

第3章 建筑供配电一次系统的构成

3.0 内容简介及学习策略

1. 学习内容简介

本章内容只是粗线条地勾勒出供配电系统的结构框架,从供配电系统的功能、组成及布置等方面进行讲解。主要介绍了建筑供配电一次系统构成的方法,负荷的分级依据,配电站主接线的基本形式和网络形式,常用应急电源的功能,配变电所的组成与布置等知识体系。

2. 学习策略

本章建议使用的学习策略是在了解供配电系统的功能是向用电设备负荷提供可靠的电能为前提条件下,以负荷等级对供电的要求为依据,以电源、主接线、出线回路为主线展开学习。学完本章后,读者将能够实现如下目标。

- ☞ 了解负荷等级对供电的要求,了解市电与应急电源的相互关系。
- ☞ 理解主接线的含义,掌握单母线接线方式的特点,并能灵活运用。
- ☞ 了解主接线系统中常用设备的功能,了解主接线设计的基本要求。
- ☞ 学会建立竖向配电系统方案图的基本方法。
- ☞ 掌握放射式、树干式以及混合式配电的特点。
- ☞ 了解设计布置配变电所和柴油发电机房的基本方法。

3.1 负荷等级及供电要求

在电力系统中,用电负荷(简称负荷)是指用电设备所用的功率或线路中通过的电流。在建筑物内,各种负荷的重要程度不同,对负荷的供电要求也就不同。对一些重要的负荷需要保证连续供电能力,并保持高水平的供电可靠性。对一些重要程度不高的负荷可以适当降低连续供电能力,具有相对高的供电可靠性。供电的可靠性是指供电企业对用户供电的连续性,通常可以用实际供电小时数与全年时间内实际总小时数的百分比来衡量,也可以用全年的停电次数和停电持续时间来衡量。

3.1.1 负荷分级

民用建筑的用电负荷应根据建筑物的规模、高度和功能,以及在安全、政治和经济上的重要性,并根据供电可靠性及中断供电所造成的损失或影响程度划分负荷等级。

依据《民用建筑电气设计规范》JGJ 16-2008,用电负荷应根据供电可靠性及中断供电在政治、经济上所造成的损失或影响的程度,分为一级负荷、二级负荷及三级负荷。

1. 一级负荷

符合下列情况之一时,应为一级负荷。

- (1) 中断供电将造成人身伤亡;
- (2) 中断供电将造成重大影响或重大损失;

(3) 中断供电将破坏有重大影响的用电单位的正常工作,或造成公共场所秩序严重混乱。例如,重要通信枢纽、重要交通枢纽、重要的经济信息中心、特级或甲级体育建筑、国宾馆、承担重大国事活动的会堂、经常用于重要国际活动的大量人员集中的公共场所等的重要电力负荷。

在一级负荷中,当中断供电后将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所中不允许中断供电的负荷,应为特别重要的负荷。

2. 二级负荷

符合下列情况之一时,应为二级负荷。

- (1) 中断供电将造成较大影响或损失;
- (2) 中断供电将影响重要用电单位的正常工作或造成公共场所秩序混乱。

3. 三级负荷

不属于一级负荷和二级负荷的用电负荷应为三级负荷。

3.1.2 各级负荷的供电要求

1. 一级负荷的供电要求

一级负荷应由两个独立电源供电,当一个电源发生故障时,另一个电源应不至同时受到损坏。一级负荷中特别重要的负荷,除上述两个电源外,还必须增设应急电源,并严禁将其其他负荷接入应急供电系统中。应急电源不能与电网电源并列运行。常用的应急电源有不受正常电源影响的独立的发电机组、专门馈电线路、静态交流不间断电源(UPS)和蓄电池等。

在中国目前的经济、技术条件下,可以作为一级负荷电源的要求的几种情况如图 3-1 所示。

2. 二级负荷的供电要求

二级负荷宜由两回线路供电。当电源来自同一区域变电站的不同变压器时,即可认为满足要求。在负荷较小或地区供电条件困难时,二级负荷可由一回路 6kV 及以上专用的架空线路或电缆供电。当采用架空线时,可为一回路架空线供电;当采用电缆线路时,应采用两根电缆组成的线路供电,其中每根电缆应能承担 100% 的二级负荷,且互为备用。

3. 三级负荷对供电的要求

供电无特殊要求,可按约定供电。通常在城市公用电力网(简称市电)中取用一路电源供电即能满足要求。

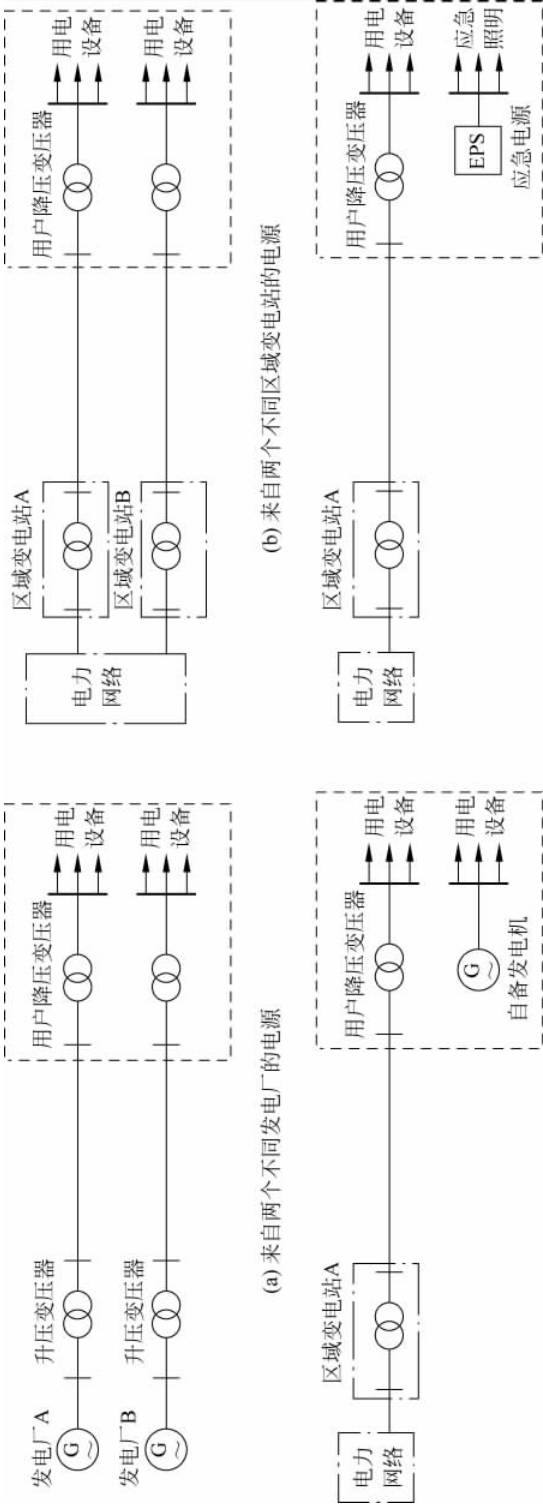


图 3-1 满足一级负荷电源要求的几种情况

3.2 应急电源

应急电源是一种安装在建筑物内的备用电源装置。当建筑物内发生火灾、事故或其他紧急情况而导致市电断电时,应急电源可以为消防用电负荷和其他重要负荷提供第二路应急供电。

3.2.1 应急电源的种类

在建筑供配电系统设计中为确保对特别重要负荷的供电,应急电源与正常电源之间必须采取可靠的措施防止两者并列运行,以保证应急电源的专用性,防止向系统反向送电。应急电源种类有独立于正常电源的发电机组、UPS 不间断电源、EPS 应急电源和直流蓄电池组等。

1. 柴油发电机组

柴油发电机组是自备发电机中的一种,它是一种使用柴油机驱动发电机产生电能的小型交流发电设备。柴油机驱动发电机运转,将柴油的能量转化为电能。整套机组一般由柴油机、发电机、控制箱、燃油箱、起动和控制用蓄电池、保护装置、应急柜等部件组成,如图 3-2 所示。

柴油发电机组起动和供电迅速,自起动控制方便,运行可靠,操作维修方便,功率范围大(5~2000kW),效率高,体积小,重量轻,系统简单,一般多为整体配套,安装方便。

2. UPS 不间断电源

不间断电源系统(Uninterruptible Power System, UPS),它能够提供持续、稳定、不间断的一定量的电能,如图 3-3 所示。UPS 不间断电源通常由主机及蓄电池、电池柜等组成。主机中装有整流器、逆变器、静态开关和控制系统。当市电正常时,UPS 将市电稳压、稳频后供负载使用,同时向机内蓄电池充电;当市电中断时,UPS 立即在数毫秒内将蓄电池的电源通过逆变转变为交流电向负荷提供电能,维持负荷的正常工作。UPS 按工作原理分为在线式、离线式和在线互动式三种类型。

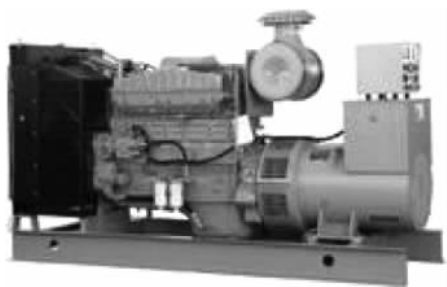


图 3-2 柴油发电机组



图 3-3 UPS 电源

在线式 UPS 不间断电源工作时,先将市电提供的交流电变成直流电源,同时提供给蓄电池充电和逆变器,逆变器重新把直流电转化为稳定的、高质量的正弦交流电,向负荷提供电能。这种 UPS 电源可以供电给任何使用市电的设备。

离线式(又称后备式)UPS 不间断电源工作时,将市电直接供电给用电设备,并同时为蓄电池充电。如果市电供电质量不稳定或中断供电,则市电的进线回路会自动切断,蓄电池

的直流电能会通过逆变器转换成方波交流电向负荷供电,直到市电恢复正常。这种 UPS 电源只限于供电给电容型负载,如电脑和监视器。

在线互动式(又称线上交错式)UPS 不间断电源工作时,与离线式 UPS 不间断电源工作过程基本相同,不同之处在于在线互动式 UPS 不间断电源可以随时监视市电的供电状况,并具备升压和减压补偿电路功能。在市电的供电质量不理想时,可以随时校正,减少不必要的切换,延长电池寿命。同离线式 UPS 电源相比,在线互动式 UPS 电源的保护功能较强,逆变器输出电压波形较好,一般为正弦波。

3. EPS 应急电源

应急电源(Emergency Power Supply, EPS)是为消防设施、应急照明、事故照明等一



图 3-4 EPS 电源

级负荷提供电能的电源设备,如图 3-4 所示。EPS 应急电源主要由整流充电器、蓄电池组、逆变器、互投装置和系统控制器等部分组成。当市电正常时,由市电经过互投装置给重要负载供电,同时进行蓄电池充电。当市电供电中断或市电电压超限($\pm 15\%$ 或 $\pm 20\%$ 的额定输入电压)时,互投装置将立即投切至逆变器,将蓄电池组的直流电能转化为交流电源向负载供电。当电网电压恢复时,互投装置将会投切至交流电网供电。

4. 蓄电池组

蓄电池组是一种能将电能转化为化学能存储起来,并能再将化学能转化为电能向负载供电的化学设备。在民用建筑中大部分采用浮冲式镍镉蓄电池作为应急备用电源。它由交流供电部分、整流滤波部分、浮冲的镍铬电池部分等组成。交流市电正常时,由整流器直接供电给负荷,交流停电时,自动转成由镍镉电池向用户供电。蓄电池组适用于建筑物内部的电话机房,高压配电的直流操作电源等场所。

3.2.2 应急电源的选择

严禁将其他负荷接入应急电源供电系统,应急电源与正常电源之间必须采取安全可靠的措施,防止其并列运行,尤其防止向系统反送电。根据负荷对中断供电时间的要求,应急电源类型的选择如表 3-1 所示。

表 3-1 应急电源类型的选择

应急电源类型	负荷对中断供电时间的要求	备 注
供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路	允许中断供电时间大于电源切换时间	选用带有自动投入装置的独立于正常电源的专用馈电线路
独立于正常电源的发电机组	允许中断供电时间为 15~30s 的负荷	选用快速自动启动的应急发电机组,并设置与市电自动切换的互投装置,且有防止与市电并联运行的措施
UPS 不间断电源	允许中断供电时间为毫秒(ms)级的负荷	适用于交流供电电容性负荷
EPS 应急电源	允许中断供电时间为 0.25s 以上的负荷	适用于交流供电的电感性及电阻性应急照明负荷
蓄电池组	允许停电时间为毫秒级的特别重要负荷	容量不大、采用直流电源供电的负荷

3.3 配变电站主接线

在建筑供配电系统中,配变电站具有接受 10kV 高压电能,进行降压(0.4kV)处理,然后分配给各类用电负荷的主要功能。因此,配变电站需要使用控制开关、保护电器、电力变压器、计量和测量仪表、各类导线等电气设备,按照相关要求和一定顺序组成主控线电路,实现配变电站的功能要求。

3.3.1 常用电气设备的功能及符号

1. 电力变压器

电力变压器是将一种电压的交流电能转化成另一种电压的交流电能的电气设备,以满足电力系统输电、供电、配电或用电的需求。配电变压器是工矿企业与民用建筑供配电系统中的重要设备之一。

电力变压器按相数可分为三相和单相电力变压器。在建筑物内或建筑群中,大多数情况采用三相电力变压器。按绕组导电材料可分为铜绕组变压器和铝绕组变压器。一般情况下均采用铜绕组变压器,在施工工地临时用变压器时可选用铝绕组变压器。按绝缘介质可分为油浸式变压器和干式变压器。油浸式变压器是一种将铁芯和绕组浸在绝缘液体中的变压器。它性能良好,价格低廉,但存在火灾隐患,不适合在建筑物内使用。干式变压器依靠空气对流进行冷却。干式变压器因没有油,也就没有火灾、爆炸、污染等问题,适合在防火、防爆要求高的建筑物内使用。

2. 高压电气设备

在建筑供配电系统中,高压设备主要有高压开关类设备、避雷器和高压移相电容器等。高压开关电气主要包括高压断路器、高压隔离开关、高压负荷开关、高压熔断器等,其主要功能简要介绍如下。

1) 高压断路器

高压断路器是一种具有控制和保护强力的开关电器,其内部设有强力的灭弧装置,能投切正常的负荷电流,并能与保护装置配合自动切断故障短路电流。因将主触点置于灭弧装置内,无法直接观察其通断状态,断开时无可见断点。为安全起见,高压断路器必须与能产生可见断点的隔离电器配合使用。

2) 高压隔离开关

高压隔离开关没有灭弧装置,只能投切空载或很小(几安)的负荷,断开时有明显的可见断点。它适用于隔离电源,常与高压断路器配合使用,保证检修人员的安全。

3) 高压负荷开关

高压负荷开关具有简单的灭弧装置,能投切正常的负荷电流,但不能分断短路电流。断开时有明显的可见断点,常与熔断器配合来切断短路电流和过载电流。

4) 高压熔断器

高压熔断器是一种保护电器。当其所在电路发生短路故障或长期过载时,能通过热效应熔断熔体来切断电路,实现断电保护功能无可见断点。

5) 避雷器

避雷器是一种过电压保护电器。将避雷器并联于被保护电路的前端,当有雷电过电压沿线路侵入配变电所时,避雷器能首先击穿对地放电,保护设备免受因雷电过电压对电气设备绝缘的破坏作用。

6) 高压移相电容器

高压移相电容器是一种在高压侧进行无功功率补偿的电气设备。由于供配电系统中大多数是感性负荷,需要大量的感性无功功率。使用高压电容器能补偿部分所需无功功率,提高系统的功率因数,充分发挥电源潜力,并能减少供配电系统中的各种损耗。

7) 仪用互感器

仪用互感器是一类能将线路高电压或大电流变换为低电压或小电流供仪表测量使用的设备。仪用互感器是小型特殊变压器,还能作为继电器保护和信号装置的电源,使控制电路和保护装置与高压回路隔离开来。

(1) 电压互感器(PT)。它是一种小型降压器,能把线路高电压降成低电压,以获取测量和保护用电压信号。

(2) 电流互感器(CT)。它是一种小型升压器,能把线路大电流变换成小电流,以获取测量和保护用电流信号。

3. 低压电气设备

在民用建筑电气工程中,常用的低压电气设备主要有低压开关设备、仪用互感器、交流接触器和热继电器等。低压开关设备有低压刀开关、负荷开关、断路器、熔断器、移相电容器、接触器和热继电器等。低压负荷开关、熔断器和低压移相电容器的功能与高压负荷开关、熔断器和高压移相电容器的功能基本相同,此处不再赘述。

1) 低压刀开关

低压刀开关是一种简单的手动操作电器。没有灭弧装置,只能用于不频繁投切小容量负荷电流,断开时有可见断点。

2) 低压断路器

低压断路器又称低压自动空气开关,具有良好的灭弧能力,能投切低压线路的负荷电流,能自动切断短路故障电流,可用于线路不频繁手动操作。

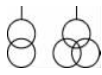
3) 接触器

交流接触器是用来远距离接通或断开负荷电流的低压开关,适合频繁起动电源以及控制电动机的场所。接触器的主触点系统具有灭弧能力,连接在一次回路中,辅助触点没有灭弧能力,只能接在用于控制的二次回路中。

4. 主接线中主要电器元件的图形符号和文字符号

电气工程图应采用国家统一制定的图例符号和必要的文字符号来标记各种电气设备、元件和线路。配变电站主接线通常用单线表示三相,部分常用的电气元件的图例符号和文字符号如表 3-2 所示。

表 3-2 主接线系统中常见电气元件图例符号和文字符号

设备名称	文字符号	图表符号	设备名称	文字符号	图表符号
电力变压器	TM		电压互感器 ^①	TV	

续表

设备名称	文字符号	图表符号	设备名称	文字符号	图表符号
断路器	QF		电流互感器 ^②	TA	
负荷开关	QL		移相电容器	C	
隔离开关	QS		电抗器	L	
熔断器	FU		电缆终端头		
跌落式熔断器	FU		插头或插座	X	
刀开关	QK		避雷器	F	
接触器	KM		热继电器	FU	

注：① 两个符号分别表示双绕组和三绕组电压互感器。
② 三个符号分别表示单个二次绕组、两个铁芯两个二次绕组、一个铁芯两个二次绕组的电流互感器。

5. 开关电气的组合方式和操作顺序

由于开关的控制功能和保护功能不同,在供配电系统中需要把各类开关组合运用,达到既能投切正常负荷电流计算,又能自动切断故障短路电流,为维修安全提供可见断点等功能。通常采用“断路器+隔离开关”或“负荷开关+熔断器”组合成开关组,如图 3-5 所示。当断路器的负荷侧无电流倒送的可能性时,可省去负荷侧的隔离开关。

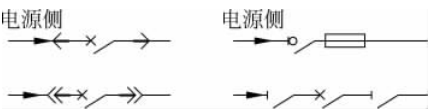


图 3-5 开关电气的组合方式

由“断路器+隔离开关”组合的开关组,因隔离开关没有灭弧作用,只有可见断点,不能切合负荷电流和短路电流,在操作时必须遵守的顺序如下。

- (1) 接通回路时,先闭合隔离开关,后闭合断路器;
- (2) 断开回路时,先断开断路器,后断开隔离开关。

由“负荷开关+熔断器”组合的开关电器,使用负荷开关作正常的负荷投切操作。当回路短路或过负荷时,由熔断器自动切断电路后,再操作负荷开关切开通路。从新更换熔断器后,操作负荷开关投入正常负荷。

3.3.2 配变电所主接线

1. 主接线及基本要求

1) 主接线

主接线是配变电所接受电能、变换电压和分配电能的电路。由电力变压器、各种开关电器、电流互感器、电压互感器、母线、电力线缆、移相电容器和避雷器等电气设备按要求以一定次序连接组成。

主接线图是用国家统一的电气图例符号和文字符号表示主电路中各种电器设备相互连接的顺序,一般用单线图表示。主接线图只表示各种电器设备之间的电气联系,与安装地点无关。

2) 主接线的基本要求

主接线是配变电所的主要部分,其接线的合理性将直接影响供配电系统的安全性、操作

性、经济性以及运行管理费用等。主接线对选择电气设备,布置配电装置,配置继电保护和自动装置,以及对土建工程的投资与施工等都有着非常密切的关系。因此,按要求确定主接线方案是配变电所电气设计中极为重要的环节之一。

主接线的基本要求应从安全性、可靠性、灵活性、经济性、发展性和技术性等方面综合考虑。

安全性是指主接线必须符合有关电气技术规范、规程的要求,充分保证操作和维护人员和设备的安全。

可靠性是指主接线应根据负荷等级满足供电的连续性要求。即满足电力负荷对供电可靠性的要求。

灵活性是指主接线应能适应各种可能的运行方式的要求。运行方式的改变就是主接线电路关系的改变。通过改变主接线电路中的电气元件的投入或切除来实现不同的运行方式。适应各种情况下负荷的变化与电能供应的相互要求,适应元件维护检修的要求,保证系统能提供最有效的供电质量。

经济性是指主接线应在满足上述要求的同时满足最少的系统投资和运行费用要求。

发展性是指主接线应考虑现阶段社会发展对建筑物功能的增加所带来的用电负荷发展的可能性。

2. 配变电站主接线的基本形式

配变电站的主接线形式较多,常见主接线的基本形式介绍如图 3-6 所示。

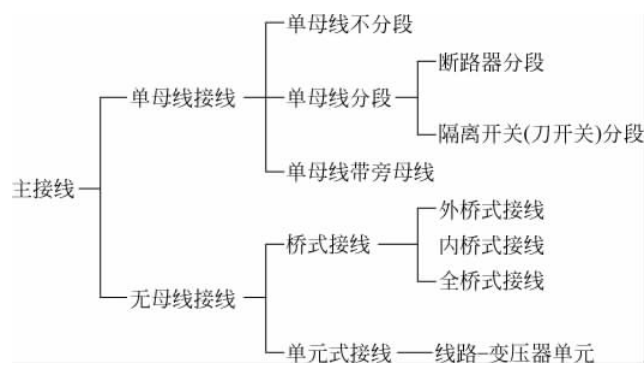


图 3-6 常见的主接线形式

母线又称汇流排,原理上相当于接收和分配电能的一个电气结点。当用电回路较多时,馈电线路和电源之间的联系常采用母线制。在供配电系统中通常采用矩形截面的铜导体(铜排)或铝排来作为母线。

1) 单母线接线

单母线接线是有母线主接线形式中的一种。这种接线方式只有一条母线,在建筑供配电系统中最为常见的主接线形式。

(1) 单母线不分段。单母线不分段接线通常有单进线回路和双进线回路,如图 3-7 所示。WB 为母线,母线上方为电源侧,母线下方为负载侧。在配变电所主接线中,这种接线形式最简单。每条电源进线和负载引出线的电路中都装有断路器和隔离开关。断路器用于切断负荷电流或故障电流。隔离开关有两种,一种是靠近母线侧的称为母线隔离开关,作为隔离母线电源,检修断路器之用;另一种是靠近线路侧的称为线路隔离开关,是防止在检修断路器时从用户侧反向送电,或防止雷电过电压沿线路侵入,保证维修人员的安全。

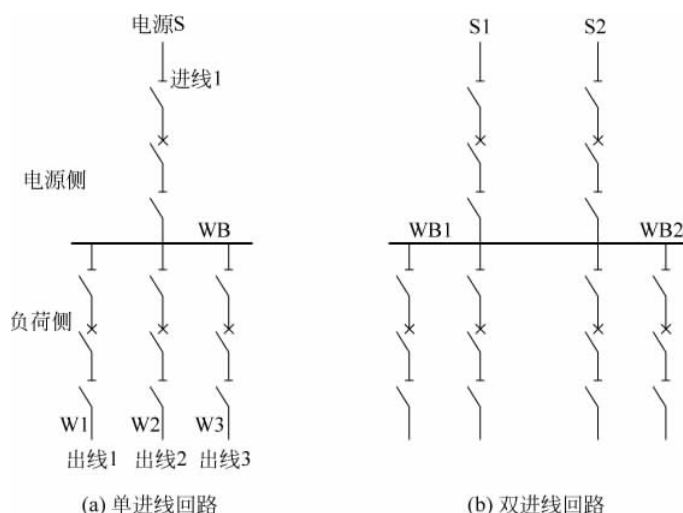


图 3-7 单母线不分段接线示意图

单进线回路只有一种运行方式,如果母线出现故障或进行检修时,会影响所有出线回路供电。这种方式接线简单,使用设备少,配电装置投资少,但供电可靠性较差,适用于向三级负荷供电。

双回路进线有三种运行方式,即双电源一用一备、双电源并列运行、双电源一进一出。

① 双电源一用一备的运行方式是指一个电源工作,向母线提供电能,另一个电源不工作,作为备用电源。这种备用方式称为冷备用或明备用。当工作电源出现故障或检修时,可以自动或手动投入备用电源工作,减小对负荷的供电影响提高系统供电可靠性。

② 双电源并列运行是指两个进线电源同时向母线提供电能,两个电源互为备用,这种备用方式称为热备用或暗备用。当一个电源出现故障或检修时,可自动切除故障电源。另一个电源继续工作向负荷提供电能。应当强调的是,双电源并列运行必须满足同期性要求,即两个电源电压的幅值、相位和频率必须相同,否则可能会使系统出现严重事故。一般来说,来自同一级变电站的同一段母线上的双电源,满足同期性的可能性较大。这种运行方式使用较少。

③ 双电源一进一出的运行方式是指电能从一条进线输入,一部分提供给本变电所负荷使用,其余部分由另一条进线输出到其他电能用户。这种配变电站又称为中间型变电站。

(2) 单母线分段接线。在单母线分段接线方式中,可采用隔离开关(QS)或断路器(QF)进行分段,如图 3-8 所示。

① 用隔离开关分段的单母线接线,既可以分段单独运行,也可以并列同时运行。采用分段单独运行时,相当于单母线不分段接线运行状态,各段母线的电气系统互不影响。当任一段母线发生故障或检修时,仅停止对该段母线所带负荷的供电。当任一电源线路发生故障或检修时,如果另一个电源容量能负担全部引出线负荷时,则可经过“倒闸操作”,恢复对全部引出线负荷的供电。但在操作过程中,需对母线作短时停电。“倒闸操作”是指接通电路,先闭合隔离开关,后闭合断路器;切断电路时,先断开断路器,后断开隔离开关。

采用并列运行时,当某一电源发生故障或检修时,则无需母线停电,只需切断该电源的断路器及隔离开关,由另外一个电源向所有负荷供电。此时需要考虑两段母线上的负荷根据电源容量以及负荷的等级进行调整。当母线发生故障或检修时,将会引起正常母线段短时停电。

② 用断路器分段的单母线接线,分段断路器 QF 还具有继电保护作用。两个电源并列

运行时,当某段母线发生故障时,分段断路器 QF 与电源进线断路器将同时切断母线和故障电源,非故障段母线仍保持正常工作。当对某段母线检修时,又可操作分段断路器 QF 和相应的电源进线断路器、隔离开关,不影响其余母线的正常运行。所以采用断路器分段的单母线接线比用隔离开关分段的接线形式供电可靠性高,但投资费用也较高。

单母线分段联络接线的可靠性和灵活性比较高,适合于双回路供电的负荷用户。但是,单母线接线在检修出线回路断路器时,该出线回路上的用户必须停电。

③ 单母线带旁路母线接线。这种接线形式如图 3-9 所示。主接线中有两条母线,一条 WB1 为主母线,另一条 WB2 为旁母线。两条母线之间由组合开关 QS1、QF1、QS2 联络。旁母线与各条出线回路由隔离开关连接。

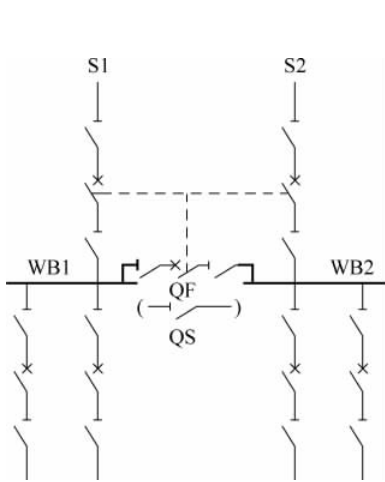


图 3-8 单母线分段接线示意图

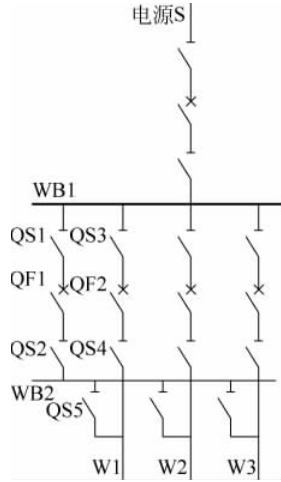


图 3-9 单母线带旁路接线示意图

正常运行时,联络开关组 QS1、QF1、QS2 均断开。当需要检修 W1 出线回路断路器 QF2 时,先合上联络开关组隔离开关 QS1、QS2 及其断路器 QF1,检查旁路母线是否完好。如果旁路母线正常,则合上 QS5,再切断出线回路上的断路器 QF2 及其隔离开关 QS3、QS4。这样,出线回路断路器 QF2 就可以退出检修,由主母线 WB1 经旁母线 WB2 向检修线路供电。这种方式可实现检修出线回路断路器时,出线回路负荷不必停电,提高了供电可靠性。

检修结束后,合上隔离开关 QS3、QS4 及其断路器 QF2,再断开联络开关组断路器 QF1 及其隔离开关 QS1、QS2 和 QS5,即可恢复出线回路断路器 QF2 及其隔离开关 QS3、QS4 对线路 W1 回路的供电。利用旁母线检修出线回路断路器时,每次只能检修一条回路。

2) 无母线的主接线

(1) 桥式接线。桥式接线适用于两回路电源线路受电,两台变压器降压变电的主接线方式。也就是说,只有两台变压器和两条电源进线时,可以采用桥式接线。连接两台变压器之间的开关组称为桥或桥臂。根据进线断路器与桥的位置关系分类,桥式接线可分为外桥式、内桥式和全桥式三种,如图 3-10(a)、图 3-10(b)和图 3-10(c)所示。

① 外桥式接线中的桥臂 QF3 位于进线断路器 QF1 和 QF2 的外侧,进线回路仅安装隔离开关,省掉进线断路器。外桥式接线对变压器的回路操作方便,适合负荷变化大,需要经常投切变压器的场所。由于进线段没有断路器,对电源进线回路操作不方便,适合进线段供电距离较短且不易发生故障的场合。因投切操作 QF1 和 QF2 不会影响桥臂上的工作,桥

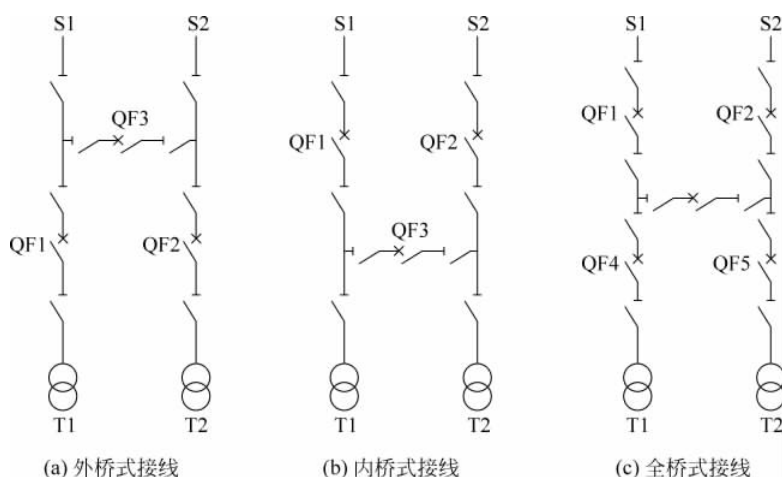


图 3-10 桥式接线示意图

臂上可以通过穿越功率,故可作为中间型变电站来构成环网。

② 内桥式接线中的桥臂 QF3 位于进线断路器 QF1 和 QF2 的内侧,靠近变压器侧,省掉变压器回路的断路器,仅安装隔离开关。内桥式接线对进线回路的操作方便,适合进线段供电距离较长或较易发生故障的场所。对变压器回路操作不方便,适合负荷变化不大,不需要经常对进行投切操作的场合。投切操作 QF1 和 QF2 会影响桥臂上的工作,桥臂上不能通过穿越功率,只适合作为终端型变电站。

③ 全桥式接线中的桥臂 QF3 两侧均有断路器 QF1、QF2 和 QF4、QF5,对线路和变压器操作均方便,运行灵活,适应性强。但所需设备多,投资大,变电所占地面积大。

(2) 单元式接线。线路-变压器单元接线是建筑供配系统中常用的一种单元式接线方式。当供电电源只有一条回路,且变压器只有一台时,采用这种接线方式,如图 3-11 所示。这种接线方式的供电可靠性低,当高低压供电线路、变压器及低压母线上发生故障或检修时,全部负荷都将停止供电,适用于三级负荷的配变电所。

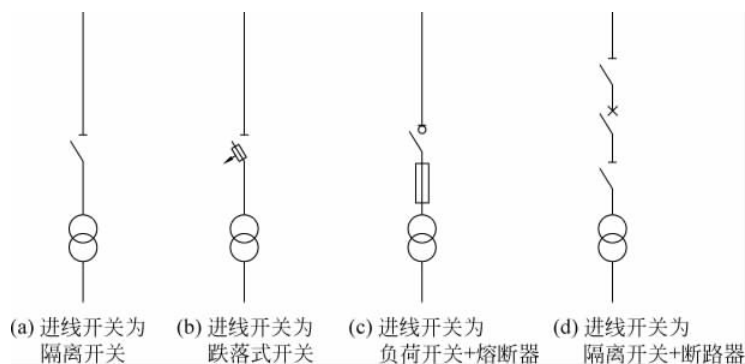


图 3-11 线路-变压器单元式接线示意图

3. 几种配变电站常用的主接线形式

在建筑供配电系统中,不同的负荷等级所要求的供电可靠性不同,主接线的形式也不相同。以负荷等级为主要参考因素,介绍几种配变电站的主接线形式。

1) 向三级负荷供电的主接线

如图 3-12 所示,主接线为单电源单回路进线。在进线处设置电压互感器以获取进线电压信号,设置避雷器以防止雷电过电压沿进线处侵入。由一台变压器降压,变压器一次侧采用线路-变压器式接线,二次侧采用单母线不分段接线。变压器处设有接地开关和带电显示器。系统正常运行时接地开关处于断开状态,显示器显示带电。需要检修变压器时系统停电,闭合接地开关泄放变压器内残余的能量,显示器显示不带电,以确定保护人身安全。低压母线上设有无功功率补偿装置(并联移相电容器),出线回路带有照明负荷和动力负荷。

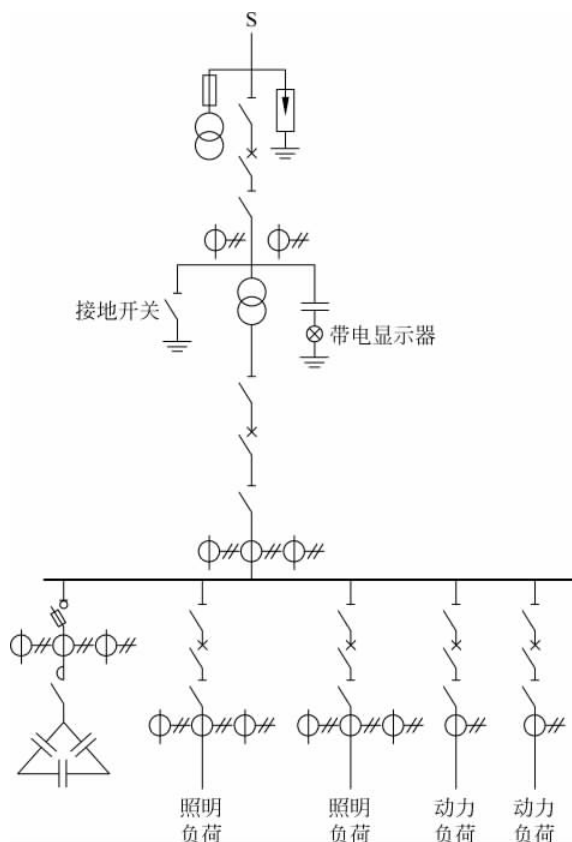


图 3-12 向容量较小的三级负荷供电的主接线

电流互感器设置在需要取得电流或电压信号处。每个回路都应设置电流互感器以监测电流信号。对于三相平衡的动力负荷,每相电流大小应相等,可在中间相(L2)设置一台电流互感器。对于照明负荷,这类由单相负荷所构成的三相负荷,基本上为三相不平衡负荷,每相负荷电流大小不相等,线路上需要设置三台电流互感器。

这种向三级负荷供电的主接线形式,接线简单,经济实用,适合多层住宅建筑、普通公用建筑和小型工厂车间等负荷量较小的用电场所。

当负荷量较大时,需要采用两台或多台变压器供电,其一次侧采用高压单母线不分段接线,二次侧采用低压单母线分两段不联络接线,如图 3-13 所示。

为明确主接线之间的结构,在以后的主接线图中均未画出互感器、避雷器、接地开关、带电显示器等,而实际工程中的主接线应该具备上述设备元件。

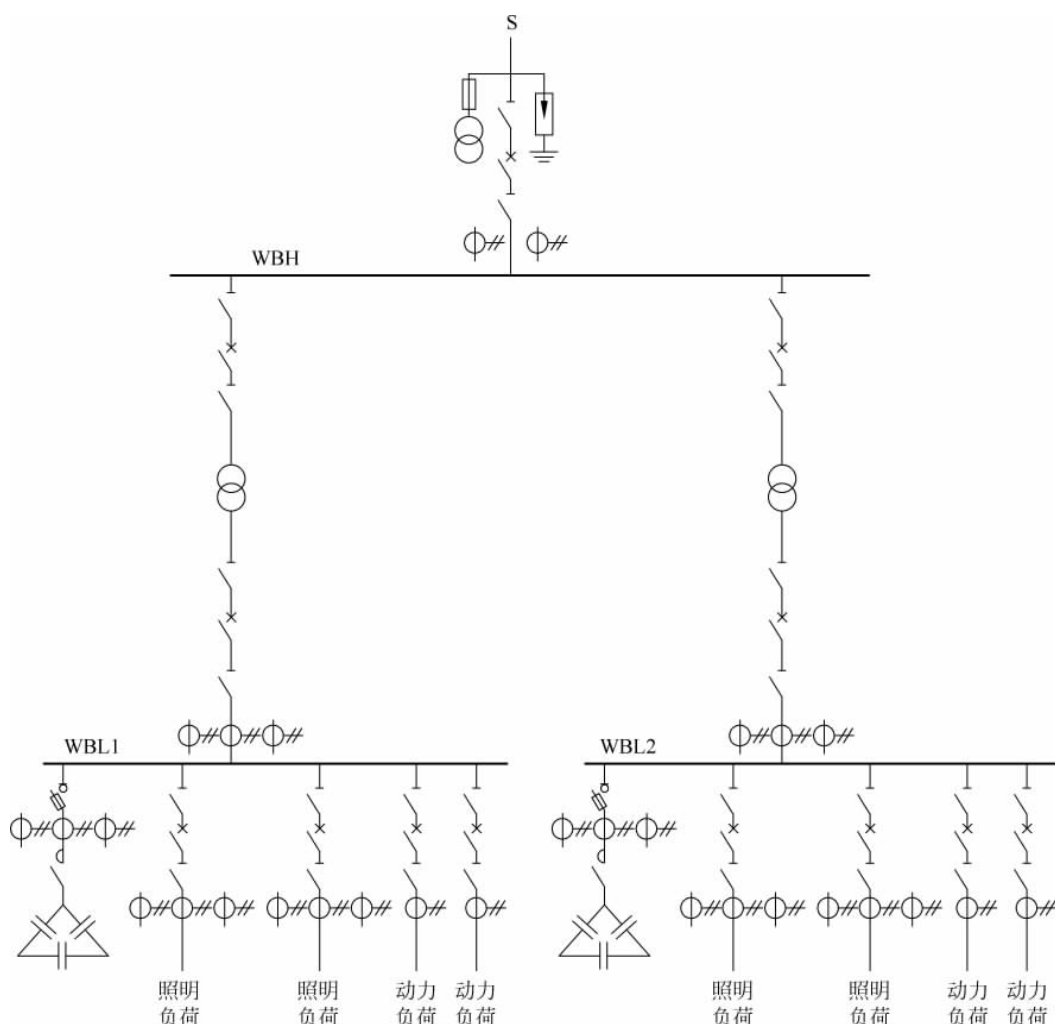


图 3-13 向容量较大的三级负荷供电的主接线

2) 向一、二级负荷供电的主接线

如图 3-14 所示,两路电源或两路独立电源进线,保证电源的备用关系。高压侧采用单母线分段不联络接线。设置三台变压器,低压侧采用单母线分三段联络,保证变压器之间的备用关系。图中虚线表示断路器之间的电气互锁关系。在低压母线上进行无功功率集中补偿。

3) 向特别重要级负荷供电的主接线

如图 3-15 所示,两回路电源高压电源进电,保证电源的备用关系。采用自备柴油发电机作为第三电源为特别重要负荷的应急电源。一、二次侧采用单母线分段联络接线方式。各进线断路器和母线分段断路器之间必须考虑互锁关系,如图中虚线所连的断路器为互锁关系。

互锁关系可以根据主接线的运行方式设定。当两路电源 S1 和 S2 并列运行时,两路进线断路器 QF1 和 QF2 处于闭合状态,QF3 联络断路器应锁定为开断状态。如果有一路电源(S1)出现故障而自动断开,则母线联络开关 QF3 应自动闭合,由另一路电源(S2)向母线 WBH1 供电。如果两台变压器 T1 和 T2 在运行时需要检修或出现故障(如 T1),则可以通过低压母线联络开关 QF6 的闭合来实现由 T2 变压器带动 WBL1 母线负荷运行。各母线段之间的联络关系越多,其互锁关系越复杂,对断路器动作的可靠性要求就越高。

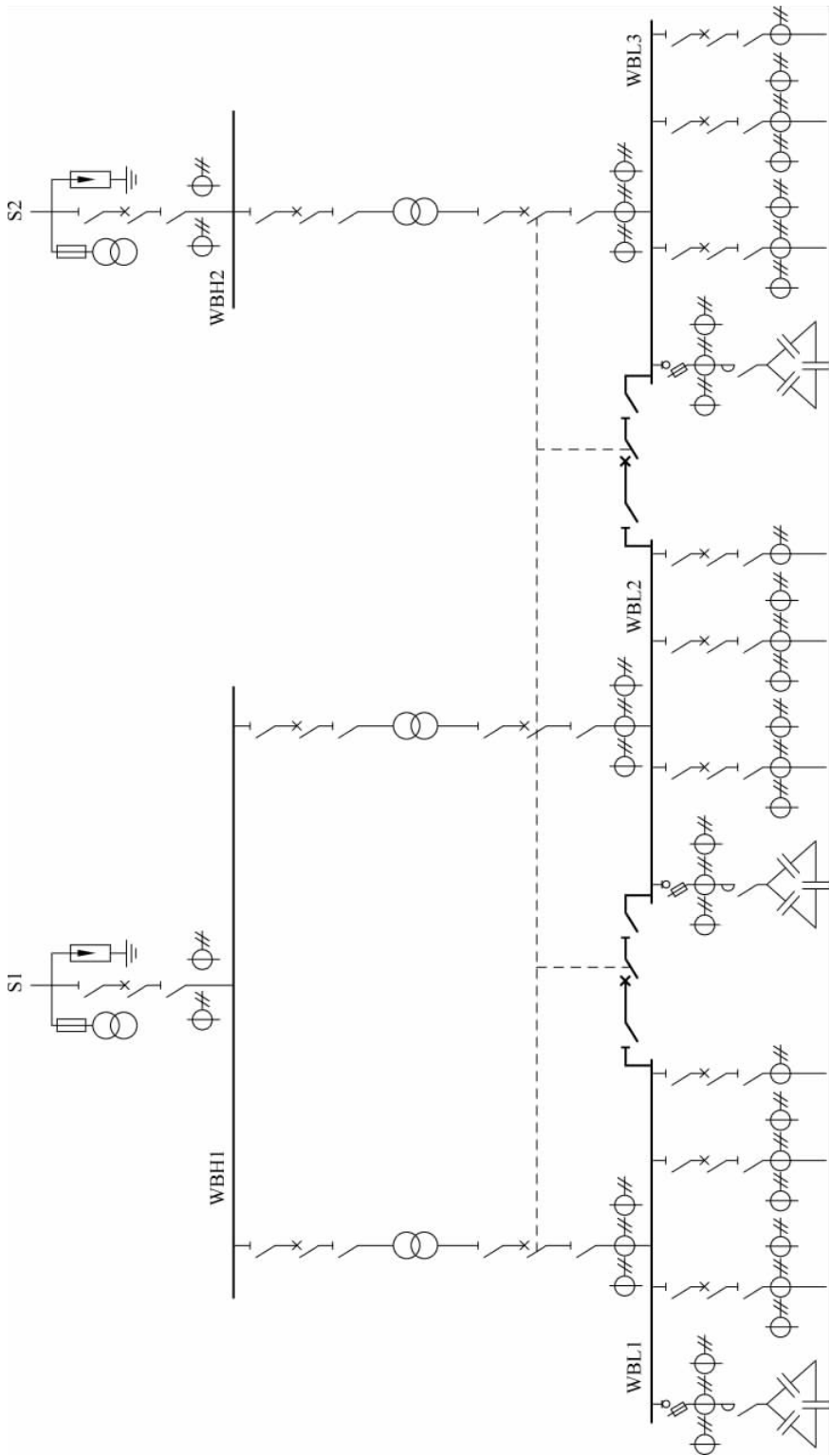


图 3-14 向一、二级负荷供电的主接线

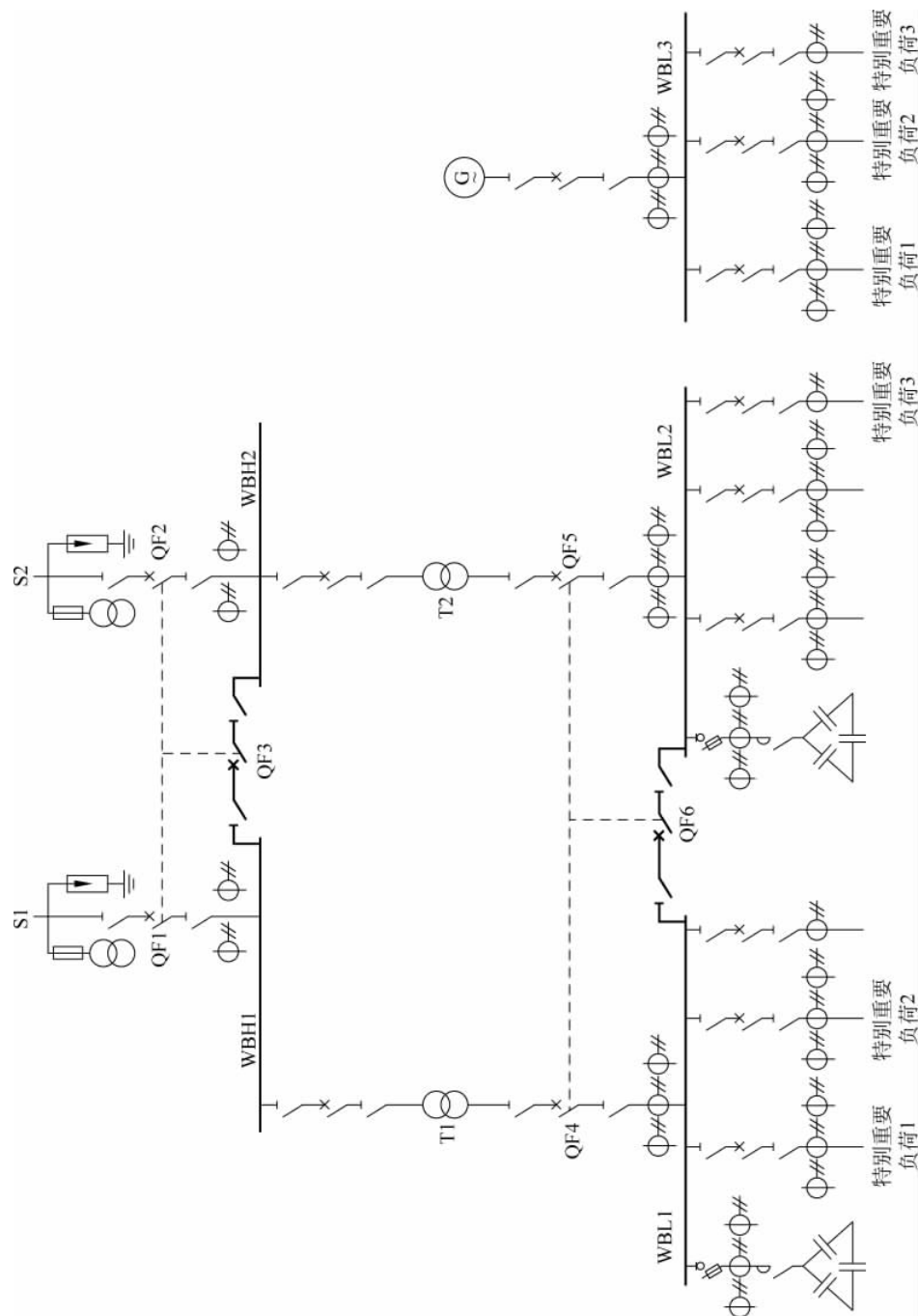


图 3-15 向特别重要负荷供电的主接线

3.4 高低压配电系统主接线配置图

高低压配电系统主接线配置图通常是采用各种规格的成套配电装置,将高低压配电系统的主接线方案按要求组合而成的主接线形式。成套配电装置又称成套开关柜(简称开关柜)。开关柜中以断路器为主,生产厂家根据电气一次主接线的要求,将保证主接线系统正常工作的二次回路电气设备(如控制电器、保护电器和测量电器等),以及母线、载流导体、绝缘子等装配在封闭的或开启的金属柜体中,作为电力系统中接受和分配电的配电装置。目前,10(6)kV 配变电所中的高低压配电装置大多数采用成套配电柜。

3.4.1 高压配电系统主接线图

高压配电系统主接线配置图由一系列高压开关柜组合而成,实现对高压电能的接受和分配。

1. 高压开关柜

高压成套配电装置又称高压成套配电柜或高压开关柜。根据高压配电系统主接线的不同要求,将高压电气主接线回路划分成若干单元,每个单元的断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器,以及保护、控制、测量等设备集中装配在一个整体柜内,形成高压开关柜。

高压开关柜按柜体结构形式可分为金属封闭铠装式、金属封闭间隔式、金属封闭箱式和敞开式等。按断路器的安装方式可分为固定式和手车式。按安装地点分为户外式和户内式。高压开关柜具有“五防”连锁功能,即防误分和断路器,防带负荷拉合隔离刀闸,防带电合接地刀闸,防带接地线合断路器,防误入带电间隔连锁功能。“五防”连锁功能常采用断路器、隔离开关、接地开关与柜门之间的强制性机械闭锁方式或电磁锁方式实现。

固定式开关柜中的断路器用螺栓固定安装在柜内,断路器两侧有隔离开关。如图 3-16(a)所示为 XGN 型号固定式高压开关柜。手车式高压开关柜将高压断路器、电压互感器等安装在可以开的小车上,当这些设备发生故障需要更换、检修时,可马上拉出,并把备用小车推



图 3-16 高压开关柜

入恢复供电。图 3-16(b)展示了 KYN28 系列金属封闭铠装移开式高压开关柜。其内部结构如图 3-17 所示。KYN 型号含义如图 3-18 所示。

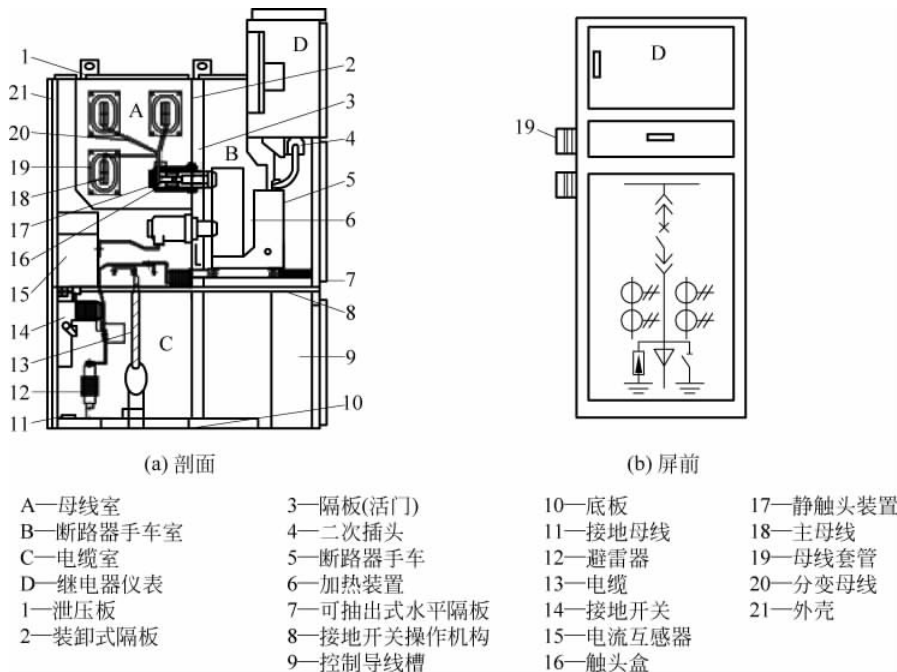


图 3-17 手车式高压开关柜结构示意图

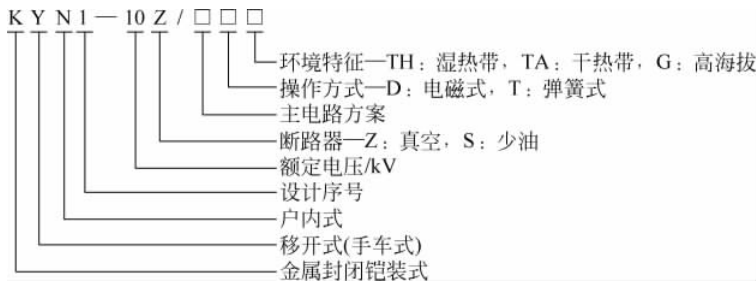


图 3-18 KYN 型号含义图

不同规格的开关柜内有不同的电气元件组合方案，同一种系列的开关柜由不同规格的开关柜构成。如 KYN1 系列高压开关柜的规格对应的柜内接线方案如图 3-19 所示。高压开关柜每一种规格即为一个单元，也就是说每个高压开关柜只有一个单元。

2. 主接线方案图与主接线配置图

高压配电系统主接线方案图和主接线配置图的电气原理是相同的，二者只是表达方式不同。主接线方案图表达电能接受和分配时的电源进线回路、单母线分段与不分段、出线回路等结构关系。主接线配置图是将合理的主接线方案通过各种开关柜的组合来实现主接线

的功能,可用于直接向开关柜厂家订货。因此,高压配电系统的主接线配置图通常也称为高压配电系统图,如图 3-20(a)和图 3-20(b)所示。

选用不同规格的开关柜作适当的组合就可构成一种主接线形式。高压开关柜具有结构紧凑,占地面积小,安装工作量小,使用和维修方便,且有多种接线方案可供选择,便于用户灵活选用。

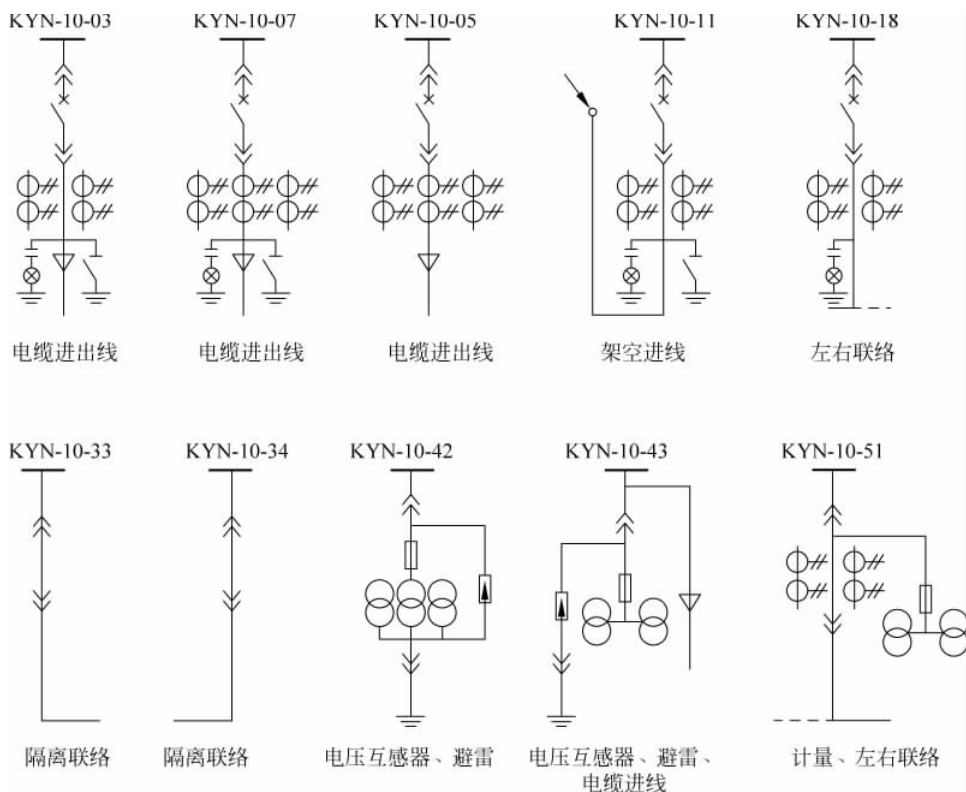


图 3-19 手车式部分高压开关柜内接线方案示意图

3.4.2 低压配电系统图

1. 低压开关柜

低压成套配电装置又称低压开关柜、低压配电柜或低压配电屏。低压开关柜按主接线方案将不同的电气元件组装在一个箱体内,在低压配电系统中作为动力和照明负荷的配电使用。按断路器是否能移动分类,可分为固定式和抽出式,如图 3-21 所示。

固定式是将断路器等各电气元件可靠地固定于柜体中确定的位置,柜体外形一般为屏式、箱式等。常用型号有 GGD 型。抽出式是断路器等主要电气元件装置在可移动的抽屉里,柜体可按标准模数 E (如 MNS 型的 $E=25\text{mm}$, GCS 型的 $E=20\text{mm}$) 灵活组装成不同规格的多个抽屉,每个抽屉为一个进出线回路数。常用型号有 GCK、GCS 和 MNS 等。固定

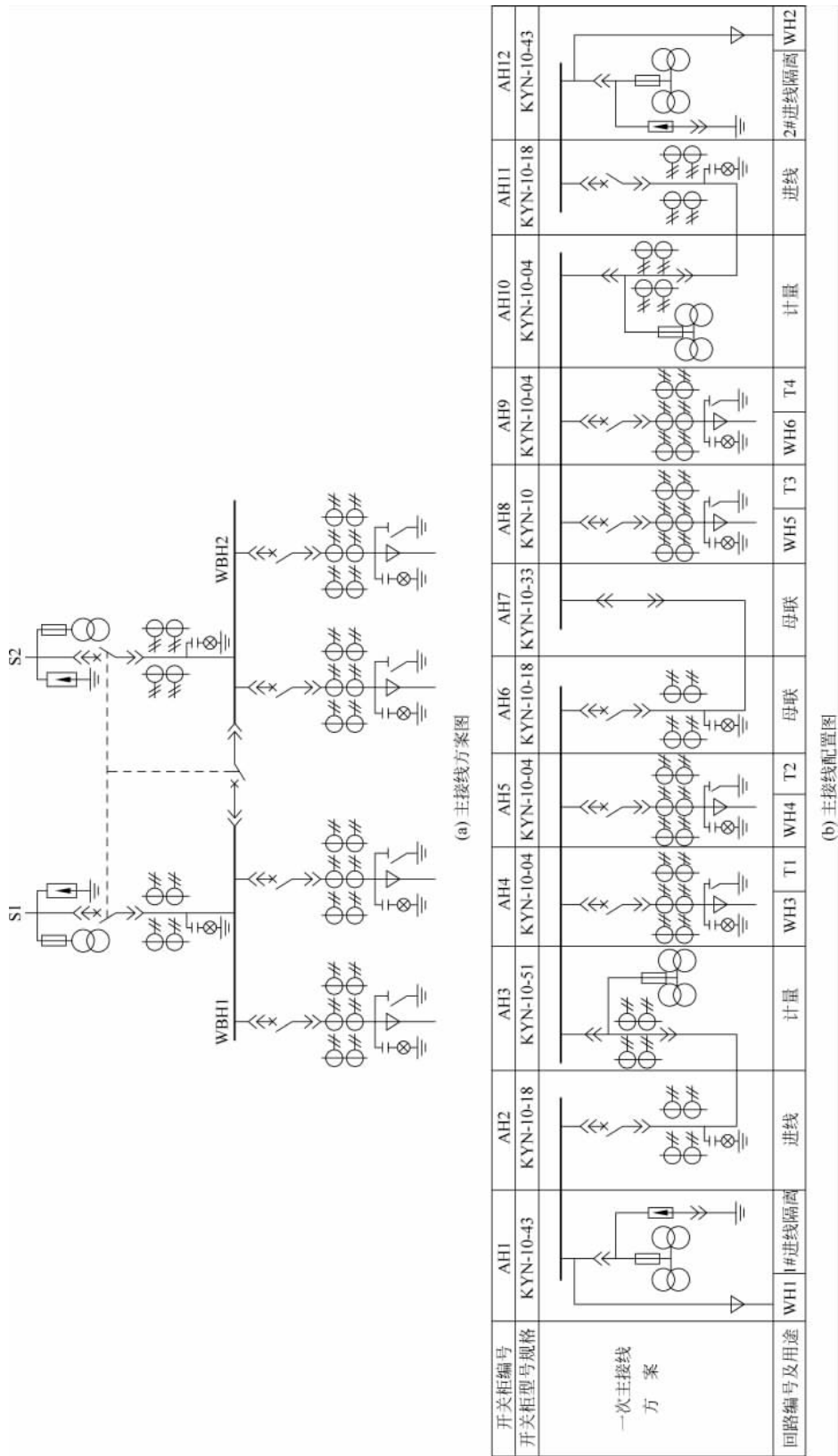


图 3-20 高压配电系统主接线方案图 and 主接线配置图

式开关柜相对抽出式开关柜出线回路较少,容量较大,单元之间不能任意组合,且占地较多。抽出式开关柜出线回路多,单元之间可以灵活组合,实现各种电气主接线方案,占地面积少,但造价高。

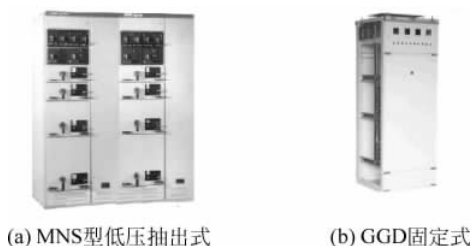


图 3-21 低压开关柜

同一系列的低压开关柜的方案规格可由各种不同的电气元件组成的,按照一次主接线方案要求,选择出各种规格的开关柜进行组合,能实现各种主接线方案功能。抽出式低压开关柜的一种方案规格可以占据一个单元或 $1/2$ 单元或 $1/4$ 单元,形成一个抽屉,实现一个进出线回路数,由多个单元组成一个柜体。如图 3-22 所示为 MNS 系列开关柜部分方案规格。

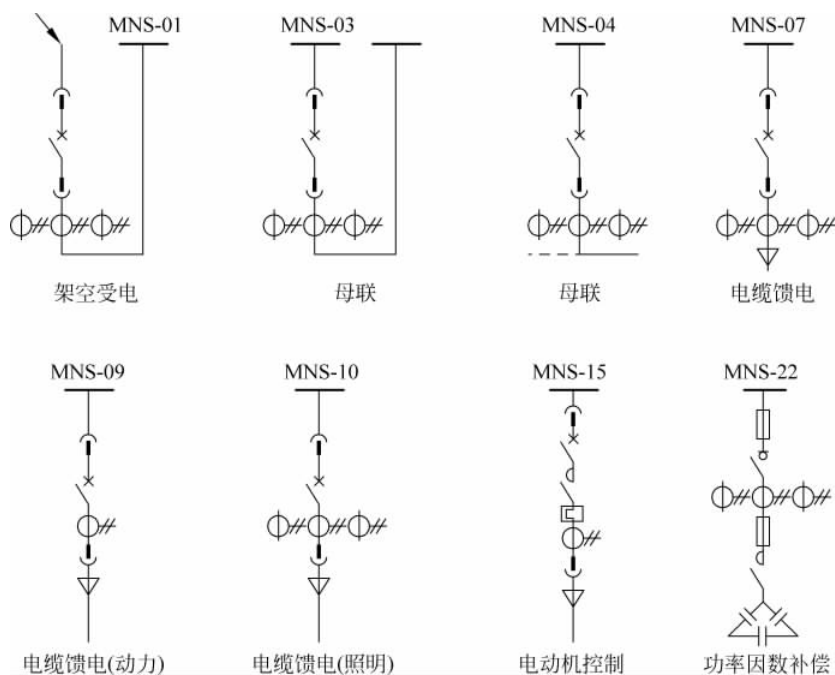


图 3-22 抽出式开关柜内部分一次主接线方案

2. 主接线方案图与主接线配置图

低压配电系统主接线方案图和主接线配置图如图 3-23(a)和图 3-23(b)所示。低压系统主接线配置图通常也称为低压配电系统施工图。

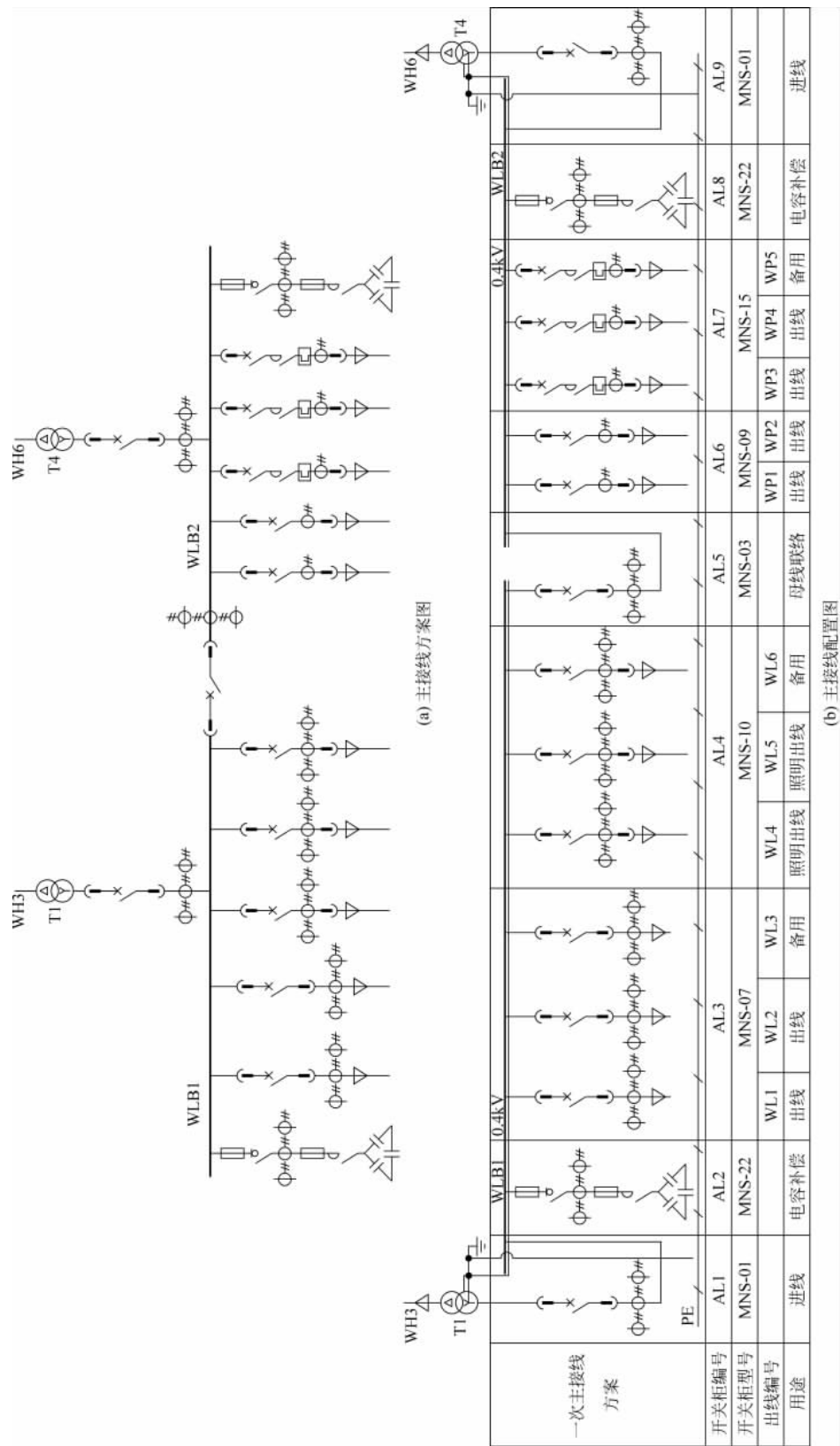


图 3-23 低压配电系统主接线方案和配置图

3.5 配变电所的布置

配变电所是将接受到的电能进行降压变换并从新分配的场所。配变电所中的主要设备有电力变压器、高低压开关柜、电容器柜以及各种测量仪表等装置。配变电所不包括 35kV 以上的变电所。配电所设有变压器来变换电压,只是接受和分配电能的场所,又称开闭所。

配变电所应根据工程特点、负荷性质、用电容量、所处环境、供电条件和节约电能等因素合理确定设计方案,并适当考虑发展的可能性。

3.5.1 配变电所位置的选择

合理地选择配变电所所址是智能建筑供配电系统能安全、有效、经济运行的重要保证。配变电所的位置应根据下列要求综合考虑确定。

- (1) 深入或接近负荷中心,并靠近电源侧。
- (2) 进出线方便。
- (3) 设备运输、安装方便。
- (4) 不应设置在有剧烈振动或有爆炸危险介质的场所。
- (5) 不应设置在厕所、浴室、地势低洼或可能积水场所的正下方或邻近的地方。
- (6) 不宜设置在多尘、水雾(如大型冷却塔)或有腐蚀气体的场所,当无法远离时,不应设在污染源的下风侧。
- (7) 不应设在厕所、浴室、厨房或其他经常积水场所的正下方,且不应与上述场所贴邻。相邻隔墙应做无渗漏、无结露等防水处理。
- (8) 配变电所为独立建筑物时,不应设置在地势低洼和可能积水的场所。

对于大型建筑物内的配变电所,可设置在建筑物的地下层,但不宜设在最下层,并应根据环境要求加设机械通风、去湿设备或空气调节设备。当地下只有一层时,还应采取预防洪水、消防措施,还应采取措施防止积水从其他渠道淹渍配变电所。

民用建筑宜集中设置配变电所,当供电负荷较大,供电半径较长时,可根据情况分散设置。住宅小区可设置独立式配变电所,也可选用户外预装式配变电所。

3.5.2 配变电所的形式

配变电所的形式按结构形式可分为室外式、室内式、半室内式和预装式。按配变电所所处位置可分为独立式、附设式、建筑物室内式、杆上式或高台式和组合式等。

1. 独立式配变电所

独立式配变电所是一个独立的建筑物或构筑物。这种配变电所可以使用带可燃性绝缘油的电气设备,适用于大型区域变电站,以及较为分散的多层建筑物。

2. 附设式配变电所

这种配变电所需要借助建筑物的一部分墙体,附设在建筑物上的配变电所。根据与建筑物的关系可分为内附式和外附式两种。内附式设于建筑物内与建筑物共用外墙,这种方

式能保持建筑物的外观整齐,但需要占用一定的建筑面积。外附式设于建筑物外与建筑物共用一面墙,这种附设方式不需占用建筑物内部面积,但会影响建筑物的外观形象。一般工厂车间配变电所常采用附设式。大型民用建筑采用这种方式时,常与冷冻机房、锅炉房等建筑物附设在一起。

3. 建筑物室内配变电所

这种配变电所设于建筑物的地下室、一层或设备层等部位,为高层或多层建筑物的冷冻机房、水泵房和照明系统等用电设备供应电能。

4. 杆上式或高台式配电所

变压器设置于杆塔上或设在专门的变压器台墩上的室外变电所,其安装容量应小于315kVA,适用于农村、中心城镇居民和工厂生活区。

5. 组合式配变电所

组合式成套变电站又称箱式变电站。箱式变电站将高压开关设备、配电变压器、低压配电装置,以及自动化系统、通信、计量、电容补偿及直流电源等电气单元,按一定的主接线方案组合在一起,安装在一个钢结构全封闭的箱体之内。箱式变电站具有技术先进,安全可靠,自动化程度高,组合方式灵活,投资省见效快,占地面积小和外形美观等特点。适用于城市居民住宅小区、车站、港口、机场、公园、绿化带等人口密集地区,它既可作为固定式配变电所,也可作为移动式配变电所,具有点缀和美化环境的作用。

3.5.3 配变电所的结构与布置

本节主要介绍智能建筑物室内配变电所的结构与布置。室内配变电所主要由高压配电室、低压配电室、变压器室、电容器室、控制室、值班室等构成。配变电所的布置方案应根据建筑物的分布情况,以及周围环境条件和用电负荷密度综合确定。

1. 结构布置总体要求

(1) 配变电所的布置设计时应考虑进出线方便,结构紧凑,安装和运行维护方便,并确保人身和设备的安全,考虑发展的可能性。

(2) 低压配电室应靠近变压器室,电容器室宜与变压器室及相应电压等级的配电室相毗邻,控制室、值班室、维修室和辅助房间的位置应方便工作人员使用。

(3) 尽量利用自然采光和自然通风,变压器室和电容器室尽量避免夕晒,控制室尽可能朝南。

(4) 配电室、变压器室和电容器室的门应设向外开启的防火门,通往配电室其他房间的门应双向开启或向低压方向开启。

(5) 可燃性油浸变压器、充有可燃油的高压电容器和断路器宜设置在高层建筑物外的专用房间内,形成独立配变电所。与其他建筑物之间的防火距离,必须符合现行相关的国家标准。当受条件限制必须布置在高层建筑或其裙房内时,变压器室应布置在首层或地下一层靠外墙的部位,并应设直接向外的安全出口。外墙开口部位的上方,应设置宽度不小于1.0m的非燃烧体的挑檐。可燃油油浸变压器总容量不应超过1250kVA,单台容量不应超过630kVA。

(6) 配变电所设于地下室时,应满足房间高度、跨度及设置电缆沟的要求。应注意以下

事项。

- ① 严禁设置装有可燃性油的电气设备的配变电所。
- ② 高层建筑地下层配变电所的位置,宜选择通风散热良好的场所,并应设置散热措施。地面宜抬高 100~300mm,以防止地面水流入配变电所内。
- ③ 配变电所宜设置不少于两个出口,其中一个门的高度与宽度能垂直搬进高压配电柜,至少有一个出口通向室外、公共走廊或楼梯间的出口。室内通道应保持畅通,不应设置门槛。配变电所内不应有与之无关的管路和线路通过。
- ④ 高层建筑的配变电所宜设置在地下一层或首层。当建筑物高度超过 100m 时,也可将配变电所设置在高层区的避难层或设备层中,严禁选用带可燃性油的电气设备。
- ⑤ 采用干式变压器、无油断路器的配变电所,其高压开关柜、变压器、低压开关柜等设备可以设置在同一个房间内,也可以分室布置。具有 IP3X 防护等级外壳的不带可燃性油的电气设备可以靠近布置。

在地下室或建筑内部的变压器室,当自然通风条件差时,应设置机械通风。在温度高、湿度大的地区,有条件时可设置空调,以改善变压器的运行条件。如图 3-24~图 3-26 为配变电所布置的几种方案。

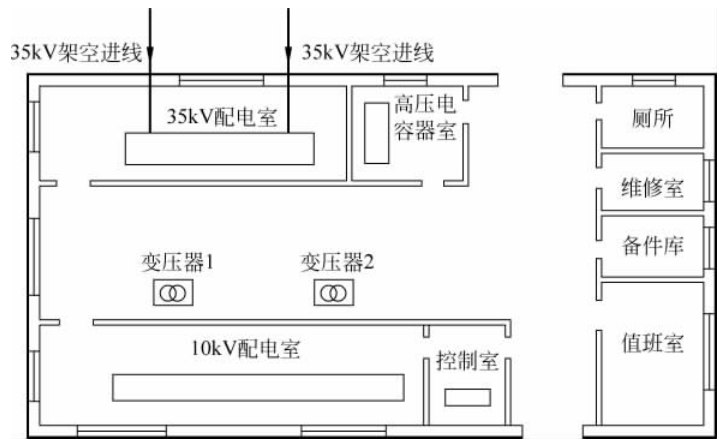


图 3-24 35/10kV 变电所布置方案

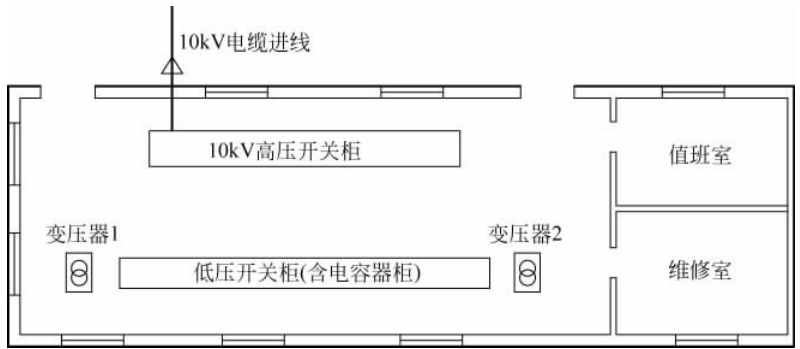


图 3-25 10/0.4kV 配变电所的布置方案(采用无油设置)

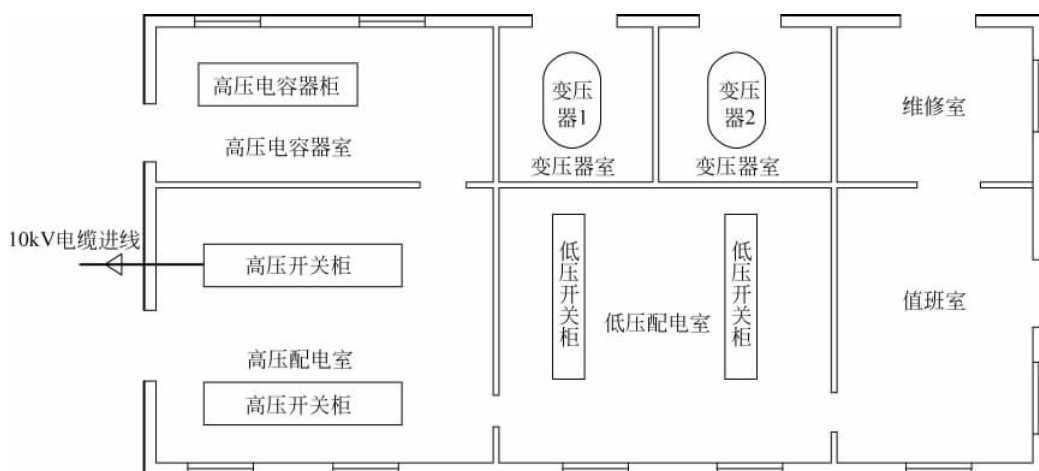


图 3-26 10/0.4kV 配变电所布置方案(采用可燃油设备)

2. 高压配电室的布置

图 3-27 为高压配电室的一种布置方式。高压配电室的布置需要满足相关规定的各项要求。

(1) 高压配电室一般只装高压配电设备,尽可能采用成套配电装置(即高压开关柜),其型号应一致。配电装置应按主接线的要求装设连锁和闭锁装置,以防止因误操作而导致事故的发生。

(2) 带可燃油的高压配电装置宜装设在单独的高压配电室内。当高压开关柜的数量为6台及以下时,可与低压配电装置设置在同一房间内。

(3) 在同一房间内单列布置的高低电压开关柜,当开关柜的顶面无封板时,两者之间的净距不应小于2m。当开关柜的顶面封闭外壳的防护等级符合IP2X时,两者可以靠近布置。

(4) 高压配电室内的高度应考虑设备高度及上进上出、下进下出、上进下出、下进上出等进出线方式,以及母线桥架等因素。一般配电装置距屋顶(除梁外)不小于0.8m,距梁下不小于0.6m。

(5) 在室内配电装置裸露带电体的上面不应有明敷的照明或动力线路跨越。配电装置之间或距地等各项净距不应小于所规定的最小安全距离。

(6) 高压配电室内的各种通道的宽度应不小于表3-3所规定的数值。开关柜侧面离墙净距不应小于200mm,背面离墙不应小于50mm。

(7) 当电源从柜后进线,需要在屏后墙上安装隔离开关及其操作机构时,在柜后维护通道的净宽应不小于1.5m,若柜后封板的防护等级为IP2X时,可减至1.3m。

(8) 当10kV裸导体离地距离小于2500mm(35kV距地2600mm)时,可用遮栏隔断,但遮栏距地高度不应小于1900mm。高压电缆自电缆沟沿墙上引时采用电缆托架,在电缆托架的正面用铁丝网保护。

(9) 配电装置的长度大于6m时,其柜后通道应设有两个出口。配电室长度大于7m时,应设有两个出口,并宜布置在配电室的两端。长度大于60m时,宜增加一个出口。

(10) 高压开关柜下设地沟时,其沟深应考虑电缆的弯曲半径和电缆数量。一般情况下,沟深为1.0~1.5m,地沟的宽度不应小于0.8~1.0m。电缆沟底应有1%~3%的坡度,坡度应向集水坑或集水沟倾斜。当设有可以进入的电缆夹层时,夹层高度不应小于1.8m。

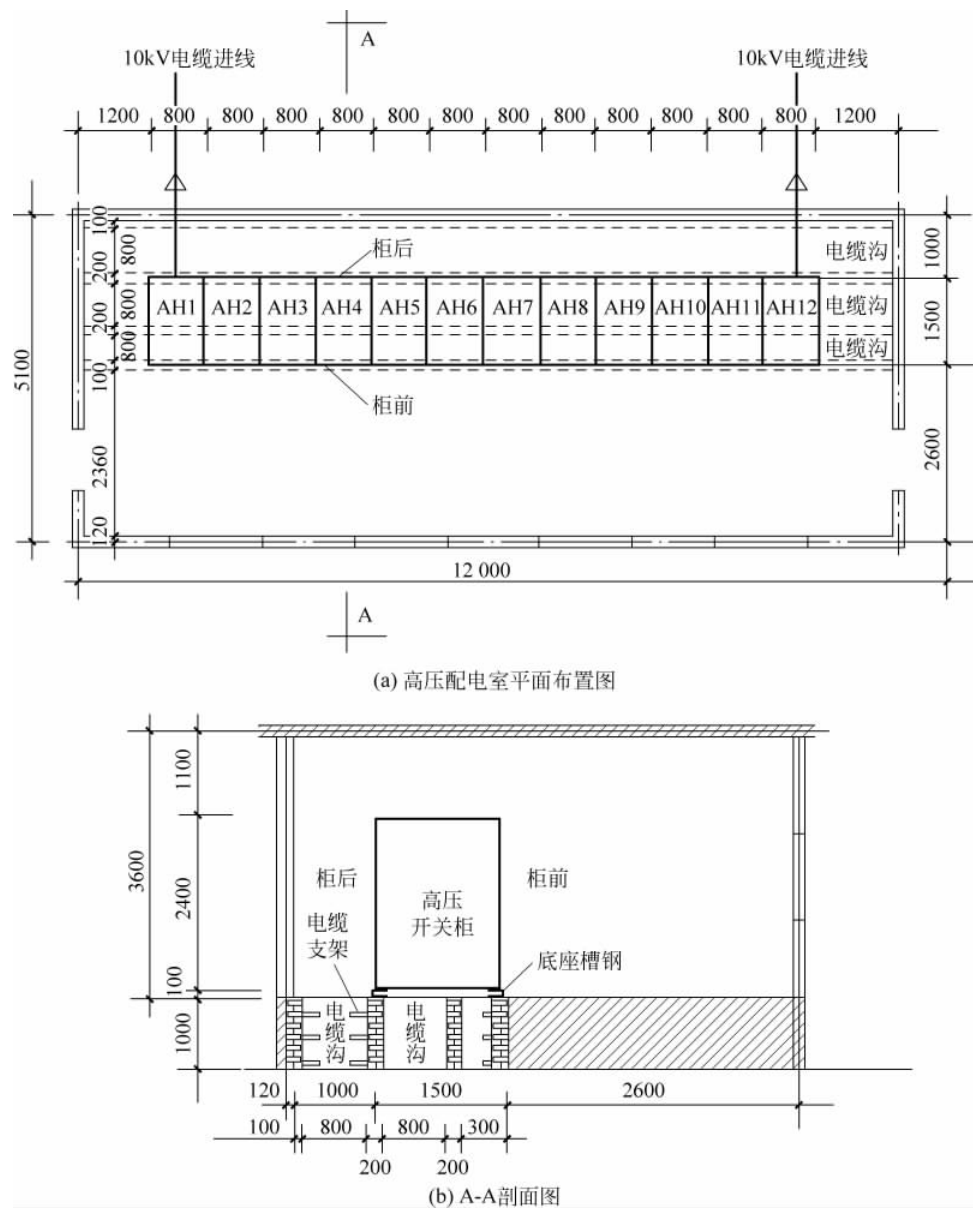


图 3-27 高压配电室平面及剖面图

表 3-3 高压配电室内各种通道的最小安全净距宽度 mm

通道分类	柜后维护通道	柜前操作通道	
		固定柜	手车柜
单列布置	800(1000)	1500	单车长+1200
双列面对面布置	800	2000	双车长+900
双列背对背布置	1000	1500	单车长+1200

注：表内括号内的数字适用于 35kV 开关柜。

(11) 高压配电室应设有消防器材,必要时设置气体灭火装置。

3. 变压器室的布置

(1) 每台油量在 100kg 以上的三相油浸式变压器,应设在单独的变压器室内,宽面推进的变压器,低压侧宜向外,窄面推进的变压器,油枕宜向外。

(2) 油浸式变压器的外廊(包括防护外壳)与变压器室的墙壁、门的最小净距如表 3-4 所示。

表 3-4 可燃油油浸变压器外廊与变压器室墙壁和门的最小净距

变压器容量/kVA	100~1000	1250~1600 及以上
变压器与后墙及侧墙净距/m	0.6	0.8
变压器与门净距/m	0.8	1.0

(3) 设置于配变电所内的非封闭式(无防护外壳)干式变压器,宜安装在单独的变压器室内,并应加金属网状遮栏。遮栏网孔不应大于 40mm×40mm,遮栏高度不低于 1.7m。变压器之间的净距不应小于 1m,并应满足巡视和维修要求。干式变压器外壳与变压器室的墙壁、门的最小净距如表 3-5 所示。

表 3-5 干式变压器外壳与变压器室墙壁和门的最小净距

变压器容量/kVA	100~1000	1250~2500
干式变压器带有 IP2X 及以上的防护等级金属外壳与后墙、侧墙的净距/m	0.6	0.8
干式变压器带有 IP2X 及以上的防护等级金属外壳与门的净距/m	0.8	1.0(1.2) ^①
干式变压器有金属网状遮栏与后墙、侧墙的净距/m	0.6	0.8(1.0) ^②
干式变压器有金属网状遮栏与门的净距/m	0.8	1.0(1.2) ^②

注：① 括号中的数据适用于 35kV 变压器。
② 括号中的数据适用于 2000~2500kVA 变压器。

(4) 如图 3-28 所示,多台干式变压器布置在同一个房间内时,变压器防护外壳间的净距不应小于表 3-6 规定的距离。

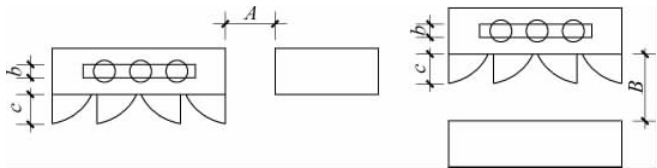


图 3-28 变压器防护外壳(IP2X)间距

表 3-6 变压器外壳防护之间的最小净距 m

变压器容量/kVA		100~1000	1250~1600	2000~2500
变压器带有 IP2X 及以上的防护等级金属外壳	A	0.6	0.8	1.0
变压器带有 IP3X 及以上的防护等级金属外壳	A	可以贴邻布置		
考虑变压器外壳之间有一台变压器拉出防护外壳	B	b+0.6	b+0.6	b+0.8
不考虑变压器外壳之间有一台变压器拉出防护外壳	B	1.0	1.2	1.4

注：变压器外壳门可以拆卸时,B=b+0.6。当变压器外壳门不可以拆卸时,其 B 值应是门扇宽度 C 加上变压器宽度 b,再加上 0.3m,即 B=c+b+0.3。

- (5) 当变压器外壳防护等级为 IP2X 时,与低压开关柜的间距不宜小于 0.8m。
- (6) 变压器室内可安装与变压器有关的负荷开关、隔离开关和熔断器。在考虑变压器布置以及高低压进出线位置时,应尽量使负荷开关或隔离开关的操作机构安装在门口附近。
- (7) 变压器室应设置通风窗,通风窗应采用非燃烧材料,并满足通风面积要求。变压器室的面积应考虑所带负荷发展的可能性,一般按能装设大一级容量的变压器考虑。
- (8) 车间配变电所和民用主体建筑内的附设配变电所的可燃性油浸变压器室,应设置容量为 100%变压器油量的储油池。通常的做法是在变压器油坑内设置厚度大于 250mm 的卵石层,卵石层的下面设置储油池,或者利用变压器油坑内的卵石层之间的缝隙作为储油池。

4. 低压配电室的布置

如图 3-29 所示为低压配电室的一种布置方式。低压配电室的布置需要满足相关规定的各项要求。

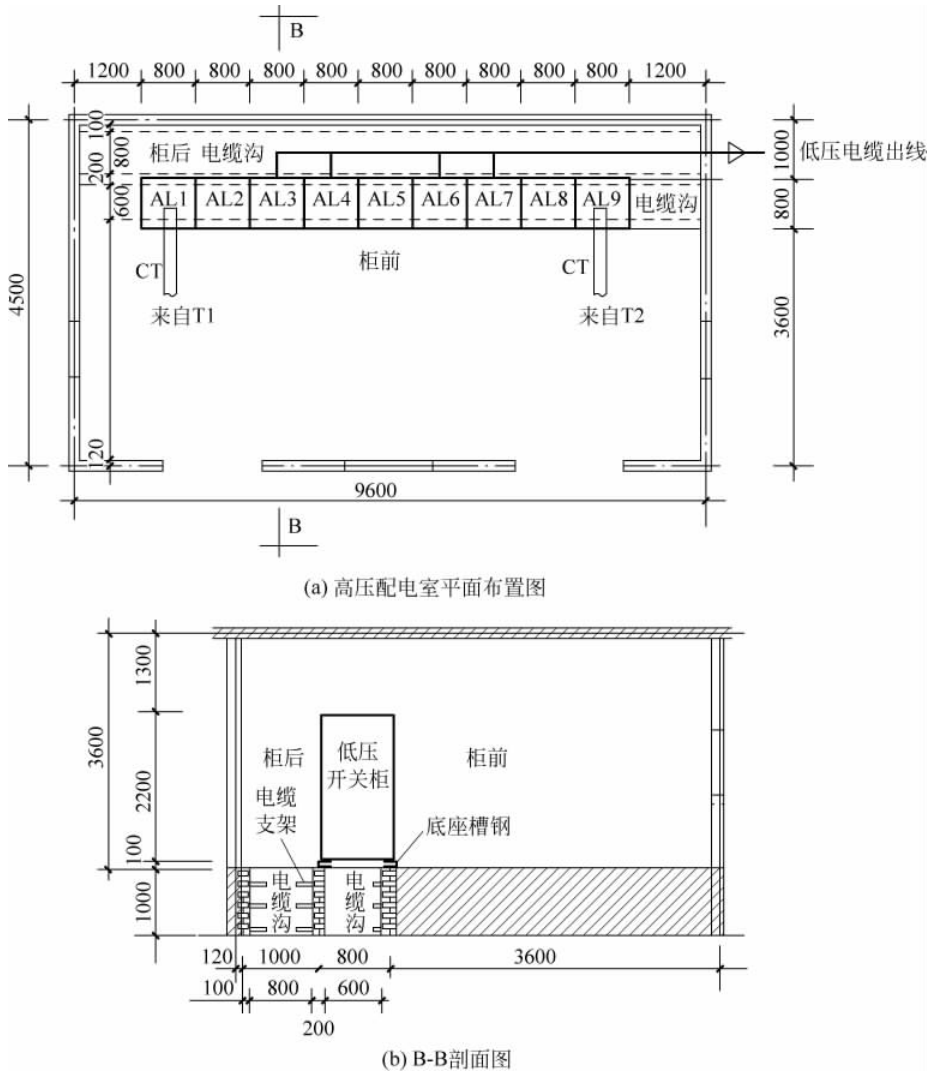


图 3-29 低压配电室平面及剖面图

(1) 低压配电室的长度超过 7m 时,应设两个出口,并宜布置在配电室的两端。

(2) 成排布置的低压开关柜,其长度超过 6m 时应在柜后面的通道上设置两个通向本室或其他房间的出口,并宜布置在通道的两端。当两个出口间的距离超过 15m 时,应增加一个出口。

(3) 成排布置的低压开关柜,其柜前(屏前)和柜后(屏后)的通道净宽不应小于表 3-7 所列数据。各种布置方式的屏端通道不应小于 0.8m。

表 3-7 低压开关柜(屏)前后通道净宽(最小宽度)

m

布置方式 装置种类	单排布置		双排对面布置		双排背对背布置	
	屏前	屏后	屏前	屏后	屏前	屏后
固定式	1.5	1.0	2.0	1.0	1.5	1.5
抽屉式	1.8	1.0	2.3	1.0	1.8	1.0
控制屏	1.5	0.8	2.0	0.8	—	—

注:当建筑物墙面遇有柱类局部凸出时,凸出部位的通道宽度可减少 0.2m。

(4) 低压配电室通道上方裸露带电导体距地面的高度不应低于下列数值。

① 柜(屏)前通道内为 2.5m,当母线加防护网后,防护网不应低于 2.2m;

② 柜(屏)后通道内为 2.3m,加防护网后防护网距地不应小于 1.9m。

(5) 低压开关柜下面的电缆沟深度一般宜为 0.8~1.2m,柜下及柜后的电缆沟总宽度不小于 1.5m。低压配电室在建筑物内部及地下室时,可采用提高地坪的方法。低压配电室高度受限制时,可不设电缆沟,电缆可以从柜顶引至电缆托架铺设。

(6) 供给一级负荷的两路电缆不应铺设在同一电缆沟内。当无法分开铺设时,应采用耐火电缆或矿物绝缘型电缆,且应分别布置在电缆沟的两侧支架上。

(7) 同一配电室内向一级负荷供电的两段母线,在母线分段处应有防火隔断措施。

(8) 低压配电室兼作值班室时,开关柜的屏正面离墙距离不宜小于 3m。

(9) 低压配电室的高度应和变压器室综合考虑。当低压配电与抬高地面的变压器室毗邻时,配电室高度宜为 4~4.5m。当低压配电室与不抬高地面的变压器室毗邻时,配电室高度宜为 3.5~4m。配电室为电缆沟进出线时,其高度不应小于 3m,且低压开关柜顶距屋顶不应小于 0.8m,距梁底不应小于 0.6m。

5. 静电电容器室的布置

(1) 高压电容器室宜安装在单独的房间内。当电容器柜的台数少于 4 台时,可以布置在高压配电室内,但距高压开关柜的距离不小于 1.5m。

(2) 低压电容器柜一般应与低压开关柜并列安装。当电容器容量较大(3 台或 450kVar)考虑通风和安全运行时,宜装设在单独房间内。

(3) 当电容器回路的高次谐波含量超过规定允许值时,应在回路中设置抑制谐波的串联电抗器。

(4) 设置在民用建筑中的低压电容器应采用非可燃性油浸式电容器或干式电容器。

(5) 电容器室应具有良好的自然通风,采用上部出风,下部进风,可按每 1000kVar 需要下部进风面积为 0.6m^2 ,上部出风面积为 $0.2\sim 0.4\text{m}^2$ 估算。低压电容器室的通风面积加大 $1/3$ 。

(6) 成套电容器柜单列布置时,柜的正面操作通道宽度不应小于 1.5m,双列布置时不应小于 2m。电容器室长度大于 7m 时应设有两个出口门,并布置在两端。

6. 控制室的布置

只有当配变电所规模较大时才设置控制室。

(1) 控制室的位置应选择运行方便、电缆较短和朝向良好的房间。一般毗邻于高压配电室。

(2) 控制室内设置集中的事故信号和预警信号。主要设备有控制屏、信号屏、所用电屏和直流电源屏,这些构成主屏。根据要求还有电能表(或测量)屏和保护屏。

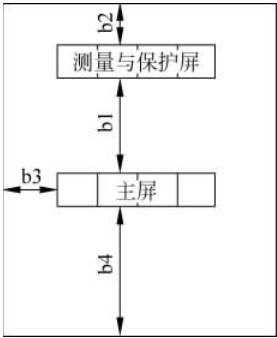
采用计算机监控的控制室内应设置操作台、光电动态显示模拟盘、所用电屏和直流电源屏。操作台上一般设有计算机、打印机、专用通信设备、模拟盘控制专用计算机和 UPS 电源等。

(3) 屏的排列方式视屏的数量而定。正面布置控制屏和信号屏(或操作台),侧面或正面的上方布置所用电屏和直流电源屏。控制屏的模拟接线应清晰,尽量与实际配置相对应。

(4) 控制室应有两个出口,门不宜直接通向室外,宜隔以走廊或套间。控制室高度及电缆沟的处理,可以与低压配电室相同。

(5) 控制室内各屏之间以及通道宽度参见表 3-8,设计时可根据情况适当调整。

表 3-8 控制室各屏间及通道宽度

布 置 简 图	名 称	一般值	最小值
	屏正面对平背面 b1/mm		2000
	屏背面对墙 b2/mm	1000	800
	屏侧面对墙 b3/mm	1000	800
	主屏正面对墙 b4/mm	3000	2500
	单排布置主屏正面对墙/mm	2000	1500

7. 值班室及维修室

(1) 值班室及维修室的设置应根据工程的规模大小和具体要求而定,其位置应以出入方便,便于管理为原则。

(2) 值班室与控制室合用时,应考虑宜使控制线路最短并避免交叉。

(3) 当设有值班桌时,控制屏正面的操作通道宽度不应小于 3m。

(4) 值班室应选择良好的朝向和足够的采光面积。宜设置空调、厕所、上下水道等必要的生活措施。

(5) 值班室的地面应与配变电所的地面相同。

3.5.4 户外箱式变电站的布置

户外箱式变电站主要由高压配电装置、变压器、低压配电装置等三个主要部分组成。布置方式一般有“目”字形和“品”字形两种,如图 3-30 所示。

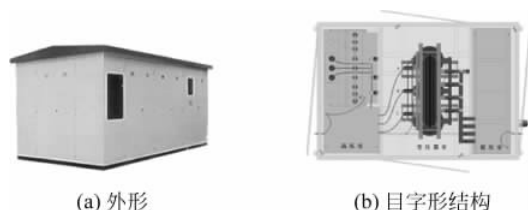


图 3-30 箱式变电站结构示意图

(1) 户外箱式变电站的位置应考虑对周围环境的影响,宜设置在安全、隐蔽、进出线方便的地方。距人行道边不宜小于 1m,距主体建筑物不宜小于 1.5m。

(2) 箱式变电站的容量,不宜大于 1250kVA。

(3) 箱式变电站的一次高压主接线可以是专用回路,也可以是双路干线方式或环网供电方式。

(4) 箱式变电站的进出线宜采用电缆方式。高压应选交联聚乙烯电缆,低压应选全塑或交联聚乙烯电缆。

(5) 户外箱式变电站的下部宜设有电缆沟,沟室深度净高不宜低于 1.5~1.8m,并宜设人孔。基础台标高不低于 300mm,基础外设接地网,接地极接头露在电缆沟内,其安装示意如图 3-31 所示。

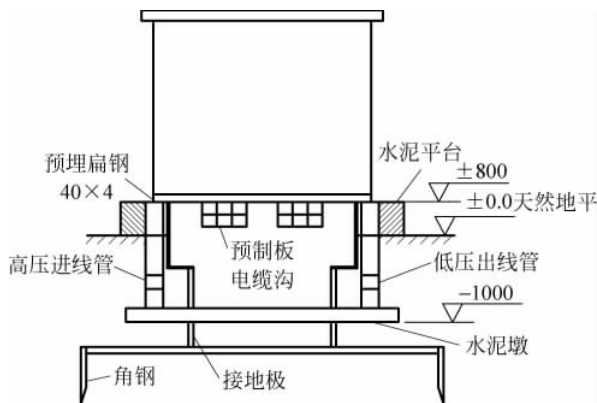


图 3-31 箱式变电站安装示意

3.6 柴油发电机房的布置

柴油发电机房主要由发电机间、控制及配电间、储油间、储藏间、送风井、排风排烟井等组成。柴油发电机房的布置,除满足正常的使用功能外,还需根据相关规定满足采光、通风、

防火、减震、消音和隔音等方面的要求。

3.6.1 柴油发电机房位置的选择

(1) 在民用建筑中,自备柴油发电机房的位置应设在首层、地下一层或地下二层。仅供特别重要负荷用电时,应靠近用户中心。供特别重要负荷和消防负荷用电时,则应靠近配变电所,并做好防潮、进风、排风、排烟、消音、减震等设施。

(2) 机房位置宜靠近一级负荷或配变电所。

(3) 机房位置不应设在厕所、浴室、水池下方,也不能与水池相邻。柴油发电机房设在地下室时,应满足以下要求。

① 不应设在四周均无外墙的房间,至少应有一侧靠外墙。热风 and 排烟管道应伸出室外,机房内应有足够的新风进口,气流分布应合理。

② 应考虑设备吊装、搬运和检修等问题,根据需要留好吊装孔。

③ 对机组和其他电气设备,应处理好防潮、消声和冷却等问题。

3.6.2 柴油发电机房的布置

如图 3-32 所示为散热器冷却的柴油发电机房的结构布置示意图。应根据有关要求,考虑机组的启动用蓄电池、控制装置、排烟、排风(热风)冷却等设施的位置。

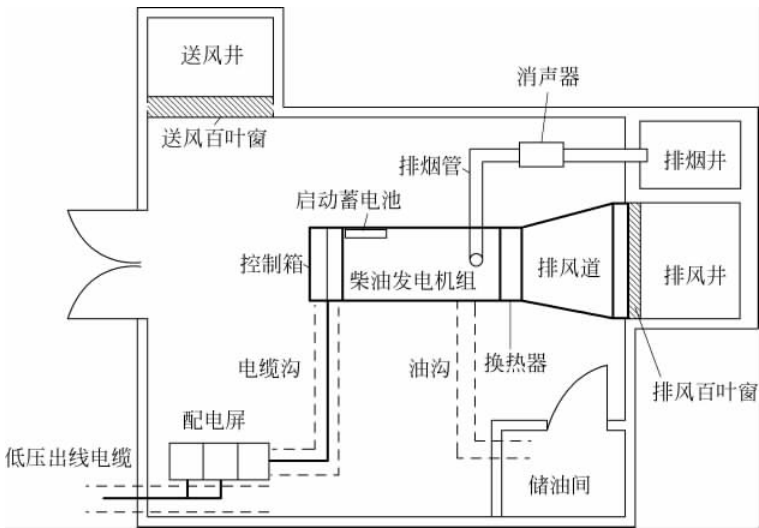


图 3-32 柴油发电机房布置示意

(1) 机房布置应符合机组运行工艺的要求,力求紧凑、经济合理、运行安全和便于维护。

(2) 机房中发电机组外轮廓距墙和屋顶应满足设备搬运、就地操作、维护检修的需要,并应不小于表 3-9 所列数据。机房内机组布置如图 3-33 所示。

(3) 机房与配电室或控制室毗邻时,宜将发电机的出线端及电缆沟布置在配电室或控制室侧。

表 3-9 柴油发电机组之间及机组外廓与墙壁之间的净距

容量/kW 项目	64 以下	75~150	200~400	500~1500	1600~2000
机组操作面 A/m	1.5	1.5	1.5	1.5~2.0	2.0~2.5
机组背面 B/m	1.5	1.5	1.5	1.8	2.0
柴油机端 C/m	0.7	0.7	1.0	1.0~1.5	1.5
机组间距 D/m	1.5	1.5	1.5	1.5~2.0	2.5
发电机端 E	1.5	1.5	1.5	1.8	2.0~2.5
机房净高 H	2.5	3.0	3.0	4.0~5.0	5.0~7.0

注：当机组按水冷方式设计时，柴油机端距离可适当缩小；当机组需要做消声工程时，尺寸应另外考虑。

(4) 当控制屏和配电屏布置在机房中时，应布置在发电机端或发电机侧。屏前距发电机端的操作通道不应小于 2m，屏前距发电机侧的操作通道不应小于 1.5m，屏后离墙宜为 0.8~1.0m。起动蓄电池安装在机组基础上。

(5) 单机容量小于 500kW 的装集式单台机组可不设控制室。单机容量大于 500kW 的多台机组宜设控制室。

(6) 控制室内的控制屏单列布置时，其正面操作通道宽度不宜小于 1.5m；双列布置时，不宜小于 2.0m。

(7) 控制室长度大于 7m 时，应在两端设有两个出口，门应向外开启。

(8) 发电机配电屏的引出线宜采用耐火型铜芯电缆、耐火型封闭式母线或矿物绝缘电缆。控制线路、测量线路、励磁线路应选用铜芯控制电缆或铜芯电线。

(9) 控制线路、励磁线路和电力线路宜穿钢管理地敷设或采用电缆沟敷设，沟内应有排水和排油措施。

(10) 柴油发电机房的送风口设置宜正对发电机端或发电机两侧。进风口面积不宜小于散热器面积的 1.6 倍。当周围环境对噪音要求高时，宜作消声处理。

(11) 机房排风口(热风)设置宜靠近且正对柴油机散热器，其连接处应采用软接头连接。排风口面积不宜小于散热器面积的 1.25~1.5 倍。当机组设在地下室时，排风管无法平直需拐弯引出时，拐弯不宜超过两处。非增压柴油机应在排烟管装设消声器。

(12) 为减少机组运行时所产生的噪声和排除烟气对环境的污染，可采用高空直排或在机房内(外)设置消声消烟池。

(13) 机房内设置的日用储油箱的储油量不应超过 8.0h 燃油量，油箱最低油位宜高于发电机射油泵，以便自留到柴油机内。当油量大于 500L 时，应设置储油间。当大于 1000L 时，应放置在主体建筑外，应采取相应的防火措施。

(14) 柴油机采用闭式循环系统时应设置膨胀水箱，其装设位置应高于柴油机冷却水的最高水位。两台柴油发电机组机房布置示例如图 3-34 所示。

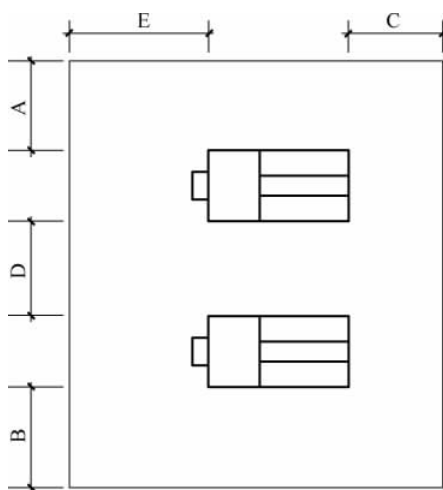


图 3-33 柴油发电机组布置示意

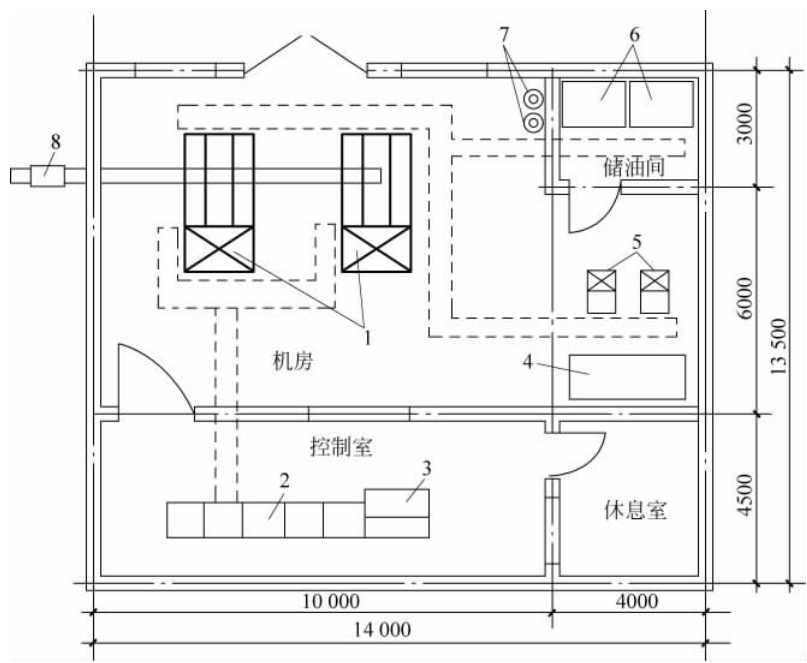


图 3-34 两台柴油发电机组机房布置示例

1—柴油发电机组；2—配电屏；3—控制台；4—调温水箱；5—水泵；6—储油箱；7—气体灭火储气瓶；8—消声器

3.7 供配电系统的配电网络

供配电系统的配电网络方式是指由电源端向负载端输送电能的网络形式。对于作为负荷端的用户来说,电源端就是指配变电所。配变电所向电能用户供电时,通常采用的基本方式有放射式、树干式和环式以及由这三种方式派生出的其他形式构成的配电网络。

3.7.1 高压配电网络

对民用和企业的电能用户而言,高压配电网络是指 1kV 及以上的高压电力线路。配电电压等级通常为 10kV。当进行经济论证有显著优越性时才采用 6kV 电压。

1. 放射式配电网络

放射式配电网络是指每一用电点采用专线供电。放射式配电网络又常分单回路、双回路和带公共配用线的放射式。

1) 单回路放射式

单回路放射式由电源向用户采用一对一直接配电方式,每条线路指向一个用户点供电,各用户之间没有任何电气联系,如图 3-35(a)所示。

这种配电网络供电可靠性较高,当任意一回线路发生故障时,不影响其他回路供电,线路操作灵活方便,继电保护简便,易于实现保护和自动化。这种配电网络可用于对容量较大,位置较分散的三级负荷供电。

2) 双回路放射式

每个用户均由双回路放射式供电。双回路放射式配电网络可将电源端接于不同的电源系统,以保证电源线路同时备用。当一个电源或一个线路故障时,可由另一个电源或另一条回路向用电负荷供电。这种配电网络供电可靠性高,但使用设备多,投资大,出线多,操作维护都较复杂,适用于一、二级负荷供电,如图 3-35(b)所示。

3) 带公共配用线的放射式

当用户的任何一条配电线路发生故障或停电检修时,都可以切换至公共备用线上,保证电源对用户继续供电。这种配电网络适用于二级负荷比较分散时的配电网络,如图 3-35(c)所示。

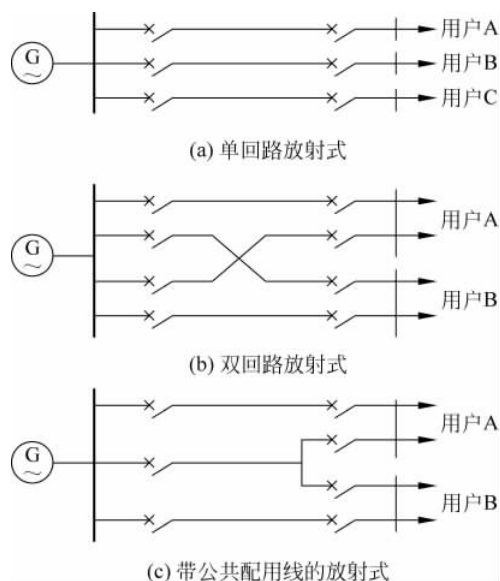


图 3-35 放射式配线网络

2. 树干式配电网

树干式配电网是指从电源端引出的干线回路上可以接出几条支线向负荷点供电。树干式又分为单回路树干式、单回路链接式和双回路树干式。

1) 单回路树干式

如图 3-36(a)所示,每个用户负荷点都是由电源的同一条干线回路供电。单回路树干式配电网络电源出线回路数较放射式少,能节省高压断路器和有色金属,配变电所馈出线路减少了,但供电可靠性差,当干线回路检修或故障跳闸时,会使所有用户停电。当干线回路中有一个用户发生故障,而保护装置拒动时,还可能引起干线回路停电。因此,单回路树干式配电网络一般只用于三级负荷。

2) 单回路链接式

如图 3-36(b)所示,每个用户负荷点都是由电源的一条干线回路供电。当干线上的负荷点(如用户 B)出现故障时,可以使用负荷开关切除故障段干线,缩小故障范围。这种方式也称为串联树干式,其供电的可靠性较单回路树干式有所提高。

3) 双回路树干式

如图 3-36(c)所示,每个用户负荷点都是由电源的两条干线回路供电。对用户来说,两条干线回路具有线路互为备用的作用。同时双回路的电源端,可以引致不同电源,实现电源互为备用。与单回路干线相比,这种配电方式的供电可靠性提高较大,适用于一、二级负荷配电。

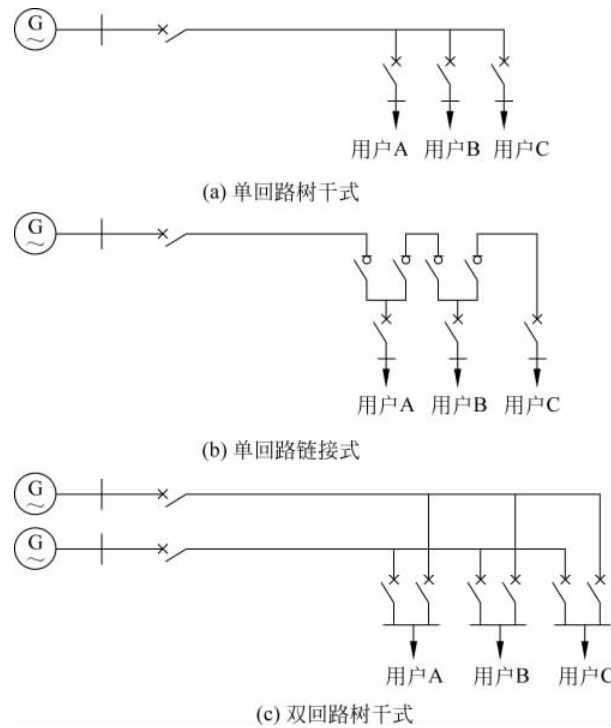


图 3-36 树干式配电网络

3. 环式配电网络

环式配电网络的电源端线路组成环行回路网络,负荷点可以从环行供电回路中取用电能。环式配电网络按结构形式可分为单环式和双环式。按运行方式可分为开环运行和闭环运行。在环网中的某点将开关断开为开环运行,环网中没有断开点为闭环运行。

1) 单环式配电网络

如图 3-37(a)所示,电源可以为一个或两个。负荷点可以从两个断路器端向电网取用电能。正常运行时为开环运行,便于实现保护动作的选择。开环点一般设在功率分点,即用户点。这种配电网络结构清晰,可靠性较高,网络中任何一段线路检修均不会造成用户停电,但环网中所有线路都必须承担全部负荷,线路投资高。

2) 双环式配电网络

如图 3-37(b)所示,负荷点可以从两个环路电网取用电能。可靠性较高,但保护整定复杂,线路投资高。

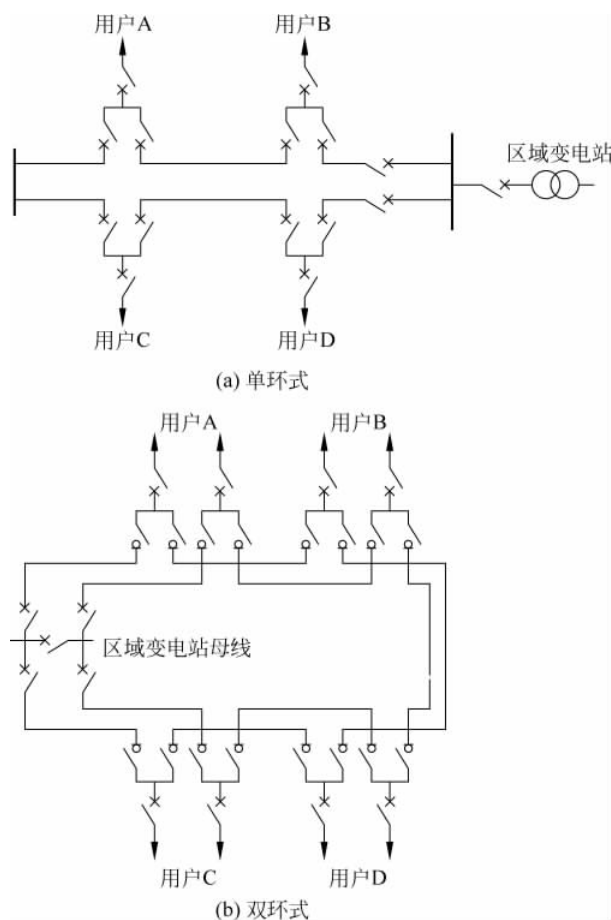


图 3-37 环式配电网络

3.7.2 低压配电系统

在智能建筑供配电系统中,常用的低压配电方式有放射式、树干式、链接式和混合式。低压配电系统的网络结构形式应根据有关要求组合确定。低压配电网络的设计应满足用户对供电可靠性、供电质量、系统接线方便、操作安全、检修方便和节约能源等多方面的要求。

1. 常用的低压配电方式

1) 放射式

如图 3-38(a)所示。电源端每条出线线路只向一个用户供电,中间不接其他负荷。这种配电方式供电可靠性较高,但有色金属量消耗较大,一次投资较高,适用于单台设备容量较大或较重要场所配电。如对于容量较大的消防泵、生活水泵、中央空调的冷冻机组等。

2) 树干式

如图 3-38(b)所示。电源端配出一条干线,沿干线再引出数条分支线路向用户供电。这种配线方式出线回路少,节省有色金属,但供电可靠性较差,每一分支回路发生故障时,将引起干线跳闸,影响面大。这种方式适用于用电性质相近,又无特殊要求的非重要用电设备配电。

3) 链接式

如图 3-38(c)所示。链接式的配线方式与树干式相同,但在干线上的每一个分支处装有保护开关。从末端起,当干线上出现故障时,可将故障点以后的干线回路切除,缩小故障范围。这种方式适合负荷彼此相距较近且不重要的小容量用电设备配电。链接一般不超过 5 台,总容量不超过 10kW,其中最大一台不超过 5kW。

4) 混合式

如图 3-38(d)所示。混合式是将放射式和树干式相结合的配电方式。这种配电方式既保证了一定的可靠性,又适当减少了建设投资,适用于楼层间竖向配电系统,采用树干分区配电,每条回路干线对应一个供电区域。配电分区可根据负荷的性质、防火分区、维护管理等条件确定。

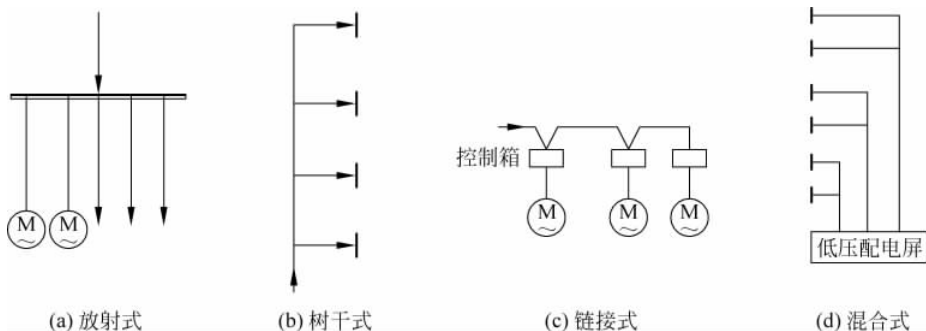


图 3-38 低压配电系统常用方式

2. 民用建筑低压配电系统的要求

- (1) 自变压器二次侧到用电设备之间的低压配电级数一般不宜超过三级。
- (2) 各级配电屏或配电箱应适当留有备用回路,一般宜留总回路数的 25% 为备用回路。
- (3) 单相设备宜均匀分配到三相线路系统。
- (4) 居住小区配电系统应合理采用放射式、树干式和混合式配电方式,也可以采用环式网络配电,以提高供电的可靠性。18 层及以下高层建筑可以采用放射式或树干式配电,19 层及以上的高层建筑宜采用放射式配电。
- (5) 多层公共建筑内各楼层竖向配电系统,宜采用树干式或分区树干式配电,每层的横向配电宜采用放射式或混合式配电。
- (6) 高层建筑中的配电系统应根据照明及动力负荷的分布情况,分别设置独立的配电系统。消防系统用电宜自成配电系统。一级负荷应在末端配电箱处设置双电源自动切换装置。重要负荷宜从配电室以放射式方式直接供电。其他负荷宜采用树干式或分区树干式配电。树干式中的干线可以采用插接母线和预分支电缆。

3. 建筑物内的低压配电系统

民用建筑一般都是多层或高层建筑,建筑物内的低压供配电系统是从电源端到用电负荷端的配电网络系统。电源端是从配变压器 10/0.4kV 的二次侧,以及柴油发电机组提供的 380/220V 低压电源。工作电源通常向建筑内所有负荷提供电能,备用电源应为向一级负荷中的特别重要负荷、一级负荷和二级负荷等重要负荷提供第二电源,如图 3-39 所示。

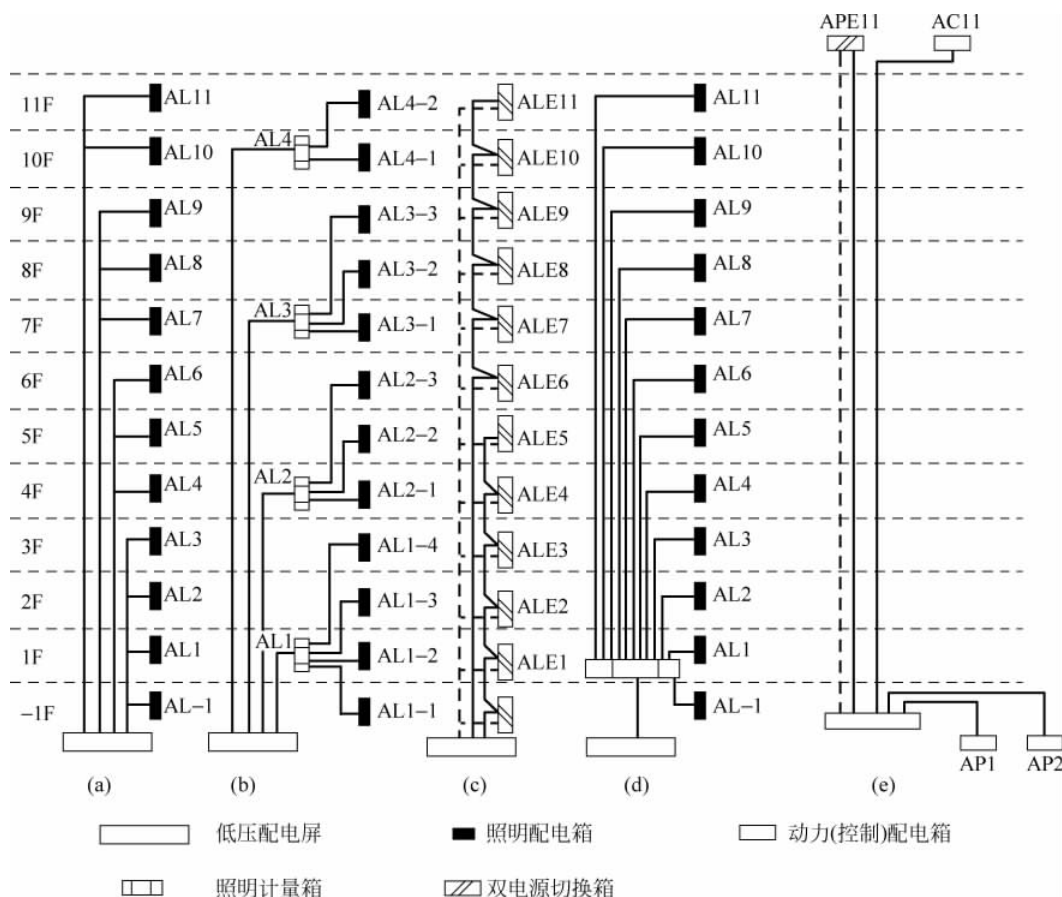


图 3-39 低压配电系统竖向配电典型方案

1) 负荷分布特点

负荷端为楼内各层照明和动力等用电设备。照明负荷较均匀地分散在各层的各种部位,动力负荷则布置在建筑物中相对较集中的位置。如电梯机房布置在顶层,空调机房和水泵房布置在地下室。照明和动力负荷按重要性又可分为一级负荷、二级负荷和三级负荷。如建筑中的消防负荷和事故照明负荷为一级负荷,普通照明负荷为三级负荷等。因此,建筑物内按负荷的性质、分布密度、重要性等因素,采用放射式或放射式与树干式相结合的混合式构成楼层间的竖向和楼层内的横向配电网络。

2) 楼层间的竖向配电系统

楼层间的竖向配电系统是指从低压配电屏到各楼层配电箱之间的配电系统。竖向配电回路通常敷设在电气竖井或墙体内,楼层配电箱安装在配电小间内。高层建筑的上部各层的照明电源供配电系统,可以采用分区大树干式组成网络。分区层数可以根据负荷大小及分布情况而定,一般为2~6层。每个分区可以是一个配电回路,也可以按负荷性质分成照明和动力负荷等几个回路。

如图3-39(a)、图3-39(b)、图3-39(c)所示为分区树干混合式配电方案。图3-39(a)、图3-39(b)的方案均采用4条干线回路输送照明用电电源。图3-39(a)的方案在4个分区大

树干区域内不需要计量,而图 3-39(b)的方案可以在 4 个区域内计量后再采用放射式配电到照明配电箱。图 3-39(c)的方案采用一条主干线回路作为应急照明工作电源,采用另一条大树干式共用备用回路作为备用电源,在末级应急照明配电箱内实现双电源自动切换。

高层建筑的应急照明电源可以采用配变压器低压侧和柴油发电机组配电屏各引一路,其配电方式不受工作电源配电方式的影响。应急照明配电系统也可以采用分区树干或垂直大树干式组成供配电网络。应急照明电源也可以采用 EPS 电源作为备用电源。

如图 3-39(d)、图 3-39(e)所示为放射式配电方案。图 3-39(d)的方案为先集中计量后,再以放射式配电到各楼层照明配电箱。图 3-39(e)的方案为动力用电设备配电方案,顶层电梯机房的供电回路应由配变电所采用专用回路供电。消防用电设备应由双回路供电,并在末级配电箱内实现双电源自动切换。地下层常设有空调设备、生活或消防水泵、通风机、排烟风机、洗衣机等大容量的用电设备,采用放射式对容量较大的单台动力用电设备或动力用电设备组供电。

智能建筑物内的配电变压器的供电范围一般在 15~20 层左右。当负荷密度达 $70\text{m}/\text{W}$ 时,对于 20 层以上的高层建筑,宜采用线路-变压器-单元式组成配电网络。

3) 楼层内的横向配电系统

楼层内的横向配电系统是指楼层配电箱到用电设备之间的配电系统。横向水平分支干线回路通常穿管敷设在共用走廊楼层板或吊顶内,照明灯具的水平支线回路穿管敷设在房间的顶棚楼板内或吊顶内,插座回路穿管敷设在房间地面楼板内。照明回路和插座回路应分开配电。

习 题

- 3-1 电力负荷如何分级? 对供电有哪些要求?
- 3-2 供配电系统设计的基本要求有哪些?
- 3-3 什么叫主接线? 在供配电系统中常用哪几种? 其特点如何?
- 3-4 配变电所主接线的基本要求有哪些?
- 3-5 断路器、隔离开关、负荷开关都有哪些用途? 主要特点是什么?
- 3-6 “断路器+隔离开关”的开关组合形式在进行分闸操作时,应怎样操作? 为什么?
- 3-7 成套高压开关柜有哪几种结构类型? 有哪些特点?
- 3-8 低压配电系统常用哪几种配电形式? 适用于哪些场所?
- 3-9 在建筑物内配变电站的位置如何选择?
- 3-10 应急电源有哪些作用? 常用的有几种类型?
- 3-11 UPS 和 EPS 各表示什么设备? 有何异同点?
- 3-12 怎样布置柴油发电机房?

3-13 某高层建筑内在地下一层设有配变电所,有一条市电 10kV 高压电源进线,拟选择 2 台干式变压器 SCB9-1000/10 为全楼提供 $380/220\text{V}$ 低压用电设备供电。其中一台变压器为照明负荷供电,共有 9 条出线回路。其中有 2 条出线为特别重要负荷回路,有 2 条出线为一级负荷回路,有 4 条出线为三级负荷回路;另一台变压器为动力负荷供电,共有 7 条

回路。其中有 2 条回路为三级空调负荷供电,有 1 条回路为三级水泵房供电,有 1 条回路为水泵房二级负荷供电,有 1 条回路为一级负荷特别重要负荷供电,有 2 条回路为电梯三级负荷供电。同时还备有一台 250kW 的柴油发电机组。试根据上述条件设计出两种供配电系统的主接线方案,并进行论证。

3-14 某综合建筑物为 15 层,内设配变电所,并设有柴油发电机和 EPS 应急照明电源。负荷分布情况如表 3-10 所示。试设计竖向配电系统方案图。

表 3-10 楼层设备负荷表

楼 层	功 能	楼 层 设 备
F16	设备房	普通电梯(二级)、消防电梯(一级)、正压风机(一级)
F15~F9	住宅	应急照明(一级)、住户用电(三级)
F8~F4	写字间	应急照明(一级)、写字间照明(三级)、空调设备(三级)
F3~F1	商场	应急照明(一级)、空调设备(三级)、商场照明(二级)、电动扶梯(三级)
F-1	设备房	消防水泵(一级)、消防送、排烟机(一级)、空调制冷机组(三级)、设备房照明(三级)、应急照明(一级)