

# 水电站年度机组检修全过程管控机制构建

刘 强, 王 志

(雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都 610051)

**摘要:** 电力行业年度检修存在广泛且作业风险高、管控难度大等特点, 笔者针对水电站年度机组检修总结了“PDCA+PF-PI 双循环”的全过程管控机制, 从作业执行和管理监督层面实现全面闭环, 经理论和实际检验, 能够改善工作习惯, 改良工作方法, 提升检修效率, 提高管理成效, 使水电站年度检修工作更加安全平稳, 安全自主保障能力得到稳步提升, 同时达到安全管理自修正、自提升、自发展效果。

**关键词:** 检修; 全过程管控; 机制构建; 安全管理

**中图分类号:** TM312; TU714

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-2184(2024)01-0107-04

## Construction of Management and Control Mechanism for the Whole Process of Annual Unit Maintenance of Hydropower Stations

LIU Qiang, WANG Zhi

(Yalong River Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610051)

**Abstract:** The annual maintenance of the power industry has the characteristics of wide range, high operational risks, and high difficulty in management and control. The article summarizes the whole process management and control mechanism of "PDCA + PF-PI Dual Cycle" for the annual unit maintenance of hydropower stations, achieving a comprehensive closed-loop from the level of operation execution and management supervision. After theoretical and practical testing, it can improve working habits, working methods, maintenance efficiency, and management effectiveness, making the annual maintenance of hydropower stations safer and more stable, steadily improving the ability to independently ensure safety, and in safety management achieving self-correction, self-improvement, and self-development.

**Keywords:** Annual maintenance; Whole process control; Mechanism; Safety management

## 0 引言

水电站年度机组检修是一年一次的预防性检修的项目, 涉及登高、起重、动火、压力容器和密闭空间等各类特种作业, 部分作业现场具有情况复杂、交叉作业风险高、时间跨度长、协同难度大等特点, 如果现场安全管控不到位, 就可能发生工作人员伤亡和设备事故<sup>[1]</sup>。

按照检修工作开展阶段, 年度检修一般包括检修策划、检修动员、前期准备、检修实施、效果评估、总结提升等环节, 要实现年度检修全过程管控, 就要将各环节进行闭环管理; 但常规的闭环管理只是针对检修现场的作业执行层面进行闭环, 侧重于班组在检修现场的作业实施, 通常采用的手段是“PDCA 循环”。

由于受省能心理和现场工作状况实时变化的影响, “PDCA 循环”在执行质量受人员状态波动影响较大, 检修工作开展过程中会存在安全隐患; 究其原因, 全面质量管理理论包括“人、机、料、法、环”五项主要因素, 但“PDCA 循环”只是对“机、料、法、环”四项客观条件进行约束, 无法实现对“人”这一因素的闭环管理, 而“人”的因素是生产管理中的最大难点, 也是所有管理理论中讨论的重点, 若人的因素无法实现闭环管控, 则其他因素也无法保证, 全过程管控更无从实现。而人的状态约束必须通过管理环节的流程制定完善、监督检查考核得以实现。因此, 除作业执行环节需要闭环管理外, 有必要对监督检查考核环节实施闭环管理。

锦屏电厂经过不断丰富和完善, 形成了以

收稿日期: 2023-03-08<sup>]</sup>

“PDCA+PFPI 双循环”为构架的全过程管控机制,人员安全意识和行为习惯得到稳步提升,安全管理机制得已健全完善,水电站年度检修工作的安全性和高效性得到极大提升。

首先根据检修工作实际情况和既有理论研究,将传统的“PDCA 循环”应用于检修日常作业,形成检修期作业执行层面“PDCA 循环”。

## 1 检修期作业执行层面“PDCA 循环”

作业执行层面的全过程管控主要针对每日检修工作的具体开展,具体分为“PDCA”四个环节,分别是 Plan—工作策划、Do—工作开展、Check—工作核查、Action—总结提升。

### 1.1 Plan—工作策划

检修工作能否安全高效开展,策划工作非常重要<sup>[2]</sup>。因此每项检修工作在开始前,都要进行细致的策划分析,确定具体实施方式和步序,在工作开展时严格按照策划内容进行。

(1)提前整理出次日工作计划。对照整理年度定期维护工作计划、月度安全生产工作计划、机组检修项目进度计划,提前一天整理出计划性工作。此外,运行值班人员与各检修班组沟通确认,明确次日各具体工作时段的配合内容,掌握所有工作项目,进而整理出次日《计划工作清单》。

(2)工作分析及任务分解。结合系统运行方式、检修整体进度等限制因素,次日当班运行值班统筹考虑各工作是否具备开展条件。将梳理好的所有工作内容对应分配至具体责任人,按照工作任务、开展具体时间段、工作负责人、工作许可人或运行配合人员的对应关系制成《工作任务清单》,该清单内容即为次日要进行的全部工作。

(3)前期工作准备。各工作负责人将工作票(或检修交待)填写完成、提交工作许可人审核,许可人审核工作票和工作方案,双方完成事前沟通,就工作步序、主要风险、控制措施等内容达成一致意见后,工作许可人准备操作工作票。

### 1.2 Do—工作开展

(1)检修交代。工作票负责人对检修情况进行交代,提出配合试验申请。交代内容须能够充分证明所申请试验具备开展条件,如涉及系统性试验,需要从机械、电气、保护和控制等各方面交

代试验条件。试验申请部分应当详细说明需要变更的安全措施,以便全面排查相关交叉工作面,确保不会对其它交叉作业面造成人身和设备影响。

(2)工作可行性检查。结合检修交代内容、检修进度和当前系统方式,确认申请内容是否满足开展条件。审查申请内容是否涉及其余工作面,重点排查在空间上和安全措施上是否存在交叉,若是,须通知所有交叉工作面负责人进行会签,确认该申请具备开展条件。

(3)操作票三级审核。根据检修交代内容及“四考虑五对照”原则,操作票由操作人填写、监护人审核和值班长批准,完成三级审核,确保操作步序及内容正确完整。

(4)编制风险预控卡。操作票填写人根据操作环境、操作对象、操作项目和步序等因素,考虑操作票执行过程中存在的风险点,针对性采取控制措施。通常采用 LEC 法评估操作风险,LEC 法是一种常用的危险评价方法<sup>[3]</sup>,用风险有关的三种因素指标值的乘积来评价操作人员伤亡风险大小。评估出的风险等级应与控制级别相吻合。

(5)现场操作。操作出发前值班长交代注意事项,操作人、监护人按票执行操作,在操作过程中监护人及时汇报现场进度。

(6)汇报归档。配合操作完成后,监护人向值班长汇报相关过程及结论,值班长在值守日志中进行记录,操作票进行流程闭环、盖章、归档。

### 1.3 Check—工作核查

(1)涉及重要或重大操作,安排技术能力和岗位均满足要求的人员进行全程跟踪监察,填写 PJO(计划工作观察)表,在表中写明观察过程中发现的亮点和不足,向值班长反馈。

(2)管理人员对操作结果进行核查,重点检查操作质量是否合格,现场操作结果是否满足安全、文明生产要求。

(3)定期检查两票执行情况,并定期公开通报检查情况。

### 1.4 Action—总结提升

(1)小组内部每日召开班后会,对值班期间一些好的做法和存在的不足进行总结,针对不足制

定改进方法,全员监督落实。

(2)部门在每一轮交接班会议上进行工作总结,对该轮值班期间存在的亮点与不足进行通报,发出引导和倡议,提出后续工作要求。

## 2 检修期管理监督层面“PFPI 循环”

管理监督层面的全过程管控主要针对工作体系、制度和流程的优化,被具体分为 PFPI 四个环节,分别是 Plan—确立目标、Flow—建立流程、Progress—过程实施、Improve—持续改进。

### 2.1 Plan—确立目标

(1)编制水电站年度检修工作策划书,结合本年度检修工作具体情况、上年度检修期暴露的问题短板,明确该年度检修工作整体目标、组织措施、技术措施及重难点项目管控措施等。

(2)召开检修工作动员会,宣贯年度检修工作的安全目标、质量目标、进度目标、文明生产目标,各部门签署检修安全及质量责任书。

(3)结合水电站年度检修工作,在保证安全和进度的前提下,充分考虑员工业务技能培训提升需求,通过年度检修工作锤炼,不断促进人员技能水平提升。

(4)各班值分解上级目标,从班组层面制定“PDCA 循环”中各环节的安全、技术保障措施,每条措施的制定务必精确具体,确保可操作、能执行。

### 2.2 Flow—建立流程

(1)跨部门沟通,将检修工作开展过程中的各环节规范化标准化,便于统一执行。明确机组检修工作票必须提前完成签发并提交至待许可状态,明确检修繁忙当日多张工作票办理顺序、各项试验配合之间优先顺序,就检修交代书写规范性和统一性达成一致意见等。检修工作开展必须严格依据现场条件和操作规程,以全局视角统筹协调<sup>[4]</sup>。

(2)建立健全检修专题宣贯培训流程,并提前做好检修准备。学习历年检修期发生的事故,吸取经验的同时敲响警钟,使人员精神状态快速进入检修模式;宣贯检修期各类风险点,在技能储备和思想认识上做好事前应对;组织梳理各类工器具和易耗物资库存数量,检修前完成清点、补充和

校验工作,确保检修物资储备可靠,同时开展检修期各类工器具巩固培训,练好基本功。

(3)梳理检修过程,提前掌握工作流程。总结梳理以往机组各类检修的整体流程,将检修开始后每日要进行的工作进行归纳,固化程序、形成材料清单,并全员宣贯学习,掌握检修每阶段工作任务、主要风险和控制措施。

(4)建立检修工作沟通机制。创建班组长工作沟通群,检修期每日 19:00 前,各班组将次日需要开展的工作和试验配合项目在群内发布,以便运行值班人员提前统筹策划,确保“PDCA 循环”中的“P 环节”充分执行。

(5)明确“PDCA 循环”各环节的执行方式和考核标准,制定保障措施和考核细则,确保各环节有章可依、有法可守。

### 2.3 Progress—过程实施

(1)根据检修前整体策划,按部就班开展各阶段检修工作。对检修过程中不同环节开展相应等级的风险管控,针对出现的新问题召开专题分析讨论会,制定应对方案,明确具体解决方式。

(2)检查既定流程的落实情况,督促各项流程严格执行。重点检查日常 PDCA 循环是否得到严格落实,作业人员工作习惯和意愿意识是否与规章制度得到深度统一,发现问题及时纠正,形成实时闭环。

(3)针对水电站年度检修中的非常规项目,按照提前编制审批的专项实施方案稳步开展,并进行分阶段实施、管控、验收和评估,确保每一步策划分析到位、安全管控到位、质量落实到位。

### 2.4 Improve—持续改进

(1)每台机组检修结束后,开展单台机组检修总结,将检修过程中的技术经验固化下来,为后续机组检修丰富知识储备;年度检修结束后,开展年度检修总结,从管理和组织层面固化经验、总结不足,并为下年度机组检修提供指导依据。

(2)将年度检修期间暴露出的问题进行汇总整理,从执行、管理和制度层面思考解决办法;就检修过程中频繁出现问题的环节,修订风险管控措施,必要时进行提级管控。

(3)系统梳理总结检修过程中暴露的问题和

不足,讨论原“PDCA循环”中各环节的执行流程和执行标准是否需要完善,根据实际情况进行修订,消除制度和流程上的漏洞。

(4)对新修编内容进行意见征集、公示、组织宣贯,投入生产工作。

### 3 “PDCA+PFPI双循环”构建全过程管控

利用“PDCA循环”可以实现每日检修作业的全过程管控,确保所有工作都能按照“周密策划—开展实施—质量核查—总结提升”的流程有序推进。但“PDCA循环”只是一套工作方法,在省能心理的支配下,操作者往往会做出违反规程规章的行为<sup>[5]</sup>。同时,检修现场随时可能出现新情况需要对原有流程进行补充完善和优化,要解决以上问题,还需有一套管理监督层面的闭环系统来加以保障。

利用“PFPI循环”可以实现监督管理层面的全过程管控,通过“确立目标—建立流程—过程实施—持续改进”流程不断发现和解决在“PDCA循环”执行中出现的各类问题,不断丰富和完善“PDCA循环”,控制和消除人为不安全因素,确保管理环节履职到位,保证“PDCA循环”的正确执行和良性发展。

经过两个年度检修的实践应用,检修作业现场不安全事件起数下降50%,检修进度控制更加精准,检修期人员减少约21.2%,检修工期缩短约17.6%,检修工作效率和人员技能水平得到稳步提升,人员配合更加规范、顺畅,表明“PDCA+PFPI双循环”构建的全过程管控机制能够实现作业和管理双闭环,能够提高管理成效,改良工作方

法,改善工作习惯,提升检修效率,使水电站年度检修工作的组织开展更加安全平稳。此外,该套体系通过双循环系统的互相补位和改进,能够实现安全管理体系上的自提升、自完善、自发展,不断促进安全管理体系更加健全完善。最后,此成果具备良好的推广适用性,在安全管理方面可以大量推广。

### 4 结语

随着中国安全管控力度不断升级,对于安全生产主体责任落实情况的考核逐年增强,全过程管控不应当只停留在作业执行环节,更应当包括管理监督环节。“PDCA+PFPI双循环”构成的全过程管控机制通过流程的建立和完善,控制和消除人为不稳定因素,有效落实规章制度,在保障安全基础之上,能够实现安全管理的自修正、自发展、自提升,进而全面、自主保障安全生产。

#### 参考文献:

- [1] 张炯,蔡建辉.大型检修现场全过程管控方式研究[J].科技视界,2016(9):345.
- [2] 李志平.浅谈水电站机组检修安全管理[J].水电站机电技术,2017(2):51-53.
- [3] 刘锦铭,孙凯峰.作业条件危险评价方法的修正及在吉林油田的应用[J].中国安全科学学报,2003(12):78-80.
- [4] 熊伟.发电企业如何做好机组检修过程中运行管理的标准化[J].标准科学,2015(12):88-90.
- [5] 周煜明.探索科学2016年6月学术研讨:肇事者不安全感分析与对策[C].湖南长沙,2016(6):339.

#### 作者简介:

刘 强(1991-),男,山西朔州人,工学学士,工程师,从事水电站运行管理工作;

王 志(1985-),男,湖北黄梅人,高级工程师,学士,主要从事水电站运行管理工作。 (编辑:廖益斌)

(上接第106页)

- [2] 何宁,丁勇,吴玉龙,等.基于分布式光纤测温技术的堤坝渗漏监测[J].水利水运工程学报,2015(1):20-27.
- [3] 甘孝清,肖庆,宁晶.土石坝渗流热监测理论研究进展[J].长江科学院院报,2014,31(7):119-124.
- [4] 姜帆,宓永宁,张茹.土石坝渗流研究发展综述[J].水利与建筑工程学报,2006,4(4):94-97.
- [5] 蒋锦良.渗流的连续介质模型和基本方程的分析[J].上海电力学院学报,2005,21(1):85-89.
- [6] 刘洁,毛昶熙.堤坝饱和与非饱和渗流计算的有限单元法[J].水利水运科学研究,1997(3):242-252.
- [7] 韩波,廖红建,肖正华,等.非饱和渗流下土石坝坝坡可靠性

分析[J].应用力学学报,2010,27(2):406-411+450.

- [8] 杜冬青,杜香寒,徐敏,等.连续性方程在多孔介质中相变传热中的数值模拟[J].科技展望,2016,26(14):188.
- [9] 陈璐.基于天然示踪法的土石坝渗漏模型研究[D].西安理工大学,2020.
- [10] 吴志伟,宋汉周.基于流-热耦合模型的土石坝渗流热监测研究[J].岩土力学,2015,36(2):584-590.

#### 作者简介:

杨志轩(1996-),男,湖南长沙人,助理工程师,学士学位,从事水利水电工程设计与咨询工作。

(编辑:廖益斌)