



# ELECTRIC POWER ENGINEERING 电力工程

鞠平 主编

## 第十三章 电气主接线

## 13.1 电气主接线概述

## 13.2 电气主接线的基本形式

## 13.3 电气主接线实例分析

## 第十三章 电气主接线

**电气主接线**：在发电厂和变电所中，发电机、变压器、断路器、隔离开关、电抗器、电容器、互感器、避雷器等高压电器设备，以及将它们连接在一起的高压电缆和母线，按其功能要求组成的接收和分配电能的主回路。这个主回路被称为电气一次系统，又叫电气主接线。

**电气主接线图**：用规定的设备图形和文字符号，按照各电气设备实际的连接顺序而绘成的能够全面表示电气主接线的电路图。

## 13.1 电气主接线概述

13.1.1 对电气主接线的基本要求

13.1.2 电气主接线的基本类型

13.1.3 电气主接线回路中开关的配置原则

## 13.1.1 对电气主接线的基本要求

### 1、可靠性要求

一般从以下方面对主接线的可靠性进行定性分析：

- ❖ 断路器检修时是否影响供电
- ❖ 设备或线路故障或检修时，停电线路数量的多少和停电时间的长短，以及能否保证对重要用户的供电
- ❖ 有没有使发电厂或变电所全部停止工作的可能性

## 13.1.1 对电气主接线的基本要求

### 2、灵活性要求

#### ❖ 满足调度时的灵活要求。

- 正常情况下，应根据调度要求，灵活地改变运行方式，实现安全、可靠、经济地供电；
- 而发生事故时，能迅速方便地转移符负荷、尽快切除故障，使停电时间最短，影响范围最小，在故障消除后能方便的恢复供电。

#### ❖ 满足检修时的灵活性要求

在某一设备需要检修时，应能方便地将其退出运行，并使该设备与带电运行部分有可靠的隔离，保证检修人员检修时方便和安全。

#### ❖ 满足扩建时灵活性要求

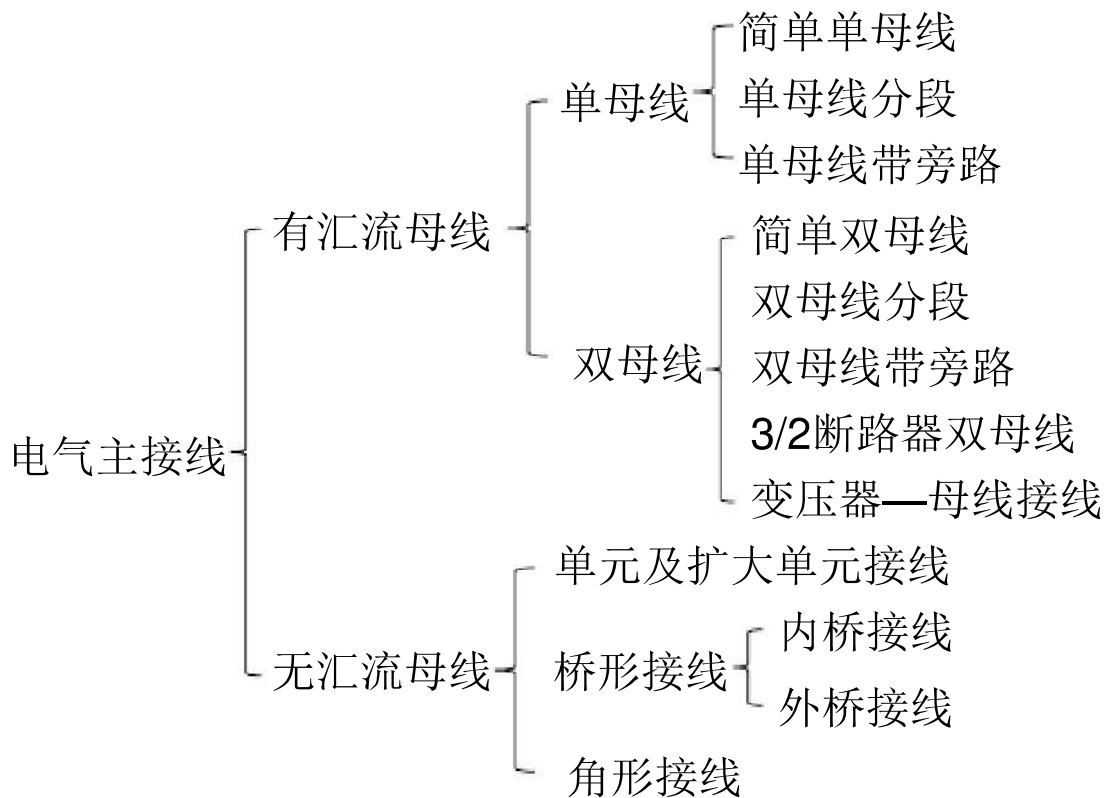
大的电力工程往往要分期建设。从初期主接线过渡到最终的主接线，每次过渡都应比较方便，对已运行部分影响应尽可能小，改建的工作量不大。

## 13.1.1 对电气主接线的基本要求

### 3、经济性要求与先进性要求

- ❖ 确定主接线时，应采用先进的技术和新型的设备。
- ❖ 在保证安全可靠、运行灵活、操作方便的基础上，应使投资和年运行费用最小、占地面积最少，应尽量做到经济合理。

## 13.1.2 电气主接线的基本类型





### 13.1.3 电气主回路中开关的配置原则

- ❖ 各电气回路中（除电压互感器回路外）均配置断路器。
- ❖ 电气回路中，在断路器可能出现电源的一侧或两侧均应配置隔离开关。
- ❖ 若馈线的用户侧没有电源时，断路器通往用户的那一侧，可以不装设隔离开关。
- ❖ 为了安全、可靠及方便地接地，可安装接地隔离开关替代接地线。

## 13.2 电气主接线的基本形式

13.2.1 单母线接线

13.2.2 单母线分段接线

13.2.3 单母线带旁路母线接线

13.2.4 双母线接线

13.2.5 双母线分段接线

13.2.6 双母线带旁路母线接线

13.2.7 3/2断路器双母线接线

## 13.2 电气主接线的基本形式

13.2.8 单元接线

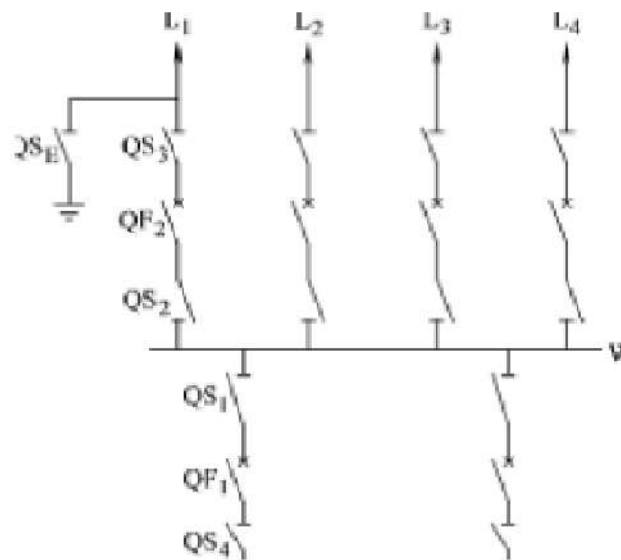
13.2.9 桥形接线

13.2.10 角形接线

## 13.2.1 单母线接线

检修断路器 $QF_2$ ：  
断 $QF_2$ ，依次拉开隔离开关 $QS_3$ 、 $QS_2$ ，然后在 $QF_2$ 两侧  
关上接地线，以保证检修人  
员的安全。

$QF_2$ 恢复送电时：  
先合上 $QS_2$ 、 $QS_3$ ，后合上  
 $QF_2$ 。



## 13.2.1 单母线接线

### 优点:

- ❖ 接线简单清晰，设备少、投资低，操作方便，便于扩建，也便于采用成套配电设备。
- ❖ 隔离开关仅用于检修，作为操作电器，；不容易发生误操作。

### 缺点:

- ❖ 母线或母线隔离开关检修时连接在母线上的所有回路都需停止工作。
- ❖ 当母线或母线隔离开关上发生短路故障或断路器靠母线侧绝缘套管损坏时，所有断路器都将自动断开，
- ❖ 造成全部停电。
- ❖ 检修任一电源或出线断路器时，该回路必须停电。

## 13.2.1 单母线接线

### 适用范围：

单母线接线不能作为唯一电源承担一类负荷，在此前提下可用于以下情形：

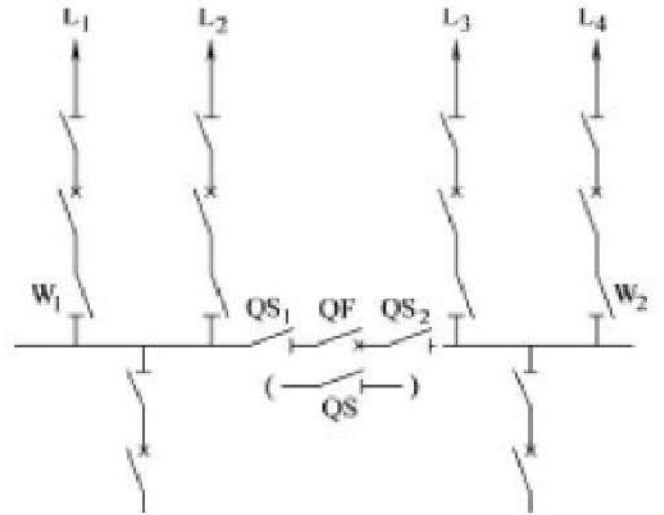
- ❖ 6~10kV配电装置的出线不超过5回
- ❖ 35~60kV配电装置的出线不超过3回
- ❖ 110~220kV配电装置的出线不超过2回

## 13.2.2 单母线分段接线

与一般单母线接线相比，单母线分段接线增加了母线分段断路器以及两侧的隔离开关。

**优点：**可提高供电可靠性。

- ❖ 当任一段母线或某一台母线隔离开关故障及检修时，自动或手动跳开分段断路器，仅有一半线路停电，另一段母线上的各回路仍可正常运行。
- ❖ 重要负荷分别从两段母线上各引出一条供电线路，保证供电可靠性。



## 13.2.2 单母线分段接线

### 缺点：

- ❖ 母线或母线隔离开关检修时，连接在母线上的所有回路都需停止工作。
- ❖ 当母线或母线隔离开关发生短路故障或断路器靠母线侧绝缘套管损坏时，所有断路器都将自动断开，造成全部停电。
- ❖ 检修任一电源或出线断路器时，该回路必须停电。



## 13.2.2 单母线分段接线

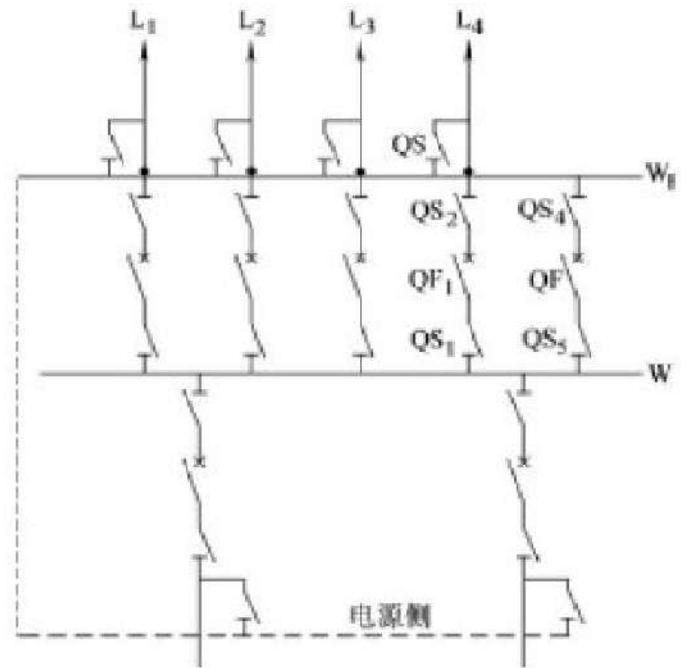
### 适用范围：

- ❖ 6~10kV配电装置总出线回路数为6回以上，每一分段上所接容量不宜超过25MW
- ❖ 35~60kV配电装置总出线回路数为4~8回时
- ❖ 110~220kV配电装置总出线回路数为3~4回时

## 13.2.3 单母线带旁路母线接线

### 1、单母线不分段带旁路母线接线

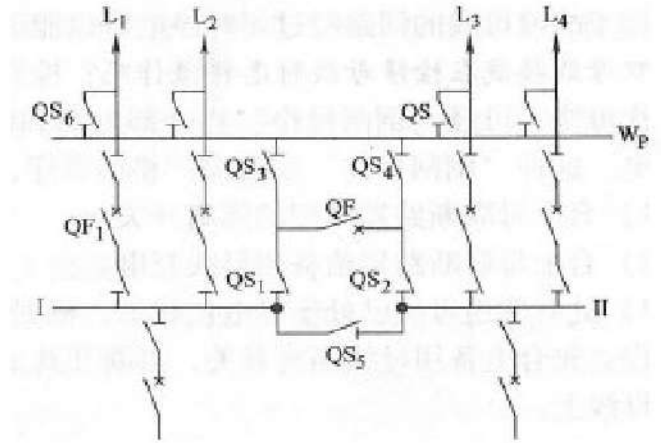
- ❖ 可不停电检修断路器，提高了供电可靠性。
- ❖ 旁路断路器在同一时间里只能替代一个线路断路器的工作。



## 13.2.3 单母线带旁路母线接线

### 2、单母线分段带旁路母线接线

- ❖ 兼顾旁路母线和母线分段两方面的优点；
- ❖ 当旁路断路器和分段断路器分别设置时，所用断路器数量多，设备费用高。
- ❖ 工程实践中，为减少投资，可不专设旁路断路器，而用母线分段断路器兼做旁路断路器。



### 13.2.3 单母线带旁路母线接线

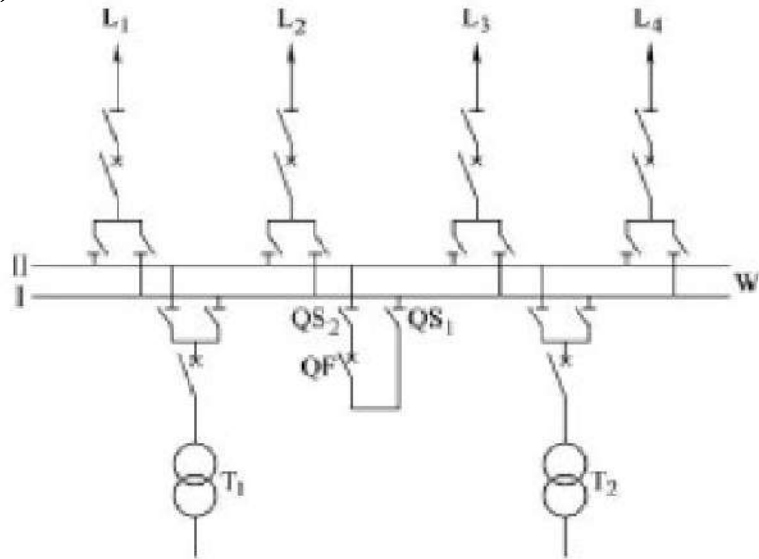
#### 3、单母线（或分段）带旁路母线的应用范围

- ❖ 6~10kV户内配电装置一般情况不装设旁路母线
- ❖ 35kV配电装置一般不设旁路母线
- ❖ 110~220kV如果采用单母线分段，一般应设置旁路母线且以专用旁路断路器为宜。

## 13.2.4 双母线接线

### 1、双母线接线

- ❖ 两组母线，I 为工作母线，II 为备用母线。
- ❖ 每一电源和每一出线都经一台断路器和一组隔离开关分别与两组母线相连，任一组母线可以作为工作母线或备用母线。
- ❖ 两组母线之间通过母联断路器连接。



## 13.2.4 双母线接线

### 2、双母线接线的运行情况

#### 正常运行状态时的运行方式

- ❖ 工作母线带电，备用母线不带电，所有电源和出线回路都连接到工作母线上，母联断路器断开。
- ❖ 工作母线和备用母线各带一部分电源和负荷，母联断路器闭合。

## 13.2.4 双母线接线

双母线接线检修母线时的操作：

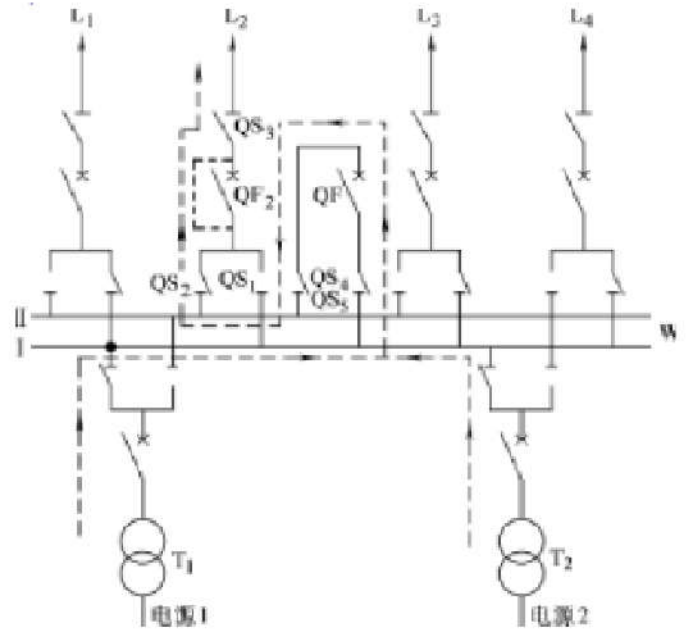
- ①合上母联断路器两侧的隔离开关。
- ②合上母联断路器给备用母线充电。
- ③两组母线等电位。根据“先通后断”的操作顺序，逐条线路进行倒闸操作，先合备用母线隔离开关，再断开其工作母线隔离开关；直到所有线路均倒换到备用母线上。
- ④断开母联断路器，拉开其两侧隔离开关。
- ⑤工作母线被停电隔离，验明无电后，随即用接地刀开关接地，进行检修。

## 13.2.4 双母线接线

### 双母线接线检修出线断路器时的操作：

若原先以单母线分段方式运行，被检修断路器 $QF_2$ 工作于II段母线上。

- ① 先将II段母线上其他回路在不停电情况下转移到I段母线上。
- ② 断开母联断路器 $QF$ ，并将其保护定值改为与 $QF_2$ 一致。断开 $QF_2$ ，拉开其两侧的隔离开关，将 $QF_2$ 退出，并用临时“跨条”连通留下的缺口，合上隔离开关 $QS_2$ 和 $QS_3$ 。
- ③ 合上母联断路器 $QF$ ，线路L2重新送电。





## 13.2.4 双母线接线

### 3、双母线接线的优缺点

#### 优点：

- ❖ 与单母线接线相比，停电机会减少，必需的停电时间缩短，运行的可靠性和灵活性提高。
- ❖ 扩建方便，施工时可不必停电。

## 13.2.4 双母线接线

### 缺点：

- ❖ 在倒母线操作过程中，需使用隔离开关切换所有负荷电流回路，操作过程比较复杂，容易造成误操作。
- ❖ 工作母线故障时，将造成短时全部进出线停电。
- ❖ 在任一线路断路器检修时，该回路仍需停电或短时停电。
- ❖ 使用的母线隔离开关数量较多，同时也增加了母线的长度，使得配电装置结构复杂，投资和占地面积增大。

## 13.2.4 双母线接线

### 4、双母线接线的适用范围

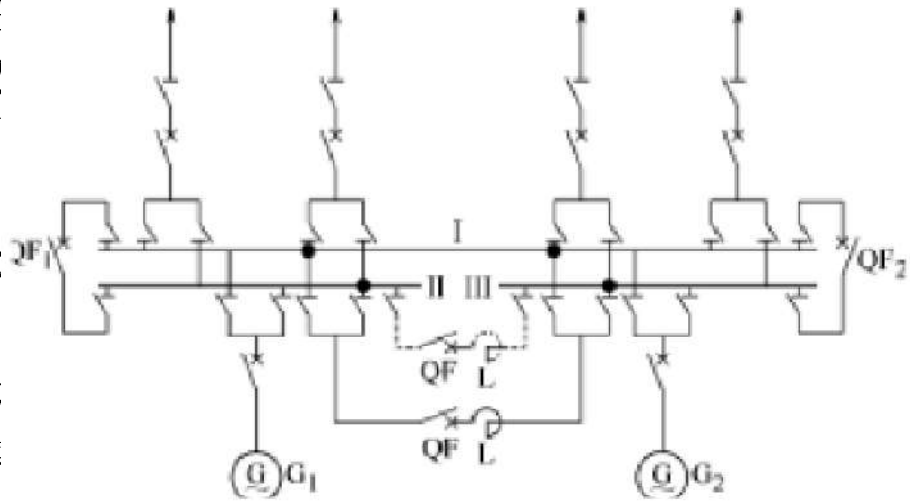
- ❖ 6~10kV配电装置，当短路电流较大，出线需带电抗器时。
- ❖ 35kV、60kV配电装置当出线回路超过8回时，或连接的电源较多、复合较大时。
- ❖ 110~220kV配电装置出线回路为5回及以上时，或出线回路数为4回弹在系统中地位重要时。

## 13.2.5 双母线分段接线

### 1、双母线分段的特点

分段断路器将工作母线分为两段，每段用母联断路器与备用母线相连。

- ❖ 具有单母线分段和双母线接线的特点，任何一段母线故障或检修时仍可保持双并列运行，有较高的可靠性和灵活性。
- ❖ 所使用的电气设备较多，投资增大。
- ❖ 检修某一回路出线断路器时，该回路停电，或短时停用再用“跨条”恢复供电。



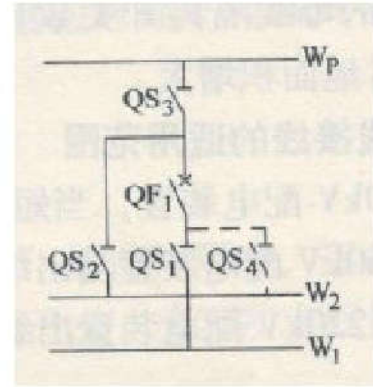
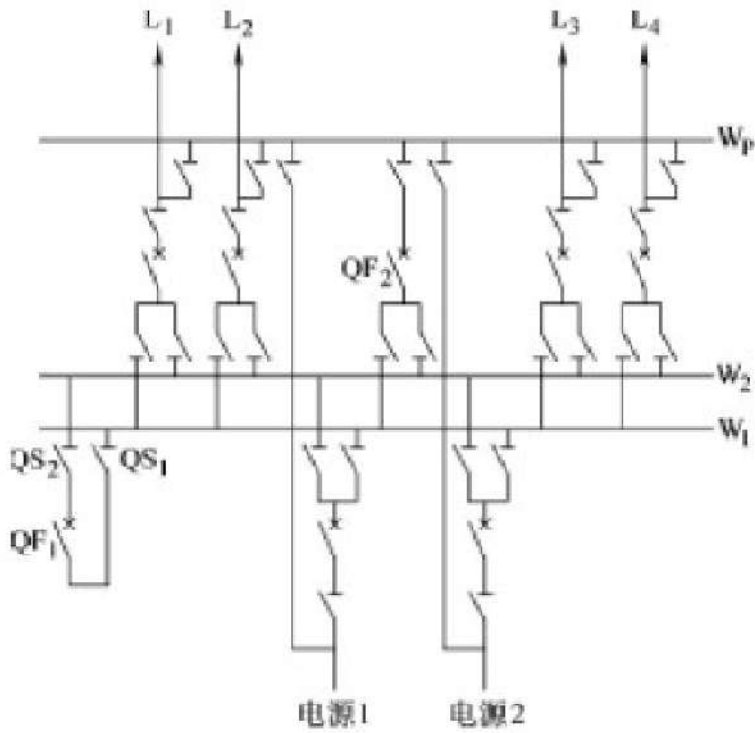
## 13.2.5 双母线分段接线

### 2、双母线分段接线的适用范围

- ❖ 双母线分段接线广泛应用于中、小型发电厂的6~10kV发电机电压母线。
- ❖ 220kV配电装置进出线回路总数为11~14回时，可在一组母线上分段（双母线3分段），进、出线回路总数为15回及以上时，两组母线均可分段（双母线4分段）；对可靠性要求很高的330~550kV超高压配电装置，当进出线总数为6回以上时，也可采用双母线3分段或双母线4分段。

## 13.2.6 双母线带旁路母线接线

可不停电检修任一回路断路器。

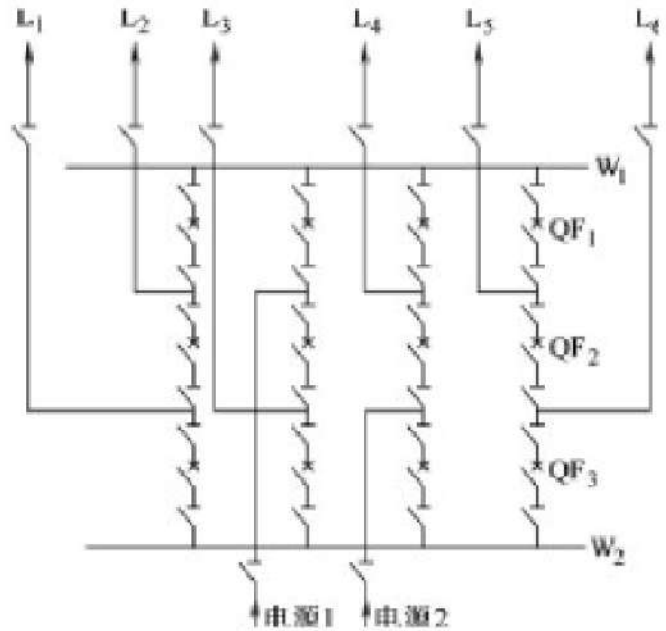


母联断路器兼作旁路断路器

## 13.2.7 3/2断路器双母线接线

每两回进、出线占用3台断路器构成一串，接在两组母线之间，断路器数与回路数之比为3/2，因而称为3/2断路器饥饿线，也称一台半断路器接线。

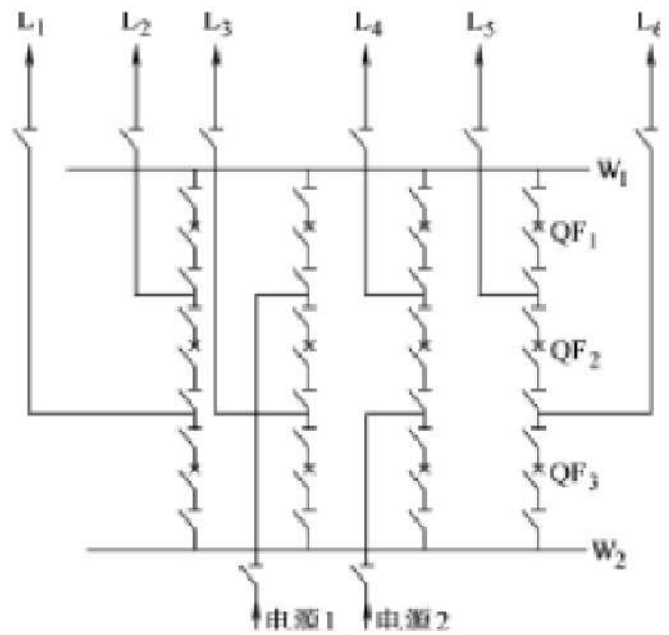
- ❖ 可靠性高、调动灵活、操作检修方便
- ❖ 占用断路器较多，投资较大，同时使用继电保护比较复杂。



## 13.2.7 3/2断路器双母线接线

**注意事项：**接线至少配成3串才能形成多环供电。陪串同时应使同一用户的双回线路布置在不同的串中，电源进线应布置在不同的串中。

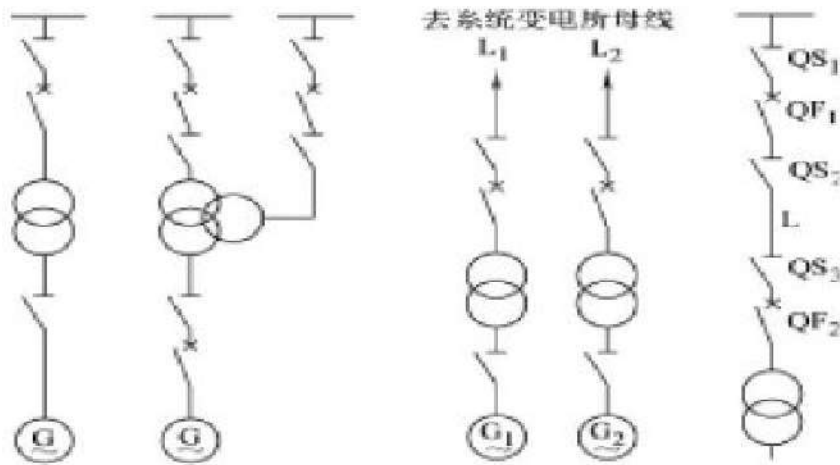
**适用范围：**现代大型电厂和变电所超高压配电装置





## 13.2.8 单元接线

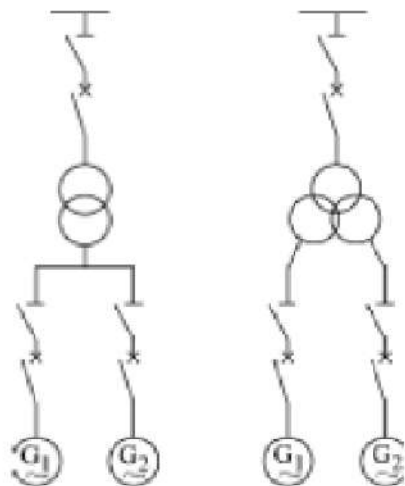
将发电机与变压器或发电机—变压器—线路都直接串联起来，组成单元接线。



- ❖ 没有横向联络母线，大大减少了电器的数量，简化了配电装置的结构，降低了工程投资。减少了故障可能性，降低了短路电流值。
- ❖ 当某一元件故障或检修时，该单元全停。

## 13.2.8 单元接线

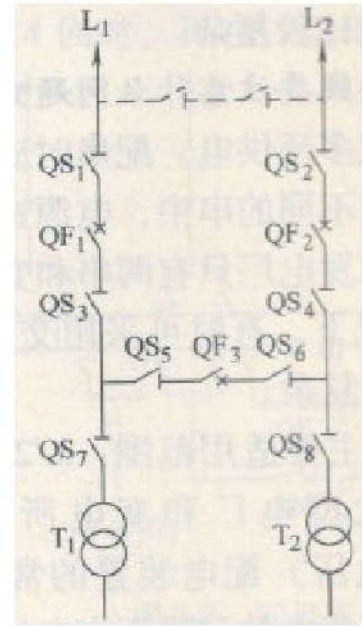
为减少变压器及其高压侧断路器台数，节约投资与占地面积，可采用扩大单元接线。



## 13.2.9 桥形接线

### 1、内桥接线

- ❖ 当线路发生故障时，仅故障线路的断路器跳闸，其余3条支路可继续工作，并保持相互间的联系。
- ❖ 当变压器故障时，联络断路器及与故障变压器同侧的线路断路器均自动跳闸，需经倒闸操作后，方可恢复对该电路的供电。
- ❖ 正常运行时变压器操作复杂。

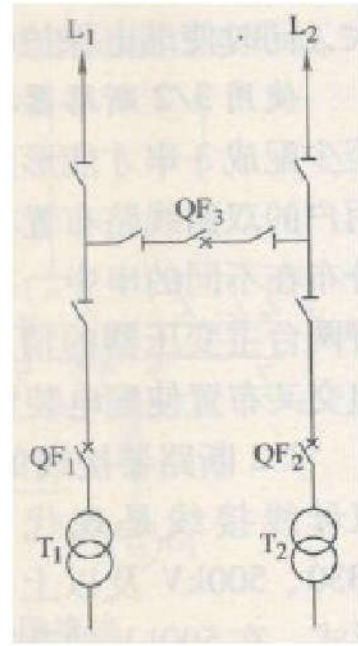


适用于输电线路较长，线路故障率较高、穿越功率少和变压器不需要经常改变运行方式的场合。

## 13.2.9 桥形接线

### 2、外桥接线

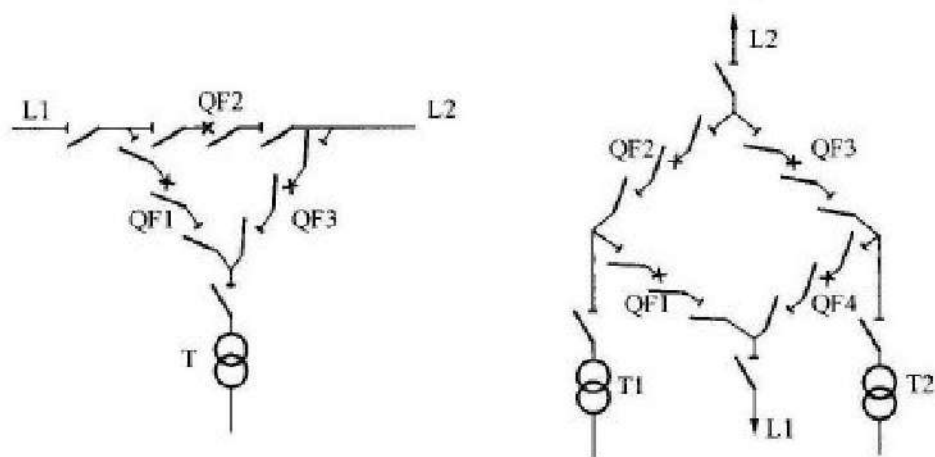
- ❖ 变压器发生故障时，仅跳故障变压器支路的断路器，其余3条支路可继续工作，并保持相互间的联系。
- ❖ 线路发生故障时，联络断路器及与故障线路同侧的变压器支路的断路器均自动跳闸，需经倒闸操作后，方可恢复被切除变压器的工作。
- ❖ 线路投入与切除时，操作复杂，并影响变压器的运行。



适用于线路较短，故障率较低、主变压器需按经济运行要求经常投切以及电力系统有较大的穿越功率通过桥臂回路的情况。

## 13.2.10 角形接线

角形接线又称环形接线，将几台断路器连接成环状，在每两台断路器的连结点处引出一回进线或出线，并在每个连接点的2侧各设置一台隔离开关。



## 13.3 电气主接线实例分析

13.3.1 火力发电厂电气主接线

13.3.2 水力发电厂电气主接线

13.3.3 变电所电气主接线

## 13.3.1 火力发电厂电气主接线

### 1、区域性火力发电厂的电气主接线

#### 区域性火力发电厂的特点：

区域性火力发电厂属于大型火电厂，单机容量及总装机容量都较大，多建在大型煤炭基地或运煤方便的地点，离负荷中心距离较远。

#### 区域性火力发电厂电气主接线的特点：

- 电气主接线多采用发电机—变压器单元接线。
- 220~500kV电压等级的配电装置采用可靠性较高的接线形式。





## 13.3.1 火力发电厂电气主接线

### 2、地方性火力发电厂的电气主接线

#### 地方性火力发电厂的特点：

电厂建设在城市附近或工业负荷中心，单机容量多为中、小型机组。

#### 地方性火力发电厂的电气主接线的特点：

- ❖ 发电机电压母线一般采用单母线分段、双母线、双母线分段等形式。
- ❖ 分段断路器回路中常串入限流电抗器，限制过大的短路电流；10kV出线也常需要串入限流电抗器。
- ❖ 升高电压侧根据情况，一般可选用单母线、单母线分段、双母线等界限形式。

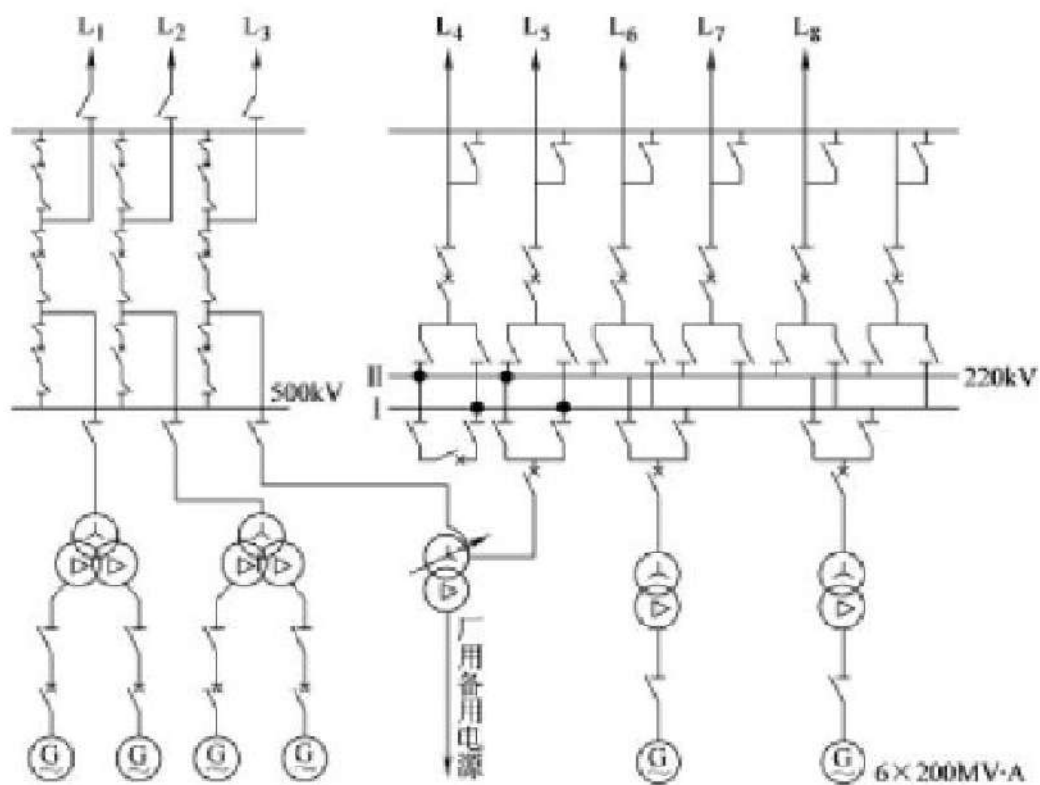


## 13.3.2 水力发电厂电气主接线

### 1、水力发电厂电气主接线的特点

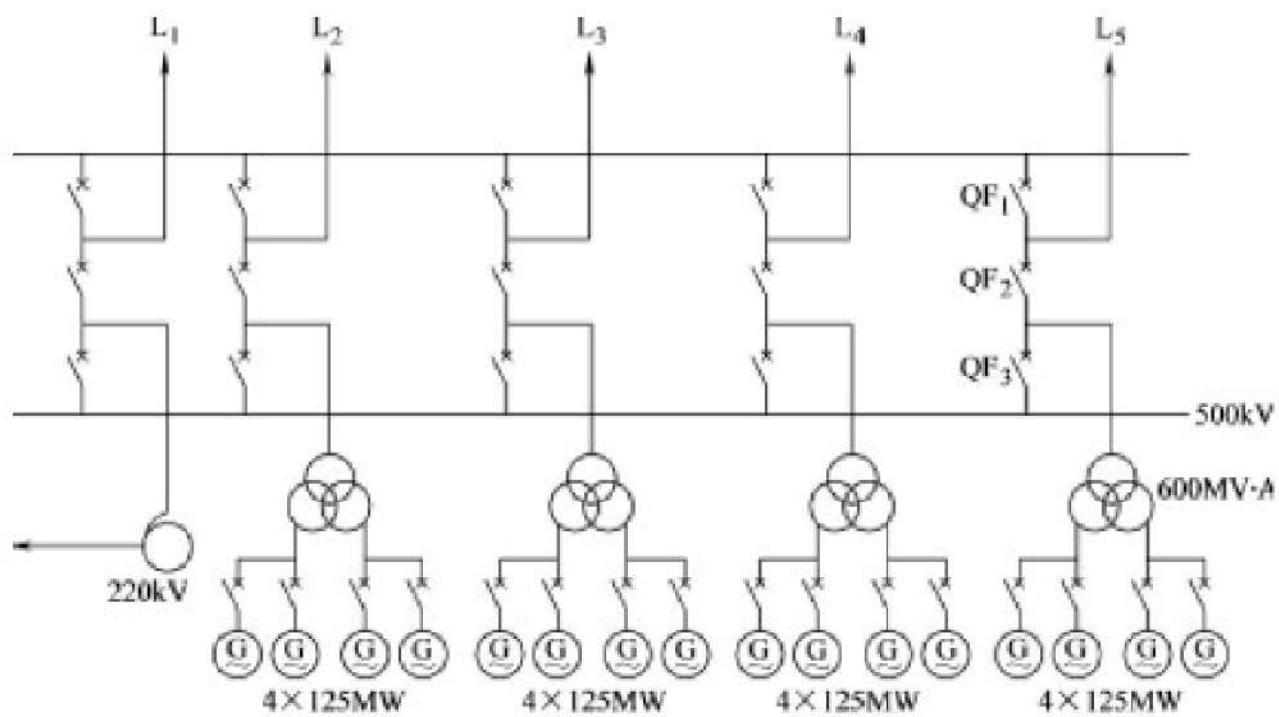
- ❖ 离负荷中心很远。主接线多采用发电机—变压器单元接线或扩大单元接线。
- ❖ 为少占地，电气主接线应力求简单。
- ❖ 不考虑扩建。
- ❖ 主接线应具有较好的灵活性。

## 13.3.2 水力发电厂电气主接线



某大型水电厂电气主接线

## 13.3.2 水力发电厂电气主接线



葛洲坝水电厂主接线

### 13.3.3 变电所电气主接线

- ❖ 变电所主接线高压侧，应因可能采用断路器数目较少的接线，以节省投资。随出线数不同，可采用桥形、单母线、双母线接线及角形接线等。
- ❖ 若变电所电压为超高压等级，又是重要的枢纽变电所，宜采用双母线分段带旁路接线或采用一台半断路器接线。
- ❖ 变电所低压侧常采用单母线分段接线或双母线接线，以便于扩建。