

大型流域水电企业本质安全理论应用分析及实践

高 建

(国能大渡河流域水电开发有限公司,四川 成都 610041)

摘 要:阐述了本质安全企业建设的理论应用分析成果和实践成果,提出从“系统优化、源头治理、标准规范、智慧提升”四个方面开展大型流域水电企业本质安全企业建设。分析了系统优化的原则并归纳了管理全覆盖和“人”的优化创新实践成果;分析了危险源治理的对策并归纳了两类危险源工作实践;分析了标准化建设的必要性和可行性并介绍了公司标准化建设历程;分析了智慧提升工作方向且归纳了劳动协同、岗位协同、专业协同的人机协同工作实践。

关键词:水电;本质安全理论;应用分析;实践

中图分类号:TV7;P624.8;C29 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2021)06-0001-04

Practice and Analysis on the Application of Inherent Safety Theory in a Large Hydropower Development Company of a River Basin

GAO Jian

(CHN Energy Dadu River Hydropower Development Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610041)

Abstract: This paper expounds the theoretical application analysis results and practical results of enterprise building based on inherent safety theory and proposes to carry out enterprise building from the aspects of "system optimization, source governance, standardization, and wisdom improvement". This paper analyzes the principles of system optimization, summarizes the practical results of optimization and innovation of full-coverage management and "people", analyzes the countermeasures of hazard management and summarizes the work practices of two types of hazards, analyzes the necessity and feasibility of standardization, introduces the company's standardization process, analyzes the direction of intelligent improvement, and summarizes the human-machine collaborative work practice of work collaboration, post collaboration, and discipline collaboration.

Key words: hydropower; inherent safety theory; analysis on application; practice

0 引 言

大渡河发源于青海省果洛山东南麓,干流全长 1 062 km,天然落差 4 175 m,总流域面积 7.74 万 km²,干流规划 3 库 28 级电站,总装机约 2 700 万 kW,在我国十三大水电基地中位居第五。国能大渡河公司负责开发大渡河干流 28 级中的 17 级电站及部分支流电站,管理 12 个其他区域小电站,在运总规模 1 173.5 万 kW,资产总额 872 亿元,在建大渡河干流 4 级 352 万 kW,前期筹建 5 级 295 万 kW,公司现有 22 家所属、控股及代管单位。

作为一个大型流域水电企业,国能大渡河公司涵盖大、中、小型水电站、在运、在建、筹建项目,

管理内部单位、外部协作单位、生产经营型单位、技术及运营支撑单位。企业管理规模巨大,管理梯度、层次、内容极为庞杂,企业所面临的安全生产形势复杂,亟需成体系的安全生产应用理论及措施。钱学森等^[1]提出基于系统工程改进企业经营管理,将企业看作一个系统,这个系统由相互作用和相互依赖的人、物资、设备、财、任务和六个要素组成,这六个要素都要满足一定的制约,进行经营管理首先要认识这种制约,从而取得在制约下系统的最优运转。罗云等^[2]提出经验型、制度型、系统型、本质型等四种安全管理模式,提出进入信息化时代,需要发展以本质安全为目标,有效推进“强科技”的物本安全和“兴文化”的人本安全相结合的管控体系,本质安全型具有全面性、预防性、系统性、科学性的特点。涂扬举等^[3]提出基

收稿日期:2021-10-12

于智慧企业的安全架构体系,其下搭建三个子框架:安全管理子框架—安全组织、安全政策、人员安全、安全符合性,安全技术子框架—系列安全技术专业体系及平台,安全运作子框架—安全规划、安全设计、安全集成、安全监控、事件处理。

国能大渡河公司从全覆盖要素管理、全过程危险源管控、标准化和智慧企业建设着手开展本质安全型企业建设,经长期实践,总体呈现出全面性、预防性、系统性、科学性的本质安全型特点。拟从“系统优化、源头治理、标准规范、智慧提升”四个方面对大渡河公司创建本质安全型企业的理论应用分析及实践进行归纳和阐述。

1 全过程全要素系统优化

大型流域水电企业安全管理的规模性和复杂性表明:要实现本质安全,必须从系统的角度兼顾总体与局部、一般与重点。阳富强等^[4]认为安全系统工程学的实质就是由一系列安全系统优化方案、建模、预测、模拟、评价和决策分析方法组成的方法集,用以最佳地处理各种安全系统问题。其

主要特征是整体性、关联性、协调性、系统化、模型化、最优化和实践性。其认为人是安全系统的核心,安全问题的研究必须吸收和借鉴一些行为科学的理论和方法,用科学的方法去研究人与安全的问题,揭示人在生产环境中的行为规律,从安全角度分析、预测和控制人的行为,从而提高安全管理的效能,实现系统安全的目的。

1.1 安全管理系统优化的原则、工作方向及措施

大型流域水电企业为规模巨大的资金密集型企业,安全生产对企业的综合效益巨大,企业有巨大的动力来推动系统安全优化,而对所要付出的成本通常不敏感。因此,安全系统优化的原则包含:(1)安全第一原则。要素的所有优化不能降低系统总体安全性能。(2)积极稳妥原则。高度重视优化可能带来的风险,不实施未落实风险管控的措施。(3)以人为本原则。高度重视人的安全,高度重视提升人的安全效能。安全系统要素优化方向及措施见表1。

表 1 安全系统要素优化方向及措施

要素名称	要素优化工作方向	措 施
人	提高人的安全工作技能	引进人才、加强培训、营造良好安全文化、建立安全工作激励机制、建立安全生产保证体系和监督体系、提高应急管理能力和劳动保护、改善工作环境等
	提高对人的安全保障能力等	
物资 (含能源等)	提高物资存放安全状态	工区科学规划、库房管理、消防防爆安全等
	提高物资自身安全性能等	
设备 (含建筑物等)	提高设备管理能力	两票制、设备缺陷管理、运行维护及日常保养、检修、特种设备持证上岗、日常监测检测等
	提高设备安全技术性能等	
财	提高安全资金应用效能等	安全费用预算、台账、投入保障等
任务	强化安全目标管理等	强化安全目标责任制、强化岗位安全职责、清单制等
信息	提高安全信息的及时性、准确性、全面性等	安全信息系统、安全沟通联络机制、应急指挥信息系统、智能安全帽、物资信息系统、设备信息系统等

1.2 安全管理系统优化的创新实践

国能大渡河公司从要素全覆盖和以人为本开展安全系统优化实践及创新。

(1)安全管理全覆盖。一是管理体系全覆盖,安全工作自身 36 项安全工作制度涵盖安全工作各个方面,组织、人事、财务、工程、生产、科技等专业体现安全工作内容。同时,对重要安全点进行覆盖,如脚手架、危化品、工器具等出台专门的安全工作规程。二是核心能力专业化,成立检修公司加强设备安全运维专业化能力,成立库坝中心加强水工建筑物安全管护专业化能力,成立生产

指挥中心加强流域水情雨情监控专业化能力,成立大数据公司加强信息安全专业化能力。三是技术革新常态化,检修、库坝、生产指挥中心拥有的技术成果保持行业领先,强化信息技术、人工智能技术的推广应用。

(2)“人”的优化创新。一是实施青年创新工作站(室),实施基于应用的大数据建模竞赛,为各类业务人才成长提供平台,平台上与安全相关的课题数超过 30%。其中,第一届大数据建模竞赛产生的一等奖项目为“基于大渡河安全风险管控数据中心的新生安全隐患预测分析”。库坝安全、

设备安全方面每年均有前三名的项目产生,推动生产安全问题的解决和安全技术、管理人员成长成才。二是打通员工职业通道,设置管理、技术、技能三类职务职级序列,为技术技能型人才提供更广阔的成长空间,夯实安全人才基础。

2 危险源分级管控与治理

大型流域水电企业面临复杂的地质地理条件和生产建设环境,需要对各类危险源进行科学研判,并采取针对性的科学对策。系统安全研究方面认为事故发生的根本原因是危险源的存在,防止事故的发生就是消除、控制系统中的危险源。危险源一般分为两类:第一类危险源是指在系统中存在的、可能发生意外释放的能量或危险物质;第二类危险源是指导致限制、约束能量措施破坏或失效的各种不安全因素^[5]。

2.1 大型流域水电企业危险源分析及对策

大型流域水电企业面临的第一类危险源主要包括水、电、火、危化品、重力、地质灾害能量释放或危险物质泄漏等。第二类危险源主要包括绝缘、隔离、控泄、控速、加固、支护、防护装置或设施失效、破坏等。对于第一类危险源,其能量或危险物质通常伴随水电企业的生产和建设过程长期存在,如水的势能、电能、高空物体的重力势能、地下洞室的应力势能、滑坡泥石流等地质灾害能。这类危险源不能在短期内消除,甚至这类危险源的部分能量或危险物质本身就是水电企业生产和建设活动存在的前提条件或产生的伴生品,因此只能采取加强观测、加强约束、避让等措施,避免导致安全事故。对于第二类危险源,其破坏或失效通常是由水电企业自身或关联方的认识不到位、工作质量不合格或运行损耗等原因导致,一般可以采取监控、巡检、检修等措施及时消除,避免发展成安全事故。

2.2 国能大渡河公司开展危险源管理的创新性实践

(1)对于第一类危险源,主要按照“分级、动态、清单”的方式进行管控。涂扬举等^[6]对该类危险源管控体系的设计原则、具体分级、工作重点等进行了系统阐述,公司系统危险源(点)责任清单(示例)见表 2。

(2)对于第二类危险源,基建项目成立技术质量检查咨询专家组,研究解决重大安全技术问题

和重大安全管理漏洞,建立涵盖全工区、实施 PD-CA 循环的安全检查监管体系,及时消除日常安全隐患。生产项目重点抓隐患整治和设备设施缺陷治理,其中,对重大隐患实行挂牌督办,重大隐患根据人身安全、电力安全、设施设备、大坝安全、安全管理、其他等标准划分为Ⅰ类和Ⅱ类隐患。Ⅰ类重大隐患由大渡河公司督办;对于设备设施缺陷治理,大渡河公司实施以缺陷环比量、消缺率、发现设备隐患、重复缺陷、设备障碍、基于 FMEA 的 4M1E 矩阵设备缺陷分析等指标为基础的缺陷管理方法^[7],建立科学的对标管理体系,推动各电站设备管理水平持续提升。

3 基于流程再造的安全管理标准化建设

3.1 大型流域水电企业开展安全管理标准化建设的理论分析

大型流域水电企业有着较长的经营周期、众多的管理实体和相似的经营管理三个条件。前两个是公司开展标准化建设的必要性因素,即通过标准化确保各个时期和各个项目基本的管理套路统一、可见、可控,避免“随机”、无序管理。第三个是大型水电企业标准化建设的可行性基础。大型流域水电企业安全管理标准化建设,既是贯标过程,也是流程再造的过程。流程再造理论强调目标导向和关注全流程^[8],大渡河公司安全管理标准化建设工作正是围绕提升安全管理效能这一目标进行的业务明晰、工作强化和流程整合。标准化建设主要遵循三个步骤:(1)现状评审。即对照标准,评价现有组织机构、职责分配、资源配置、规章制度、标准惯例等的有效性和适宜性^[9],找出差距,提出改进要求。(2)标准化改造。大渡河公司主要采取精细化管理、国际或行业标准贯标、ERP 实施等手段进行标准化改造,其中,贯标是安全管理标准化建设的主题。(3)持续提升。每 5~7 年对安全管理标准化工作进行再梳理、再改造、再提升。

3.2 国能大渡河公司安全标准化建设历程

(1)2005 年,公司启动 NOSA 体系建设,以推进安健环管理精细化、规范化、示范化、现代化为目标,着力提升基层单位“一把手”安全、健康、环保管理意识,着重强化过程管理和风险预控,保证“人员、责任、资金、时间”四落实。龚电总厂、瀑电总厂先后建成 NOSA 五星级企业。

表 2 公司系统危险源(点)责任清单(示例)

序号	分级	危险源 (点)名称	可能造成的 危害后果	预防与控制措施	单位	责任人
1	一级	库首右岸拉裂变形体风险	滚石、滑坡等引起巨大浪涌,造成水漫大坝	1. 做好拉裂体形变的监测及预警。2. 坝工班每月定期开展库首拉裂体巡查工作。3. 对库坝中心每月提供的观测报告进行分析。4. 设置专用摄像头对拉裂体进行观测。5. 设置安全警示标示牌。6. 定期组织人员对库首右岸拉裂变形体垮塌应急预案进行修订,每年定期进行演练	大渡河公司 总厂	副总经理 厂长
20	二级	泄洪安全管理	人员伤亡、财产损失	1. 对泄洪影响区实施封闭管理,严格出入检查。2. 泄洪前提前通知石棉县防汛办公室和下游龙头石电站,告知下泄流量并提示注意事项。3. 泄洪前播放语音报警,提醒人员撤离泄洪影响区域。4. 组织人员对泄洪影响区进行清场,禁止人员、车辆、船只进入泄洪影响区。5. 完善行洪区域安全警示标志标牌,修复破损被动防护网	公司	副总经理
112	三级	起重作业发生高空坠物/高空坠落/起重机械坍塌	设备损坏、财产损失	1. 起吊作业时应选用合格完好的吊索、吊具,严禁“十不吊”。2. 起吊区域做好安全隔离,在作业前对作业人员详细交代注意事项。3. 大型起吊作业组织部门分管人员现场进行作业指导	总厂	运维处副处长
725	四级	水电站大坝廊道、边坡、地下厂房观测房日常维护电源箱取电作业	触电伤害	1. 禁止湿手触摸电源箱及电源设备、开关。2. 取电作业必须由持有效电工资质人员操作。3. 作业前用试电笔检查并确保牵引的电源线完好无损、无接头、无漏电。4. 牵引的电源线必须离地面架空布设,穿越路面时,必须采取架空或敷设防碾压线槽板。5. 维护工作停工期间或完工后,及时拔除航空插座上的航空插头	中心	监测处监测三班副班长

(2)2013 年,国家安监总局印发《关于全面推进全国工贸行业企业安全生产标准化建设的意见》,公司立足 NOSA 体系建设成果,在电力生产、工程建设两大板块全面推进安全生产标准化建设,以安全责任制为核心,严格落实达标评级标准,至“十三五”初期,龚电总厂和瀑电总厂一级达标,其余电站实现二级达标。

(3)2017 年,协助编制集团《水电企业现场安全文明生产标准化实施方案》和《水电企业现场安全文明生产标准化规范及评定标准》,制定并落实三年达标计划,严格对照“组织管理与机制、现场安全标准化及设施配置、现场卫生及作业环境、设备治理及无渗漏”4 个方面、120 个要素要求推进排查整治,公司所属发电企业全部通过了安全文明生产标准化验评。

4 安全管理人机协同

4.1 大型流域水电企业开展安全管理智慧化理

论综述

水电为传统行业,随着行业长期发展,对于其安全管理中需要什么信息以及如何使用这些信息有较为成熟的认识。随着 ICT、OT、DT 等技术的不断进步,为获取信息、分析信息、使用信息提供了极大的便利。加之水电企业大多处于边远地区,工作环境复杂、施工及生产条件艰苦、安全管理的信息量巨大,因此迫切需要新技术、新方法来减轻人的现场工作强度,改进传统的安全管理模式,故智慧企业理论在水电行业应运而生。樊启祥等^[10]提出,智能安全管理就是要根据施工现场不同时期的人、材、机、法、环等基本状态信息,根据隐患上报的类型时间分布特征,分析安全事故因果链,建立安全施工状态安全评价动态模型,制定安全管理的标准化业务流程,做到各项工作的文件管理可记录、可闭合。涂扬举^[11]提出,人工智能时代,人和机互为主客体,成为互相管理、互

相理解、互相协作的关系,将人的智慧和机的智能完全融合为一体,在发挥各自优势的基础上实现深度交互迭代、增强协作、共同决策,创造新的生产能力并促进智慧化转型。在综合各类技术成果、理论成果和实践场景分析成果后,大渡河公司发展了基于劳动协同、岗位协同和专业协同的人机协同实践范式。

4.2 国能大渡河公司安全管理人机协同探索实践

(1)一线作业中与人的劳动协同,大渡河公司研发或应用开发了智能安全帽用以提升人在现场的信息感知能力;智能钥匙用以协助实现人的现场精准操作;测量机器人用以将人从简单且重复的劳动中解放出来,并进一步提高工作质量。除此以外,还有无人机和无人船等。

(2)现场管理中与人的岗位协同,大渡河公司推动研发了智能工区管控系统,涵盖 10 类常见违章行为及 2 类常见环境风险智能判断报警和电子围栏报警功能。智能巡检机器人,主要对发电基层、电气夹层、水轮机层、操作廊道的屏盘数据、信号灯、机械表计、渗漏等进行巡检,代替人的现场检查工作。

(3)企业安全管理中与人的专业协同,大渡河公司开发并运行了工程数据中心、设备数据中心、大坝数据中心、地质灾害预测预警数据中心和安全风险管控数据中心,对专业安全数据信息进行大感知、大传输、大存储、大计算和大分析,提供专业化安全管理决策建议意见,并将高等级预警信息和决策意见汇总至决策指挥中心,协助公司决策程序科学高效运转。

5 结 语

从系统优化、源头治理、标准规范、智慧提升

四个方面系统阐述了国能大渡河公司本质安全理论应用研究成果和实践成果,为大型流域水电企业或类似工业企业提供了一种行之有效的安全管理样本。公司已实现长周期安全生产,并连续多年取得区域同行业对标领先的好成绩,安全管理工作成效不断提升。同时,安全管理工作没有终点,科学管理和科技创新工作没有止境,还需要不断深化理论研究、拓展应用研究工作,为行业安全事业的进步不断做出积极的贡献。

参考文献:

[1] 钱学森,许国志,王寿云. 组织管理的技术——系统工程[J]. 上海理工大学学报,2011,33(6):520-525.

[2] 罗云,黄西菲,许铭. 安全生产科学管理的发展与趋势探讨[J]. 中国安全生产科学技术,2016,12(10):5-11.

[3] 涂扬举,等. 智慧企业——框架与实践(第二版)[M]. 北京:经济日报出版社,2018.

[4] 阳富强,吴超,覃好月. 安全系统工程学的方法论研究[J]. 中国安全科学学报,2009,19(8):10-20.

[5] 王冬. 水电站建设工程安全管理体系研究[D]. 华北电力大学,2012.

[6] 涂扬举,令狐克海,王勇飞. 大渡河流域危险源(点)分级管控体系建设探索与实践[J]. 水力发电,2018,44(5):77-81.

[7] 周业荣,李林,孟宪宽. 发电设备缺陷管控模型研究及应用[J]. 人民长江,2016,47(17):102-104.

[8] 赵铁婷. 业务流程再造(BPR)——我国传统企业国际化必由之路[D]. 首都经济贸易大学,2004.

[9] 张鲲. 水利水电工程三标一体化管理体系研究与实践[D]. 国防科学技术大学,2009.

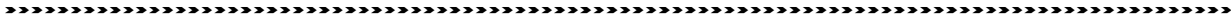
[10] 樊启祥,汪志林,林鹏,李果,张旭,杜伟升. 大型水电工程智能安全管控体系研究[J]. 2019,45(3):68-72,109.

[11] 涂扬举. 智慧企业概论[M]. 北京:科学出版社,2019.

作者简介:

高 建(1965-),男,河南太康人,国能大渡河公司党委副书记、总经理,高级工程师,硕士,从事电力生产及企业管理工作。

(责任编辑:吴永红)



大渡河猴子岩水电站荣获国家优质工程金奖

2021 年 12 月 6 日,大渡河猴子岩水电站喜获国家优质工程金奖。国家优质工程奖是经中共中央、国务院确认设立的工程建设领域跨行业、跨专业的国家级质量奖,最高奖为国家优质工程金奖。猴子岩水电站位于四川省甘孜藏族自治州康定市境内,作为大渡河干流水电规划调整“三库 22 级”的第 9 个梯级电站,是国家支持藏区发展能源建设重点开发项目,国家 2010 年西部大开发 23 项重点工程之一,总装机容量 170 万千瓦,单独运行多年平均年发电量 70.15 亿千瓦时。

2011 年 11 月,猴子岩水电站核准开工,该工程具有世界迄今为止最狭窄的超高面板堆石坝,也是强地震区世界最高的面板堆石坝,采用地下洞室群厂房方案,大坝就地取材、节材节能,厂房减少开挖、保护生态,工程代表了我国在深窄河谷、高地应力、深厚覆盖层、强地震区建设水电项目的先进水平,引领了超高超窄面板坝的发展,带动了地下洞室群建设的进步,具有示范性和代表性。

(国能大渡河流域水电开发有限公司 供稿)