

水利泵站运行安全评价指标体系构建与应用

姜振扬¹ 黄烈涛²

1. 南水北调东线江苏水源有限责任公司 江苏 南京 210046

2. 南水北调东线江苏水源有限责任公司项目管理分公司 江苏 南京 210046

摘要: 水利泵站作为水利系统的重要组成部分,其运行安全直接关系到区域水资源调配、防洪排涝以及农业灌溉等关键领域。构建科学合理的水利泵站运行安全评价指标体系,并制定有效的应用策略,对于提升泵站运行管理水平、保障水利系统稳定运行具有重要意义。本文深入探讨了水利泵站运行安全评价指标体系的构建原则、方法以及具体指标内容,同时提出了该指标体系在实际应用中的策略,旨在为水利泵站的安全运行管理提供理论支持与实践指导。

关键词: 水利泵站; 运行安全; 评价指标体系; 应用策略

1 引言

水利泵站是利用机电提水设备及其配套建筑物,给水流增加能量,使其满足兴利除害要求的综合性枢纽工程。在农业灌溉、城市供水、防洪排涝以及跨流域调水等方面发挥着不可替代的作用。然而,水利泵站在运行过程中面临着诸多安全风险,如设备老化、自然灾害、管理不善等因素都可能导致泵站运行故障,甚至引发安全事故,造成严重的经济损失和社会影响。为了有效防范和化解水利泵站运行安全风险,建立一套科学、全面、可操作的评价指标体系至关重要。该指标体系能够系统地评估泵站运行安全的各个方面,为管理者提供决策依据,以便及时发现安全隐患并采取相应的措施进行整改。同时,合理的应用策略可以确保评价指标体系在实际工作中发挥最大效能,提高水利泵站运行安全管理的效率和水平。

2 水利泵站运行安全评价指标体系构建原则

2.1 科学性原则

评价指标体系的构建必须基于科学的理论和方法,确保指标能够准确、客观地反映水利泵站运行安全的实际情况。指标的选择应具有明确的科学内涵,能够真实地体现泵站运行过程中与安全相关的各种因素。例如,在设备指标方面,应依据机械工程、电气工程等相关学科的理论,选取能够反映设备性能、可靠性和运行状态的指标,如设备的振动、温度、绝缘电阻等参数,这些参数能够科学地反映设备的健康状况,为评价泵站运行安全提供可靠依据。

2.2 全面性原则

水利泵站运行安全涉及多个方面,包括设备设施、人员管理、环境条件等。因此,评价指标体系应涵盖这些主要因素,确保不遗漏任何可能影响泵站运行安全的

关键环节。在设备设施方面,不仅要考虑主机组、电气设备等核心设备,还要涵盖辅助设备、管道阀门等配套设施;在人员管理方面,要涵盖人员的资质、培训、操作规范等多个维度;在环境条件方面,要考虑自然环境(如洪水、地震等)和社会环境(如周边施工、人为破坏等)对泵站运行安全的影响。只有全面考虑各个方面的因素,才能构建出一个完整、有效的评价指标体系。

2.3 可操作性原则

评价指标应具有明确的定义和计算方法,数据易于获取和量化。在实际应用中,能够方便地对各项指标进行测量和评估,避免指标过于复杂或难以操作。例如,在选择设备运行效率指标时,应采用行业内通用的计算方法,并且相关数据可以通过泵站的监测系统或常规检测手段获取^[1]。同时,指标体系的层次结构应合理,便于进行分层评价和综合分析,使评价结果能够清晰地反映出泵站运行安全的不同层面和问题所在。

2.4 动态性原则

水利泵站的运行环境和条件会随着时间不断变化,设备也会逐渐老化、更新。因此,评价指标体系应具有一定的动态性,能够适应这些变化。指标的设置应考虑到泵站运行的不同阶段和发展需求,定期对指标体系进行评估和调整。例如,随着新技术的应用,可能需要增加一些与智能化设备运行安全相关的指标;当泵站进行设备更新改造后,原有的部分指标可能不再适用,需要相应地进行修改或替换,以确保评价指标体系始终能够准确反映泵站运行安全的实际情况。

3 水利泵站运行安全评价指标体系构建方法

3.1 文献研究法

通过查阅国内外相关的学术论文、研究报告、行业标准以及政策文件等,了解水利泵站运行安全评价的研

究现状和已有成果。分析不同文献中提出的评价指标和方法,总结其中的共性和差异,为构建本地区的评价指标体系提供参考依据。例如,在研究过程中发现,许多文献都将设备可靠性作为重要的评价指标,但具体的指标设置和计算方法有所不同。通过对这些文献的深入研究,可以结合本地区水利泵站的实际情况,选择最适合的指标和计算方法。

3.2 专家咨询法

邀请水利行业的技术专家、管理人员以及相关领域的学者组成专家小组,就评价指标体系的构建进行咨询和讨论。专家们凭借其丰富的实践经验和专业知识,能够对指标的选择、权重分配等方面提出宝贵的意见和建议。在咨询过程中,可以采用问卷调查、专题研讨会等形式,充分听取专家的意见,对初步构建的指标体系进行修改和完善。例如,专家们可能会指出某些指标在实际应用中难以获取准确数据,或者某些指标对泵站运

行安全的影响程度被低估或高估,从而帮助调整指标体系,使其更加科学合理。

3.3 层次分析法(AHP)

层次分析法是一种将复杂问题分解为多个层次,通过两两比较确定各层次元素相对重要性的方法。在构建水利泵站运行安全评价指标体系时,首先将评价指标体系分为目标层、准则层和指标层。目标层为水利泵站运行安全评价,准则层可以根据实际情况划分为设备设施、人员管理、环境条件等多个方面,指标层则是具体的评价指标^[2]。然后,通过专家打分的方式,对同一层次各元素相对于上一层某元素的重要性进行两两比较,构建判断矩阵。计算判断矩阵的最大特征值和对应的特征向量,对特征向量进行归一化处理,即可得到各元素的权重。层次分析法能够有效地确定评价指标体系中各指标的权重,使评价结果更加客观、准确。

4 水利泵站运行安全评价指标体系具体内容

表1:水利泵站运行安全评价指标体系(建议)框架表

一级指标	二级指标	三级指标	量化要求(示例)
设备设施 指标	主机组 指标	振动	振动幅度 ≤ 标准值(具体值根据设备型号和厂家要求确定)
		温度	电机轴承温度 ≤ 80℃, 定子绕组温度 ≤ 120℃(具体值根据设备型号和厂家要求确定)
		效率	主机组效率 ≥ 设计效率的90%或行业标准值
	电气设备 指标	绝缘电阻	绝缘电阻 ≥ 规定值(如1MΩ,具体值根据设备电压等级和标准确定)
		接地电阻	接地电阻 ≤ 4Ω(具体值根据相关标准和泵站实际情况确定)
		继电保护装置 动作可靠性	模拟故障试验中,继电保护装置动作正确率100%
	辅助设备 及管道阀 门指标	油压系统压力	油压系统压力在正常工作范围内波动(如±5%以内,具体值根据设备要求确定)
管道阀门密封性		定期检测中,泄漏率 ≤ 规定值(如0.1%,具体值根据泵站要求和行业标准确定)	
人员管理 指标	人员资质	专业技术人员比例	专业技术人员比例 ≥ 60%(具体值根据泵站规模和要求确定)
		特种作业人员 持证上岗率	特种作业人员持证上岗率100%
	培训与 教育	年度培训计划完成率	年度培训计划完成率 ≥ 90%
		培训效果评估	培训后考试合格率 ≥ 90%,或实际操作考核通过率 ≥ 90%
	操作规范	操作规程执行率	操作规程执行率 ≥ 95%
违规操作次数		违规操作次数 ≤ 规定次数(如每月不超过2次,具体值根据泵站要求确定)	
环境条件 指标	自然环境	洪水影响	制定防洪措施,确保泵站能抵御设计洪水(如50年一遇洪水)
		地震影响	采取抗震设计和加固措施,确保泵站能抵御规定地震烈度(如7度地震)
	社会环境	周边施工影响	评估周边施工影响,采取必要防护措施,确保泵站正常运行
		人为破坏风险	加强安全保卫工作,设置监控设备、围墙等,降低人为破坏风险至可接受水平

5 水利泵站运行安全评价指标体系应用策略

5.1 建立定期评价机制

为了确保水利泵站运行安全评价工作的系统性和连续性,需要建立科学合理的定期评价机制。根据泵站的规模、重要性及其运行特点制定详细的评价计划,明确

评价的时间周期和具体内容。例如,小型且稳定的泵站可每季度进行一次全面评价,而大型关键泵站则应每月进行详细评价并每年开展深入的年度综合评价。评价内容从日常运行参数监测到人员操作规范执行情况、辅助设备状况等逐步扩展深化^[3]。此外,还需规范评价流程,

成立由设备技术专家、安全管理人员和运行操作人员组成的专门小组，并在评价前组织学习相关标准和方法。评价过程中，需严格按照指标体系收集数据，确保自动化与人工数据的准确性和完整性。评价工作完成后，应及时整理分析数据形成报告，包括总体状况、评价结果、问题隐患及改进建议，并反馈给相关部门和个人，以支持决策管理。最后，通过跟踪机制监督整改措施的实施效果，实现闭环管理，持续提升泵站的安全运行水平。这种系统化的管理方式有助于提高水利泵站的安全性，保障其稳定运行。

5.2 加强数据采集与管理

为了提升水利泵站的运行安全，必须加强数据采集与管理。首先，完善数据采集系统，针对不同设备安装自动化监测设备，如振动传感器、温度传感器等用于实时监测主机组状态；为电气设备配备绝缘电阻测试仪等进行定期检测并将数据自动上传。同时，建立人员信息管理系统记录资质证书、培训记录等，并通过打卡设备和在线学习平台跟踪操作行为和培训效果。此外，在泵站周边安装气象监测设备及特定灾害监测仪器以获取环境数据。确保数据质量方面，需定期校准监测设备并规范人工数据采集流程，设置数据校验机制减少误差，建立备份恢复机制保证数据完整性，优化传输网络确保数据及时更新，并设立预警机制以便异常时快速响应。进一步，建立数据管理系统采用数据库技术分类存储数据，利用分析工具挖掘数据价值，例如预测设备故障或评估人员技能水平^[4]。最后，构建数据共享平台促进内部与上级部门间的数据流通，将分析结果应用于日常管理和决策，如制定维护计划或优化培训方案，从而充分发挥数据在提升泵站运行安全性中的重要作用。这种综合性的数据管理方法不仅增强了泵站的安全性，也提高了整体运营效率。

5.3 根据评价结果制定整改措施

根据水利泵站运行安全评价结果，需对发现的问题和安全隐患进行详细分类与评估。设备设施类问题如设备老化、故障或维护不足；人员管理类问题包括资质不符、操作不规范及培训不足；环境条件类问题涵盖自然灾害风险、周边施工影响等。针对每类问题深入分析其成因、后果及严重性，例如评估设备老化的剩余使用寿命及其潜在故障类型，或者探究操作不规范背后的原因

并评估其风险。基于这些问题的分类与评估，制定具有针对性和可操作性的整改措施和计划。比如，对于设备老化，制定更新改造计划，明确技术要求、实施时间和预算；针对人员操作不规范，则加强培训和完善操作规程。整改计划需明确责任人、期限和目标，确保任务具体落实到部门和个人，并设定合理的完成时间以实现特定的改进目标，如降低设备故障率或提升操作规范执行率。为确保整改措施的有效实施，建立整改跟踪机制，定期检查进度并向管理部门汇报，解决过程中遇到的问题。整改期满后，通过实地检查、数据核实等方式严格验收整改结果，对达标问题销号处理，未达标则继续整改直至符合标准。最后，总结反思整改过程中的经验教训，为未来的安全管理提供参考，不断优化泵站的安全管理水平。这种系统化的整改措施不仅有助于解决当前存在的问题，也为持续提高泵站运行安全性奠定了基础。

结语

水利泵站运行安全评价指标体系的构建与应用是保障水利泵站安全、稳定运行的重要手段。通过遵循科学性、全面性、可操作性和动态性等原则，采用文献研究法、专家咨询法和层次分析法等方法，构建包含设备设施、人员管理和环境条件等多个方面的评价指标体系，能够全面、准确地评估泵站运行安全状况。在实际应用中，通过建立定期评价机制、加强数据采集与管理、根据评价结果制定整改措施，可以确保评价指标体系发挥最大效能，提高水利泵站运行安全管理的水平，为水利事业的发展提供有力保障。未来，随着科技的不断进步和管理理念的更新，水利泵站运行安全评价指标体系还将不断完善和发展，以适应更加复杂多变的运行环境和管理需求。

参考文献

- [1]王义美.基层水利泵站安全运行及规范化管理策略研究[J].中国设备工程,2025,(03):51-53.
- [2]秦国华.水利工程中大型泵站的安全运行管理分析[J].河南水利与南水北调,2024,53(11):54-55.
- [3]王振清.农业水利工程泵站的安全运行及管理措施研究[J].数字农业与智能农机,2024,(04):57-59.
- [4]田扬.水利工程中泵站的安全运行管理分析[J].中国设备工程,2023,(10):17-20.