

高原峡谷大型水电站起重设备交叉作业安全管理

田志勇，骆双，廖重阳

(中国水利水电第九工程局有限公司，贵州 贵阳 550081)

摘要：水利水电工程建设项目，多建于高山峡谷之中，受施工场地局限性及地质条件复杂性影响，起重设备设计布置相对密集，交叉作业频繁，且施工所需材料、设备等均依靠起重设备转运，起重作业任务重强度大，使得设备运行安全风险高、管理难度大。本文通过分析项目起重设备运行管理现状及施工过程中存在的安全问题，针对性的提出对应措施，并对采取措施进行实施性效果检查，反复验证及改进措施，使得能够满足本项目起重设备安全运行的要求，确保现场设备安全、有序运行，提高了本项目起重设备的安全管理水平，为实现年度安全、生产目标提供有力的保障。

关键词：峡谷；起重设备；交叉作业；运行措施；安全管理

中图分类号：TV53+9

文献标识码：A

1 工程概况

DG 水电站为二等大(2)型工程，开发任务以发电为主，水库正常蓄水位 3447.00m，相应库容 0.5528 亿 m³，电站坝址控制流域面积 15.74 万平方公里。电站装机容量为 660MW，多年平均发电量 32.045 亿 KW·h，保证出力 (P=5%) 173.43MW。电站枢纽建筑物由挡水建筑物、泄洪消能建筑物、引水发电系统及升压站等组成，拦河坝为碾压混凝土重力坝，坝顶高程 3451.00m，最大坝高 117.0m，坝顶长 385.0m。电站枢纽建筑物由挡水建筑物、泄洪消能建筑物、引水发电系统及升压站等组成。拦河坝为碾压混凝土重力坝，坝顶高程 EL.3451m，最大坝高 117.0m，坝顶长 371.0m。发电厂房采用坝后式布置，主要由主厂房、副厂房、变电站等组成，主厂房尺寸 163.00m×29.50m×63.50m (长×宽×高)，安装 4 台单机容量 165MW 的混流式水轮发电机组。

2 起重设备管理现状

2.1 管理难度大

本项目地处峡谷，施工场面紧临且集中，各类起重设备布置密集，交叉作业干扰极大、安全风险高，设备安全运行成为项目安全生产管理工作的重难点，需高度重视现场施工安全管理，对于施工进度按照“科学组织、积极协调、稳步推进”的方式进行施工，减少不必要的经济损失、人员伤亡，从而安全、高效的利用起重设备。

2.2 安全风险高

同一立体作业面布置有缆式起重机、门座式起重机、塔吊、汽车吊、随车吊等 20 余台起重设备，交叉作业点多面广，且各大型特种设备作业半径相互重叠，运行过程安全隐患极大。

收稿日期：2020.8.19

基金项目：中国电力建设股份有限公司科技项目经费资助；西藏高海拔复杂气候条件下碾压混凝土筑坝技术研究(DJ-ZDXM-2019-16)

作者简介：田志勇 (1977.08-)，男，贵州德江，高级工程师，本科，从事水利水电工程项目施工技术与管理工。E_mail:

576523356@qq.com

2.3 施工任务重

工程定于 2021 年首台机组发电，受疫情、冬歇期、藏区人员进场困难等因素影响，2020 年主要进行大坝常态砼施工，厂引坝段进水口、溢流坝段闸墩等结构复杂，直至大坝封顶前，基本处于连续浇筑的阶段。厂引坝段、溢流坝段分别剩余常态砼 17.29 万 m³、8.89 万 m³，浇筑工程量大，施工难度大。

常态混凝土高峰月强度为 5.87 万 m³/月，主要发生在 2020 年 6 月，碾压+常态发生在 2020 年 7 月，月强度为 12.15 万 m³/月，金属结构安装施工高峰月强度为 1202t/月，主要发生在 2021 年 2 月。常态混凝土、金属结构、大型预制件、机械设备等均依靠起重设备转运，起重作业任务重，强度大。

2.4 起重设备概述

本工程起重设备配置有缆式起重机 1 台、门座式起重机 4 台、塔式起重机 7 台、汽车吊 11 台、随车吊 7 台、履带吊 1 台。现场具体布置见下图：



图 1 施工现场起重设备布置情况（昼/夜）

3 施工过程中存在的安全问题

3.1 施工任务分配不当

施工场地本狭窄，存在施工工序混乱，施工任务较为集中，多个起重设备在同一区域立体交叉作业施工，且未提前确定施工先后顺序，造成互相干扰的情况，从而影响施工进度及安全。

3.2 作业人员经验不足

(1) 部分设备操作人员相对年轻，存在操作不当或其它危险性行为，亦或在突发情况时，心理抗

压能力低，不能正确的应对。

(2) 吊装指挥人员均为新取证人员，无过多实际操作经验，需与设备操作人员之间进行磨合。

(3) 安全专项教育培训效果不明显，人员在专业水平、安全意识及个人性格等方面存在差异，对现场发生的事件判断及反应大不相同。

3.3 检查维护保养不勤

(1) 设备大部分为外部租赁，操作人员只管使用，对设备的检查、维护保养不够重视，只做表面功夫，麻痹大意、走过场，不能及时的发现、消除设备存在的安全隐患。

(2) 项目部主管部门对于设备的检查频次不够，并且参与检查人员专业知识较为缺乏，不能对起重设备进行检查，部分隐患得不到排除，为设备安全运行埋下事故种子。

3.4 地处峡谷气候复杂

工程建设在高山峡谷之中，且藏区天气变化频繁迅速，大风、大雾等恶劣天气频发，多于每日下午出现大风气候（最高可达 12 级风力），严重影响起重作业安全。

4 采取的安全措施

4.1 安全运行方案

设备安装、运行、拆除严格执行《起重设备安全监察条例》等有关规定，项目部编制上报专项运行方案、起重设备防碰撞专项方案审批备案，运行期间严格按照方案执行，尽量错开同一垂直面上的起重作业，避免在同一时间、同一地点同时使用，并指派专职安全员负责日常安全监督管理，在吊装前对起重机械、钢丝绳等吊具进行检查，严格按照起重机安全操作规程作业，确保起重设备使用的合规、合法性，保证其运行安全。

4.2 定期检查维保

(1) 起重设备检查分为日常检查、专项检查、定期检查。

日常检查：每日班前、班中、班后对设备进行检查，做好班前准备工作和离班前的交接工作。

专项检查：对某一项危险性大的或某一个薄弱环节进行专门检查。如钢丝绳进行无损探伤检测，利用探伤检测仪器，每月月中、月底两次对设备钢丝绳进行探伤，确保及时发现钢丝绳达到报废条件后立即进行更换。

定期检查：定期对设备进行检查。一般包括周检查、月检查、季度检查、年度大检查和节日检查。

项目部每月定期组织各部门专业技术人员及经验丰富人员对所有起重设备进行检查，对检查发现或起重作业人员反应的问题及隐患限期处理完成，对影响施工安全的隐患停用整改。

(2) 保养分为例行（日常）保养、定期保养。

例行保养：指机械在每班作业前、后及运行中，为及时发现隐患，保持良好的运行状态所进行的以清洁、检查、紧固、调整、润滑为主的预防性保养措施。

定期保养：指机械在运行一定的间隔期后，为消除不正常状态，恢复良好的工作状态所进行的一种预防性的维护保养措施。定期保养按规定的不同运行间隔期，分为日保养、周保养、月保养和年保养。

维护保养人员严格按照厂家技术文件的要求进行维护保养工作，并认真、详细填写维护保养记录。维护保养工作应在停机状态下进行，并在主电源开关上挂“停机检修”警示牌，电焊作业必须在停机状态下进行，接地线应就近搭接，严禁跨轴承、丝杠、电气元件、钢丝绳等重要部件。

4.3 安装防撞系统

为保证大坝施工高效，设备往往需要同时运行，由于施工作业空间狭窄，设备作业空间受到干扰，尤其在阴雨、雾霾等能见度不高的环境，操作人员因所处盲区、疲劳的影响而无法精准定位。

项目部采取在起重设备上安装防碰撞系统，防碰撞系统的工作原理为：通过安装传感器收集

信息，由数传电路将数据发射至接收端，系统计算出设备间相互位置和运动情况，能够在接近危险位置时自动发出提示或控制信号，辅助操作人员合理操作避免安全事故，并可提高施工效率^[1]。具体措施如下：

(1) 为避免设备间、设备与山体的碰撞，采用设备和山体的相对坐标位置和防碰雷达，来限制吊臂的回转、变幅，从而避免碰撞。

(2) 为避免盲吊，在吊臂前端安装视频监控（视频可存储），协助吊车司机准确操作，避免盲吊危险。

4.4 夜间警示系统

因设备自身限制，缆机、汽车吊、随车吊、龙门吊等设备无法安装警示措施。故在门座式起重机、塔机、履带吊起重臂、平衡臂上安装 220V/24V 警示灯带，起重臂前端安装报警闪光灯，大钩两侧安装太阳能爆闪障碍灯，夜间施工开启警示系统，设备轮廓清晰可见，便于操作人员、指挥人员、值班人员掌控设备位置。

4.5 监控值守系统

在设备操作室、盲区及卷扬机等部位安装监控摄像头，用于监控操作人员精神身体状态、设备周边及设备自身运行情况。现场设置吊装作业值班室，进行吊装作业时，专人与各设备操作人员进行沟通协调，并对交叉作业进行详细记录，预防发生设备间碰撞事故。

4.6 专人指挥系统

由于施工作业面广、起重设备众多，在施工过程中按照人员分工、分区域主管设备运行安全，每台起重设备均配备白夜班专职指挥人员，实行设备安全负责制。

配置专用对讲机进行通讯和协调，采取专频、专人使用和管理。项目部职能部门每天对设备运行情况进行监督检查，及时对违规、违章行为纠正和教育，严格落实安全措施，确保运行安全。

4.7 安全警示教育

对起重设备作业人员（操作、指挥、值班人员）定期进行专项安全教育培训，操作、指挥人员持证上岗，严禁无证人员操作及指挥起重设备，发现违章作业人员进行经济处罚并通报，作业过程中发现重大隐患并及时制止的给予奖励表扬。

4.8 应急预案演练

特种设备事故是比较常见的事故之一，为能在特种设备意外伤害事故发生时，使特种设备事故救援工作有程序、有步骤，快速、高效、安全地展开，降低人员伤亡及财产损失，以及对社会、环境产生的不良影响，实现救灾、减灾的目的。编制上报特种设备事故应急预案、演练方案审批备案，通过应急演练提高全体员工安全意识，增强员工在紧急情况下的应变能力与自我保护能力，检验应急抢险小组配合作战能力。

4.9 外部因素防范

(1) 防风措施

在现场施工过程中，与当地气象部门建立联系，提前掌握气象信息，并结合天气提前与生产管理部门进行协调，对施工安排进行调整布置，尽量减少气候原因影响设备使用效率^[2]。

(2) 防高原反应

所有运行人员进场后，请医护人员讲解高原反应表现状况和防治方法，使运行人员掌握高原反应防治方法。定期组织人员体检，防止因高原反气候引发其他疾病对施工人员造成不良影响。日常配备高原反应应急药物，并下发全体运行人员，预防高原反应。

加强日常管理，规定作息时间，保证运行人员保持充足的休息，管理人员每天了解施工人员身体状况，防止因休息不足引发身体不适、高原反应，造成安全隐患，遇有身体不适情况，及时送医诊治。

因高原空气较稀薄，现场施工安排和现场管理过程中，避免长期大负荷作业，有序安排施工

人员进行轮休。现场作业时，合理安排人员间歇休息。

(3) 防寒措施

重点加强电气设备防寒，设备使用油料、脂类严格按照高寒地区和设计要求进行选用，定期对设备进行检查。

5 措施效果检查

5.1 安全运行方案

通过实施运行方案及防碰撞方案，加强组织领导，严格执行运行管理措施制度，使得设备操作人员严守安全操作规程，从操作层面预防了起重事故的发生。

5.2 定期检查维保

设备得到全面、有效的检查和维护保养，及时发现和消除设备存在的安全隐患，保障了良好的运行工况，为设备安全运行提供强有力的后盾，从设备自身层面预防了起重事故的发生。

5.3 安装防撞系统

系统投入使用后，特别是夜间等视线不良的环境下，对操作人员的辅助警示作用尤为明显，当设备间间距小于警戒设定数值时，通过外接警报器发出警报声提示操作人员，由此每当设备即将进入交叉作业区域时，都能提前减速或停车，减少了交叉作业频次，避免碰撞事故的发生。

5.4 夜间警示系统

红光警示灯带在夜间的效果最为明显，需要注意的是，设备起重臂、平衡臂在组装过程中，应将灯带设置固定好，避免高空作业；灯带负载长度尽量控制在 50 米内，灯带连接长度过长会影响使用寿命，造成部分 LED 灯损坏后警示效果减弱，且后期维护更换不便。

5.5 监控值守系统

通过安装监控设备，一是能够将盲区、距离远的落钩点传输回操作室，防止指挥人员误指挥能够及时发现及紧急停车；二是通过监控设备卷扬机等部位，当出现钢丝绳脱轨、重叠斜绕及绕绳量不足等情况时，能及时停车处理；三是通过值班人员监控操作人员精神状态，能够避免操作人员因自身身体原因发生误操作的危险行为。

值班人员在坝顶值班室可全方位监控各起重设备的运行情况，当要进行交叉作业时，通过专用对讲机提前通知操作人员及指挥人员注意，配合上防撞系统效果更佳。

5.6 专人指挥系统

专职指挥人员持证上岗，且在正式上岗前，与各设备操作人员进行岗前实习，通过与操作人员的实际操作后，对作业过程发现的问题，定期召开现场协调会议，并及时对指挥人员进行调整，将安全意识强、实操技能过硬的人员调整至危险性较大的设备。建立吊装作业工作群，发现问题及时在群内沟通。

5.7 安全警示教育

通过定期组织起重作业人员对起重吊装专业知识、起重设备事故的培训学习，作业人员在个人专业技能和责任意识上不断提高，能够在作业过程中及时发现消除安全隐患、制止违章行为，避免诸多不安全事件的苗头。

6 改进措施意见

6.1 设备平面布置合理

编制起重设备的安装方案时，综合考虑设备间距、周边环境、工程要求、自然环境等影响设备后期运行安全的各项因素，避免发生交叉作业区域，如周边山体林木、施工用电架空线路、起重设备等。

6.2 完善安全管理制度

高度重视建筑起重设备在施工现场作用和管理，认识到加强起重设备管理的重要性，并进一步完善起重设备安全管理制度。在设备使用时，配备专业的作业人员和管理人员，定期对设备进行全面的检查维护保养，保障设备施工作业安全运行。

6.3 提高作业人员素质

设备操作、指挥人员的专业技术水平直接影响到起重设备使用安全，因此提高起重设备作业人员专业水平至关重要，其次提高设备作业人员的安全意识和自我保护意识，使其认识到起重作业的危险性和重要性，再次提高操作人员对设备的维护意识，定期进行检修保养，避免在施工过程中设备出现突发情况。

6.4 强化过程监督管理

起重设备运行、闲置期间，必须动态辨识危险有害因素，并制定处理措施现场进行消除，不得带病、违章运行。项目部全员参与，共同协助管理，预防麻痹大意、图一时之快等危险行为，全过程监督警示起重作业人员，排除安全事故隐患。

7 结语

本项目起重设备密集，使用越发频繁，安全隐患极大，因此加大起重设备安全管理力度是施工过程管控的重中之重。归口、协管部门等管理人员应结合现场实际情况和管理现状，通过采取安全有效的安全运行措施方案，确保起重设备施工作业安全、有序的运行，避免发生起重伤害事故，保证节点目标如期完成。

参考文献：

- [1] 邓佳,赵卓辉.塔吊防碰撞系统在安全施工中的应用例析[J].建筑,2011(18):73-74.
- [2] 刘潇.高寒地区水电站大坝施工安全生产管理总结[J].四川建筑,2016,36(03):94-97+99.

作者简介：

田志勇（1977.08—），男，贵州德江高级工程师，本科，注册一级建造师（水利水电建筑工程），从事水利水电工程项目施工技术与管理工。E_mail: 576523356@qq.com

骆双（1994.01—），男，重庆，助理工程师，本科，二级建造师（水利水电建筑工程），从事水利水电工程项目施工技术与管理工。E_mail: 812859425@qq.com

廖重阳（1994.09—），男，重庆，助理工程师，本科，从事水利水电工程项目施工技术与管理工。E_mail: 1191167435@qq.com

Safety Management of Cross-operation of Lifting Equipment of Large Hydropower Station in Plateau Canyon

Abstract: Water conservancy and hydropower engineering construction projects are mostly built in mountains and valleys. Due to the limitations of construction sites and the complexity of geological conditions, the design and layout of lifting equipment are relatively intensive, cross operations are frequent, and the materials and equipment required for construction are all dependent on lifting Equipment transfer and heavy lifting tasks are heavy and intensive, which makes equipment operation safer and more difficult to manage. This paper analyzes the current situation of project lifting equipment operation and management and safety issues in the construction process, proposes corresponding measures, and checks the implementation effect of the measures taken, repeatedly verifies and improves measures, so as to meet the requirements of the lifting equipment of the project The requirements for safe operation ensure the safe and orderly operation of

on-site equipment, improve the safety management level of the lifting equipment of this project, and provide a strong guarantee for achieving the annual safety and production goals.

Keywords: Canyon; Lifting equipment; Cross operation; Operational measures; Safety management