

# 水管单位安全预防体系 动态评估模型建立和应用

陈 钟,陈星辰,孙 松,傅 金,张 杰

(江苏省洪泽湖水利工程项目管理处,江苏 淮安 223100)

**摘要:**为建立水管单位安全预防体系动态评估模型,引入PDCA循环管理模式,结合石港站工程实际,首先构建“双预防”体系,对挑选出的专家进行权威性判断,得出权向量,再对工程进行风险评价,使用权向量对风险值进行修正,判断出风险因素。同时,引入安全网格化巡查方法,对工程进行隐患排查,筛选出主要隐患,结合风险因素,得出工程主要防控因素,采用对策性鱼骨法对风险因素提出管控措施,最终形成评估模型,为水利工程安全风险评估及隐患排查治理“双预防”机制提供借鉴。

**关键词:**安全预防; PDCA 循环; 专家权重; 风险评价

中图分类号:TV698

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2022)12-0045-0004

## Establishment and application of dynamic evaluation model of safety prevention system in water management units

CHEN Zhong, CHEN Xingchen, SUN Song, FU Jin, ZHANG Jie

(Jiangsu Hongze Lake Water Conservancy Project Management Office, Huai'an 223100, China)

**Abstract:** In order to establish the dynamic evaluation model of the safety prevention system of water management units, this paper introduces the PDCA circulation management mode. According to the actual situation of Shigang station project, the “double prevention” system is built at first, the authoritative judgment on the selected experts is made, the weight vector is obtained. Then the project is evaluated for risk, and the risk value is corrected using the weight vector to determine the risk factors. At the same time, the safety grid inspection method is introduced to investigate the hidden dangers of the project and screen out the main hidden danger. Combined with risk factors, resulting in the main prevention and control factors, control measures are proposed to risk factors by using the countermeasure fishbone method, and an assessment model is finally formed, which provide experience and reference for the “double prevention” mechanism of safety risk assessment and hidden danger investigation and treatment of water conservancy projects.

**Key words:** safety prevention; PDCA circulation; expert weight vector; risk assessment

安全生产“双预防”机制是一种风险评估和隐患排查防控措施,是实现把风险控制在隐患形成之前,把隐患消灭在事故前面的有效措施<sup>[1]</sup>,随着事故

预防工作逐步向科学化、信息化、标准化推进,“双预防”机制工作方法尤为重要。目前,水管单位风险评估工作采用的是水利部危险源辨识和风险评

收稿日期: 2022-09-07

作者简介: 陈钟(1989—),男,本科,工程师,主要从事水利工程建设管理工作。E-mail: 1071118916@qq.com

价导则(包括堤防、淤地坝、水电站、泵站、水库和水闸等),采用风险矩阵法(LS法),在3个层级(分管责任人、部门责任人、运行管理人员)中挑选专家,专家挑选随机性较大,权威性体现不足,各专家取值差距较大,对照检查表来排查隐患只是静态排查工作,无法动态体现工程状况,管控措施也不能系统地提出解决方法。本研究根据管理学中PDCA循环模型<sup>[2]</sup>,建立安全预防体系动态评估模型,可解决上述问题。

PDCA循环是美国质量管理专家Walter A. Shewhart首先提出的,主要应用于质量管理工作中,国内相关研究开始于20世纪70年代,并渐渐应用于其他行业。张宇栋等<sup>[3]</sup>运用PDCA闭环管理理念,构建企业生产事故隐患排查治理信息化模型;黄萍等<sup>[4]</sup>采用PDCA循环方法筛选和优化培训指标,再利用层次分析法分析出企业安全培训中的关键和重点;曹坤茂等<sup>[5]</sup>基于PDCA闭环管理模式进行改进,建立“411”安全管理模式,作为电力企业新业务风险管控方法;陈钟等<sup>[6]</sup>建立安全标准化创建“1+N”模型,采用PDCA闭环管理作为实现模型的条件,进一步推进水利安全标准化工作。大多数学者研究的领域为企业单位,未能引入到水利工程管理单位,本文提出根据“双预防”机制的要求,按照PDCA循环中4个阶段,即Plan(计划)、Do(执行)、Check(检查)和Act(处理),结合工程实际加以改进,建立水管单位安全预防体系动态评估模型,作为预防事故隐患的重要手段。

## 1 安全预防体系动态评估模型

建立水管单位安全预防体系动态评估模型的

方法包括体系构造、方法设计和建立模型3部分(图1)<sup>[7]</sup>,主要靠以下4个步骤来实现。

(1)体系构造。预防体系主要是根据风险评估和隐患排查治理两方面来构建。

(2)风险评价。金远征等<sup>[8]</sup>提出利用专家权重改进LEC法,解决了在评估过程中主观性较强,风险容忍度考虑不充分的问题,根据此类方法,在管理单位3个层级(分管责任人、部门责任人、运行管理人员)中挑选专家,并计算出权向量,利用挑选出的专家对水利工程进行危险源辨识和风险评价(风险评价方法为LS法),根据风险等级表,分析出水利工程风险因素。

(3)隐患排查。根据网格化“定岗、定员、定责”方式<sup>[9]</sup>进行排查,制定工程安全排查网格图,对工程进行动态排查。

(4)管控措施。针对风险因素和主要安全隐患,利用对策性鱼骨法<sup>[10]</sup>,提出水利工程管控措施。

安全预防体系动态评估模型的框架结构见图1。

## 2 工程概况

石港抽水站(以下简称石港站)位于金湖县,淮河入江水道北岸,设计流量120 m<sup>3</sup>/s,装机240台套,总容量1.32万kW,主要承担宝应湖地区1 001 km<sup>2</sup>的排涝任务,2009年4月被鉴定为四类泵站。2013年11月石港站更新改造主体工程正式开工,更新改造主体工程包括新建泵站、清污机桥、上下游引河、堤防以及管理设施等。新建泵站设计流量为90 m<sup>3</sup>/s,安装4台套立式液压全调节轴流泵,单机流量22.5 m<sup>3</sup>/s,配同步电动机1 800 kW,总装机容量7 200 kW。石港站

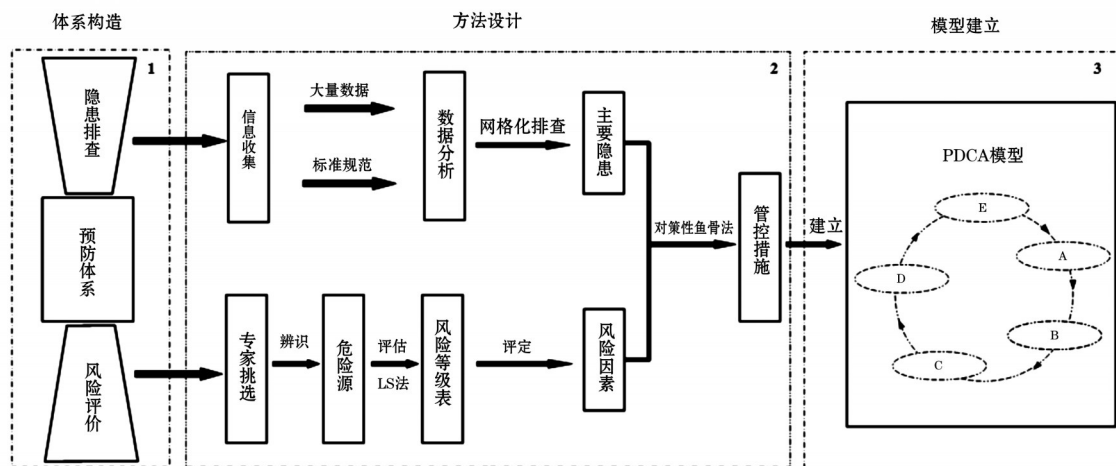


图1 安全预防体系动态评估模型框架结构

管理单位为江苏省石港抽水站管理所(以下简称石港所)。

### 2.1 专家挑选

将挑选的专家分成3组,分别为3个层级分管负责人A、部门负责人B、运行管理人员C,各层级选取专家,并利用专家权重<sup>[11]</sup>来挑选专家,综合考虑从事专业年限、专业技术水平、从事安全生产工作经验、泵站工程管理工作技术水平等4个方面来确定(表1),一级、二级、三级专家的可信度 $\beta$ 分别为1.0、0.8、0.6。

表1 专家分级标准

一级	二级	三级
从事专业年限10年以上,有相关的安全生产工作经验,水利运行类高级工程师及以上	满足以上条件 2项	满足以上条件 1项

在石港所3个层级A、B、C中挑选6位专家分别对专家可信度进行评级,专家可信度 $\beta$ 取值见表2。3组专家可信度高,权威性较大,综合可信度分别为1.0、0.8、0.92,计算得出权向量 $=[0.192, 0.192, 0.192, 0.154, 0.154, 0.116]$ 。

表2 专家综合可信度

专家分组	$\beta_1$	$\beta_2$
分管负责人(A)	1.0	1.0
部门负责人(B)	1.0	0.8
运行管理人员(C)	0.8	0.6

### 2.2 安全风险评价与风险因素分析

根据水利部泵站风险评价导则,对石港站工程进行危险源辨识,再采用LS法对辨识出的危险源进行评价,计算式为

$$R = L \times S \quad (1)$$

式中: $R$ 为风险值, $L$ 为事故发生的可能性, $S$ 为事故造成危害的严重程度。

根据一般危险源风险等级划分标准表——风险矩阵法(LS法),判断出危险源风险等级,分析工程风险因素包括结构破坏、坍塌、渗漏、漫溢、设备破坏、人身伤害、物体打击等。

### 2.3 隐患排查方法

隐患排查采用安全生产网格化巡查方法,结合石港站工程实际,建立安全生产网格化管理组织

图,主要分为四级管理网络(图2),形成风险管控、隐患排查、应急预警的安全网,层层递进,具有信息传递快、应急反应快等特点。

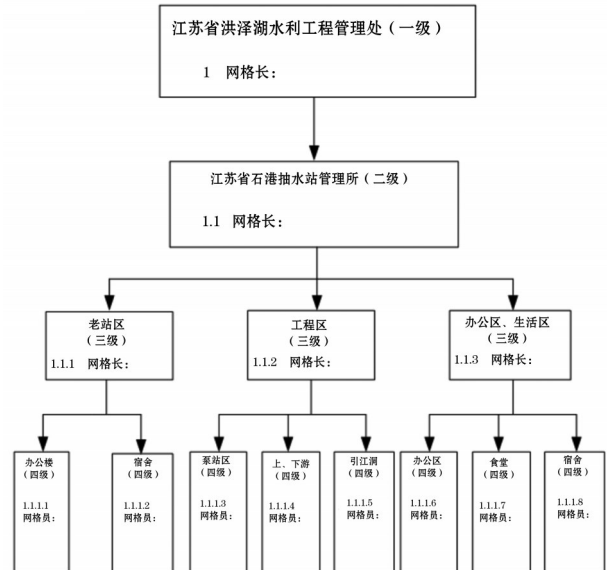


图2 石港站安全生产网格化管理组织

自2018年网格化实行以来,结合水利部网上填报系统隐患信息,石港所排查发现的主要隐患有:水泵底座渗水,循环冷却水管路压力表损坏;行车缓冲垫破损,救生圈老化,救生绳破损,部分安全警示标牌损坏、老化;应急灯等预防预警装置损坏,泵站维修养护时个别人员未佩戴安全防护用品等。排查隐患主要体现在设施损坏、设备破坏、人员伤害、物体打击等方面。

### 2.4 管控措施

根据安全风险评估和隐患排查治理“双预防”机制的排查,石港站需要重点管控的风险因素为结构破坏、渗水漫溢、物体打击、设备损坏、人员伤害等。采用鱼骨分析法对策型鱼骨图,从“人、物、预、资、时”等5个方面来对石港站风险因素提出管控措施,这5个方面具体为管理人员责任、防控措施、预案编制、资金落实和时限,详见图3~7。

### 2.5 模型的建立

根据上文分析,根据PDCA循环,建立石港站安全预防体系动态评估模型(图8)。体系构建为计划(P)过程,构建安全风险评估和隐患排查“双预防”机制;风险评价为执行(D)过程,挑选专家,采用LS法评价,分析风险因素;隐患排查为检查(C)过程,采用安全生产网格化检查法,动态查找隐患;制定措施为纠正(A),针对风险因素和主要隐患落实管



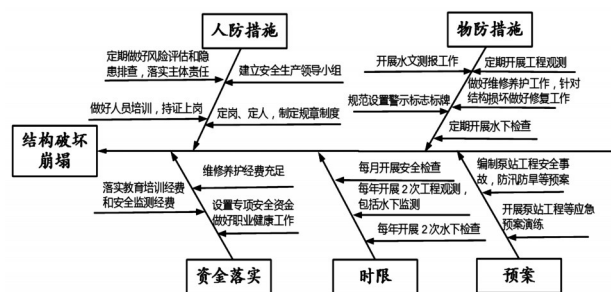


图3 结构破坏

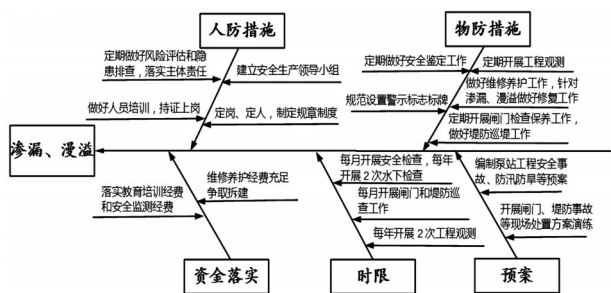


图4 渗漏漫溢

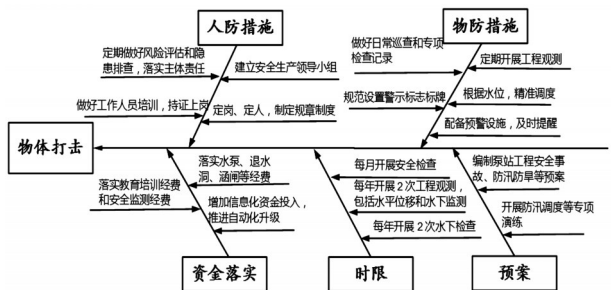


图5 物体打击

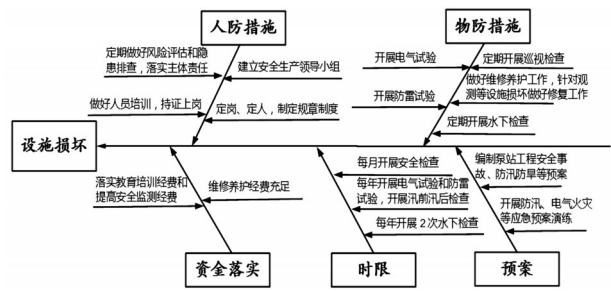


图6 设施损坏

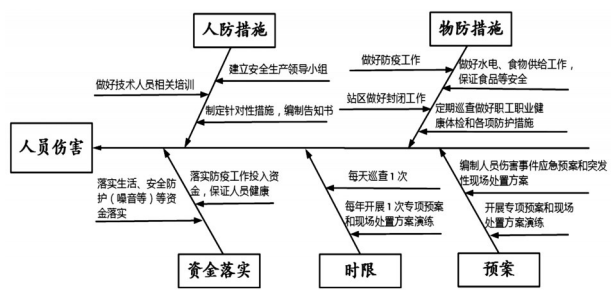


图7 人员伤害

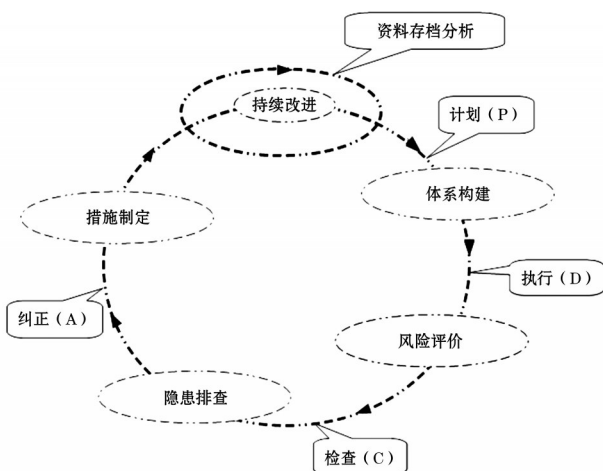


图8 石港站安全预防体系动态评估模型

控措施。最后进行持续改进,过程中形成资料信息并进行存档,便于分析总结。

### 3 结 语

本文基于PDCA循环管理模式,根据“双预防”机制要求,建立泵站工程安全预防体系动态评估模型,针对石港站工程现状,把结构破坏、坍塌、渗漏、漫溢、设备损坏、人身伤害、物体打击等风险因素作为日常管控重点。把安全风险评价和隐患排查治理工作作为安全生产的常态化工作,在专家选取上加入权威性判断,使用权向量对风险值加以修正,采用安全网格化巡查方法,全方位进行隐患排查。针对分析出的主要风险因素,采用对策性鱼骨法从“人、物、预、资、时”等5个方面提出管控措施,该模型可在水利工程“双预防”工作中进行推广。

#### 参考文献:

- [1] 朱舟波,王振,唐雨婕,等. 舟山绿色石化基地事故案例分析[J]. 中国安全生产,2021,16(12):68-69.
- [2] 杨香东,刘大洋,熊壮. 湖北EPC总承包水利项目现场管控的探索与实践[J]. 水利建设与管理,2022,42(1):43-46.
- [3] 张宇栋,吕淑然,李玉杰. 生产事故隐患排查治理及预警管理信息系统研究[J]. 安全与环境工程,2017,24(2):148-152.
- [4] 黄萍,徐晶晶. 基于风险偏好信息的企业安全培训质量影响因素评估[J]. 安全与环境工程,2017,24(2):121-125.
- [5] 曹坤茂,高娜,王理金,等. 基于风险分析的电力企业新业务新业态安全管理模式研究[J]. 中国安全生产科学技术,2022,18(1):201-206.

(下转第57页)

反之,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  除在第Ⅱ阶段外,各阶段均保持良好去除率。表明在本研究中,以砾石为填料,以再力花、美人蕉、鸢尾为所培植物的表面流人工湿地在  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  处理方面效果较好。

李杨克等<sup>[15]</sup>对昆山市滨河城市广场一表面流人工湿地进行长达18个月的调研,发现当停留时间为15 h时,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  和TP去除效率为38.4%和35.6%, TP去除与本研究高质量浓度磷去除效果相当,而  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  平均去除率却较本研究低。

### 3 结 论

本研究通过现场中试实验,发现不同类型湿地对不同质量浓度污染物去除率大多呈现出随污染物浓度的增加先有略微降低再升高,最后达到纳污饱和而降低的趋势。经综合评估,本研究中各湿地对污染物削减能力强弱如下:复合湿地>垂直潜流湿地≈潮汐流湿地>表流湿地>自然仿真河道湿地。复合湿地对各污染物的去除效果稳定高效,其对各指标去除效率均能达到60%以上。另外,复合湿地具有较强的抗负荷能力,能有效应对各污染物变化带来的冲击。

#### 参考文献

- [4] 李小艳,丁爱中,郑蕾,等. 1990—2015年人工湿地在我国污水处理中的应用分析[J]. 环境工程,2018,36(4): 11-18.
- [5] CARVALHO P N, ARIAS C A, BRIX H. Constructed wetlands for water treatment: new developments [J]. Water, 2017,9(6):397.
- [6] BADEJO A A, OMOLE D O, NDAMBUKI J M, et al. Municipal wastewater treatment using sequential activated sludge reactor and vegetated submerged bed constructed wetland planted with *Vetiveria zizanioides* [J]. Ecological Engineering, 2017(99):525-529.
- [7] 魏俊,赵梦飞,刘伟荣,等. 我国尾水型人工湿地发展现状[J]. 中国给水排水,2019,35(2):29-33.
- [8] 王婷,耿绍波,常高峰. 人工湿地植物对生活污水净化作用的研究进展[J]. 环境科学与技术,2013(增刊1): 210-212,227.
- [9] 郝明旭,霍莉莉,吴珊珊. 人工湿地植物水体净化效能研究进展[J]. 环境工程,2017,35(8):5-10.
- [10] MAINE M A, SUNE N, HADAD H, et al. Removal efficiency of a constructed wetland for wastewater treatment according to vegetation dominance [J]. Chemosphere, 2007,68(6):1105-1113.
- [11] 汤显强,李金中,李学菊,等. 间歇曝气对人工垂直潜流湿地氮磷去除性能的影响[J]. 环境科学,2008,29(4): 896-901.
- [12] 聂志丹,年跃刚,金相灿,等. 3种类型人工湿地处理富营养化水体中试比较研究[J]. 环境科学,2007(8): 1675-1680.
- [13] Li C Y, Wu S B, Dong R J. Dynamics of organic matter, nitrogen and phosphorus removal and their interactions in a tidal operated constructed wetland [J]. Journal of Environmental Management, 2015(151):310-316.
- [14] 余俊霞,陈双荣,刘凌言,等. 复合人工湿地系统对低污染水总氮的净化效果及其微生物群落结构特征[J]. 环境工程,2022,40(1):13-20.
- [15] 李杨克,郑夕春,费一鸣,等. 滨河城市广场表面流人工湿地的水质净化效能[J]. 中国给水排水,2017,33(5): 55-60.
- [6] 陈钟,陈星辰,陈凯. 安全生产标准化“1+N”模型的建立与应用[J]. 水利建设与管理,2020,40(5):67-71.
- [7] 程江洲,朱偲,付文龙,等. 基于贝叶斯网络的水力发电系统动态风险评估方法[J]. 水利学报,2019,50(5): 631-640.
- [8] 金远征,崔守臣,赵礼,等. 基于改进LEC法的水利施工安全风险评估与管控[J]. 人民长江,2018,49(19): 63-66.
- [9] 徐铭,陈凯,施翔,等. 安全生产网格化监管在基层水管单位的应用实践[J]. 江苏水利,2019(12):63-65.
- [10] 张甲,裴晓. 巴基斯坦码头项目风险管理分析和策略分析[J]. 中国设备工程,2021(2):245-246.
- [11] 秦根泉,田慧,苏晓林. 土坝渗压分析一元线性回归模型构建与应用[J]. 水利建设与管理,2022,42(3): 73-80.

(上接第48页)