

水利水电工程土石方爆破施工技术研究

王宗燕

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：本文针对水利水电工程土石方爆破施工技术进行了系统研究，详细介绍了浅孔爆破、深孔爆破、洞室爆破、预裂爆破和光面爆破等五种主要爆破方法及其在水利水电工程中的应用。文章还阐述了水利水电工程土石方爆破施工的工艺流程，包括施工准备、钻孔爆破和爆后检查处理三个阶段的关键步骤和技术要点。通过案例分析，本文旨在为水利水电工程土石方爆破施工提供理论指导和实践参考。

关键词：水利水电工程；土石方爆破；施工技术；质量控制；安全管理

水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其土石方开挖工作一直是工程施工的难点和重点。爆破施工作为一种高效的土石方开挖手段，在水利水电工程中得到了广泛应用。然而，爆破施工涉及诸多技术和安全管理问题，如何选择合适的爆破方法、制定合理的爆破设计方案、确保爆破施工的安全与效率，是摆在工程技术人员面前的重要课题。本文通过对水利水电工程土石方爆破施工技术研究，旨在为相关领域的专业人士提供有益的参考和借鉴。

一、水利水电工程土石方爆破施工技术方案

（一）浅孔爆破技术

浅孔爆破是水利水电工程土石方开挖中常用的一种爆破方法，适用于岩石表面或浅层的爆破作业。炮孔布置：一般采用梅花形或矩形布置方式。例如，在某渠道边坡修整工程中，采用梅花形布孔，孔距根据岩石硬度和设计要求确定为1-1.5米，排距为0.8-1.2米。这种布置方式能够使岩石均匀破碎，减少大块率。装药结构：常用连续装药或间隔装药结构。对于较完整的岩石，可采用连续装药；而对于有裂缝或较破碎的岩石，则宜采用间隔装药。如在基岩强风化层的爆破中，使用间隔装药结构可以更好地控制爆破方向和破碎效果。起爆网络：通常采用非电导爆管起爆网络或电子雷管起爆网络。非电导爆管起爆网络具有抗杂散电流干扰能力强的优点，而电子雷管起爆网络则可以实现精确延时起爆。在某小型水利工程的基础开挖中，采用非电导爆管起爆网络，通过合理的孔外延期设置，实现了群药包的有序起爆，达到了良好的爆破效果。

（二）深孔爆破技术

深孔爆破主要用于大规模的岩石开挖，如大坝基岩开挖、大型隧洞掘进等。钻孔设备与参数：一般选用大型潜孔钻机进行钻孔，钻孔直径通常在75-150毫米之间，孔深可达数十米甚至上百米。例如，在某大型地下厂房建设中，使用孔径为100毫米的潜孔钻机钻孔，孔深平均为30米左右，以满足地下厂房的开挖尺寸要求。装药与堵塞：装药结构多为连续装药或分段装药，堵塞材料常用粘土、砂子等混合物。在装药过程中，要严格控制装药量和装药高度，确保堵塞质量。如在某引水隧洞爆破施工中，按照设计单耗计算出每孔装药量后，采用分层装药的方式将炸药装入炮孔，然后用准备好的砂子与粘土按3:1的比例混合制成的堵塞物进行堵塞，堵塞长度不少于20倍炮孔直径。起爆顺序与延时：采用微差爆破技术，合理安排起爆顺序和延时时间。通过微差爆破，可以使岩石破碎更加均匀，降低爆破地震效应。例如，在某大坝混凝土浇筑前的基岩开挖中，采用毫秒级微差爆破，第一段炮孔先起爆，间隔一定时间后第二段炮孔起爆，依此类推，有效地减少了爆破对大坝混凝土结构的振动影响。

（三）洞室爆破技术

洞室爆破主要用于大型地下洞室或露天矿的开采等工程。药包布置形式：主要有集中药包和条形药包两种。集中药包适用于岩石较均质、完整性较好的情况；条形药包则用于需要控制爆破方向和范围的场合。例如，在某大型露天矿的剥离工程中，采用集中药包布置在矿体的底部中心位置，以达到最佳的抛掷效果；而在城市地铁隧洞的扩建工程中，则采用条形药包沿着隧洞周边布

置,以控制爆破对周围地层的扰动。药包最小抵抗线计算:根据工程要求和岩石性质确定最小抵抗线长度。一般来说,最小抵抗线过小会导致爆破效果不佳,过大则会浪费炸药并增加飞石危险。如在某地下停车场扩建工程的洞室爆破中,经过详细的地质勘察和理论计算,确定最小抵抗线为1.5米左右,保证了爆破的安全与效果。起爆方式:可采用电力起爆或导爆索起爆等方式。电力起爆具有操作简便、可靠性高的优点;导爆索起爆则可以实现多个药包的同时起爆。在某矿山开采的洞室爆破中,采用电力起爆系统,通过精确的电路连接和起爆时间设定,实现了多个集中药包和条形药包的有序起爆,提高了矿石开采效率。

(四) 预裂爆破技术

预裂爆破是一种在岩石开挖前,先在设计边界处形成一条裂缝的爆破方法。这种方法可以有效减少爆破对保留岩体的振动和破坏。在某大型水电站的边坡开挖中,采用预裂爆破技术,在边坡设计边界处布置一排预裂炮孔,孔距为0.5米,孔深根据边坡高度确定。通过提前起爆这些预裂炮孔,形成了一条连续的裂缝,将开挖区域与保留岩体隔离开来。后续进行主体爆破时,裂缝有效地阻挡了爆破能量向保留岩体的传播,大大减少了边坡岩体的振动和损伤。同时,预裂爆破还可以减少超挖和欠挖的情况,提高施工精度和边坡的稳定性。这种技术要求精确的炮孔布置和合理的装药结构,以确保预裂缝的连续性和有效性。在施工过程中,需要对地质条件进行详细的勘察和分析,根据实际情况调整炮孔参数和装药量,以达到最佳的预裂效果。

(五) 光面爆破技术

光面爆破技术在水利工程中同样有着重要的应用。例如,在某大型水库的大坝建设过程中,为了确保大坝基础岩石开挖的质量和稳定性,采用了光面爆破技术。在大坝基础周边布置密集的炮孔,孔距控制在0.3-0.5米之间,装药量相对适中且经过精确计算。这样的布置方式使得周边岩石在爆破后能够均匀破碎,形成一个平整的光面。光面爆破不仅有助于提高大坝基础的成型质量,减少后期处理的工作量,还能有效降低对周围岩体的扰动,有利于维护岩体的稳定,保障大坝的安全。为了实现理想的光面爆破效果,施工团队需要严格控制炮孔的角度和深度,合理确定装药量和起爆顺序。同时,选用合适的起爆器材和网络连接方式,确保各个炮孔能够按照设计要求依次起爆,从而达到预期的光面效果。

二、水利水电工程土石方爆破施工工艺流程

(一) 施工准备阶段

工程地质勘察:详细了解工程区域的地质条件,包括岩石类型、地质构造、岩体强风化层厚度等。例如,在某水利枢纽工程前期,通过地质勘探钻孔、物探等手段,查明了坝址区岩石为花岗岩,强风化层厚约2米,岩体强风化层透水率较大等信息,为后续爆破设计和施工提供了重要依据。爆破设计方案制定:根据工程要求和地质勘察资料,选择合适的爆破方法、确定爆破参数(如炮孔间距、排距、装药量等)以及起爆网络设计等。在某引水隧洞工程中,综合考虑围岩类别、隧洞断面尺寸等因素,制定了详细的深孔爆破设计方案,确定了不同围岩级别下的炮孔参数和装药结构。爆破器材准备与检验:采购合格的炸药、雷管、导爆管等爆破器材,并对其进行严格的质量检验。例如,在一批爆破器材进场后,按照规定抽样比例对雷管的电阻值、炸药的爆速等性能指标进行检测,确保器材质量符合国家标准和工程要求。施工人员培训与交底:对参与爆破施工的人员进行专业培训,使其熟悉爆破器材的性能、使用方法以及施工流程和安全注意事项等。在每次爆破作业前,由技术人员向施工人员进行详细的技术交底,明确各自的职责和任务。

(二) 钻孔爆破阶段

测量放线:按照爆破设计方案,在施工现场进行测量放线,确定炮孔的位置和深度。例如,在某渠道衬砌工程中,使用全站仪等测量仪器精确放出炮孔的中心位置和孔口标高,并在地面上做好标记,为钻孔作业提供准确的位置基准。钻孔作业:采用合适的钻孔设备进行钻孔,钻孔过程中要严格控制钻孔的倾斜度、深度和孔径等参数。如在某大坝基础岩石钻孔过程中,操作人员密切关注钻机的钻进情况,及时调整钻进角度和深度,确保炮孔符合设计要求。炮孔清理与验收:钻孔完成后,及时清理炮孔内的岩粉和杂物,并对炮孔进行验收。验收内容包括炮孔的深度、孔径、间距、排距等是否符合设计要求。例如,在某地下厂房爆破施工中,使用压缩空气喷枪清理炮孔后,技术人员用专用量具对炮孔的各项参数进行测量验收,不合格的炮孔及时进行补孔或修正。装药与堵塞:按照设计装药结构和装药量进行装药,装药后进行堵塞作业。在某矿山开采的爆破施工中,装药工人严格按照规定的装药顺序和方法将炸药装入炮孔,然后使用预先准备好的砂子与粘土混合物进行堵塞,堵塞过程中分层夯实,确保堵塞质量。起爆网络连接与检

查：连接起爆网络时，要确保每个炮孔的雷管或导爆管连接可靠、顺序正确。在连接完成后，使用专用的导通仪等设备对起爆网络进行全面检查。例如，在某大型爆破工程中，起爆网络连接完毕后，技术人员使用导通仪对每个雷管的电阻值进行测量，检查是否有短路或断路情况，确保起爆网络的安全性和可靠性。

（三）爆后检查与处理阶段

等待与检查：爆破完成后，按照规定的等待时间进入现场进行检查。主要检查内容包括是否有瞎炮、危石、爆破效果是否符合设计要求等。例如，在某大坝基岩开挖爆破后，等待15分钟后，爆破技术人员首先进入现场检查有无瞎炮，然后对爆堆的形状、块度等进行分析，判断是否满足后续挖运要求。瞎炮处理：如果发现瞎炮，应立即按照《爆破安全规程》的规定进行处理。一般采用二次起爆法或诱爆法处理瞎炮。如在某矿山爆破作业中发现瞎炮后，由经验丰富的爆破员在距离瞎炮孔一定距离处打平行孔装药起爆，成功处理了瞎炮，排除了安全隐患。危石清除：对爆后产生的危石进行及时清除，防止其发生坠落伤人事故。在某公路边坡爆破工程中，爆破后安排专人对边坡上的危石进行排查和清除，对于无法人工清除的大型危石，采用机械设备进行破碎和清

运。现场清理与恢复：清理爆后的碎石、杂物等，对施工现场进行平整和恢复。如在某建筑工地爆破拆除旧建筑物后，使用装载机和自卸汽车将建筑垃圾运离现场，并对场地进行平整压实，恢复到可进行下一道工序施工的状态^[3]。

结语

随着科技的不断进步和工程技术的发展，水利水电工程土石方爆破施工技术也在不断创新和完善。未来，应进一步加强对爆破新技术、新方法的研究和应用，提高爆破施工的自动化、智能化水平，同时注重环境保护和可持续发展，推动水利水电工程土石方爆破施工向更加安全、高效、环保的方向发展。

参考文献

- [1] 牟君之，胡卫中，肖明. 水利水电工程土石方施工技术初探[J]. 科技风，2024，(13)：79-81.
- [2] 钟鸣. 水利水电工程土石方爆破施工技术研究[J]. 陕西水利，2022，(09)：150-151.
- [3] 段志伟，杨寿碧，何斌. 水利水电工程土石方施工技术分析[J]. 科技创新与应用，2022，12(08)：138-140.