



单元机组运行

主讲：余长军

yichj1985@163.com

安徽电气工程职业技术学院动力工程系



第一章 单元机组的启动和停运



机组启动：锅炉点火，升温升压，汽轮机冲转，发电机并网及带负荷。

机组停运：减负荷，降温降压，机组解列，锅炉熄火，汽轮机降速直至静止。



项目三、单元机组（直流锅炉锅炉） 冷态滑参数启动



主要步骤:

- 1.启动前的准备
- 2.辅助设备及系统的投运
- 3.锅炉点火及升温升压
- 4.暖管
- 5.汽轮机冲转与升速
- 6.机组并列和接带负荷





任务一：发电厂电气设备及运行



发电厂和变电所电气设备简述

发电厂和变电站电气系统分为：

一次系统

二次系统

电气设备分为：

一次设备

二次设备



一次系统:

构成电能生产、输送、分配和使用的系统。

一次设备:

电气一次系统的设备





二次系统:

对一次系统进行保护、监控、测量、控制的系统。

二次设备:

电气二次系统的设备



- ①生产和转换电能的设备。
- ②开关电器。
- ③限流电器。
- ④载流导体。
- ⑤补偿设备。
- ⑥仪用互感器。
- ⑦防御过电压设备。
- ⑧绝缘子。
- ⑨接地装置。



①生产和转换电能的设备



同步发电机
变压器
电动机。



②开关电器 用来接通或断开电路。





10kV户内少油断路器





35kV 户外SF6断路器



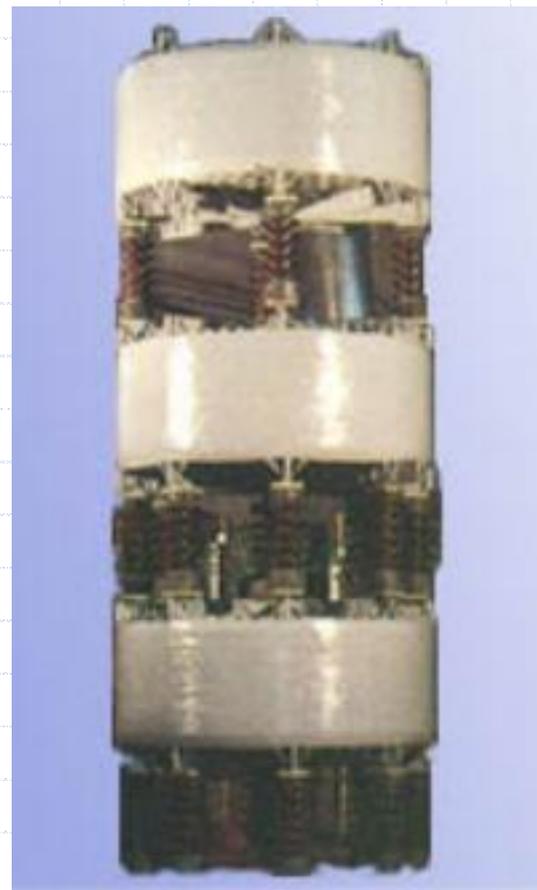


500kV户外SF6断路器



③限流电 器

用来限制短路电
流，使发电厂或变
电所能选择轻型电
器。



④载流导体包括裸导线和电力电缆。



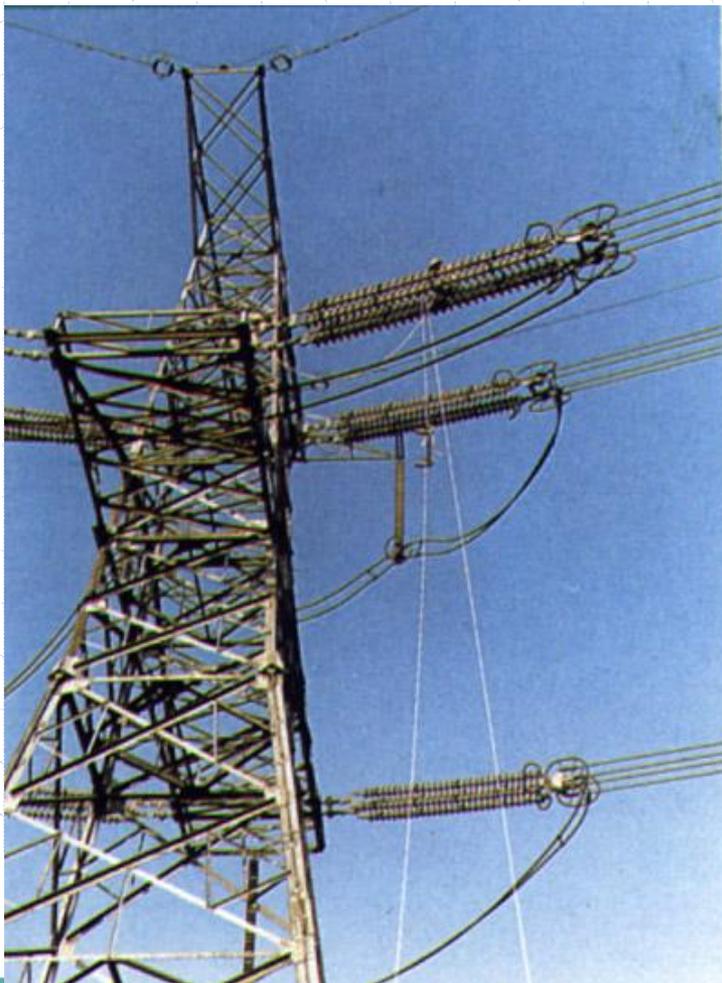
发电机出口封闭母线





户外220kV管型铝母线





架空输电线





电力电缆线



⑤ 补偿设备

包括调相机、电力电容器、消弧线圈、并联电抗器等。



⑥仪用互感器



电压互感器



电流互感器



⑦防御过电压设备

- ◆ 避雷线(架空地线)、
- ◆ 避雷针、
- ◆ 避雷器。

避雷线



避雷器



⑧绝缘子

用来支持和固定载流导体，并使载流导体与地绝缘，或使装置中不同电位的载流导体间绝缘。



蝶式绝缘子



绝缘子

高压开关电器

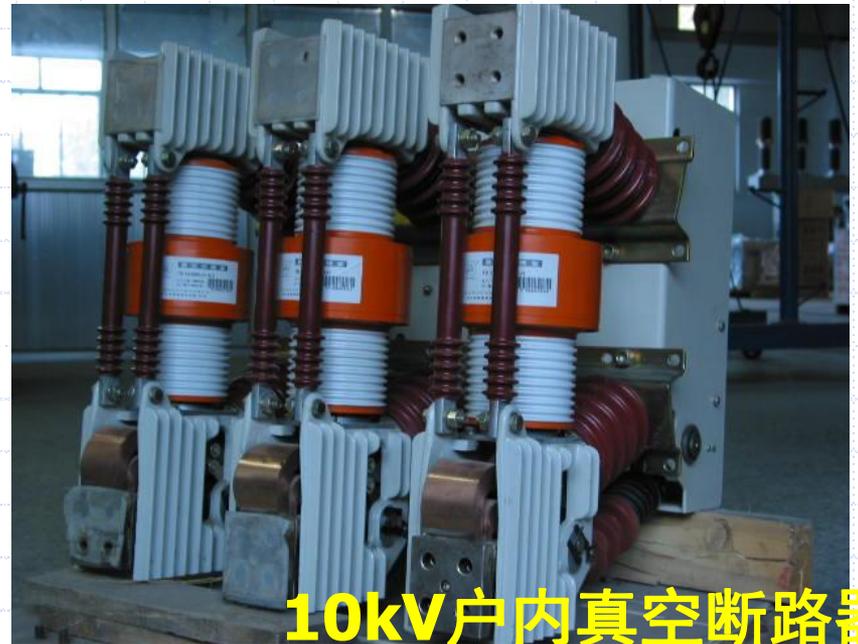
开关电器分类：

根据电路中担负的任务不同进行分类。



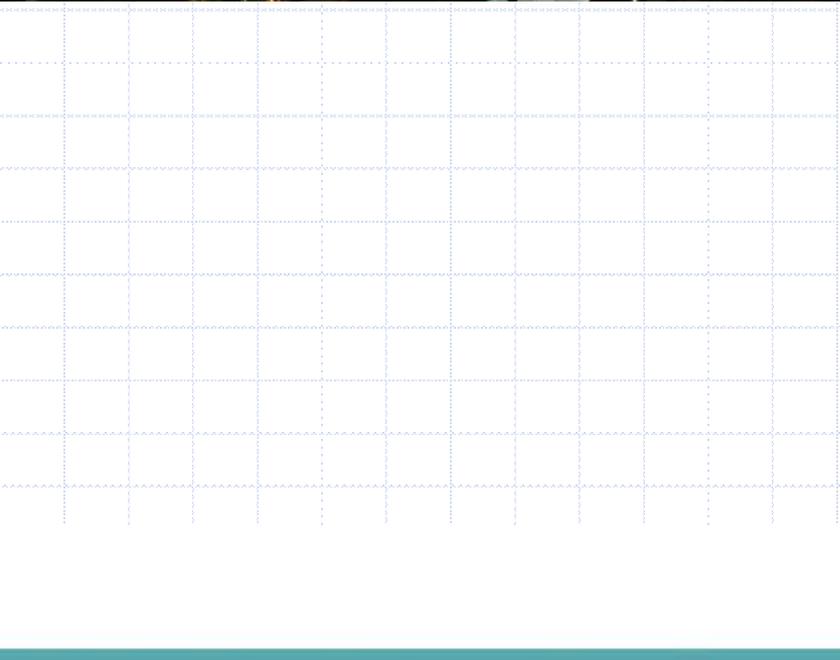
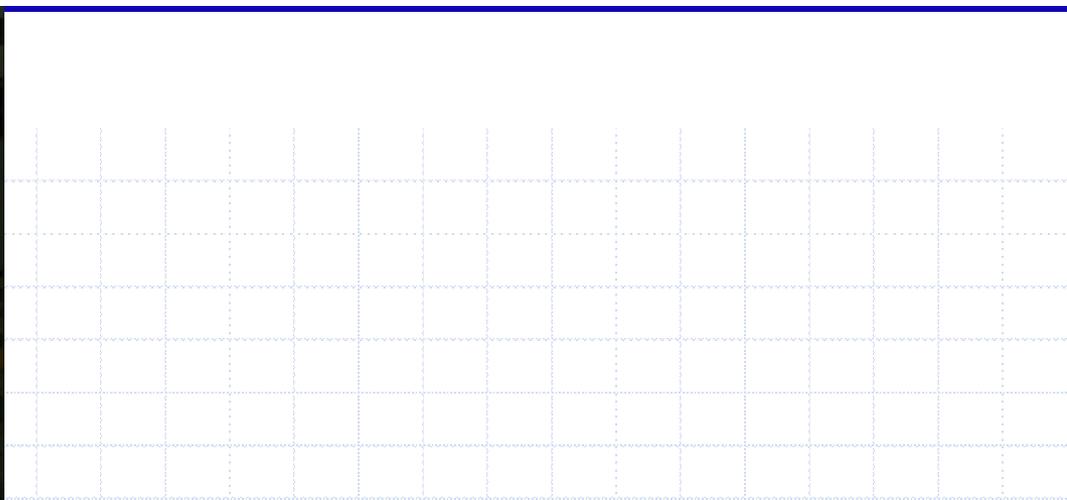
开关电器分类

既用来断开和闭合正常工作电流，也用来断开和闭合过负荷电流或短路电流的开关电器，如高压断路器。





高压断路器



高压断路器最重要的任务

触头密封于灭弧室中

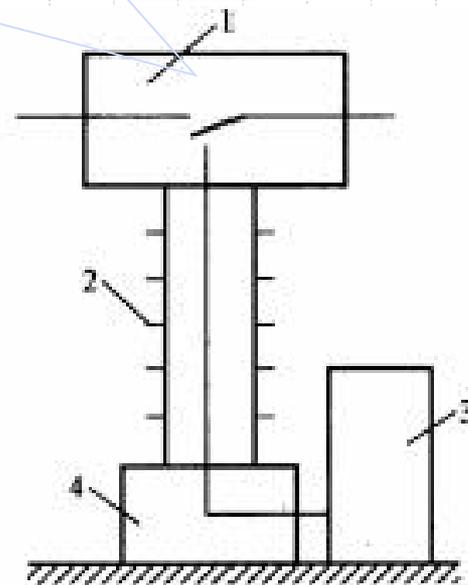
◆ 当断路器触头之间产生电弧时，灭弧室内的灭弧介质可以迅速熄灭电弧。

电弧



隔离开关开断电路的实验场景

灭弧室



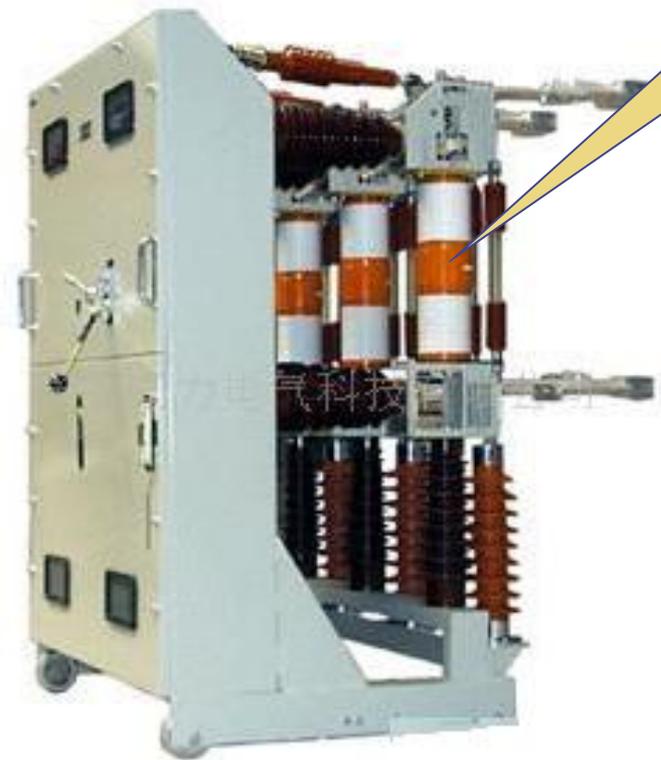
断路器基本结构示意图

1-通断元件； 2-绝缘支撑元件；
3-操动机构； 4-基座



高压断路器的用途

- (1) 控制作用：
- (2) 保护作用：



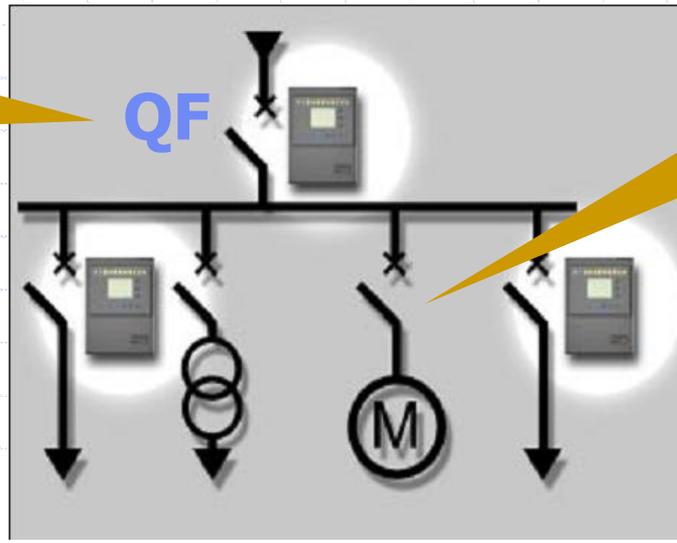
真空断
路器



控制作用：

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。

断路器的
文字符号
QF

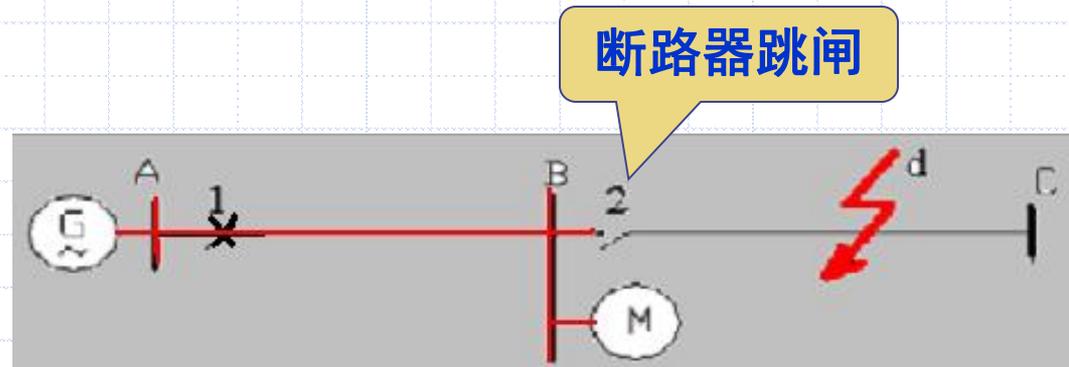


断路器的
图形
符号



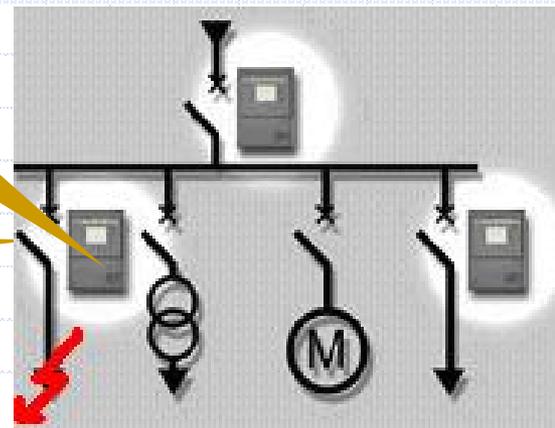
保护作用

在电气设备或电力线路发生故障时，继电保护装置发出跳闸信号，启动断路器，将故障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。



保护装置动作

断路器跳闸



隔离开关

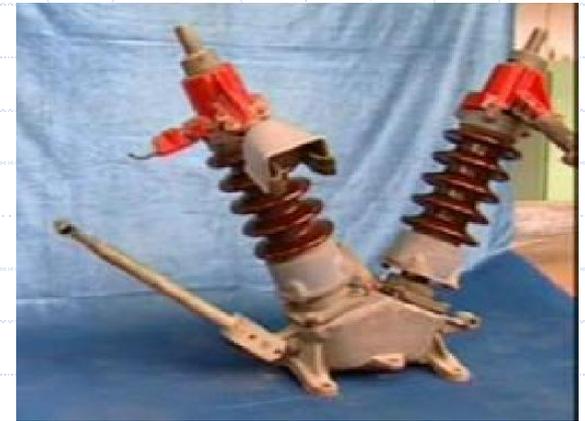
作用

- ① 隔离电源
- ② 倒闸操作
- ③ 分、合小电流
- ④ 接地开关可代替接地线

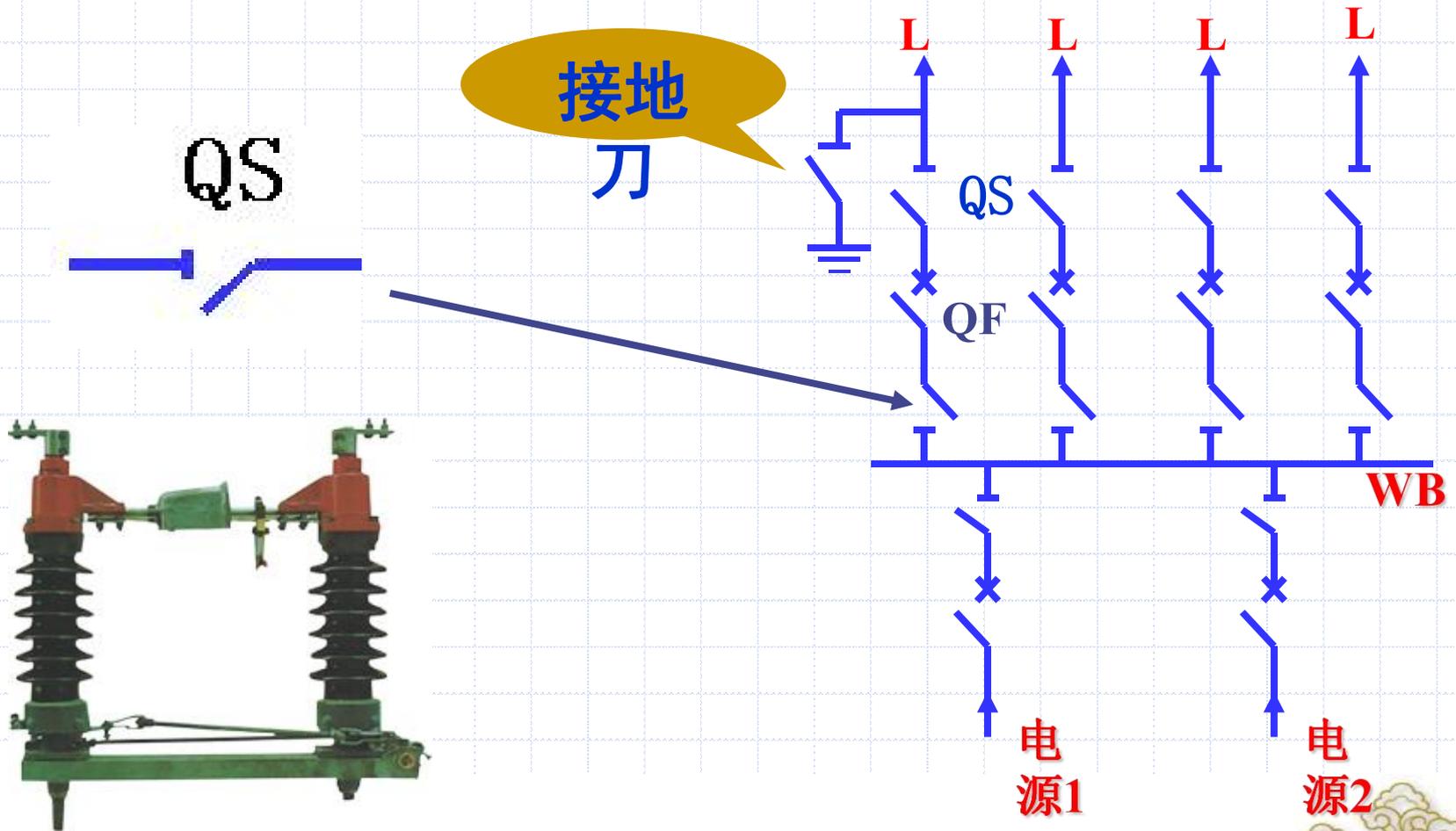


① 隔离电源

使被检修的设备与带电部分之间有明显可见的断口。



隔离开关的作用隔离电源



隔离开关的作用：

②倒闸操作

在改变设备状态(运行、备用、检修)时用来配合断路器协同完成倒闸操作。



隔离开关的作用：

③用来分、合小电流

可用来分、合电压互感器、避雷器和空载母线，分、合励磁电流不超过2A的空载变压器，关合电容电流不超过5A的空载线路。

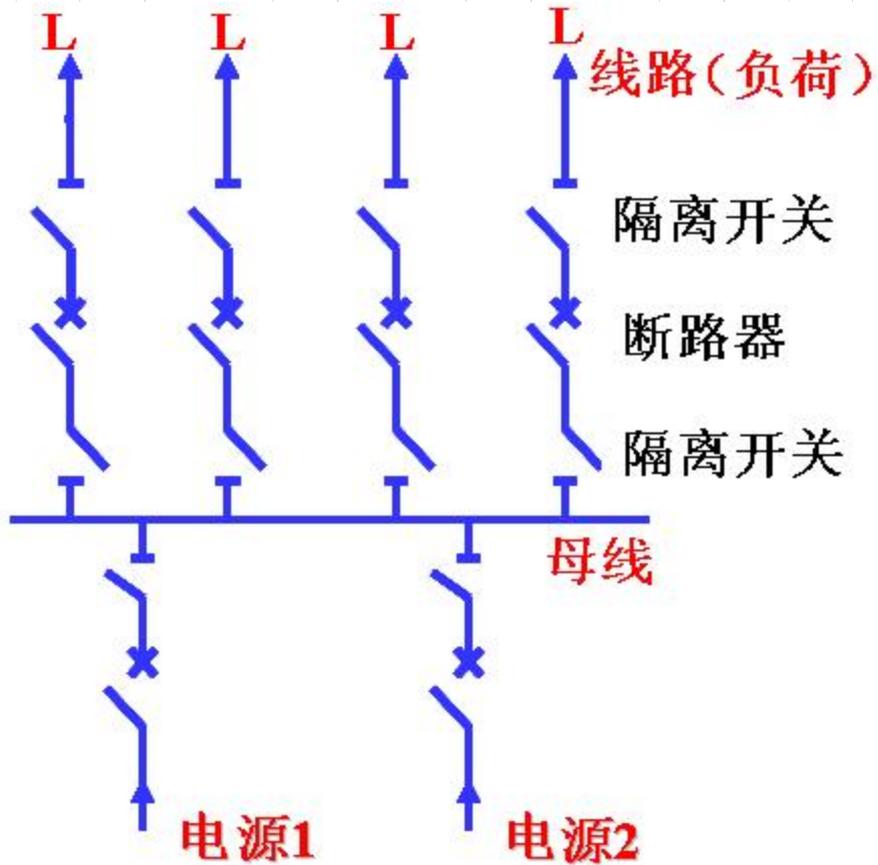


隔离开关的作用：

④ 隔离开关的接地开关可代替接地线，保证检修工作安全。



隔离开关串联在断路器两侧



①隔离开关与断路器配合使用时，两者之间必须有机械的或电气的联锁：

隔离开关必须在断路器切断电流之后才能分闸；

隔离开关合闸之后，断路器才能合闸。



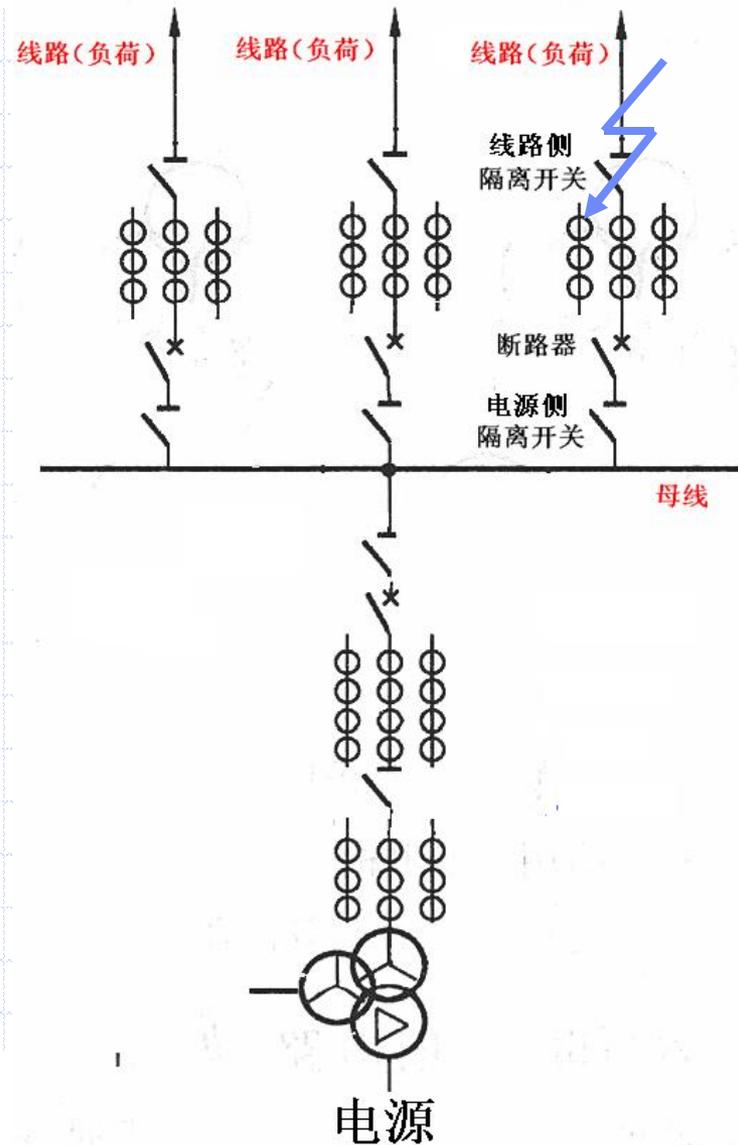
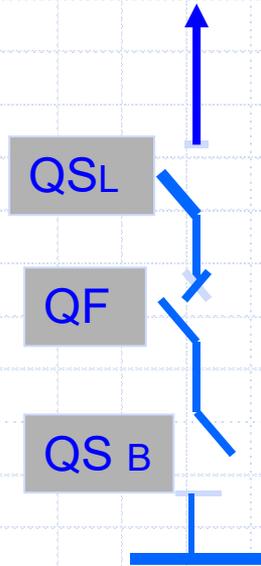
②操作隔离开关时应注意与断路器的操作顺序：

- ◆ 送电时：先合母线（电源）侧的隔离开关，再合线路（负荷）侧的隔离开关，最后合上断路器；
- ◆ 断电时：操作顺序相反，先分断路器，再分线路侧的隔离开关，最后分母线（电源）侧的隔离开关。



送电操作步骤：

- 1、合上QSB（电源侧），
- 2、合上QSL（负荷侧），
- 3、合上QF（接通电路）。

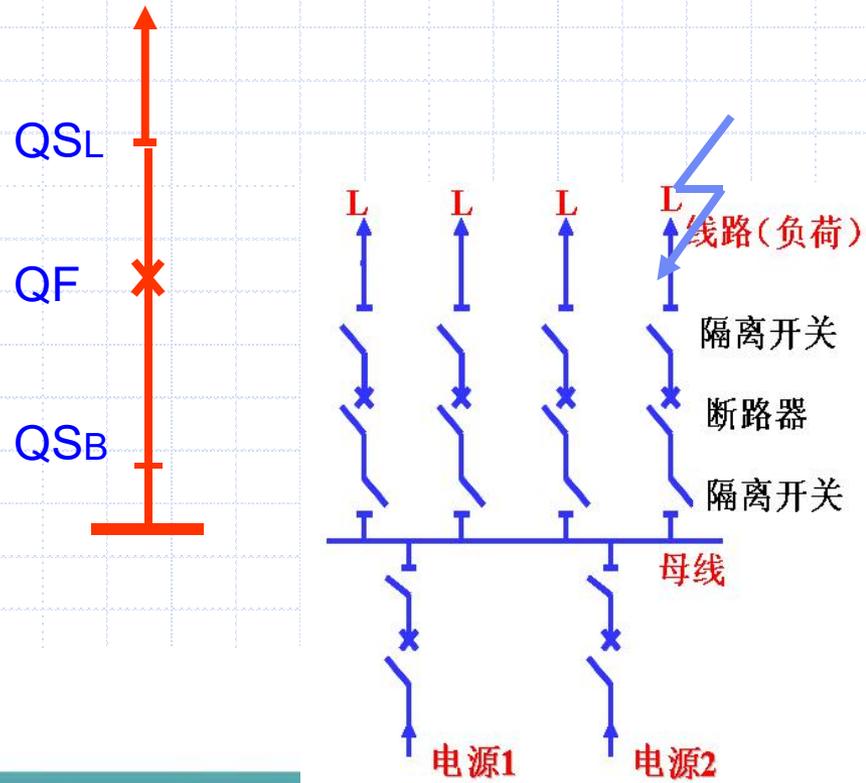


原因：倘若QF在合闸状态，后合线路隔离开关产生电弧短路，故障限制在该线路。

停电操作步骤：

- 1、**拉开QF**（断开电流并熄弧），
- 2、**拉开QSL**（负荷侧），
- 3、**拉开QSB**（电源侧）。

原因：倘若**QF**尚未拉开时，先拉线路隔离开关，产生电弧短路，故障限制在该线路。





倒闸操作

倒闸操作，就是把电气设备或装置由一种状态转换为另一状态的系列操作。如将某变压器由运行状态切换为空载状态；将某双母线接线运行方式变为单母线运行方式的操作。它是因设备的工作所需而随时进行的调节行为。

由于倒闸操作是实现设备运行的开始、结束或变换参数的操作，因此，它是一项操作复杂而又特别危险的行为，对其过程的正确性与严肃性要求尤显突出。

(一) 对倒闸操作的一般规定

(二) 倒闸操作中应重点防止的误操作事故

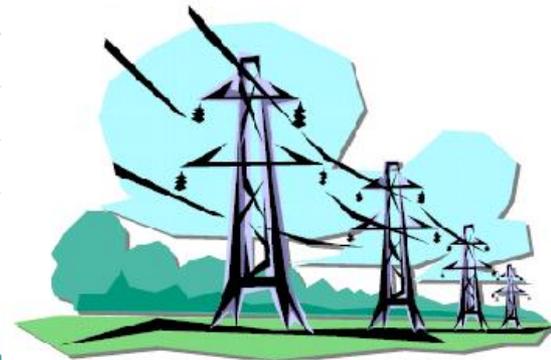
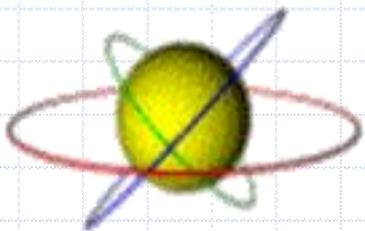
(三) 倒闸操作的基本原则



倒闸操作的概念

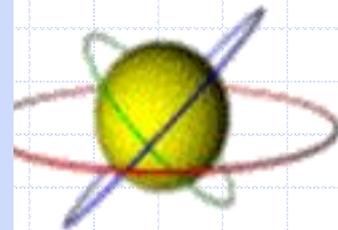


■ 什么叫做电气设备的倒闸操作？

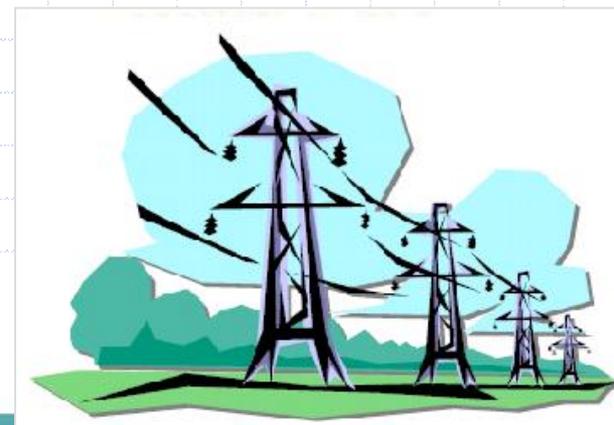


什么叫做电气设备的倒闸操作？

1. 电气设备由一种状态转换到另一种状态所做的一系列操作。

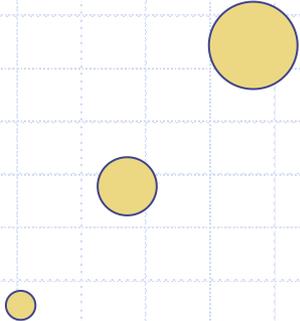
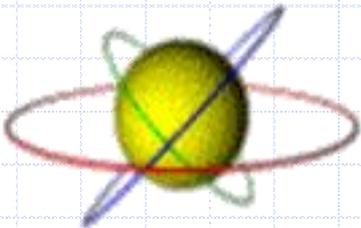


2. 改变电力系统的运行方式所做的一系列操作。



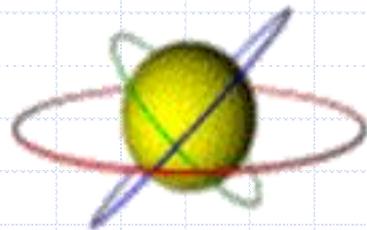


■ 倒闸操作的主要内容有哪些?





倒闸操作的主要内容有

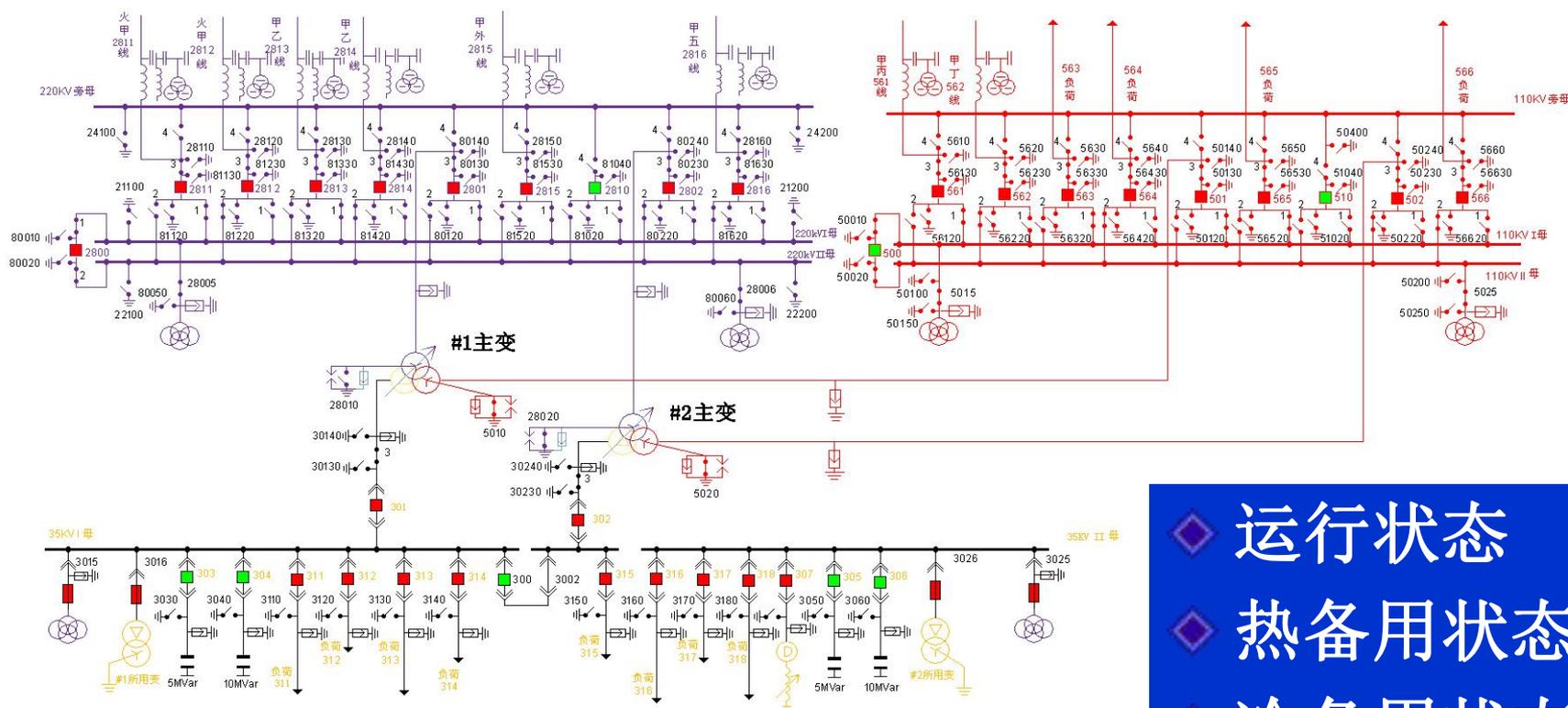


- (1) 电力线路的停、送电操作。
- (2) 电力变压器的停、送电操作。
- (3) 电网的合环与解列。
- (4) 母线接线方式的改变（倒母线操作）。
- (5) 继电保护自动装置使用状态的改变。
- (6) 接地线的安装与拆除等。



电气设备的几种状态

220kV仿真变电站

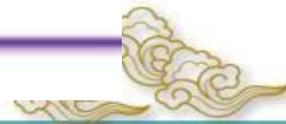
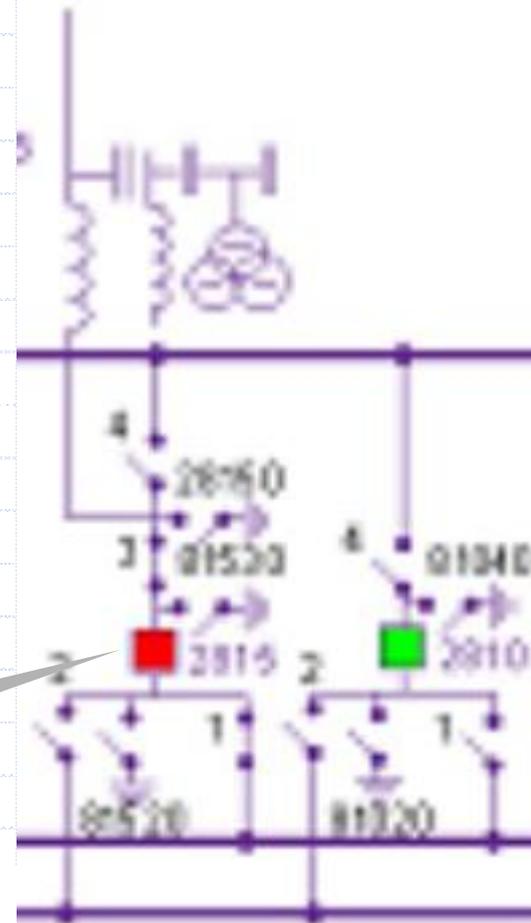


- ◆ 运行状态
- ◆ 热备用状态
- ◆ 冷备用状态
- ◆ 检修状态

1. 运行状态

◆指设备的隔离开关及断路器都在合入位置，设备带电运行。

运行状态



2. 热备用状态

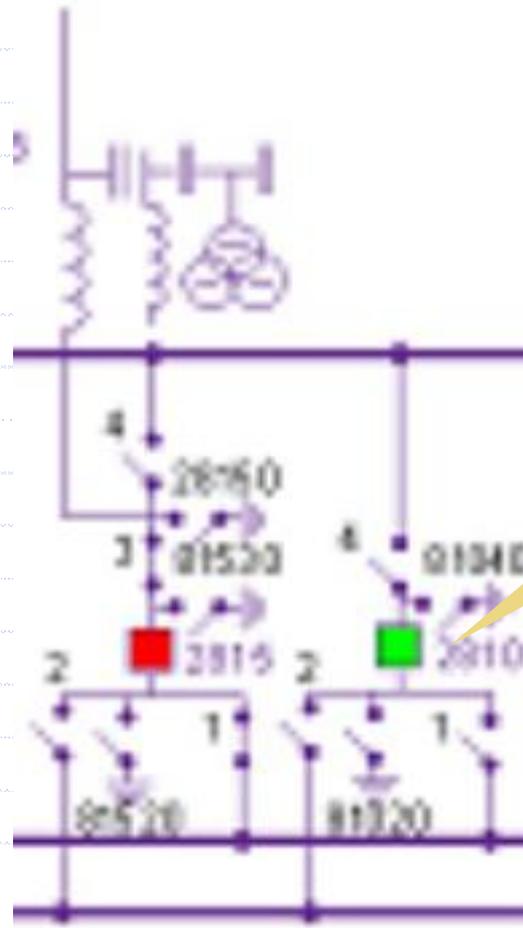
- ◆ 指设备的 断路器在断开位置，而 隔离开关在合入位置，断路器一经合闸，电路即接通转为“运行状态”。



3. 冷备用状态

◆是指设备的断路器及隔离开关均在断开位置。其显著特点是该设备与其它带电部分之间有明显的断开点。





旁路断路器
正常处于冷
备用状态



4. 检修状态



- 是指设备在冷备用状态下并设有安全措施，即检修设备两侧装设了保护接地线（或合上了接地隔离开关），并悬挂了工作标示牌，安装了临时遮拦。

接地刀
合上



临时遮
拦

电气设备倒闸操作的基本要求

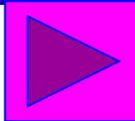
电气设备倒闸操作的基本要求：

- (1) 操作中不得造成事故。
- (2) 尽量不影响或少影响对用户的供电。
- (3) 尽量不影响或少影响系统的正常运行。
- (4) 万一发生事故，影响的范围应尽量小。

电气值班人员（包括调度员或变电所值班人员）在倒闸操作中，应严格遵循上述要求，正确地实现电气设备运行状态或运行方式的转变，保证系统安全、稳定、经济地连续运行。



电气设备倒闸操作时注意事项



(1) 同有关方面的联系。电力系统是一个整体，局部改变必然要影响整个电厂（变电所）或系统。因而任何倒闸操作必须按照领导人员（系统值班调度员、发电厂执长等）命令或得到同意后才能进行。属调度管辖电气设备，由调度发令给值班执长，由值长进一步布置操作；不属于调度管辖设备，由现场领导人（值长、班长）发令给值班人员操作。

(2) 紧急情况下的处理。在紧急情况下，如火灾、人身设备回事故、自然灾害等，或者情况紧急而又与上级失去通信联系时，值班人员可以不经上级批准，先行操作，事后向上级汇报经过情况。



电气设备倒闸操作时注意事项

(3) 一切倒闸操作不得在交接班时进行，因为此时最易出现问题。倒闸操作最好在最小负荷时进行，除非在急需和事故情况下，不宜在最大负荷时进行，因为此时如出现事故对电网及用户的影响最大。

(4) 操作负责人必须是当值人员，在特殊情况下，可由非当值人员在详细了解情况后，在当值值长领导下担任。



电气设备倒闸操作的原则

电气设备倒闸操作的原则：

- (1) 操作隔离开关时，断路器必须先断开。
- (2) 设备送电前必须将有关继电保护加用，没有继电保护或不能自动跳闸的断路器不准送电。
- (3) 高压断路器不允许带电压手动合闸，运行中的小车开关不允许打开机械闭锁手动分闸。
- (4) 在操作过程中，发现误合隔离开关时，不允许将误合的隔离开关再拉开。发现误拉隔离开关时，不允许将误拉的隔离开关再重新合上。



倒闸操作的基本原则

1

停送电操作原则

2

母线倒闸操作原则

3

变压器的停、送电原则





倒闸操作的技术措施和组织措施

组织措施是指电气运行人员必须树立高度的责任感和牢固的安全思想，认真执行操作票制度、工作票制度、工作许可制度、工作监护制度以及工作间断、转移和终结制度等。在执行倒闸操作任务时，注意力必须集中，严格遵守操作规定，以免发生错误操作。

技术措施就是采用防误操作装置，即达到五防的要求：即防止误拉合断路器，防止带负荷拉合隔离开关，防止带地线合闸，防止带电挂接地线，防止误入带电间隔。常用的防误操作装置主要有：



操作命令示例

- ① 拉开**XX**（设备或线路名）**XXX**开关
- ② 合上**XX**（设备或线路名）**XXX**开关
- ③ 拉开**XX**（设备或线路名）**XXX**闸刀
- ④ 合上**XX**（设备或线路名）**XXX**闸刀
- ⑤ 拆除**XX**（设备或线路名）**XXX**（挂地线地点）地线**X**组
- ⑥ 在**XX**（设备或线路名）**XXX**（挂地线地点）挂地线**X**组
- ⑦ 投入**XXX**（设备名称）的**XX**保护
- ⑧ 停用**XXX**（设备名称）的**XX**保护

开关—断路器

闸刀—隔离开关



倒闸操作的基本要求

步骤1.

操作人按调度预先下达的操作任务（操作步骤）正确填写操作。

- 1) 接受命令
- 2) 值长安排填票人核对运行方式
- 3) 填写操作票



倒闸操作的基本要求（八步骤）

步骤2.

经审票并预演正确或技术措施审票正确。

1) 审票

2) 预演审票



倒闸操作的基本要求（八步骤）

1) 审票

审票人由当值负责人担任或当值负责人指定。

审票人检查操作票中填票人已经签名。

审票人检查操作票操作内容正确齐全。

操作票任务栏有明确任务。

审票人结合被操作的设备，查看运行方式、交接班记录、工作票、二次记录，依据指令逐项逐字核对操作票，不得跳项漏项。再依据典型操作票及相应的保护定值单，核对操作票中填写的保护定值、压板、动词、编号、计量单位、接地线（闸刀）组数等符合要求。

手工填写操作票字迹工整，不得涂改。



2) 预演审票

在模拟屏（或微机模拟系统图）预演，监护人唱票操作人用鼠标点击模拟并复诵。其标准化术语是“我们现在进行XX号调令预演，操作内容的第一条是XX……”，依次进行。经审票人、填票人预演正确后，审票人在操作票审核栏签名，以示操作票正确。

经预演不合格操作票，当场销毁，重新填票。



步骤3.

操作前明确操作目的，做好危险点分析和预控。

1) 交代操作目的

2) 危险点分析与预控

1) 交代操作目的

监护人提前向操作人进行操作目的交代。

标准术语是：“我们将要执行的是命令，
操作任务是XXX逐条宣读调令内容。”



2) 危险点分析与预控

交代完操作目的后，监护人向操作人提问；本次操作，你认为存在哪些危险点，可参照倒闸操作指导书中的危险点，进行预控。

编制了倒闸操作指导书的可在指导书上划“√”并签名。

完成上述工作后，由操作人准备合格的操作工具及安全用具。



步骤4.

操作人员检查核对设备命名、编号和状态。

- 1) 开关命名、编号和状态的核对
- 2) 闸刀命名、编号的核对
- 3) 保护装置的核对



1) 开关命名、编号和状态的核对

操作人到需要操作设备处站停，

监护人站立于操作人的右侧，确认是需操作设备后，并高声唱“XXX开关”，

操作人手指设备编号牌，并高声唱“XXX开关”，

监护人回答“对”。

操作人将手指向开关分合指示器，唱“现在XXX开关在分闸（合闸）状态”，

监护人确认回答“对”。



2) 闸刀命名、编号的核对

3) 保护装置的核对

操作人、监护人同到屏前，

监护人站立于操作人的右侧，确认是需操作是保护屏后，并手指屏上方的双重编号高声唱“XXXX”保护屏，

操作人确认后回答”对。



步骤5.

按操作票逐项唱票、复诵、监护操作确认设备状态变位并勾票。

- 1) 唱票
- 2) 复诵
- 3) 监护操作并确认设备状态变位
- 4) 勾票



按操作票逐项唱票、复诵、监护操作确认设备状态变位并勾票。

(1) 按操作票 逐项唱票

操作人、监护人共同核对设备命名、编号和实际状态（以下简称“三核对”）双方认为无误后，监护人即可按操作的顺序高声唱票。



按操作票逐项唱票、复诵、监护操作确认设备状态变位并勾票。

(2) 复诵

操作人认为监护人所发指令正确无误后，用手指该项操作涉及设备的操作把手，进行高声复诵，并用手模拟操作方向。



按操作票逐项唱票、复诵、监护操作
确认设备状态变位并勾票。

(3) 监护操作并确 认设备状态变位

监护人认为操作人正确，即发出“对，执行！”的口令，进行实际操作。



按操作票逐项唱票、复诵、监护
操作确认设备状态变位并勾票。

(4) 勾票

该项操作完成后，
监护人应立即将操作票
上该项操作指令前的勾
格内划“√”。



步骤6.

向汇报操作结束时间。

- 1) 对所操作设备的现场进行全面检查
- 2) 回报调令结束



步骤7.

做好记录，并使系统模拟图与现场设备状态一致，然后签销操作票。

- 1) 核对一次接线图
- 2) 操作人完善记录
- 3) 整理安全用器具和钥匙
- 4) 签销操作票
- 5) 总结评价



签销操作票

监护人回报任务完成后，在操作票上盖“已执行”章，“已执行”章应定足盖在操作步骤最后一步左下侧，盖章时要清晰，位置正确。

已填好并经审票正确的操作票因某种原因不执行时，应在第一页操作票执行时间栏及调令票盖“未执行”章，并在备注栏注明原因和联系人姓名。



变压器的 允许运行 方式

变压器是电力系统最核心的元件，它的运行，必须严格遵守变压器技术说明和要求进行。

（一）温度与温差的允许运行方式

1. 允许温度
2. 允许温升

（二）变压器的允许过负荷

1. 正常周期性负荷
2. 长期急救周期性负荷
3. 短期急救负荷

（三）变压器运行的允许电压

（四）变压器冷却装置的运行方式



油浸式变压器上层油温允许值

冷却方式	环境温度 (°C)	长期运行的上层油温度 (°C)	最高上层油温度 (°C)
自然循环冷却、风冷	40	85	95
强迫油循环风冷	40	75	85
强迫油循环水冷	40	75	85



❖ 变压器投运前的准备工作

❖ 变压器的正常运行操作

❖ 变压器正常运行的监视与维护

变压器的投运检查和
正常运行的操作、监
视与维护





母线、隔离开关

母线、隔离开关的运行及事故处理

(一) 母线的运行及事故处理

- 1、母线及绝缘子在运行中的检查项目
- 2、母线及绝缘子的常见故障、产生的原因、危害及处理

(二) 隔离开关的运行及事故处理

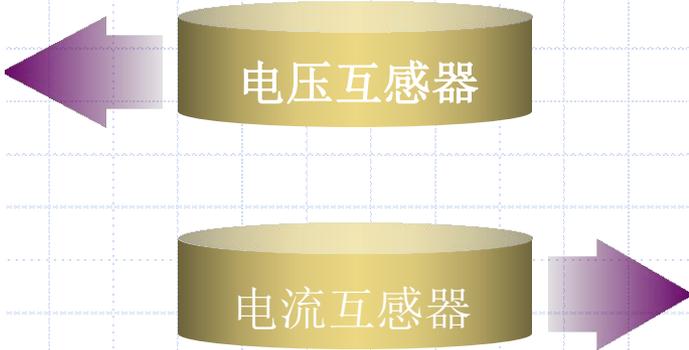
- 1、严禁用隔离开关来拉、舍负荷电流和故障电流(如短路电流等)
- 2、隔离开关合闸操作及注意事项
- 3、隔离开关拉闸操作及注意事项
- 4、隔离开关与断路器配电操作及注意事项
- 5、隔离开关运行中的检查项目及注意事项
- 6、隔离开关异常及事故处理
- 7、支柱绝缘子闪络
- 8、隔离开关拒绝分、合闸





互感器

- 1、电压互感器特征
- 2、电压互感器的操作及注意事项。



- (1) 电流互感器的允许运行方式
- (2) 为了防止将异常或有故障的电流互感器投入运行，从而影响正常的安全生产，电流互感器在投入运行前必须经过仔细、全面的检查
- (3) 电流互感器运行中的检查项目及注意事项
- (4) 电流互感器异常及事故处理

