

数字化变电站技术丛书

DIGITAL SUBSTATION

状态检修分册

黄汉棠 主编

试验所

3-51



中国电力出版社

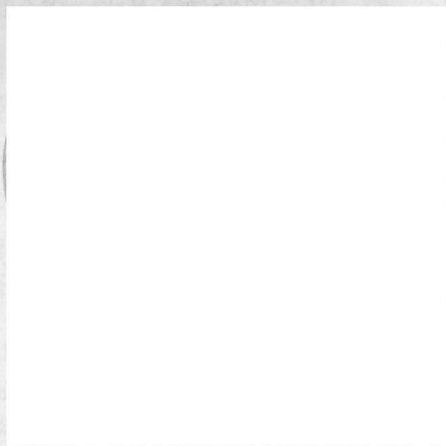
www.cepp.com.cn

数字化变电站技术丛书

状态检修分册

主编 黄汉棠

参编 张喜平 尹亮 汤晓晖



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

目前, 数字化变电站试点及应用都取得了一些成果, 为给今后工作提供借鉴, 本书在大量收集整理国内外数字化变电站相关素材基础上, 结合广东电网中山 220kV 变电站数字化改造的成果与工程经验, 从设计、制造、安装调试、测试、运行维护、状态检修及成果与展望 7 个方面进行总结与归纳, 分 7 个分册出版, 形成本套《数字化变电站技术丛书》。

本书为《数字化变电站技术丛书 状态检修分册》, 全书共 6 章, 内容包括变电站状态检修概述、数字化变电站状态检修要求、过程层状态检修、间隔层设备状态检修、站控层设备状态检修、数字化变电站状态检修管理。

本书可供工作在各电网(力)公司、电力科研部门及建设施工单位以及其他相关专业领域的工程技术人员参考, 也可作为高等学校相关专业本科生和研究生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字化变电站技术丛书. 状态检修分册/黄汉棠主编. —北京: 中国电力出版社, 2010

ISBN 978-7-5123-0022-4

I. ①数… II. ①黄… III. ①数字技术-应用-变电所-检修 IV. ①TM63-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 007622 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 5.5 印张 98 千字

印数 0001—3000 册 定价 16.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

近几年对数字化变电站新技术的研究及应用成为热点，数字化变电站已在国内电力系统试点应用并取得一定经验，但尚未有一套完整的书籍对数字化变电站设计、制造、验收、安装调试、运行维护等方面进行归纳总结。本套丛书旨在全面总结广东电网公司中山供电局 220kV 三乡数字化变电站技术改造研究成果，并对今后数字化变电站设计及建设运行提供借鉴。该套丛书由广东电网公司组织有关单位技术人员编著而成，分为设计、制造、安装调试、测试、运行维护、状态检修、成果与展望 7 个分册。

《数字化变电站技术丛书 状态检修分册》一书共分 6 章，由黄汉棠担任主编。各章编写人员及编写分工如下：第 1、2 章由广东电网公司中山供电局黄汉棠编写；第 3、4 章由广东电网公司中山供电局张喜平编写；第 5 章由广东电网公司中山供电局尹亮编写；第 6 章由广东电网公司中山供电局汤晓晖编写。

在本书的编写过程中，广东电网公司、广东电网公司电力科学研究院、广东省电力设计研究院、广东省电力调度通信中心、南瑞继保电气有限公司、武汉大学、四川大学等单位给予了大力支持。编写时还参阅了有关参考文献、国家标准、运行规程、技术说明书等。在此，对以上单位及有关作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2009 年 12 月

目 录

前言	1.4	状态检修及检修策略	1.0
	0.1	目录	2.0
第 1 章 变电站状态检修概述	1		
1.1 状态检修及其发展	1		
1.2 传统状态检修存在问题及数字化检修必然性	3		
1.3 数字化变电站状态检修	5		
第 2 章 数字化变电站状态检修要求	9		
2.1 电气一次设备状态检修	9		
2.2 电气二次设备状态检修	9		
2.3 二次设备状态检修与一次设备状态检修的关系	10		
2.4 状态检修工作重点	10		
第 3 章 过程层状态检修	12		
3.1 智能一次设备在线监测概况	13		
3.2 光电式互感器在线监测	16		
3.3 开关设备在线监测	18		
3.4 电力变压器的状态监测	22		
3.5 其他设备在线监测	26		
3.6 智能一次设备在线监测传感器应用	29		
第 4 章 间隔层设备状态检修	32		
4.1 定期停电监测	32		
4.2 继电保护安全稳定装置	33		
4.3 数字式电能表	48		
4.4 状态检修故障诊断技术	51		
4.5 数字化变电站给继电保护带来的新挑战	57		
第 5 章 站控层设备状态检修	60		
5.1 变电站监控系统功能要求	62		
5.2 变电站监控系统安全防范监测	63		

5.3	远动通信机检修管理	65
5.4	变电站通信规约记录与分析系统	66
第6章	数字化变电站状态检修管理	71
6.1	我国电力设备检修管理现状	71
6.2	电力设备检修管理的新概念	72
6.3	在线状态检修信息组织和流程	73
6.4	检修数字化管理系统的总体设计	74
6.5	数字化状态检修项目	76
	参考文献	82
1	.....	1.1
2	.....	1.1
3	.....	1.1
4	.....	1.1
5	.....	1.1
6	.....	1.1
7	.....	1.1
8	.....	1.1
9	.....	1.1
10	.....	1.1
11	.....	1.1
12	.....	1.1
13	.....	1.1
14	.....	1.1
15	.....	1.1
16	.....	1.1
17	.....	1.1
18	.....	1.1
19	.....	1.1
20	.....	1.1
21	.....	1.1
22	.....	1.1
23	.....	1.1
24	.....	1.1
25	.....	1.1
26	.....	1.1
27	.....	1.1
28	.....	1.1
29	.....	1.1
30	.....	1.1
31	.....	1.1
32	.....	1.1
33	.....	1.1
34	.....	1.1
35	.....	1.1
36	.....	1.1
37	.....	1.1
38	.....	1.1
39	.....	1.1
40	.....	1.1
41	.....	1.1
42	.....	1.1
43	.....	1.1
44	.....	1.1
45	.....	1.1
46	.....	1.1
47	.....	1.1
48	.....	1.1
49	.....	1.1
50	.....	1.1

变电站状态检修概述

1.1 状态检修及其发展

输变电设备检修模式大致可分为故障检修 (Breakdown Maintenance, BM)、周期性检修 (Time Based Maintenance, TBM) 和状态检修 (Condition Based Maintenance, CBM) 三种。随着供电企业外部生存环境和内部组织方式、管理理念、经营机制的变化以及通信、检测以及诊断技术的发展, 状态检修维护策略逐渐成为理论探索和工程实践的热点^[1]。

1.1.1 故障检修

1950 年以前可作为检修发展的第一阶段, 这一时期的维修策略是事后维修。这种检修方式以设备出现功能性故障为判据, 在设备发生故障已无法继续运转时才进行维修。这一阶段的前期, 生产人员兼任维修人员, 后期开始出现专业的维修人员。这种应急维修需付出很大的代价和维修费用, 不但严重威胁着设备或人身安全, 而且维修不足^[1]。

1.1.2 周期性预防性维修

从 1950 年到 1970 年可以作为检修发展的第二阶段, 这一阶段的维修策略是预防性维修。这一维修策略有两大体系: ① 计划预防维修体制; ② 以美国为代表的预防维修体制。计划预防维修的特点是根据计划对设备进行周期性的修理, 可分为大修、中修和小修, 修理的周期大多由设备制造厂或使用单位确定。这种模式的优点是可以减少非计划 (故障) 停机, 将潜在的故障消灭在萌芽状态; 缺点是维修的经济性和设备基础保养考虑不够, 容易产生维修过度和维修不足。我国在 20 世纪五六十年代引进并且在大范围应用的就是这种维修模式。虽然目前周期性检修仍在大量应用, 然而随着对供电可靠性要求的提高, 这种传统的维修制度已越来越不适应发展的需求, 主要表现在: ① 需要停电进行试验, 而许多重要电力设备轻易不能退出运行; ② 停电后设备状态 (如工作电压、温度等) 和运行中不一致, 影响判断准确性; ③ 由于是周期性定期试验, 绝缘仍可能在两次试验期间内发生故障^[1]。

1.1.3 状态检修

状态检修有设备状态监测、设备诊断、检修决策三层含义。状态监测是状态检

修的基础；设备诊断是以状态监测为依据，综合设备历史信息，利用神经网络、专家系统等技术来判断设备健康状况^[1]。

状态检修的实施可以简单概括为检测、分析和诊断、预测、检修决策、检修实施、检修评价。状态检修的实施是通过评估了解设备的现状，确定工作目标；根据需要合理配置监测诊断系统，对设备进行监测；建立运行维修工作站，与诊断系统相连接，获取各种操作、运行数据，综合分析设备状态，提出检修建议；通过维修管理决策系统进行处理，根据设备的状态和生产需要做出检修决策，合理安排检修工作^[23]。

状态检修的特点是：有一个能反映设备状态的参数；有一个规定的阈值或概念明确的判断数据，以判断设备是否需要检修；状态检修工作本身不需要解体设备。周期性预防性维修的基础是高压电气设备的预防性试验，而状态检修的基础则是高压电气设备的在线监测。在线监测可以提高高压电气设备的利用率，有助于从周期性、预防性维修向状态检修的转变，资产管理和设备寿命评估加强了故障原因分析。随着计算机技术和网络技术的发展，不仅使在线监测成为可能，而且将其进一步与变电站自动化系统集成，有望实现真正意义上的变电站无人值守和状态检修^[1]。

就电气设备而言，其状态检修内容不仅包括在线监测与诊断还包括设备运行维护、带电检测、预防性试验、故障记录、设备管理、设备检修、设备检修后的验收等诸多工作，最后要综合设备信息、运行信息、电力市场等方面的信息作出检修决策。电厂、变电站检修决策时要考虑电网运行状态，如用电的峰段与谷段，发电的丰水期与枯水期；要考虑设备所在单元系统其他设备的运行状态，以系统为单元检修比只检修单台设备更合理；要考虑电力市场的需要；要进行决策风险分析^[1]。

国外从 20 世纪 80 年代初开始对状态检修维护策略进行较为深入的技术研究，开发了许多在线监测和故障诊断设备，同时在理论研究方面也取得了较大进展。在技术成果的应用方面，美国电力研究院及其检测诊断中心、美国 CSI 公司、ENTEK-IRD 公司以及美国、加拿大的一些仪器公司就其在发输电企业的相关应用也取得了一定的成果。如何充分利用国内现有资源，加强基础数据分析，提高诊断分析的科学水平，是当前开展变电设备状态检修的首要问题^[1]。

逐步开展状态检修已成为共识，然而，目前国内各方就如何正确开展变电设备状态检修理解不一，主要表现在设备健康状态评价缺乏统一的分析诊断模型，无法摆脱原有预防性试验标准的简单合格与否判别，缺乏科学把握设备当前健康状况和未来发展趋势的评估方法；各专业技术人员测试分析之间缺乏横向联系，难以摆脱传统管理模式，无法形成跨专业的统一诊断分析模型；缺乏对状态检修总体策略的研究，过分依赖在线监测技术，以在线监测装置的应用多少衡量状态检修应用研究

的深度,把状态检修策略研究简单化了。同时由于在线监测技术目前还处于研究试验阶段,产品成熟度和成本效益方面都有许多值得思考和改进的地方。实践应用表明,当前过分依赖在线监测技术开展状态检修是不现实的和不经济的,甚至会困扰甚至影响整个状态检修策略的应用研究;以传统人工统计分析的方式难以满足业务迅猛增长的需求,急需决策系统的支持^[1]。

1.2 传统状态检修存在问题及数字化检修必然性

1.2.1 传统变电站计划检修存在的问题

计划检修制度在运作过程中,逐渐显示出它在安全生产方面存在的弊端和对新形势要求的不适应^[2]。

(1) 计划检修在“量”上往往表现为维修过剩或维修不足,在“质”上有时还表现为负效应。这样就会直接引发设备的“不适应”,导致“不修还好,越修越坏”,从而危及电网安全。

(2) 由于计划检修停电时间较长、停电次数较多,造成检修工作的时间过长,也就增高了发生事故的几率。

(3) 检修中心维护的变电站和设备的数量在大量增多,但检修成本和检修人员无法同比例增长。如果仍以计划检修的方式来运作,势必难以权衡和面面俱到,就难免影响到检修质量,危及电网和设备的安全。

1.2.2 状态检修对安全生产的作用

状态检修通过对运行设备状况进行监测、诊断,确定是否应对该设备进行检修。状态检修的推行,对于改善安全局面具有重要作用,主要体现在^[2]:

(1) 提高供电可靠率、改善电网安全,因为状态检修更有针对性。

(2) 可以使检修具有实效性,能及时解决问题,避免“不适症”。

(3) 延长设备使用寿命、改善设备安全,这是因为有效避免了不必要的维修、失当维修和不解决根本问题的维修。

(4) 减少生产用人、用车和工作时间,改善人身安全和车辆、交通安全。

1.2.3 数字化变电站实施状态检修的必然性

在数字化变电站中,变电站的主要信息,包括电流、电压的实时状态均数字化后用网络传输给二次设备,实现了变电站信息采集、传输和处理全过程数字化。微电子技术、计算机技术、通信技术等技术的发展使电气设备状态检修已经成为可能。随着电力市场的开放,电力企业之间的竞争将日益激烈,电气设备状态检修势在必行^[2]。

电力系统是一个由众多发电、输电、变电、配电、用电设备连接而成的大系统，电力设备的故障不仅会造成供电系统意外停电而导致电力企业经济效益减少，而且可能造成用户的重大经济损失和不满，因此这些设备的可靠性及运行状况直接决定整个系统的稳定和安全，也决定了电力企业的经济效益及供电质量和可靠性。电力系统状态监测及故障诊断能够反映电力设备的健康状况，为电力系统的安全稳定运行提供了依据^[2]。

检修是保证电力设备健康运行的必要手段。几十年来我国高压电气设备的技管理一直采用的是设备预防性试验和设备计划性大修的维护方式。这种检修方式既有利更有弊，其优点是：①能够发现和处埋设备缺陷，减少设备运行中的损坏，保证电力生产的安全；②能够减少设备事故或者故障造成的非计划性停电，保证供电的质量和可靠性。但这种维修方式不能事先掌握设备的状态，而且采用一刀切的方式，到期必修。实践表明其中相当量的检修是没有实际意义的，是多余的。由此造成了设备的“过度检修”结果是：①浪费了大量人力和检修费用；②增加了检修停电时间和停电次数，造成频繁的运行操作，增加了误操作的事故率；③过度检修造成设备频繁拆装，难免在检修过程中造成新的设备隐患；④检修后按要求应对设备进行的耐压等试验也会对设备造成不可逆损伤，使设备总体寿命下降。由此可以看出过去的设备计划性检修方式已与现在的电力生产不相适应，有必要采用新的设备维修方式，在这样的背景下设备状态检修应运而生。

设备状态检修是从预防性检修发展来的更高层次的检修体制，它是由美国杜邦公司的 I.D. Quinn 在 1970 年首先倡议的。它是根据设备的日常检查、定期重点检查、在线状态监测和故障诊断所提供的信息，经过分析处理，判断设备的健康和设备劣化状况及发展趋势，并在设备故障前和性能降低到不允许极限前有计划地安排检修。这种方式有很强的针对性，能够有效提高设备的可用率，并能降低检修费用。在电力系统中推行状态检修是电气设备检修制度发展的必然选择，其直接效益有：节省大量维修费用，延长设备使用寿命；提高供电可靠性，减少检修风险。电力设备状态监测和故障诊断是状态检修的基础和重要组成部分。

变电站是输配电系统中重要的环节，它担负着电能转换和电能重新分配的繁重任务，对电网的安全和经济运行起着举足轻重的作用。变电站综合自动化是实现无人值守变电站的重要手段，它将变电站的二次设备（包括测量仪表、信号系统、继电保护装置、自动装置和远动装置）经过功能的组合和优化设计，利用先进的计算机技术、现代电子技术、通信技术和信号处理技术，实现对全站的主要设备和输、配电线路的自动监视、测量、自动控制，以及与调度通信等综合性的自动化功能，并要求具备电力设备自动管理功能。我国变电站自动化技术经过十几年的发展已经

达到一定水平，目前的变电站自动化技术虽然已经包括了基本的运行监控、测量、故障保护功能，但是缺少了电力设备状态监测环节，因此不能对电力设备的安全状况作出评估和判断，不能实现真正意义上的无人值守。变电站电力设备的在线状态监测是进行设备管理的必要手段，对监控系统实时性要求较高，对设备状态监测诊断实时性要求相对较低。由于对设备运行和设备管理实时性要求不同，把实时状态监测诊断纳入运行监控系统中是不合适的，因此有必要建立变电站状态监测诊断系统，实现对变电站变压器、断路器、电容性设备、避雷器等电力设备的在线状态监测，并通过与变电站自动化系统接口实现数据共享。

1.3 数字化变电站状态检修

1.3.1 数字化变电站介绍

数字化变电站是变电站自动化技术的发展方向，是一个不断发展的概念。就目前技术发展现状而言，数字化变电站是由电子式互感器、智能化开关等智能化一次设备、网络化二次设备分层构建，建立在 IEC 61850 通信规约基础上，能够实现变电站内智能电气设备间信息共享和互操作的现代化变电站。

数字化变电站技术改造应该体现几个方面的技术特征：数据采集数字化；系统分层分布化；系统建模标准化；信息交互网络化；信息应用集成化；设备检修状态化；设备操作智能化。

按照 IEC 61850 标准，数字化变电站从整体上可分为过程层、间隔层和站控层，如图 1-1 所示。

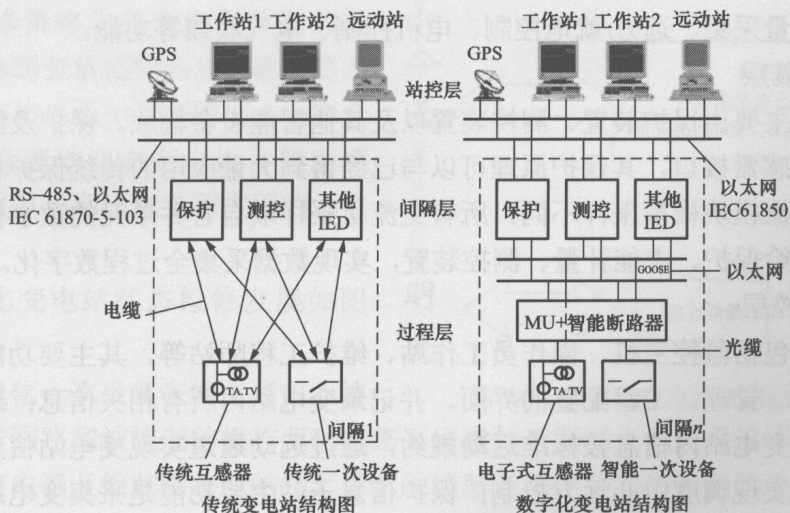


图 1-1 数字化变电站结构

1.3.1.1 过程层

过程层是一次设备与二次设备的结合面，过程层的主要设备包括光电式互感器、合并单元和智能终端。

(1) 光电式互感器。光电式互感器的原理是利用低功率铁心线圈(LPCT)传感测量级电流，利用空心线圈传感保护级电流，利用电容/电感分压器传感被测电压。光电子式互感器由低功率铁心线圈、空心线圈、电容/电感分压器和数字变换器等部分组成，通过采集器转换成数字信号经光缆传输，互感器的输出为数字光信号。

(2) 合并单元。合并单元是联系光电式互感器和网络化二次设备之间的设备，用于对来自传感模块的各相电流、电压信号进行时间相关性(同步)组合，并转发给二次设备。合并单元应完成各相电流、电压的采样同步控制。

传感模块到合并单元之间为光纤联系，合并单元到各二次设备之间可采用光纤点对点串行通信或者组成光纤以太网，可采用 IEC60044-8、IEC61850-9-1 或 IEC61850-9-2 传输规约。

与互感器相配套的合并单元可以同步处理电流电压采样的数字信号，输入、输出路数可根据不同的应用情况灵活配置。

合并单元应考虑模拟量输入、输出模块，如主变压器套管常规 TA、中性线常规 TA、间隙常规 TA、主变压器低压侧常规 TA 以及 10kV 常规 TV 等需要模拟量接入合并单元后转换成数字信号。

(3) 智能终端。如 220/110kV 户外开关为常规设备，可以考虑以智能终端来部分实现开关设备的智能化。可将智能终端下放至现场开关设备旁，对下通过控制电缆与高压场区一次设备连接，对上通过光纤接入主控室变电站自动化系统，实现开关设备状态量采集、远方/就地控制、电机控制、电气联锁等功能。

1.3.1.2 间隔层

间隔层主要由保护装置、测控装置以及其他智能设备构成。保护及测控装置提供数字式互感器接口，其保护原理可以与已经得到大量应用的传统保护相同。与传统保护由交流模块模拟采样不同，所有交流量采样取自合并单元的数字信号，并通过光纤传输给保护、电能计量、测控装置，实现数据采集全过程数字化。

1.3.1.3 站控层

站控层包括监控主机、操作员工作站、维护工程师站等，其主要功能是为变电站提供运行、管理、工程配置的界面，并记录变电站内所有相关信息；远动通信机的功能是将变电站内信息按标准远动规约，通过远动通道实现变电站信息向调度中心远传，并实现调度中心远方控制；保护信息子站主要功能是采集变电站内各种保护以及故障录波信息，并向保护信息主站传输。远动通信机、保护信息子站与后台

监控系统之间数据流相互独立、互不影响。站控层设备均接入 100M 工业以太网，并按照 IEC 61850 通信规约进行系统建模和信息传输。

1.3.2 数字化变电站状态检修

现阶段我国变电站电气设备检修方式主要是定期预防性检修，即以时间周期为特征的经验性计划检修，检修的项目、周期、工期均按照电力主管部门统一制订的规程执行。该检修方式存在以下缺点：① 某些不需要检修的设备检修过剩，真正需要检修的设备检修不足，造成了不少原本健康的设备在检修中被损坏，而存在安全隐患的设备又不能及时发现；② 设备的状态信息需要通过停电进行试验来获取，增加了停电几率，降低了供电可靠性；③ 停电后设备状态（如工作电压、温度等）和运行中有差异，影响了设备状态评估的准确性；④ 定期检修需要投入大量的人力、物力，难以满足电力系统减员增效的要求。随着变电站数字化技术的发展，近年来相关部门及专家学者纷纷开始了变电站数字化技术的研究。数字化变电站的主要特征是智能化一次设备、网络化二次设备、信息标准化。状态检修是以设备在线状态为依据，根据设备自身的需要进行检修的方式，是数字化变电站的一个重要内容和目标。目前国内的状态检修系统还处于分散监测与诊断阶段，且与计算机监控系统相互独立，无法对变电站各设备的运行状况进行统筹分析，不能作出有效、经济的检修决策^[3]。

从状态检修的定义可以看出，状态检修策略应包含以下三个组成部分：状态信息采集、状态诊断方法和检修策略应用。状态信息采集是整个应用体系的输入，检修策略为整个应用体系的输出，状态诊断分析模型的合理建立是贯穿整个状态检修维护策略的核心内容。如何科学合理地建立变电设备健康评价体系，也是长期困扰工程应用的难点问题。

数字化变电站状态检修发展如图 1-2 所示。

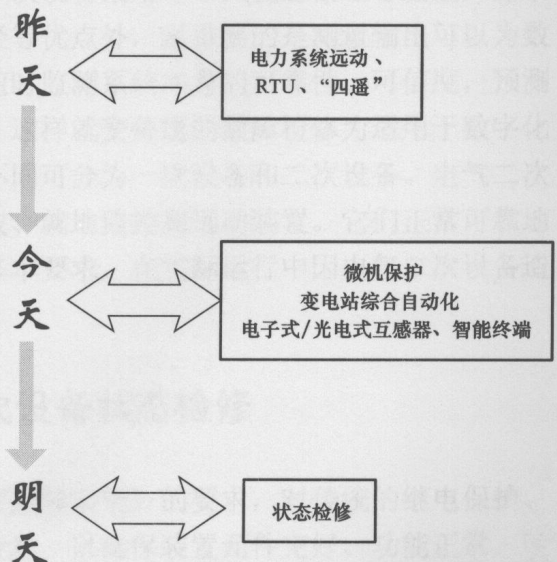
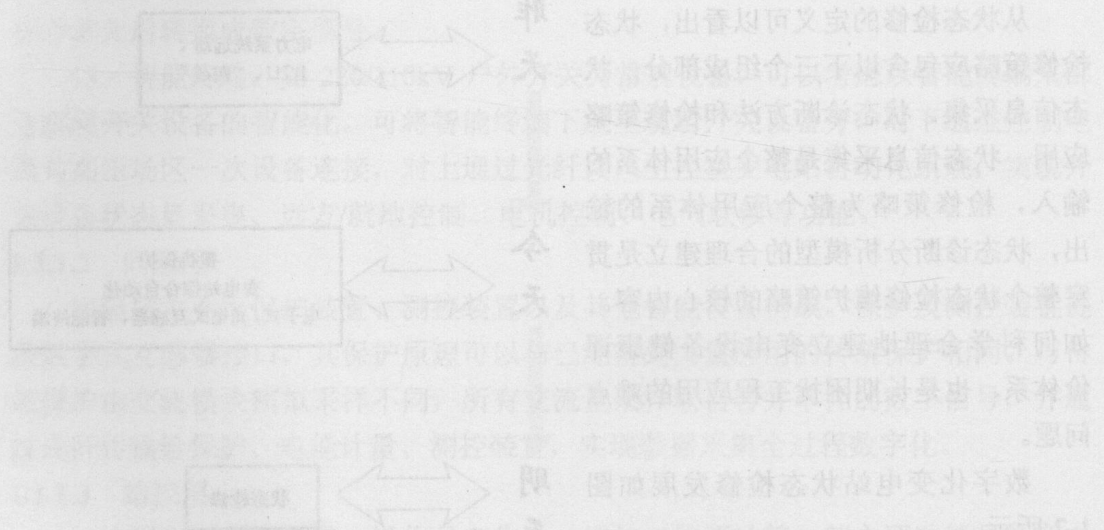


图 1-2 数字化变电站状态检修发展

在智能化一次设备在线监测中，被检测的信号回路和被控制的操作驱动回路采用微处理器和光电技术设计，简化了常规机电式继电器及控制回路的结构，数字程控器及数字公共信号网络取代传统的导线连接。

在网络化的二次设备状态监测中，变电站内常规的二次设备，如继电保护装置、测量控制装置、防误闭锁装置、远动装置、故障录波装置、电压无功控制、同期操作装置以及正在发展中的在线状态检测装置等全部基于标准化、模块化的微处理机设计制造，设备之间的连接全部采用高速的网络通信，二次设备不再出现功能装置重复的 I/O，现场接口通过网络真正实现数据共享、资源共享，常规的功能装置变成了逻辑的功能模块。

变电站运行管理系统应包括电力生产运行数据、状态记录统计无纸化、自动化。变电站运行发生故障时，能及时提供故障分析报告指出故障原因及处理意见，系统能自动发出变电站设备检修报告，从而实现“状态检修”。同时，数字化变电站的 IEC 61850 标准以实现互操作性为目的，以构建信息模型为手段，以规范数据通信为途径，以面向对象的功能服务为承载，提供了逻辑节点库、公共数据类及派生的数据对象和属性、抽象通信服务接口及映射规范、自我描述规范、一致性测试规范五大类标准。



数字化变电站状态检修要求

2.1 电气一次设备状态检修

数字化变电站的建设方案是以电子式互感器、智能化一次设备、网络化二次设备以及 IEC 61850 通信协议体系的应用为特征的。其中智能化的一次设备一般具备在线监测功能、智能控制功能及操动机构电子化功能。在线监测对象主要包括跳合闸电流、气体密度、压力、温度、断路器电寿命、机构动作速度、小信号监测等。智能控制功能提供开关本体保护、分合闸脉冲控制、基于网络通信的联锁功能、开关柜内环境（温度、湿度）智能控制、顺序控制及最佳开断时刻的计算和选择。操动机构的电子化主要体现在变机械储能（弹簧操动机构、液压操动机构）为电容储能、变机械传动为变频器通过电动机直接驱动。机械运动部件减少到一个，机械系统的可靠性提高。总体而言，智能化的一次设备采用电子式互感器进行测量，除了电子式互感器绝缘简单、体积小、质量轻等优点外，最重要的是测量输出可以为数字量，实现直接微机化计量，从而可以随时监测系统本身的可靠性、可信度，预测一次设备的绝缘、电场等是否会被破坏，这样就变传统的故障检修为适用于数字化变电站的状态检修。电气设备根据功能不同可分为一次设备和二次设备。电气二次设备主要包括继电保护、自动、故障录波、就地监控和远动装置。它们正常可靠地运行是保障电网稳定和电力设备安全的基本要求，在实际运行中因电气二次设备造成的系统故障时有发生^[2]。

2.2 电气二次设备状态检修

依据《继电保护及电网安全自动装置检验条例》的要求，对传统的继电保护、安全自动装置及二次回路接线进行定期检验，以确保装置元件完好、功能正常，回路接线及定值正确。若保护装置在两次校验之间出现故障，只有等保护装置功能失效或等下一次校验才能发现。如果这期间电力系统发生故障，保护将不能正确动作，保护装置异常是电力系统非常严重的问题。随着一次设备状态检修、线路不停电检修技术推广应用，使因设备检修引起的停电时间变得越来越短。因此，对于数字化

变电站,电气二次设备同样需要状态监测。其检修模式应与一次设备检修保持同步,以适应电力系统发展需要^[24]。

这对电气二次设备检修提出了新的要求。因此,为保证二次设备的可靠运行,电气二次设备在检修体制、检修方法及检验项目、定检修周期等方面需要做出调整或改变,以适应变电站发展的需要。与电气一次设备相比,电气二次设备的状态监测不过分依靠传感器,因此电气二次设备的状态监测无论是在技术上还是在经济方面都更容易做到。在不增加新的投入的情况下,充分利用现有的测量手段,如直流回路绝缘监测、二次熔断器熔断报警等^[24]。

总之,电气二次设备状态检修是通过设备状态监测技术和设备自诊断技术,结合二次设备运行和检修历史资料,对二次设备状态作出正确评价,根据状态评价结果科学安排检修时间和检修项目。与电气一次设备不同的是电气二次设备的状态监测对象不是单一的元件,而是一个单元或一个系统,监测的是各元件的动态性能,有些元件的性能仍然需要离线检测。因此,电气二次设备的检测数据也是状态监测与诊断的依据^[2]。

2.3 二次设备状态检修与一次设备状态检修的关系

一次设备检修与二次设备检修不能独立进行。许多情况下,二次设备检修要在一次设备停电检修时才能进行^[25]。在作出二次设备状态检修决策时要考虑一次设备的情况,做好状态检修技术经济分析。既要减少停电检修时间,减少停发(供)电造成的经济损失,减少检修次数,降低检修成本,又要保证二次设备可靠正确的工作状况。现在许多厂站建立了设备管理信息系统(MIS),对设备的运行情况、缺陷故障情况、历次检修试验记录等,用计算机进行管理实现了信息共享。这些信息是作出状态检修决策的重要依据之一。要实现二次设备状态检修,需要完善设备管理信息系统(MIS)。由于数字化变电站是按过程层、间隔层、站控层构建,因而必须结合其特点进行状态检修,而非按传统方式分一次和二次设备独立进行检修^[22]。

2.4 状态检修工作重点

数字化变电站的建设和管理是目前电力系统技术进步的重点举措,研究并制订数字化变电站的状态检修方案是一个全新的课题,需要电力企业重点做好各个方面的工作^[2]。

首先应该由有关领导牵头,有关部门负责人和技术专家、专业骨干组成数字化

变电站状态检修工作领导小组。领导小组负责策划、组织、协调并指导整个状态检修工作；确定检修制度改革策略、思路和制订较为具体的实施方案；组织有关人员编写、制订状态检修有关规章制度；重点明确推行状态检修工作的步骤以及各个阶段的重点工作。由领导小组权衡人力、物力、财力资源，以保证实施效果。

其次应抓好在线监测技术开发应用。在线监测是推行状态检修的关键技术支撑，由于它能在运行状态下连续进行监测，因而能及时、有效地发现设备早期缺陷或者缺陷征兆，并据此确定检修时机。应加强与设计、制造、运行等单位的紧密合作，考虑新设备投入使用后与状态监测装置的配合问题，加快在线监测技术的实用化进程。即在系统深入地研究在线检测技术的基础上，结合大量模拟试验和现场检测，收集大量的数据并积累经验，建立科学的评估方法，使其达到实用水平。提高设备状态分析水平是状态监测与状态检修相衔接的关键一环，主要包括三个方面：

- (1) 实现变电站设备在线监测数据远传功能，提高状态检修监测水平。
- (2) 建立设备状态的信息管理系统，逐渐实现状态检修管理工作的标准化，管理业务的程序化，数据资料的完整化和准确化，状态信息的资源共享化和综合处理化。
- (3) 加强测试数据分析。要广泛掌握设备状态和把握设备状态变化趋势，制订更科学的检修策略，把数理统计方法应用到状态检修中去，即在对设备出厂试验、历次试验、检修与故障记录以及运行状况等历史资料统计分析基础上，进行设备状态评估，对其状态变化趋势或规律作出较为准确的预测。