



牵引变电所及其自动化

孙继星 副教授

牵引供电研究所

Email: jxsun@bjtu.edu.cn

办公室：电气楼808

办公电话：010-51685212-602



◆ 教材：

- 《轨道交通牵引供电技术》，贺威俊、高仕斌等，2015
- 《高速铁路牵引变电所技术》，中国铁路总公司，2014
- 《交流电气化铁道牵引供电系统》，谭秀炳，西南交通大学出版社，2007

◆ 考核形式和成绩评定：笔试占成绩 60%。上课出勤占成绩 40%(抽查点名缺课一次扣5分)。

◆ QQ学习交流群：614152328



一. 电气主接线的功能与基本要求

1. 电气主接线的功能

牵引变电所(含开闭所、降压变电所)的电气主接线,是指由**变压器、断路器等开关设备、母线等及其连接导线**所组成的**接受和分配电能的电路**。用规定的设备文字符号和图形代表上述电气设备、导线,并根据它们的作用和运行操作次序,按一定要求连接的单线或三线接线图,称为电气主接线图。

电气主接线反映了牵引变电所的基本结构和功能,对牵引供电系统运行的可靠性、电能质量、运行灵活性和经济性起着决定性作用。在运行中,它能表明与高压电网连接方式、电能输送和分配的关系以及变电所一次设备的运行方式,成为实际运行操作的依据;在设计中,主接线的确定对变电所电气设备选择、配电装置布置、继电保护配置和计算、自动装置和控制方式选择等都有重大影响。



一. 电气主接线的功能与基本要求

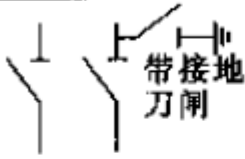
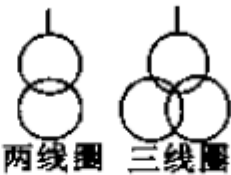


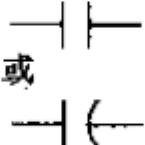




电气设备名称	文字符号	图形符号	电气设备名称	文字符号	图形符号
刀开关	QK		母线	W	
			导线、线路	W	
断路器(自动开关)	QF		三相导线		
隔离开关	QS		端子	X	
负荷开关	QL		电缆及其终端头		
熔断器	FU		交流发电机	G	
熔断器式开关	S		交流电动机	M	
阀式避雷器	F		单相变压器	T	
三相变压器	T		电压互感器	TV	
三相变压器	T		三绕组变压器	T	
电流互感器(具有一个二次绕组)	TA		三绕组电压互感器	TV	
电流互感器(具有两个铁心和两个二次绕组)	TA		电抗器	L	
			电容器	C	



表 6-1-1 变电所主接线的常用电气图形符号和文字符号

电气设备名称 及文字符号	图形符号	电气设备名称 及文字符号	图形符号	电气设备名称 及文字符号	图形符号
电力变压器 T		发电机、电力系统 G		母线 W	
				母线简化图形	
自耦 变压器	形式 1 形式 2	电流互感器 (单次级流变) TA	单线表示 多线表示	导线的连接	
				导线的不连接	
断路器 QF	(带隔离触指的 手车式)	有分开铁芯的 双次级绕组 电流互感器		电力电缆	
负荷开关 QL		有共同铁芯的 双次级绕组 电流互感器		避雷器 F	



电气设备名称 及文字符号	图形符号	电气设备名称 及文字符号	图形符号	电气设备名称 及文字符号	图形符号
隔离开关 QS		电压互感器 TV		放电器 (接地保护放 电装置)	
熔断器 FU		电容器 C		抗雷圈	
跌开式熔断器		电抗器 L		接 地	



2. 电气主接线应满足的基本要求(可靠性、灵活性、经济性)

- (1) 保证必要的供电可靠性和电能的质量。应由双回输电线或环形电源供电；保证在电路转换、设备检修和事故处理等情况下供电的可靠性和连续性。电压是表征电能质量的基本指标，而与电压水平相关的因素，还包括电压不对称度和谐波含量等，主接线应在变压器接线方式、谐波无功补偿和调压方面采取有效的改善电压质量措施。
- (2) 具有一定的运行灵活性。运行灵活性是指在系统故障或变电所设备故障和检修时，能适应调度的要求，达到灵活、简便、迅速地倒换运行方式，且故障的影响范围最小。
- (3) 操作应尽可能简单、方便，应具有扩建的可能性。
- (4) 技术上先进，经济上合理。
- (5) 主接线的可靠性与经济性是一对矛盾。



二. 电气主接线的基本接线形式

电气主接线从电源系统接受电能，并通过出线或馈电线路分配电能，当进、出(馈)线数量较多(一般多于4回路)时，常设置汇流母线(简称母线)作为中间环节，便于电能的汇集和分配，并使运行操作方便，利于扩建。当进、出线数量较少时，可采用无汇流母线接线形式。

- 电气主接线按有无母线分可分为**有母线和无母线**两大类。
- 有母线的主接线形式包括**单母线和双母线**。
- 单母线又分为**单母线无分段、单母线有分段、单母线分段带旁路母线**等形式。
- 双母线又分为**普通双母线、双母线分段、3/2断路器(又叫一台半断路器)、双母线及带旁路母线的双母线**等形式。
- 无母线的主接线形式有**桥形接线、单元接线和分支接线**。



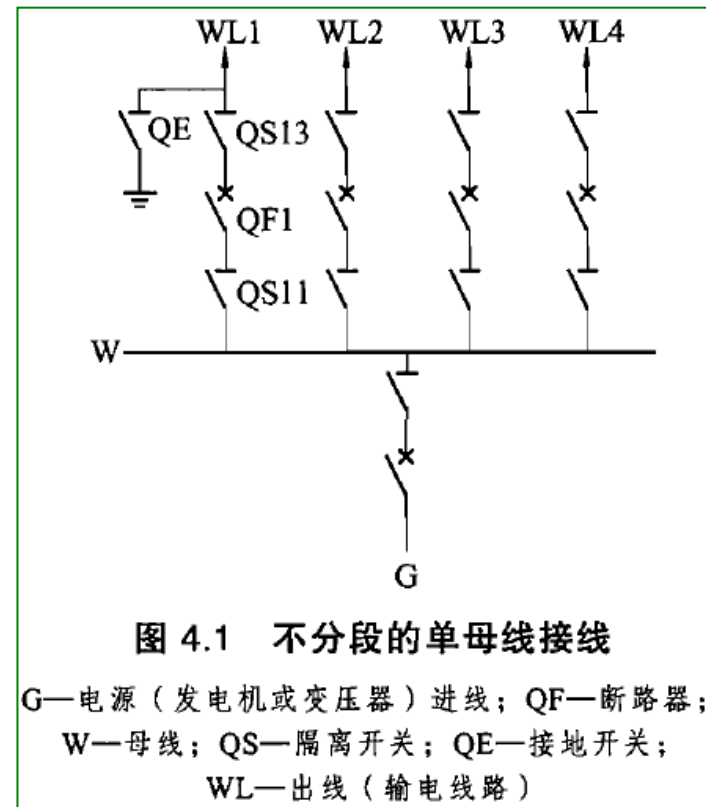
二. 电气主接线的基本接线形式

1. 单母线接线

设有一套母线的接线称为单母线接线。这种接线的电源回路和用电回路通过断路器、隔离开关后分别与母线连接。可分为不分段的单母线接线、分段的单母线接线、带旁路母线的单母线接线。

(1) 不分段的单母线接线

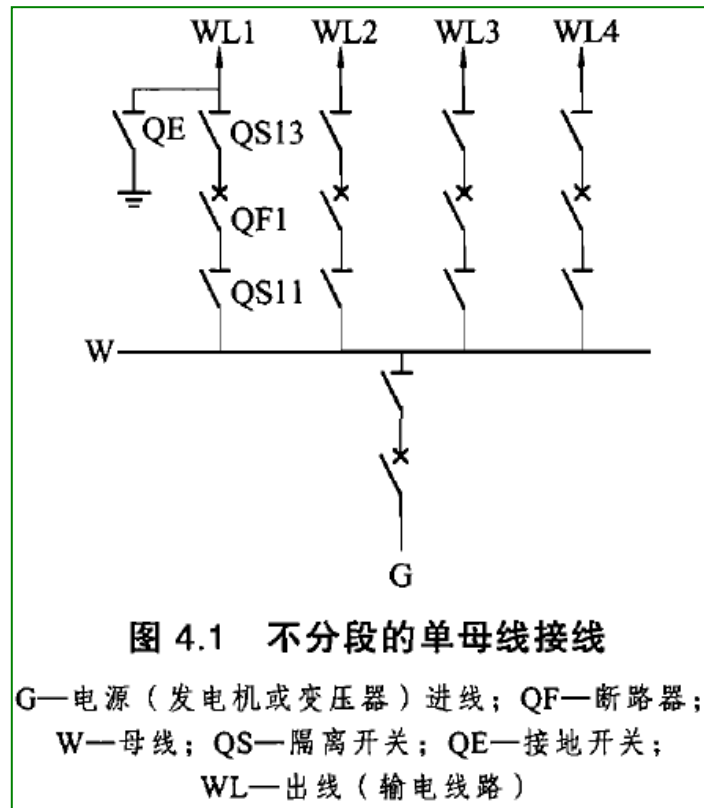
由于断路器有灭弧装置，而隔离开关没有，所以停送电操作必须严格遵守操作顺序，即隔离开关必须在断路器断开的情况下或等电位的情况下才能进行操作。如出线WL1检修后恢复送电的操作顺序为：先拉开QE，接着检查QF1确在断开状态，再依次合上QS11、QS13和QF1。停电操作顺序则相反：先断开QF1，接着检查QF1确在断开状态，再断开QS13和QS11。



二. 电气主接线的基本接线形式

单母线不分段接线的特点

- ◆ 接线简单、设备少、配电装置费用低、经济性好，并能满足一定的可靠性；
- ◆ 每回路设有断路器，可以切断负荷电流或故障电流；
- ◆ 任一出线可从电源回路取得电能，不致因运行方式的不同而造成相互影响；
- ◆ 检修任一出线及其断路器时，仅该回路停电，其他回路不受影响；检修进线及其断路器时，全部停电；
- ◆ 检修母线和与母线连接的隔离开关时，将造成全部停电；母线发生故障，将使全部电源回路断开，待修复后才能恢复供电。



这种接线方式仅适用于6-220kV系统中只有一台主变压器的情况：6-10kV主接线，出线回路数不多于5回路；35-63kV主接线，出线回路数不多于3回路；110-220kV主接线，出线回路数不多于2回路等。



二. 电气主接线的基本接线形式

(2) 分段的单母线接线

断路器QFD(或隔离开关QSD)起母线的分段作用，故称为分段断路器(或分段隔离开关)。这种接线提高了供电的可靠性和灵活性。母线分段数目越多，母线故障停电范围越小，但所需断路器、隔离开关等设备也随之增多，同时使运行变得较为复杂，因此分段数不宜过多。

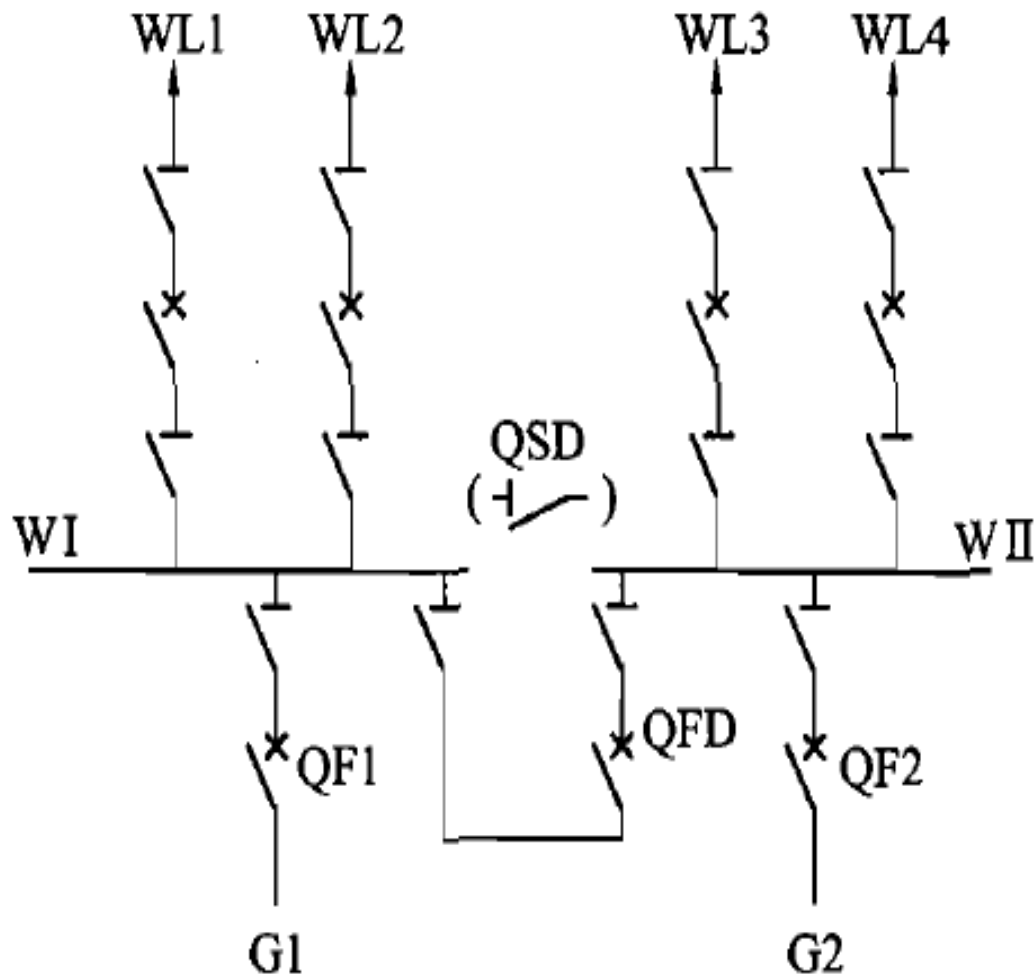


图 4.2 分段的单母线接线

二. 电气主接线的基本接线形式

单母线分段接线的特点

- ◆ 两母线段可以并列运行，也可以分裂运行；
- ◆ 重要用户可以用双回路接于不同母线段，保证不间断供电；
- ◆ 任一段母线或母线隔离开关检修，只该段停电，其他段可继续供电，减小了停电范围；
- ◆ 对于用分段断路器QFD分段，如果QFD处于闭合运行状态，当某段母线发生故障时，继电保护使QFD及故障段电源回路的断路器自动断开，只该段停电；如果QFD处于断开运行状态，当某段电源回路故障而使其断路器断开时，备用电源自动投入装置使QFD自动闭合，可保证全部的出线继续供电；

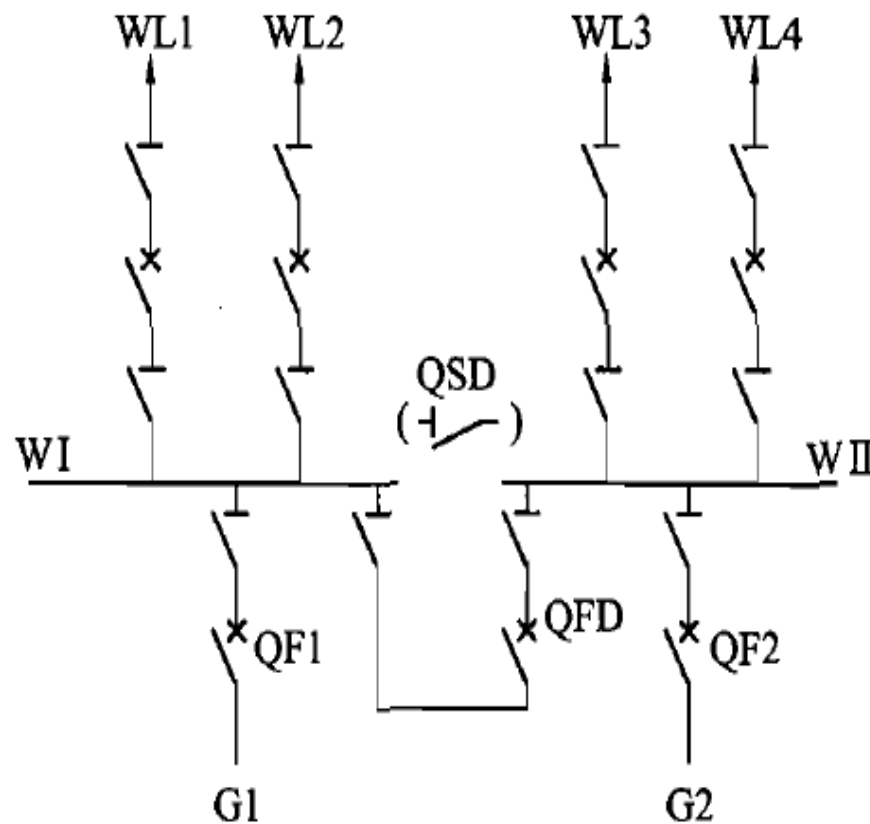


图 4.2 分段的单母线接线

二. 电气主接线的基本接线形式

单母线分段接线的特点

- ◆ 对于用分段隔离开关QSD分段，即QSD处于闭合工作状态，当某段母线故障时将造成全部停电，拉开分段隔离开关QSD后，非故障段母线即可恢复供电。
- ◆ 分段的单母线接线的缺点是：增加了分段设备的投入和占地面积；某段母线故障或检修仍然有停电问题；某回路的断路器检修，该回路停电；扩建时，需向两端均衡扩建。
- ◆ 分段的单母线接线，广泛应用于10-35 kV地区负荷、城市轨道交通各种变电所和110 kV电源进线回路较少的110 kV接线系统。

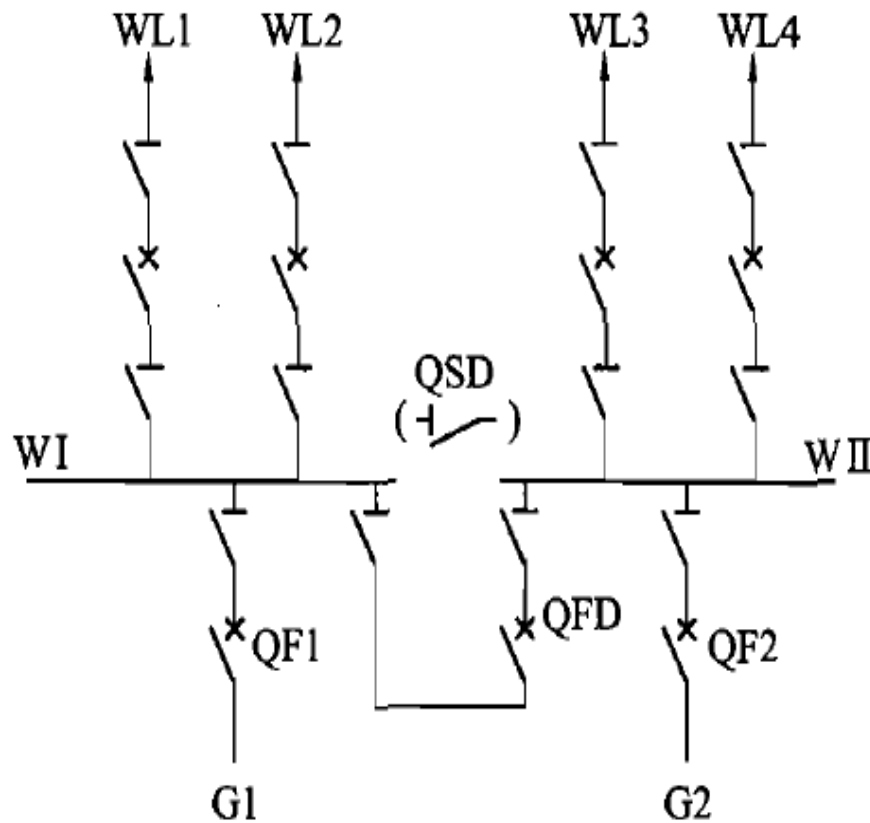


图 4.2 分段的单母线接线



二. 电气主接线的基本接线形式

(3) 带旁路母线的单母线接线

分段的单母线接线虽能提高运行的可靠性与灵活性，但回路中断路器检修或损坏时将使该回路停电。为此，增设一套旁路母线和一台公共备用的旁路断路器，组成具有旁路母线的单母线接线即可达到这一目的。接线中设有旁路母线WP、旁路断路器QFP及母线旁路隔离开关QSPI、QSPII、QSPP，此外在各出线回路的线路隔离开关的外侧都装有旁路隔离开关QSP1和QSP2，使旁路母线能与各出线回路连接。

这种接线大大提高了供电的可靠性，但增加了一台旁路断路器的投资。

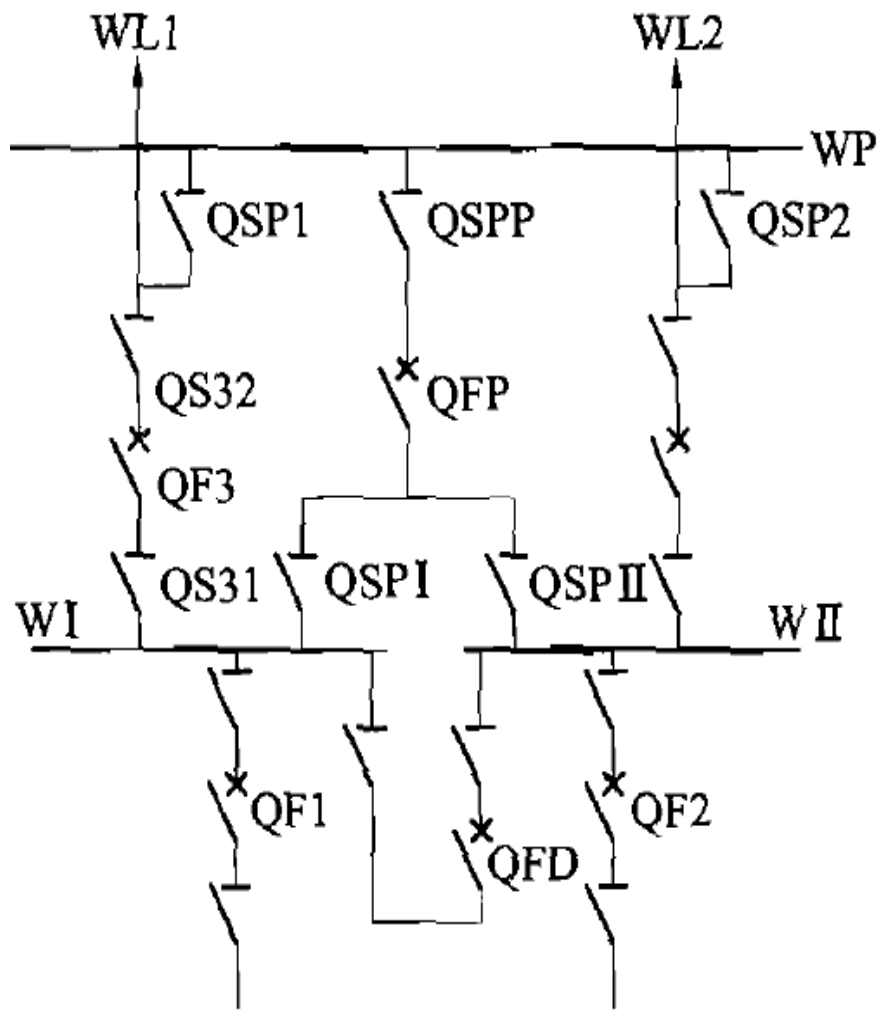


图 4.3 单母线分段带专用旁路



带旁路的单母线分段接线的运行

- ◆ 在正常运行时，旁路断路器 QFP 以及各出线回路上的旁路隔离开关都是断开的，旁路母线 WP 不带电。通常旁路断路器两侧的隔离开关处于合闸状态，即 QSP 处于合闸状态，而 QSPI、QSPII 二者之一是合闸，另一台断开，如 QSPI 合闸、QSPII 分闸，则旁路断路器 QFP 对 I 段母线 WI 上各出线断路器的检修处于随时待命的“热备用”状态。

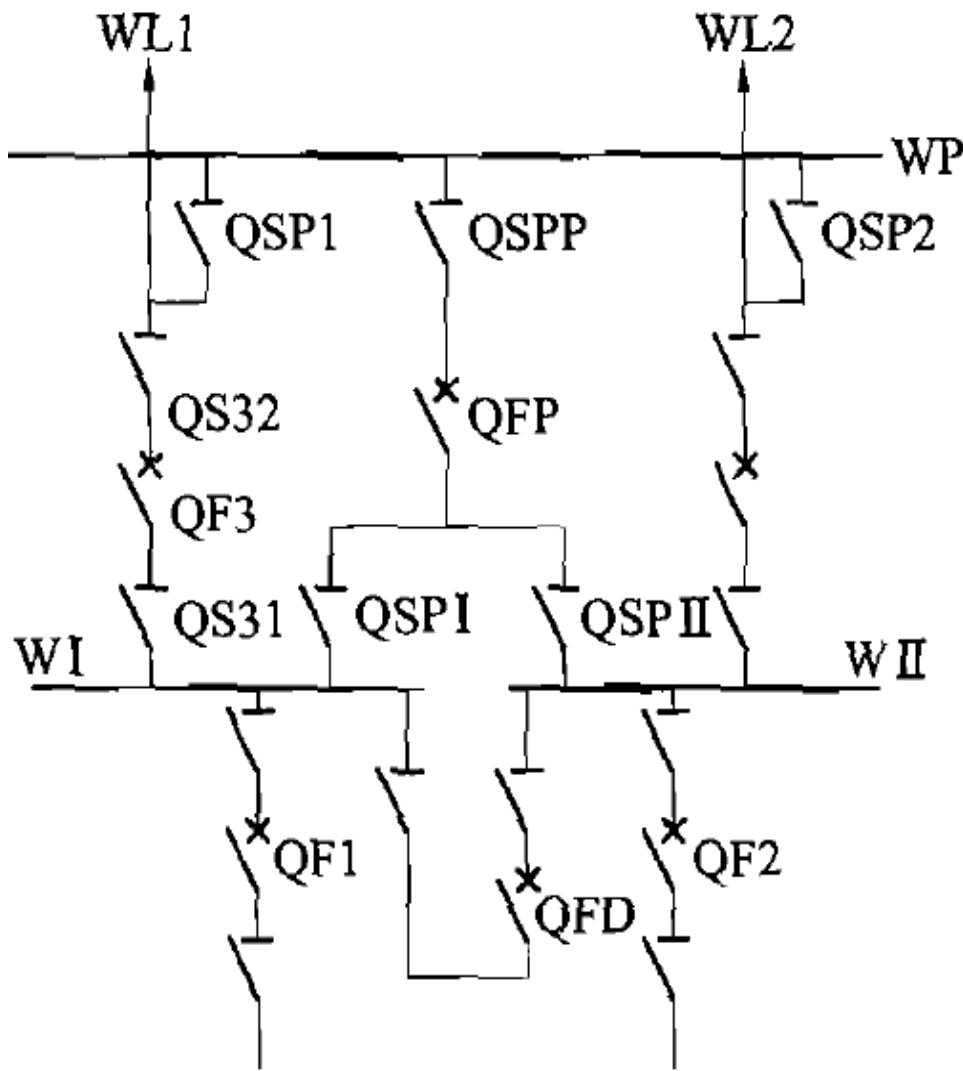


图 4.3 单母线分段带专用旁路



二. 电气主接线的基本接线形式

带旁路的单母线分段接线的运行

- ◆ 当出线WL1的断路器QF3要检修时，QSPI处于合闸状态(若属分闸状态，则与QSPII切换)，QSPP亦处于合闸状态，则合上旁路断路器QFP，检查旁路母线WP是否完好。如果旁路母线有故障，QFP在合闸后因保护动作将使其自动跳闸，此时旁路母线不能使用，有待检修；如果旁路母线完好，QFP在合上后不会跳开，就能进行对QF3的操作，即合上出线WL1的旁路隔离开关QSP1(两端为等电位)，然后断开出线WL1的断路器QF3，再断开其两侧的隔离开关QS32和QS31，这样便完成了由旁路断路器QFP代替断路器QF3的转换，可以检修QF3，而出线WL1不停电。

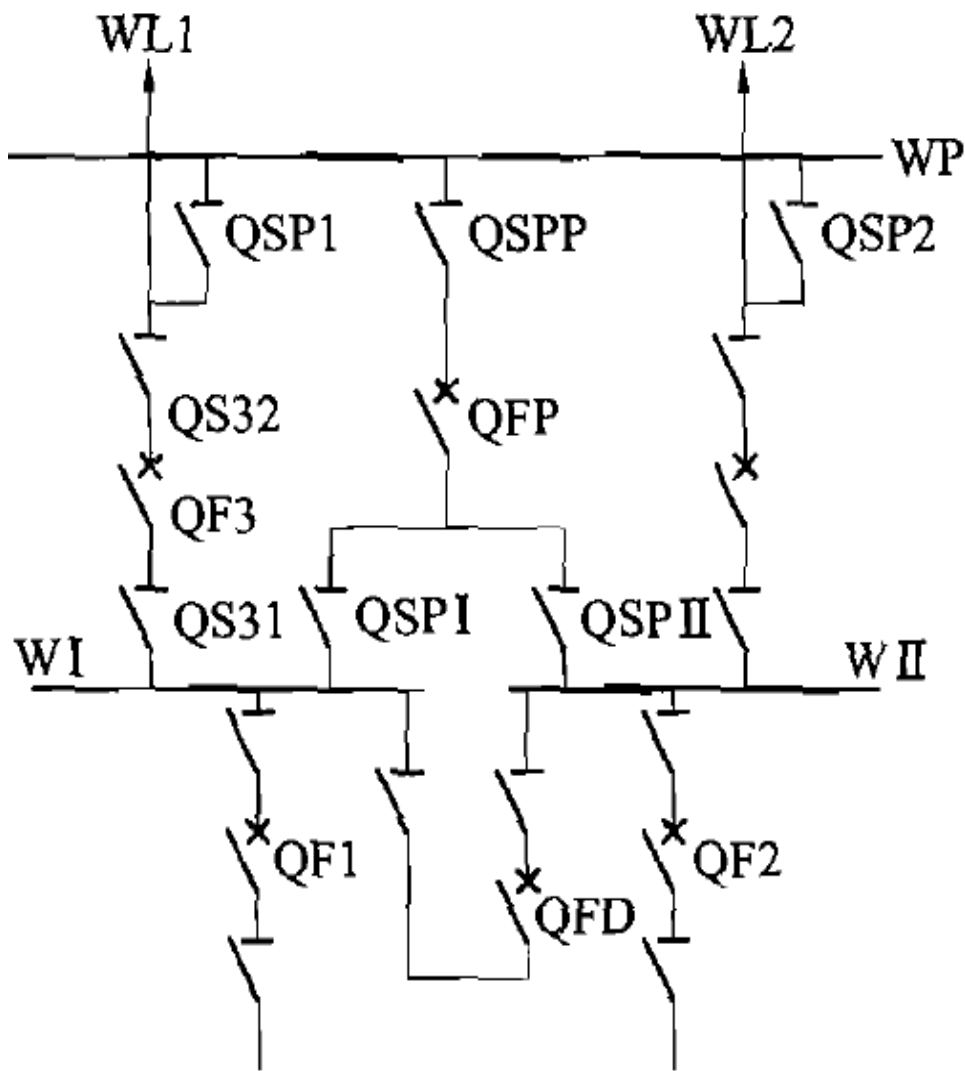


图 4.3 单母线分段带专用旁路



二. 电气主接线的基本接线形式

带旁路的单母线分段接线的运行

- ◆ 上述操作过程中，当检查到旁路母线完好后，可先断开旁路断路器QFP，用出线旁路隔离开关QSP1对空载的旁路母线合闸，然后再合上旁路断路器QFP，之后再退出QF3的操作，这一操作虽然增加了操作程序，但可避免在倒闸过程中在QF3事故跳闸情况下QSP1带负荷合闸的危险。

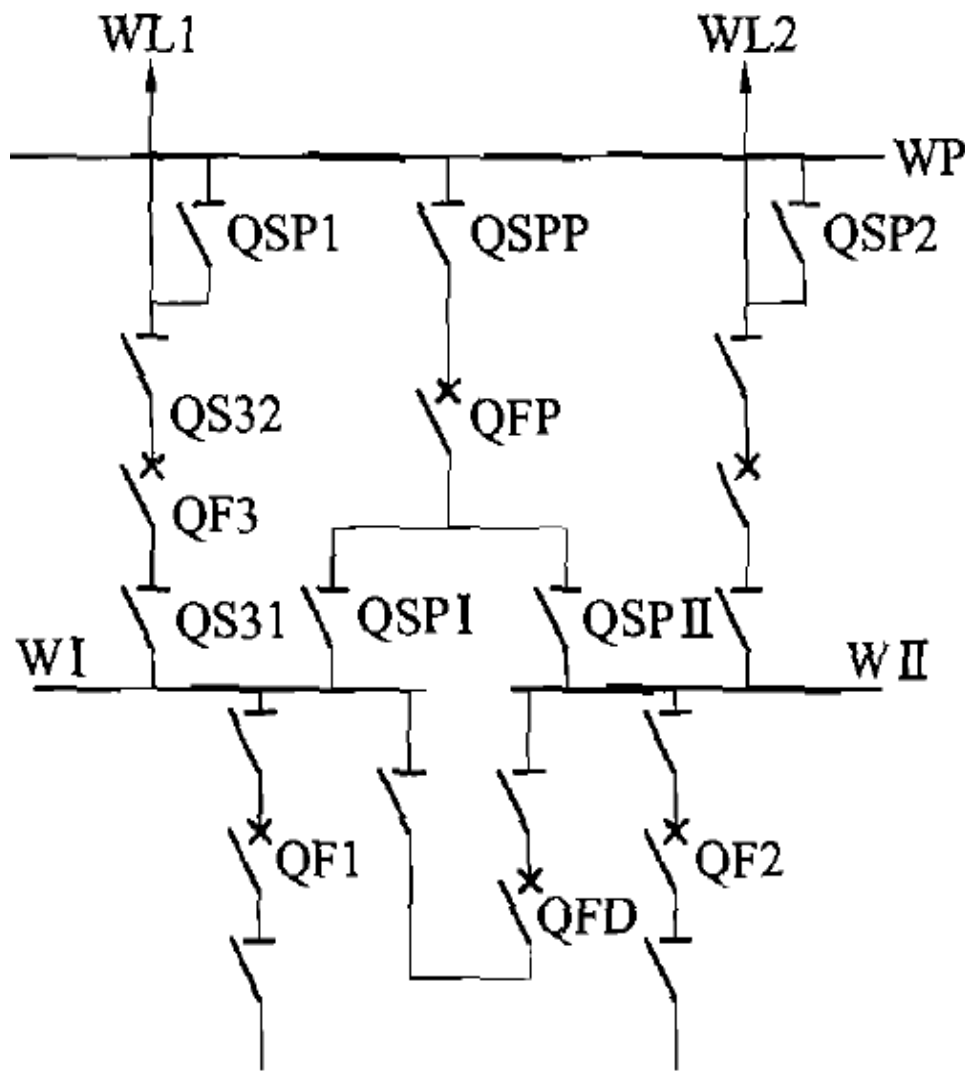


图 4.3 单母线分段带专用旁路



二. 电气主接线的基本接线形式

2. 双母线接线

双母线接线设有两套母线，可以互为备用。两套母线通过母线联络断路器(简称母联断路器)QFC连接起来，每路电源出线经断路器后用两台隔离开关分别与两套母线相连接。正常运行时，如母线W1工作，则所有回路与W1连接的隔离开关闭合，而与W2连接的所有隔离开关断开，母联断路器QFC打开。

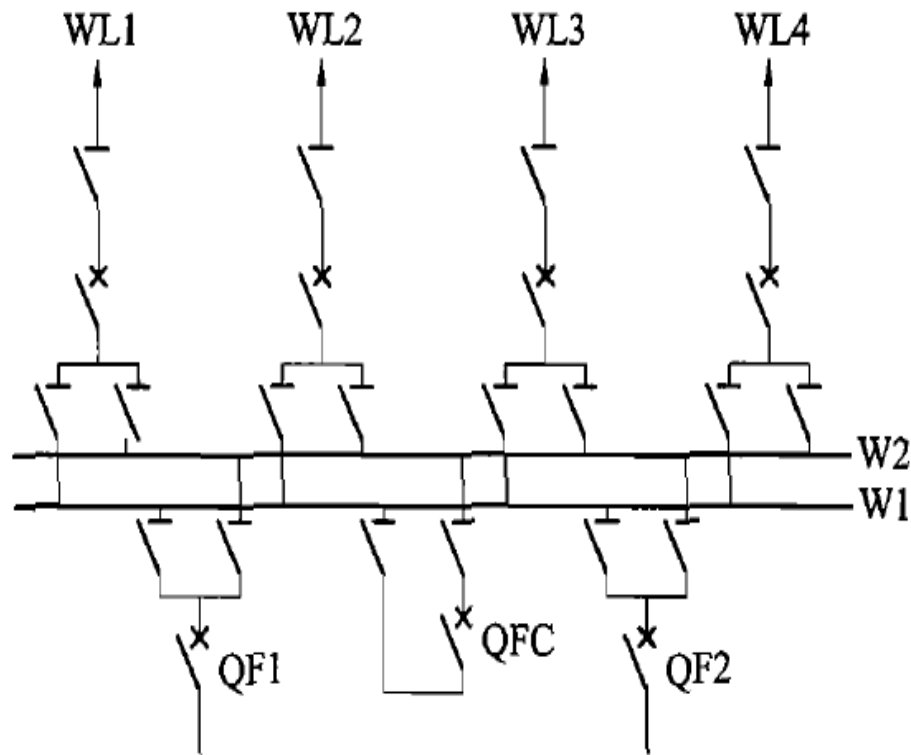


图 4.6 双母线接线



二. 电气主接线的基本接线形式

双母线接线的特点

- ◆ 由于它比单母线接线增加一套备用母线，故当工作母线发生短路故障时，可将全部回路迅速转换到由备用母线供电，缩短停电时间；
- ◆ 检修母线时可倒换到由另一套母线工作而不中断供电，修理任一回路的母线隔离开关时，只需使本回路停电；
- ◆ 无备用断路器情况下，检修任一断路器时，可通过一定的转换操作，用母联断路器代替被检修断路器，而停电时间很短。这时电路按带旁路母线的单母线接线运行，被检修断路器两侧用导线跨接，如图4.7所示。图中，W1为工作母线，W2视为旁路母线，QFC代替QF4工作。

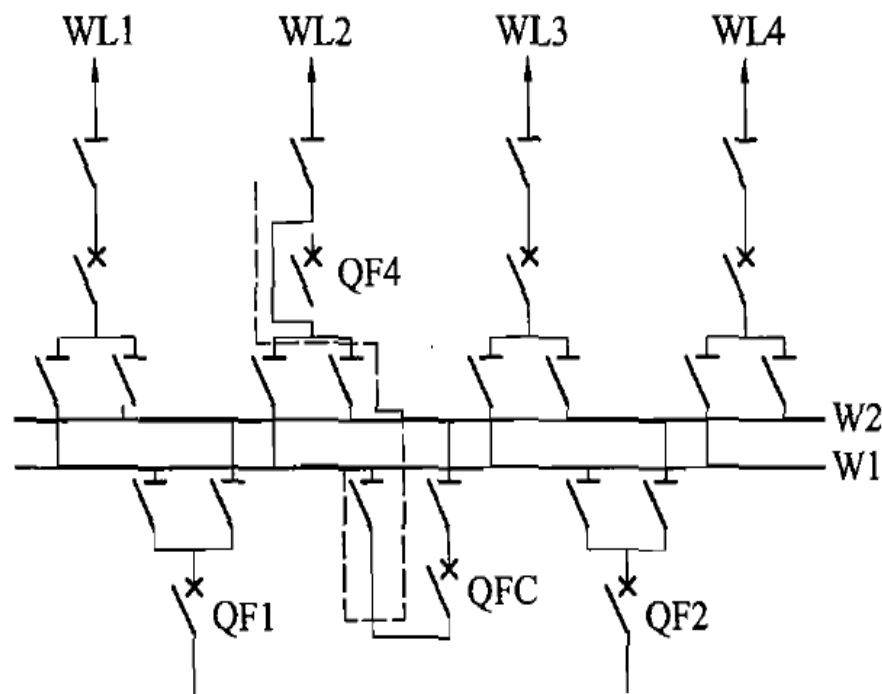


图 4.7 检修断路器时的双母线接线运行方式



二. 电气主接线的基本接线形式

双母线接线的特点

- ◆ 双母线接线方式具有较好的运行灵活性，它还可以按照单母线分段的接线运行，即只需将电源与负荷平均分配在两套母线上，通过母联断路器使两套母线连接且并列运行。有时为了系统的需要，亦可将母联断路器断开(处于热备用状态)，两套母线同时运行。
- ◆ 双母线接线的缺点是隔离开关数量多，配电装置结构复杂，转换操作步骤烦琐，且一次投资费用和占地面积相应增大。
- ◆ 这种接线由于有较高的可靠性，被广泛应用于进出线回路较多、容量较大的系统中(一般35kV出线回路为8回，110~220kV出线为4回及以上的220kV母线。)。牵引变电所电源回路较多(四回路以上)时也采用。对于110 kV以上电压的变电所，如线路较多且检修断路器不允许停电，则可采用带旁路母线的双母线接线，如图4.8所示。

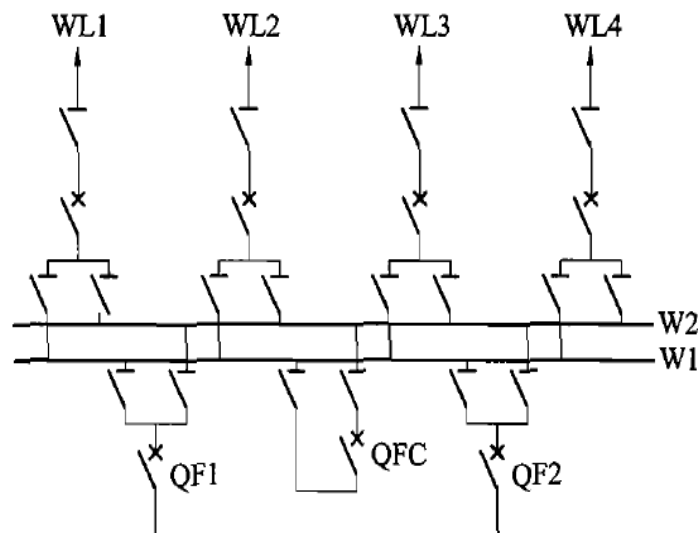


图 4.6 双母线接线

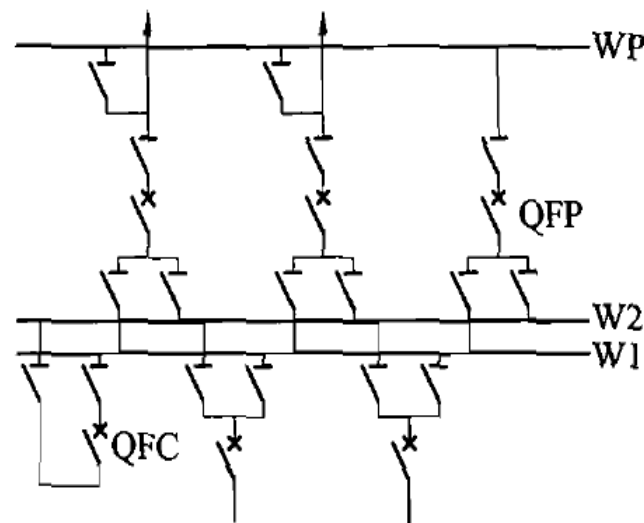


图 4.8 带旁路母线的双母线接线



3. 无母线接线

(1) 桥形接线

当只有两条线路和两台主变压器时，常在线路间用横向的桥断路器连接起来，即构成桥形接线，如图4.9所示。桥形接线是一种无汇流母线接线，它使用了三台断路器，比具有四条回路的单母线接线节省了一台断路器，配电装置结构也较简单。由于大多数牵引变电所只有两条电源进线，故牵引变电所高压侧多采用桥形接线。

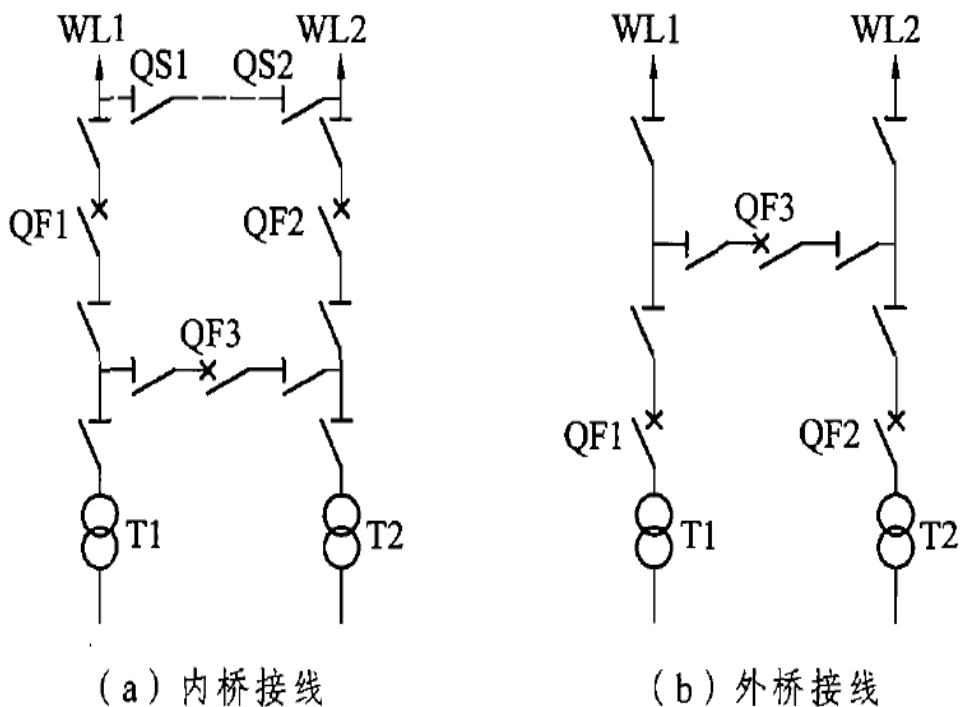


图 4.9 桥形接线



二. 电气主接线的基本接线形式

桥形接线按中间横向桥接断路器的位置不同，可分为**内桥接线**和**外桥接线**两种，分别如图4.9 (a)、(b)所示。前者的桥断路器连接在靠变压器侧，而后者则连接在靠线路侧。桥断路器QF3在正常状态下合闸运行。

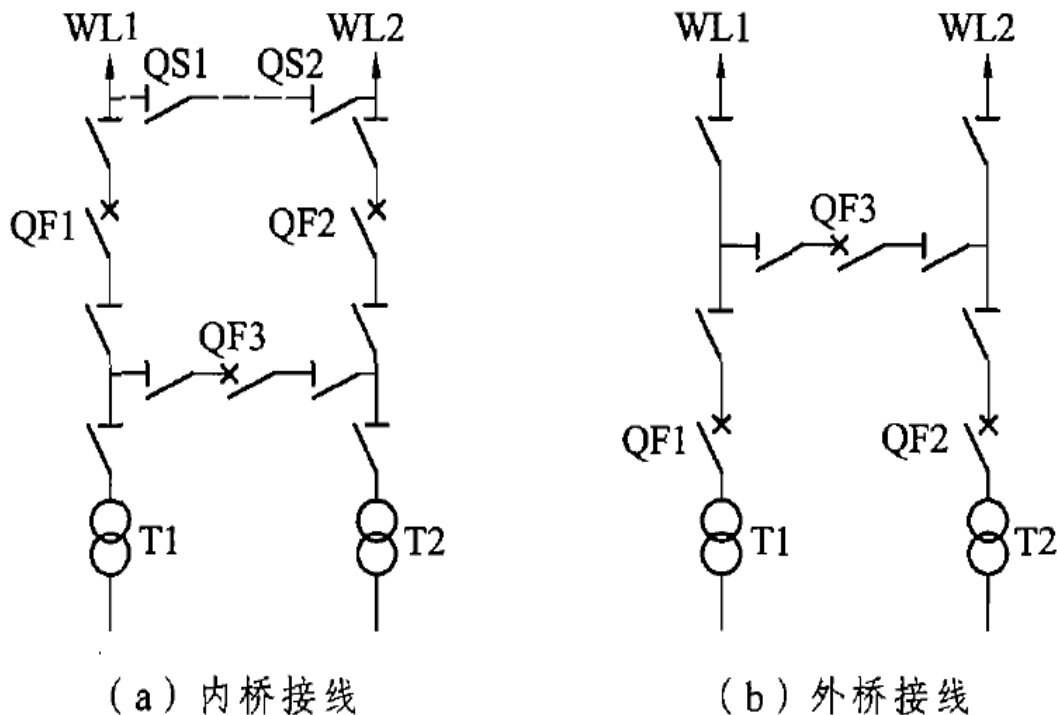


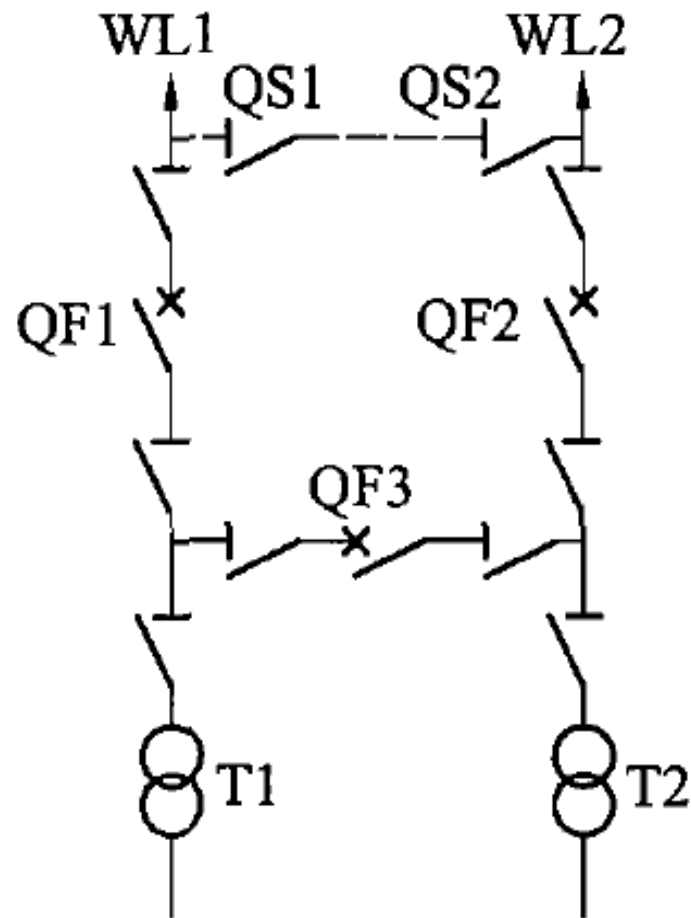
图 4.9 桥形接线



二. 电气主接线的基本接线形式

① 内桥接线：桥臂置于线路断路器的内侧

- ◆ 线路发生故障时，仅故障线路的断路器跳闸，其它回路可继续工作；
- ◆ 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，使未故障线路的供电受到影响，需经倒闸操作后，方可恢复对该线路的供电；
- ◆ 正常运行时变压器操作复杂。如需切除变压器1T，应首先断开断路器QF1和联络断路器QF3，再拉开变压器侧的隔离开关，使变压器停电。然后，重新合上断路器QF1和联络断路器QF3，恢复线路WL1的供电。
- ◆ 内桥接线当任一线路故障或检修时不影响变压器的并列工作。因而内桥接线适用于线路较长(相对来说线路的故障概率较大)和变压器不需要经常切换的情况。



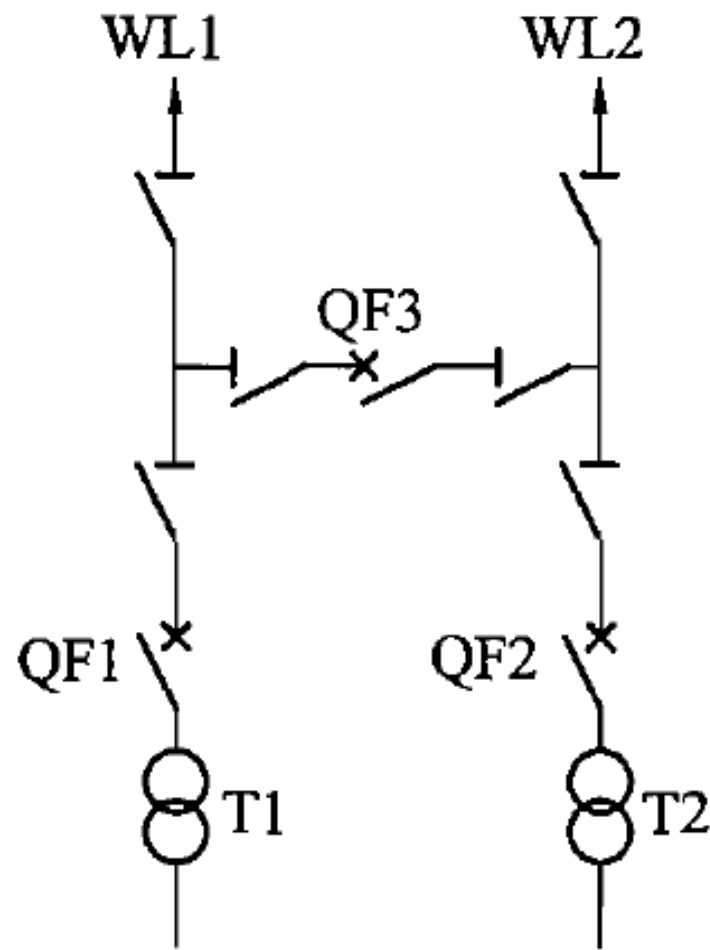
(a) 内桥接线



二. 电气主接线的基本接线形式

② 外桥接线：桥臂置于线路断路器的外侧。

- ◆ 变压器发生故障时，仅跳故障变压器支路的断路器，其它回路继续工作，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。
- ◆ 因而外桥接线适用于出线线路短、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场合。
- ◆ 缺点是线路投入与切除时，操作复杂，并影响变压器的运行。



(b) 外桥接线



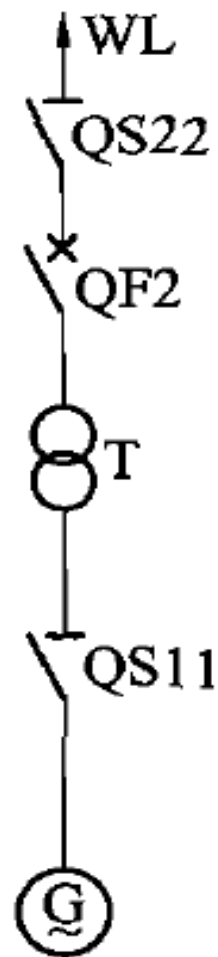
二. 电气主接线的基本接线形式

(2) 单元接线

单元接线就是将发电机与变压器或者发电机-变压器-线路都直接串联起来，中间没有横向联络母线。

发电机-变压器单元接线的特点

- ◆ 单元接线简单，开关设备少，操作简便；
- ◆ 对于发电厂，因不设发电机电压母线，而发电机和变压器之间采用封闭导线，使得在发电机和变压器之间短路的概率相对于具有母线时有所减小，也降低了短路电流值。对200MW及以上机组，若采用封闭母线可不装隔离开关(封闭母线可靠性很高，而大电流隔离开关发热问题较突出)，但应装有可拆的连接片。
- ◆ 发电机出口不设断路器，避免了由于额定电流和短路电流过大，使得选择出口断路器受到制造条件或价格过高等原因造成的困难。
- ◆ 当某一元件故障或检修时，该单元全停。



线路-变压器单元接线

图 4.10 单元接线



二. 电气主接线的基本接线形式

(3) 分支接线

牵引变电所的分支接线是一种有两个电源进线的线路-变压器组组成的单元接线。分支接线的电源由区域变电所通过专用线路直接提供，也可以从输电网络分支连接的线路提供，且进线线路较短，高压侧无穿越功率。考虑运行的灵活性，可在两电源间设置带隔离开关的跨条。

分支接线任一电源线路故障，则由电源的输电线路保护动作使相应的断路器跳闸而断开线路。

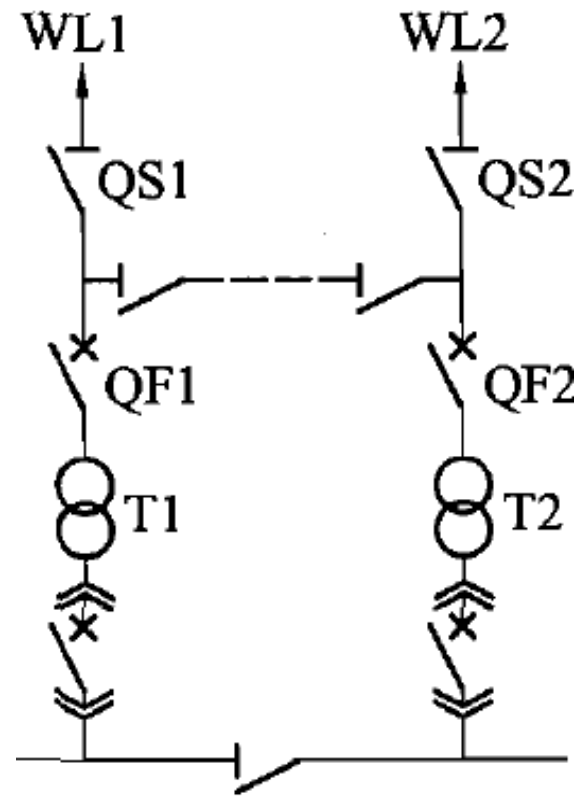


图 4.11 分支接线



三. 交流牵引变电所电气主接线

牵引变电所按其在电网中的位置、重要程度和电源引入方式的不同可分为：中心变电所，它有4路以上进线并有系统功率穿越；通过式变电所，它有两路进线并有系统功率穿越；分接式变电所，它有两路进线，无系统功率穿越。所谓系统功率穿越是指该变电所的母线上有其它变电所的负荷电流通过。。

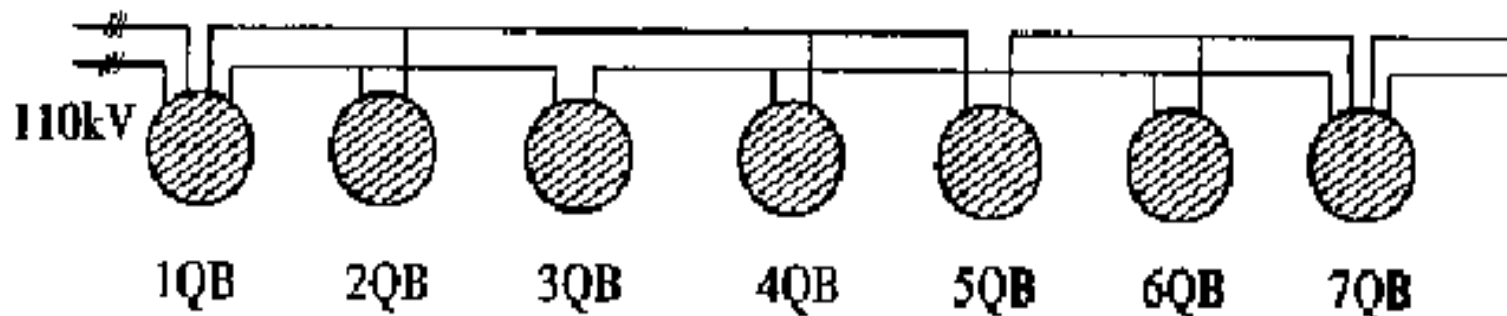


图 6-3-1 牵引变电所高压输电线的引入方式

牵引变电所的主接线由电源侧、主变压器、牵引侧三部分主接线组成。



三. 交流牵引变电所电气主接线

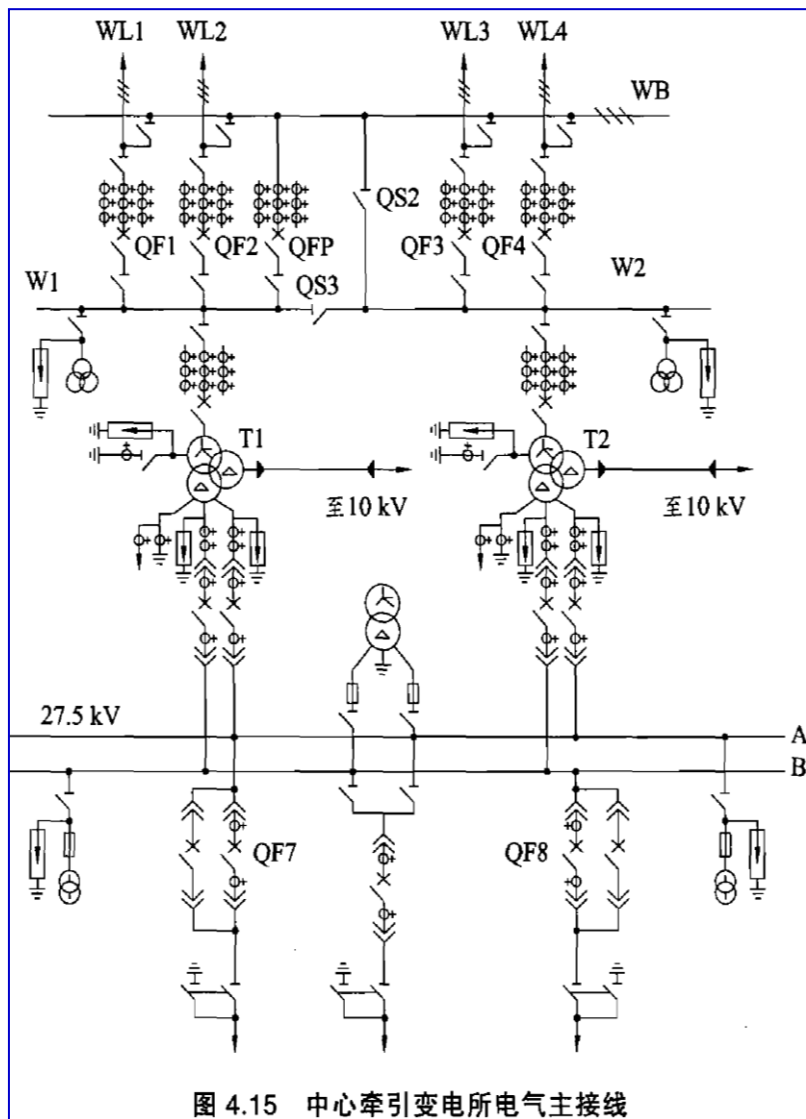
1. 牵引变电所110kV(220kV)电源侧的电气主接线

对于中心牵引变电所，110kV(220kV)电源引入线回路数较多，变电所中主变压器一般为两台。为使每一台主变压器能从任一回路电源获得电能(因每一回路电源都有可能停电)，这就需要架设汇流母线，以便将各电源回路的电能汇集起来，各用电回路再从母线上获得电能，以提高供电的可靠性和经济性。因此，对大型变电所来说，**母线型式的主接线是中心牵引变电所 110kV(220kV)电源侧电气主接线的核心。**

通过式牵引变电所110kV(220kV)电源侧一般采用桥式接线。

分接式牵引变电所110kV(220kV)电源侧采用双T接线。

(1) 中心牵引变电所主接线



◆ 高压侧为带旁路母线的单母线分段接线的运行方式:

- 正常状态下，QFP合闸，QS3打开，旁路母线WP带电；
- W1故障时，由于母线继电保护动作，将W1母线分段所连接的线路断路器和主变压器断路器QF1、QF2、QFP跳闸，把故障段母线W1隔断，另一段母线W2及其所连接的线路和主变压器T2保持正常运行(T2由备用变压器自投装置自动投入)。



(1) 中心牵引变电所主接线

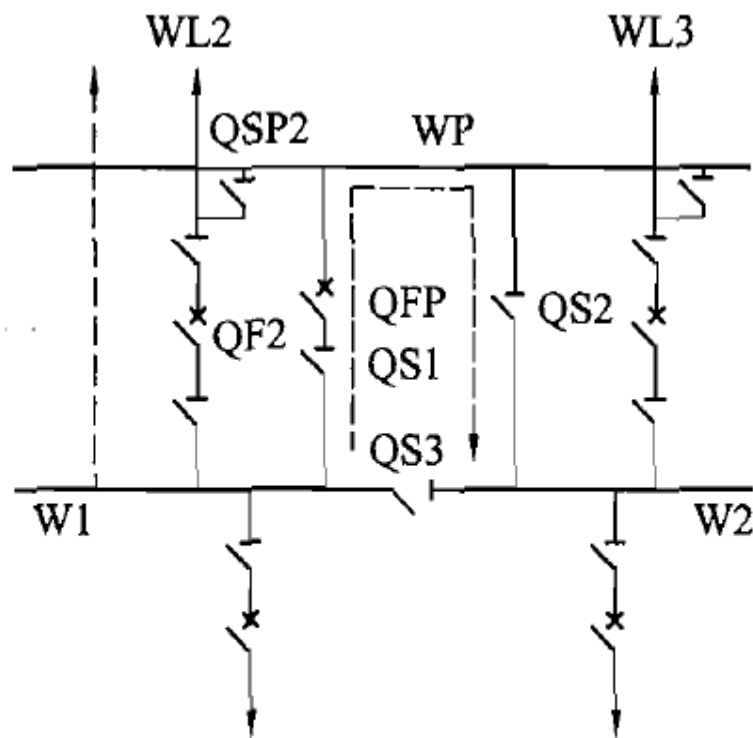


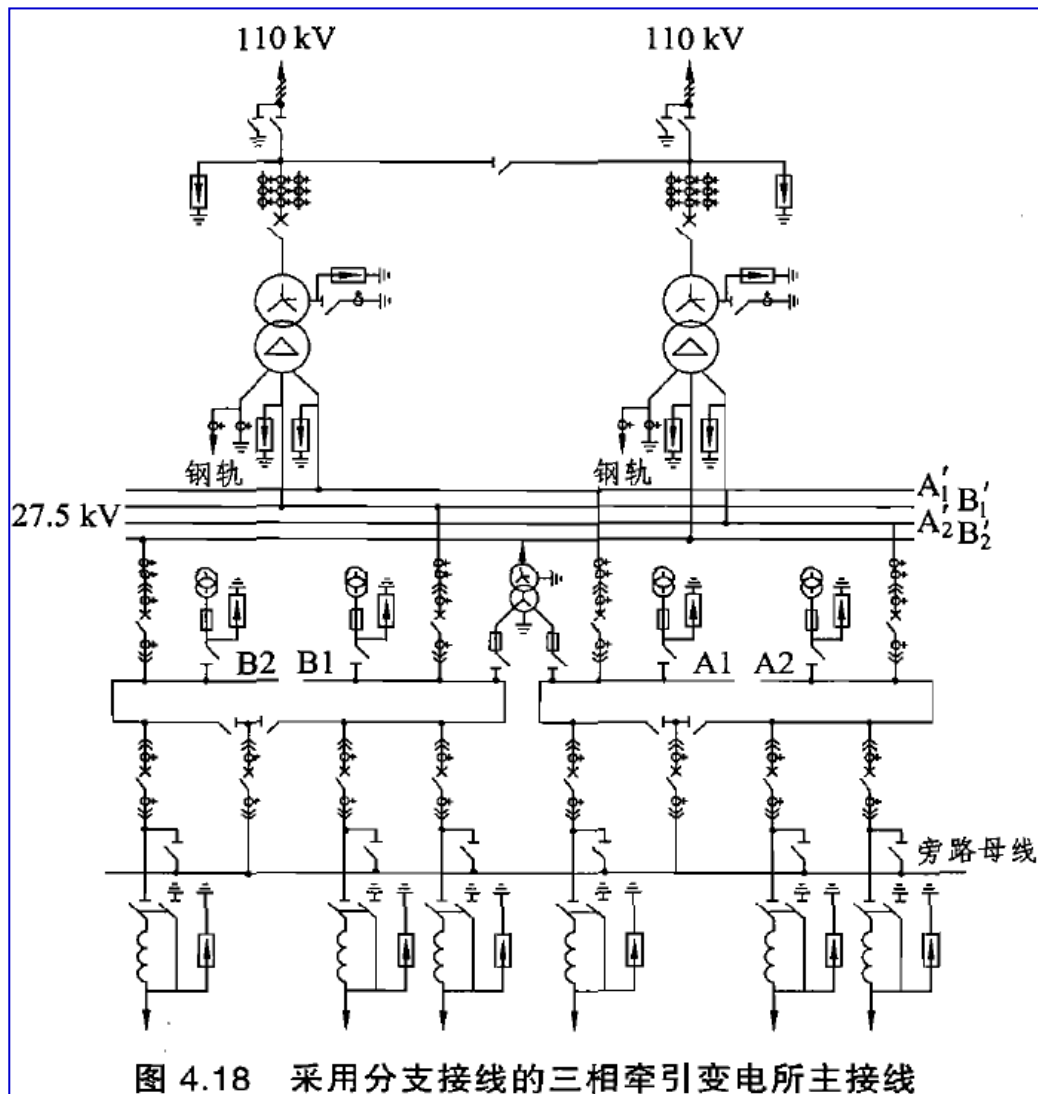
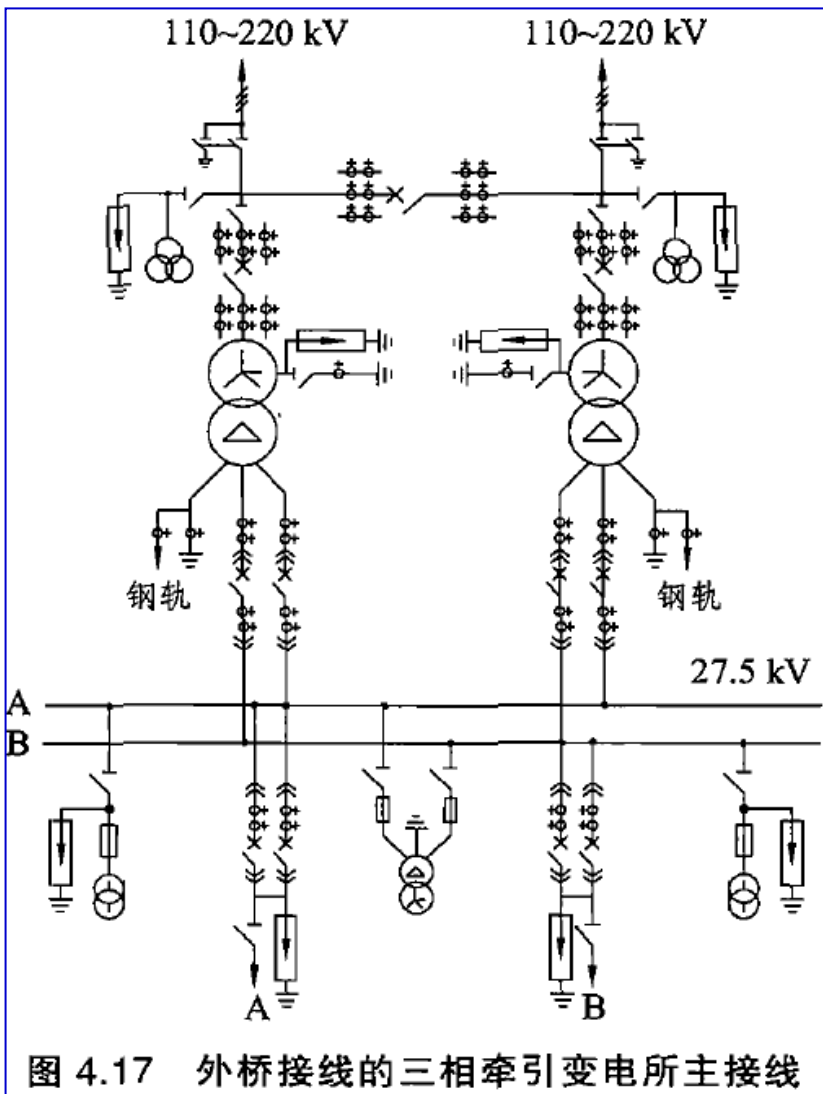
图 4.16 由旁路断路器代替
线路断路器工作

当任一线路断路器需要进行不停电检修，可用分段兼旁路断路器QFP代替被检修的线路断路器的工作。例如，线路断路器QF2检修时，电路处于正常运行状态下，分段断路器QFP及两侧隔离开关QS1、QS2已在合闸位置，QS3打开，用QFP代替QF2的转换操作程序如下：

- ① 首先合上分段隔离开关QS3，使QFP与QS3并联，然后断开QFP，通过分段隔离开关QS3将两段工作母线并列运行；
- ② 打开隔离开关QS2，合上线路WL2的旁路隔离开关QSP2；
- ③ 将分段兼旁路断路器的继电保护转换为线路保护，合上QFP，断开QF2，再打开它两侧的隔离开关，则QF2退出工作，由旁路断路器代替QF2执行线路断路器作用。



(2) 通过式牵引变电所和分接式牵引变电所主接线





2. 牵引变压器主接线

三相YN, d11接线变压器。用于直接供电方式或吸流变压器供电方式中。变压器高压侧绕组以星形方式与电力系统的三相相联接。变压器低压侧绕组接成三角形，其中c端子的一角经电流互感器接至接地网和钢轨(吸流变压器供电方式时接回流线);另两角(变压器a、b端子)分别经电流互感器、断路器和隔离开关引接至牵引母线。单相变压器最简单。变压器高压侧接电力系统的线电压。在采用直接供电方式或吸流变压器供电方式时，变压器低压侧一端经电流互感器、断路器和隔离开关引接至牵引母线，另一端经电流互感器接至接地网和钢轨或回流线。

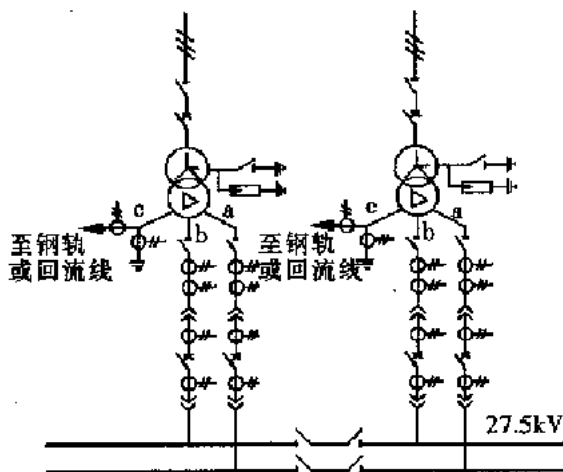


图 6-3-2 三相 YN,d11 变压器主接线

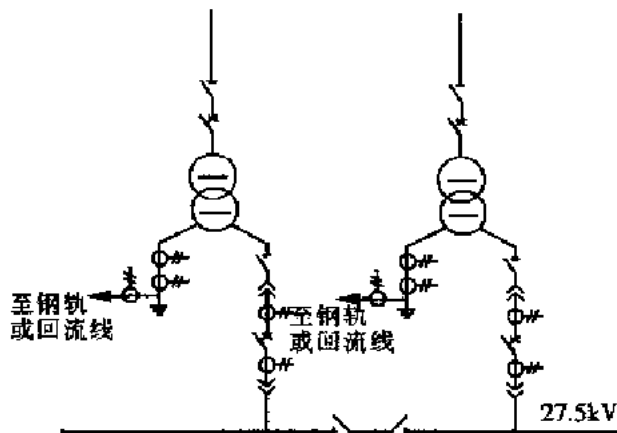
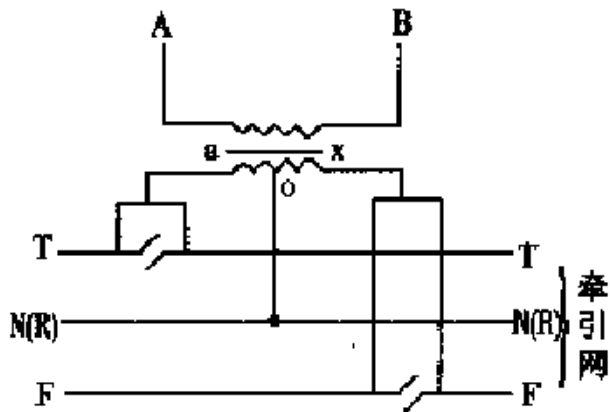


图 6-3-3 直接供电方式下单相变压器主接线

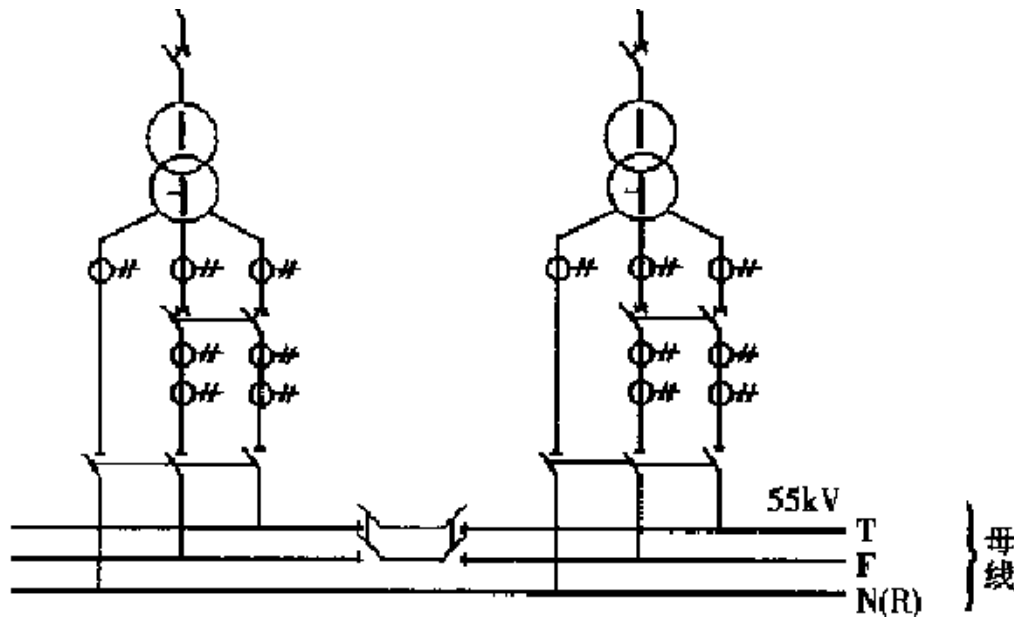


2. 牵引变压器主接线

单相变压器-AT供电方式。变压器高压侧接AB或BC相。低压侧两端均设置断路器和隔离开关，接至T和F母线上(T母线与接触网导线T相连接，F母线与牵引网中正馈线F相连接)，变压器中点(此单相变压器副边绕组带中点抽头)直接接至中性线N母线(N与钢轨R相连接)。使用单相牵引主变的AT供电方式，变电所处不需再设自藕变压器。这种接线方式在法国采用。



(a) AT供电方式下单相变压器绕组的联结方式



(b) AT供电方式下单相变压器主接线

图 6—3—4 单相变压器 AT 接线



2. 牵引变压器主接线

单相V,v、Vx接线变压器。由两台单相变压器构成，高压侧两个绕组接在电力系统的两个线电压上。当采用直接供电方式时，低压侧两个绕组接成V形，两变压器的次边绕组，各取一端联至27.5kV的a相和b相母线上。而它们的另一端则以联成公共端的方式接至接地网和钢轨或钢轨引回的回流线。为保证供电的可靠性及经济性，采用变压器移动备用的方式。为便于移动变压器的接人，低压侧单独设有断路器和隔离开关，移动变压器高压侧临时连接。若采用自耦变压器供电方式时，低压侧两个绕组则接成X形。

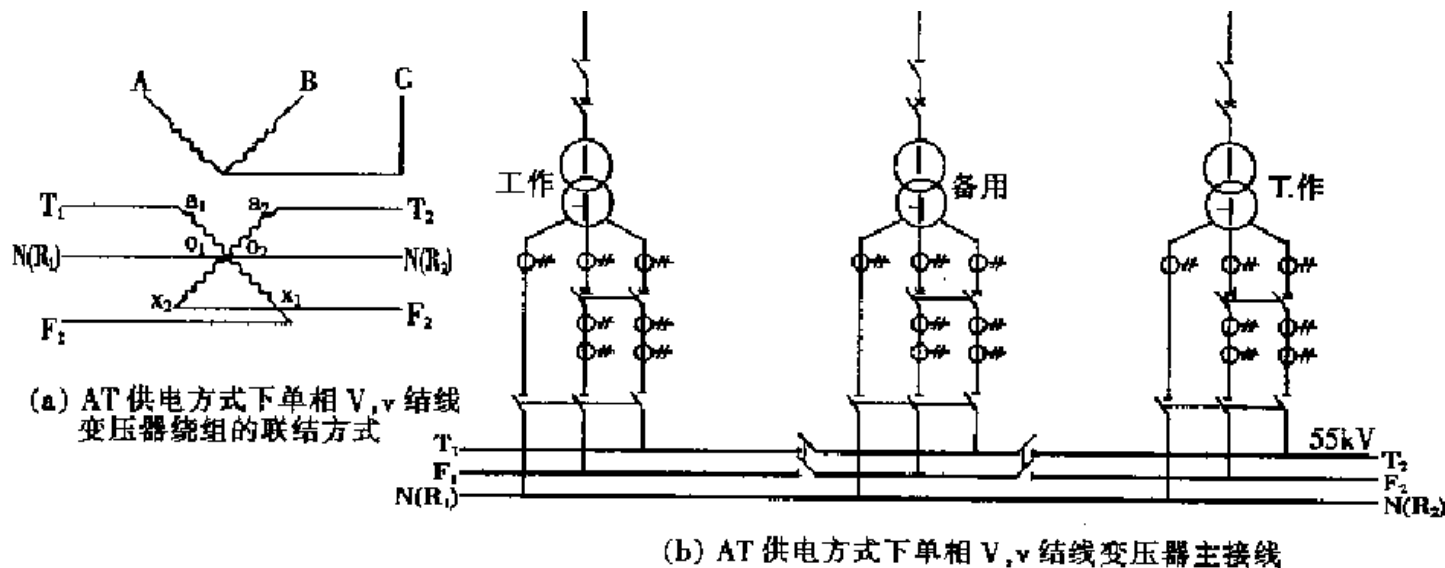


图 6—3—6 AT 供电方式下单相 V,v 接线变压器接线



2. 牵引变压器主接线

三相V,v接线变压器-直接供电方式。两台三相V,v变压器可并联运行，也可一台运行另一台固定备用。采用直接供电方式时，三相V,v变压器原边绕组接成固定的V接线，低压侧两个绕接成正“V”或反“V”。低压侧两次边绕组，各取一端联至27.5kV的a右和b相母线上，它们的公共端接至接地网和钢轨。

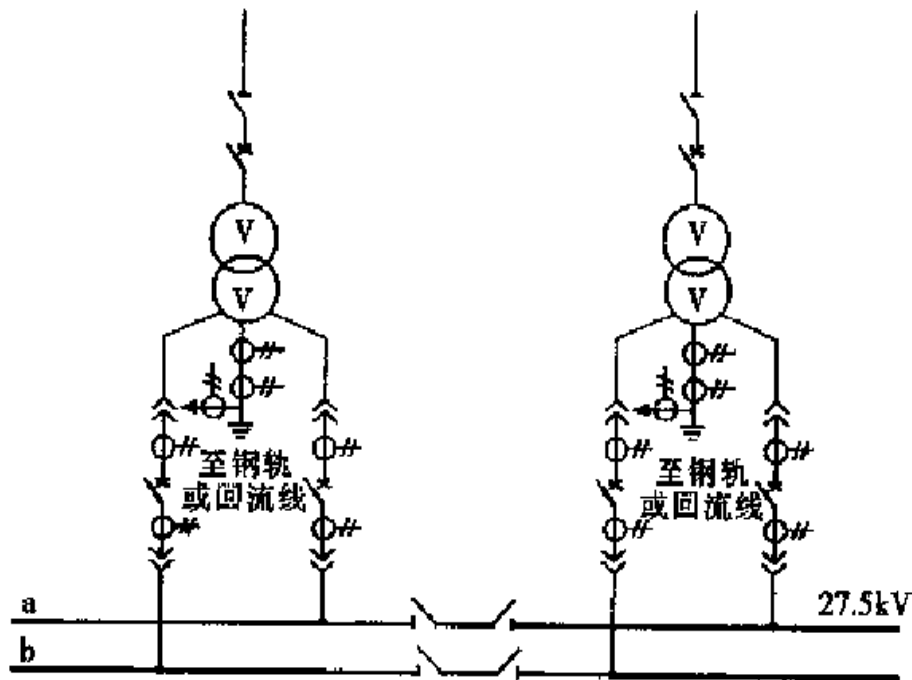
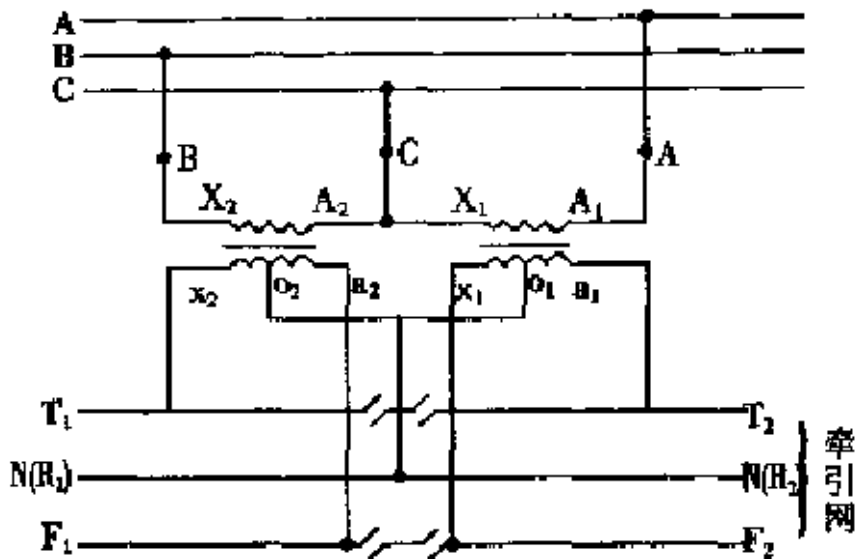


图 6-3-7 三相 V,v 变压器直接供电方式接线

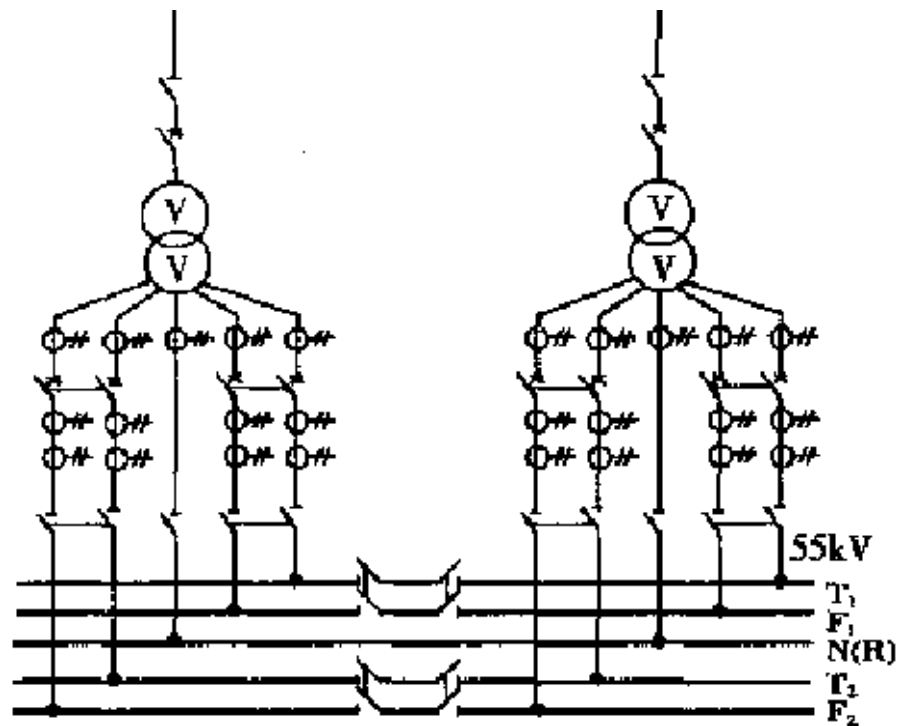


2. 牵引变压器主接线

三相V,v接线变压器-AT供电方式。原边绕组接成固定的V接线，两个副边绕组的四个出线端子a1, x1和a2, x2分别接到两组55kV牵引母线上。两组牵引母线分别通过馈电线向变电所两侧供电臂的牵引网供电。两个副边绕组的中点抽头O1和O2分别接到N母线上。



(a) AT供电方式下三相V,v变压器绕组的联结方式



(b) AT供电方式下三相V,v变压器主接线

图 6-3-8 三相V,v变压器AT接线



3. 牵引侧主接线

由于27.5kV(或55kV)馈线断路器的跳闸次数较多，为了提高供电的可靠性，按馈线断路器备用方式不同，牵引变电所27.5kV(或55kV)侧馈线的接线方式一般有下列三种：100%、50%、旁路母线备用。

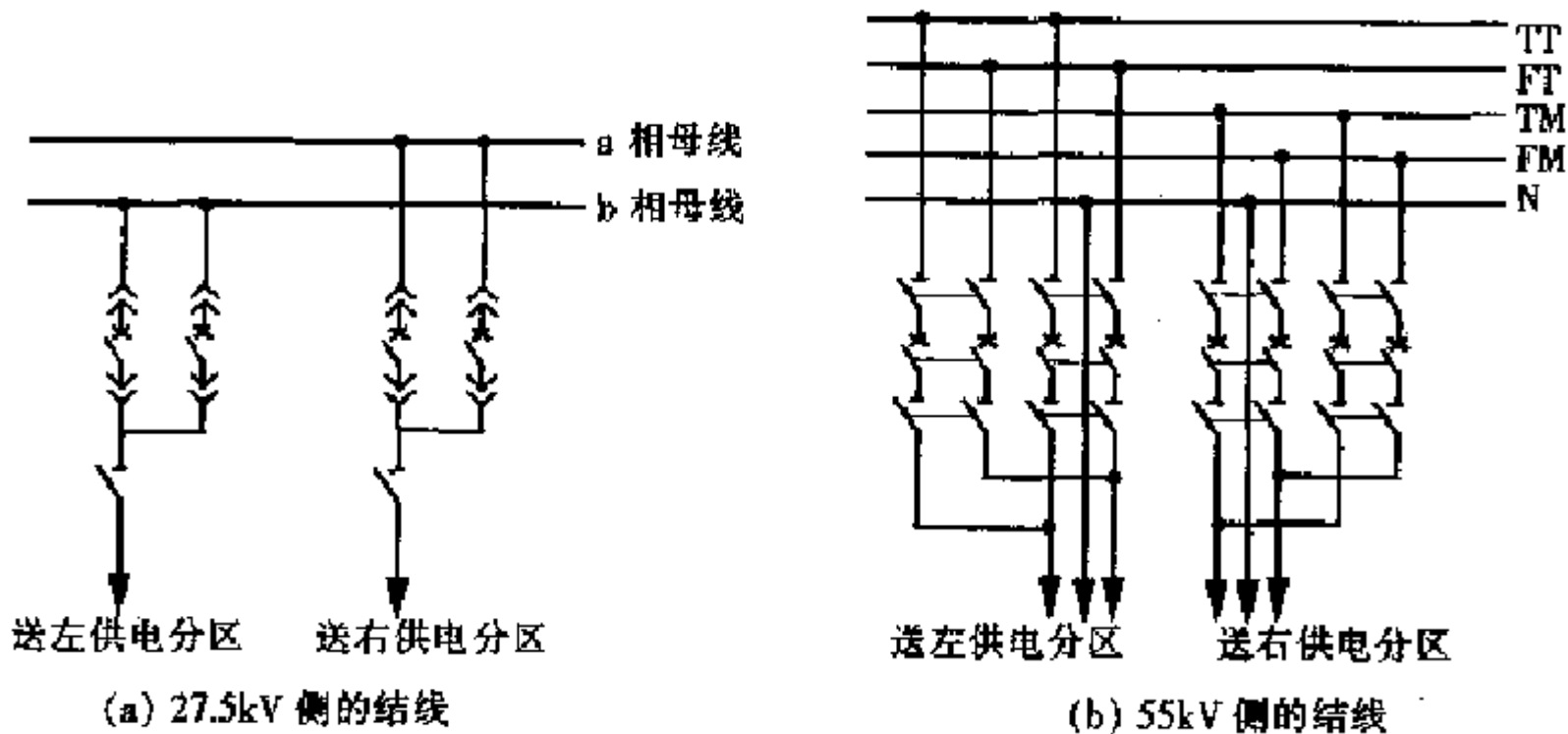


图 6-3-12 单线区段馈线断路器 100%备用的接线



3. 牵引侧主接线

由于27.5kV(或55kV)馈线断路器的跳闸次数较多，为了提高供电的可靠性，按馈线断路器备用方式不同，牵引变电所27.5kV(或55kV)侧馈线的接线方式一般有下列三种：100%、50%、旁路母线备用。

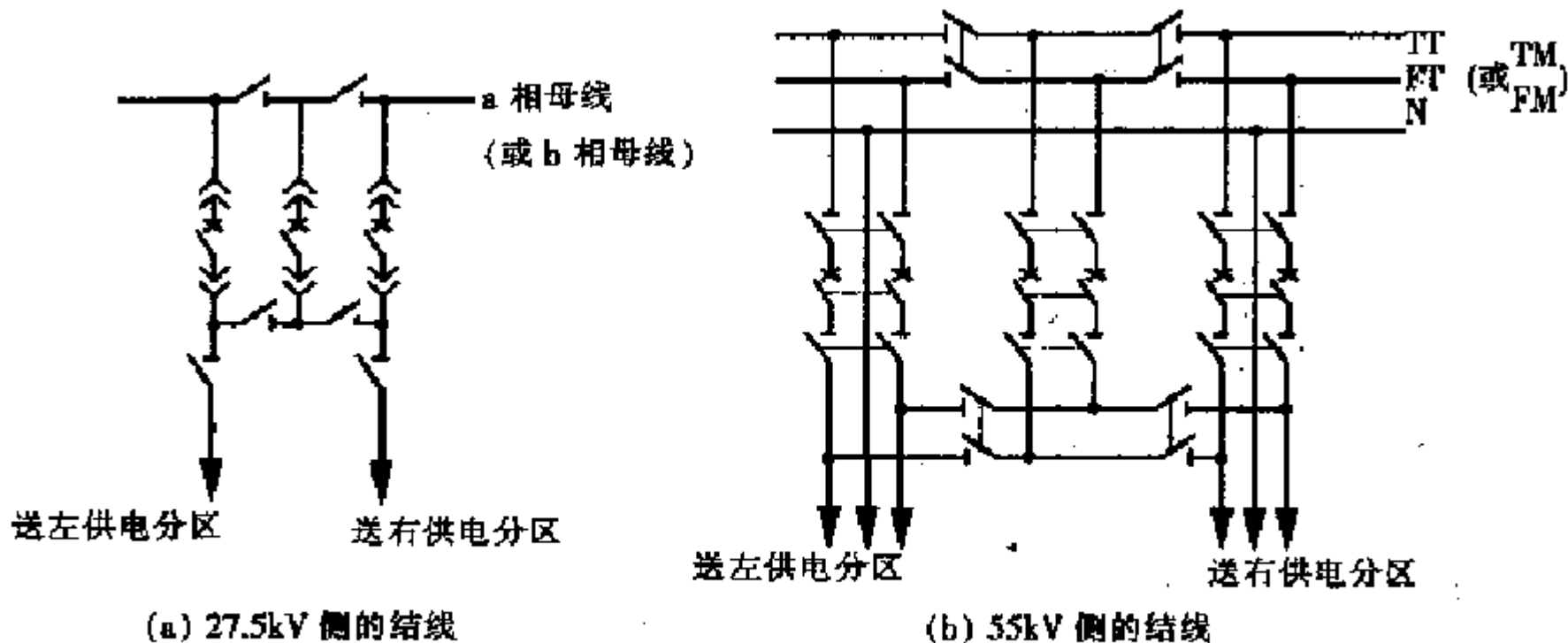


图 6—3—13 单线区段馈线断路器 50%备用的接线



3. 牵引侧主接线

由于27.5kV(或55kV)馈线断路器的跳闸次数较多，为了提高供电的可靠性，按馈线断路器备用方式不同，牵引变电所27.5kV(或55kV)侧馈线的接线方式一般有下列三种：100%、50%、旁路母线备用。

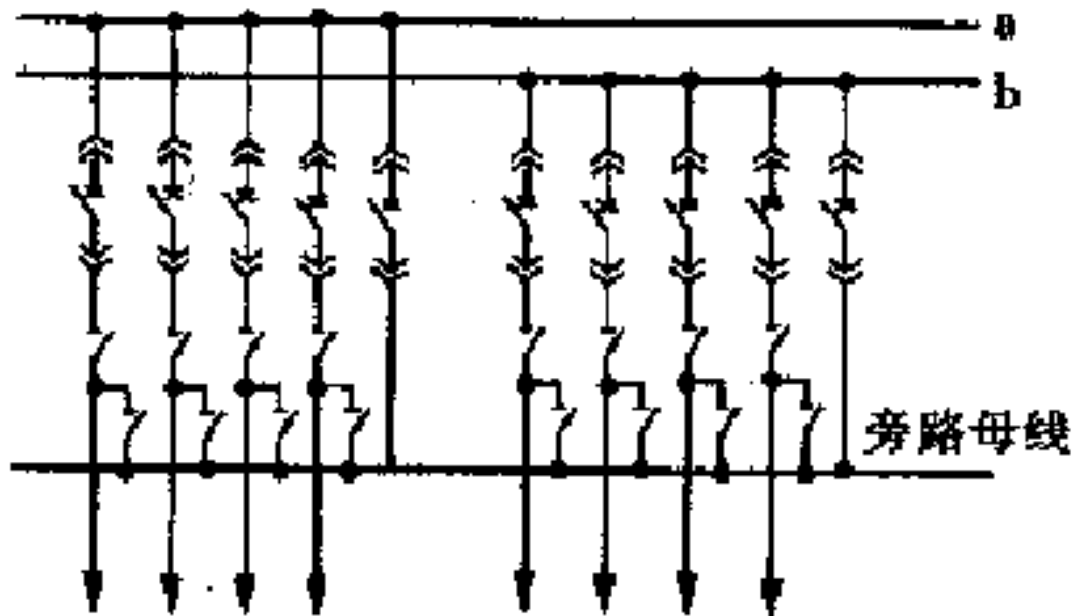


图 6—3—15 带有旁路母线和旁路断路器的接线



四. 开闭所、分区所和AT所主接线

1. 开闭所主接线

交流电力牵引系统开闭所，实际上是起配电作用的开关站，一般在下面两种情况或系统中设置。

- ◆ 一种情况是在离牵引变电所较远的铁路枢纽地区，由于站线多，接触网相应复杂，客货运交会、编组和机车整备作业繁忙，致使该地区故障几率增多。为保证枢纽供电可靠性，缩小事故范围，一般将接触网横向分组及分区供电，由开闭所的多路馈线向接触网各分组和分区供电，如图1.8所示。
- ◆ 另一种情况是在AT供电方式的复线牵引网供电臂中间设置开闭所，由于AT供电方式供电电压增高(2×25 kV)，供电臂距离增长，为提高供电灵活性(如接触网停电检修等)，缩小事故停电范围，需在牵引变电所与分区所之间设置开闭所(Sub-Section Post，简称SSP)。



1. 开闭所主接线-AT供电

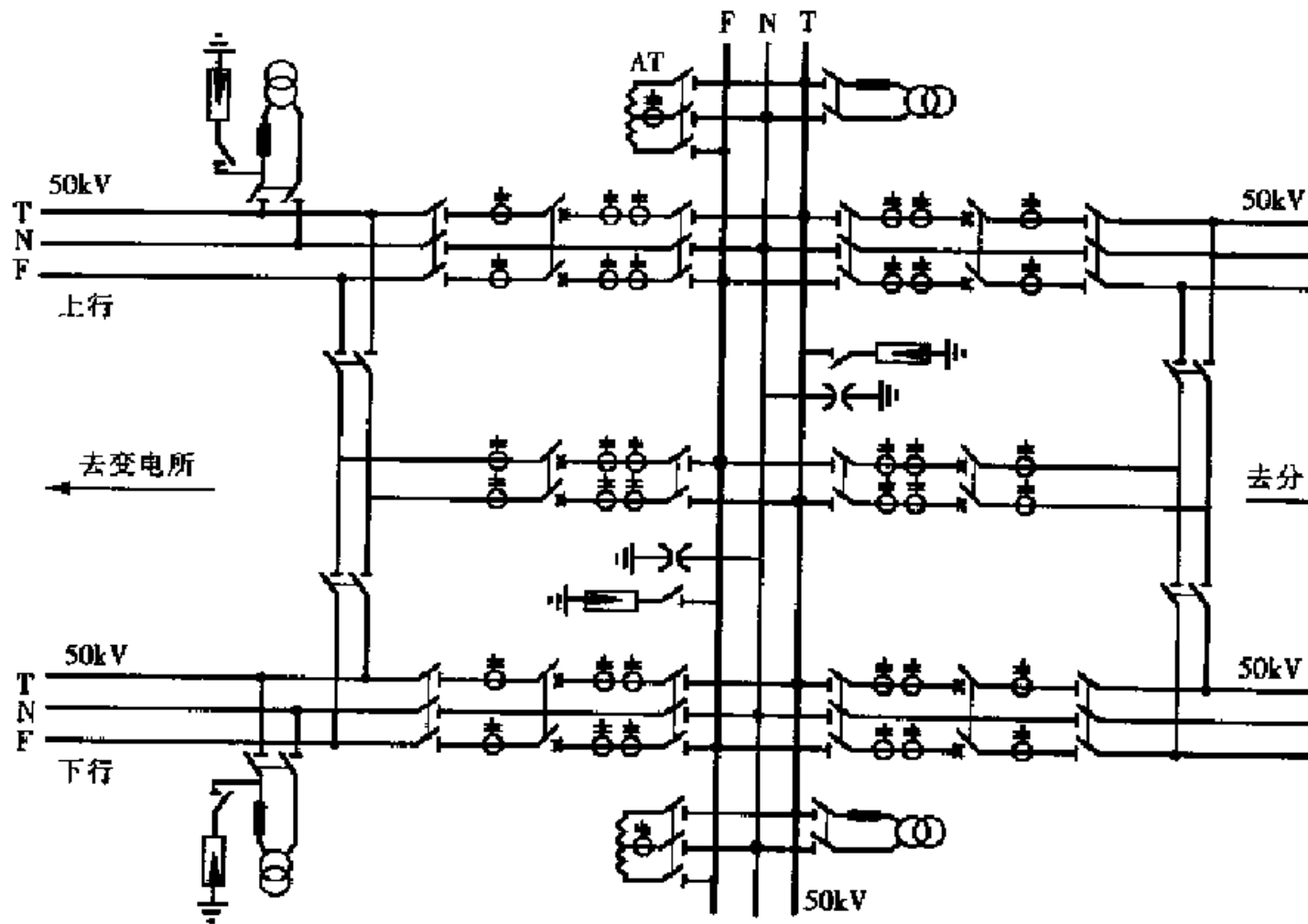


图 6-4-1 纽结型开闭所主接线



四. 开闭所、分区所和AT所主接线

1. 开闭所主接线-AT供电

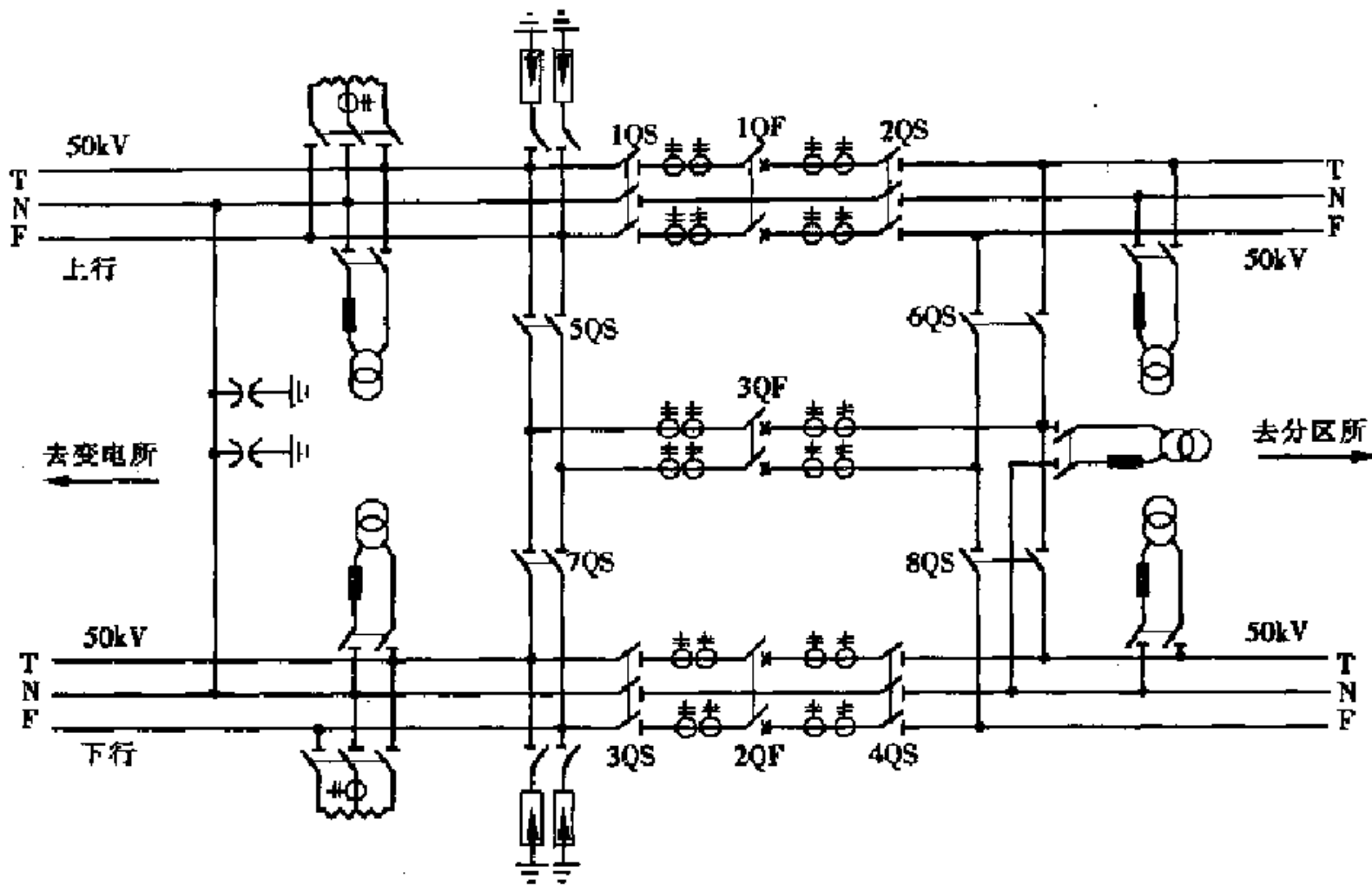
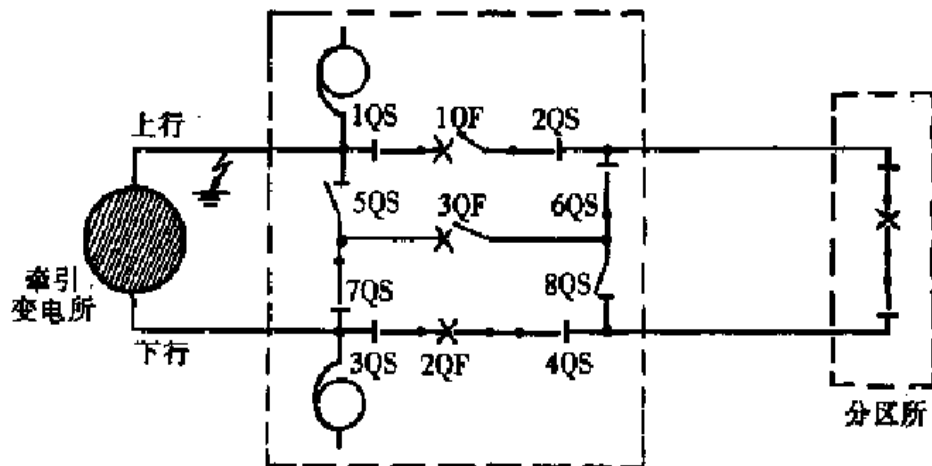


图 6-4-2 非终结型开闭所主接线

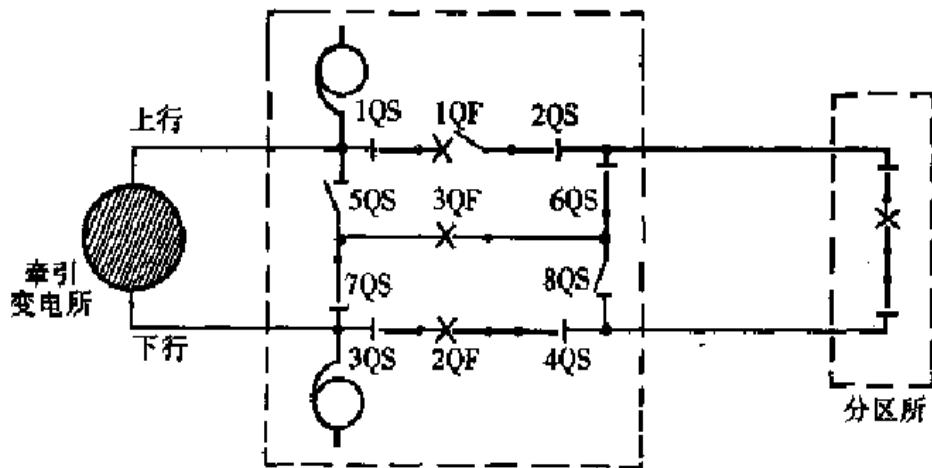
四. 开闭所、分区所和AT所主接线

1. 开闭所主接线-AT供电

- ◆ 正常工作时QF1、QF2合闸，其两侧的QS1-QS4均闭合；
- ◆ 断路器QF3及其两侧用作电路转换的QS6、QS7均合闸，而QS5、QS8断开；
- ◆ 位于供电分区末端的分区所的断路器正常工作时亦处于闭合状态，以实现上、下行牵引网的并联运行。
- ◆ 任一线路故障，例如当牵引变电所至开闭所间的上行牵引网发生故障时，开闭所断路器3QF、1QF在继电保护作用下自动跳闸，开闭所至分区所区段的上行牵引网则由分区所反向供电至分区所。
- ◆ 经过切换操作，由备用断路器3QF恢复供电。
- ◆ 正常工作时，3QF合闸时也可通过由QS6、QS7断开，而QS5、QS8合闸转换；



(a) 某区段故障情况示意图



(b) 切换操作后情况示意图

图 6-4-3



四. 开闭所、分区所和AT所主接线

2. 分区所主接线

(一)单线区段，单线单边供电时，可不设分区所。相邻牵引变电所之间的两供电臂连接处，设有带旁路隔离开关的电分相绝缘器。

(二)单线区段，双边供电时，正常运行时，分区所内断路器和隔离开关闭合，以实现双边供电，其中一台为备用断路器。

(三)复线电气化铁路，正常运行时，1QF、4QF合闸，以实现上、下行牵引网同相并联供电。其作用是改善正常运行牵引网的供电质量(降低压损和能耗)，同时在牵引网发生故障时可缩小停电范围。

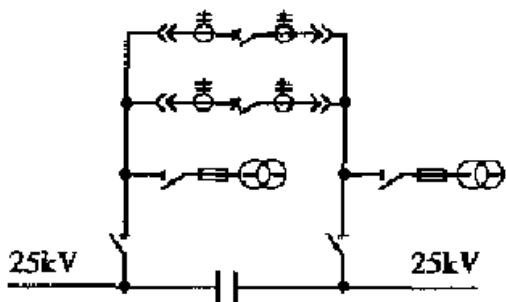


图 6-4-4 单线双边供电的分区所主接线

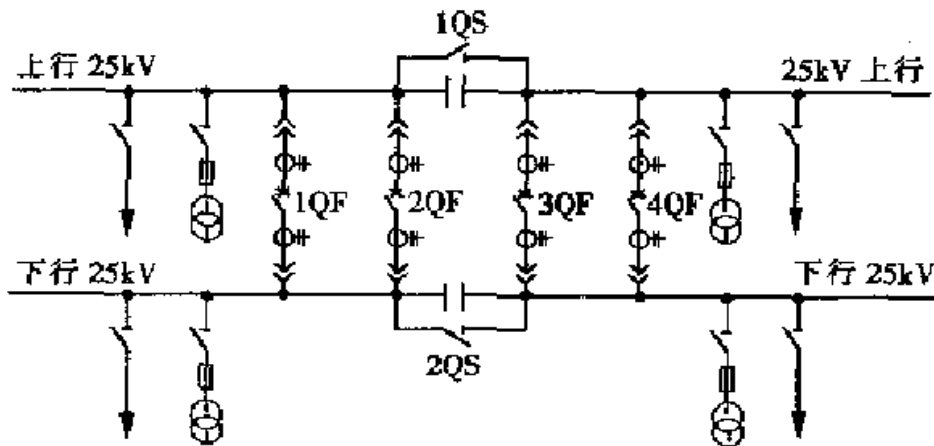


图 6-4-5 复线上、下行接触网并联供电时分区所主接线



2. 分区所主接线

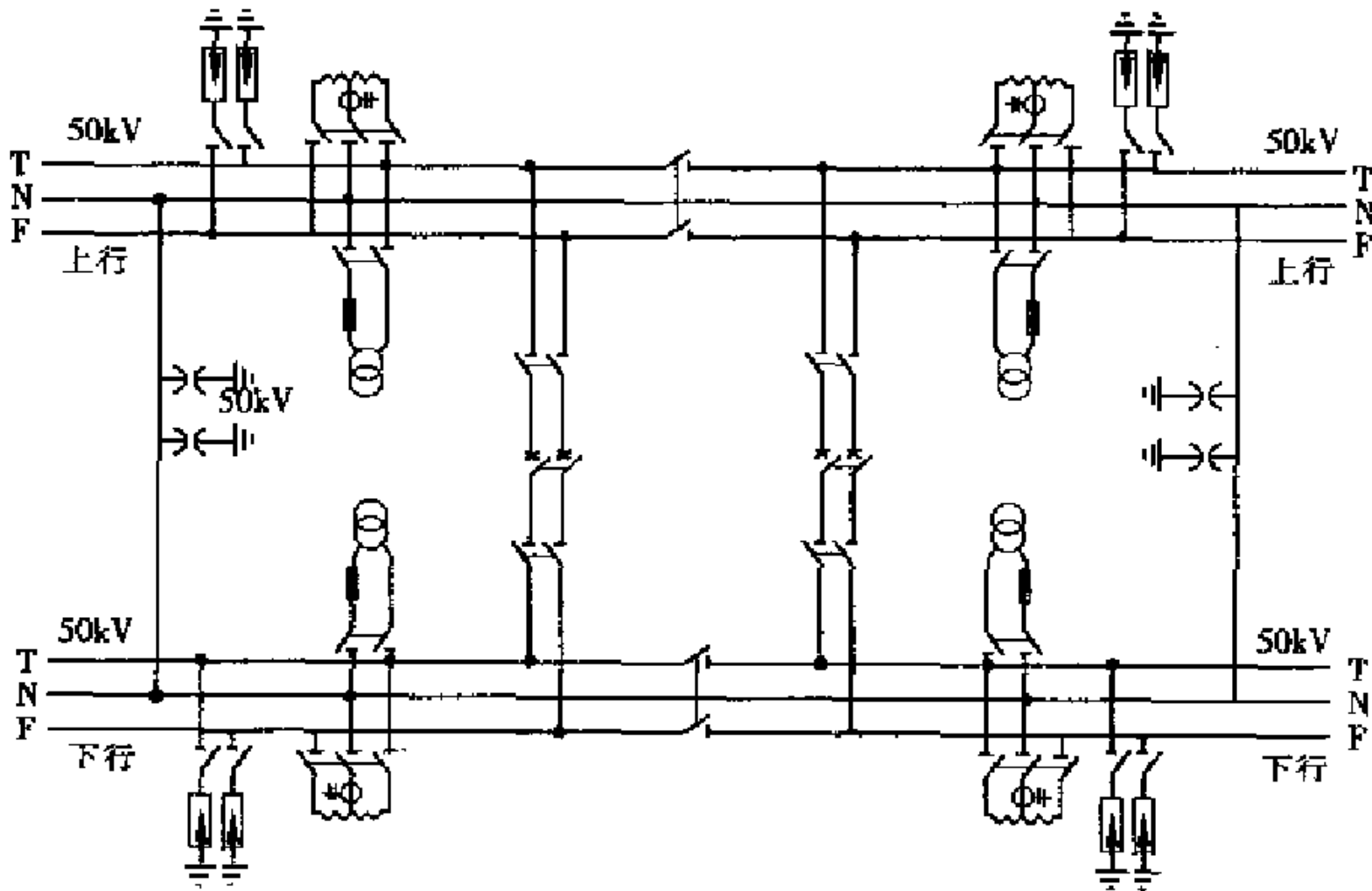


图 6—4—6 AT 分区所主接线



四. 开闭所、分区所和AT所主接线

3. AT所主接线

AT所中，自藕变压器的电压为55kV，两个出线端子分别经隔离开关(或断路器)跨接于接触线和正馈线间。其中点经中性线、电流互感器、隔离开关与钢轨、接触网保护线相连。

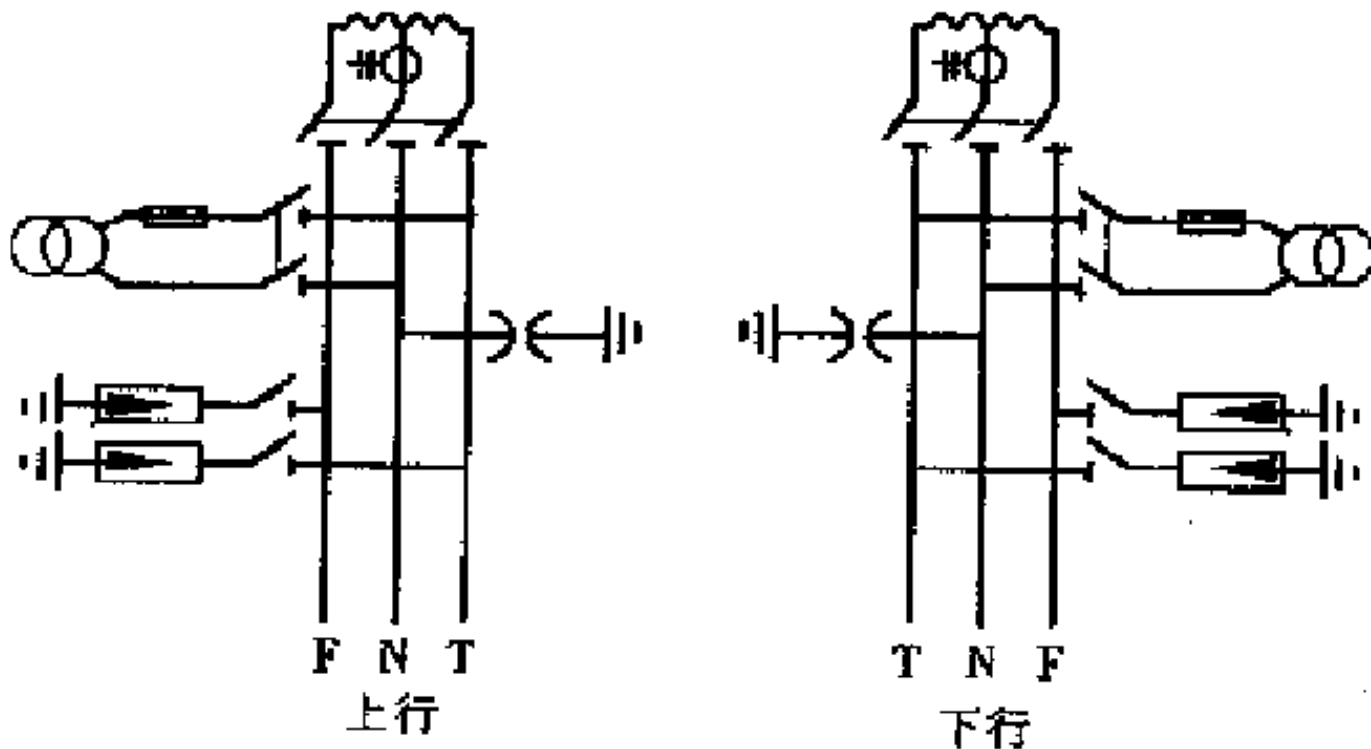


图 6—4—8 复线区段 AT 所主接线



本章结束，
谢谢大家！