

# 水电厂设备点检精益改善的探索与实践

向方伟<sup>1</sup>, 王青<sup>2</sup>

(1. 水电水利规划设计总院,北京 100120;2. 国网四川映秀湾电厂,四川 都江堰 611830)

**摘要:**通过对水电厂设备点检精益改善的实践,将水电厂设备点检有机融入 PDCA 管理模型,经过梳理与优化关键业务流程,完善设备点检标准书,加强设备点检分析,健全运行维护工作机制,可全面掌控设备健康状态,提高设备可靠性指标,降低设备隐患带来的安全风险。在此基础上,探索总结了通过设备点检与分析进行设备状态诊断的实践经验。

**关键词:**水电厂;设备点检;精益改善;探索与实践

**中图分类号:**TV7;TV737;TV736

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2017)04-0087-03

## 1 概述

水电厂设备健康运行是安全生产的核心内容,而诊断设备健康状况的重要手段通常采用设备点检的工作方式,其工作和管理的水平将会直接影响水电厂的安全生产和经济效益,对水电厂的发展战略亦会产生重要影响。

随着“水电厂运维一体化”管理模式的推广实施,水电厂“设备点检”管理、“TPM”管理等方面得到了较广泛的认同和发展。但是在设备点检方面却遇到了发展瓶颈,例如点检与巡检界定不明显、点检周期设置不合理、点检标准和流程可操作性差、点检执行效果不好、点检成果缺乏统计和分析,缺乏对设备健康状态的把控手段,对安全生产特别是设备管理水平的提升方面效果不明显等问题。总体而言,设备点检分析水平还不高,在及时发现设备缺陷、隐患方面还存在不足。

为解决水电厂设备点检方面存在的问题,需加强设备点检与分析管理,全面掌控设备健康状态,并以此为基础健全水电厂运维一体化及设备保全机制。

笔者总结了四川映秀湾电厂在设备点检精益改善方面的经验,通过精益六西格玛(DMAIC)工作方法开展设备点检研究,利用六西格玛管理工具诊断、识别和细化电站运维管理、设备状态分析评价、设备健康管理等工作流程,强化流程执行标准化,提升了水电厂生产管理水平和探索和研究了水电厂设备点检精益管理模式。

## 2 水电厂设备点检精益改善的探索研究

收稿日期:2017-01-10

## 2.1 确定提升目标

通过 SIPOC 图梳理并确定出 8 个水电厂设备管理全过程流程,明确各流程提升目标和范围。

通过客户需求调查分析,发现内部客户需求点主要集中在以下几方面:一是要加强点检的分析,二是要加强工作流程程序优化以加强点检执行效果,三是要提高对设备状态的诊断和评价能力。具体需求是要加强对点检数据的收集分析,优化点检项目、标准、周期,完善点检记录和点检参数分析,能及时发现设备隐患,提高设备运行状态分析能力,需形成专业点检报告,强化工作流程程序执行的管控。

根据需求收集情况和业务提升目标,通过关键质量因素(CTQ)分解(图1),将需求分析转换为可明确衡量的需求。

根据需求分析及指标量化的可行性,按重要性优选排序,确定了3个关键质量指标。

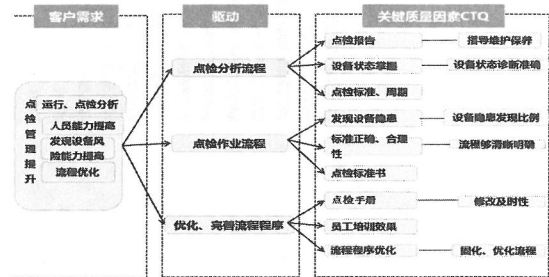


图1 水电厂设备点检关键质量因素分解图

## 2.2 检查和分析存在的问题

### (1) 流程分析。

利用流程图,明确工作范围,再通过流程中信

息流、价值流的展现分析流程的效率。按照流程顺序绘制水电厂设备点检管理环节价值流图

(VSM),如图2所示,并梳理出每个环节的增值时间及流程效率。

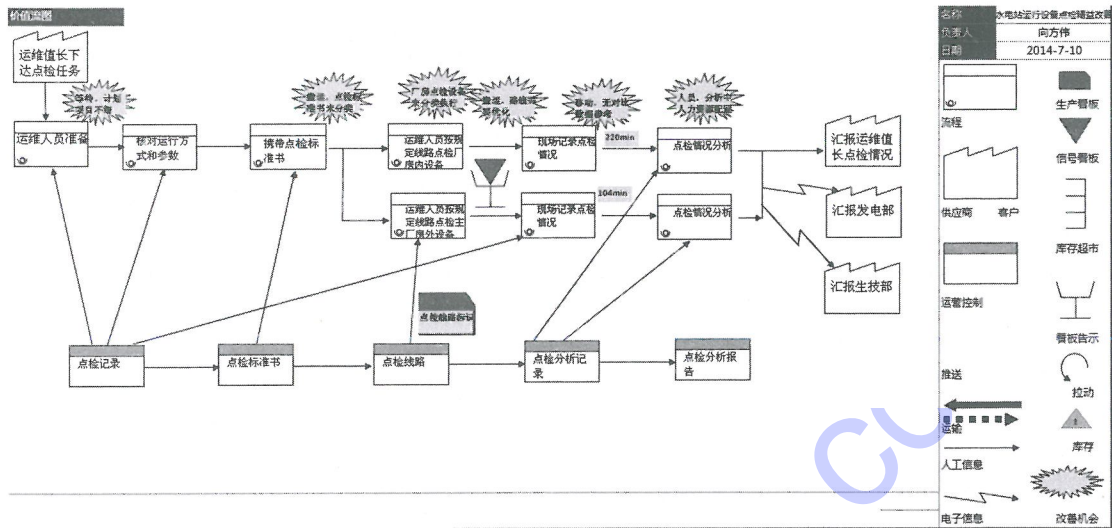


图2 水电厂设备点检管理环节价值流图

在系统梳理整个业务流程及信息流的基础上,根据对统计数据进行分析,发现了当前设备点检执行、设备分析管理方面的改善空间,点检过程中具有较多的问题改善点。

根据设备点检管理中的问题影响程度,进一步利用因果矩阵(Cause & Efficient Matrix)及帕累托分析(Pareto Analysis)工具对问题进行排序,进而选择重点关注的问题。

(2) 因果原因分析。

根据需求分析及关键质量因素分解成果,结合3个量化提升指标制定评分点,进一步采用“头脑风暴”方式打分排序。利用帕累托图(图3)对评分结果进行形象展示,识别出关键的问题类别,对影响设备点检管理的根本原因做延展分析,并以此作为改进重点。

为进一步探究根本原因,利用鱼骨图(Fishbone Diagram)分析,从人员主观因素、设备健康因素、流程材料、工作方法、测量系统要求以及外部客观环境等六个方面查找出当前设备点检中的30个问题点。

(3) 因果矩阵及帕累托分析。

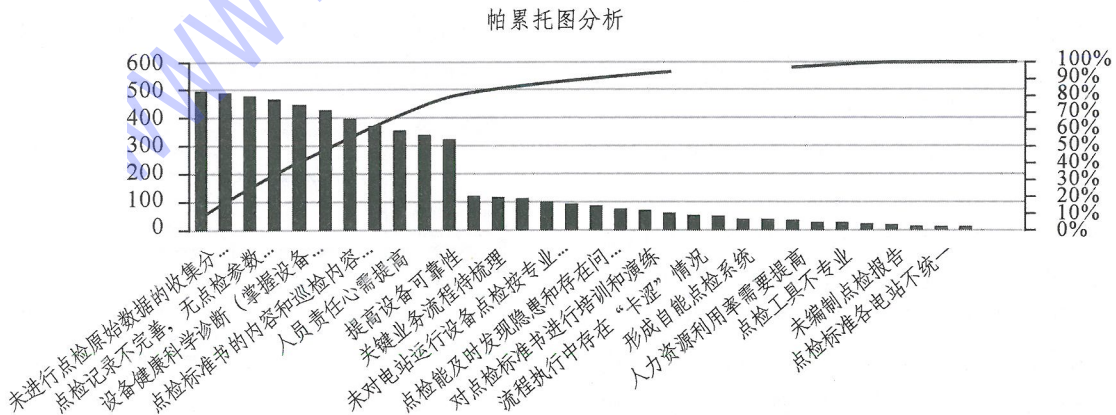


图3 设备点检关键问题梳理帕累托分析图

如图3所示,按照关键问题判断的巴莱多定律(28法则),筛选出10个影响水电厂设备点检管理的80%的问题点,并将其还原到具体流程进

行重点分析。发现影响水电厂设备点检管理的主要原因包括以下三个方面:一是点检分析亟待改进和提高;二是设备点检执行方面的流程程序需

要优化;三是设备状态诊断方面需要提高。

从具体执行层面来说,即应厘清设备点检、分析、设备状态评价的流程和程序,优化各环节的执行效率和效果。应有能及时掌控设备运行状态数据的点检记录,通过参数趋势对比、现场可视化管理等提高点检分析水平。需要可操作性强的对比分析手册和分析机制,通过优化点检项目、标准、周期等具体执行内容来加强点检执行效率。通过设备的状态诊断,及时改善维护保养计划并形成报告、记录等,进而优化维护保养周期、改善维护保养效果。

### 2.3 改进措施

#### (1)完善水电厂设备点检标准。

将《设备点检手册》、《设备点检标准》等规程进行修编完善,《点检手册》根据点检标准按设备点检范围、点检路线、点检周期等编写成册,用于记录重要的设备点检参数和点检执行情况等内容,并对比计算机监控数据和设备参数趋势曲线进行分析。进一步优化了设备点检周期、点检项目和内容,严格执行好每周点检分析,提高了设备点检执行效率和质量。

#### (2)加强现场“可视化”管理。

根据现场设备点检管理要求,加强现场可视化管理,梳理成果并形成《水电厂设备点检现场可视化管理手册》,将点检标准、项目、内容在现场可视化形象展示,提高了点检执行效果。

#### (3)加强设备点检分析。

改变传统的巡检模式,加强了设备点检分析和诊断技术。通过对设备点检中重要参数,如振动、温度、声响、噪音等参数的记录分析,将所有重要参数纳入点检管理系统进行测量、分析。综合分析点检情况、运行情况、定期工作完成情况、设备运行参数变化趋势等,形成点检诊断报告并优化设备维护保养周期和项目。通过加强技术分析,掌握设备健康状况,及时排除设备存在的隐患,以确保设备安全经济运行并指导设备状态检修。

#### (4)推进运维一体化。

通常认为,水电厂设备点检和设备维护保养管理职能为不同专业领域,表现为运行、维护管理过程中的职责完全分开。通过对水电厂设备点检精益改善的探索,系统梳理了水电厂生产管理流程,将设备点检、运行分析、设备状态诊断、设备维护保养等各生产管理环节有效结合,优化了工作流程和程序,明确了职责,消除了不同专业、环节在协调沟通方面的时间浪费,推进了运维一体化。

#### (5)形成水电厂设备点检分析与设备状态诊断体系。

建立起了水电厂设备点检分析与设备状态科学诊断体系(图4),并形成了管理制度体系进行固化。同时,加强对运维人员的技术培训和演练,提高了运维人员技术业务能力和水平。

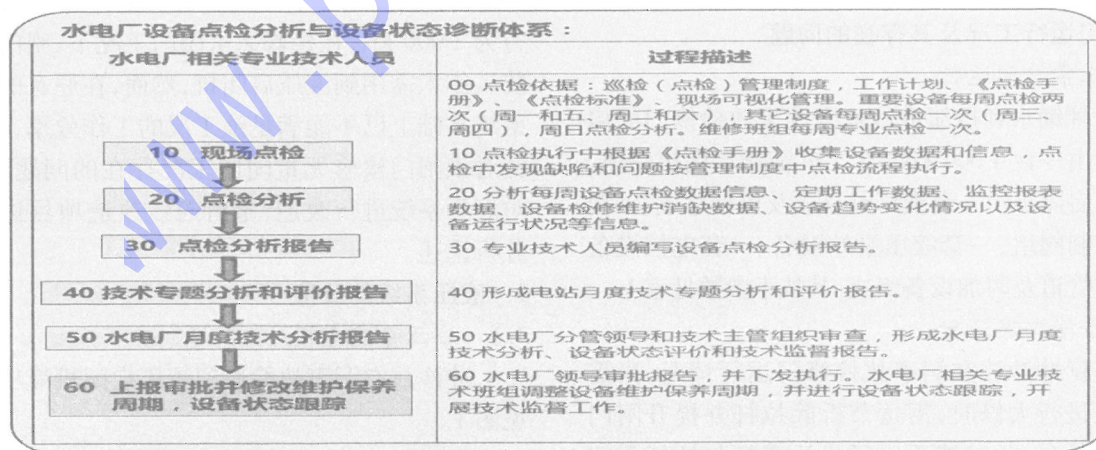


图4 水电厂设备点检分析与设备状态诊断体系图

### 3 结 语

通过水电厂设备点检精益改善的探索和实践,总结出了通过设备点检与分析进行设备状态

诊断的成功经验。在传统模式中,通过巡检、运行操作发现的设备缺陷,多为泄漏等较为直观的外

(下转第93页)

率调节时在力的传递过程中必须首先克服这类间隙后才能真正实施调节,这类引起有功调节不能同步于调节指令的间隙即为机械死区。笔者在试验中发现并提出机械死区对一次调频试验影响的观点曾引起各方面较多的质疑,但随着一次调频试验的深入开展,机械死区影响试验结果这一客观存在的现象已逐渐被业主、电站技术人员及调速器制造商所认同。

#### 4 处理意见与取得的结果

笔者在归纳总结了上述试验分析研究和观察结果后,与业主、电站技术人员以及调速器厂家的技术人员讨论协商后确定试验中有功功率随机响应的原因为:

(1)调节系统在力传递过程中各联接及传动部件磨损过度。

(2)在机组调试过程中或关机后存在误操作,导致调节系统各联接及传动部件在锁定投入状态中动作而增大了机械间隙。

(3)在机械加工过程中公差配合间隙超出合理范围。

考虑到针对以上原因实施处理耗时耗力,笔者提出了检查并修复或更换一些容易处理的联接及传动部件后再次进行试验检验的措施并予以实施,最终成功消除了一部分机械死区。但就目前情况而言,要尽量消除该机械死区只能留待机组大修时彻底检查和更换调节系统各联接及传动部

=====  
(上接第89页)

部缺陷。而通过点检与点检分析,不仅能按规定点检路线和标准进行日常点检活动,在及时发现和消除设备隐患的同时,还通过采集振动、温度等设备的重要数据,借助精密点检手段进一步分析和了解设备劣化的趋势。根据建立的设备健康档案和分析报告,对设备状态变化趋势和故障点等能够进行多角度分析,如趋势分析、振动分析、故障诊断等,为实现设备状态检修提供了保障。

综上所述,通过水电厂设备点检与设备状态分析的探索与实践,形成了水电厂设备点检与分析方面的系列管理制度、体系、流程手册等,在持续推进过程中不断优化管理细则,提升了水电厂

件才有可能彻底、有效地予以解决。

#### 5 结 语

此次在某水电站遭遇到的机械死区问题不仅是个例。根据笔者及笔者其他同事从事大量现场试验情况的汇总得知,调节系统出现机械死区的机组主要发生在老旧机组及小型机组中,大型及新投运机组则只发生过一例。因此,笔者认为:老旧机组调节系统产生上述故障的原因是在力传递过程中各联接及传动部件磨损过度以及在调节系统锁定投入时人为误操作造成的。小型机组可能是在机械加工过程中公差配合间隙超出合理范围引起故障的产生。因此,对存在机械死区问题的水电站必须重视检修工作,努力消除产生机械死区的原因,使机组一次调频试验满足电网要求。同时,机械死区是否是影响机组有功功率跟随响应的唯一原因尚待有机机械死区存在的水电站进行机组大修并处理该问题后实施进一步的试验加以证实。

作者简介:

先 嘉(1982-),男,四川犍为人,工程师,从事水电站机组调试试验工作;

王 谦(1985-),男,重庆丰都人,工程师,从事水电站机组调试试验工作;

杨其忠(1948-),男,四川成都人,高级工程师,原从事水电站机组调试试验工作。

(责任编辑:李燕辉)

设备点检与分析管理水平。同时,在点检执行过程中加强记录、统计和分析,提高了点检执行效率,可及时诊断并掌握设备健康状态。

参考文献:

- [1] 梅春晓.设备点检中需测量的重要参数[J].中国电力,2005,38(8):90-92.  
[2] 贾亚朝,田 英.精益6西格玛-精益生产和6西格玛的有效结合[J].工业工程,2007,10(4):12-15.

作者简介:

向方伟(1974-),男,四川彭州人,高级工程师,工程硕士,从事水电工程质量安全、项目管理及生产管理工作;

王 青(1975-),女,山东齐河人,政工师,从事水电厂项目综合管理及党群工作。

(责任编辑:李燕辉)