

第 1 章 现代通信开关电源技术概论

1.1 现代通信设备对电源系统的要求

1.1.1 概述

随着我国通信事业的迅速发展，电源作为通信的能源系统，其发展也异常迅速，特别是进入 20 世纪 90 年代以来，通过几年的发展变化，可谓面貌全新。通信电源装备的全面更新和技术水平的提高，已是有目共睹的事实。

简单回顾历史，我国从 1963 年开始研制晶闸管整流器，并较快地取得了成果，于 1967 年形成系列并得到普遍应用，淘汰了电动机发电机组、硒整流器。1965 年开始研制逆变器及 DC/DC 变换器。

改革开放以来，特别是进入 20 世纪 90 年代，我国通信建设发展的速度令世界震惊，通信电源也愈来愈受重视，并得到了异常迅速的发展。主要原因有：

第一，改革开放的大环境，使我们实实在在地了解到国外通信电源的发展和装备的实际水平，这无疑给了我们极大的促进。

第二，大市场使我国通信电源的产业力量迅速扩大。这其中有国外独资生产厂家，有内外合作引进技术（SKD 或 CKD 方式）的生产厂家及国内自行研制开发生产厂家。这些厂家如雨后春笋般应运而生，各显其能，充满了勃勃生机，对推动我国通信电源装备的发展发挥着巨大作用，彻底改变了仅靠几个厂家研制生产电源装备的局面。

第三，大竞争迫使着电源装备的技术水平和产品质量不断提高。市场经济必然要进行激烈残酷的竞争，技术水平不高、质量不好的产品将难以生存。目前，电源装备市场面临着国外和国内同类产品多方面的竞争。产品质量水平的提高，是立于不败之地的根本，这是大家公认的。

第四，我国加强了质量管理和质量控制的力度，使电源装备的技术水平和性能指标迅速提高。

通常将通信电源称为通信设备的核心，在通信局（站）中，它们具有无可比拟的重要地位。近年来，我国通信事业飞速发展，各种通信设备被大量应用。目前，我国主要的通信设备都已经达到或接近世界先进水平，通信网的总体规模也已经跃居世界前列，通信设备对电源系统的要求越来越高。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定或纹波电压过大，就会降低通信质量，甚至导致无法正常通信。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。

(1) 可靠为了确保通信线路的畅通，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。通常一个电源系统要给许多通信设备供电，因此一旦电源系统发生故

障，对通信的影响是很大的。

每个通信发达的国家，都把供电的可靠性列为对电源系统的主要要求。近年来由于在通信设备中大量应用微电子技术和计算机技术，即使通信电源瞬时中断，也会丢失大量信息。同时，由于通信设备容量的大幅度提高，电源中断将会造成更大的影响。比如，大中城市的电话局容量普遍在 2~3 万门以上，电信综合枢纽楼的装机容量和规模更大，担负的通信任务非常重要，一旦电源中断，将造成巨大的经济损失和极坏的政治影响。

为了确保可靠供电，由交流电源供电的通信设备都应当采用交流不间断电源（UPS），在直流供电系统中，应当采用整流器与电池并联浮充供电方式。此外，还必须提高各种通信电源设备的可靠性。现在较先进的开关整流器都采用多只整流模块并联工作的方法，这样当某一个模块发生故障时不会影响供电。目前，先进的通信电源设备的平均无故障时间可达 20 年。

(2) 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噪声也必须低于允许值，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的影响。因此，一般通信设备都由稳压电源供电。

(3) 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、集成化的方向发展。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。近年来，工作频率高达几百 kHz 且体积非常小的谐振型开关电源，在通信设备中也得到大量应用。

(4) 高效率随着通信设备容量的日益增加，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。

我国通信设备的用电量日益增加，据国家统计局部门和原邮电部公布的统计数字，1992 年邮电部门用电量为 25 亿 kW·h，占当年全国发电量的 0.33%，1993 年此百分比上升到 0.45%，1995 年此百分比超过 0.5%，如果再加上其他专业通信网的用电量，这个百分比更大。因此，必须采取各种节能措施，提高能源利用率和经济效益。

节能的主要措施是采用高效率通信电源设备。过去，通信设备大多数都采用相控型整流器，这种电源效率较低（<70%），变压器损失较大。谐振型开关电源效率可以达到 90% 以上，因此采用谐振型开关电源可以大大节约能源。

在通信设备的容量不断增加的情况下，大型和高层通信局（站）所需的总电流可达 5000~6000A，直流汇流条允许压降为 2V，因此汇流条每年的耗电量将达到 10 万 kW·h。由此可知，采用集中供电系统，将造成巨大的能源损耗，为了节约能量，应尽量采用分散供电系统。有些通信设备（比如微波中继通信设备）和光缆干线无人值守站，还采用了太阳能电源和风力发电系统。

1.1.2 我国通信电源系统的发展水平

原邮电部实行了国家通信网通信装备（包括电源设备）入网证的制度，为此成立了 16 个质量监督检验中心，其中从事通信电源设备质量监督检验的有两个：一个是邮电部通信电

源设备质量监督检验中心，另一个是邮电部工业产品质量质量监督检验中心。它们的任务是进行入网产品的质量检验，同时又承担了质量监督工作。在设备入网时它们必须对产品进行质量体系认证和产品质量认证，所采用的检验细则对国内外产品是一致的。也就是说，国内与国外产品在进网时采用同一标准，并通过质量监督来保证产品质量的稳定性。

邮电部通信电源设备质量监督检验中心承担全部通信电源设备的检测和监督任务，并承担或参与国家标准、通信行业标准的制定和有关标准内指标的验证等工作。1997年7月正式开始检测工作，12月通过了国家技术监督局的计量认证和原邮电部的审查认可，在人员素质、仪器装备、环境条件、管理软件等方面得到了较高的评价。许多国内外通信电源专家认为它们的检测装备是一流的，检测数据和结果无可置疑。目前该中心主要对开关电源、密封铅酸蓄电池、UPS 交流稳压器等设备开展检测工作。

下面从质量检测和开发研制的角度介绍我国通信电源装备的发展情况。

1. 高频开关电源

(1) 主要器件的采用我国用于高频开关电源的电子器件，诸如功率 MOS 场效应晶体管 (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor——MOSFET)、绝缘栅双极晶体管 (Insulated Gate Bipolar Transistor——IGBT)、快速二极管、高频磁性元件、高频电容等主要器件目前均依赖进口，只是选型在个别等级上有所不同，总的来讲与国外设备无太大差异。

(2) 电路技术目前我国生产的高频开关电源主要采用固定频率 PWM (脉宽调制) 调压方式的变换电路，这种电路已是一种非常成熟的技术，具有设计简单、可靠性高、生产制造方便、成本低等优点，是目前国内外开关电源普遍采用的电路。也有个别产品采用了调频谐振电路，但尚未成为主流。

为提高变换频率、降低开关损耗，ZCS(零电流)和 ZVS (零电压) 开关技术已被广泛采用。在具体产品中有的分别采用，有的则是混合采用，比如有的全桥电路采用的四只 MOSFET 均为 ZVS，而有的全桥电路则采用两只 ZVS、两只 ZCS。

应用 IGBT/MOSFET 并联技术以达到减小损耗、提高效率的目的。MOSFET 是电压驱动的电子器件，其驱动电路简单、驱动功率小，本身不存在存储效应，因此其导通和关断时，上升和下降速度较快、开关损耗小，极适合于在很高的开关频率下工作。但是在高电压大电流的情况下，其通态时的损耗大。IGBT 是一种功率场效应晶体管和晶体管的复合器件，因而其具有场效应晶体管的特点，采用电压驱动，开关速度快；同时又具有晶体管的特点，通态损耗小，但有存储效应，关断时间长、损耗大。

根据以上两种器件的特点，采用并联技术，可发挥它们各自的优点，弥补缺点，使之既有 IGBT 通态损耗小的特点，又具有 MOSFET 开关损耗小的特点。这种并联开关技术，在国内外产品中均有应用。

高频开关整流器是一种非线性负载，是一个谐波源，其功率因数由位移因数 (即通常说的电压与基波电流相位差的余弦) 和畸变因数 (即基波和谐波总有效电流之比) 的乘积所决定。校正的目的不仅是为减小无功功率、提高电能的利用率，而且是为减小对电网的污染，达到谐波电流限值的要求所必须采取的措施。目前，国内外的高频开关电源，除了功率很小的以外，单相输入的 (包括由三个单机组成三相带中线) 均采用有源校正技术。校正的结果是电流、电压的相位基本相同，波形相似，接近于正弦波，总谐波失真率很低，满载时不超过 5%。谐波含量是以奇次为主，一般情况下 3 次谐波的含量最大。如果是由单相组成的三

相输入带中线的开关电源，因三相谐波电流是相加的，在中线上就有较大的 3 次谐波电流。因此，这种整流器要求中线的截面与相线一样。有源校正的功率因数可达到 0.995 以上。对于真三相输入（无中线）的开关电源，一般采用无源校正。无源校正电路简单、经济可靠，功率因数最高可达到 0.94。

(3) 性能与指标开关电源的性能包括输入电压范围、输出电压调节范围、并联均分、限流保护报警、三遥等方面，国内外设备无太大的差异。国产设备的某些性能，如输入电压范围、限流范围等更适合我国国情。技术指标包括：

1) 效率：作为通信电源设备，提高效率是研制者追求的主要目标之一，不少厂家都为实现这一目标而潜心研究。因为效率的提高不仅可达到节能的效果，而且可以使设备的热设计变得简单，器件的工作环境得到改善，并可以提高其运行的可靠性和稳定性。目前，除很小容量和较老型号的产品效率较低外，一般低的为 87%，高的达到 93%，因设备不同而不同，多数在 89%~92% 之间。

2) 功率因数：三相无源校正的功率因数在 0.88~0.94 之间，单相有源校正的功率因数在 0.97~0.999 之间。

3) 稳压精度：在常温满载状态下，稳压精度一般都在 0.5% 以下，稳压精度高的为 0.06%~0.2%，低的为 0.3%~0.4%。在这一指标上国内外产品的水平相当。

4) 噪声电压：噪声电压包括衡重噪声、宽频噪声、峰峰值噪声及离散噪声。国内外标准主要定出了衡重及宽频噪声的指标。

对于离散噪声，在美国、欧洲等的标准中均无规定。我国的标准是参照了上海贝尔公司引进的比利时交换机（1240）的标准提出来的。这些规定的渊源及在通信中实际会产生什么影响，至今尚未得到明确的解释。而在测试中，一般都无问题。

5) 动态特性：由于标准规定的不同，不少国外设备的起动冲击电流超出规定，要经过调整才能达到要求。我国标准规定起动冲击电流不大于最大输入电流有效值的 150%。

抑制起动冲击电流，主要是考虑到系统运行的安全性，避免对电源的污染及避免输入开关的误动作。对输入开关起作用的是冲击能量，包括冲击波形的幅度和宽度（时间），而标准中只限制幅度，未考虑其冲击时间。就性能指标来看，我国与国外产品相比，处在同一水平线上。

(4) 智能化程度就模块而言，其内部有的有 CPU，有的则没有。国内外产品都是如此。任何形式的高频开关电源系统都设有监控模块，采用智能化管理，其管理容量、内容、智能化程度都日趋完善。对于电池的管理，国内外研究人员都在进行这方面的努力。

(5) 制造工艺及体积重量我国开关电源设备的制造工艺水平在不断提高，并且已取得了长足的进步。但总的说来，与国外相比还存在不小的差距，特别是在一些细小环节的处理和国产部件的制造上尤为明显。

体积和重量的大小取决于电路设计、元器件及各种材料的选用、工艺设计、热设计等诸多因素。国外新推出的产品在一个约 2m（45U）的标准机架上，装 20 个 48V/100A 的开关整流器，包括内部配电单元和一个监控模块。这种 48V/100A 的模块，质量只有 17~23kg。我国目前还很难做到。

(6) 关于电磁兼容性电磁兼容性（EMC）愈来愈被人们所重视，不少国家和地区已开始采取强制性措施。作为一项安全指标，不通过检测是不允许推向市场的。欧洲共同体规

定,自 1996年 1月开始,对电子设备必须进行 EMC 的测试,实施 EMC 法。最近对电源设备由邮电部通信计量中心参照国际无线电干扰特别委员会规定的 CISPR—II 标准、国际电联标准 ITU—R、国际电工委员会标准 IEC—1000—3、IEC—1000—4 等国际标准并引用了有关国家标准,起草制定了中华人民共和国通信行业标准《通信电源设备电磁兼容性限值及测定方法》(征求意见稿)。熟悉本行业的人都知道,在引进设备的技术资料中,都有这方面的指标,如符合 VDE0871(德国标准)符合 FCC 标准(美国联邦通信委员会标准)等。目前,国产设备尚未提供这方面的指标。在入网检测中,对此尚未进行测试。但这只是时间的问题,不久必须对这方面的指标进行测试。

EMC 包含四部分的内容:

1) 电磁干扰(EMI):是指设备运行时产生的电磁干扰信号电平,包括传导干扰和辐射干扰。

2) 电磁敏感度(EMS):即抗干扰性能,要求设备能承受一定水平的传导和辐射信号的影响。

3) 电磁脉冲(EMP) 即尖峰脉冲信号的性能。

4) 静电放电(EMD):即抗静电放电的性能。

将来主要测试的是 EMI。目前在我国研制生产的开关电源中,这些指标尚未引起生产厂家的足够重视,有的甚至尚未考虑。例如我们在检测过程中仅对个别三相输入模块测试了谐波电流,结果不容乐观。电流谐波畸变在 30%以上,5次谐波系数 K_5 达到 25%以上,与第一级设备谐波限值相差甚远,所以必须引起设备生产厂家的注意。

2. 蓄电池

我国目前在通信局站中使用的蓄电池基本上是阀控式密封铅酸蓄电池,取代了过去常用的防酸型铅酸蓄电池,尽管密封铅酸蓄电池本身还有需要不断改进和研究的地方,在使用中也有不尽人意之处,例如容量状态的检查比较困难等。对于防酸电池,通过对酸液比重的测量可以准确地判断其容量状态;而对于密封电池,这种办法却无法使用。为此,美国推出一种测量电池电导的方法,对电池的状态进行测试。国内已开发了这方面的产品,我们做了一些研究和测试,得出以下观点:电池的端电压与电池容量的相关性很小,但其电导却与电池容量有很高的相关性,相关系数在 0.8 以上;对各种电池和状态通过对其电导的测量,经与本身原始参数的比较,可以定性地判断其容量状态,但要想定量判断则比较困难。另外,阀控电池如想获得较长的使用寿命,对使用条件和环境要求比较严格。一般来说,它比防酸电池的寿命要短,但它的维护量小,特别是免除了调酸加水,不再有酸雾溢出,避免了空气污染。通过叠放减小安装使用面积,从而使其得到普遍采用。

我国现在使用的电池来源大致可分为三种:一是直接引进国外产品,世界各国的电池厂家几乎无一不在开拓中国市场;二是引进国外的装备和生产技术、工艺进行生产;三是国内自行开发生产。

想通过短时间的检测就对蓄电池做出全面的质量评价是很困难的,如寿命、运行的稳定性、可靠性都不可能在短时间内做出结论。这些只能通过实际使用才能有准确的结果。

从检测的情况来看,不少国产蓄电池存在的问题主要有以下几点:

第一,国内自行开发生产的电池容量的富余量一般都很大。以 10 小时率容量为例,容量高的可达到标称值的 140% 以上,也就是说标称 1000A·h 的电池可达到 1400A·h 以上,

容量低的也在 120% 以上。容量加大了，必然要加大铅和酸的投入量，电池的重量体积增加、成本加大。容量大会受到用户的欢迎，但这决不能算是一种规范的产品。国外生产的蓄电池，对电池容量卡得很紧，或者说是很准的。富余量决不会超过 10%。蓄电池看起来简单，实际上却是一种非常复杂的技术产品，每年国际电信能源会议上的论文集大约有 1/4 以上的文章是研讨蓄电池的。

第二，工艺较粗糙。外部表现在外观、电池壳、盖、极柱、安全阀等制造工艺较为粗糙，密封性也不好，内部表现在各个技术环节的处理上与国外产品差距较大。原因是自己生产的东西少，买来的东西多，如壳子、盖子、安全阀等都是外购，质量难以自行控制。

第三，技术投入少，满足于近期效益。大家都明白，电池出现问题往往是慢性的，只能通过长期运行才能显出真面目。气密性由于材料的老化、工艺不当，时间长了就会出现問題。密封阀时间长了能否保持稳定开闭，闪阀压力、极柱膨胀、隔板的分层等均需时间才能暴露。所以，仅仅通过短时间几个项目的检测，难以评价其水平的高低。总的说来，我国蓄电池产品质量水平发展很不平衡，有的不比国外现有产品差，而有的的确是存在较大的差距。

3. 关于监控系统

动力监控现在在我国搞得红红火火，从事研究开发的公司和厂家多得难以统计，已经开始运行的局站也有不少，资金投入相当可观。

监控系统所采用的硬件、软件平台、开发环境都比较成熟，为监控系统进一步发展完善提供了良好条件。监控系统的监控内容及功能日趋完善，所依据的标准有原邮电部颁发的技术要求、电总的技术要求或者各省制定的技术要求。就监控系统而言，与国外相比监控内容多，有数据、表格、图像、模拟量的测量、运行状态、设备控制、故障报警等应有尽有，几乎包括设备的所有参数和状态。规模大，少则几个局站，多则上百个局站，监控网络的构成复杂。以上这一切，国外无法相比。建立一套规模庞大的监控系统所达到的目的是衡量其是否真正先进的标准。搞监控的目的在于解放劳动力，实现局站的无人值守；提高动力设备运行的稳定性和可靠性；提高动力、空调设备运行的经济性。这就要求监控系统有更高的智能化程度和数据处理能力，如采集数据的作用是通过分析处理对设备进行预诊断，在事故发生以前进行预报警以防患于未然，变被动维护为主动维护。另外，根据负荷的变化和环境条件的变化进行必要的设备运行参数的调节，以达到最佳经济性的运转。在达到以上目的的前提下，监控系统结构简单、成本低、维护工作量小，才能真正体现出其先进程度。当然，这主要反映在软件开发的水平上。现在设备可靠性大大提高，如开关电源的平均无故障工作时间都在 10 万 h 以上，本身管理系统智能化程度都很高。在正常运行的过程中，无需人为的进行干预。如果预报警能够可靠准确，就能保证可靠稳定的供电。

1.2 现代通信电源系统的组成

为各种通信设备及与通信有关的建筑负荷供电的多种电源设备组成的系统，称为通信电源系统。该系统由交流供电系统、直流供电系统和相应的接地系统组成。为了保证稳定、可靠、安全的供电，通信电源系统采用的供电方式有集中供电、分散供电和混合供电。

1.2.1 集中供电方式电源系统的组成

集中供电方式电源系统的组成如图 1-1 所示。该系统由交流供电系统、直流供电系统、接地系统和集中监控系统组成。

1.2.1.1 交流供电系统

1. 交流供电系统的组成

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间断电源。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有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。

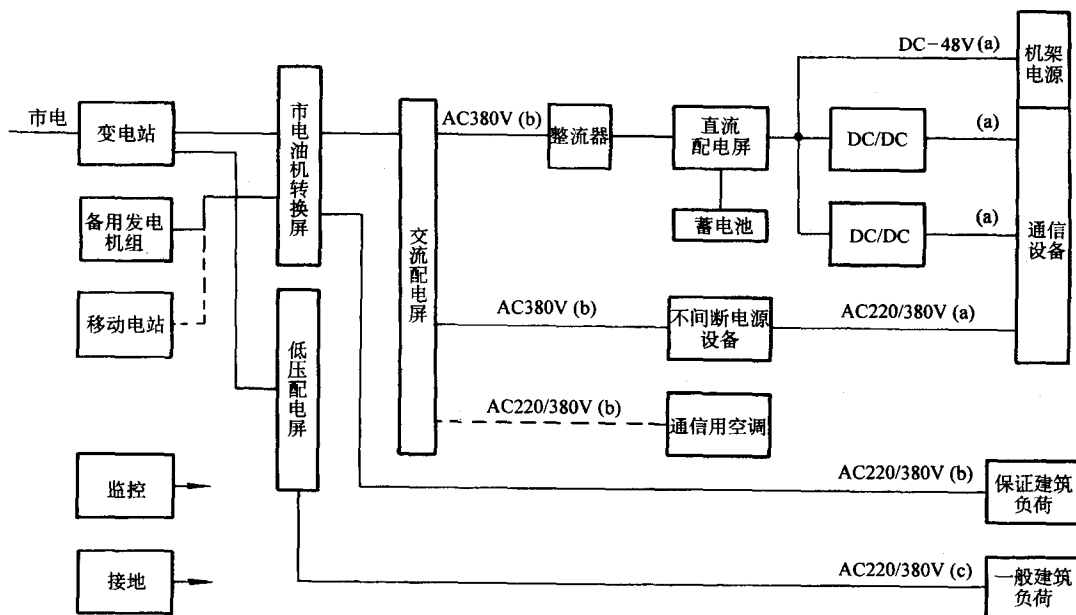


图 1-1 集中供电方式电源系统框图

(a) 不间断 (b) 可短时间中断 (c) 允许中断

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），然后供给整流设备和照明设备使用。

为了缩短低压供电线路，可将降压变电站设在高层通信大楼的主楼内。此时，电力变压器应选用干式变压器，配电设备中的高压开关应选用户内高压真空断路器。

为了不间断供电，电信局内一般都配有油机发电机。当市电中断时，通信设备可由油机发电机供电。目前国内已开始采用无人值守自动启动油机发电机，当市电中断后，这种油机发电机能自动启动。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，通信设备一般应由市电供电。

低压市电和油机发电机的转换通过低压交流配电屏完成。低压交流配电屏可以将低压交流电分别送给整流器、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，能够自动发出警告信号。

为了确保通信电源不中断、无瞬变，近年来，在卫星通信地球站等通信系统中，已开始采用静止型交流不间断电源。这种电源系统一般由蓄电池、整流器、逆变器和静态开关等部分组成。当市电正常时，其经整流和逆变后给通信设备供电，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（DC/AC变换器）给通信设备供电。逆变器和市电的转换由交流静态开关完成。

2. 交流不间断供电系统微电脑控制器

随着通信技术的迅速发展，计算机在通信设备中的应用日益普及。由于计算机不允许电源中断，所以必须由 UPS（不间断电源）供电。通常 UPS 的供电时间都比较短，当市电停电时间较长时，为了保证不间断供电，必须大大增加 UPS 中蓄电池的容量，同时，为了保证电池充足电，还必须增加 UPS 中充电器的输出电流。有时需要专用的充电机对大容量的电池进行充电。目前，在 UPS 中大量应用的免维护铅酸蓄电池的体积较大，而且价格昂贵。为了降低成本、减少蓄电池所占用机房的面积，许多部门都采用油机发电机作为备用电源。这样当市电中断后，UPS 只需短时间供电，然后由油机发电机供电。为了实现无人值守，油机发电机必须能够自动起动、自动供电，并且当市电恢复正常后，油机发电机应能快速停机，将负载转换到由市电供电。目前，这种无人值守的油机发电机已开始应用，但是许多普通的油机发电机尚无此功能，为了使普通的油机发电机具备无人值守油机发电机的功能，可采用全自动交流供电微电脑控制器。

(1) 全自动交流供电微电脑控制器的主要功能如下：

1) 自动起动油机发电机：市电停电后，该控制器中起动（START）继电器的一组触点接通，使油机发电机的起动按钮自动接通，因此，油机发电机可自动点火起动。油机发电机因故障不能起动时，该控制器能发出起动失败声光报警信号。

2) 油机发电机自动投入供电：油机发电机自动起动后，经过 1~3min（可选）的预运行，待各项参数达到正常值后，该控制器中的切换开关自动转换，使负载改由油机发电机供电。

3) 油机发电机自动退出供电：在油机发电机供电状态下，当市电恢复后，该控制器中的切换开关可切断油机发电机的供电，并立即转换到由市电供电。

4) 油机发电机自动停机：油机发电机因市电恢复而退出供电且空载运转满 15min 后，该控制器的停机（STOP）继电器动作，使油机发电机自动停机。油机发电机因故障不能自动停机时，该控制器能发出停机失控声光报警信号。

5) 自动控制油机发电机定期运行在市电长期不中断的情况下，油机发电机就长期不能运行。这样汽油机化油器中的汽油质量将变差，蓄电池的电压也将下降。一旦市电中断，油机发电机很难立即起动。为了克服这个缺点，该控制器中加入了控制油机发电机定期运行的功能。市电连续 14 天（可选择）未中断时，该控制器将自动起动油机发电机，发电机空载运行 15min 后自动停机。此外，也可以用手动方式控制油机发电机定期运转。市电连续 14 天未中断时，该控制器将发出声光信号，用户可用手动方式起动油机发电机。起动后发电机空载运行 15min 后自动停机。

6) 5min 延时切换（可选）：油机发电机与市电的切换时间通常为 1s。当负载为制冷压缩机且制冷系统又无断电延时保护器的情况下，为了避免供电转换时损坏压缩机，该控制器

可将市电供电与油机发电机供电的切换时间延迟为 5min。

(2) 全自动交流供电微电脑控制器的基本工作原理该控制器由市电监视器、发电机监视器、微电脑、市电 / 发电机切换电路组成，如图 1-2 所示。该控制器以微电脑为控制核心，根据市电监视器和发电机监视器的输出信号，微电脑适时控制油机发电机的起动或停机。同时，微电脑还直接控制市电发电机切换电路，及时将负载转换到市电或油机发电机供电。

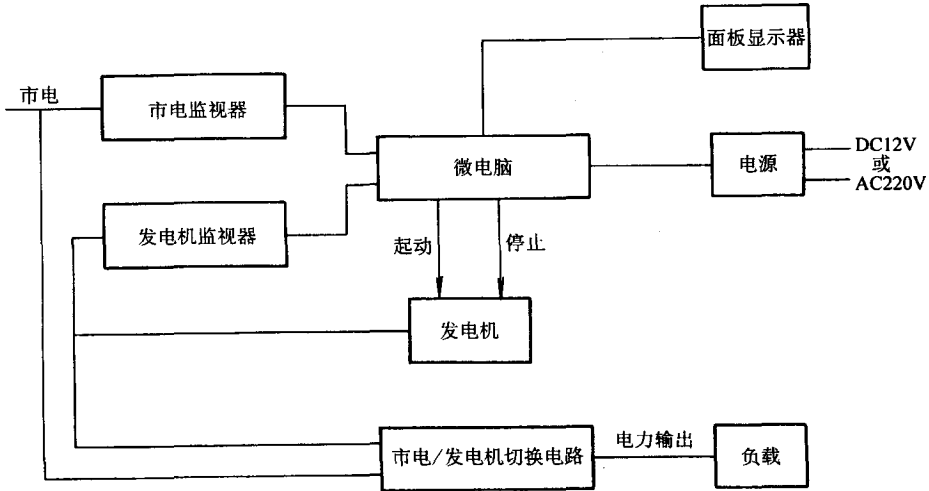


图 1-2 交流不间断供电系统微电脑控制器的组成

1) 电压监视电路：市电和发电机电源监视器分别由两只变压器组成，如图 1-3 所示。

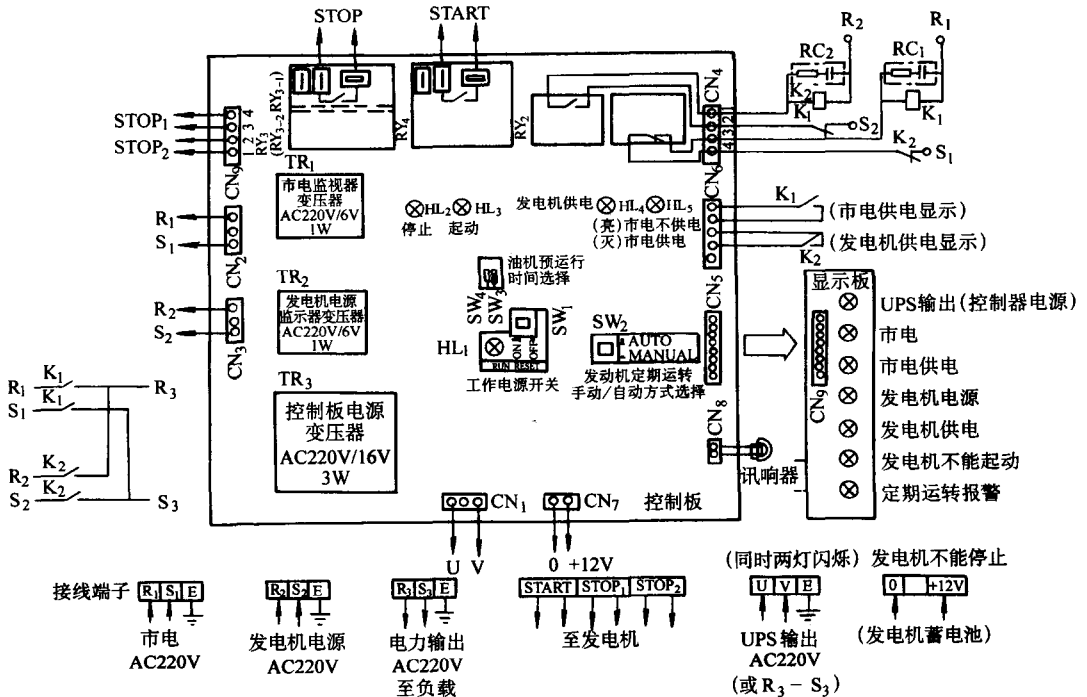


图 1-3 微电脑控制器的内部结构

利用这两只变压器，可以判断市电电压和发电机输出电压是否中断，并以此作为起动或停止油机发电机以及转换开关的主要依据。应当说明，为了避免电源电压过低影响负载正常工作，在该控制器中，当市电电压低于 185V 时，微电脑即判断为市电中断，并立即使油机发电机起动。油机发电机输出电压过低时，控制器将发出发电机起动失败的信号，以告知用户油机发电机存在故障。

2) 电源切换电路：电源切换电路由继电器 K_1 和 K_2 组成，如图 1-3 所示。市电正常时，继电器 K_1 吸合，市电电压通过 R_3 、 S_3 端子加到负载两端。当市电中断后，油机发电机开始运行， R_2 、 S_2 两端的交流电压使 K_2 吸合，并通过 R_3 、 S_3 端子加到负载两端。由发电机供电到市电供电的切换时间通常为 1s 左右，油机发电机起动后，需要预运行 1~3min（可选择）才能给负载供电。

在任何情况下，市电总是优先供电。当市电来电时，微电脑会立即将负载切换到市电供电，即使微电脑因直流电源中断而无法控制时，只要市电不中断就能投入供电。

选用 5min 延时切换功能时，在任何情况下，市电供电与油机发电机供电的切换时间都是 5min，这种方式只适用于制冷压缩机供电，其他电站设备不采用这种供电方式。

3) 油机发电机的起动：市电中断后，微电脑输出信号使起动（START）继电器的触点接通，从而使油机发电机的起动按钮接通，油机发电机即点火起动。根据油机发电机的起动要求，起动触点闭合 $5s$ 后若不能起动，应停 10s 后再起动。该控制器能够按油机发电机的起动要求，连续 5 次发出起动指令。如果油机发电机仍未能起动，控制面板上的黄色指示灯闪烁，并且讯响器发出间断鸣叫，表示油机发电机因故障不能起动。此时，可采用人工方式起动油机发电机，若成功，则声光报警信号自动停止，若失败，应立即检查油机发电机，以免 UPS 中的蓄电池过放电。

4) 预运行时间和 5min 延时设定：根据油机发电机的使用要求，其起动后，必须经过 1~3min 的预运行，待各项参数达到稳定值后，才能向负载供电。预运行时间由控制板上的拨动开关 SW_3 和 SW_4 设定，设定方法如表 1-1 所列。

表 1-1 SW_3 和 SW_4 设定预运行时间和延迟时间

功 能	SW_3	SW_4	时 间
预运行时间/min	ON	ON	1
	OFF	ON	2
	ON	OFF	3
延迟时间/min	OFF	OFF	5

开关 SW_3 和 SW_4 都处在“OFF”位置时，油机发电机供电与市电供电的切换时间为 5min。

5) 油机发电机停机：控制器判定油机发电机连续运行时间超过 15min 且退出供电状态时，控制器立即发出停机信号，停机（STOP）继电器的触点接通，使油机发电机停止运转。

发出停机信号 20s 后，如果油机发电机仍不能停止运行，控制器面板上的“发电机不能起动”黄色指示灯快速闪烁，讯响器发出快速鸣叫，此时应采用手动方式使油机发电机停机。

6) 定期运行：在普通的交流供电控制器中，若市电长期不停电，油机发电机就长期不

能运行。一旦市电中断，油机发电机就很难起动。为了确保油机发电机顺利起动，该控制器能够定期（通常为 14 天）起动油机发电机，并且油机发电机空载运行 15min 后，能够自动停机。定期运行方式由开关 SW_2 控制。 SW_2 置于“自动”（AUTO）位置时，油机发电机自动定期运行，当 SW_2 置于“手动”（MANUAL）位置时，在达到定期运行时间（通常为 14 天）后，油机发电机不能自动起动，但控制器可发出定期运行报警信号，此时应采用手动方式起动油机发电机。

7) 控制器工作电源：控制器的工作电源如果中断，整个控制系统将停止工作，因此必须保证该电源不中断。通常，控制器的电源应由 UPS 供给。此时，应将 UPS 的输出电压加到控制器的“U、V”两端。在无 UPS 的电源系统中，控制器的“U、V”端应与控制器交流电压输出端“ R_3 、 S_3 ”连接，为了确保控制器工作电源不中断，还必须将油机发电机起动蓄电池的 12V 直流电压加到控制器直流电源输入端。

1.2.1.2 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，因此可以保证不间断供电。目前广泛应用的直流供电方式有以下几种：

1. 并联浮充供电方式

并联浮充供电方式的原理结构如图 1-4 所示，这种供电方式是将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，蓄电池还能起到一定的滤波作用。当市电中断时，蓄电池单独给通信设备供电，由于蓄电池通常处于充足电的状态，所以市电短期中断时，可以由蓄电池保证不间断供电。若市电中断时间过长，整流器应由油机发电机供电。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，因此负载电压的变化范围较大。

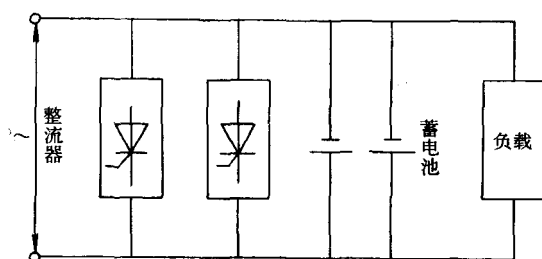


图 1-4 并联浮充供电方式

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，因此负载电压的变化范围较大。

2. 直流变换器供电方式

近年来，由于微电子技术的迅猛发展，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 5~15V 的低压电源。这些低压电源如果直接从电力室供给，供电效率就会很低。为了提高供电效率，许多通信设备中都采用了直流变换器。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，如果这些电压都由整流器和蓄电池供给，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。采用直流变换器供电方式是解决这一问题的有效途径。

直流变换器供电方式的基本原理如图 1-5 所示。直流变换器的输出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，可以保证负载电压是在规定值以内。

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，直流变换器的输出容量大、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。为了提高供电的可靠性，通常采用几台变换器并联供电的方式。

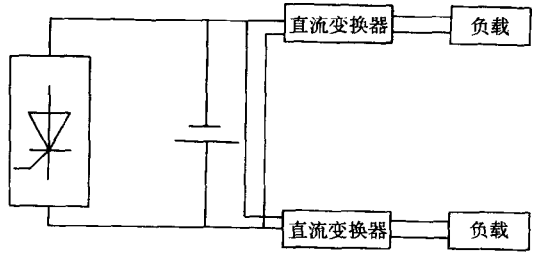


图 1-5 直流变换器供电方式原理框图

根据通信系统的具体要求，上述各种供电方式可以适当组合，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线。为了降低馈线电阻的压降和缩短载流量很大的直流馈线，可分层设置电力室。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。

1.2.1.3 接地系统

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

1. 交流工作接地

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，接地电阻的阻值不应大于 10Ω，当变压器的容量在 100kVA 及以上时，接地电阻的阻值不应大于 4Ω。

2. 直流工作接地

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。

3. 保护接地和防雷接地

(1) 保护接地为了避免电源设备的金属外壳因绝缘层的损坏而带电，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的阻值应不大于 10Ω。

(2) 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，避雷器一般都设有防雷接地装置，这种装置的接地电阻的阻值一般应在 10~20Ω 之间。当电网遭受雷击时，防雷地线中的瞬时电流很大，因而在地线上将会产生很高的电压降。

4. 联合接地

各类通信设备的交流工作接地、直流工作接地、保护接地及防雷接地共用一组接地体的

接地方式，称为联合接地方式。这种接地方式具有良好的防雷和抗干扰作用。

联合接地方式由接地体、接地引入线、接地汇集线和接地线四部分组成，如图 1-6 所示。

(1) 接地体 接地体又称为接地电极或地网。它与土壤形成电气接触，可将各地线中的电流汇入大地。采用联合接地方式时，接地体由建筑物混凝土内的钢筋和建筑物四周敷设的环形接地电极组成。

(2) 接地引入线 接地体与接地总汇集线之间的连线，称为接地引入线。为了增加其使用寿命 接地引入线应作防腐处理。

(3) 接地汇集线 接地汇集线是指与各通信机房接地线相连的接地干线。为了减少地线上的杂散电流回窜，接地汇集线分为垂直接地总汇集线和水平接地分汇集线两部分。垂直接地总汇集线是垂直贯穿于通信局各层楼的接地主干线，它一端与接地引入线相连，另一端与各个楼层的钢筋和水平接地分汇集线相连，形成辐射状结构。水平接地分汇集线应分楼层设置，各通信设备的接地线应就近接入水平接地分汇集线。

(4) 接地线 各类通信设备的接地端与水平接地分汇集线之间的连线，称为设备的接地线。接地线的截面积应根据最大负载电流确定，不准使用裸线。

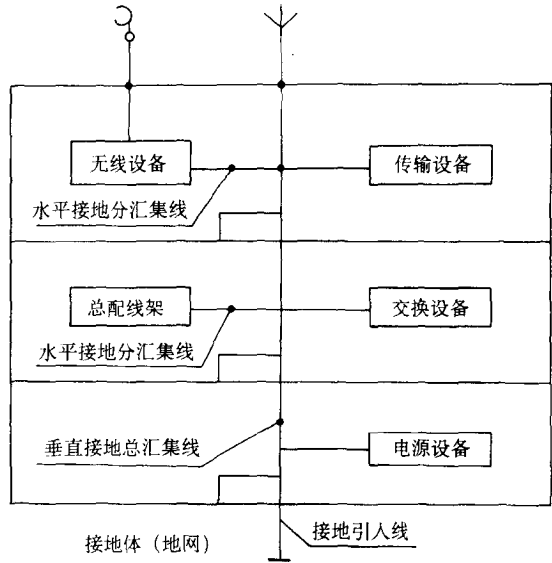


图 1-6 联合接地方式示意图

1.2.2 分散供电方式电源系统的组成

1. 基本结构

分散供电方式电源系统的组成框图如图 1-7 所示。采用分散供电方式时，交流供电系统仍采用集中供电方式，交流供电系统的组成与集中供电方式相同。直流供电系统可分楼层设置，也可按各通信系统设置。阀控式免维护蓄电池组可设置在电池室内，也可与通信设备设置在同一机房内。在各个分设的直流供电系统中，都应采用小容量蓄电池组。

2. 分散供电方式的优点

为了适应超大容量通信枢纽的要求，分散供电方式电源系统已成为必然的选择。近年来在大型枢纽和高层局（站）内，通信设备的容量迅速增加，所需的供电电流大幅度提高，有时需要几千 A 的电流，集中供电方式电源系统很难满足通信设备的要求。同时，采用集中供电方式电源系统时，电源一旦出现故障，将会造成大范围通信中断，从而造成巨大的经济损失和极坏的社会影响。

采用分散供电方式电源系统后，可以大大缩短蓄电池与通信设备之间的距离，大幅度减小直流供电系统的损耗。比如，直流汇流条上有 2V 的电压降时，若负载电流为 6000A，每年汇流条的耗电量可达 10 万 kW·h。

采用分散供电方式电源系统后，从电力室到各通信机房之间采用高电压交流市电供电，

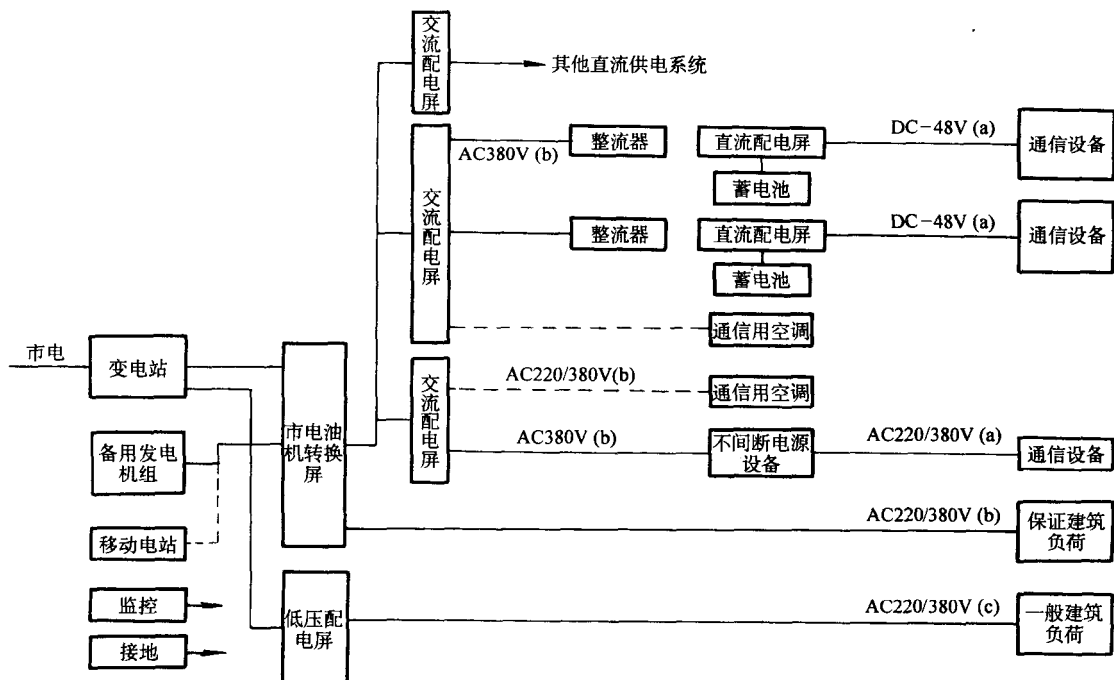


图 1-7 分散供电方式电源系统组成
(a) 不间断 (b) 可短时间中断 (c) 允许中断

线路的损耗很小，可以大大提高馈线的送电效益。

总之，将大型通信枢纽或高层通信局（站）的通信设备分成几部分，每一部分由容量合适的电源设备供电，不仅能充分发挥电源设备的性能，而且还能大大降低电源设备故障造成的影响，同时还能节约大量能源。因此，目前许多国家的通信大楼都采用分散供电方式。

1.2.3 混合供电方式电源系统的组成

1. 基本组成

光缆无人值守中继站和微波无人值守中继站，通常采用交流市电电源与太阳能电源（或风力发电机）组成的混合供电方式。采用混合供电方式的电源系统由太阳能电源、风力发电机、低压市电、蓄电池组、整流配电设备及移动电站等部分组成，如图 1-8 所示。应当注意，为了降低电源系统的造价，通信容量较大的微波无人值守中继站，不宜采用太阳能供电。目前，普遍采用市电与无人值守油机发电机相结合的交流供电系统，也可以采用交流不间断供电系统微电脑控制器，以保证市电中断后，立即起动油机发电机，保证交流电源不中断或只有短时间中断，在交流电源中断期间，通信设备可由容量很小的蓄电池组供电。

应当注意 微波无人值守中继站和光缆无人值守中继站 大部分都处在远离城市的农村 通常市电的质量较差 电压波动范围较大 因此在市电引入端应加入调压器或交流稳压器。

2. GWZD—II 智能光缆无人职守中继站供电系统

GWZD—II 智能混合供电系统主要适用于光缆、微波无人值守中继站。它由四组太阳能电池方阵、高频开关整流器、交、直流配电和工业控制器等部分组成，如图 1-9 所示。

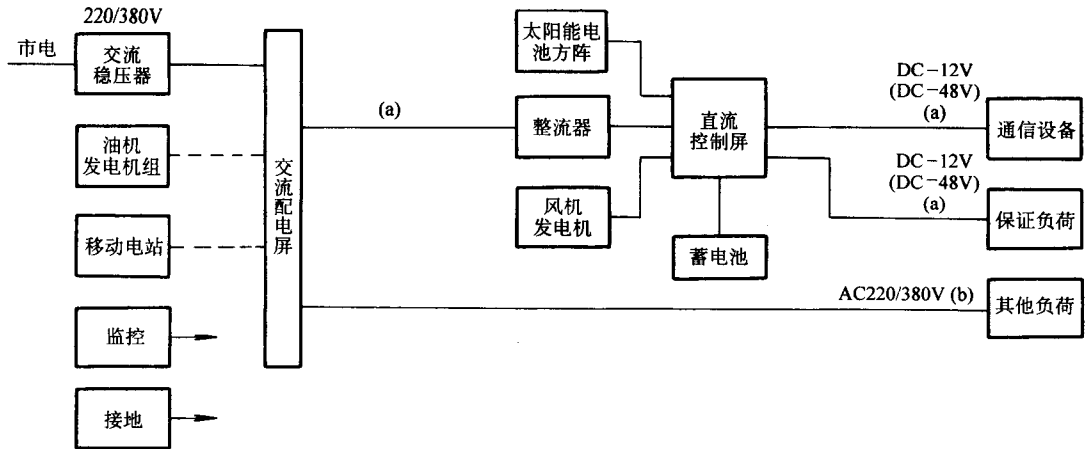


图 1-8 混合供电方式电源系统框图

(a) 不间断 (b) 可短时间中断

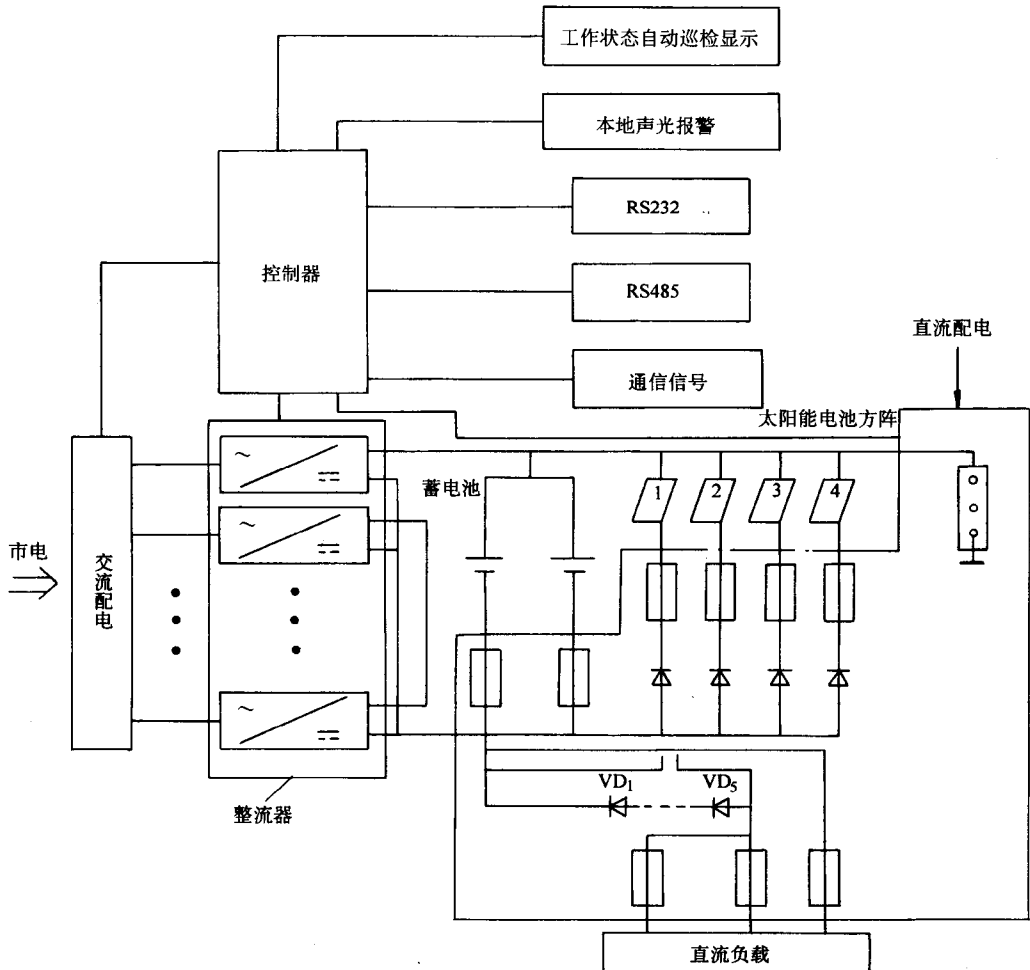


图 1-9 GWZD-II 智能光缆无人职守中继站供电系统

该系统在保证向负载供电的同时，还通过工业控制计算机实现整个系统的自动控制、自动检测、自动诊断和自动报警。该系统还配置了 RS232 和 RS458 两个智能通信接口，可以很方便地与远端监控器和本地监控器相连，实现三遥功能及无人值守。直流输出电路中串联五只硅二极管 $VD_1 \sim VD_5$ ，可根据蓄电池的电压适时调整负载电压。

1.3 现代通信电源的主要性能要求和技术规范

1.3.1 典型通信设备对开关电源系统的要求

不同的通信设备对基础电源系统的要求不同，即使是标称电压相同的程控电话交换机，因其生产厂家不同，对基础开关电源系统的要求也不尽相同。当然每一种通信设备都有其设计标准，或是国家标准或是行业标准。在通信设备的设计标准中都规定了对其所用基础电源的要求，设计通信设备基础开关电源系统时必须满足这些要求。

1. 典型的程控电话交换机对基础开关电源系统的要求

程控电话交换机内部有一个二次电源，它是一个多路输出的 DC/DC 变换器，它们输入的都是有一定等级的直流电压，大部分为 $-48V$ ，也有一些是 $-24V$ ，“-”号表示将电源的正端接地。不同交换机的 DC/DC 变换器对输入电压的变化范围和噪声等指标都不相同，表 1-2 给出了典型的程控电话交换机对输入电压的变化范围和噪声的要求。

表 1-2 典型的程控电话交换机对输入电压的变化范围和噪声的要求

交换机的产地和型号	基础电压变化范围 /V	衡量噪声	交换机的产地和型号	基础电压变化范围 /V	衡量噪声
日本 NEAX-61	-43 ~ -58	小于 2mV	法国 E10B	-41.7 ~ -54.4	—
日本 FETEX-150J	-43 ~ -54	小于 -67dB	德国 EWSD	-44 ~ -58	小于 2mV
瑞典 AXE-10	-44 ~ -54	小于 2mV	芬兰 DX-200	-40 ~ -58	小于 1mV
比利时 ITT-1240	-49 ~ -53.9	不大于 2mV	美国 SESS	-42.75 ~ -52.5	小于 7.8mV

2. 其他通信设备对开关电源系统的要求

除了程控交换机之外，还有很多其他种类的通信设备，如微波设备、有线传输设备等。每一种通信设备因其生产厂家不同，内部的 DC/DC 变换器对输入电压的要求也不相同。表 1-3 和表 1-4 分别给出了一些厂家生产的典型微波设备和有线传输设备对直流输入电压变化范围的要求。

表 1-3 一些厂家典型的微波设备所允许的直流输入电压的变化范围

变化范围 / V	标称电压 / V	直流输入电压变化范围		
		24	48	60
厂家型号				
法国汤姆森 2×34 Mbit/s		18.5 ~ 35	35 ~ 75	
日本 NEC700 型		20 ~ 35	36 ~ 75	
日本富士通 100 型		20 ~ 30	40 ~ 50	
意大利 GTE140Mb6		19.2 ~ 28.8	38.4 ~ 57.6	
美国 Fatonon		21 ~ 28	42 ~ 56	
芬兰 KOKIADR		19 ~ 34	39 ~ 70	

表 1.4 一些厂家生产的典型有线传输设备允许的直流输入电压的变化范围

变化范围 / V	标称电压 / V	24	48	60
厂家型号				
法国 Alcatel 光缆数字设备		20~28	40~57	
日本 NEC 光端机		20~35	36~60	
日本富士通数字设备		20~30	43~56	
意大利 GTE 数字设备		19.2~28.8	38.4~57.6	
瑞典 Ericsson 数字设备		21~29		30~70
荷兰 Philips 数字设备				36~75
S24 厂数字设备		17~35		

1.3.2 现代通信基础开关电源系统的设计指标和标准

1. 现代通信基础开关电源系统的设计指标

通信基础开关电源系统是现代通信设备的核心，是为各种通信设备（主要是程控交换机）提供直流电的电源变换系统，它需要将输入的交流电压变换成直流电压。按照考虑的角度或者设计目的不同，基础开关电源系统的设计指标主要有以下几个方面：

第一，对现代通信设备来说，电源系统的输出电压调节范围、输出电流数量等级、输出噪声电压、稳压精度、通电开机过冲等必须满足一定的要求。

第二，对电源系统本身的可靠性和电气性能来说，其电网电压的适应能力、保护和报警、并联运行均分负载性能、效率和功率因素以及抗雷击等性能要满足一定的要求。

第三，对蓄电池来说，均充、浮充电压调节以及状态转换等要满足一定的要求。

第四，对人身安全和环境保护来说，其绝缘电阻、介电强度（又叫绝缘强度）、传导干扰、辐射干扰、音响噪声等必须满足一定的要求。

第五，从利于进入市场的角度来说，基础开关电源系统的外观及其能够适应的工作、储存和运输环境等必须满足一定的要求。

2. 现代通信基础开关电源系统的设计标准

由于不同类型和不同厂家生产的通信设备对基础开关电源系统的要求不同，而且从不同的角度出发，要求它满足的设计指标也不同，所以我们在设计基础开关电源系统时对各方面的技术指标都要进行考虑，既要尽量满足大部分通信设备的需要，考虑系统的可靠性和体积等因素，还要合理控制系统的成本，优化其性能价格比。

由以上的分析我们认定，设计通信基础开关电源系统遵循的标准可以分为如下三级：

(1) 基本标准原邮电部行业标准 YD/T731—1994 《通信用高频开关整流器》(以下简称 YD/T737 标准)，这个标准规定了通信用高频开关整流器需要满足的基本技术要求和其他各项指标。

(2) 升级标准原邮电部行业标准《通信用高频开关电源设备进网质量认证检验实施细则》(简称入网检验实施细则)本实施细则规定了通信用高频开关整流模块和基础电源系统进入中国电信网需要满足的技术要求和其他各项指标，有些指标比上面的基本标准的要求要高。

(3) 实际设计标准为了能顺利地通过进网质量认证测试，也为了能够满足更多的市场需要，在实际设计通信用高频开关整流模块和基础电源系统时，各项技术指标又要高于入网