

新型水压爆破技术研究及应用

郭建光 冯 辉

中电建铁路建设投资集团有限公司 北京 100070

摘 要：本文全面介绍了水压爆破在工程领域应用的基本原理、关键技术要点及广泛应用情况。通过分析其相较于传统爆破方式的优势，阐述了水压爆破在提升爆破效率、减少环境污染以及保障施工安全等方面所发挥的重要作用。此外，结合实际案例，探讨了该技术在隧道建设等项目中的具体实践与效果，为进一步推广和应用水压爆破技术提供了理论依据和实践经验参考。

关键词：水压爆破；爆破原理；施工应用；优势分析

引言

爆破技术在矿山开采、隧道工程等众多领域有着广泛应用，相较于传统的炸药爆破，水压爆破作为一种高效、环保且相对安全的爆破技术，近年来在工程建设领域受到了越来越多的关注和重视。通过在炮孔内合理设置水介质，改变了爆破能量的传播和作用方式，有效提升了爆破效果，降低了对环境的负面影响，对于推动新时代工程施工技术的发展具有非常重要意义。

一、水压爆破的基本原理

（一）水的传压特性

水压爆破是在传统爆破技术基础上发展而来的，它是在炮孔内装入适量的水和炸药，利用水的不可压缩性和能量传递效率高的特性，以水作为传压介质来传播爆炸压力使炸药爆炸产生的能量更有效地作用于周围介质，实现岩石的破碎。由于水的密度远大于空气，其传递压力的能力更强，能够在较远的距离上有效地将爆炸能量传递给目标物体。

（二）爆炸能量的分布与作用

在水压爆破中，炸药包置于水中特定位置，炸药爆

炸瞬间产生高温高压气体，这些气体首先作用于水介质。对周围的水体形成强烈的压缩作用。这种压缩效应使得水获得极高的压力，进而将挤压力和冲击力均匀地传递到炮孔周围的岩石或其他介质中。与传统爆破相比，减少了能量在空气中的耗散，提高了能量利用率。同时，水介质在爆炸作用下还会形成高速射流和冲击波，进一步增强了对介质的破碎作用。

二、水压爆破的关键技术

1. 药包的位置应根据爆破对象的结构、形状、材质以及周边环境等因素精确计算确定。

2. 药包的沉放深度直接影响爆破效果。过浅可能导致表面破碎不充分，而过深则可能使过多的能量消耗在水体深处，无法有效作用于目标。一般根据爆破对象的尺寸、厚度以及水的深度等参数，通过理论计算和试验确定合适的药包深度。

3. 采用电雷管起爆时，需精确计算起爆电阻，确保每个雷管都能同时且准确地被引爆。起爆电源的功率应足够大，以满足所有雷管同时起爆的能量需求。同时，要设置可靠的起爆电路检测系统，防止出现拒爆或误爆等情况。采用导爆索起爆时，导爆索起爆具有较高的传爆稳定性和可靠性。在连接导爆索与药包时，要确保连接牢固可靠，避免在传爆过程中出现脱节或中断现象。并且，导爆索的敷设路径应合理规划，避开可能出现的障碍物，保证传爆顺畅。

4. 在水压爆破区域周围设置气泡帷幕，通过向水体中注入压缩空气或其他气体，形成一个环绕爆破区域的气泡层。当爆炸发生时，气泡帷幕可以吸收和反射部分爆炸能量，减少对周边非目标区域的冲击和破坏。

作者简介：

郭建光（1975-），男，汉族，山西寿阳人，硕士，正高级工程师，主要从事城市轨道交通、市政工程技术及管理工作。

冯辉（1971-），男，汉族，吉林舒兰人，本科，正高级工程师，主要从事城市轨道交通、市政工程技术及管理工作。

5.在爆破作业前,必须在爆破影响范围内设立警戒区域,疏散无关人员和设备。同时,布置专业的监测仪器,如压力传感器、振动监测仪等,实时监测爆破过程中的压力变化、振动强度等参数,以便及时发现异常情况并采取相应措施。

三、水压爆破的优势

(一) 高效破碎

新型水压爆破技术能够使炸药能量更集中地作用于目标介质,在较少的炸药用量下达到更好的破碎粒度,提高了破碎效率,缩短了施工周期,在隧道掘进中能使开挖轮廓更规整,减少超欠挖现象。

(二) 降低环境污染

水介质在爆破过程中产生爆炸气体,膨胀作用有利于岩石进一步破碎,水能够捕捉和吸附爆炸产生的粉尘颗粒,有效降低空气中的粉尘浓度。同时,水压爆破可以有效控制爆破产生的震动、飞石、冲击波和有毒气体的强度和数量,改善了作业环境,保护了施工人员的健康。

1.水压爆破过程中,由于水的缓冲作用,爆炸产生的噪音相对较低。在城市施工或对噪音敏感的区域进行拆除作业时,水压爆破可有效降低噪音污染对周边居民和环境的影响,满足环保要求。

2.与传统的露天爆破不同,水压爆破不会产生大量的粉尘飞扬现象。这不仅有利于保护施工现场周围的空气质量,减少对操作人员呼吸系统的危害,还避免了粉尘对周边植被和建筑物的污染与侵蚀。

3.改善破碎质量能使破碎块度更加均匀,减少超挖和欠挖现象,有助于提高隧道的施工质量和稳定性。

(三) 安全可靠

通过精确的药包布置和起爆网路设计,水压爆破可以实现对爆破过程的较为精准控制。能够在一定程度上预测和控制爆破的方向、范围以及破碎程度,降低了因爆破失控而导致的安全事故发生概率。

在合理的设计和操作下,水压爆破中单个药包的爆炸不易引发其他药包的殉爆现象。即使在部分药包出现意外爆炸的情况下,也能够通过有效的隔离措施和安全防护设计,阻止爆炸连锁反应的发生,保障整个爆破作业的安全进行。

水压爆破施工技术与常规爆破相比,充分体现了“三提高一保护”的优点,即“提高炸药能量利用率,提高施工效率,提高经济效益和保护作业环境”。隧道掘进节能环保水压爆破是采用专业设备制作的水袋往炮孔

中注水,在水中传播的冲击波对水不可压缩,爆炸能量无损失经过水传递到炮眼围岩中,这种无能量损失的应力波十分有利于岩石破碎。由于水的物理力学性能同空气不一样,与空气不耦合装药相比,钻孔水耦合装药爆破具有以下特点:基于水的不可压缩性和较高的密度、较大的流动粘度,水中爆轰产物的膨胀速度要慢,在耦合水中激起爆炸冲击波的作用强度高和作用时间长;在炮孔周围岩石中产生的爆炸应力波强度高,衰减慢,作用时间较长,即有较高的爆炸压力峰值。因此,对岩石造成的破坏作用强;因为水的不可压缩性和较高的能量传递效率,同时相当于炮泥,水又具有一定的堵塞作用,因此,传递给岩石的爆破能量分布更加均匀、利用率高;在爆破破碎质量上,它能使破碎块度更加均匀;在爆破安全方面,它能够有效地控制爆破震动、爆破飞石、空气冲击波和爆生有毒气体的强度和数量、降低爆破粉尘;与耦合装药相比,水耦合装药又能够降低孔壁岩面上的初始冲击压力,利于提高光面爆破的成型质量。

水压爆破在推广过程中,进行了水封长度、装药量和堵塞方式关键参数研究:

(1)水封长度是影响新型水压爆破效果的重要参数之一。合适的水封长度能够保证爆炸能量在水介质中的有效传递和利用。在实际工程中,要综合考虑岩石性质、炸药类型、炮孔直径、爆破效果要求等因素,通过理论计算、经验公式以及现场试验等方法来综合确定炸药水封长度,以达到最佳的爆破效果和安全性能。

(2)装药量的确定需要综合考虑岩石的硬度、结构、爆破目标等因素。在新型水压爆破中,由于水介质的作用,装药量可适当减少。通过建立装药量计算模型,并结合现场试验进行优化调整,能够确定合理的装药量,以达到最佳的爆破效果。

(3)合理的堵塞方式能够防止爆炸气体过早逸出,提高爆炸能量的利用率。在新型水压爆破中,常采用水袋和炮泥联合堵塞的方式。水袋可以进一步增强水介质的作用,炮泥则起到密封和阻挡的作用。先在炮眼底部1节水袋,装完药后在炮眼口先装入水袋,再用炮泥回填堵塞。

四、工程应用实例

西安至成都铁路西安至江油段(陕西境内)站前工程中,隧道斜切及明洞段开挖时,土质基坑采用挖掘机纵向分段自上而下分层施工;石质基坑采用凿岩机钻孔,小药量松动爆破,非电毫秒雷管起爆;挖掘机装碴,自

卸车运弃。人工整修边仰坡。临时边仰坡采用锚喷防护，永久边仰坡采用骨架护坡防护。Ⅲ级围岩采用台阶法开挖，上台阶由人工或简易凿岩台架车实施钻孔，周边采用光面爆破减少对围岩的震动以及控制成形。挖掘机扒碴到下断面，下台阶凿岩台架钻孔，下断面出碴利用装载机或挖掘机装碴，自卸汽车运碴至指定的弃碴场地。爆破作业中炮眼底用水袋及水袋与炮泥复合回填堵塞。先在炮眼底部1节水袋，装完药后在炮眼口先装入水袋，再用炮泥回填堵塞。实际每循环炮眼利用率达到97%，80cm以上的大石块降低了92%，爆堆距离缩短了20%。

结论

水压爆破技术以其独特的原理和显著的优势在工程领域展现出了广阔的应用前景。通过深入理解其基本原理、掌握关键技术要点并结合实际工程案例进行合理应用，可以充分发挥水压爆破在提高爆破效率、降低环境污染和保障施工安全等方面的优势。在未来的工程建设中，随着技术的不断完善和发展，水压爆破有望在更

多的领域得到推广和应用，为现代工程建设提供更加高效、安全、环保的解决方案。然而，也应注意到水压爆破技术的应用仍面临一些挑战，如在不同工程条件下的技术参数优化、对复杂地质条件的适应性等方面还需要进一步的研究和探索，以推动水压爆破技术的持续发展和完善。

参考文献

- [1]付宏伟.水压爆破应力波传播及破煤岩机制理论研究.硕士电子期刊,2016年第07期
- [2]ZHANG Xinyu, LIU Jianhui Research on the Application of Water Pressure Blasting Technology in Tunnel Construction—Taking Gaoshangang Tunnel as an Example Advanced Materials Research 2024年第22期
- [3]明锋,祝文化,李东庆.水耦合装药爆破在隧道掘进中的应用[J].地下空间与工程学报,2012(05)
- [4]宗琦,田立,汪海波.水介质不耦合装药爆破岩石破坏范围的研究和应用[J].爆破,2012(02)