



国家电网
STATE GRID

国家电网公司
生产技能人员职业能力培训专用教材

变电运行(220kV) 下

国家电网公司人力资源部 组编

GUOJIADIANWANGGONGSI
SHENGCHANJINENG RENYUAN
ZHIYENENGLI PEIXUN
ZHUANYONG JIAOCAI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS





国家电网
STATE GRID

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训专用教材

变电运行(220kV) 下

国家电网公司人力资源部 组编

张红艳 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《国家电网公司生产技能人员职业能力培训教材》是按照国家电网公司生产技能人员模块化培训课程体系的要求，依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》（简称《培训规范》），结合生产实际编写而成。

本套教材作为《培训规范》的配套教材，共 72 册。本册为专用教材部分的《变电运行（220kV）》，全书共 7 个部分 44 章 134 个模块，主要内容包括专业知识，相关知识，基本技能，监视、巡视与维护，倒闸操作，异常处理，事故处理。

本书可作为供电企业变电运行（220kV）工作人员的培训教学用书，也可作为电力职业院校教学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

变电运行：220kV. 下 / 国家电网公司人力资源部组编. —北京：中国电力出版社，2010.10

国家电网公司生产技能人员职业能力培训专用教材

ISBN 978-7-5123-0923-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 190586 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>）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 11 月第一版 2011 年 8 月北京第三次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 39.75 印张 1228 千字
印数 18001—28000 册 定价 64.00 元（上、下册）

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



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训专用教材

目 录

前言

上 册

第一部分 专业 知识

| | |
|--|----|
| 第一章 数字化变电站的概念与应用 | 3 |
| 模块 1 数字化变电站介绍 (GYBD00101001) | 3 |
| 模块 2 数字化变电站的系统架构及技术特征 (GYBD00101002) | 4 |
| 模块 3 数字化变电站的基本应用 (GYBD00101003) | 7 |
| 第二章 数字化变电站的组成与实现 | 10 |
| 模块 1 IEC 61850 标准综述 (GYBD00102001) | 10 |
| 模块 2 数字化变电站的通信网络 (GYBD00102002) | 12 |
| 模块 3 电子式互感器基本原理及技术 (GYBD00102003) | 14 |
| 模块 4 智能化电器设备 (GYBD00102004) | 21 |
| 模块 5 数字化变电站的实现 (GYBD00102005) | 27 |
| 第三章 变电运行相关规程及制度 | 32 |
| 模块 1 电力系统调度规程 (ZY2700601001) | 32 |

第二部分 相 关 知 识

| | |
|--|----|
| 第四章 电气设备试验周期、标准及方法 | 39 |
| 模块 1 电气试验标准 (GYBD00701001) | 39 |
| 模块 2 常规电气试验 (GYBD00701002) | 41 |
| 模块 3 特殊电气试验 (GYBD00701003) | 42 |
| 第五章 数据采集及分析 | 45 |
| 模块 1 电气设备在线监测 (GYBD00702001) | 45 |
| 模块 2 相关电气试验数据分析 (GYBD00702002) | 49 |
| 第六章 状态检修基础知识 | 54 |
| 模块 1 变电设备的状态检修概述 (ZY1400401001) | 54 |
| 模块 2 决策支持系统 (DSS) (ZY1400401002) | 57 |
| 模块 3 状态检修的基本思路和方法 (ZY1400401003) | 63 |
| 第七章 电气设备的状态检修 | 68 |
| 模块 1 变压器的状态检修 (ZY1400402001) | 68 |
| 模块 2 互感器的状态检修 (ZY1400402002) | 74 |
| 模块 3 断路器的状态检修 (ZY1400402003) | 78 |

| | | |
|------|--------------------------|----|
| 模块 4 | 隔离开关的状态检修 (ZY1400402004) | 82 |
| 模块 5 | 避雷器的状态检修 (ZY1400402005) | 85 |
| 模块 6 | 电力电缆的状态检修 (ZY1400402006) | 88 |

第三部分 基本技能

| | | |
|-------------|----------------------------------|-----|
| 第八章 | 常用仪器、仪表、安全工器具的使用及维护 | 95 |
| 模块 1 | 常用仪器、仪表使用 (GYBD00201001) | 95 |
| 模块 2 | 安全工器具使用与维护 (GYBD00201002) | 103 |
| 模块 3 | 红外热成像的测试与分析 (ZY1800303001) | 114 |
| 第九章 | 变电站接线方式及一次设备 | 119 |
| 模块 1 | 220kV 变电站接线方式 (ZY1000105001) | 119 |
| 模块 2 | 220kV 变电站电气设备 (ZY1000105002) | 121 |
| 第十章 | 继电保护配置、范围及基本原理 | 130 |
| 模块 1 | 线路保护配置、范围及基本原理 (ZY1000101001) | 130 |
| 模块 2 | 母线保护功能配置、范围及基本原理 (ZY1000101002) | 140 |
| 模块 3 | 主变压器保护配置、范围及基本原理 (ZY1000101003) | 147 |
| 模块 4 | 电容器保护配置、范围及基本原理 (ZY1000101004) | 154 |
| 模块 5 | 站用变压器保护配置、范围及基本原理 (ZY1000101005) | 159 |
| 第十一章 | 继电保护及自动装置动作分析 | 164 |
| 模块 1 | 线路保护动作过程及信号含义 (ZY1000102001) | 164 |
| 模块 2 | 母线保护动作过程及信号含义 (ZY1000102002) | 172 |
| 模块 3 | 主变压器保护动作过程及信号含义 (ZY1000102003) | 178 |
| 模块 4 | 站用变压器保护动作过程及信号含义 (ZY1000102004) | 183 |
| 模块 5 | 电容器保护动作过程及信号含义 (ZY1000102005) | 188 |
| 模块 6 | 备用电源自动投入装置 (ZY1000102006) | 192 |
| 模块 7 | 安全稳定控制装置动作过程及信号含义 (ZY1000102007) | 196 |
| 第十二章 | 电气二次接线识图、绘图 | 199 |
| 模块 1 | 直流系统接线图 (ZY1000103001) | 199 |
| 模块 2 | 综合自动化系统结构图 (ZY1000103002) | 208 |
| 模块 3 | 电压互感器二次回路图 (ZY1000103003) | 212 |
| 模块 4 | 同期回路接线图 (ZY1000103004) | 219 |
| 模块 5 | 控制与信号回路图 (ZY1000103005) | 224 |
| 模块 6 | 变压器冷却器与有载调压控制回路图 (ZY1000103006) | 233 |
| 第十三章 | 变电站的通信和生产管理信息系统 | 242 |
| 模块 1 | 变电站通信设备使用 (ZY1200103001) | 242 |
| 模块 2 | 生产管理信息系统的使用 (ZY1000106001) | 243 |
| 模块 3 | 生产管理信息系统的内容及填写 (ZY1000106002) | 249 |
| 第十四章 | 操作票和工作票执行 | 255 |
| 模块 1 | 操作票的执行 (ZY1000104001) | 255 |
| 模块 2 | 执行工作票的规定 (ZY1000104003) | 265 |
| 模块 3 | 事故应急抢修单的执行 (ZY1000104002) | 271 |
| 模块 4 | 第二种工作票的执行 (ZY1000104004) | 275 |
| 模块 5 | 第一种工作票的执行 (ZY1000104005) | 280 |
| 模块 6 | 带电作业工作票的执行 (ZY1000104006) | 289 |

第四部分 监视、巡视与维护

| | |
|---|-----|
| 第十五章 运行工况监控 | 297 |
| 模块 1 设备运行工况监视 (ZY1000201001) | 297 |
| 模块 2 电压、无功调整 (ZY1000201002) | 298 |
| 模块 3 设备运行工况分析 (ZY1000201003) | 301 |
| 第十六章 设备巡视 | 305 |
| 模块 1 设备巡视的要求 (ZY1000202001) | 305 |
| 模块 2 一次设备的正常巡视 (ZY1000202002) | 308 |
| 模块 3 二次设备的巡视及运行维护 (ZY1000202003) | 317 |
| 模块 4 站用交、直流系统的巡视及维护 (ZY1000202004) | 319 |
| 模块 5 防误装置的检查及运行规定 (ZY1000202005) | 322 |
| 模块 6 防误装置的运行维护 (ZY1000202008) | 325 |
| 模块 7 辅助设施的巡视及维护 (ZY1000202006) | 328 |
| 模块 8 设备的特殊巡视 (ZY1000202007) | 332 |
| 第十七章 变电站设备的定期试验与轮换及其分析 | 337 |
| 模块 1 变电站设备的定期试验与轮换 (GYBD00301001) | 337 |
| 模块 2 变电站设备的定期试验与轮换分析 (GYBD00301002) | 340 |

下 册

第五部分 倒 闸 操 作

| | |
|---|-----|
| 第十八章 倒闸操作基础知识 | 349 |
| 模块 1 倒闸操作基本概念及操作原则 (GYBD00401001) | 349 |
| 第十九章 高压开关类设备、线路停送电 | 353 |
| 模块 1 高压开关类设备停送电操作 (ZY1000301001) | 353 |
| 模块 2 高压开关类设备停送电操作危险点源分析 (ZY1000301002) | 359 |
| 模块 3 线路停送电操作 (ZY1000301003) | 361 |
| 模块 4 线路停送电操作危险点源分析 (ZY1000301004) | 365 |
| 第二十章 变压器停送电 | 367 |
| 模块 1 变压器停送电操作 (ZY1000302001) | 367 |
| 模块 2 变压器停送电操作危险点源分析 (ZY1000302002) | 375 |
| 第二十一章 母线停送电 | 379 |
| 模块 1 母线停送电操作 (ZY1000303001) | 379 |
| 模块 2 母线停送电操作危险点源分析 (ZY1000303002) | 390 |
| 第二十二章 电压互感器停送电 | 394 |
| 模块 1 电压互感器停送电操作 (ZY1000304001) | 394 |
| 模块 2 电压互感器停送电操作危险点源分析 (ZY1000304002) | 398 |
| 第二十三章 站用交、直流系统停送电 | 400 |
| 模块 1 站用交、直流系统停送电操作 (ZY1000305001) | 400 |
| 模块 2 站用交、直流系统停送电操作危险点源分析 (ZY1000305002) | 407 |
| 第二十四章 补偿装置停送电 | 410 |
| 模块 1 电容器、电抗器一般停送电 (GYBD00402001) | 410 |

| | | |
|--------------|---------------------------------------|-----|
| 模块 2 | 电容器、电抗器操作异常分析处理及危险点源分析 (GYBD00402002) | 411 |
| 第二十五章 | 二次设备操作 | 413 |
| 模块 1 | 一般二次设备操作 (ZY1000307001) | 413 |
| 模块 2 | 二次设备操作危险点源分析 (ZY1000307002) | 421 |
| 第二十六章 | 大型复杂操作 | 424 |
| 模块 1 | 大型复杂操作 (ZY1000306001) | 424 |
| 模块 2 | 大型复杂操作危险点源分析 (ZY1000306002) | 441 |
| 第二十七章 | 设备运行验收与投运 | 445 |
| 模块 1 | 设备验收项目及要 求 (GYBD00403001) | 445 |
| 模块 2 | 新设备投运与操作 (GYBD00403002) | 455 |
| 模块 3 | 新设备投运方案编制与投运操作危险点源控制 (GYBD00403003) | 458 |

第六部分 异常处理

| | | |
|--------------|-----------------------------------|-----|
| 第二十八章 | 高压开关类设备异常处理 | 463 |
| 模块 1 | 高压开关类设备异常现象及分析 (ZY1000402001) | 463 |
| 模块 2 | 高压开关类设备常见异常处理 (ZY1000402002) | 468 |
| 模块 3 | 高压开关类设备异常处理危险点源分析 (ZY1000402003) | 476 |
| 第二十九章 | 变压器异常处理 | 479 |
| 模块 1 | 变压器异常现象及分析 (ZY1000401001) | 479 |
| 模块 2 | 变压器常见异常处理 (ZY1000401002) | 484 |
| 模块 3 | 变压器异常处理危险点源分析 (ZY1000401003) | 488 |
| 第三十章 | 母线异常处理 | 492 |
| 模块 1 | 母线异常现象及分析 (ZY1000403001) | 492 |
| 模块 2 | 母线常见异常处理 (ZY1000403002) | 493 |
| 模块 3 | 母线异常处理危险点源分析 (ZY1000403003) | 494 |
| 第三十一章 | 互感器异常处理 | 496 |
| 模块 1 | 互感器异常现象及分析 (ZY1000404001) | 496 |
| 模块 2 | 互感器常见异常处理 (ZY1000404002) | 498 |
| 模块 3 | 互感器异常处理危险点源分析 (ZY1000404003) | 502 |
| 第三十二章 | 防雷设备异常处理 | 505 |
| 模块 1 | 防雷设备异常现象及分析 (ZY1000405001) | 505 |
| 模块 2 | 防雷设备常见异常处理 (ZY1000405002) | 506 |
| 模块 3 | 防雷设备异常处理危险点源分析 (ZY1000405003) | 508 |
| 第三十三章 | 站用交、直流系统异常处理 | 510 |
| 模块 1 | 站用交、直流系统异常现象及分析 (ZY1000407001) | 510 |
| 模块 2 | 站用交、直流系统常见异常处理 (ZY1000407002) | 513 |
| 模块 3 | 站用交、直流系统异常处理危险点源分析 (ZY1000407003) | 516 |
| 第三十四章 | 二次设备异常处理 | 519 |
| 模块 1 | 二次设备异常现象及分析 (ZY1000406001) | 519 |
| 模块 2 | 二次设备常见异常处理 (ZY1000406002) | 524 |
| 模块 3 | 二次设备异常处理危险点源分析 (ZY1000406003) | 529 |
| 第三十五章 | 补偿装置异常及缺陷处理 | 532 |
| 模块 1 | 补偿装置异常现象及分析 (GYBD00501001) | 532 |
| 模块 2 | 补偿装置异常处理 (GYBD00501002) | 535 |

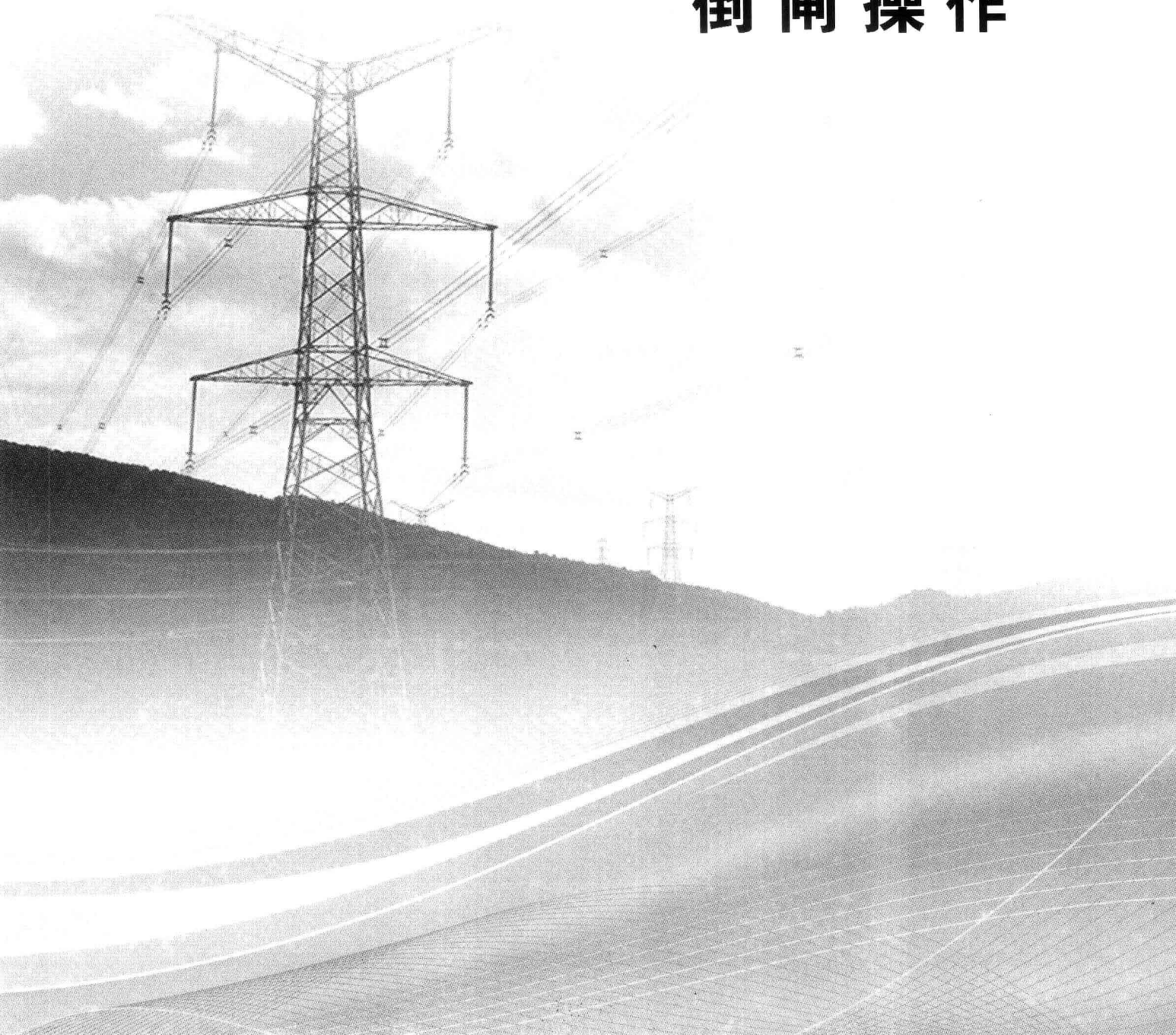
| | | |
|--------------|----------------------------------|------------|
| 模块 3 | 补偿装置异常处理危险点源分析 (GYBD00501003) | 538 |
| 第三十六章 | 小电流接地系统异常分析及处理 | 540 |
| 模块 1 | 小电流接地系统异常现象及分析 (GYBD00502001) | 540 |
| 模块 2 | 小电流接地系统异常处理 (GYBD00502002) | 542 |
| 模块 3 | 小电流接地系统异常处理危险点源分析 (GYBD00502003) | 545 |
| 模块 4 | 人工转移接地点操作 (GYBD00502004) | 547 |

第七部分 事故处理

| | | |
|--------------|--------------------------------------|------------|
| 第三十七章 | 事故处理基础知识 | 551 |
| 模块 1 | 事故处理基本原则及步骤 (GYBD00601001) | 551 |
| 第三十八章 | 线路事故处理 | 555 |
| 模块 1 | 线路事故处理基本原则和处理步骤 (ZY1000503001) | 555 |
| 模块 2 | 线路事故处理案例分析 (ZY1000503002) | 557 |
| 第三十九章 | 变压器事故处理 | 561 |
| 模块 1 | 变压器事故处理基本原则和处理步骤 (ZY1000502001) | 561 |
| 模块 2 | 变压器事故处理案例分析 (ZY1000502002) | 565 |
| 第四十章 | 站用交、直流系统事故处理 | 568 |
| 模块 1 | 站用交、直流系统事故处理基本原则和处理步骤 (ZY1000504001) | 568 |
| 模块 2 | 站用交、直流系统事故处理案例分析 (ZY1000504002) | 570 |
| 第四十一章 | 母线事故处理 | 574 |
| 模块 1 | 母线事故处理基本原则和处理步骤 (ZY1000501001) | 574 |
| 模块 2 | 母线事故处理案例分析 (ZY1000501002) | 576 |
| 第四十二章 | 补偿装置事故分析及处理 | 581 |
| 模块 1 | 补偿装置简单事故处理 (GYBD00602001) | 581 |
| 模块 2 | 补偿装置事故处理 (GYBD00602002) | 583 |
| 模块 3 | 补偿装置事故处理危险点预控分析 (GYBD00602003) | 587 |
| 第四十三章 | 二次设备事故处理 | 591 |
| 模块 1 | 二次设备事故处理基本原则和处理步骤 (ZY1000505001) | 591 |
| 模块 2 | 二次设备事故处理案例分析 (ZY1000505002) | 592 |
| 第四十四章 | 复杂事故处理及分析 | 598 |
| 模块 1 | 复杂事故的故障分析及处理 (ZY1000506001) | 598 |
| 模块 2 | 事故处理危险点分析 (ZY1000506002) | 605 |
| 附录 A | 《变电运行 (220kV)》培训模块教材各等级引用关系表 | 609 |
| 参考文献 | | 618 |

第五部分

倒闸操作





第十八章 倒闸操作基础知识

模块 1 倒闸操作基本概念及操作原则 (GYBD00401001)

【模块描述】本模块介绍倒闸操作的基本概念、操作原则和注意事项。通过归纳讲解一般典型操作程序,掌握倒闸操作的基本方法。

【正文】

电气设备倒闸操作,其实质是进行电气设备状态间的转换。因此,本模块首先介绍变电站电气设备的状态及其状态间转换的概念,进而对变电站电气设备倒闸操作的基本概念、基本内容、基本类型、操作任务、操作指令、操作原则和倒闸操作的一般规定进行阐述;通过倒闸操作基本程序来说明倒闸操作的基本步骤、方法及要点。

一、电气设备倒闸操作基本概念

1. 电气设备的状态

变电站电气设备有四种稳定的状态,即运行状态、热备用状态、冷备用状态和检修状态。

(1) 电气设备运行状态。电气设备运行状态是指电气设备的隔离开关和断路器都合上的位置,并且电源至受电端之间的电路连通(包括辅助设备,如电压互感器、避雷器等)。

(2) 电气设备热备用状态。电气设备热备用状态是指设备仅仅靠断路器断开;而隔离开关都在合上的位置,即没有明显的断开点,其特点是断路器一经合闸即可将设备投入运行。

(3) 电气设备冷备用状态。电气设备冷备用状态是指设备的断路器和隔离开关均在断开位置。

(4) 电气设备检修状态。电气设备检修状态是指设备的所有断路器、隔离开关均在断开位置,装设接地线或合上接地刀闸。“检修状态”根据设备不同又可以分为以下几种情况:

1) “断路器检修”是指断路器及两侧隔离开关均在断开位置,断路器控制回路熔断器取下或断开空气断路器,两侧装设接地线或合上接地刀闸,断路器连接到母差保护的电流互感器回路应拆开并短接。

2) “线路检修”是指线路断路器及两侧隔离开关均断开位置,如果线路有电压互感器且装有隔离开关时,应将该电压互感器的隔离开关拉开,并取下低压侧熔断器或断开空气断路器,在线路侧装设接地线或合上接地刀闸。

3) “主变压器检修”是指变压器的各侧断路器及隔离开关均在断开位置,并在变压器各侧装设接地线或合上接地刀闸,断开变压器的相关辅助设备电源。

4) “母线检修”是指连接该母线上的所有断路器(包括母联、分段)及隔离开关均在断开位置,该母线上的电压互感器及避雷器改为冷备用状态或检修状态,并在该母线上装设接地线或合上接地刀闸。

2. 倒闸操作的概念

将电气设备由一种状态转变到另一种状态所进行的一系列操作总称为电气设备倒闸操作。

3. 倒闸操作的基本类型

(1) 正常计划停电检修和试验的操作。

(2) 调整负荷及改变运行方式的操作。

(3) 异常及事故处理的操作。

(4) 设备投运的操作。

4. 变电站倒闸操作的基本内容

(1) 线路的停、送电操作。

(2) 变压器的停、送电操作。

(3) 倒母线及母线停送电操作。



- (4) 装设和拆除接地线的操作(合上和拉开接地刀闸)。
- (5) 电网的并列与解列操作。
- (6) 变压器的调压操作。
- (7) 站用电源的切换操作。
- (8) 继电保护及自动装置的投、退操作,改变继电保护及自动装置的定值的操作。
- (9) 其他特殊操作。

5. 倒闸操作的任务

(1) 倒闸操作任务。倒闸操作任务是由电网值班调度员下达的将一个电气设备单元由一种状态连续地转变为另一种状态的特定的操作内容。电气设备单元由一种状态转换为另一种状态有时只需要一个操作任务就可以完成,有时却需要经过多个操作任务来完成。

(2) 调度指令。一个调度指令是电网值班调度员向变电站值班人员下达一个倒闸操作任务的命令形式。调度操作指令分为逐项指令、综合指令、口头指令三种。

1) 逐项指令。值班调度员下达的涉及两个及以上变电站共同完成的操作。值班调度员按操作规定分别对不同单位逐项下达操作指令,接受令单位应严格按照指令的顺序逐个进行操作。

2) 综合指令。值班调度员下达的只涉及一个变电站的调度指令。该指令具体的操作步骤和内容以及安全措施,均由接受令单位运行值班员按现场规程自行拟定。

3) 口头指令。值班调度员口头下达的调度指令。变电站的继电保护和自动装置的投、退等,可以下达口头指令。在事故处理的情况下,为加快事故处理的速度,也可以下达口头指令。

二、倒闸操作的基本原则及一般规定

1. 停送电操作原则

倒闸操作的基本原则是严禁带负荷拉、合隔离开关,不能带电合接地刀闸或带电装设接地线。因此,制定的基本原则如下:

- (1) 停电操作原则。先断开断路器,然后拉开负荷侧隔离开关,再拉开电源侧隔离开关。
- (2) 送电操作原则。先合上电源侧隔离开关,然后合上负荷侧隔离开关,最后合上断路器。

2. 倒闸操作一般规定

为了保证倒闸操作的安全顺利进行,倒闸操作技术管理规定如下:

- (1) 正常倒闸操作必须根据调度值班人员的指令进行操作。
- (2) 正常倒闸操作必须填写操作票。
- (3) 倒闸操作必须两人进行。
- (4) 正常倒闸操作尽量避免在下列情况下操作:
 - 1) 变电站交接班时间内。
 - 2) 负荷处于高峰时段。
 - 3) 系统稳定性薄弱期间。
 - 4) 雷雨、大风等天气。
 - 5) 系统发生事故时。
 - 6) 有特殊供电要求。
- (5) 电气设备操作后必须检查确认实际位置。
- (6) 下列情况下,变电站值班人员不经调度许可可能自行操作,操作后须汇报调度:
 - 1) 将直接对人员生命有威胁的设备停电。
 - 2) 确定在无来电可能的情况下,将已损坏的设备停电。
 - 3) 确认母线失电,拉开连接在失电母线上的所有断路器。
- (7) 设备送电前必须检其有关保护装置已投入。

(8) 操作中发现疑问时,应立即停止操作,并汇报调度,查明问题后再进行操作。操作中具体问题处理规定如下:

1) 操作中如发现闭锁装置失灵时,不得擅自解锁。应按现场有关规定履行解锁操作程序进行解锁操作。

2) 操作中出现影响操作安全的设备缺陷,应立即汇报值班调度员,并初步检查缺陷情况,由调度决定是否停止操作。

3) 操作中发现系统异常,应立即汇报值班调度员,得到值班调度员同意后,才能继续操作。

4) 操作中发现操作票有错误,应立即停止操作,将操作票改正后才能继续操作。

5) 操作中发生误操作事故,应立即汇报调度,采取有效措施,将事故控制在最小范围内,严禁隐瞒事故。

(9) 事故处理时可不用操作票。

(10) 倒闸操作必须具备下列条件才能进行操作:

1) 变电站值班人员须经过安全教育培训、技术培训、熟悉工作业务和有关规程制度,经上岗考试合格,有关主管领导批准后,方能接受调度指令,进行操作或监护工作。

2) 要有与现场设备和运行方式一致的一次系统模拟图,要有与实际相符的现场运行规程,继电保护自动装置的二次回路图纸及定值整定计算书。

3) 设备应达到防误操作的要求,不能达到的须经上级部门批准。

4) 倒闸操作必须使用统一的电网调度术语及操作术语。

5) 要有合格的安全工器具、操作工具、接地线等设施,并设有专门的存放地点。

6) 现场一、二次设备应有正确、清晰的标示牌,设备的名称、编号、分合位指示、运动方向指示、切换位置指示以及相别标识齐全。

三、倒闸操作的程序

倒闸操作的程序总体上是一个设备状态转换的程序,也就是一个倒闸操作任务完成的主要过程。

1. 电气设备状态转换的程序

(1) 设备停电检修:运行→热备用→冷备用→检修。

(2) 设备检修后投入运行:检修→冷备用→热备用→运行。

2. 倒闸操作一般程序

变电站倒闸操作的一般流程如图 GYBD00401001-1 所示。

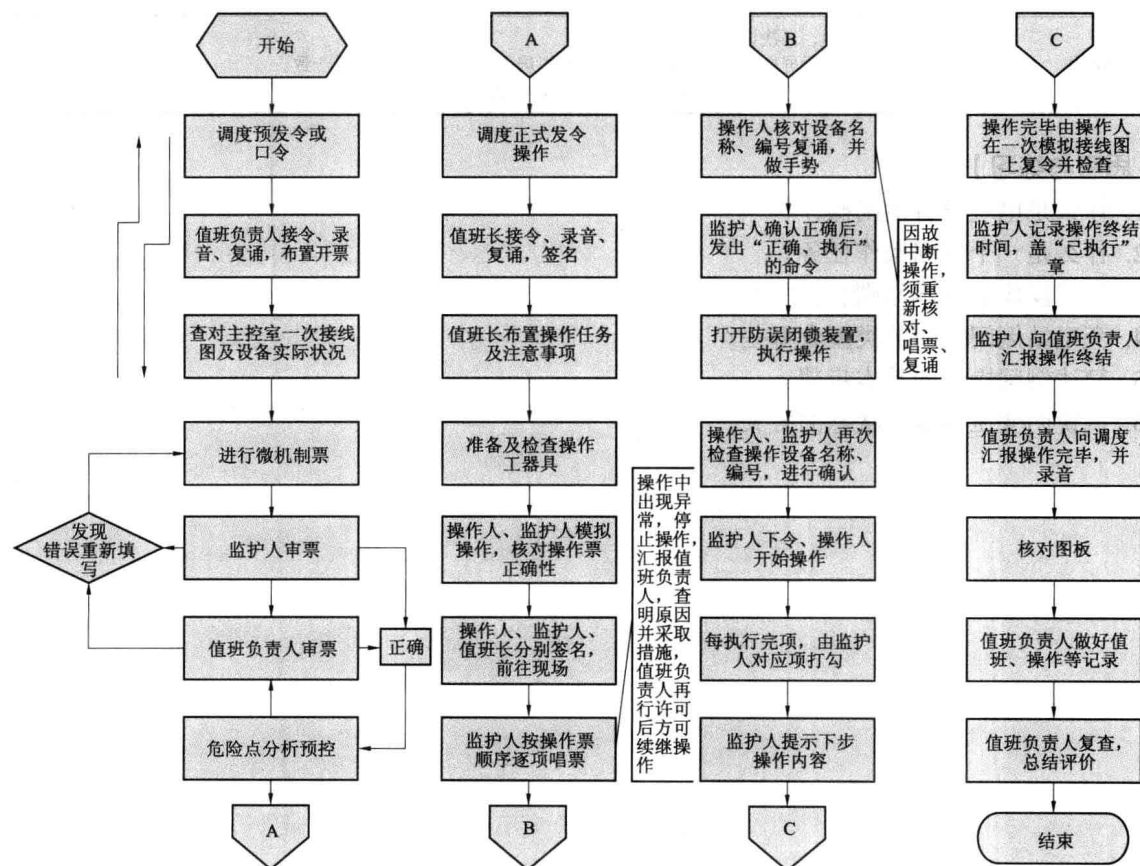


图 GYBD00401001-1 变电站倒闸操作的一般流程



3. 倒闸操作的关键步骤及工作要点

倒闸操作执行中的关键步骤及工作要点如表 GYBD00401001-1 所示。

表 GYBD00401001-1 倒闸操作执行中的关键步骤及工作要点

| 操作步骤 | 工作要点 |
|-------------------------|--|
| 1. 接受操作任务, 拟订操作方案(填操作票) | (1) 熟悉操作任务, 明确操作目标, 结合现场实际运行方式、设备运行状态和性能, 确认操作任务正确、安全可行。 (2) 根据操作任务, 核对运行方式后, 参照典型操作票, 正确规范填写操作票。 (3) 对于复杂操作任务, 应认真拟定操作方案后, 再填写操作票 |
| 2. 审核、打印操作票 | (1) 按照操作人、监护人、值班长进行逐级审核。审查操作票的正确性、安全性及合理性, 重点审查一次设备操作相应的二次设备操作。 (2) 经审查无误后, 打印操作票, 审票人分别在操作票指定地点签名 |
| 3. 操作准备 | (1) 正式操作前, 操作人监护人进行模拟操作, 再次对操作票的正确性进行核对, 并进一步明确操作目的。 (2) 值班长组织操作人员对整个操作过程中危险点进行分析和控制, 做到有备无患。 (3) 准备操作中要使用的工器具。检查工器具的完好性, 并由辅助操作人员负责做好使用准备 |
| 4. 接受操作指令 | (1) 调度员发布正式操作命令时, 应由当值班负责人或正值班员接令, 并录音和复诵, 经双方复核无误后, 由接令人将发令时间、发令人姓名填入操作票, 然后交由监护人、操作人操作。 (2) 通过复诵和录音使得调度及变电站双方对操作任务再次核对正确性并留下依据 |
| 5. 核对操作设备 | (1) 操作人应站位正确, 核对设备名称和编号, 监护人检查并核对操作人所站位置及操作设备名称编号应正确无误, 安全防护用具使用正确, 然后高声唱票。 (2) 核对设备的名称编号是防误操作的第一道关卡, 可防止误入间隔。核对设备的状态是否与操作内容相符, 如有疑问应立即停止操作, 并向调度或相关管理人员询问 |
| 6. 唱票、复诵、监护、操作, 检查确认 | (1) 监护人高声唱票, 操作人手指需操作的设备名称及编号, 高声复诵。 (2) 在二人一致明确无误后, 监护人发出“对, 执行”命令, 操作人方可操作。 (3) 每项操作完毕, 操作人员应仔细检查一次设备是否操作到位, 并与变电站控制室联系, 检查相关二次部分如切换信号指示灯或遥信信息是否变位正确等。 (4) 确认无误后应由监护人在操作票对应项上打钩 |
| 7. 汇报调度 | (1) 全部操作结束, 监护人应检查票面上所有项目均已正确打钩, 无遗漏项, 在操作票上填写操作终了时间, 加盖“已执行”章, 并汇报值班负责人。 (2) 由值班负责人或正值班员向调度汇报操作任务执行完毕。汇报时要汇报操作结束时间, 表明操作正式结束, 设备运行状态已根据调度命令变更 |
| 8. 终结操作 | (1) 检查一、二次设备运行正常。 (2) 校正显示屏标志, 并检查微机防误模拟屏上设备状态已与现场一致。 (3) 在运行日志或生产 MIS 系统上填写操作记录 |

【思考与练习】

1. 什么是电气设备倒闸操作?
2. 什么是一个倒闸操作任务?
3. 倒闸操作的基本原则有哪些?
4. 变电站倒闸操作的类型有哪些?
5. 简述倒闸操作的基本步骤。
6. 试说明变压器检修状态的含义。



第十九章 高压开关类设备、线路停送电

模块 1 高压开关类设备停送电操作 (ZY1000301001)

【模块描述】本模块包含高压开关类设备停送电的操作原则、注意事项、操作异常处理原则。通过操作要点和案例介绍，掌握高压开关类设备停送电操作和异常处理的方法。

【正文】

一、高压开关类设备操作原则及注意事项

1. 断路器操作一般原则

(1) 断路器操作前，断路器本体、操作机构（手车断路器其机械闭锁应灵活可靠）及控制回路应完好，有关继电保护及自动装置已按规定投停。

(2) 断路器停电时如无特殊要求，其继电保护装置应处于投入状态。母联断路器装设的线路保护在运行时除调度下令投入外，均不投入；母联断路器的线路保护只能作一次性有效使用，在带其他断路器时，必须重新调整或核对定值。

(3) 运行中的断路器停电时，应先拉开该断路器，后拉开其负荷侧隔离开关，再拉开其电源侧隔离开关，送电时顺序相反；若为线路断路器停电时，应先拉开该断路器，后拉开其线路侧隔离开关，再拉开其母线侧隔离开关，送电时顺序相反。若断路器检修，应在该断路器两侧验明三相无电后挂接地线（或合上接地刀闸），并断开该断路器的合闸电源和控制电源。

断路器在某些情况下可进行单独操作，即断路器操作不影响线路和其他设备时，可直接由运行转检修或由检修转运行；反之，操作视断路器与保护配合情况分步进行：即运行→热备用→冷备用→检修，恢复送电时顺序相反。对于双母线接线，断路器恢复时应明确运行于哪条母线。

(4) 操作主变压器断路器，停电时应先拉开负荷侧，后拉开电源侧，送电时顺序相反。拉合主变压器电源侧断路器前，主变压器中性点必须直接接地。

(5) 断路器检修时，其母差二次电流回路上有工作时，在断路器投入运行前，应先停用母差保护，再合上断路器。母差保护只有在带负荷测相量正确后方可投入。

(6) 系统的并列、解列操作。

1) 并列操作。正常情况下的并列操作，一般采取准同期法。只有经过计算、试验、分析并经本单位主管生产的领导（总工程师）批准后，才允许采用非同期法。准同期并列的条件：相序相同；频率相等，但在事故情况下允许经长距离输电的两个系统频率差不超过 0.5Hz 并列；电压相等，220kV 系统允许电压差不大于 10% 时并列，在特殊情况下，允许电压差不超过 20% 时并列。系统内各主要联络线断路器应装设并列装置。

2) 解列操作。系统在进行解列操作时，应将解列点的有功潮流调至零、无功潮流调至最小，一般为小容量的系统向大容量的系统输送少量负荷，然后拉开解列断路器。220kV 系统，进行解列操作时应考虑到限制操作过电压的措施，使操作过程中 220kV 电压波动不大于 10%。当系统需解列成几个部分时，事先应平衡有功和无功负荷，使解列后的每个部分系统频率和电压的变动都在允许范围以内。

(7) 系统的解环、合环操作。

环路（或双回路）中必须相位相同才可以合环操作，新建或大修后的环网线路，必须核相正确，才允许合环操作。

1) 合环操作前，应调整环路内的潮流分布。在 220、110kV 环路阻抗较大的环路中，合环点两侧



电压差最大不超过 30%，相角差不大于 30° （或经过计算确定其最大允许值）。合环前检查开环处两侧的相角差，合环或解环前应考虑合环或解环后的潮流及电压变化。

2) 解环、合环操作前，应考虑环网内所有断路器继电保护和安全自动装置的整定值变更和使用状态，各设备潮流的变化不超过系统稳定、继电保护的限额，电压的变动不应超过规定范围，变压器中性点接地方式及时调整。必要时先调整潮流，减少解环、合环的波动。用母联断路器解环时要注意解环后，继电保护电压应取本母线电压互感器。

2. 断路器操作注意事项

(1) 断路器停电操作。

1) 对终端线路应先检查负荷是否为零；对并列运行的线路，在一条线路停电前应考虑有关保护定值的调整，并注意在该线路拉开后另一线路是否过负荷；对联络线应考虑拉开后是否会引起本站电源线过负荷。如有疑问应问清调度后再操作。

2) 断路器分闸后，若发现绿灯不亮而红灯已熄灭，应立即断开该断路器的控制电源开关（或取下熔断器），以防跳闸线圈烧毁。

3) 对于手车断路器拉出后，应观察隔离挡板是否可靠封闭。

4) 断路器检修时，必须断开该断路器二次回路所有电源开关（或取下熔断器），停用相应的母差跳该断路器及断路器失灵启动压板。

(2) 断路器送电操作。

1) 断路器检修后恢复运行操作前，应检查送电范围内所有安全措施确已拆除，断路器分闸位置指示正确且确在分闸位置，断路器二次回路所有电源开关已合上（或放上熔断器）；油断路器油色、油位应正常， SF_6 断路器气体压力应在规定范围之内；断路器为液压、气压操动机构的，贮能装置压力应在允许范围内。

2) 断路器合闸前，必须检查有关继电保护已恢复至停电前状态，其母差电流互感器端子已可靠接入差动回路，并投入相应的母差跳闸及断路器失灵启动压板。

3) 长期停运超过 6 个月的断路器，在正式执行操作前应向调度申请在冷备用（或检修）状态下远方试操作 2~3 次，无异常后，方能按调度操作指令填写操作票进行实际操作。

4) 用断路器对终端线路送电时，如发现电流表指示到最大刻度（或电流显示过大），说明合于故障，继电保护应动作跳闸，如未跳闸应立即手动拉开该断路器；对联络线送电时，有一定数值的电流是正常的；对主变压器进行充电合闸时，电流表会瞬间指示（或电流瞬间显示）较大数值后马上又返回，这是变压器正常励磁涌流所引起的。

3. 隔离开关操作一般原则

(1) 严禁用隔离开关拉合带负荷设备及带负荷线路。在不能用或没有断路器操作的回路中允许利用隔离开关进行以下操作：

1) 拉、合 220kV 及以下空母线。

2) 拉、合励磁电流不超过 2 安培的空载变压器和电容电流不超过 5 安培的空载线路。

3) 拉、合无接地指示的电压互感器以及变压器中性线上的消弧线圈。

4) 拉、合无雷雨时的避雷器。

5) 拉、合变压器中性点接地刀闸。

6) 同一个变电站内同一电压等级的环路中可进行隔离开关解合环操作，但环路中的所有断路器应暂时改为“非自动”。例如：正常倒母线操作；断路器跳合闸闭锁，用旁路开关代路的操作过程中，用隔离开关拉、合旁路断路器与被代路断路器间的环路电流；拉合 3/2 接线方式的母线环流。

7) 通过计算或试验，主管单位总工程师批准的其他专项操作。

必须利用隔离开关进行特殊操作时，应尽可能在天气好、空气湿度小和风向有利的条件下进行。

(2) 隔离开关与断路器或母线回路停送电操作时，应遵循断路器或母线操作的一般原则。

(3) 对于分相操作机构的隔离开关，在合闸操作时应先合 U、W 相，最后合 V 相；在分闸操作时应先拉开 V 相，再拉开其他两相。

(4) 装有微机五防闭锁的隔离开关操作时, 应使用微机防误闭锁装置, 禁止随意解锁进行操作。

4. 隔离开关操作注意事项

(1) 操作隔离开关时, 断路器必须在分闸位置, 并经核对编号无误后, 方可操作。

(2) 手动操作隔离开关前, 应先拔出操作机构的定位销子再进行分合闸; 操作后应及时检查定位销子已销牢, 以防止隔离开关自动分合闸而造成事故。

(3) 电动操作隔离开关前, 应先合上该隔离开关的控制电源, 操作后应及时断开, 以防止隔离开关自动分合闸而造成事故。若电动操作失灵而改为手动操作时, 应在手动操作前断开该隔离开关的控制电源, 方可操作。

(4) 隔离开关分闸操作时, 如动触头刚离开静触头时就发生弧光, 应迅速合上并停止操作, 检查是否为误操作而引起的电弧。操作人员在操作隔离开关前, 应先判断拉开该隔离开关时是否会产生弧光, 切断环流或充电电流时产生的弧光是正常现象。

(5) 隔离开关合闸操作时, 当合到底时发现弧光或为误合时, 不准再将隔离开关拉开, 以免由于误操作而发生带负荷拉隔离开关, 扩大事故。

(6) 隔离开关操作后, 应检查操作良好, 合闸时三相同期且接触良好; 分闸时三相断口张开角度或拉开距离符合要求。正常后及时加锁, 以防止误操作。

5. 组合电器操作一般原则

组合电器是由断路器、母线侧隔离开关、线路(或主变压器)侧隔离开关、接地刀闸、三相母线、电流互感器、电压互感器、母线(或线路)避雷器等组成, 其操作应遵循断路器、隔离开关等设备操作的一般原则。

6. 组合电器操作注意事项

(1) 组合电器中的断路器、隔离开关、接地刀闸之间无机械闭锁, 正常情况下其电气连锁装置应投入, 其钥匙按紧急解锁钥匙管理。在操作中若发生拒分或拒合时, 应查明原因后方可继续操作, 不准随意解除闭锁装置操作。

(2) 对于室内 SF₆ 组合电器, 为防止气体渗漏, 要注意进入室内操作前进行有效的通风。

(3) 其他参照断路器、隔离开关等设备操作的注意事项。

二、高压开关类设备操作要求

1. 断路器操作要求

(1) 一般情况下, 运行中的断路器, 凡能够电动操作的, 不应就地手动操作。断路器无自由脱扣的机构, 严禁就地操作。

特殊情况下如遇远方操作断路器分闸失灵, 方可允许手动机械分闸或者手动就地操作按钮分闸; 需注意的是对于装有自动重合闸的断路器, 为防止手动分闸后重合, 应先停用重合闸再进行手动分闸。

(2) 正常操作断路器时必须在远方采用三相操作。分相操作只允许对空载线路的充电和切断, 如新设备启动时的定相操作。

(3) 远方用控制开关(或按钮)操作断路器时, 不要用力过猛, 以免损坏控制开关(或按钮), 操作时不要返回太快, 应待相应的位置指示灯亮时, 才能松开控制开关(或按钮)自动返回, 以免断路器操作失灵。

(4) 断路器操作后的位置检查, 应通过断路器红绿灯指示、电流表(电压表、功率表)指示、断路器(三相)机械位置指示以及各种遥测、遥信信号的变化等方面判断。遥控操作的断路器, 至少有 2 个及以上元件指示位置已同时发生对应变化, 才能确认该断路器已操作到位。装有三相表计的断路器应检查三相电流基本平衡。

(5) 断路器切断故障电流次数, 比现场规程规定的次数少一次时, 若需再合闸运行可根据现场要求停用该断路器的自动重合闸装置。

(6) 操作中若发现断路器本体有明显故障或严重缺陷, 当跳闸可能导致断路器爆炸时, 应立即切除该断路器的跳闸电源或能源, 报告当值调度员和上级有关领导。