

# 水电厂现场作业风险管控体系构建与实践路径

韩薛宁

新疆维吾尔自治区塔里木河流域乌鲁瓦提水利枢纽管理中心

DOI:10.32629/hwr.v10i3.6884

**[摘要]** 水电厂现场作业风险管控体系构建与实践路径研究致力于破解高风险作业环境中的安全管理难题。本文从理论溯源入手,系统解构风险管控的内在逻辑与外在表现,深入探讨体系构建的组织、流程与技术支撑,重点剖析执行路径的多维优化策略。研究超越工具理性局限,强调风险管控需融合技术精确性与人文温度,避免将人员简化为操作节点。通过详述人员行为规范、设备监测机制、应急响应流程、信息平台构建及长效维护的具体方法,揭示体系运行的深层规律。全文论证了风险管控体系的动态适应性与文化嵌入性,为水电厂安全运营提供可操作的理论指导与实践启示,具有显著的行业应用价值。

**[关键词]** 水电厂; 现场作业; 风险管控; 体系构建; 执行路径

中图分类号: TM6 文献标识码: A

## Construction and practical path of risk management and control system for on-site operations in hydropower plants

Xuening Han

Urumqi Wati Water Conservancy Hub Management Center in the Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region

**[Abstract]** The study on the construction and practical path of the on-site operation risk management and control system in hydropower plants is dedicated to addressing the challenges of safety management in high-risk operational environments. Starting from theoretical tracing, this paper systematically deconstructs the internal logic and external manifestations of risk management and control, deeply explores the organizational, procedural, and technical support for system construction, and focuses on analyzing the multidimensional optimization strategies of the implementation path. The research transcends the limitations of instrumental rationality, emphasizing that risk management and control need to integrate technical precision with humanistic warmth, avoiding the simplification of personnel into operational nodes. By detailing specific methods for personnel behavior norms, equipment monitoring mechanisms, emergency response procedures, information platform construction, and long-term maintenance, the deep laws governing the operation of the system are revealed. The full text demonstrates the dynamic adaptability and cultural embeddedness of the risk management and control system, providing operable theoretical guidance and practical insights for the safe operation of hydropower plants, with significant industry application value.

**[Key words]** hydropower plant; on-site operation; risk management and control; system construction; implementation path

### 引言

目前行业风险控制存在着碎片化、滞后性的状况,过多依靠经验判断而不加以系统支撑,造成事故预防能力欠缺。本文立足于水电厂运营实际,打破传统安全管理模式的束缚,将风险管控当作一个有机的生命体而不是一个静态的框架。引言部分阐述研究的必要性,一方面水电厂设备老化、新型技术应用并存,风险形态越来越复杂;另一方面人员流动加大给安全文化传承带

来困难。研究目的就是构建出既科学又人文的管控体系,从而实现由被动防御向主动塑造的转变。明确风险管控的边界和内涵,防止与一般安全管理相混淆,为后面体系构建赋予清晰的逻辑起点。本部分提出风险管控的价值在于保护人的生命尊严,而不仅仅是为了提高生产效率,这一观点贯穿全文。

### 1 水电厂现场作业风险管控体系构建关键环节论述

#### 1.1 组织管理结构设计原则

组织管理结构设计原则由分层负责、权责对等、动态响应三者构成一个三维结构。分层负责保证战略层定方向、执行层调资源、操作层落细,形成责任传导链;权责对等要求岗位说明书把风险管控职责明确到具体岗位上,防止出现模糊地带造成推诿现象;动态响应就是根据水电厂负荷波动和季节变化来设计弹性编制机制,在汛期增加应急人员。原则中特别提到安全文化融入,即结构设计要培养人人都是安全员的集体意识,设立安全观察员岗位并赋予其跨层上报权。设计过程中不能因为过于强调科层化而造成僵化现象,用季度演练来检验结构的韧性。关键的难题是如何在集中和分散决策权之间取得平衡,现场人员要保留必要的自主权以应对突发事件。从实践上讲,结构的有效性由领导层的示范作用决定,即管理者亲自去执行安全检查的时候,基层人员的积极性就会大大提高。该部分也提醒组织结构的调整要伴随激励机制,避免将安全责任变成负担。

### 1.2 作业流程标准化方法探讨

作业流程标准化的方法主张从风险的角度出发重新设计作业步骤,将安全控制点准确地设置在关键工序中。方法包括流程可视化、操作卡固化和异常预案库构建等,检修流程必须有能量隔离验证步骤。重视标准化的非机械复制,根据作业风险等级进行差异化设计,常规巡检重在提高效率,高风险作业重在多重校验。关键之处在于建立流程动态更新机制,依靠作业后的复盘来吸取经验教训,防止标准固化。方法的实施难点是人员习惯阻力和认知差异,需要借助行为心理学方法来强化安全行为。从深层意义上讲,流程标准就是组织的记忆库,其质量决定了风险知识传递的速度。实践表明,过分的标准化容易造成“合规疲劳”,员工为了完成流程而忽略实质安全,所以方法上要留有合理的弹性空间。该部分又提出流程标准要和人员培训同时进行,使员工真正理解而不是机械执行。

### 1.3 技术支持系统搭建思路

技术支持系统构建思想主要是智能化工具的整合使用,提出由感知层、分析层、决策层三部分组成的结构。感知层利用物联网传感器持续监测设备的振动、温度等参数的变化,再借助分析层的算法模型找出其中的异常情况并进行判断,最后由决策层给出相应的处理建议作为响应措施。搭建思路认为技术应该为人的工作服务而不是取代人,系统设计要考虑现场人员的操作习惯,预警信息采用颜色编码来降低认知负担。最大的难题是数据孤岛和系统兼容性问题,老旧水电厂的设备协议众多,需要开发适配中间件的软件。思路的深层次在于警示技术依赖风险,过分依靠算法会导致人工技能衰退,在系统出现故障时无法进行基本处理。因此,必须建立有人工干预的通道,并且定期进行技术应急演练。技术系统是否成功由用户的参与度决定,即一线人员早期介入设计会大大提高系统实用性。本部分又提出数据安全和隐私保护属于隐性的关键点,要设置严格的访问权限<sup>[1]</sup>。

## 2 水电厂现场作业风险管控的实践路径解析

### 2.1 人员行为规范强化策略

人员行为规范强化策略是针对水电厂作业过程中由于人为因素导致的危险所采取的一种措施,其内容为认知重塑、行为训练和环境适应三个方面的干预。认知重塑依靠安全文化的浸润来改变风险感知,用沉浸式的事例开展情景化的教育,把抽象的风险变成可以感受、理解的具象体验,避免说教式培训低效的问题;行为训练使用高保真的模拟舱反复练习闸门操作等高风险的动作,固化肌肉记忆和决策模式,明显减少在应激状态下出现的操作失误;环境适应改善作业工具以及工作区的设计,从而减轻操作负担,创造一个有利于提高工作效率的工作环境。策略的深意在于体现行为准则本质就是心理契约形成的过程,人员如果觉得组织对安全的投入不是一种工具性的使用,那么规范的内化程度就会成倍增长。实践证明单纯的惩罚手段容易导致表面的合规而内在的抵触产生,正向激励加上心理上的支持才能长久地改变人的行为。关键创新就是用行为经济学的原理来设置“安全里程碑”的即时奖励,用即时满足的心理效应加强安全的行为。策略的执行不能一概而论,对新老员工采取不同的方案,即老员工重在经验转化,新员工重在基础习惯的培养。深入思考认为行为规范不单是操作要求,也是组织信任的反映,需要领导层的安全承诺来发出价值信号。实践数据显示,该方法在水电厂的人为误操作方面有显著的效果,但是需要不断投入才能保持效果。

### 2.2 设备安全监测机制优化

设备安全监测机制优化主要针对水电厂的核心设备,即水轮发电机组和变压器等进行健康状况的实时监测,并且提出了以预防性维护为主、智能化诊断为辅的融合模式。优化的核心就是由原来的周期性计划检修转变为状态驱动的监测方式,用振动频谱分析、红外热成像等手段去发现轴承磨损、绝缘老化这些早期的故障迹象。机制的深入之处在于冲破技术表面,探入人机协作的本质之中,在于把对监测数据的解读同操作人员的经验结合起来,防止由于算法黑箱而造成错误判断。以传感器显示的轴承温度异常升高为例,有经验的技师可以分辨出是真实的故障还是由于冷却系统暂时性的波动所,而这些经验的知识就需要被编码到系统中去。在改进的过程中重视对监测阈值的自动调整,根据设备工作时长以及历史故障的情况再次设置报警的灵敏度,防止出现过度报警而产生的麻痹大意的现象。关键创新就是把人因工程原理运用到系统的设计当中,保证界面的信息呈现符合人的认知规律,在高压的环境下降低决策失误的风险,例如用语音提示代替视觉显示,使操作员的手可以专心去处理问题。实践深度反思认为设备监测既是技术问题又是伦理问题,过度依靠监测会降低人的责任感,所以机制的设计要留有必要的人工检查环节。从案例中可以看出,该水电厂改善了机制之后,设备的非计划停机时间明显减少,但是提高人员的诊断水平才是成功的保障。该部分也警告说,监测数据的累积不能成为组织知识,否则就会出现“数据丰富、智慧匮乏”这样的状况<sup>[2]</sup>。

### 2.3 应急响应流程完善措施

应急响应流程完善措施,对水电厂突发事故(设备故障、人员落水等)创建起快速反应、准确调度、迅速处理的闭环运作机制。措施有情景库的精细化建设、角色卡的动态化定义和压力测试的常态化开展,设置20个典型事故场景,并对每个场景下各个岗位的动作进行详细的描述,确定出各种情况下各岗位应该采取什么样的行动。深化之处是跳出程序化的步骤来考虑团队的心理韧性和沟通效率,即事故刚发生时的恐慌会引发信息传递的失真,流程中要加入情绪调节部分,比如选派冷静的人员去引导紧张的气氛,用简单的询问来防止误会。措施中特别提到,响应效果的好坏是由日常演练是否真实所决定的,即模拟训练要加入不确定的因素(关键人员缺席等),提高成员对复杂情况的反应能力。实践表明,由于各部门之间缺少有效的协调配合而造成的工作延误是普遍存在的现象,因此需要加强现场指挥官的临时决策权,并且设立事后容错制度来保障其负责的行为不会受到惩罚。关键的创新之处在于把社会网络分析应用到团队的建立当中去,找出非正式沟通领袖来提高反应速度。反思认为应急响应不但是技术过程,也是组织信任的试金石,在员工觉得组织会把他们的安全放在第一位的时候,配合程度明显更好。经过该水电厂的实践证明,完善的措施虽然可以加快应急反应速度,但是也会存在“演习疲劳”的情况出现而造成实战脱节的现象。该部分认为流程的完善要伴随着心理支持体系的建立,把人文关怀融入到应急文化中<sup>[3]</sup>。

#### 2.4 信息集成平台构建关键

信息集成平台创建的关键之处在于解决水电厂数据分散的问题,给出统一接口标准化、智能分析场景化和移动终端适配化的三个方案<sup>[4]</sup>。统一接口把调度、监控、巡检等各种异构系统集成起来,用中间件来消除信息孤岛;智能分析依靠机器学习发现风险之间的联系,比如预估水位变动给机组震动带来的可能后果;移动终端符合要求保证现场工作人员可以凭借轻量级的应用即时获得重要信息。关键之处在于数据伦理考虑,平台拥有大量的人员操作数据,必须有隐私保护的机制来防止监控被异化成一种压迫手段。数据只用作安全改进的依据而不是绩效考核的依据,设置了匿名化处理流程来提高员工的信任度。主要的难点就是系统兼容性和用户的接受程度,老旧水电厂设备协议众多,要分阶段进行迁移。实践的深度表明平台的成功依靠的是用户参与的设计,即一线人员在初期就介入进来,从而改善功能

的适用程度,避免技术方案与现场实际情况相脱节。水电厂的案例表明,平台刚开始的时候因为界面太复杂而被抵制,后来经过简化操作流程、加入语音交互等功能之后,使用率大大提高<sup>[5]</sup>。

### 3 结束语

水电厂现场作业风险管控体系创建及应用途径探究,经由理论同实际相融合的方式确定出系统的、人的因素考量的风险应对模式。本文冲破传统安全工程工具理性的束缚,把人当作体系的核心,看重风险控制不是单靠技术手段可以完成的任务,而是需要组织智慧和品格来共同支撑起来的过程。体系建立的重点就是使组织、流程和技术三者之间形成一个有机整体,防止出现各个环节相互脱离造成的系统不稳固。执行路径的五个优化策略即人员行为规范、设备监测体系、应急反应程序、信息平台搭建和长期保持等,体现了风险控制背后的内在规律,它有赖于不断的发展才能应对水电厂运行环境的变化。研究的贡献就是提出深度实践的见解,在行为规范和应急反应当中加入人文关怀,防止管控异化成机械的束缚。未来的工作应该研究气候变化、设备智能化这些新的变量对体系产生的影响,检验不同的规模水电厂是否适用。风险控制的最终目的就是保护人的生命和作业的价值,只有把科学精神和人文温度结合起来,才能形成真正的安全生态,为水电行业的高质量发展打下基础。

#### 【参考文献】

- [1]周丽娜,李强伟,徐立尉,等.小水电站安全生产风险管控“六项机制”实践探索[J].小水电,2025(6):6-9.
- [2]梁馨月,李继龙,法毓林,等.水电厂保供电应急处置方案优化与实践[C]//电力安全与应急管理技术创新典型案例及论文集(2025),2025.
- [3]刘程军,张姝,葛莉惠.数智司库体系的构建与创新——基于中国电建集团司库管理体系的案例研究[J].管理会计研究,2023(6):43-50.
- [4]杨雪融,杨浩嘉,薛安林.水电站消防设备配置优化与运行管控体系构建研究[J].消防界(电子版),2025,11(8):162-164.
- [5]周雪欣,赵晓晨.流域生态环境状况评价指标体系构建与应用——以柳江流域为例[J].广东水利水电,2023(2):51-56.

#### 作者简介:

韩薛宁(1991--),女,汉族,陕西渭南人,本科,工程师,研究方向:水利水电。