

BIANDIANYUNWEI YITIHUA  
GANGWEI JINENG PEIXUN JIAOCAI

# 变电运维一体化 岗位技能培训教材

陈连凯 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

BIANDIANYUNWEI YITIHUA  
GANGWEI JINENG PEIXUN JIAOCAI

# 变电运维一体化 岗位技能培训教材

陈连凯 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书按照国家电网公司提出的变电运维一体化业务范围,介绍了变电运维班(站)人员在实施运维一体化后,需要掌握的常用工器具与材料,重点针对变压器、断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、母线、避雷器、耦合电容器、继电保护及自动装置、监控装置、直流系统、站用电系统、电容器组等设备的典型维护性检修方法与工艺作了详细的阐述。

本书可作为电网企业实施变电运维一体化后变电运维班(站)人员的培训教材,也可供相关运行人员以及检修人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

变电运维一体化岗位技能培训教材/陈连凯主编. —北京:  
中国电力出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-5123-5163-9

I. ①变… II. ①陈… III. ①变电所-电力系统运行-技术培训-教材②变电所-检修-技术培训-教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 265362 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月北京第一次印刷  
710 毫米×980 毫米 16 开本 14.75 印张 254 千字  
印数 0001—3000 册 定价 45.00 元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
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

# 《变电运维一体化岗位技能培训教材》 编委会

主 编	陈连凯			
副 主 编	来文青			
编写组组长	徐立新			
编写组副组长	罗汉武	周 岩		
编写组成员	李文震	李海明	陈远东	谢志强
	史文江	李文鹏	李江涛	康 凯
	祝永坤	孙 鑫	武学亮	关 悦
	吴小东	赵洪春	王保东	朱 焱
	李 昉	史 记	陈师宽	孟 辉
	崔万利	张秋伟	徐国辉	华亮亮

# 前 言

“三集五大”体系建设是国家电网公司深化“两个转变”，建立科学的管理体系，实现“两个一流”的必由之路，通过变革组织架构，创新管理模式，优化业务流程，全面提高公司管理效率、经济效益和服务水平。“大检修”的主要目标是：统筹人力、技术、装备资源，有效利用社会资源，实施检修专业化和运维一体化，全面深化状态检修，建立按电压等级由各级检修公司（工区）承担电网设备运维检修任务的生产体系，实现资源集约化、组织扁平化、业务专业化、管理精益化。“运维一体化”则是构建“大检修”体系最重要的基石之一。

“变电运维一体化”岗位因此应运而生，它融合了运行和检修两个专业内容，大部分从业人员系由变电运行岗位转岗而来，变电检修专业的内容就成为此岗位从业人员的短板。因此，生产技能培养提高就显得尤为重要和紧迫。国网内蒙古东部电力有限公司在“大检修”体系导入前的准备阶段就已经重点关注该岗位技能的培训，从原变电检修技术体系中剥离和提炼出“维护性检修工作”技术材料，形成教案和讲义。本书正是在此基础上加以编辑、整理和完善，系统地阐述变电运维现场人员关心的技术问题。本书共有 3 篇 17 章。第 1 篇论述变电运维一体化岗位概况。第 2 篇介绍有关常用工器具和材料，每节分别从“作用”、“使用方法”和“注意事项” 3 个方面进行介绍。第 3 篇描述检修方法与工艺，每节分为“管理规定”、“工艺标准”、“工作过程”、“注意事项” 4 个部分，其中“管理规定”介绍工作的管理要求及其出处，明确刚性管理要求，不漏项。“工艺标准”提出工作需要遵循的工艺质量要求。“工作过程”逐步具体讲解工作顺序和要领。“注意事项”列举工作中容易出现的错误和问题，提示注意事项和关键点。本书贯穿始终的一个特点即是“实用”。从系统地描述变电运维岗位的基础知识，到常用设备仪器和材料特性，再到《变电运维一体化业务规范》所涉及的 84 项业务讲解，均从实用的角度切入，引用诠释相关管理标准和技术标准，具体讲解运维方法和检修工艺，以图文并茂的方式生动地展现现场工作过程和技术要点，是一本实用性较强的参考读物。

本书的编写得到国家电网公司总部运维检修部的支持和帮助，同时武汉国电西高电气有限公司、上海热像机电科技有限公司等设备厂家也提供了宝贵的素材，在此一并表示感谢。同时，由于时间及编者水平所限，错误之处在所难免。欢迎广大专家和读者提出宝贵意见。

编 者

2013 年 10 月

# 目 录

前言

## ◎ 第一篇 概述

- 第一章 运维一体化的提出 ..... 3
- 第二章 变电运维一体化业务范围 ..... 5

## ◎ 第二篇 常用工器具与材料

- 第三章 常用工器具使用方法 ..... 9
  - 第一节 万用表 ..... 9
  - 第二节 绝缘电阻表 ..... 10
  - 第三节 钳形电流表 ..... 13
  - 第四节 力矩扳手(钳) ..... 15
  - 第五节 接地电阻测试仪 ..... 16
  - 第六节 SF<sub>6</sub> 组分分析仪 ..... 18
  - 第七节 避雷器阻性电流测试仪 ..... 22
  - 第八节 蓄电池测试仪 ..... 26
  - 第九节 异频介质损耗测试仪 ..... 30
  - 第十节 红外热像仪 ..... 42
- 第四章 常见装置(材料)特性介绍 ..... 49
  - 第一节 SF<sub>6</sub> 气体特性 ..... 49
  - 第二节 硅胶特性 ..... 49
  - 第三节 绝缘油色谱特性 ..... 50
  - 第四节 磁介质特性 ..... 50
  - 第五节 氧化锌阀片特性 ..... 51

第六节 蓄电池特性 .....	51
-----------------	----

## ④ 第三篇 典型维护性检修方法与工艺

第五章 变压器 .....	55
第一节 例行试验 .....	55
第二节 停电瓷件表面清扫、检查、补漆 .....	88
第三节 普通带电测试 .....	89
第四节 专业带电测试 .....	95
第五节 带电维护 .....	104
第六节 散热器带电水冲洗 .....	107
第七节 专业巡检 .....	108
第八节 不停电渗漏油处理 .....	109
第九节 冷却系统的指示灯、空气开关更换 .....	111
第十节 冷却系统的风扇、电机更换 .....	112
第十一节 变压器油色谱在线监测装置载气瓶更换、渗油处理 .....	113
第六章 断路器 .....	116
第一节 例行试验 .....	116
第二节 操动机构检查 .....	123
第三节 停电外观清扫、检查、补漆 .....	125
第四节 普通带电测试 .....	127
第五节 SF <sub>6</sub> 气体组分分析 .....	129
第六节 不停电操动机构处理 .....	130
第七节 专业巡检 .....	133
第七章 隔离开关 .....	139
第一节 停电清扫 .....	139
第二节 导电回路检查维护 .....	140
第三节 接地刀闸检查 .....	142
第四节 传动部件检查维护 .....	143
第五节 机构箱检查 .....	143
第六节 不停电操动机构处理 .....	144
第八章 电流互感器 .....	146
第一节 例行试验 .....	146



第二节	电流互感器停电外观清扫、检查、补漆 .....	149
第三节	电流互感器接地导通试验 .....	152
第四节	电流互感器带电防腐处理 .....	153
第五节	电流互感器专业巡检 .....	154
<b>第九章</b>	<b>电压互感器 .....</b>	<b>155</b>
第一节	例行试验 .....	155
第二节	电压互感器停电外观清扫、检查、补漆 .....	157
第三节	电压互感器接地导通试验 .....	160
第四节	电压互感器熔丝更换 .....	161
第五节	电压互感器专业巡检 .....	161
<b>第十章</b>	<b>母线 .....</b>	<b>163</b>
第一节	母线桥清扫、维护、检查、修理 .....	163
第二节	红外测试 .....	164
第三节	专业巡检 .....	164
<b>第十一章</b>	<b>避雷器 .....</b>	<b>166</b>
第一节	例行试验 .....	166
第二节	避雷器停电清扫、维护、检查 .....	170
第三节	避雷器带电测试 .....	171
第四节	避雷器（金属氧化物避雷器）专业巡检 .....	177
<b>第十二章</b>	<b>耦合电容器 .....</b>	<b>178</b>
第一节	例行试验 .....	178
第二节	耦合电容器的停电清扫、维护和检查 .....	181
第三节	耦合电容器接地导通测试 .....	182
<b>第十三章</b>	<b>继电保护及自动装置 .....</b>	<b>184</b>
第一节	保护装置及二次回路例行试验 .....	184
第二节	保护装置及二次回路诊断性试验 .....	188
第三节	保护装置插件或继电器更换 .....	188
第四节	保护装置升级或版本更新 .....	189
第五节	保护通道联调 .....	190
第六节	保护及自动装置定值修改 .....	192
第七节	保护装置停电消缺 .....	192
第八节	保护差流检查、通道检查 .....	193
第九节	继电保护专业巡检 .....	193

第十节	二次设备红外测温 .....	194
第十一节	缺陷处理 .....	197
第十二节	二次封堵 .....	200
<b>第十四章</b>	<b>监控装置 .....</b>	<b>201</b>
第一节	专业巡检 .....	201
第二节	自动化信息核对 .....	202
第三节	后台监控机除尘 .....	203
第四节	后台机、远动机重启 (OPEN - 3000) .....	204
第五节	测控装置一般性故障维护 .....	207
<b>第十五章</b>	<b>直流系统 .....</b>	<b>209</b>
第一节	直流装置测试 .....	209
第二节	蓄电池试验 .....	211
第三节	直流系统外观清扫、检查 .....	214
第四节	直流系统专业巡检 .....	215
<b>第十六章</b>	<b>站用电系统 .....</b>	<b>217</b>
第一节	带电维护 .....	217
第二节	专业巡检 .....	218
<b>第十七章</b>	<b>电容器组 .....</b>	<b>221</b>
第一节	电容器组的清扫、维护、检查、修理 .....	221
第二节	红外测温 .....	222

# 第一篇

# 概 述





# 第一章

## 运维一体化的提出

电能生产、传输和应用具有在发、输、变、配、用电各环节同步完成的特点，任何一个环节出现问题都可能影响电力能源生产。长久以来，电力生产部门根据电力生产的特点制定了切实可行的运维检修体系，保证了各时期电力设备运行平稳和电网安全。

在传统的电力生产组织方式中，电力调度专业更多地关注电网功率传输平衡等内容，而输电、变电、配电等生产专业则更关注设备本身的健康水平。生产专业所维护的资产占比较大，人员相对较多。其中，变电专业具有维护设备种类更多、分工更细等特点。一般电网企业都要设立包括变电运行、变电检修、继电保护、高压试验、自动化、计量、油务等在内的诸多专业。长期以来，这种按照电网生产专业分工而形成的专业分类在电网业务专业化发展以及保障电网安全生产方面起到了非常重要的作用。

但是，随着国家经济高速发展，电网建设不断加快，2009年以后更是进入以特高压、智能化为标志的新电网建设发展阶段，从统计数字上看电网运维资产逐年增加，社会对供电质量要求不断提高。这种来自内部和外部的形式变化对电网企业驾驭特高压、智能化电网设备的能力提出了更高要求，原有电网生产组织方式，尤其是变电运行和检修专业面临发展瓶颈，主要是传统模式下设备运维效率低和专业人员培养速度慢，难以跟上电网发展脚步。

在传统维护检修模式中，检修人员需要负责对设备的大部分维护和检修任务。为了保障电网设备的维护工作响应速度和效率，检修人员必定会选择分散驻扎，因此一般需要考虑驻地与变电站的距离，不能太远。但在目前电网发展速度的现状下，该方式已无法满足人力资源集约化使用的要求，检修人员相对于电网的维护工作需求变得异常紧张，维护点分散布置的运维方式已无法满足现实需求。这个问题的本质是维护检修工作综合管理无法发挥人力资源规模效益，同时运维检修人员的培养速度明显滞后于电网规模的扩张。总体来说，传统的生产管理方式存在纵向管理链条过长、横向业务分工较细、资源配置重复

等弊端，制约了生产效率和管理水平进一步提高，既不适应以设备全寿命周期管理为核心的现代电网管理要求，也不适应以设备状态检修为核心的生产管理要求，造成了检修人员大量精力投入到处理日常简单缺陷和维护工作，使检修人员忙于现场，疲于应对，影响检修专业自身健康发展，也对电网安全运行带来影响。

国家电网公司自 2009 年以来，以“五大”体系建设为核心，重新对传统变电生产组织方式进行了优化，形成了“调控一体化”、“运维一体化”、“检修专业化”为重点的专业业务调整。这个变化破解了运维检修综合管理与运维及时性及人力资源综合利用的矛盾。大检修体系建设的要求是强化资产全寿命周期管理，实施运维一体化、检修专业化管理模式，构建省公司、地市公司按电压等级承担输变电设备运维检修任务的设备检修体系。“检修专业化”，即以专业技能、使用专业工具、在检修基地里进行的具有专业化性质的检修，主要是指专业化（工厂化）检修和设备轮换检修以及相应的电气试验。“变电运维一体化”是指设备巡检、倒闸操作和维护性检修由同一组人员负责实施的电网生产组织模式。这就把运维从检修中剥离出来，简单业务就地实施，负责业务集中解决，根本上解决了运维矛盾。

## 第二章

# 变电运维一体化业务范围

目前，国家电网公司变电运维一体化业务范围是指变电运维班（站）负责所辖变电站倒闸操作、设备巡视、辅助设施维护等变电运行业务，以及变电设备的维护性检修业务。其中，维护性检修指《输变电设备状态检修导则》中所列无需使用大型装备，不涉及复杂停电及安全措施，不涉及设备整体或重要部件更换、设备大范围拆卸及带电作业的 C、D 类一次设备检修工作和不涉及二次回路改动、设备功能校验以及专业性较强的故障异常处理等二次设备检修工作。

“变电运维一体化”是对现有生产模式的重大变革。它改变了由运维人员进行设备巡视和现场操作，由检修人员进行检修维护这种专业分工协作的生产组织方式。实施“变电运维一体化”后，由运维人员统一负责倒闸操作和简单维护性检修工作后，解放了检修人员的大部分精力，维护性检修专业化，实现人力资源和生产管理集约化，提高了运维工作效率和效益的目标。

一般情况下运维专业人员主要是从运行专业转换过来，但是其承担的业务内容却与原来的运行专业大相径庭。这就会带来运维人员培养周期加长的问題，需要专业管理人员在进行模式转换时充分考虑其安全风险，并做好业务转换的组织和岗前培训。

从专业特点的差异上看，运维一体化专业培养工作有其特殊性。原有的运行、检修工作具有一定的差异性，原变电运行工作主要是围绕“两票三制”，进行设备监控、倒闸操作、设备巡视等，需要综合而全面的专业基础。而检修专业则细分为变电检修、继电保护、高压试验、油务化验等专业，负责各自专业领域的预试定检、缺陷处理、大修技改、新投验收等工作，要求有较深入的专业知识，对专业管辖范围内的设备运行原理、试验方法较为熟悉。在实施运维一体化后，变电运维一体化专业的从业人员面临着检修和运行专业上的双重要求，必然对运维人员综合技能水平提出了更高要求，运维人员全面掌握业务技能的难度较大。

从专业技能培养的周期来看，运维人员培训要采取多种方式。业务开展需要按照计划逐步实施，在逐步承接 C、D 类检修任务前需要统计和分析增加的工作量，预测和评估运维人员现有技术力量，做好班组承载力分析，细化操作实施方案。在安排轮岗、转岗培训时，应避开春秋检高峰。

由于运维一体化毕竟是新出现的专业方向，打乱了原有管理体系，因此要处理好与各专业的关系，尤其要处理好与“大运行”体系中调度监控人员的职责分工界面及工作流程的衔接。这就需要提前修订完善管理制度、工作流程、作业规范等框架制度，为运维一体化专业在电力生产体系中找到支点。

在建立运维一体化人员工作模式过程中，充分利用标准化作业指导书是一种科学而快捷的方法。运维人员大都由运行值班人员转岗而来，这就带来两个问题：首先，值班人员一般只对其维护过的变电站较为熟悉，实施运维一体化后运维人员需要对众多变电站开展运维工作，维护方法存在差异，新人对新设备难以短时间适应。另外，运维人员需要承担变电运行和维护性检修双重职责，全面掌握 C、D 类检修业务需要过渡时间，短时间难以承担起运维任务。因此，要充分重视标准化作业指导书的编制，以标准指导现场作业和培训。



## 第二篇

# 常用工器具与材料