

数码电子雷管与聚能管装置在水工隧洞软弱围岩光面爆破中的联合应用

马林文

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：数码电子雷管与聚能管装置在水工隧洞软弱围岩光面爆破中的联合应用，可显著提高爆破效果与安全性。数码电子雷管能够准确实现延期发火时间，控制精度高，大幅降低爆破振速，保护围岩结构。聚能管装置则通过高温高压射流及水袋的“水楔”效应，促使岩石裂缝延伸，同时降尘改善作业环境。两者联合应用，实现了精准控制爆破，减少了地质灾害发生的几率，保障了施工安全，为水工隧洞软弱围岩的光面爆破提供了一种新的高效、安全的技术方案。

关键词：数码电子雷管；聚能管装置；水工隧洞软弱围岩光面爆破；联合应用

引言：水工隧洞施工中，软弱围岩的光面爆破技术一直是工程难点。为提升爆破效果与施工安全，本研究探讨了数码电子雷管与聚能管装置的联合应用。数码电子雷管以其高精度控制和安全性能著称，而聚能管装置则能显著提高爆破能量利用率。两者的结合，旨在优化爆破参数，减少围岩损伤，确保施工安全。本研究通过理论分析与实践验证，旨在为水工隧洞软弱围岩的光面爆破提供一种更为高效、安全的技术途径。

1 数码电子雷管与聚能管装置概述

1.1 数码电子雷管

（1）定义与工作原理：数码电子雷管，又称电子雷管，是一种采用电子控制模块和专用起爆设备对起爆过程进行精确控制的电雷管。其工作原理是将数字信号转换成雷管控制信号，实现对雷管引爆时间的精确控制。数码电子雷管由数字芯片、通信接口、放电装置等部分组成，数字芯片是核心，通过内部的电容器、电感和晶体管等元件，实现对雷管引爆时间的毫秒级控制。（2）技术特点：数码电子雷管具有高精度控制和延期时间可灵活设定的技术特点。通过数字信号处理技术，可以实现对雷管引爆时间的精确控制，提高爆破效果和成本效益。同时，数码电子雷管还具有可编程性，可以根据不同的爆破需求，灵活地调整爆破参数^[1]。（3）应用优势：数码电子雷管的应用优势主要体现在降低爆破振速和提高安全性上。其高精度控制可以减少过度爆破带来的振动和破坏，保护周边环境的稳定。同时，数码电子雷管采用数字信号处理技术，不易受外界干扰，具有高度的稳定性和可靠性，提高了爆破作业的安全性。

1.2 聚能管装置

（1）定义与类型：聚能管是一种能够吸收、存储和释放能量的装置，通过特殊结构和材料实现能量的高效转换和利用。在矿山爆破中，聚能管通常用于提高爆破效果，分为直管式、螺旋式、分段式和复合式等多种类型。（2）工作机制：聚能管的工作机制主要依赖于其聚能效应和能量集中能力。通过优化管道结构和使用高性能材料，聚能管能够将外部输入的能量转化为管道内部可以存储的形式，并在需要时释放这些能量，实现爆破效果的最大化。（3）应用范围与效果：聚能管装置在矿山爆破、建筑拆除等领域有着广泛的应用。其能够显著提高爆破效果，减少能源消耗和排放，同时降低对周边环境的破坏。

2 水工隧洞软弱围岩光面爆破技术原理

2.1 光面爆破的定义与原理

光面爆破是一种控制爆破技术，通过在开挖工程周边部位实施正确的钻孔和爆破，使爆破后的轮廓线符合设计要求，临空面平整规则。在水工隧洞软弱围岩中，光面爆破技术的应用尤为关键，旨在保护围岩的完整性，减少超挖和欠挖，提高施工质量和效率。

2.1.1 爆破参数的确定

（1）孔距：孔距是指相邻炮孔之间的距离。在软弱围岩中，孔距的选择需考虑岩石的强度和完整性。较小的孔距可以减少每个炮孔的装药量，降低爆破对围岩的冲击，同时保证爆破后的岩面平整度。（2）孔向：孔向是指炮孔的方向，通常与开挖轮廓线一致。确保炮孔方向准确，可以减少爆破时的侧向力，避免围岩的过度破坏。（3）孔深：孔深的选择需根据开挖深度和岩石性质综合考虑。在软弱围岩中，适当减小孔深，可以减小爆

破时的冲击力和振动,有利于保持围岩的稳定性。

2.1.2 装药参数的选择

(1) 单孔装药量:单孔装药量是指每个炮孔内的炸药量。在软弱围岩中,为减小爆破对围岩的冲击,单孔装药量应适当减小。(2) 总装药量:总装药量是指整个爆破区域内所有炮孔的总炸药量。在软弱围岩中,总装药量应控制在合理范围内,避免过度爆破造成围岩的破坏。(3) 延期时间:延期时间是指各炮孔之间的起爆时间间隔。在光面爆破中,合理的延期时间可以确保周边炮孔在主体爆破后起爆,形成平整的开挖面。

2.2 软弱围岩的特性与爆破要求

(1) 软弱围岩的力学性质。软弱围岩通常具有较低的抗压强度和抗拉强度,易于变形和破坏。其力学性质表现为方向性不明显,剪应力和压应力主要通过结构面传递。在爆破过程中,软弱围岩易于产生裂纹和破碎。

(2) 爆破对软弱围岩的影响分析。爆破对软弱围岩的影响主要体现在两个方面:一是使岩石的力学性能劣化,降低强度和弹性模量;二是在围岩内产生裂纹或使原有裂纹扩展,影响岩体的完整性。这些影响将降低岩体基本质量指标,从而影响围岩的稳定性。(3) 光面爆破在软弱围岩中的应用挑战。在软弱围岩中应用光面爆破技术面临诸多挑战。首先,软弱围岩易于变形和破坏,对爆破参数的选择和控制在提出了更高要求。其次,软弱围岩中的节理和裂隙发育,增加了爆破控制的难度。此外,软弱围岩的含水量和地应力状态也会影响爆破效果。因此,在软弱围岩中实施光面爆破时,需综合考虑地质条件、岩石特性和爆破参数等因素,制定合理的爆破方案。

3 数码电子雷管与聚能管装置在水工隧洞软弱围岩光面爆破中的联合应用方案

3.1 联合应用的设计思路

水工隧洞施工中,软弱围岩的光面爆破技术一直是工程界关注的重点。为提高爆破效果,减少围岩损伤,确保施工安全,本方案将数码电子雷管与聚能管装置相结合,旨在充分发挥二者的技术优势,形成高效、精准、安全的爆破方法。

3.1.1 结合数码电子雷管与聚能管装置的技术优势

数码电子雷管作为新一代起爆器材,具有高精度延期控制、高安全性、可编程性强等显著特点。其延期时间可精确至毫秒级,能够满足复杂爆破作业对起爆顺序和时间间隔的严格要求。同时,数码电子雷管具备防水、耐压、抗冲击等性能,确保在恶劣环境下仍能正常工作。此外,通过编码技术和密钥管理,可有效防止非

法使用和误操作,提高爆破作业的安全性和可控性。聚能管装置则利用聚能效应,通过特殊设计的药型结构,将炸药能量集中于某一特定方向,形成高压、高速的射流,实现对岩石的高效切割。这一技术能够显著降低炸药消耗量,减少对围岩的破坏,提高光面爆破的质量^[2]。

3.1.2 提出针对性的联合应用方案

针对水工隧洞软弱围岩的特点,我们提出以下联合应用方案:(1) 炮孔布置与聚能管安装。根据隧洞断面尺寸、围岩性质和爆破要求,合理布置炮孔位置和角度。在每个炮孔内安装聚能管装置,并确保聚能槽的方向与预期切割面一致。(2) 装药设计与药量控制。根据聚能管装置的聚能效应和岩石力学特性,优化装药结构和药量分配。通过精确计算,确定每个炮孔的装药量,确保炸药能量在聚能管装置的作用下得到充分利用。(3) 延期时间设置与起爆控制。利用数码电子雷管的高精度延期控制功能,根据炮孔间距、岩石强度等参数,精确设计各炮孔的延期时间。通过远程起爆控制系统,实现各炮孔按顺序起爆,形成平整、连续的爆破面。(4) 安全监控与防护措施。在爆破作业前,对爆破区域进行安全检查,设置安全警戒线,确保人员和设备撤离至安全区域。同时,利用数码电子雷管的远程监控功能,实时监测爆破作业状态,及时发现并处理异常情况。

3.2 爆破参数优化

(1) 根据数码电子雷管的延期性能,精确设计延期时间。在水工隧洞软弱围岩光面爆破中,延期时间的精确设计至关重要。利用数码电子雷管的高精度延期控制功能,我们可以根据炮孔间距、岩石波速等参数,精确计算各炮孔的延期时间。通过合理设置延期时间,可以确保各炮孔按照预定顺序起爆,形成平整、连续的爆破面,同时降低爆破震动对围岩的影响。(2) 利用聚能管装置的聚能效应,优化装药结构。聚能管装置的聚能效应能够实现对岩石的高效切割,减少炸药消耗量和围岩破坏。为了充分利用这一优势,我们需要优化装药结构。通过调整装药量和装药形状,使炸药能量在聚能管装置的作用下得到充分利用,形成高压、高速的射流。同时,通过精确计算装药量,可以控制爆破范围和破坏程度,确保爆破作业的安全性和可控性。

3.3 安全性与可靠性分析

(1) 数码电子雷管的安全性。数码电子雷管在安全性方面具有显著优势。其防水、耐压、抗冲击等性能确保了在恶劣环境下的正常工作。同时,通过编码技术和密钥管理,有效防止了非法使用和误操作。此外,数码电子雷管还具备自检测功能,能够在起爆前对电路进行

自检,确保起爆系统的可靠性。这些特点使得数码电子雷管在水工隧洞软弱围岩光面爆破中具有极高的安全性和可靠性。(2)聚能管装置在软弱围岩中的稳定性。聚能管装置在软弱围岩中的稳定性是影响爆破效果的关键因素之一。为了确保其稳定性,我们需要采取以下措施:首先,在炮孔布置时,应合理选择炮孔位置和角度,避免将炮孔布置在软弱夹层或破碎带等不稳定区域;其次,在装药时,应确保炸药与聚能管装置紧密贴合,避免产生空隙影响聚能效应;最后,在爆破过程中,应加强对围岩变形和爆破震动的监测,及时发现并处理异常情况,确保聚能管装置在软弱围岩中的稳定性^[3]。

4 现场应用与效果分析

4.1 工程实例介绍

(1)工程概况与地质条件。本工程实例选取某中型引水隧洞建设项目,该项目位于山区,地形复杂,地质条件以软弱围岩为主,夹杂有少量的断层和节理。隧洞全长11.5km,设计断面为城门洞型,开挖断面为6.2×6.6m。由于地质条件复杂,施工难度大,特别是软弱围岩的光面爆破施工,成为整个工程的难点和重点。

(2)爆破设计与实施方案。针对该工程的地质条件和施工要求,我们采用了数码电子雷管与聚能管装置联合应用的爆破方案。首先,根据隧洞断面尺寸和围岩性质,合理布置了炮孔位置和角度,确保聚能管装置的聚能槽方向与预期切割面一致。然后,根据岩石力学特性和聚能管装置的聚能效应,优化了装药结构和药量分配,确保了炸药能量在聚能管装置的作用下得到充分利用。最后,利用数码电子雷管的高精度延期控制功能,精确设计了各炮孔的延期时间,实现了各炮孔按顺序起爆,形成了平整、连续的爆破面。

4.2 爆破效果监测与分析

(1)爆破振动监测。为了确保爆破作业的安全性和对周边环境的保护,我们进行了爆破振动监测。通过布置振动传感器,实时监测了爆破过程中的振动速度和振动峰值。监测结果表明,爆破振动速度控制在安全范围内,对周边建筑物的影响较小,达到了预期的爆破减震效果。(2)爆破效果评估。爆破完成后,我们对爆破效果进行了全面评估。岩面平整度方面,通过测量爆破面的不平整度,发现其控制在设计要求的范围内,达到

了良好的光面爆破效果。炮孔痕迹保存率方面,通过观察炮孔痕迹的保存情况,发现大部分炮孔痕迹清晰、完整,表明炸药能量得到了充分利用,实现了对岩石的高效切割。围岩稳定性方面,通过监测爆破后围岩的变形情况,发现其变形量较小,保持在安全范围内,确保了隧洞的稳定性和施工安全。

4.3 经济效益与社会效益分析

(1)施工进度的加快。采用数码电子雷管与聚能管装置联合应用的爆破方案,显著提高了施工效率,加快了施工进度。由于爆破效果好,减少了重复爆破和清理工作,节省了施工时间,降低了施工成本。(2)超欠挖量的减少。通过精确控制爆破参数和优化装药结构,有效降低了超欠挖量。这不仅减少了炸药和人工的浪费,还提高了隧洞断面的成型质量,为后续的衬砌施工提供了良好的条件。(3)地质灾害风险的降低。在软弱围岩中进行光面爆破施工,地质灾害风险较高。采用本方案后,由于爆破振动得到了有效控制,对围岩的扰动较小,降低了地质灾害的发生概率。(4)对周边环境的保护。本方案注重环境保护,通过精确控制爆破参数和监测爆破振动,减小了对周边环境的干扰和破坏。同时,采用数码电子雷管和聚能管装置联合应用的方式,降低了炸药消耗量,减少了环境污染。

结束语

综上所述,数码电子雷管与聚能管装置的联合应用,在水工隧洞软弱围岩光面爆破中展现出显著优势。不仅提高了爆破效果,降低了对围岩的破坏,还有效控制了爆破振动,保障了施工安全。这一创新技术方案,不仅优化了施工效率,还促进了绿色施工,降低了环境污染。未来,随着技术的不断进步,数码电子雷管与聚能管装置的联合应用前景将更加广阔,为水工隧洞等复杂地质条件下的爆破施工提供更强有力的技术支撑。

参考文献

- [1]李龙福,汪禹,江东平等.基于数码电子雷管起爆特性的预裂爆破技术试验研究[J].金属矿山2023,(10):109-110.
- [2]郭东明,朱若凡,张伟,蓝樊革.聚能管爆破参数对周边爆破效果的影响[J].爆破,2023,(10):87-88.
- [3]徐伟杰,蒋楠,赵珂等.引水隧洞光面爆破周边孔炸药匹配性试验研究[J].工程爆破,2023,(14):129-130.