

供电企业生产技能人员实训教材

高压断路器检修

国网河北省电力公司 组编

GONGDIANQIYE
SHENGCHAN JINENG RENYUAN
SHIXUN JIAOCAI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

供电企业生产技能人员实训教材

高压断路器检修

国网河北省电力公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为加强供电企业岗位培训的基础建设,提高培训针对性和实效性,根据公司精益化管理、标准化建设的工作要求,以规范、规程和生产作业指导书为依据,国网河北省电力公司组织直属各供电公司、检修分公司、培训中心的专家编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(共18本)。

本书为《高压断路器检修》,主要包括高压断路器概述、SF₆断路器工作原理及检修工艺、真空断路器工作原理及检修工艺、高压开关柜、六氟化硫封闭式组合电器、弹簧机构工作原理及故障排除、液压操动机构工作原理及故障排除、断路器气动操动机构的原理及故障排除、断路器的二次回路及断路器试验等。

本书可供供电企业高压断路器检修专业技能、管理人员使用,也可作为提高高压断路器检修岗位人员工作能力的培训用书,还可作为电力职业院校教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高压断路器检修 / 国网河北省电力公司组编. —北京:中国电力出版社, 2015.10

供电企业生产技能人员实训教材

ISBN 978-7-5123-5500-2

I. ①高… II. ①国… III. ①高压断路器-检修-技术实训-教材 IV. ①TM561.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 014455 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

*

2015 年 10 月第一版 2015 年 10 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 21.5 印张 410 千字

定价 58.00 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

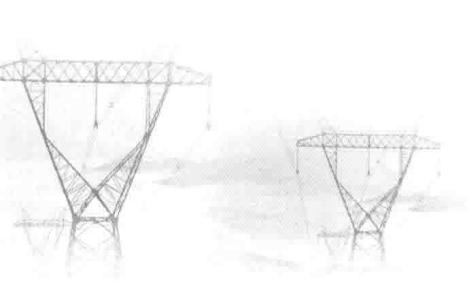
版 权 专 有 翻 印 必 究

供电企业生产技能人员实训教材 高压断路器检修

编 委 会

主	任	刘克俭			
副	主	任	董双武	苑立国	
成	员	赵 宁	侯书其	齐向党	王向东
		倪广德	赵立刚		

编审组组长	赵 宁	齐向党			
副 组 长	侯书其	王向东	倪广德	赵立刚	
主 编	张凤龙				
主 审	甄 利				
成 员	王 巍	姜庆礼	石俊利	曹仁生	
	李 涛	郭小燕	王 民	王 宁	
	陈铁雷	吕云飞	郜向军	杜晓霞	
	焦淑萍	金 怡	杨军强		



序

国家电网公司董事长刘振亚曾经说过：“在改革发展的关键时期和攻坚克难的考验面前，能不能勇担责任、战胜挑战，完成好各项任务，根本要靠高素质的干部员工队伍。”从某种意义上讲，人才是企业的发展之基、转型之要、跨越之本。作为现代化国有特大型企业，必须从发展的视角、战略的高度充分认识人才培养在企业发展中的地位 and 作用。

国家电网公司“三集五大”体系建设进一步深化，特高压电网进入全面大规模建设阶段，河北省产业调整、产业升级、生态建设同步推进，长远来看电力需求将稳步增长，对电网发展提出更高要求。只有持续提高电网安全运行水平，才能切实担负起服务京津冀协同发展、促进产业转型、服务保障民生的重任。电网生产技能人员是电网企业安全生产的基础，如何培养出一支满足公司发展和电网发展需要的生产技能人才队伍是当前乃至以后较长一个时期的重大课题。

近年来，河北公司以岗位核心技能为重点，以高技能人才队伍建设为抓手，以考试考核为手段，大力开展全员培训取得了明显效果。同时由于培训、竞赛、调考力度的加大，也暴露出了课程教材题库等基础建设的薄弱，由于缺乏长期、统一和规范的教材开发体系，培训教材普遍存在偏重理论知识、技能操作内容较少、针对性差、实用性低的问题，特别是针对高技能人才培训的教材数量尚少，无法满足公司发展对员工

岗位能力不断提高的要求。

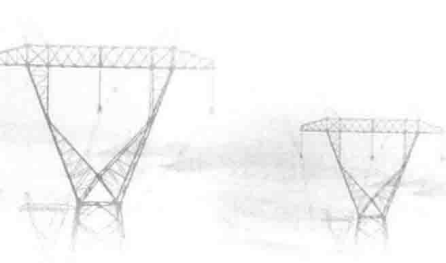
本着“干什么练什么，缺什么学什么”的目的，公司提出以科学发展观为指导，紧密结合现场实际操作要求，以技能训练为核心，以规范、规程、作业指导书为依据，以实训室设备设施为基础，在保证知识够用、技能必备的基础上，重点突出实用性、针对性、典型性，组织公司本部专业处室、培训中心、基层单位 18 个专业 115 名专家，在全面收集、分析、筛选现有技能培训教材和现场作业项目，借鉴优秀培训教材的基础上，结合生产一线岗位技能培训的实际需要，编制完成了《供电企业生产技能人员实训教材》。

《供电企业生产技能人员实训教材》共计 18 分册，涵盖了供电企业 16 个专业工种。以技能训练为主线，结合现场使用的《电力生产标准化作业指导书》、《操作导则》等技能操作规范，与各工种现场设备、技术手段、标准化作业程序同步。本教材可用于实训操作训练指导，亦可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

我们相信，在众多专家的共同努力和广大生产技能人员的支持下，实训教材体系将日趋完善，电网生产技能人员综合能力会日渐提高，企业安全生产根基将持续夯实，建设世界一流电网、国际一流企业的目标将不再遥远。真诚希望本书能够为您带来帮助。

苑立国

2015 年 2 月



前 言

为满足供电企业一线员工现场培训需求,加强供电企业生产技能岗位培训的基础建设,推动生产作业标准化,国网河北省电力公司选择 18 个专业(工种),编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(简称《实训教材》)。《实训教材》由国网河北省电力公司一线生产专家编写,省公司组织专业审核把关,并由经验丰富的技术专家担任主审,经省公司组织试用、研讨、反复修改后成稿。

《实训教材》紧密结合现场实际操作要求,以技能训练为核心,以供电企业技术规范、规程、作业指导书为依据,突出教材可操作性、实用性、针对性和典型性。在内容定位上,以专业技能为重点,突出标准化作业,规范作业行为。在编写模式上,各专业(工种)实训指导教材不分层级,要求参训人员均按规范的、标准的作业要求完成实训项目,以操作流程为主线,相关知识和技能有限度展开,由浅入深。在使用功能上,直接用于实训室操作训练指导,并可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

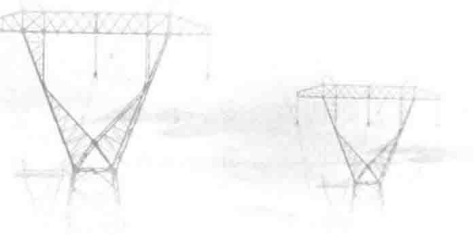
本书为《高压断路器检修》,重点介绍高压断路器概述、SF₆断路器工作原理及检修工艺、真空断路器工作原理及检修工艺、高压开关柜、六氟化硫封闭式组合电器、弹簧机构工作原理及故障排除、液压操动机构工作原理及故障排除、断路器气动操动机构的原理及故障排除、断路器的二次回路及断路器试验。同时本书对当前应用的新技术予以介绍,引用标准、规范力求最新。本书每章内容后面附带小结和思考练习题,针对实训给出项目评分细则,便于读者掌握重点内容和培训考核使用。本书最大程度地力求内容与实际紧密结合,理论与实际操作并重。

本书由张凤龙任主编,由甄利主审。本书第一章和第五章由郭小燕、王民、王宁编写,第二章和第三章由张凤龙、石俊利、陈铁雷编写,第四章由王巍、李涛编写,第六章和第七章由曹仁生、吕云飞、郜向军编写,第八章、第九章和第十章由姜庆礼、杨军强、杜晓霞、焦淑萍、金怡编写。

本书对供电企业高压断路器检修岗位技能培训有较强的指导作用，也可给现场技术人员流程研究和优化提供参考，由于编者水平所限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 2 月



目 录

序 前言

第一篇 实训概要

第一章 高压断路器概述	3
第一节 高压断路器基本知识	3
第二节 实训基地介绍	5

第二篇 实训项目

第二章 SF ₆ 断路器工作原理及检修工艺	11
第一节 SF ₆ 断路器本体结构和基本工作原理	11
第二节 SF ₆ 断路器检修试验项目及标准	16
第三节 SF ₆ 断路器典型故障分析	21
第四节 实训项目	24
第五节 实训项目考核评分细则	36
第三章 真空断路器工作原理及检修工艺	41
第一节 真空断路器的结构和工作原理	41
第二节 真空断路器的检修项目和注意事项	46
第三节 实训项目	48
第四节 实训项目评分细则	65

第四章 高压开关柜 68

第一节	高压开关柜基础知识	68
第二节	KYN28C-12 高压开关柜	70
第三节	XGN66-12 高压开关柜	74
第四节	高压开关柜的“五防”联锁	76
第五节	高压开关柜检修	83
第六节	实训项目	91
第七节	实训项目考核评分细则	93

第五章 六氟化硫封闭式组合电器 101

第一节	六氟化硫封闭式组合电器基础知识	101
第二节	GIS 设备定期维护	113
第三节	GIS 设备检修	116
第四节	GIS 设备故障分析与处理	137
第五节	实训项目	143
第六节	实训项目考核	145

第六章 弹簧机构工作原理及故障排除 147

第一节	弹簧操动机构的基本知识及特点	147
第二节	弹簧操动机构结构及工作原理	149
第三节	弹簧操动机构测量与调整	157
第四节	弹簧操动机构与断路器配合动作试验	158
第五节	典型故障分析	159
第六节	实训项目	161
第七节	实训项目考核评分细则	164

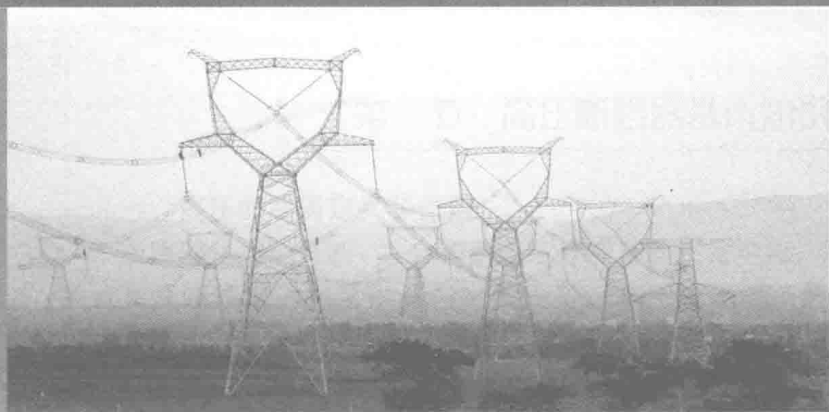
第七章 液压操动机构工作原理及故障排除 167

第一节	液压操动机构的基本知识	167
第二节	液压操动机构的结构及工作原理	169
第三节	液压操动机构的动作实现	177
第四节	液压操动机构的检修工艺及流程	181
第五节	断路器与机构配合动作调整试验	195

第六节 实训项目	197
第七节 实训项目考核评分细则	206
第八章 断路器气动操动机构的原理及故障排除	209
第一节 气动操动机构概述	209
第二节 气动操动机构的结构及工作原理	213
第三节 气动操动机构的维护与检修	222
第四节 气动操动机构的验收	238
第五节 气动操动机构的故障处理	241
第六节 实训项目考核评分细则	245
第九章 断路器的二次回路	249
第一节 概述	249
第二节 弹簧操动机构断路器的二次回路	250
第三节 液压操动机构断路器的二次回路	253
第四节 气动操动机构断路器的二次回路	258
第五节 实训项目	264
第六节 考核评分细则	265
第十章 断路器试验	269
第一节 断路器试验概述	269
第二节 断路器型式试验	271
第三节 断路器出厂试验	274
第四节 断路器交接试验	276
第五节 断路器状态检修试验	284
第六节 实训项目	287
第七节 断路器带电试验技术	320
第八节 断路器例行试验的实训项目考核评分细则	323
参考文献	330

供电企业生产技能人员实训教材

高压断路器检修



第一篇

实训概要

第一章

高压断路器概述

第一节 高压断路器基本知识

一、高压断路器定义和作用

断路器是指能开断、关合和承载运行线路的正常电流，并能在规定时间内承载、关合和开断规定的异常电流的电气设备。高压断路器一般指额定电压为 1kV 及以上者。

高压断路器在电网中起两方面作用：一是控制作用，即根据电网运行的需要，将部分电气设备或线路投入或退出运行；二是保护作用，即在电气设备或电力线路发生故障时，继电保护自动装置发出跳闸信号，启动断路器，将故障部分设备或线路从电网中迅速切除，确保电网中无故障部分的正常运行。

二、电力系统对高压断路器的基本要求

为保证在各种条件下电力系统能安全稳定的运行，断路器在正常工作时接通和切断负荷电流，短路时切断短路电流，并受装设地点环境变化的影响。断路器能满足以下几点的要求。

(1) 载流能力：断路器长期通过额定电流时，各部分的温升不超过允许值。通过短路电流时能满足热稳定和动稳定的要求。

(2) 绝缘能力：断路器不仅能长期运行在最高工作电压下，并能耐受工频过电压、操作过电压和雷电过电压，而其绝缘性能不发生劣化。

(3) 关合、开断能力：断路器能在规定的时间内可靠开断、关合额定电流、短路电流而不发生重燃和击穿，关合、开断时引起的过电压不超过规定值。

(4) 机械特性：断路器的动作特性应满足电力系统稳定的要求。允许在外部环境中长期运行，其使用寿命不受影响。

三、高压断路器的分类

(1) 按照断路器的灭弧介质分类。

1) 油断路器：触头在变压器油中开断，利用变压器油作为灭弧介质和绝缘介质。

2) 压缩空气断路器: 以压缩空气作为灭弧介质和绝缘介质, 吹弧所用的空气压力一般在 $1013 \sim 4052 \text{kPa}$ 的范围内。

3) SF_6 断路器: 以 SF_6 气体作为灭弧介质和绝缘介质的断路器。

4) 真空断路器: 触头在真空中开断, 利用真空作为绝缘介质和灭弧介质的断路器, 真空度在 10^{-4}Pa 以上。

(2) 按照断路器所用操作能源的形式分类。

1) 手动机构: 指用人力合闸的机构。

2) 电磁机构: 指靠电磁铁合闸的机构。

3) 液压机构: 指以高压油推动活塞实现合闸与分闸的机构。

4) 弹簧机构: 指用事先由人力或电机储能的弹簧合闸的机构。

5) 气动机构: 指以压缩空气推动活塞实现合闸与分闸的机构。

6) 电动机操动机构: 用电子器件控制的电动机去直接操作。

四、高压断路器的型号名称

1. 国内高压断路器的型号名称

根据 JB/T 8754—1998《高压断路器设备型号编制方法》制定。国内高压断路器型号的含义如图 1-1 所示。

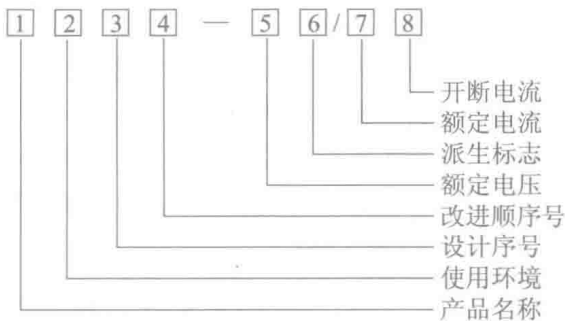


图 1-1 国内高压断路器命名规则

(1) 产品名称: 以拼音字母表示。S—少油; D—多油; Z—真空; K—压缩; L—六氟化硫; C—磁吹; Q—自产气; ZF—封闭式组合电器; ZH—复合式组合电器; ZC—敞开式组合电器。

(2) 使用环境: 以拼音字母表示。N—户内式; W—户外式。

(3) 设计序号: 以数字表示。1, 2, 3 等。

(4) 改进顺序号: A, B, C, D 等。

(5) 额定电压: 以数字表示, 均以 kV 为单位。

(6) 派生标志: 以拼音字母表示。如: G—改进型, W—防污等。

(7) 额定电流: 以数字表示, 以 A 为单位。

(8) 开断电流：以数字表示，以 kA 为单位。

2. 国外部分高压断路器编号

国外的高压断路器产品型号由各公司自选制定，所以不同公司产品型号命名有很大差别，例如：AREVA（阿尔斯通）公司断路器 GL314，G—气体绝缘断路器；L—瓷柱式；3—第三代灭弧室；14—245kV。

五、高压断路器的基本结构

高压断路器一般由以下几部分组成：

(1) 开断元件：作用是开断、关合电路和安全隔离电源。包括导电回路、动静触头和灭弧装置。

(2) 绝缘支撑元件：用来支撑高压断路器的器身，承受开断元件的操作力和各种外力，保证开断元件可靠对地绝缘。主要由瓷柱、瓷套管和绝缘管等构成。

(3) 传动元件：将操动能量传递给动触头。由连杆、拐臂、齿轮、液压或气压管道等组成。

(4) 基座：用来支撑和固定高压断路器，即断路器的底座。

(5) 操动机构：用来提供能量，操动断路器分、合。操动机构有电磁、液压、气动、弹簧、手动等不同类别。

第二节 实训基地介绍

一、实训室简介

高压断路器实训基地作为河北南网变电修试实训基地的一个重要部分，承担输电变电检修工的培训、鉴定任务。实训室现有 LW15-220、LW25-126、LW6-110、LW8-35、LW16-40.5 型六氟化硫断路器以及 ZW7-35、ZN12-12 真空断路器，另外选配了 CY3、CY5 和 BLK222 等几类操动机构。可以有针对性地实现对在运各典型断路器和操动机构的检修、调试和故障处理培训。

同时，实训室配备 SF₆ 气体检漏、检湿仪器和回收处理等配套设施，加强了 SF₆ 气体管理的培训。

另外，专门设计了开关监控屏，它可实现对所有断路器和操动机构的监测和控制，这样，就可完成断路器监控回路缺陷查找和故障处理的培训。

二、培训对象

高压断路器实训基地主要设计培训对象为变电检修工，同时兼顾变电一次安装工、高压电气安装工、变电站值班员等工种从业人员的技能培训。

高压断路器是电力系统中重要的控制和保护电器，它的维护检修水平关系到整个电网能否安全稳定运行。高压断路器的检修调试工作技术含量较高，且近年来高

压断路器设备的更新换代较快,现场工人的专业基础知识和技能素质已越来越无法适应技术进步的要求,加强对现场员工的培训,提高断路器的维护检修水平已成为电网发展不可或缺的一环。

三、培训目标

熟悉六氟化硫、真空断路器、GIS 设备、开关柜以及弹簧、液压等各型号操动机构的结构性能和工作原理,掌握各型号断路器的检修、维护技能和调试试验方法,提高开关设备故障及缺陷快速查找和消除的能力。

四、培训功能

(1) 变电检修工、变电一次安装工、高压电气安装工、变电站值班员的技能培训及上述各工种的专业技能竞赛。

(2) 变电检修工、变电一次安装工、高压电气安装工、变电站值班员的技能鉴定。

表 1-1 为高压断路器检修实训室设备。

表 1-1 为高压断路器检修实训室设备

序号	设备名称	型号规格
1	高压断路器	LW8-35
2	高压断路器	LW16-40.5
3	高压断路器	ZW7-35
4	高压断路器	ZN12-35
5	液压操动机构	LW6
6	液压操动机构	LW10B
7	弹簧操动机构	BLK222
8	液压元件试验台	
9	充氮装置	
10	开关监控屏	定制
11	SF ₆ 气体回收车	HC120
12	SF ₆ 气体检漏仪	RIC-LDD2000
13	微水检测仪	HVP-III
14	钳工台	
15	机械特性测试仪	QP021BD
16	电源配置	含直流
17	GIS	ZF12-126 (L)