

火电厂运行安全技术丛书

高丕俭 编著

# 电气运行

安全技术



中国电力出版社  
www.cepp.com.cn

策划编辑：周俊霞 郭丽然  
电 话：010-63416253  
电子信箱：zhou\_junxia@cepp.com.cn

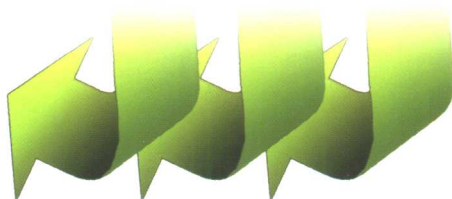
## 推荐书目

火力发电厂节能和指标管理技术

火电厂除氧器

实用集中供热手册

电站锅炉手册



ISBN 978-7-5083-4658-8



9 787508 346588 >

定价：14.00 元

销售分类建议：电力工程 / 火力发电

火电厂运行安全技术丛书

# 电气运行 安全技术

---

高丕俭 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是《火电厂运行安全技术丛书》之一。作者根据从事火电厂电气运行技术与管理工作多年积累的安全生产经验,着眼于电气运行工作特点,比较系统地归纳了电气运行安全技术管理、安全操作、运行分析、事故预防与处理的方法。主要内容包括:电气操作与危险点预控、触电预防与技术培训、岗位运行分析、继电保护安全运行与系统事故处理、电气主设备的安全运行、电气辅助设备的安全运行、电气设备的异常预防与防火。

本书内容理论联系实际,具有很好的实用性和可操作性,可供发电企业运行人员和技术管理人员,尤其是电气运行岗位人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气运行安全技术/高丕俭编著. —北京:中国电力出版社, 2007

(火电厂运行安全技术丛书)

ISBN 978-7-5083-4658-8

I. 电... II. 高... III. 火电厂-电力系统运行-安全技术 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 101856 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月北京第一次印刷  
850 毫米×1168 毫米 32 开本 7.25 印张 189 千字  
印数 0001—3000 册 定价 14.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



安全是生命之源、生存之本，“安全第一”是电力企业长期遵循的方针。“生产必须安全，安全促进生产”，保证安全生产是发供电企业各项工作的重中之重。

电能的生产、流通和消费以电网形式紧密相连，产、供、销瞬间同时完成，以整个电网服务于社会。电能生产的高度连续性，决定了任何部门或任一工种发生事故都将影响全厂乃至全电网的安全发供电及电能质量。随着电网大容量火电机组的不断投运和现代化管理要求的不断提高，运行管理，尤其是运行安全生产在企业各项工作中的重要性也越来越突出，不断探索运行安全管理，提高运行安全技术素质越发重要。作者为满足发供电企业运行安全生产的需要，举集体之力，精心编写了《火电厂运行安全技术丛书》，分为《运行安全管理》、《电气运行安全技术》、《汽轮机运行安全技术》、《锅炉运行安全技术》四个分册。

本套丛书的作者都是多年从事运行技术与管理工作的人员，具有十分丰富的现场运行安全技术与管理经验，善于理论联系实际。作者通过结合运行本部安全管理与机、炉、电运行专业的特点，侧重于运行安全素质、劳动保护、运行分析、“两票三制”、事故的预防与运行处理、运行安全管理实践等方面，编写出紧扣运行安全生产的《火电厂运行安全技术丛书》。深信本丛书对搞好电力安全生产，实现安全、可靠、稳定、连续发供电的目标有较高价值。

本书为《电气运行安全技术》，主要内容包括：电气操作推行“倒闸操作质量保证模式”；岗位运行分析独创，即现象、分析、检查判断、结论、异常起因、防范措施规范分析方法；各种

熔断器配备管理；保护连接片使用规定等。书中对于电气运行安全技术管理、岗位危险点、事故预防与处理进行了比较系统全面阐述。

鉴于作者水平与时间所限，本书疏漏和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

**作 者**

2006年8月

前言

<b>第一章 电气操作与危险点预控</b> .....	1
第一节 电气操作方法.....	1
第二节 专用盘接线分析与切换.....	5
第三节 电气误操作事故原因及防范.....	8
第四节 微机防误装置的应用 .....	14
第五节 危险点预控工作 .....	18
第六节 电气运行危险点与预控措施 .....	21
<b>第二章 触电预防与技术培训</b> .....	30
第一节 触电的特点与现场急救 .....	30
第二节 电气运行人员触电事故原因与防范 .....	32
第三节 运行安全技术培训 .....	36
第四节 电气运行人员现场技术培训 .....	40
<b>第三章 岗位运行分析</b> .....	45
第一节 岗位运行分析方法 .....	45
第二节 发电机运行分析 .....	48
第三节 变压器运行分析 .....	65
第四节 断路器运行分析 .....	77
第五节 隔离开关运行分析 .....	89
第六节 厂用母线运行分析 .....	97
第七节 辅机运行分析.....	102
第八节 继电保护运行分析.....	108
<b>第四章 继电保护安全运行与系统事故处理</b> .....	117
第一节 继电保护的运行可靠性.....	117

第二节	继电保护人为不正确动作原因与防范	121
第三节	事故处理原则与程序	126
第四节	电气主系统异常运行与事故处理	127
第五节	厂用系统异常运行与事故处理	135
第六节	直流系统异常运行与事故处理	139
<b>第五章</b>	<b>电气主设备的安全运行</b>	<b>142</b>
第一节	发电机的运行可靠性	142
第二节	发电机微机励磁运行技术	147
第三节	发电机异常运行与事故处理	151
第四节	发电机电流分析与判断	159
第五节	发电机组跳闸事故分析与防范	161
第六节	变压器的运行可靠性	166
第七节	变压器异常现象与原因判断	172
第八节	变压器异常运行与事故处理	175
第九节	220kV 断路器拒动事故分析及防范	178
第十节	220kV 避雷器击穿事故分析及对策	184
<b>第六章</b>	<b>电气辅助设备的安全运行</b>	<b>188</b>
第一节	熔断器的配置管理	188
第二节	低压电动机故障原因与处理	190
第三节	高压电动机异常运行与事故处理	194
第四节	电缆故障分析及防范	197
<b>第七章</b>	<b>电气设备的异常预防与防火</b>	<b>200</b>
第一节	电气设备发热的危害与预防	200
第二节	铁磁谐振的危害与预防	203
第三节	高次谐波的危害与抑制	205
第四节	变压器的火灾原因与预防	207
第五节	油断路器的火灾原因与预防	210
第六节	电动机的火灾原因与预防	212



第七节	电缆的火灾原因与预防·····	214
第八节	移相电容器的防爆与防火·····	217
第九节	电气设备火灾的特点与扑救·····	218
<b>参考文献</b>	·····	222



# 第一章 电气操作与危险点预控

## 第一节 电气操作方法

电气设备操作是电气运行人员的重要工作之一，也是落实执行“两票三制”的重要内容。电能致人于死命以及电气弧光短路会烧毁设备的特点，决定了操作正确与否直接影响人身安全及设备的安全经济运行，正确地进行电气操作、控制误操作是搞好电力安全生产的重要一环。

### 一、合理安排操作

当接到操作命令后，应立即了解操作任务及电气设备是否具备操作条件，选择合适的操作人、监护人，安排操作人填写操作票，并逐级审核合格。要合理安排监护人填写操作危险点预控卡，并由监护人宣读预控卡操作危险点及控制措施内容，然后持票在模拟图板上进行“过五防”核对性预演，无误后才允许进行现场设备操作。事故处理中，允许无票操作，但对操作人、监护人一定要慎重选择，尽可能安排熟悉现场设备、运行技术好、操作任务与岗位相当的人员担任，并交代注意事项。

### 二、优选运行方式

除了上级调度另有要求外，要优选运行规程规定的各种运行方式，使电气设备及继电保护处在最佳运行状态。当特殊临时运行方式改变时，除了要满足运行设备能安全可靠运行外，还要尽可能满足操作后设备具有运行方式灵活、操作简单、处理事故简便等特点。

### 三、正确投退保护与自动装置

操作过程中可能引起继电保护及自动装置误动、拒动或失去正确配合的，应提前采取措施，或解除保护出口连接片与断开有

关自动装置开关。

(1) 操作影响保护长期工作条件，可能引起误动的。如电压互感器停用前，应将其低电压保护出口连接片解除。

(2) 运行方式的变化将破坏某些保护的工作原理，可能出现误动的。如母联代线路操作，合被代线路旁路断路器（串代）前，母差保护应停用。

(3) 设备虽已停电，但如果该设备的保护动作（包括定检调试）后，仍会引起运行设备跳闸的。如线路断路器保护定检，该断路器起动母线失灵保护连接片应解除。

#### **四、防止非同期并列**

(1) 同期开关投入后，如有异常信号发出或表计指示失常时，应严格禁止按同期合闸按钮或合闸开关，并严禁在同一时间内进行两项操作时同时投入两个同期开关。

(2) 在两个不同电源系统上选用手动准同期并列操作时，决不允许将同期检查开关退出，必须经同期继电器闭锁。

(3) 对于待并发电机主断路器的传动机构或操作控制回路检查后试分合闸，必须在发电机降压至零并断开隔离开关后进行，以免误并列合闸。

(4) 当事故造成发电厂分成几个系统，使工作厂用变压器与备用厂用变压器接在不同期的两个电源系统上时，应倒换厂用变压器应在备用电源自投装置开关投入情况下，先断开工作厂用变压器断路器，让备用厂用变压器断路器采用自动联动投入的方法操作，严禁采用常规并列倒换的方法操作。

(5) 当电源联络线跳闸时，在未判明故障原因或未经调度许可，不得强送或合环操作。

#### **五、保证操作行为安全**

进行户外隔离开关操作时，在隔离开关两侧引线下不得站人。在开关室内的隔离开关操作时，操作的开关柜右侧不得站人。若操作过程中发生疑问或出现异常情况，必须立即中止操作并报告值班负责人，只有在消除疑问并得到明确指示后方可继续

进行。

## 六、熟练掌握操作异常处理

操作异常及处理方法见表 1-1。

表 1-1 操作异常及处理方法

设备	可能发生的操作异常	处 理 方 法
断路器	非对称合分闸	断合断路器后，恢复三相对称运行
	断路器操作时漏气，SF <sub>6</sub> 气体在电弧作用下生成有毒分解物	人员远离故障现场，并开启通风机
	液压机构断路器操作后液压回路不正常	防止断路器“慢”分闸，如取下控制熔断器、断路器串联断路器替代等
	传动机构开焊，绝缘拉杆折断等造成断路器实际未断开或未合上	每次分合后现场检查其实际位置，设备缺陷联系检修处理
	远方断不开	应先取下控制熔断器，使 KCF 电流线圈自保持复归，然后就地手动脱扣
隔离开关	合闸开始发生弧光	将隔离开关迅速合上，此时严禁拉开
	拉闸刀片刚离开隔离开关嘴时发生电弧	立即合上，中止操作
	操作中隔离开关有卡涩	出现卡涩时，停止操作，进行设备检查
	操作中隔离开关瓷柱折断	中止操作，操作人、监护人尽量避免长引线相支柱，戴牢安全帽
熔断器	短路弧光伤害	戴绝缘手套、戴护目眼镜，进行 RTO 系列熔断器操作时，整个人不与所操作的电源正对面
	规格不对或电源三相配备不同	核对规格，电源熔断器三相配备统一

续表

设备	可能发生的操作异常	处 理 方 法
保护连接片	投错连接片	投退填写工作票用设备双重编号，操作后检查，含保护信号核对；运行中重要连接片投退测量电压
接地线	感应（静电）电压伤害	挂地线时，操作人戴绝缘手套，尽可能使用装有绝缘手柄的合格地线或以接地隔离开关代替接地线
	地线夹脱落至有电设备一侧	接地线夹装牢，装拆地线时要顺杆拉住地线
警示牌	悬挂量不够或挂错	悬挂检查，查核工作票，按《电业安全工作规程》规定挂足、挂对
防误装置	电脑钥匙打不开锁	核对间隔后，如属多项交叉操作影响，先清除前面预演票或让前面票操作后再执行；如属程序错误，进行修改程序；如属锁具缺陷，进行修理

## 七、实施操作质量保证模式

通过对职工培训学习、定期考试、动态检查、月度经济责任制考核等落实执行电气操作质量保证模式，强化操作管理。电气操作质量保证模式如图 1-1 所示。具体内容如下：

(1) “四明确”。操作者明确操作目的；明确操作方法；明确操作顺序；明确操作危险点。

(2) “四对照”。对照操作任务和运行方式，由操作人按操作调度令与工作票要求填写操作票；对照模拟图逐级审查核对操作票；对照模拟图按操作票步骤预演操作过“五防”后取出操作手机；对照现场设备名称编号插入操作手机，信号正确后进行操作。

(3) “三严格”。严格核对设备名称、编号；严格检查设备分、合状态；严格执行唱票复诵制。

(4) “三禁止”。禁止操作人、监护人一齐动手操作，失去监护；

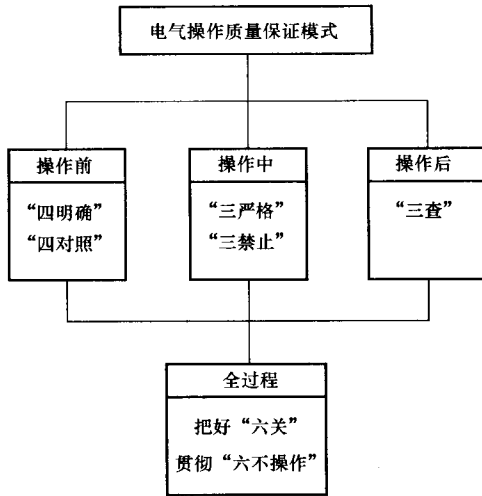


图 1-1 电气操作质量保证模式

禁止有疑问盲目操作；禁止边操作边做其他无关工作，分散精力。

(5) “三查”。查操作有无漏项，是否打勾；查设备是否正常，信号指示是否对应；查停电后接地线、标示牌挂得是否妥当，送电后是否放回原处。

(6) “六关”。把好操作准备关、接令关、操作票填写审核关、核对模拟图板预演关、操作监护关、质量检查关。

(7) “六不操作”。操作目的不明、任务不清不操作；正式操作令未下达前不操作；该采用操作票而无操作票不操作；操作票不合格不操作；该有监护而无监护不操作；现场设备编号标志不清不操作。

## 第二节 专用盘接线分析与切换

专用盘是发电厂厂用电系统与变电站站用电系统的重要组成部分之一，它所带负荷在厂用低压负荷中占有相当大的比例。认

真分析专用盘接线方式并正确切换，对防止人身伤害与保证电气设备安全运行有重大意义。

### 一、接线方式

专用盘接线方式约有五种：

(1) 单电源供电的专用盘，一般是电源侧 1 台隔离开关，专用盘上 1 台隔离开关。其特点是单电源供电，接线、操作简单，投资少，但可靠性差。如电源进线电缆发生故障，将中止供电，因此只适用于引接不太重要的负荷。

(2) 专用盘上有 2 台隔离开关供电，1 台作为备用电源进线，其电源均挂在同一母线用隔离开关分段的两小段上。其特点是同一厂用母线上由双电源供电，接线、操作简单；工作电源进线电缆故障可由备用电源供电；分段母线停电时专用盘只需短时停电；但厂用母线失压将中止供电，适用于小机组同一母线用隔离开关分段的母线接线方式。

(3) 专用盘上也有 2 台隔离开关，但其中一台是联络隔离开关，电源有挂在同一厂用母线与不同电源母线上 2 类。其特点是工作电源检修可由联络隔离开关从备用电源供电，且切换过程中专用盘可不停电，属规范接线，运行方式灵活，操作简单。

(4) 专用盘上采用双投隔离开关。相对专用盘上使用两台隔离开关而言其特点是投资少，接线简单，且能向工作、备用电源供电，但运行方式不灵活，操作过程中专用盘内各路负荷为零情况下才能切换。由于盘内路数多，操作联系麻烦，易出差错，此接线不提倡。

(5) 专用盘上仅 1 台隔离开关，但专用盘内用 1 路负荷进线作为备用电源进线。这种方式无论从规范性、安全性与负荷进线载流量来讲，均不宜采用，其备用电源接线形式仅作特殊情况的临时电源。

### 二、运行方式

专用盘运行方式的确定主要以满足厂用系统的可靠性与便于事故处理为原则。对于来自同一或不同电源的双电源专用盘，都

必须开环运行，并在适当地点优选 1 个断开点，做到相互备用。具体运行方式为：第（5）种形式专用盘的备用进线负荷熔断器应插上，并由母线上隔离开关作为断开点；其余专用盘运行方式母线隔离开关均应合闸，一般由专用盘甲盘联络隔离开关断开，乙盘上 2 把隔离开关合闸。不得由专用盘隔离开关长期合环运行，否则环流可能引起熔断器熔断，故障时保护不能选择性跳闸。其专用盘母线电源熔断器按以下公式计算整定，并要保证上下级熔断器选择性。

（1）单个专用盘

$$I_{RL} \geq (2 \sim 3)I_{e.zd} + \sum_{n=1}^i I_{e.i}$$

（2）有联络专用盘

$$I_{RL} \geq (2 \sim 3)I_{e.zd} + \sum_{2n=1}^i I_{e.i}$$

### 三、切换操作

同一电源母线上的专用盘可以直接并列，但对于不同电源供电的双电源专用盘，倒换电源时不允许由专用盘直接并列电源，否则，如果两电源电压不等，环流通过并列专用盘后，将使专用盘的电源熔断器熔断或电缆烧毁。其安全操作方法应是：合上电源系统的断路器，使两电源并列，达到两母线电压相等，然后再按常规方法操作。如无法使电源电压相等，则必须停电倒换。如：某厂 2 号机专用盘正常工作电源接 380V 5 段乙，备用电源接 380V 6 段甲，如图 1-2 所示，需切换至备用电源代替时，就必须用 2 号备用变压器投运，451B、461A 断路器合闸，使其 380V 6 段甲、5 段乙母线电压相等，在取下 451B 与 461A 断路器操作熔断器情况下，才能进行专用盘隔离开关切换。在双投隔离开关专用盘切换时，必须在专用盘内负荷为零的情况下才能进行，严禁带负荷切换。同时，专用盘正常运行时，必须按规程规定投合电源，必要时进行专用盘电源隔离开关切换，并尽快恢复到规程规定的正常运行方式，以利于事故处理与操作规范。



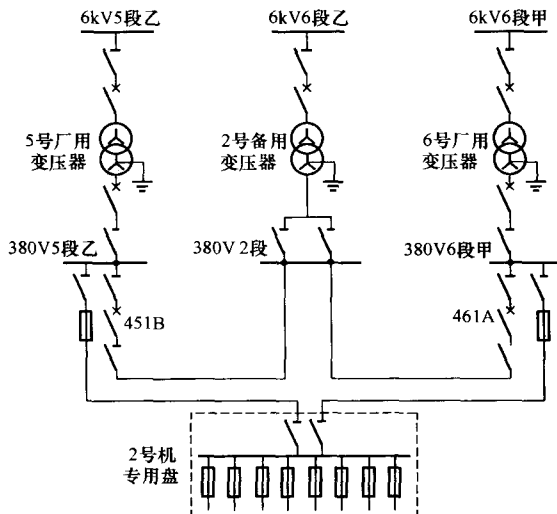


图 1-2 2 号机专用盘电源接线图

### 第三节 电气误操作事故原因及防范

发供电企业的电气运行人员的一项重要职责便是在改变系统运行方式或在事故处理中进行倒闸操作，操作的正确性将直接影响发供电设备的安全经济运行及人身安全。多年来，在操作中发生电气误操作的事故在全国电力事故中仍占较大比例，消灭这类事故是搞好电力安全生产的重要一环，也是每个电气运行人员的重要职责。

#### 一、分析电气误操作原因

1995~2003 年，某省公司发生恶性电气误操作事故 29 起，大部分造成人身电弧烧伤或电气设备烧坏，甚至引起人员触电死亡。1994 年 3 月 18 日，某厂带地线合隔离开关，造成 6kV 母线接地短路，使母线短时失压、发电机大量甩负荷、弧光烧坏隔离开关，事故性质极为严重。该厂对这起事故的原因，进行讨论归