创新,其在施工效率、施工质量以及安全管理等方面均达成了整体性的提升。借助对钻孔设备加以改进、对爆破药剂予以优化、运用智能化控制以及应用安全环保技术等举措,钻孔爆破技术于复杂的地质条件之下,彰显出了自身的优越性与可控性,并且在提升施工效率、降低相关成本、保障隧洞的稳定性以及环境的安全性等诸多方面,都发挥着极为关键的作用。综合施工参数的优化情况以及地质条件的分析状况来看,现代钻孔爆破技术是能够科学地预测爆破效果的,进而能够确保断面的完整性以及岩体的稳定性。在未来,伴随着智能化、数字化以及绿色施工技术不断地向前发展,隧洞钻孔爆破施工会持续朝着高精度、高效率以及低环境影响这样的方向去推进,从而为隧洞工程的建设给予安全、高效并且绿色的技术方面的有力支撑。

【参考文献】

- [1]张国庆.水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术分析[J].建材发展导向,2022,20(16):157-159.
- [2]李智勇.钻孔爆破技术在水利水电工程隧洞施工中的应用[J].工程机械与维修,2022(3):60-62.
- [3]李发扬.隧洞铣挖机开挖与钻孔爆破开挖技术经济比较[J].四川水利,2020,41(3):107-108.

作者简介:杨志金(1993.7—),男,毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:中国安能集团第一工程局有限公司天津分公司。