

通 信 工 程 丛 书

现 代 通 信 电 源

王鸿麟 叶治政 编著

张秀澹 胡瑞雯

李朔生 审校

*

中国通信学会主编·人民邮电出版社

目 录

第一章 通信电源系统的组成.....	(1)
1.1 通信设备对电源系统的 要求.....	(1)
1.2 通信电源系统的基本组 成	(4)
1.2.1 交流供电系统	(5)
1.2.2 直流供电系统	(6)
1.2.3 接地系统	(11)
1.3 通信用配电设备	(12)
1.3.1 GG—1 A型高压配电屏.....	(12)
1.3.2 低压交流配电屏	(14)
1.3.3 直流配电屏	(18)
第二章 相位控制型稳压电源.....	(22)
2.1 单相可控整流电 路	(22)
2.1.1 单相半波可控整流电 路	(22)
2.1.2 单相桥式可控整流电 路	(32)
2.2 多相可控整流电 路	(40)
2.2.1 三相半波可控整流电 路	(41)
2.2.2 三相桥式半控整流电 路	(47)
2.2.3 三相桥式全控整流电 路	(56)
2.2.4 带平衡电抗器的双反星形可控整流电 路	(59)
2.2.5 带平衡电抗器的六相桥式全控整流电 路	(61)
2.3 晶闸管的触发电路	(64)
2.3.1 晶闸管对触发信号的要求	(64)
2.3.2 单结晶体管(UJT)触发电路	(65)

2.3.3	PUT触发电路	(71)
2.3.4	晶体管触发电路	(73)
2.3.5	集成触发电路	(80)
2.4	通信用相控型稳压电源实例	(89)
2.4.1	DZ603系列自动稳压稳流整流设备	(89)
2.4.2	DZW03—60/500自动稳压稳流整流器	(96)
第三章	线性稳压电源	(104)
3.1	线性稳压电源的基本原理和主要技术指标	(104)
3.2	线性集成稳压器	(108)
3.2.1	线性集成稳压器原理和应用	(112)
3.2.2	线性集成稳压器的保护电路	(137)
3.2.3	高效率线性稳压电源	(155)
3.2.4	线性稳压电源设计	(164)
3.2.5	线性集成稳压器在通信电源中的应用 实例—小型电话交换机用 WYJ—24 型集成 稳压电源	(184)
第四章	开关型稳压电源	(188)
4.1	开关型稳压电源的分类和特点	(188)
4.2	串联调整型开关稳压电源	(192)
4.2.1	串联调整型开关稳压电源的原理和 design 方法	(192)
4.2.2	串联调整型开关稳压电源实例	(215)
4.2.3	组合式开关型稳压电源	(250)
4.3	变换器型开关稳压电源	(256)
4.3.1	晶体管直流变换器	(257)
4.3.2	晶闸管直流变换器	(297)
4.3.3	变换器型开关稳压电源	(326)
4.3.4	开关稳压电源产生的干扰及其抑制方法	(343)
4.3.5	通信用变换器型开关稳压电源实例	(351)
第五章	交流不停电电源	(368)

5.1	交流不停电电源的组成和分类	(368)
5.2	不停电电源各部分工作原理	(375)
5.2.1	交流静态开关	(375)
5.2.2	整流器和逆变器中的锁相环路	(384)
5.2.3	油机发电机组	(406)
5.3	KGB _T A系列交流不停电电源设备	(416)
5.3.1	概述	(416)
5.3.2	整流器	(419)
5.3.3	逆变器	(432)
5.3.4	交流静态开关	(449)
第六章	太阳能电源和化学电源	(462)
6.1	太阳能电源	(462)
6.1.1	太阳能电池	(462)
6.1.2	太阳电池供电系统	(475)
6.1.3	太阳能通信电源	(492)
6.2	铅酸蓄电池	(495)
6.3	碱性蓄电池	(510)
6.3.1	镉镍蓄电池	(510)
6.3.2	锌银蓄电池	(512)
第七章	程控电源	(515)
7.1	概述	(515)
7.2	程控相控型电源	(517)
7.2.1	微机控制的单相桥式可控整流器的触发电路	(517)
7.2.2	微机控制的三相桥式可控整流器的触发电路	(528)
7.3	程控稳定电源	(535)
7.3.1	程控线性稳定电源	(535)
7.3.2	程控开关型稳定电源	(538)
7.3.3	微机程控高压大功率电源应注意的问题	(541)
7.4	微机在不停电电源中的应用	(542)

第一章 通信电源系统的组成

1.1 通信设备对电源系统的要求

电源是通信设备的重要组成部分。随着现代电子技术的迅速发展,各种通信手段和相应的设备在不断地改进和更新,通信设备对电源系统的要求也越来越高。如果电源系统的工作不可靠,就会造成通信中断。如果电源输出电压不稳或纹波电压过大,就会降低通信质量,甚至无法正常通信。这样就不能满足国家建设、经济文化交流以及人民生活的需要。

通信设备对电源系统的一般要求是:可靠、稳定、小型、高效率。

一、可靠。为了确保通信畅通,除了必须提高通信设备的可靠性外,还必须提高电源系统的可靠性。通常,电源系统要给许多通信设备供电,因此电源系统发生故障后,对通信的影响很大。例如,市话局直流电源瞬时中断,就会导致交换设备中的机件全部复原,所有通信全部中断,并且在恢复供电时,由于交换机中大量机件同时动作,可能造成电源设备严重过流。因此市话局直流电源不允许瞬间中断,在由计算机控制的通信设备中,即使电源瞬时中断,也会丢失大量信息。为了保证可靠供电,卫星通信地面站、自动转报通信设备、程控电子交换设备等,已开始采用交流不停电供电系统。在直流供电系统中,整流器与电池组并联的浮充供电方式以及多组变换器并联供电等方案,都可以保证可靠供电。

二、稳定。各种通信设备都要求电源电压稳定,不能超过允许变化范围。电源电压过高,会损坏通信设备中的电子元件,电源电压过低,通信设备不能正常工作。此外,直流电源电压中的脉动杂音

也必须低于允许值，否则，也会严重影响通信质量。

当通信设备由市电供电时，电网负载变化引起的电压瞬变对通信设备也有很大影响。因此，一般通信设备都由稳压电源供电。

三、小型。随着集成电路的迅速发展和应用，通信设备正在向小型化、集成化方向发展。为了适应通信设备的发展，电源装置也必须实现小型化、集成化。此外，各种移动通信设备和航空、航天装置中的通信设备更要求电源装置体积小，重量轻。为了减小电源装置的体积和重量，各种集成稳压器和无工频变压器的开关电源得到越来越广泛的应用。

四、高效率。随着通信设备的容量日益增加，电源系统的负荷不断增大。为了节约电能，必须设法提高电源装置的效率。为此，各种类型的开关稳压电源已开始在通信设备中应用，还有许多通信设备（如微波中继通信设备、小型无线电收发信设备以及偏僻山区的载波通信设备等）已开始采用太阳能电池。

在保证供电质量的前提下，除了应尽量提高电源系统的效率外，降低设备费用也是很重要的。为此，近年来，在高层通信大楼中，直流电源开始采用分层供电方案。这样不仅可以节省大量的馈电线，而且还可以节约大量的电能。此外，近年来，邮电通信系统中对于蓄电池开始采用低压恒压充电法。这种充电法，不仅可以节约电能，还可以减少维护工作量。

各种通信设备对电源的具体要求如表1—1所示。

表 1—1

通信设备对电源的要求

通 信 设 备 种 类	通 信 设 备 名 称	额 定 电 压 (伏)	允 许 电 压 变 化 范 围 (伏)
市 内 电 话	共电式人工电话交换机	-24 DC	21.6~26.4
	步进制自动电话交换机	-60 DC	58~64
	纵横制自动电话交换机	-60 DC	56~66
	20门,1000门全电子交换机	220 AC	
	100门准电子式交换机	±12 DC	
	200门准电子式交换机	±12 DC	
	400门准电子式交换机	±12 ±24 DC	
	600门准电子式交换机	±12 ±60 DC	
长 途 电 话	长途交换机	-24 DC	21.6~26.4
	半自动交换机	60 DC	58~64
	步进制全自动交换机	-60 DC	58~64
	明线载波机	24,130,220DC	
	晶体管12路载波终端机	24 DC	21.6~26.4
	晶体管12路无人增音机	430 DC	
	晶体管60路载波终端机	24 DC	21.6~26.4
	晶体管60路无人增音机	350 DC	
	晶体管300路载波终端机	-24 DC	21.6~26.4
	晶体管300路增音机	-24 DC	21.6~26.4
	晶体管1800路载波终端机	-24 DC	21.6~26.4
	晶体管1800路增音机	-24 DC	21.6~26.4

续表

通 信 设 备 种 类	通 信 设 备 名 称	额 定 电 压 (伏)	允 许 电 压 变 化 范 围 (伏)
电 报	电报通报回路	± 60 DC	58~64
	电报电传机用电动机	110 DC	95~120
	步进制用户电报交换机	± 60 DC	
	载波电报机	-24, 130 220 DC	
	传真电报机	220 AC	
无 线 电 设 备	短波发信机	220 380 AC	204~231 353~399
	960路 I 型微波中继通信机	-24 DC	21.6~26.4
	960路 II 型微波中继通信机	-24 DC	23~27
	1800路微波中继通信机	-24 DC	23~27
	卫星通信地面站	220 AC	

1.2 通信电源系统的基本组成

通信电源系统一般由交流供电系统、直流供电系统和接地系统组成,如图 1-1 所示。

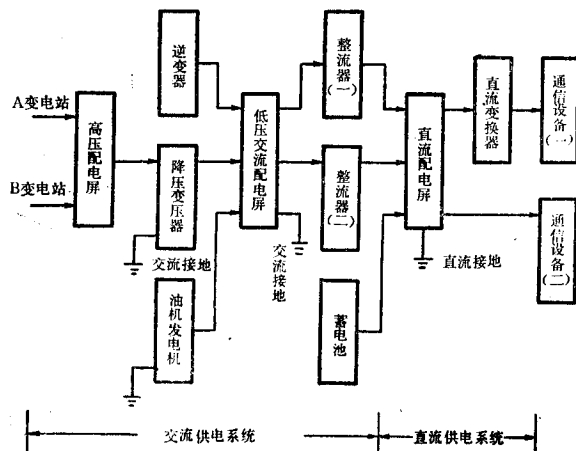


图 1-1 通信电源系统方框图

1.2.1 交流供电系统

通信电源的交流供电系统包括变电站供给的交流电源（高压市电或低压市电）、油机发电机供给的自备交流电源以及由整流器、蓄电池和逆变器组成的交流不停电电源。电信局的电源一般都由高压电网供给。为了提高供电可靠性，重要通信枢纽局一般都由两个变电站引入两路高压电源，并且用专线引入，一路主用，另一路备用。

电信局内通常都设有降压变电室。室内装有高、低压配电屏和降压变压器。通过这些变、配电设备，先把高压电源（一般为10kV）变为低压电源（三相380V），然后经过整流设备供给各种通信设备和照明设备。

在高层通信大楼中，为了缩短低压供电线路，降压变电站还可设在主楼内。当变电站设在主楼内时，电力变压器最好选用SG或SCL型干式变压器，配电设备中的高压开关应选用ZH₁—10型户内高压真空断路器。

为了不中断供电，电信局内一般都配有油机发电机组。当市电中断时，通信设备可由油机发电机组供电。目前国内已开始采用无人值守自动起动油机发电机组，当市电中断后，这种油机发电机能自动起动。由于市电比油机发电机供电更经济，所以，在有市电的条件下，通信设备一般都应由市电供电。

低压市电和油机发电机的转换可通过低压交流配电屏来完成。低压交流配电屏还可以将低压交流电分别送到整流器、照明设备和空调装置。此外，它还能监测交流电压和电流的变化，当市电中断或电压发生较大变化时，能够自动发出告警信号。

为了确保通信电源不中断、无瞬变，近年来，在卫星通信地面站等通信系统中，已开始采用静止型交流不停电电源。这种电源系统一般都由蓄电池、整流器、逆变器和静态开关等部分组成。市电正常时，市电经整流和逆变后，给通信设备供给交流电源，此时，蓄

电池处于并联浮充状态。当市电中断时，蓄电池通过逆变器给通信设备供给交流电源。逆变器和市电的转换由交流静态开关完成。

1.2.2 直流供电系统

通信设备的直流供电系统由整流器、蓄电池、直流变换器和直流配电屏等部分组成。整流器的交流电源由交流配电屏引入，整流器的输出端通过直流配电屏与蓄电池和负载连接。当通信设备需要多种不同数值的电压时，可以采用直流变换器将基础直流电源的电压变换为所需的电压。由于直流供电系统中设置了蓄电池组，因此可以保证不停电供电。目前广泛应用的直流供电方式有以下几种：

一、并联浮充供电方式

并联浮充供电方式的原理结构如图1—2所示。整流器与蓄电池并联后对通信设备供电。在市电正常的情况下，整流器一方面给通信设备供电，一方面又给蓄电池充电，以补充蓄电池因局部放电而失去的电量。在并联浮充工作状态下，蓄电池还能起一定的滤波作用。当市电中断时，蓄电池单独给通信设备供电。由于蓄电池通常都处于充足电状态，所以市电短期中断时，可以由蓄电池保证不间断供电。若市电中断期过长，整流器应由油机发电机组供电。并联浮充供电方式的优点是结构简单、工作可靠，供电效率也较高。但是，采用这种工作方式时，在浮充工作状态下，输出电压较高，当蓄电池单独供电时，输出电压较低，因此负载电压变化范围较大。

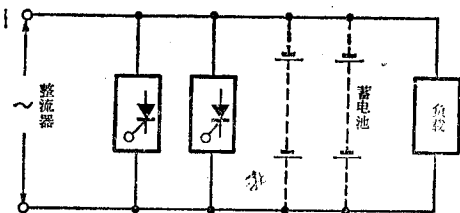


图1-2 并联浮充供电方式原理图

二、尾电池供电方式

为了改善蓄电池单独供电时电压降低的缺点,采用加尾电池的供电方式。加尾电池供电方式的原理结构如图1—3所示。当市电正

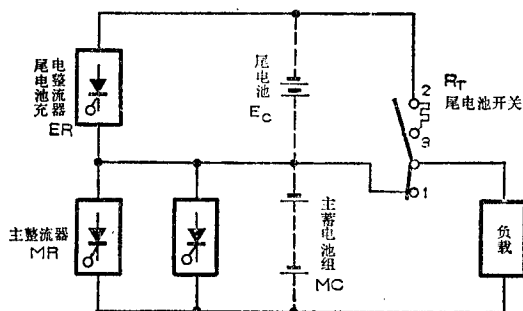


图1-3 加尾电池供电方式原理图

常时,主整流器MR一方面给负载供电,另一方面对主蓄电池组MC充电。市电中断后,主蓄电池组给负载供电,当主蓄电池组的输出电压低于通信设备的下限电压时,人字形尾电池开关倒向“2”端(尾电池开关的开闭过程是人字形刀闸触点“3”合上后,触点“1”尚未离开,触点“2”合上后,触点“1”才断开, R_T 的作用是防止尾电池在开关倒向时短路),使尾电池与主蓄电池组串联,因而负载电压升高。市电恢复后,主整流器又对主蓄电池组充电。当主蓄电池组的电压上升到规定数值时,将尾电池开关搬回到“1”端,从而把尾电池从供电回路中切除,保证直流输出电压始终保持在通信设备要求的电压范围以内。

采用这种供电方式时,负载电压变化范围较小,供电效率较高,因此,当通信设备所需的电流较大时,一般都采用这种供电方式。目前,我国大多数市话交换机都采用这种供电方式,实际电路如图1—4所示。主整流器MR带有输出开关 K_A ,因而可以构成单元式结构。尾电池屏中带有尾电池充电整流器ER,因而也可以构成单元式结构。这些单元式结构可以单独工作,也可以并联运

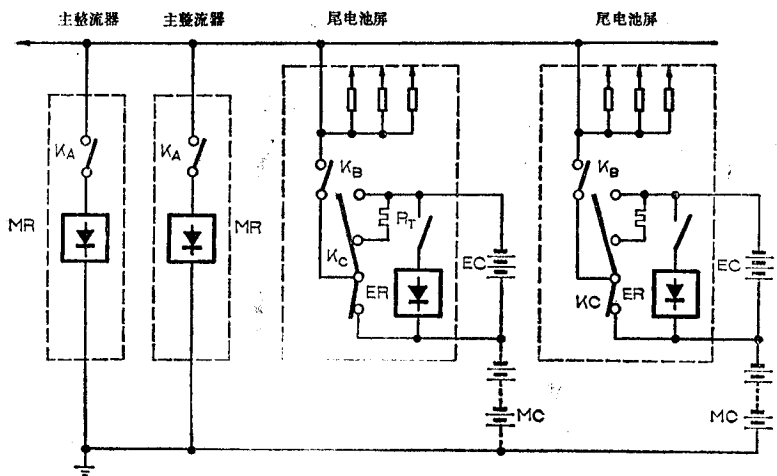


图1-4 大容量纵横制交换机直流供电方式原理图

行。整流器并联运行时，当第一台整流器的输出电流达到额定值的90%时，第二台整流器自动启动。当总输出电流小于额定电流的40%时，第二台整流器自动停机。

尾电池供电方式的优点是电源电压变化范围较小，缺点是需要尾电池、尾电池开关和给尾电池充电的整流器等设备，因此，结构较复杂，可靠性较低，维护也不方便。

三、硅管降压供电方式

在采用并联浮充方式时，当蓄电池电压超出负载电压上限时，需要用反压电池或硅管降压，硅管降压供电方式的原理结构如图1—5所示。在这种供电方式中，负载电压调整是利用蓄电池和负载之间串接的硅二极管完成的。在蓄电池充电过程中，当蓄电池的端电压超过通信设备的上限电压时，逐次将开关 K_1 和 K_2 打开，在直流供电回路中串入硅二极管，利用硅管电阻降压，使负载电压保持在允许范围之内。市电中断时，蓄电池单独给负载供电。当负载

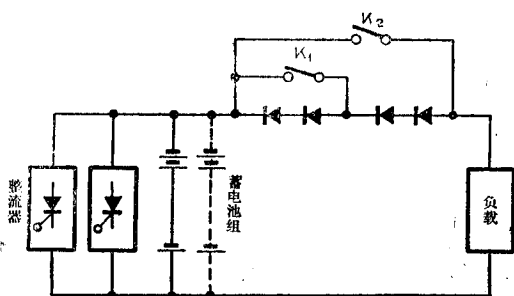


图1-5 硅管降压供电方式原理图

电压下降到通信设备的下限电压时，逐次将开关闭合，使负载电压回升。

这种供电方式与尾电池供电方式相比，结构比较简单，维护也比较方便。但是，由于硅二极管要损耗一定的能量，所以供电效率较低，因此，只有负载电流较小时，才采用硅管降压供电方式。例如，中日海缆通信无人值守站就采用这种供电方式。

此外，也可以采用硅可控整流管（即晶闸管）调压供电方式，国产6兆赫1800路微波通信机就采用晶闸管调压供电方式，如图1—6所示。

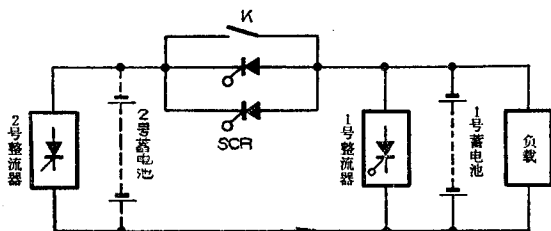


图1-6 1800路微波通信接力机直流供电系统

1800路微波通信机要求的电压为 $-23V \sim -27V$ 。直流供电系统中采用了两组蓄电池，1号蓄电池组由12只蓄电池组成，容量为300安时，2号蓄电池组由13只蓄电池组成，容量为1200安时，此外还有两台整流器和直流自动倒换架。

在市电正常的情况下，1号整流器与1号蓄电池组并联后给负载供电。市电中断时，1号蓄电池组单独对负载供电。当该组蓄电

池的电压下降到一定数值时，触发晶闸管SCR使之导通，电压较高的2号蓄电池组通过晶闸管给负载供电，晶闸管产生一定的降压。经过一段时间后，负载电压再次降低到一定数值，此时，直流自动倒换架中的开关K吸合，晶闸管自行关断，2号蓄电池经过开关K直接给负载供电。

四、直流变换器供电方式

近年来，由于微电子技术的迅速发展，通信设备正在向集成化、数字化方向改进。目前，许多通信设备中都采用了大量的集成电路组件。这些组件大部分都需要 $5\text{V}\sim 15\text{V}$ 的低压电源。这些低压电源如果直接从电力室供给，供电效率就很低。为了提高供电效率，许多通信设备中都装有直流变换器。通过这些直流变换器可以将电力室送来的高压直流电变换为所需的低压直流电。此外，通信设备所需的工作电压有许多种，这些电压如果都由整流器和蓄电池组供给，那么就需要许多规格的蓄电池和整流器，这样，不仅增加了电源设备的费用，而且也大大增加了维护工作量。为了克服这个缺点，目前，许多通信系统广泛地采用了直流变换器供电方式。

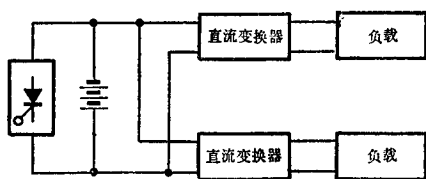


图1-7 直流变换器供电方式原理图

直流变换器供电方式的基本原理如图1—7所示。直流变换器的输出电压，在蓄电池电压变化不大时能相应地自动调整，因而当电池电压或负

载电流改变时，可以保证负载电压在规定值以内。

这种供电方式的优点是输出电压变化范围小，蓄电池的容量可以充分利用。但是，由于直流变换器的输出电流等于负载电流，所以当负载电流较大时，输出容量大的直流变换器价格较高。此外，由于直流变换器要损耗一定的能量，因此，供电效率也较低。

采用这种供电方式时，为了提高供电可靠性，通常都采用几台

变换器并联供电。例如，+60V电压由三个变换器并联供给，-60V电压由三个变换器供给。 $\pm 24V$ 电压由五个变换器供给，如图1-8所示，-24V

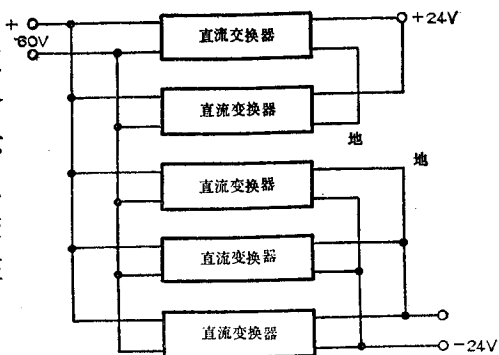


图1-8 DHY20F电报用变换器 $\pm 24V$ 供电方式

电压由三个变换器并联供给，+24V电压由两个变换器并联供给。

根据通信系统的具体要求，上述各种供电方式还可以适当组合，并且不论采用哪一种供电方式，都可以保证不间断供电。

随着通信事业的迅速发展，高层通信大楼越来越多。在高层通信大楼中，如果直流供电系统都安装在底层的电力室内，那么从直流配电屏到高层的通信机房就需要大量的馈电线。为了降低馈线电阻压降和缩短载流量很大的直流馈线，电力室可分层设置。一般来说，一个电力室供四、五层为宜。为了进一步缩短直流馈线，电力室还可以向上向下双向供电。

1.2.3 接地系统

为了提高通信质量、确保通信设备与人身的安全，通信电源的交流 and 直流供电系统都必须有良好的接地装置。

一、交流接地

1. 工作接地。电信局一般都由交流三相电源供电。为了避免因三相负载不平衡而使各相电压差别过大，三相电源的中性点（如三相变压器和三相交流发电机的中性点）都应当直接接地。这种接地称为交流工作接地。接地线一般称为零线。接地装置与大地之间

的电阻称为接地电阻。当变压器的容量在 100kVA 以下时,接地电阻不应大于 10Ω ,当变压器的容量在 100kVA 以上时,接地电阻应不大于 4Ω 。

2. 保护接地。为了避免电源设备的金属外壳因绝缘损坏而带电,与带电部分绝缘的金属外壳必须直接接地。这种接地称为保护接地。保护接地的接地电阻应不大于 10Ω 。

3. 防雷接地。为了防止因雷电而产生的过电压损坏电源设备,在通信电源系统中,一般避雷器还设有防雷接地装置。这种装置的接地电阻一般应在 $10\sim 20\Omega$ 之间。当电网遭受雷击时,防雷地线中的瞬时电流很大,因而在地线上将产生很高的电压降。因此,为了避免损坏通信设备,防雷地线应与工作地线和保护地线分开。

二、直流接地

在直流供电系统中,由于通信设备的需要,蓄电池组的正极(或负极)必须接地。这种接地通常称为直流工作接地。此外,在直流供电系统中,还常常埋设一组供测量用的接地装置,这种装置称为测量接地装置。

1.3 通信用配电设备

通信用配电屏的规格型号很多,下面介绍几种常用的高低电压配电屏:

1.3.1 GG—1A型高压配电屏

较大的电信局一般都由市电高压电网供电。为了保证可靠供电,通常都由两个不同的变电站引入两路高压。为了控制两路高压电源,可以采用GG-1A成套高压开关柜。这种开关柜的一次线路方案有五十多种,使用时,可根据进出线方案、电路容量、变压器台数和保护方式选用若干一次线路方案的高压开关柜组成高压供电系统。

由七台高压开关柜组成的二路高压进出线供电系统如图 1—9 所示。该系统的原理线路图如图 1—10 所示。

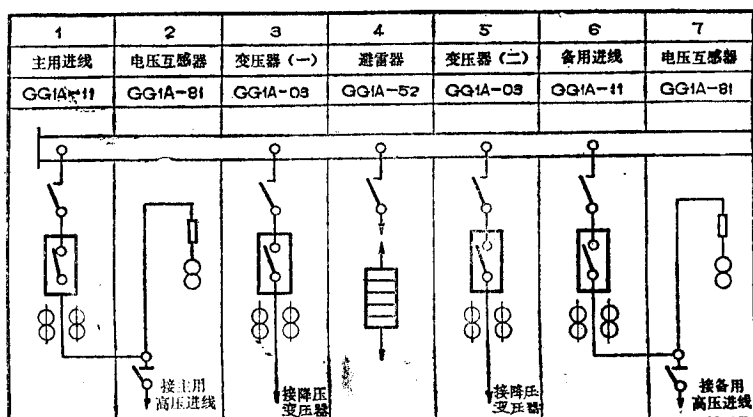


图1-9 用GG-1A 型高压开关柜组成的二路高压供电系统

来自两个不同供电局变电站的两路高压经隔离开关、电流互感器、油开关等接到高压母线，然后经隔离开关、高压油开关、电流互感器接到降压变压器。此外，在配电系统中，还装有高压熔断器、电压互感器和高压避雷器。各种高压电器的主要作用如下：

一、隔离开关。它的主要作用是：检修高压设备时切断高压电源。由于隔离开关没有灭弧机构，因此，一般不能用来切断负载电流。此外，隔离开关还可以用来切断电压互感器和高压避雷器。

二、高压油开关。它的主要作用是：接通或切断负载，并且当用电设备发生短路故障时，它可以将设备撤出供电系统。当高压油开关切断负载时，开关触头断开瞬间产生的电弧，利用油箱中的油和油开关的灭弧装置，可以迅速熄灭。

三、高压互感器。高压互感器实际是一台降压变压器，初级绕组跨接在高压进线上，次级绕组接低压电压表（满量限通常为110伏）表盘刻度按高压值标出，这样就可以从电压表读取高压进线的电压值。电流互感器实际是一台升压变压器，其初级绕组只有几匝或一