

# 四川省电力公司输变电设备状态检修体系建设与应用

吴晓晖<sup>1</sup>, 甘德刚<sup>2</sup>, 王红梅<sup>1</sup>, 刘平<sup>3</sup>, 陈洪波<sup>2</sup>

(1. 四川省电力公司, 四川 成都 610041; 2. 四川电力科学研究院, 四川 成都 610072;  
3. 内江电业局, 四川 内江 641100)

**摘要:** 随着四川电网规模的快速发展和不断扩大, 四川省电力公司之前一直沿用的定期设备检修模式已不能适应电网发展的需求。状态检修作为解决当前检修工作面临问题的重要手段, 是以设备当前的实际状态为依据, 根据设备状态的评价结果来指导检修工作, 能为设备的安全稳定运行提供可靠的技术和管理保障。从2008年起, 四川省电力公司根据国家电网公司出台的状态检修相关规章制度和技术标准, 在充分保证电网安全稳定运行和可靠供电的前提下, 从管理、技术、资料与信息收集、执行、宣贯与保障等5个方面建立了四川省电力公司的输变电设备状态检修体系。同时四川省电力公司积极在全省范围内推进状态检修工作, 目前所有电业局(公司)都已建立了相应的状态检修工作体系, 实现了现行管理体制与状态检修管理体制的有机融合, 保证了全省状态检修工作的科学有序开展。

**关键词:** 状态检修; 四川电网; 体系建设; 带电检测; 辅助决策

**Abstract:** With the fast development and expansion of Sichuan Power Grid, the former regular maintenance of electrical equipment adopted by Sichuan Electric Power Corporation can not meet the demand of power grid. Condition - based maintenance (CBM), which directs the maintenance work according to the evaluations of equipment condition, is an important strategy for the current maintenance problem and can guarantee the safety and stability of equipment. Since 2008, a series of technical standards and regulations have been stipulated; considering the safety and stability of Sichuan Power Grid, a CBM structure has been established ranging from the management, technology, reference and information collection, implementation, safeguard etc. Meanwhile, the Sichuan Electric Power Corporation promotes the CBM positively and all power bureaus have established the CBM system, which combines with the current management system and CBM, and guarantees the promotion of CBM in Sichuan province in a scientific way.

**Key words:** condition - based maintenance; Sichuan Power Grid; architecture construction; live detection; assistant decision  
中图分类号: F407.6 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 6954(2012)05 - 0064 - 04

## 0 引言

四川省电力公司在结合多年生产运行经验以及对大量设备缺陷、故障规律的统计分析基础上, 建立并一直沿用定期检修和事后检修相结合的检修模式, 有效减少了设备的突发事故, 保证了设备的良好运行。随着四川电网规模的快速发展和不断扩大, 电网设备数量急剧增加, 以及用户对供电可靠性要求的逐步提高, 相应的检修维护工作量也急剧增加, 检修人员紧缺问题日益突出<sup>[1]</sup>。延续传统的设备检修模式不但需要增加人力物力财力的投入力度, 收效也不明显<sup>[2]</sup>。而且近年来电网设备制造质量大幅提升, 集成式、少维护设备得到大量采用, 早期制定的设备检修、试验周期已不能适应设备诊断和

管理水平的进步<sup>[3]</sup>。

因此传统的基于周期的设备检修模式已经不能适应电网发展的要求, 迫切需要在充分考虑电网安全、环境、效益等多方面因素情况下, 研究、探索提高设备运行可靠性和检修针对性的新的检修管理方式。状态检修作为解决当前检修工作面临问题的重要手段, 是按照设备的健康状态来安排检修工作的一种策略, 是在设备发生实质性故障之前及时进行检修的方式, 针对性较强, 具有明显的社会效益和经济效益, 逐步成为世界电力生产管理模式的主流<sup>[4]</sup>。

近年来, 国网公司积极开展状态检修相关工作的研究和探索。从2006年起, 国网公司全面组织开展了状态检修相关准备和规章制度体系建设工作, 组织编制了状态检修相关规章制度和技术标准, 确

定了开展设备状态检修工作的指导思想和基本原则,对状态检修工作进行了全面的规范,使状态检修工作有了系统的技术和管理标准。四川省电力公司根据国网公司确定的状态检修工作思路与原则,对生产管理流程进行了梳理和整合,从管理、技术、资料与信息收集、执行、宣贯与保障等5个方面建立了一套完整的以状态评价为基础、辅助决策系统为支撑、标准化作业为保障的输变电设备状态检修体系<sup>[5]</sup>,保证了全省状态检修工作的科学有序开展。

## 1 输变电设备状态检修体系建设

建设状态检修体系是保证输变电设备状态检修工作取得实效的关键,要以制度建设为基础,以安全水平提升为目标,从管理、技术、资料与信息收集、执行、宣贯与保障等5个方面建立四川省电力公司相应的状态检修结构体系,落实生产主管领导负责的生产管理部门、车间、班组三级管理体系<sup>[3-5]</sup>。明确状态检修工作的基本流程,加强管理,规范流程,落实责任,强化设备状态评价,提高设备检修工作的针对性和有效性。

为了积极有序地开展四川省电力公司输变电设备状态检修体系建设,需要根据国网公司出台的状态检修相关标准制度,结合四川电网设备的情况,制定四川相应的状态检修相关规程规范、实施细则,从体系建设上确保设备检修工作的安全、质量和效益<sup>[5-6]</sup>。管理体系是为了保证状态检修顺利开展所建立的管理规定和管理标准,对工作范围、工作内容、程序、方法、检查和考核等进行规范。主要包括《四川省电力公司输变电设备状态检修管理规定(试行)》、《四川省电力公司输变电设备状态检修绩效评估标准(试行)》、《输变电设备全寿命管理指导性意见》等。

技术体系是指支撑状态检修工作的一系列技术标准和导则,是开展状态检修的技术保证。主要包括《四川省电力公司输变电设备状态检修试验规程实施细则(试行)》、《四川省电力公司输变电设备状态评价及检修实施细则(试行)》、《输变电设备风险评价导则》、《四川省电力公司状态检修试验仪器和设备操作规范汇编》以及《四川省电力公司标准化作业指导书编制导则(试行)》等。

资料与信息收集是开展状态检修的基础,是为

了加强四川省电力公司输变电设备基础资料与信息收集的管理,明确设备信息收集部门和人员职责,规范设备基础资料与信息收集工作内容和要求,加强信息采集的检查、监督与考核,为设备实施状态检修提供基础资料 and 数据分析依据。主要包括《四川省电力公司输变电设备基础资料管理办法(试行)》。

执行体系是包括组织机构在内的状态检修流程中各环节的具体实施,它包括管理流程、状态评价、检修决策、计划编制、现场实施和绩效评估等方面。主要包括《四川省电力公司输变电设备状态检修管理规定(试行)》、《四川省电力公司输变电设备状态检修绩效评估标准(试行)》等。

宣贯与保障主要包括宣贯培训、保障机制等方面,特别强调对各级生产人员的培训和检测、试验装备的配备。四川省电力公司尤其注重选拔、培养一支合格的状态检修专家队伍,为状态检修工作的有效开展提供必要的技术支持。

结合四川省电力公司之前在电网设备、生产管理、人才队伍建设以及先进技术应用等方面做了大量工作的基础上,经过一年的不懈努力,四川省电力公司形成了一套成熟的输变电设备状态检修体系,并且在乐山电业局进行了成功试点应用,顺利通过了国网公司的状态检修工作验收。

## 2 输变电设备状态检修工作的创新与改进

### 2.1 输变电设备状态检修制度创新

国网公司在制定《国家电网公司设备状态检修管理规定(试行)》时,在第三章就明确指出了:“各区域电网有限公司、省(自治区、直辖市)电力公司负责贯彻国家电网公司设备状态检修相关管理规定和技术标准,并制定本单位实施细则;组织领导所属各单位开展设备状态检修工作”<sup>[1]</sup>。因此根据四川电网设备状态、地域环境、电网结构等特点,在参考四川电网输变电设备的运行维护经验基础上,对国网公司相关标准制度进行了改进,制定了四川省电力公司的状态检修相关规程规范、实施细则等<sup>[5]</sup>。

对于国网公司《输变电设备状态检修试验规程》,结合四川电网输变电设备的特点,根据测试项目的有效性对油浸式电力变压器和电抗器、电流互感器、高压并联电容器和集合式电容器等设备的试

验项目及周期进行了调整,其中部分试验项目的例行试验基准周期都较国网公司标准有所缩短<sup>[7]</sup>。并将所有设备的红外热成像检测列为巡检项目,周期按巡检周期执行,由运行人员完成,国网为例行试验,周期相对较长。将气体密度表(继电器)校验列为例行试验,国网为诊断性试验。例如对于变压器设备,诊断性试验新增项目为:局部放电超声测量、油中铜铁含量、油中糠醛含量测量。对于绝缘油,例行试验新增项目为:水溶性酸(pH)、诊断性试验新增项目为:油糠醛含量测试、油中铜铁含量、绝缘油腐蚀性硫测试。

四川省电力公司进一步扩大了状态检修工作的设备范围,制定了四川省电力公司《输变电设备状态评价及检修导则(试行)》,还涉及的主要设备有:GIS设备、电磁式电压互感器、电容式电压互感器(耦合电容器)、电流互感器、隔离开关、并联电容器、金属氧化物避雷器、电力电缆线路、继电保护设备等。并且对评价状态量进行了细化,进一步完善判断依据的内容,使之在基层单位开展状态检修工作时更具有实用性。

## 2.2 输变电设备状态检修工作流程优化

四川省电力公司在已有的设备检修工作流程的基础上,根据国网公司的状态工作流程要求,进一步优化了状态检修工作流程,明确了各级生产管理人员的工作职责<sup>[5]</sup>。具体内容如下。

各专业班组负责信息收集、数据整理,并编制班组初评意见上报专业所(车间、县局)。该工作每年至少一次,在每年7月1日前完成。专业所(车间、县局)在接到班组初评意见后5个工作日内,组织技术人员完成工区初评报告,并递交本单位状态检修工作小组。

各单位工作小组在收到初评报告后,在5个工作日内组织专家组完成初评报告的专业评审,并形成状态评价专业报告,提交生产技术部。各单位生技部依据状态评价专业报告,在5个工作日内综合相关部门意见,形成状态检修综合报告,上报本单位领导小组审批。领导小组应在5个工作日内完成审批工作。220 kV及以上输变电设备状态检修综合报告报省公司审批。

省公司状态检修工作小组在收到基层电业局(公司)状态评价综合报告后8个工作日之内,组织专家组对报告进行审核,并出具专业报告,报省公司

生产技术部。省公司生产技术部依据专业报告,在5个工作日之内形成综合报告,报状态检修领导小组。省公司状态检修领导小组在8个工作日之内批复综合报告并反馈给省公司生产技术部。

省公司生产技术部在3个工作日之内将省公司状态检修领导小组批复的综合报告下达各单位。各电业局(公司)依据本单位领导小组和省公司批复的综合报告,编制各类检修计划,并按设备分级管理权限上报审批。

## 3 新技术新方法在状态检修工作中的应用

### 3.1 开展带电检测技术推广与应用

国网公司在其颁布的Q/GDW 168《输变电设备状态检修试验规程》中清晰地表明了适当放宽停电的例行试验,加强带电检测的技术路线。为进一步加强输变电设备状态管理,积极应用带电检测技术到电力生产中,国网公司专门印发了《电力设备带电检测技术规范(试行)》,用以规范和有效开展电力设备带电检测工作<sup>[8]</sup>。伴随着中国科学技术的突飞猛进,电力设备的带电检测技术也在与时俱进。全新的检测技术的出现不仅拓展了电力设备检测的范围,而且能更为有效地进行潜伏性隐患的分析与判断,与传统试验方法的结合能够为电力设备的可靠运行提供全方位的技术支持。目前电力设备带电检测技术已经是电力设备安全、稳定运行的重要保障,它可以大大提高试验的真实性和灵敏度,及时发现绝缘缺陷,而且还不影响电力设备的正常运行,不需要停电,能够很好地弥补传统常规试验检测方法的不足。

目前在四川电网状态检修工作中开展较多的带电检测技术主要有红外/紫外检测技术、SF<sub>6</sub>气体成像检漏技术、SF<sub>6</sub>气体分解物检测技术以及局部放电超声波检测技术/超高频检测技术等<sup>[9]</sup>。为进一步提高带电检测的准确性和可靠性,四川电网更多的是侧重于非电量在线检测技术的应用与推广,其中主要原因是非电量检测技术受现场复杂的电磁场环境影响较小,编著出版了《输变电设备状态检修非电量测试技术》科技专著,为电力系统中从事生产管理、科研、试验、检修等人员提供了一本技术性与实用性并重的专业书籍<sup>[10]</sup>。随着今后带电检测

技术的不断发展和成熟,将会在状态检修工作中显得越来越重要。

### 3.2 建立状态检修辅助决策系统

开展状态检修工作应积极推进设备管理信息化建设,有助于加强对设备信息的全过程管理和分析,提高状态诊断的效率和准确性,避免手工分析可能造成的数据不全面、分析不深入、标准不统一等问题,为设备状态的确定奠定良好的基础。因此国家电网公司在《国家电网公司设备状态检修管理规定(试行)》中明确提出了“依据《输变电设备状态检修辅助决策系统技术导则》,逐步建立状态检修信息管理系统”<sup>[1]</sup>。该导则是指导和规范输变电设备状态评价系统建设的主要技术依据,规定了输变电设备状态检修辅助系统应具备的统一业务功能模型、接口规范、系统平台、软件设计等技术要求<sup>[11]</sup>。

辅助决策系统主要是根据状态评价相关导则,实现对输变电设备的参数、状态量、信息点、判断依据、预警规则和评价规则作模型定义,为数据采集、数据处理、监测预警和状态评价等业务模块提供依据<sup>[12]</sup>。首先需要从外部生产系统获取设备台帐数据、巡检数据、试验数据和其他数据(如不良工况等),形成反映设备健康状态特征指标的原始数据集。再进行原始数据分析处理,根据评价业务需要对数据采取必要的过滤、解析、组合等处理手段,使其成为反映设备健康状态的状态量<sup>[13]</sup>。并依据输变电设备状态特征量和状态评价相关导则标准,对反映设备健康状态的各指标项数据进行分析评价,并最终得出设备总体健康状态等级。

辅助决策系统最后能给出决策建议,是以设备状态评价结果为基础,依据状态检修导则确立分级维修标准,推荐具体检修项目和检修时间,并递交设备管理人员进行实施安排。同时该系统能实时监控状态量的变化,对于超出状态评价导则和规程规定阈值范围的状态量指标,依据不同的类别和等级及时向各级设备管理人员发布预警信息。

## 4 结 语

四川省电力公司按照国家电网公司颁布的状态检修

相关制度标准,结合四川电网设备特点,积极开展制度创新与流程优化,从管理、技术、资料与信息收集、执行、宣贯与保障等5个方面建立了一套完整的以状态评价为基础、辅助决策系统为支撑、标准化作业为保障的输变电设备状态检修体系。通过带电检测技术与辅助决策系统等新技术的推广应用,顺利保障了四川电网设备检修制度从定期检修向状态检修的转变,以及今后全省状态检修工作的科学有序开展。

### 参考文献

- [1] 国家电网公司生产技术部. 国家电网公司设备状态检修规章制度和技术标准汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [2] 杨红军, 刘国贤, 郭继芳, 等. 500 kV 变电设备状态检修技术[J]. 电气应用, 2008, 27(6): 79-82.
- [3] 张怀宇, 朱松林, 张扬, 等. 输变电设备状态检修技术体系研究与实施[J]. 电网技术, 2009, 33(13): 70-73.
- [4] 陈安伟. 输变电设备状态检修的应用[J]. 电网技术, 2009, 33(20): 215-218.
- [5] 四川省电力公司. 四川省电力公司输变电设备状态检修管理规定(试行)[Z]. 2009.
- [6] 陈海波. 华东电网公司开展输变电设备状态检修工作的实践[J]. 华东电力, 2009, 37(7): 1059-1062.
- [7] 四川省电力公司. 四川省电力公司输变电设备状态检修试验规程实施细则(试行)[Z]. 2009.
- [8] 国家电网公司. 电力设备带电检测技术规范(试行)[Z]. 2010.
- [9] 徐克华. 非电量在线检测技术在状态检修中的应用[J]. 四川电力技术, 2009, 32(6): 79-81.
- [10] 胡灿, 刘平. 输变电设备状态检修非电量测试技术[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2011.
- [11] 国家电网公司. 国家电网公司输变电设备状态检修辅助决策系统建设技术原则(试行)[Z]. 2008.
- [12] 柳劲松, 李晓露, 刘东, 等. 输变电设备状态检修系统的基础数据服务平台分析[J]. 华东电力, 2010, 38(2): 216-219.
- [13] 宋人杰, 王晓东. 输变电设备状态检修评估分析系统的研究[J]. 继电器, 2008, 36(9): 54-57.

(收稿日期: 2012-06-05)