

水利工程施工现场安全管理体系构建与实践研究

杨 硕

中国南水北调集团中线有限公司北京分公司 北京 100070

摘要：水利工程作为国家重要的基础设施，其施工过程具有作业环境复杂、交叉工序密集、地质条件多变等特点，安全生产形势严峻。本文针对当前水利工程施工现场安全管理中存在的体系不健全、责任不清晰、技术手段落后等核心问题，系统性地构建了一个以“PDCA循环”为理论基础，融合风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制，并深度嵌入BIM、物联网（IoT）等智慧化技术的现代化安全管理体系。该体系从组织保障、制度建设、风险识别与评估、过程控制、人员培训及应急管理六个维度进行全方位设计，并结合具体工程案例，详细阐述了其在实践中的应用路径与成效。研究表明，通过理念、机制与技术的协同创新，能够有效提升水利工程施工现场的本质安全水平，为行业高质量发展提供坚实的安全保障。

关键词：水利工程；施工现场；安全管理体系；双重预防机制；智慧工地

引言

水利工程在防洪减灾、水资源配置、农业灌溉、水力发电及生态修复等方面发挥着不可替代的作用，是支撑经济社会可持续发展的命脉。然而，水利工程施工现场往往地处偏远、环境恶劣，涉及深基坑、高边坡、隧洞开挖、大型吊装等多种高危作业，加之施工队伍流动性大、安全意识参差不齐，使得安全事故易发、多发。近年来，尽管国家层面不断强化安全生产监管，但水利行业的安全生产形势依然不容乐观，坍塌、高处坠落、物体打击、机械伤害和触电等“五大伤害”事故时有发生，不仅造成巨大的生命财产损失，也严重制约了工程项目的顺利推进。传统的安全管理模式多依赖于人盯人、经验式的被动管理，缺乏系统性和前瞻性，难以适应现代大型、复杂水利工程的管理需求。《中华人民共和国安全生产法》明确提出要构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防工作机制，这为水利工程施工安全管理指明了方向。因此，如何立足行业特性，借鉴先进管理理念，融合新一代信息技术，构建一套科学、系统、高效的施工现场安全管理体系，并推动其有效落地实践，已成为亟待解决的关键课题。本文旨在对此进行深入探讨，以期提升我国水利工程建设安全管理水平提供理论参考与实践范式。

1 水利工程施工现场安全管理现状与问题剖析

全面审视现状是寻求突破的起点。

1.1 安全管理的特殊性与挑战

水利工程施工安全相较于房建、市政等领域，具有其独特的挑战。首先，环境不确定性高。工程常位于河流、湖泊、山区等地质水文条件复杂的区域，易受洪

水、滑坡、泥石流等自然灾害影响。其次，作业类型风险集中。大量涉及地下工程（如隧洞）、高空作业（如渡槽架设）、水下作业（如围堰施工）以及大型特种设备（如缆机、塔吊）操作，危险源高度密集。再次，施工周期长且动态变化。一个大型水利工程动辄数年甚至十余年，期间施工内容、工艺、人员和设备不断更迭，安全风险也随之动态演变，管理难度极大。

1.2 现存的主要问题

尽管各方都高度重视安全，但实践中仍存在诸多深层次问题。一是安全管理体系不健全。许多项目的安全管理停留在制定几份规章制度的层面，未能形成一个覆盖全员、全过程、全方位的有机体系，各部门、各岗位之间的安全职责边界模糊，协同联动不足。二是风险辨识与评估流于形式。风险辨识往往由安全员凭经验完成，缺乏系统性的方法和工具，对潜在的、隐蔽的风险（如地质构造变化、材料疲劳）识别不足；风险评估多为主观判断，缺乏量化依据，导致风险分级不准，防控措施针对性不强^[1]。三是过程控制手段落后。现场安全检查多依赖纸质记录，信息传递滞后，隐患整改闭环管理困难。对人的不安全行为（如未系安全带、违章操作）和物的不安全状态（如脚手架变形、用电线路老化）的监控主要靠人工巡检，效率低、覆盖面有限。四是安全教育培训实效性差。培训内容枯燥、形式单一，未能紧密结合具体工种和现场实际风险，导致一线工人安全意识淡薄，安全技能不足，“三违”（违章指挥、违章作业、违反劳动纪律）现象屡禁不止。

2 现代化安全管理体系的理论框架构建

针对上述问题，需构建一个理念先进、结构完整的

理论框架。

2.1 以PDCA循环为运行逻辑

任何有效的管理体系都需要一个持续改进的运行机制。PDCA循环(Plan-Do-Check-Act)为此提供了经典范式。在水利工程施工安全管理中,P(计划)阶段,应基于法律法规和项目特点,制定详细的安全管理目标、组织架构、职责分工和工作计划。D(实施)阶段,是将计划付诸行动,包括开展安全技术交底、落实各项安全防护措施、组织安全教育培训等。C(检查)阶段,通过日常巡查、专项检查、第三方评估等方式,对管理体系的运行效果和现场安全状况进行监督检查。A(处置)阶段,则是对检查中发现的问题进行分析、纠正,并将成功的经验和有效的做法标准化,防止问题重复发生,从而实现安全管理水平的螺旋式上升。

2.2 以双重预防机制为核心支柱

安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制是新《安全生产法》的核心要求,也是本体系的两大支柱。风险分级管控强调关口前移,重在“防”。它要求系统地辨识所有作业活动中的危险源,运用科学方法(如LEC法)对其进行风险评估和分级(如红、橙、黄、蓝四级),并针对不同等级的风险制定差异化的管控措施,将风险控制在可接受范围内。隐患排查治理则聚焦于过程纠偏,重在“治”。它要求建立常态化的隐患排查制度,通过自查、互查、专查等多种方式,及时发现并消除人的不安全行为、物的不安全状态和管理上的缺陷,形成从排查、登记、评估、整改到销号的完整闭环^[2]。两大机制相辅相成,共同构筑起防范事故发生的坚固防线。

3 安全管理体系的关键要素与内容设计

理论框架需要具体的内容来填充,方能落地生根。

3.1 健全的组织保障与明晰的责任体系

强有力的组织领导是体系有效运行的前提。项目应成立以项目经理为第一责任人的安全生产领导小组,下设专职的安全管理部门,并在各施工班组配备兼职安全员,形成“横向到边、纵向到底”的安全管理网络。必须严格落实安全生产责任制,通过签订安全生产责任书,将安全目标和责任层层分解,明确从管理层到一线作业人员的每一级、每一岗的安全职责,做到“人人有责、人人尽责”。

3.2 完善的安全管理制度与标准规范

制度是管理的准绳。应围绕双重预防机制,建立健全一整套安全管理制度,包括但不限于:《安全生产责任制考核办法》、《危险源辨识与风险评估管理制

度》、《安全隐患排查治理制度》、《安全技术措施审批与交底制度》、《特种作业人员与设备管理制度》、《安全生产奖惩制度》等。同时,应编制详细、图文并茂的《安全操作规程手册》和《应急处置卡》,让一线工人一看就懂、一学就会,确保各项安全要求有章可循、有据可依。

3.3 科学的风险识别、评估与分级管控

这是体系的核心环节。风险识别应采用工作危害分析法(JHA)等系统方法,将整个施工过程分解为若干作业单元,逐一梳理每个单元可能存在的危险源。风险评估可普遍采用作业条件危险性评价法(LEC),通过量化事故发生的可能性(L)、暴露频率(E)和后果严重性(C),计算得出风险值($D=L \times E \times C$),并据此将风险划分为重大风险(红色)、较大风险(橙色)、一般风险(黄色)和低风险(蓝色)。对于重大和较大风险,必须制定专项管控方案,明确责任人、技术措施、管理措施和应急措施,并在施工现场设置醒目的风险告知牌。

3.4 严格的现场过程控制与智慧化赋能

过程控制是确保各项措施落地的关键。除了传统的安全检查、旁站监督外,应大力引入智慧化技术赋能安全管理。利用BIM技术,可以在三维模型中直观展示高风险作业区域和安全防护措施,进行可视化安全交底。通过部署物联网传感器,可对深基坑位移、高边坡沉降、大型设备运行状态等关键参数进行24小时实时监测,一旦数据超限,系统自动报警^[3]。借助AI视频分析技术,可对监控画面进行智能识别,自动抓拍未戴安全帽、未系安全带等违规行为,并即时推送预警信息至相关责任人,实现对现场的全天候、无死角智能监管。

3.5 务实的安全教育培训与文化建设

人是安全的最终决定因素。安全教育培训必须改变“填鸭式”的模式,转向场景化、体验式教学。可利用VR/AR技术,模拟高处坠落、触电等事故场景,让工人身临其境地感受事故的可怕后果,从而在内心深处树立安全红线。培训内容要紧结合工种和当日作业风险,做到“干什么、学什么,缺什么、补什么”。同时,要着力培育安全文化,通过设立“安全之星”评选、开展安全知识竞赛、张贴安全漫画标语等方式,营造浓厚的安全氛围,让“我要安全、我会安全、我能安全”成为全体员工的自觉行动。

3.6 高效的应急准备与响应机制

凡事预则立,不预则废。必须针对识别出的重大风险,如溃坝、坍塌、火灾等,编制切实可行的专项应急

预案。预案要明确应急组织架构、响应流程、救援措施和物资保障，并与地方政府及专业救援力量的预案有效衔接。要定期组织实战化应急演练，特别是不预先通知的“双盲”演练，检验预案的有效性和队伍的协同作战能力^[4]。演练后必须进行复盘评估，不断修订完善预案，确保在事故发生时能够迅速、有序、高效地开展救援，最大限度减少损失。

4 实践案例分析——以某水库除险加固工程为例

4.1 工程概况与安全挑战

该水库位于某省山区，是一座以防洪、供水为主的大（2）型水库。因坝体老化、渗漏严重，被列为省级重点除险加固项目。工程总投资4.2亿元，工期28个月，主要施工内容包括大坝防渗墙浇筑、溢洪道改建、输水隧洞衬砌及高边坡支护等。施工现场地形陡峭、地质破碎，且涉及爆破、深基坑、高处作业等多种高风险工序，安全管理难度极大。

4.2 安全管理体的构建

项目部依据《水利工程建设安全生产管理规定》和ISO 45001标准，构建了“五位一体”安全管理体系：

（1）组织保障：成立以项目经理为第一责任人的安全生产领导小组，设立专职安全总监，形成“公司—项目部—作业班组”三级管理网络；（2）制度建设：制定30余项安全管理制度，涵盖责任制、危险源辨识、隐患排查、应急管理等方面；（3）教育培训：实施全员“三级安全教育”，特种作业人员100%持证上岗，并定期开展安全技术交底；（4）科技支撑：引入智慧工地系统，集成视频监控、人员定位、边坡位移监测等功能，实现动态预警；（5）文化引领：推行“安全积分制”，将安全行为与绩效挂钩，营造“人人讲安全、事事守规程”的氛围。

4.3 关键措施与实践成效

在高边坡开挖前，项目采用无人机航测+BIM建模识别潜在滑坡区域，并布设自动化监测点；隧洞爆破严格执行“一炮三检”和警戒制度；汛期前组织防汛应急演练，配备充足抢险物资。通过全过程风险预控和闭环管理，工程在高峰期600余人同时作业的情况下，连续三年

未发生重伤及以上事故，顺利通过水利部安全生产标准化一级达标验收。

4.4 经验启示

该案例表明，水利工程施工安全不能依赖单一手段，必须将制度、技术、人员和文化有机融合，构建系统化、精细化、智能化的安全管理体系，才能真正实现“零事故、零伤害”的本质安全目标。

5 结语

水利工程施工现场安全管理体系的构建与实践，是一项关乎国计民生的系统工程。本文研究表明，摆脱传统被动、碎片化的管理模式，转向以PDCA循环为驱动、以双重预防机制为核心、以智慧化技术为支撑的现代化管理体系，是提升本质安全水平的必由之路。未来，随着数字孪生、大数据分析等技术的进一步成熟，水利工程施工安全管理将向更高阶的智能化、预测化方向发展。通过构建工程实体的数字孪生体，可以对各类风险进行仿真推演和超前预警；通过对海量历史安全数据的挖掘分析，可以精准预测事故发生的概率和模式，从而实现从“事中处置”到“事前预测”的根本性转变。然而，无论技术如何进步，以人为本、压实责任、培育文化始终是安全管理的灵魂。唯有将先进的技术手段与扎实的基础管理、深厚的安全文化深度融合，才能真正筑牢水利工程施工安全的铜墙铁壁，为国家水网建设和经济社会高质量发展保驾护航。

参考文献

- [1]祝华田.水利工程项目施工现场的安全管理研究[J].中国科技纵横,2025,(21):134-136.
- [2]范春晖.水利工程施工现场安全管理标准化体系建设实践[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十一届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.云南省红河哈尼族彝族自治州弥勒市水资源调度中心,2025:147-149.
- [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.
- [4]柏亭鑫.水利工程项目施工现场的安全管理探析[J].产品可靠性报告,2025,(03):93-94.