

# 水利水电施工安全技术探讨

杜红昌 苟彬

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 陕西 西安 710065

**摘要:** 本文围绕水利水电施工安全技术展开探讨,分析其核心应用场景,涵盖基础工程、主体结构、特殊作业与危险环节、施工临时设施等领域的安全技术。阐述安全监测与预警、安全防护与防护装备、智能化安全技术构成的关键支撑体系,提出基于工程特性的定制化设计、与施工工艺协同融合、创新研发等优化提升路径,以及技术人员能力建设、管理监督、成果推广等落地保障措施。为水利水电施工安全技术的应用与优化提供系统性参考,助力提升施工安全管理水平。

**关键词:** 水利水电施工; 安全技术; 安全监测; 智能化技术; 施工防护

引言: 水利水电工程施工环境复杂,涉及基础开挖、高空作业、洞室作业等多种高风险环节,安全技术是保障施工人员安全、规避工程风险的重要支撑。当前,水利水电施工面临地质条件多变、自然环境恶劣、施工工艺复杂等挑战,传统安全技术在适配性与有效性上存在不足。加强水利水电施工安全技术研究,完善技术应用与管理体系,既能应对施工中的各类安全隐患,又能保障工程顺利推进,对水利水电行业可持续发展具有重要意义。

## 1 水利水电施工安全技术的核心应用场景

### 1.1 基础工程施工安全技术

基坑开挖与支护安全技术聚焦边坡稳定控制,通过分层分段开挖减少土体扰动,搭配土钉墙、排桩等支护结构加固边坡。降水排水技术采用井点降水或管井降水,降低地下水位避免基坑涌水,同时对支护结构进行实时监测,及时调整加固措施<sup>[1]</sup>。地基处理安全技术中,灌浆施工需控制灌浆压力和浆液配比,避免压力过大引发地层扰动。桩基施工前核查地质条件,选用适配桩型,施工中控制沉桩速度防止塌孔。软土地基加固采用换填垫层或深层搅拌桩技术,增强地基承载力,施工全程做好沉降观测。

### 1.2 主体结构施工安全技术

混凝土工程施工安全技术注重模板支撑体系稳定,依据结构荷载计算支撑间距和材质,搭设后检查节点连接牢固度。混凝土浇筑时控制布料速度和浇筑高度,避免模板受力不均。设置抗裂钢筋和后浇带,搭配养护保湿措施,减少混凝土开裂。高空浇筑作业搭建防护平台,配备防坠落设施。钢结构安装安全技术要求精准计算构件吊装重心,选用匹配吊装设备,吊装时设置牵引绳保持平衡。高空焊接作业铺设防火毯,作业人员系挂

双钩安全带。安装后检测钢结构连接点强度,确保符合安全标准。

### 1.3 特殊作业与危险环节安全技术

高空作业安全防护技术在临边区域设置防护栏杆和密目安全网,防护栏杆底部设置挡脚板。高空作业平台安装稳定支腿和防倾装置,使用前检查平台结构完整性。垂直运输设备配备限位和制动装置,定期校验性能。洞室作业安全技术需针对不同地质条件精准施策,松散破碎围岩段施工时,应及时采用锚喷支护或钢木构架加固围岩;进洞深度大于洞径5倍时,必须启动机械通风系统,保障送风能力满足人员呼吸及烟尘排除需求。若遇瓦斯地层段,需采用防爆型风机与抗静电风筒布,且风管口距开挖工作面不小于5m,同时安装瓦斯监测装置,浓度超标立即停工撤人。爆破作业需优化装药量和起爆顺序,起爆网络采用复式连接提升可靠性。设置防护屏障控制爆破震动,划定警戒区域防止飞石危害。

### 1.4 施工临时设施安全技术

临时用电安全技术构建分级配电系统,各级配电装置安装漏电保护器。线路敷设采用架空或埋地方式,避开施工机械作业区域。接地装置按规范设置,定期测量接地电阻。临时用房与脚手架安全技术中,脚手架搭设遵循搭设方案,立杆底部设置垫板,横杆与立杆连接牢固。临时用房选用防火建材,房屋间距符合安全要求,屋顶设置抗风拉固件。定期检查脚手架和临时用房承重结构,发现变形及时加固。

## 2 水利水电施工安全技术的支撑体系

### 2.1 安全监测与预警技术体系

施工环境监测技术在边坡区域按地形特点分层布设位移传感器,通过连续数据采集实现边坡位移实时追踪,避免局部沉降引发坍塌。在隧洞施工中采用光纤监

测技术,将光纤嵌入围岩内部,精准掌握围岩变形趋势,提前识别围岩失稳风险。沿河道及施工区域周边合理布置水位计和流量计,动态记录水位流量变化,为防汛防涝提供数据支撑。这些监测手段相互配合,全面覆盖施工区域周边地质与水文环境,及时捕捉可能引发风险的异常变化。结构状态监测技术在混凝土构件受力关键部位粘贴应变片,持续监测应力应变数值,判断构件是否处于安全受力范围。在支护结构的锚杆、锚索等受力点安装压力传感器,实时掌握荷载变化,防止支护结构因受力过载失效。同时对起重机械、混凝土搅拌设备等施工设备的运行参数进行动态监测,及时排查机械故障隐患。安全预警技术依托专用数据处理模块对各类监测数据进行实时分析,依据预先设定的安全阈值自动判定风险等级。低风险时提示现场加强观察,中高风险则通过施工现场的声光报警装置发出警示,同时向管理人员手机推送短信,快速传递预警信号,为现场人员争取充足的应急处置时间。

## 2.2 安全防护与防护装备技术

个人防护装备技术针对不同作业场景研发专用装备,高空作业的防护安全带采用双绳设计,搭配防滑性能优异的安全鞋,增强作业人员高空停留的稳定性。洞室作业的潜水服采用高强度防水材料,头盔配备清晰视野面罩和应急供氧接口,保障潜水人员洞室作业安全。带电作业的绝缘手套和绝缘靴经过特殊工艺处理,提升绝缘性能,根据作业人员体型与操作需求调整装备尺寸和细节设计,优化适配性,提升佩戴舒适度与防护效果。现场防护设施技术按照统一安全标准设计防护栏杆,栏杆高度和立柱间距严格契合施工安全需求,底部增设挡脚板防止杂物坠落。防护网选用高强度涤纶材质,加密网眼密度增强抗冲击能力,安装时确保与支撑结构连接牢固。在基坑边缘、高空作业平台周边等危险区域安装高亮警示灯和醒目警示标识,明确危险范围,提醒人员避让<sup>[2]</sup>。应急防护技术研发可快速组装的临时避险棚,采用轻质高强材料制作,搭建过程简单便捷,能为突发风险下的人员提供安全庇护。针对坍塌、涌水等常见风险,研发专用临时阻断装置,坍塌风险时可快速架设防护挡板,涌水时启用防水闸门,遏制风险扩散蔓延。

## 2.3 智能化安全技术应用

施工安全智能管控平台整合环境监测、结构监测、设备监测等各类数据,通过可视化界面实时显示环境参数、结构状态和设备运行信息。平台搭载高精度人员定位系统,借助定位芯片精准掌握施工人员位置,一旦人员进入危险区域立即发出提醒。通过平台实现技术、施

工、管理等各环节信息互通,避免信息滞后导致的管理漏洞,提升整体管理效率。无人化作业安全技术运用搭载高清摄像头和红外探测仪的无人机,对施工区域进行全方位巡检,替代人工完成高边坡、深基坑等高危区域的隐患排查。采用无人挖掘机、无人运输车等设备开展作业,设备配备自主导航和避障系统,减少人员直接暴露于危险环境的概率。通过远程操控系统,操作人员在安全区域即可对设备进行精准调度,保障作业安全与效率。数字孪生安全技术依托三维建模技术构建与施工现场完全一致的数字模型,模型包含地形地貌、构筑物、设备设施等所有细节。通过输入不同参数模拟暴雨、地震等极端条件下的风险场景,分析各类安全技术方案在不同场景下的应对效果,据此优化施工方案中的安全措施,提前规避潜在风险。

## 3 水利水电施工安全技术的优化与提升路径

### 3.1 基于工程特性的安全技术定制化设计

结合施工区域地质条件,若存在断层、溶洞等复杂地质构造,优化边坡支护技术方案,选用更适配的锚杆锚索类型与间距,增强支护稳定性。针对水文条件差异,在汛期较长区域强化排水系统安全技术,增加排水泵功率与管路密度;在地下水位较高区域优化降水技术,采用多级井点降水提升降水效果。根据气候特点调整安全技术,多雨地区加强现场电气设备防雨防护技术,高温地区优化施工人员防暑降温相关安全设施布局。施工准备期聚焦临时设施安全技术,重点完善临时用电、临时用房的安全设计,为后续施工筑牢基础。施工高峰期人员设备密集,侧重设备协同作业安全技术与人员通行安全防护技术,避免交叉作业引发风险。施工收尾期侧重拆除作业安全技术,制定科学的脚手架、模板拆除流程,防范拆除过程中坍塌事故。

### 3.2 安全技术与施工工艺的协同融合

推动安全技术与施工流程同步设计,在制定混凝土浇筑工艺时,同步融入模板支撑安全技术要求,明确支撑体系的材质选择与搭设标准,使安全技术自然嵌入工艺环节。规划钢结构安装流程时,将构件吊装安全防护技术纳入工艺设计,确定吊装点设置与防护措施的具体实施步骤。通过工艺优化简化安全技术实施难度,采用模块化施工工艺,将部分构件在地面预制完成后再进行整体吊装,减少高空作业频次,降低高空作业安全技术的实施复杂度。优化土方开挖工艺,采用分层开挖、分层支护的流水作业方式,避免一次性开挖过深导致边坡失稳,让边坡防护安全技术更易落地执行。

### 3.3 安全技术的创新研发方向

针对高海拔地区缺氧、低温的环境特点,研发适配的安全防护技术,改进个人防护装备的保暖与供氧功能,优化施工设备的低温启动与运行安全技术。在严寒地区研发混凝土施工防冻安全技术,通过新型保温材料与加热设备结合,保障混凝土施工质量与作业安全。面对强降雨频发区域,研发高效的临时排水与边坡防护一体化安全技术,提升工程抵御暴雨引发的滑坡、涌水风险的能力。推动低成本高效能安全技术推广,研发可重复利用的临时防护设施,采用通用化设计降低设备采购与维护成本<sup>[1]</sup>。优化传统安全监测技术,选用性价比更高的传感器与数据传输设备,在保证监测效果的前提下,降低安全技术应用的经济门槛。

#### 4 水利水电施工安全技术的落地保障措施

##### 4.1 技术人员能力建设

安全技术专业培训针对不同岗位设计差异化内容,面向基坑支护技术人员,开展边坡监测设备操作、支护结构加固工艺等专项培训,通过现场实操演练提升设备运用熟练度与应急处置能力。针对爆破作业技术人员,聚焦爆破参数设定、起爆网络搭建等核心技能,结合典型风险场景模拟,强化风险识别与规避能力。跨工种技术协同培训打破岗位壁垒,组织混凝土浇筑、模板搭设、起重吊装等不同工种人员共同参与培训,通过案例分析讲解各环节安全技术的衔接要点。例如在大坝浇筑施工前,开展浇筑班组与模板班组的协同培训,明确混凝土浇筑速度与模板支撑受力的匹配关系,确保双方在作业中精准配合,避免因技术衔接不当引发安全问题。培训后通过实操考核检验学习效果,不合格人员需重新参与培训,直至完全掌握相关技能。

##### 4.2 技术管理与监督机制

安全技术方案审核与优化机制组建由技术、施工、安全等多领域人员组成的审核小组,方案审核时深入结合工程地质勘察报告、施工进度计划等资料,判断技术方案是否适配工程实际。若审核发现基坑支护方案未充分考虑地下水位变化影响,及时要求技术团队补充降水措施相关内容,优化支护结构设计参数。对于复杂工程的安全技术方案,组织多轮论证,吸纳各方意见完善方案细节。安全技术实施过程监督采用定期检查与动态巡查相结合的方式,定期检查按周开展,对照方案核查防

护设施安装、设备运行等情况;动态巡查由专职人员负责,重点关注高风险作业环节的技术落实情况。发现技术落地偏差时,如高空作业平台防护栏杆间距超标,立即下达整改通知,明确整改时限与标准,整改完成后组织复核,确保问题彻底解决。

##### 4.3 技术成果推广与迭代

安全技术经验共享平台搭建整合过往工程的安全技术方案、典型问题处置案例等资料,按施工环节分类梳理,形成标准化资料库。平台设置在线交流板块,方便不同项目技术人员分享安全技术应用心得,例如某项目研发的新型水下焊接防护技术,可通过平台详细展示技术原理、操作流程及应用效果,供其他类似工程参考借鉴。建立定期交流机制,每月组织线上技术研讨会,围绕平台热门技术话题展开讨论,促进技术成果快速复用。基于工程反馈的技术迭代机制安排专人收集施工中的技术问题反馈,如发现某类安全监测设备在强电磁环境下数据传输不稳定,汇总相关信息后反馈给技术研发团队。研发团队结合现场实际环境优化设备抗干扰性能,改进数据传输模块,形成迭代后的技术方案。在后续工程中试点应用迭代技术,持续跟踪使用效果,进一步完善技术细节,推动安全技术不断升级。

##### 结束语

水利水电施工安全技术的科学应用与持续优化,是保障工程安全、提升施工效率的关键。从多场景技术应用到全方位支撑体系,再到系统的优化路径与落地保障,形成完整的安全技术管理闭环。未来,需结合工程实际不断创新安全技术,强化各环节协同配合,推动技术成果高效转化与迭代,让安全技术更好适配水利水电施工需求,为工程建设筑牢安全防线,助力水利水电事业稳定发展。

##### 参考文献

- [1]王健.水利水电自动化施工技术的应用与安全管理[J].水上安全,2024,(21):61-63.
- [2]黄银香.水利工程施工安全管理及其应对策略研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(28):25-27.
- [3]林法贺.水利工程施工现场安全管理与风险评估[J].水上安全,2024,(11):157-159.