

断路器 → 负荷侧隔离开关 → 母线侧隔离开关

接受任务 → 复诵任务 → 核对图板 → 填写操作票 → 审核操作票 → 事故

模拟操作 → 准备必需安全用

倒闸操作安全技术

曹建 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

要 容 内

倒闸操作安全技术

曹建忠 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

倒闸操作是电力系统日常工作中最为常见和普遍的一项基本工作，同时又是一项重要和比较复杂的工作。随着电力工业的快速发展，我国的电网规模和容量日益扩大，倒闸操作的规范性和正确性，是确保电网安全和稳定的重要基础，也关系着在电气设备上工作的工作人员及操作人员的安全，因此，正确的倒闸操作具有十分重要的意义。本书系统、全面地介绍了电力系统常见的几种倒闸操作，主要内容包括：倒闸操作基本概念、倒闸操作安全工具、倒闸操作基本流程及要求、电气设备元件的操作、电气设备单元的操作、继电保护及自动装置的操作、倒闸操作作业指导书、防误闭锁装置的运行及维护。

本书可作为电力系统电气运行、检修、试验人员的安全培训用书，也可供安监及调度等技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

倒闸操作安全技术 / 曹建忠主编. —北京：中国电力出版社，2007

ISBN 978 - 7 - 5083 - 6007 - 2

I. 倒… II. 曹… III. 电力系统运行 - 状态 - 转换 - 安全技术 IV. TM732

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 125781 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

*

2007 年 10 月第一版 2007 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 3.75 印张 94 千字

印数 0001—4000 册 定价 12.00 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

《倒闸操作安全技术》编审人员名单

主 审：王正刚 刘发展

主 编：曹建忠

副主编：张宏基 李法章 王瑞东 孙明浩

李 钊

参 编：樊彦国 逯理强 任睿华 王 力

李 峰 宋广星 李 军 甘红庆

尚西华 刘贵华 王晓博 陈 勤

李 航

前 言

倒闸操作是电力系统既日常工作中最为常见和普遍的一项基本工作，又是一项重要的工作，随着电力工业快速发展，我国的电网规模和容量日益扩大，倒闸操作的规范性和正确性，是确保电网安全和稳定的重要基础，也关系着在电气设备上工作的工作人员及操作人员的安全。同时，倒闸操作又是一项比较复杂的工作，既有一次回路的操作，又有二次回路的操作，操作项目繁多，稍有疏忽就会造成事故，因此，正确的倒闸操作具有十分重要的意义。

严格遵守有关规程制度，认真执行操作五制，正确的执行倒闸操作任务，实现电气设备状态的改变和转换；保证发电厂、变电站和电网安全、稳定、经济地连续运行；保证用户的用电安全不受影响。这就是电力系统各级调度、电气值班人员及电工在倒闸操作中的责任和任务。

为了提高电气运行人员的业务技能水平，我们组织富有实际运行经验的工程技术人员编写了这本《倒闸操作安全技术》。本书由曹建忠主编，王正刚、刘发展同志主审，参加编写工作的有樊彦国、逯理强、任睿华、王力、李峰、宋广星、李军、甘红庆、尚西华、刘贵华、王晓博、陈勤等同志。由于编写人员的水平所限，本书的错误或疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2007年7月

目 录

前言

1 倒闸操作基本概念	1
1.1 倒闸操作在电力系统中的作用及重要性	1
1.2 变电站的基本构成及典型主接线	3
2 倒闸操作安全工具	8
2.1 电气安全用具概述	8
2.2 倒闸操作基本绝缘安全工具	9
2.3 倒闸操作辅助绝缘安全工具	12
2.4 一般防护安全防护用具	13
3 倒闸操作基本流程及要求	14
3.1 倒闸操作基本要求	14
3.2 调度命令	15
3.3 倒闸操作前的准备	18
3.4 倒闸操作五制	20
3.5 倒闸操作注意事项	23
4 电气设备元件的操作	26
4.1 高压断路器的操作	26
4.2 隔离开关的操作	37
4.3 高压熔断器的操作	42
4.4 跌落式熔断器的操作	43
4.5 直流系统的操作	44
4.6 低压交流系统的操作	48
4.7 接地器的操作	52
4.8 接地线的操作	53
4.9 电压互感器的操作	58
4.10 GIS 设备操作	60

5 电气设备单元操作	62
5.1 馈电线路的操作	62
5.2 联络断路器操作	62
5.3 旁路断路器操作	63
5.4 主变压器操作	64
5.5 母联及倒母线的操作	65
5.6 母联兼旁路及旁路兼母联的操作	65
5.7 一个半单元操作	66
5.8 电容器操作	67
5.9 站用电的操作	68
5.10 特殊运行方式的操作	68
5.11 集控中心的操作	69
6 继电保护及自动装置的操作	72
6.1 继电保护及自动装置的概述	72
6.2 线路保护	74
6.3 变压器保护	79
6.4 母线保护	84
6.5 电容器保护	85
6.6 综合自动装置	86
6.7 自动装置	88
7 倒闸操作作业指导书	94
8 防误闭锁装置的运行及维护	105
8.1 防误闭锁装置的作用	105
8.2 闭锁装置的分类	105
8.3 防误闭锁装置运行与管理	107
8.4 防误闭锁装置的技术原则	108

1 倒闸操作基本概念

1.1 倒闸操作在电力系统中的作用及重要性

倒闸操作是电力系统日常工作中最为常见和普遍的一项基本工作，众所周知，电网中的电气设备分为运行、备用（冷备用及热备用）、检修三种状态，电气设备由于人为进行有序的变动由一种状态转变到另一种状态的过程叫做倒闸，围绕状态转换进行的操作叫做倒闸操作。

同时，倒闸操作又是一项重要的工作，随着电力工业快速发展，我国的电网规模和容量日益扩大，倒闸操作的规范性和正确性，是确保电网安全和稳定的重要基础。也关系着在电气设备上工作的操作人员及操作人员的生命安全，误操作可能造成全站停电甚至系统瓦解。倒闸操作是一项比较复杂的工作，既有一次回路的操作，也有二次回路的操作，操作项目繁多，稍有疏忽，就会造成事故，因此，正确的倒闸操作具有十分重要的意义。

严格遵守有关规程制度，认真执行操作五制，正确实现电气设备状态的改变和转换；保证发电厂、变电站和电网安全、稳定、经济地连续运行；保证用户的用电安全不受影响。这就是电力系统各级调度、电气值班人员及电工在倒闸操作中的责任和任务。为了减少误操作，除紧急情况及事故处理外，交接班期间一般不要安排倒闸操作；条件允许时，一切重要的倒闸操作应尽可能安排在负荷低谷时进行，以减少误操作对电网和用户用电的影响。

根据现场实际经验，运行人员在倒闸操作前应考虑以下问题：

- (1) 改变后的运行方式是否正确、合理及可靠。为此：

1) 在确定运行方式时,应优先采用运行规程中规定的各种运行方式,使电气设备及继电保护尽可能处在最佳状态运行。

2) 制定临时运行方式时,应根据以下原则:① 保证设备出力、满发满供,不窝出力、不过负荷;② 保证运行的经济性、系统功率潮流合理,机组能较经济地分配负荷;③ 保证短路容量在电气设备的允许范围之内;④ 保证继电保护及自动装置正确运行及配合;⑤ 厂用电可靠;⑥ 运行方式灵活,操作简单,处理事故方便。

(2) 倒闸操作是否会影响继电保护及自动装置的运行。在倒闸操作过程中,如果预料有可能引起某些保护或自动装置误动或失去正确配合,要提前采取措施或将其停用。

(3) 要严格把关,防止误送电,避免发生设备事故及人身触电事故。为此,在倒闸操作前应遵守以下要求:

1) 在送电的设备及系统上,不得有人工作,工作票应全部收回。同时设备要具备以下运行条件:① 发电厂或变电站的设备送电,线路及用户的设备必须具备受电条件;② 一次设备送电,相应的二次设备(控制、保护、信号、自动装置等)应处于备用状态;③ 电动机送电,所带机械必须具备转动条件,否则靠背轮应用开;④ 防止下错令,将检修中的设备误接入系统送电。

2) 设备预防性试验合格,绝缘电阻符合规程要求,无影响运行的重大缺陷。

3) 严禁约时停送电、约时拆挂地线或约时检修设备。

4) 新建电厂或变电站,在基建、安装、调试结束及工程验收后,设备正式投运前,应经本单位主管领导同意及电网调度所下令批准,方可投入运行,以免忙中出错。

(4) 制订倒闸操作中防止设备异常的各项安全技术措施,并进行必要的准备。

(5) 进行事故预想。电网及变电站的重大操作,调度员及操作人员均应做好事故预想;发电厂内的重大电气操作,除值

长及电气值班人员要做好事故预想外，汽机、锅炉等主要车间的值班人员也要做好事故预想。事故预想要从电气操作可能出现的最坏情况出发，结合本专业的实际，全面考虑。拟定的对策及应急措施要具体可行。

倒闸操作前的准备工作一般包括：

(1) 接受操作任务。操作任务通常由操作指挥人或操作领导人（调度员或值班长）下达，是进行倒闸操作准备的依据。有计划的复杂操作或重大操作，应尽早通知有关单位准备。接受操作任务后，值班负责人（值班长）要首先明确操作人及监护人。

(2) 确定操作方案。根据当班设备的实际运行方式，按照规程规定，结合检修工作票的内容及地线位置，综合考虑后确定操作方案及操作步骤。

(3) 填写操作票。操作票的内容及步骤，是操作任务、操作意图及操作方案的具体化，是正确执行操作的基础和关键。填写操作票务必严肃、认真、正确，要求：

- 1) 操作票必须由操作人填写；
- 2) 填好的操作票应进行审查，达到正确无误；
- 3) 特定的操作，按规定也可使用典型操作票。
- (4) 准备操作用具及安全用具，并进行检查。

此外，准备停电的设备如带有其他负荷，倒闸操作的准备工作还包括将这些负荷倒出的操作。例如：停电的线路上有 T 接负荷时，应事先将其倒出；停机前，倒停工作厂用变压器等。

1.2 变电站的基本构成及典型主接线

变电站是由变压器、断路器、隔离开关、互感器、母线及各种电缆按照一定方式连接而成的，从而达到调节和输配电能的作用，而电气主接线图是将这些设备用规定的设备文字和图形符号并按工作顺序排列，详细地表示电气设备或成套装置的全部基本组成和连接关系的单线的形式表示出来。目前，变电站的主接线应满足运行的可靠性、灵活性（调度、检修、扩

建)、操作简便性和经济性等基本要求,电气主接线大致可以分为有母线和无母线两种接线类型,其发展过程经历了以下过程:

(1) 有母线类。单母线——单母线分段——双母线——增设旁路母线——一台半断路器接线。

(2) 无母线类。变压器-线路组式接线(或称单元接线)——桥式接线和多角形接线等。

根据目前系统内常用的接线方式,下面简单介绍几种有母线类的接线方式。

1.2.1 单母线不分段的接线

母线是中间环节,其作用是汇集和分配电能,单母线不分段的接线是主接线中最简单的一种,其最大的优点是投资和占地较少,但其运行方式过于固定,缺乏可靠性和灵活性。

1.2.2 单母线分段带旁路母线的接线

在实际运用当中,单母分段带旁路母线的接线其特点、优缺点、适用范围如下:

(1) 特点。将单母线分为两段并用联络断路器连接,线路侧增设了旁路母线和旁路母线隔离开关。

(2) 优点。具有单母线接线的优点,由于增设了分段断路器,就减少了母线故障时的停电范围,提高了供电的可靠性,且由于增设了旁路母线,当线路断路器检修时,该线路仍能继续供电。

(3) 缺点。当任一段母线或母线隔离开关故障或检修时,该段母线上所有回路仍需停电。

(4) 适用范围。出线回路数可比单母线增加一倍,但仍不可过多,一般规定是:10kV系统为6回以上,35kV为4~8回,110kV及220kV系统为4回。

如图1-1所示,该主接线在实际运用当中,当I段母线在检修时,II段母线上出线断路器也要检修时,则由于QF1旁路接在I段母线上,而不能使用,这时该线路只能停电;为了提高供电可靠性,只能增加投资,在II段母线上增加旁路断

器 QF2。

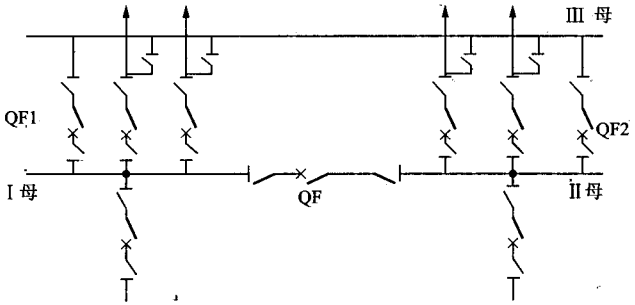


图 1-1 具有一个专用断路器的单母分段带旁路母线的接线图

如果资金有限，那么可用增加隔离开关，减少断路器的方法来达到类似的效果，即采用分段断路器兼作旁路断路器的接线，如图 1-2 所示。

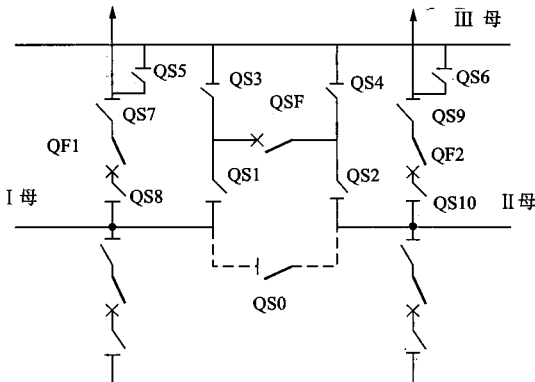


图 1-2 分段断路器兼作旁路断路器的接线图

该接线虽比较经济，但运行操作较复杂，防误闭锁装置安装有一定难度，当正常运行时，QF 如做分段断路器用，则 QS1、QS2 合上，QS3、QS4、QS5、QS6 断开，QF 合上；QF 如做旁路断路器使用，则当断路器 QF1 检修时，用 QF 代 QF1 运行，这时 QS1、QS4、QS5、QSF 合上，QS2、QS3、QS7、QS8、QF1 断

开，从分段运行改为旁路运行时，由于旁母Ⅲ母长期不带电运行，故严禁用隔离开关对旁路母线充电，以防止旁路母线有故障时导致事故发生。

由于该接线还存在断路器 QF 不能同时作为联络断路器和旁路断路器的特点，所以当它作为旁路断路器使用时，两段母线就要分列运行，若必须并列运行，则可加装 QS0（图 1-2 中虚线部分）。

1.2.3 双母线带旁路母线的接线

双母线带旁路母线是变电站常用的一种典型接线，其接线如图 1-3 所示。

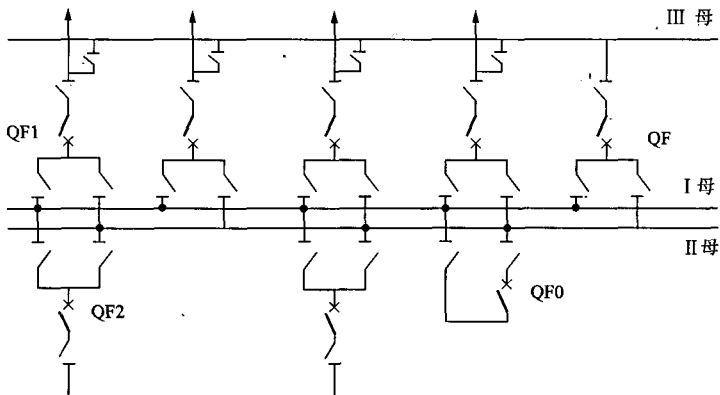


图 1-3 双母线带旁路母线的接线图

(1) 特点。每一回路都通过一台断路器和两组隔离开关连接到两组母线上，两组母线可通过母联断路器 QF0 连接；旁路母线的装设能使检修出线短断路器 QF1（或主变压器断路器 QF2）时，此线路（或主变压器）不停电。

(2) 优点（主要和单母线分段接线比较）。可以轮流检修母线而不使供电中断；检修任一回路的母线隔离开关时，只要将连接在该隔离开关的回路（线路可用旁路线）和母线同时停电即可，不影响其他回路供电；当一母线故障后，能迅速切至

另一母线恢复供电。另外，还具有调度、扩建方便的优点。

(3) 缺点（主要和单母线分段比较）。母线长度增加，每回路增加了一台隔离开关，配电装置构架增加，占地面积增大，投资增加，倒闸操作时易发生误操作。

(4) 适用范围。当进出线回路数或母线上电源较多，输送和穿越功率较大，母线事故后要求尽快恢复供电；且母线和母线设备检修时不允许影响对用户的供电以及系统运行调度对接线的灵活性有一定要求时采用。一般规定：① 10kV 系统（出线带电抗器）配电装置；② 35kV 系统 8 回及以上；③ 110、220kV 系统 5 回及以上。

由于一次投资有限，我们可以采用旁路断路器和母联断路器兼用的办法来减少投资，一般可采用以下两种接线，如图 1-4 所示。

在图 1-4 中，由于原来该单元作为母联断路器使用（QS2、QS3、QF），为了使其能兼做旁路断路器，所以在该回路中增设 QS1 和 QS4，QS1 的作用是：当 QF 作为旁路断路器带任一回路时，能走 I 段母线；QS4 的作用是：能使 QF 和旁母 III 母连接，起到旁路作用。

母联方式运行时：QS2、QS3、QF 合上，QS1、QS4 断开，旁路母线不带电。

旁路方式运行时：如走 I 段母线，则 QS1、QS4、QF 合上，QS2、QS3 断开，旁路母线带电；如走 II 母，则 QS2、QS4、QF 合上，QS1、QS3 断开，旁路母线带电。

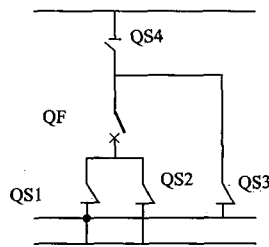


图 1-4 旁路断路器和母联断路器兼用的接线图

2 倒闸操作安全工具

2.1 电气安全用具概述

电气安全用具系指用以保证电气工作安全所必不可少的工具，可防止触电、弧光灼伤和高空摔跌等伤害事故。正确使用合格的电气安全用具是保证人身安全的基本条件之一。

电气安全用具一般分为绝缘安全用具和一般防护安全用具两大类，属于绝缘安全用具的有绝缘棒、绝缘手套、绝缘靴、验电器、绝缘隔板和绝缘罩等。

绝缘安全用具又可以分为以下两类：

(1) 基本安全用具，其绝缘强度足以承受电气设备的运行电压并能在该电压等级产生内部过电压时保证人身安全，如绝缘棒、验电器等；

(2) 辅助安全用具，其本身绝缘性能不足以保证安全，只能用来加强基本安全用具的保安作用，如绝缘手套、绝缘靴等。

但以上的分类不仅取决于其绝缘性能，还取决于使用的场合。如果 10kV 绝缘棒用于 110kV 的电气设备就变得不能承受电气设备的运行电压，只能作辅助安全用具；而作为辅助安全用具的耐压 8kV 的绝缘手套，当使用在 220V 的低压场合时，就足以承受电气设备的运行电压。因此，使用基本安全用具必须注意以下两点：

- (1) 本身必须具有合格的绝缘性能和机械强度；
- (2) 只能在其绝缘性能相适应的电气设备上使用。

辅助安全用具主要用于对泄漏电流、接触电压、跨步电压触电等加强防护，一般不能直接与电气设备接触。

2.2 倒闸操作基本绝缘安全工具

2.2.1 验电器

验电器是检验电气设备是否确无电压的一种安全用具。通过验电器与带电部分接触而产生的声、光来检验设备是否带电。

(1) 使用高压验电器必须注意以下事项：

1) 必须使用额定电压和被验设备电压等级一致的合格验电器。

2) 在高压设备上验电一定要戴绝缘手套。

3) 使用时将验电器杆身拉伸至允许的安全距离，操作人员手握验电器保护环以下的部位，不准超过保护环。逐渐靠近被测设备，当发出声响、光亮时，即表示设备有电，否则设备无电。

4) 在一停电设备上验电前，应在同一电压等级的有电设备上试验，或者使用高压发生器，检查验电器指示正常。证实验电器良好后，再在工作设备上逐相进行验电，验明无电压后应立即进行接地（需接地时）。

5) 使用验电器时，验电器上部带金属部分（即工作部分）应视为带电部分，不得同时触及和接近相邻相或接地部分。

6) 当电缆回路或电容器上有剩余电荷时，声光指示器发出短时微弱声光，自行停止。

7) 每次使用完毕，应收缩验电器杆身，并将表面擦净后放入包装袋，存放在固定位置。

8) 验电器每半年要进行定期试验一次并登记记录。

9) 超过试验周期的验电器禁止使用。

(2) 使用低压验电器必须注意以下事项：

1) 使用时，手拿验电笔，用一个手指触及笔杆上端的金属部分，金属笔尖接触被检查的测试部位，如果氖管发亮则表明测试部位带电，氖管愈亮说明电压愈高。

2) 低压验电笔在使用前要在确有电的地方进行试验，以

证明验电笔确实工作正常。

3) 阳光照射下或光线强烈时, 氖管发光指示不易看清, 应注意观察或遮挡光线照射。

4) 验电时人体与大地绝缘良好时, 被测体即使有电, 氖管有可能不发光。

5) 低压验电笔只能在 500V 以下使用, 禁止在高压回路上使用。

6) 验电时要防止造成相间短路, 以防电弧烧伤。

2.2.2 绝缘棒

绝缘棒(包含绝缘操作杆、接地线的绝缘杆、验电器的绝缘杆)通常由三部分组成, 即工作部分、绝缘部分、握手部分。工作部分起到完成特定操作功能的作用, 并安装在绝缘部分的上端, 工作时应视为带电部位不得同时触及或接近相邻相或接地部分。绝缘部分和握手部分均由相同绝缘材料制成, 绝缘部分起绝缘隔离作用, 绝缘部分和握手部分之间用护罩环或划红线明显分开。

绝缘棒的尺寸应满足表 2-1 要求。

表 2-1 绝缘棒的尺寸

电压等级 (kV)	绝缘部分有效长度 (m)	握手部分长度 (m)
10	0.70	0.30
35	0.90	0.60
110	1.30	0.70
220	2.10	0.90
500	4.10	1.10

室外雨、雪天使用的绝缘棒, 为阻隔水流和保持一定的干燥表面, 需加装喇叭形防雨罩。防雨罩应安装在绝缘部分的中部, 罩的上口必须与绝缘部分紧密结合, 无渗漏现象, 下口以和棒身保持 20~30mm 为宜, 防雨罩的长度约为 100~150mm, 每个防雨罩之间的距离可取 50~100mm。防雨罩装设数量应符合表 2-2 要求。