

水利水电工程爆破作业安全管理与风险控制

余彩虹

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 水利水电工程爆破作业安全管理与风险控制至关重要。本文围绕爆破作业安全管理基础,涵盖安全管理 体系构建、人员资质培训、爆破材料管理等方面;阐述了实施安全控制,包括钻孔、装药堵塞、起爆网路连接等环节;介绍了爆后安全处理,涉及爆后检查清理、盲炮处理等;还提出了风险控制专项措施,如爆破振动控制、飞石防护技术等。通过系统管理,可有效降低爆破作业风险,保障工程安全。

关键词: 水利水电工程;爆破作业;安全管理;风险控制;安全措施

引言:水利水电工程建设中,爆破作业是关键环节,但存在诸多安全风险,如人员伤亡、设备损坏、环境破坏等。随着工程规模扩大与技术发展,对爆破作业安全管理与风险控制提出更高要求。科学有效的管理措施和风险控制手段,不仅能保障工程顺利进行,还能保护周边人员与设施安全。因此,深入研究水利水电工程爆破作业安全管理与风险控制,具有重要的现实意义。

1 爆破作业安全管理基础

1.1 安全管理体系构建

爆破作业安全管理需以系统化思维构建完整框架,其核心在于通过制度化手段将安全目标转化为可执行的标准。安全管理目标应聚焦于人员生命安全保障、设备设施完好性维护及环境风险可控性,遵循“预防为主、过程管控、持续改进”原则。通过建立覆盖爆破全生命周期的责任制度,将安全职责细化至设计、审批、施工、监测等各环节,形成纵向到底、横向到边的责任网络^[1]。制度框架设计需涵盖爆破设计审核机制,确保方案符合地质条件与工程需求;方案审批流程应设置多级技术审查环节,防范设计缺陷引发的安全风险;作业许可制度需明确审批权限与时效,未取得许可不得擅自实施爆破。同时,需建立动态调整机制,根据工程进展与环境变化实时优化管理措施,确保体系适应性。安全管理组织架构应采用“层级管理+专业支撑”模式,设立安全总监统筹全局,技术负责人提供专业指导,现场安全员落实过程监督,形成“策划-执行-检查-改进”的闭环管理链条。

1.2 人员资质与培训

爆破作业人员资质管理是安全管控的核心要素,其有效性直接决定作业风险控制水平。爆破员需通过国家统一考核,取得特种作业操作证后方可上岗,证书有效期需定期复审;安全员应具备安全管理专业背景,熟悉爆破风险识别与应急处置流程;技术负责人须持有高级

爆破工程师资格,具备重大项目技术决策能力。资质审核需严格核查从业经历与培训记录,杜绝“挂证”现象,确保人员能力与岗位需求匹配。安全培训体系应构建“理论+实操”双维度课程模块,理论部分涵盖爆炸力学原理、装药结构计算、振动监测方法等内容,实操部分包括起爆网络连接、盲炮处理、防护设施搭建等技能训练。培训内容需结合工程实际案例,强化对复杂工况的应对能力,提升培训实用性。培训效果评估需采用“笔试+现场操作”双重考核方式,笔试重点检验对规程条款的掌握程度,现场操作考核需模拟真实作业场景,由考评组对操作规范性、应急反应能力进行综合评分,未达标人员需补考直至合格。

1.3 爆破材料管理

爆破材料全流程管控是安全管理的物质基础。采购环节应建立供应商准入机制,优先选择具有生产资质的企业,材料进场前需查验质量证明文件与批次检验报告。运输过程需使用专用防爆车辆,配备押运员全程监护,运输路线应避开人口密集区与高压线路。储存环节需建设符合GA838标准的专用仓库,设置独立雷管库与炸药库,配备防静电地板、温湿度调节系统及入侵报警装置,每日定时巡查并记录环境参数。材料领用实行“双人双锁”管理,领用人与发放人需同时签字确认,单日领用量不得超过当班计划用量;退库材料需重新检测性能,合格后方可入库。质量检验需建立“批次抽检+全数核查”机制,炸药需检测密度、殉爆距离等参数,雷管需测试延期时间与起爆能力,检验报告应存档备查。

2 爆破作业实施安全控制

2.1 钻孔作业安全

钻孔设备操作需严格遵循标准化流程,其规范性是保障孔位精度与作业安全的前提。作业前应全面检查设备液压系统、传动部件及钻头固定装置的稳定性,确保

设备运行过程中无异常振动或位移^[2]。对老旧设备实施重点监控,增加检查频次至每2小时一次,及时更换磨损部件。钻孔过程中需实时监测钻进速度与垂直度,通过激光定位仪或全站仪对孔位进行动态校准,建立三级复核机制:操作人员自检、班组长互检、技术员专检,将孔位偏差控制在设计允许范围内,避免因孔位偏移导致装药结构改变或对邻近保护对象造成意外损伤。孔内清理环节应采用高压风管与软质毛刷协同作业,彻底清除孔壁岩屑与积水,重点检查孔底是否存在金属碎屑或硬质杂物,防止残留物改变炸药感度或形成局部应力集中引发早爆事故,清理完成后需用测绳验证孔深是否符合设计要求。

2.2 装药与堵塞安全

装药工具选用需遵循“非金属优先”原则,优先采用木质或竹制药勺进行炸药搬运,若使用塑料工具需确认其抗静电性能符合MT/T934标准要求,严禁任何形式的金属工具直接接触炸药表面。装药量控制应建立“称重-记录-复核”制度,每孔装药前需使用电子秤进行精确称量,操作人员与安全员双签字确认装药量与设计值的偏差不超过±5%,对超差孔位需重新钻孔或调整装药结构。堵塞作业应选用钻孔岩屑或专用黏土作为堵塞材料,严禁使用碎石或砂粒等透水性强的物质,堵塞长度需达到最小抵抗线的30%~50%,采用分层夯实工艺确保密实度,每层堵塞厚度不超过20cm,使用木质捣杆逐层压实,防止因堵塞不密实导致爆炸能量过早释放形成冲炮或飞石超标。对深孔爆破采用“分段堵塞+实时监测”技术,通过孔内摄像头观察堵塞质量,及时调整工艺参数。

2.3 起爆网路连接安全

起爆网路设计需采用双回路冗余结构,其冗余设计是保障起爆可靠性的关键。主爆线与备用线独立敷设且保持0.5m以上间距,关键节点设置双发雷管并联连接,确保单点故障不影响整体网路可靠性。对复杂网路(如地下洞室爆破)采用“分区起爆+独立供电”方案,降低网路耦合风险。连接作业应由专职爆破员实施,采用绝缘胶带对导线接头进行三层缠绕包扎,接头处需悬空处理避免与岩石摩擦,连接完成后使用兆欧表检测网路绝缘电阻,阻值应大于100MΩ。对潮湿环境作业增加接头防水处理,使用防水胶带包裹并涂抹硅脂。起爆前需建立“三查三确认”机制:技术负责人检查网路连接正确性,安全员确认警戒范围内人员撤离至安全距离外,爆破员验证起爆器性能正常,所有检查项均需形成书面记录并存档,最终由现场指挥下达起爆指令,确保起爆过程可控可溯。

3 爆破作业后安全处理

3.1 爆后检查与清理

爆后进入现场前需严格遵循等待时间规范,根据爆破规模、介质特性及周边环境复杂程度确定安全间隔,露天爆破通常不少于15分钟,地下爆破需延长至30分钟以上,确保爆炸产生的有毒气体充分扩散、飞石沉降完成^[3]。检查工作应建立标准化清单,重点核查是否存在未爆的盲炮、松动的危石、移位的保护物,同时检查施工设备是否因振动出现结构性损伤,监测数据采集装置是否完好。现场清理需制定分级标准,首先清除散落在交通要道、作业平台上的大块残石,其次清理嵌入岩体的小型碎片,最后对作业面进行平整处理,恢复边坡稳定性,清理过程中发现的可疑物品需立即上报并隔离,严禁私自处理。

3.2 盲炮处理安全

盲炮识别需建立“目视-仪器”双重确认机制,其准确性是避免二次事故的前提。通过观察孔口是否有炸药残留、导爆索是否断裂、起爆网路是否完整等表象特征,结合电阻测试仪检测网路通断性,综合判断盲炮类型。对疑似盲炮孔位设置警示标识并记录坐标,便于后续精准处理。发现盲炮后应立即设置警戒标识,划定半径不小于50米的隔离区,禁止无关人员进入,并在2小时内向上级安全管理部门提交书面报告。报告内容需包括盲炮位置、类型、周边环境等信息,为处理方案制定提供依据。处理方法选择需匹配盲炮成因,对电雷管拒爆采用重新连接起爆电源或取出未爆雷管的方式处理,对导爆索断裂采用搭接新索并延长起爆时序的方案,处理过程中需使用木质或竹制工具,严禁使用金属器械触碰爆炸物品。对深孔盲炮采用“注水软化+机械取出”联合技术,降低处理风险。操作时应由持有高级爆破作业证的人员实施,其他人员撤离至300米外安全区域,监护人员通过望远镜或视频监控系统远程监督,确保处理过程符合规程要求。

3.3 安全记录与总结

作业过程记录需采用标准化表格,详细记录装药结构参数、起爆网路连接方式、振动监测峰值等关键数据,数据记录应由操作人员与复核人员双签字确认,确保信息可追溯。安全问题总结需建立“隐患-原因-措施”分析模型,对检查中发现的盲炮、设备故障等隐患,从人员操作、材料质量、环境因素等维度追溯根源,制定包含技术改进、管理强化、培训加强的针对性措施,并将整改责任分解至具体岗位。经验反馈机制应构建“项目-部门-企业”三级传递通道,通过安全例会、技术交底会

等形式将本次作业的教训与成功做法向下传达,同时将典型问题纳入企业安全知识库,为后续项目提供决策支持,形成“实践-总结-提升”的良性循环。

4 风险控制专项措施

4.1 爆破振动控制

振动监测点布置需遵循“重点覆盖、梯度分布”原则,在保护对象基础周边、关键结构连接部位及地质敏感区设置测点,测点间距根据爆破规模确定,露天爆破不超过30米,地下爆破加密至15米,确保监测数据能真实反映振动传播规律^[4]。振动阈值设定应结合建筑物结构类型与使用功能,对砖混结构住宅采用峰值粒度速度(PPV)不超过2.5cm/s的标准,对历史建筑或精密仪器厂房则严格至1.0cm/s,阈值确定需参考《爆破安全规程》(GB6722)相关条款并经结构专家论证。减振措施实施需综合运用技术手段,预裂爆破通过在保护边界提前形成裂缝带隔离振动,缓冲爆破采用不耦合装药结构延长爆轰气体作用时间,微差起爆技术利用毫秒级延时实现振动波叠加抵消,实际应用中需通过试验爆破验证减振效果,确保振动强度降低30%以上。

4.2 飞石防护技术

防护屏障设计需构建“多级拦截”体系,其层级设计是降低飞石危害的核心。一级屏障采用高强度柔性网,网目尺寸不大于5cm,固定于钢制框架并设置30度倾角,二级屏障使用砂袋墙堆筑,厚度不小于1.5米,高度覆盖最大飞石高度,两级屏障间距保持10米以上形成缓冲空间。对高能爆破增加三级屏障(如钢筋混凝土挡墙),进一步提升防护能力。覆盖防护方法实施需考虑材料特性,湿草垫通过水分增加阻尼效应,胶管帘利用弹性变形吸收冲击能量,覆盖层厚度根据炸药能量计算确定,一般不低于20cm,覆盖范围超出爆破体边缘2米以上,确保无暴露区域。对不规则爆破体采用“分段覆盖”技术,避免覆盖层滑移。最小抵抗线控制需通过孔网参数优化实现,采用小孔径、密布孔方案,孔距与排距比值控制在1.2-1.5之间,单孔装药量根据岩石性质动态调整,确保抵抗线方向岩石充分破碎,减少块状飞石产生概率,计算模型需经现场试验修正。对硬岩地层采用“深孔预裂+浅

孔爆破”组合工艺,降低大块飞石风险。

4.3 应急响应能力提升

应急物资储备应建立“定量配置、动态更新”机制,其充足性是应对突发事件的保障。急救箱配备止血带、消毒用品等20类基础医疗物资,消防器材按50平方米/具的标准配置干粉灭火器,通讯设备包括防爆对讲机、卫星电话等,所有物资定期检查并记录使用状态,确保处于可用状态。对高风险项目增加备用物资储备量,如急救箱增配抗休克药物。应急队伍组建需实施“专业+兼职”模式,核心成员由持有应急救援资格证的人员担任,兼职人员从爆破作业人员中选拔,每季度开展包括心肺复苏、灭火操作、伤员搬运等科目的实操训练,年度综合演练不少于2次。对兼职人员实施“轮训制”,确保全员具备基础应急能力。外部协作机制构建需签订书面联动协议,明确医院开通绿色通道的响应时限、消防部门提供破拆支援的设备清单,与当地气象部门建立爆破日天气预警通道,确保突发情况下能快速调动专业资源,形成“内部自救+外部支援”的应急网络。

结束语

水利水电工程爆破作业安全管理与风险控制是一项复杂且长期的工作。从安全管理体系的构建到人员资质培训,从爆破材料的全流程管控到作业各环节的安全控制,再到爆后的安全处理与风险专项控制,每个环节都紧密相连、缺一不可。只有严格落实各项管理措施,不断提升风险控制能力,才能确保爆破作业安全有序进行,为水利水电工程建设提供坚实保障,推动行业持续健康发展。

参考文献:

- [1]马孝缠.水利水电工程施工的安全技术及应用实践研究[J].中州建设,2025(3):119-120.
- [2]黄炳锋.水利水电工程施工安全管理与安全控制[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(8):59-60.
- [3]李峰.提升小型水电站工程建设安全管理水平[J].水上安全,2023(16):148-150.
- [4]李世伟,陶璟琨.水利水电工程隧洞掘进爆破参数优化实践[J].建筑与施工,2024,3(18):51-52.