

高等职业教育优质校建设轨道交通通信信号技术专业群系列教材

通信信号电源设备维护

(含图册)

主 编 韦成杰 徐晓冰

副主编 楚彩虹 吴甜甜 朱 锦

主 审 穆中华

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

通信信号电源设备维护：含图册. 通信信号电源设备维护 / 韦成杰, 徐晓冰主编. —成都：西南交通大学出版社, 2021.8

高等职业教育优质校建设轨道交通通信信号技术专业群系列教材

ISBN 978-7-5643-8224-7

通... 韦... 徐... 城市轨道交通 - 铁路信号 - 电源屏 - 维修 - 高等职业教育 - 教材

U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 173803 号

高等职业教育优质校建设轨道交通通信信号技术专业群系列教材

Tongxin Xinhao Dianyuan Shebei WeiHu

通信信号电源设备维护

(含图册)

主 编 / 韦成杰 徐晓冰 责任编辑 / 何明飞
封面设计 / 吴 兵

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话：028-87600564 028-87600533

网址：http://www.xnjdcbs.com

印刷：成都中永印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

总印张 20.75 总字数 427 千

版次 2021 年 8 月第 1 版 印次 2021 年 8 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-8224-7

套价 49.00 元

课件咨询电话：028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

前 言

随着我国铁路大发展和城市化进程的不断加快，通信、信号设备不断更新换代，对供电电源的要求也在不断提高。采用模块化、智能监控和电力电子技术的铁路智能电源屏，应用越来越广泛。

本书通过对企业现场电源屏工区的典型工作任务和岗位能力进行分析，结合教学特点，将电源内容按能力划分为五个项目。全书采用项目化教学的方式进行编写，能让学生对铁路信号电源有全面系统的了解，使学生在掌握铁路信号电源相关工作原理和结构的同时，重点掌握它们的操作、日常维护和常见故障处理方法，以增强学生的实践能力，更好地与现场接轨。

项目一——通信信号电源屏概述，介绍了通信和信号电源屏的发展、技术条件等内容。

项目二——电源屏基础器件认知，对各种电源屏共用的基础器件进行认知，包括变压器、低压电器、稳压器、开关电源及 UPS（不间断电源）等器件认知，介绍了它们的结构、功能及原理等。

项目三——信号电源屏认知，介绍了电源屏认识、模块认识、图纸识读及操作。电源屏种类繁多，通过调研，本书选取了为国铁、地铁、客专应用较多的电源屏型号，也包含了几所职业技术院校实训室现有的电源屏，既结合了现场实际，又方便教学，各校可根据校内电源屏资源选讲其中合适的任务。

项目四——电源屏维护，根据维护规则，对现场电源屏维护内容及标准进行了阐述。

项目五——电源屏故障处理，介绍了电源屏的常见故障，并结合典型故障案例进行分析，旨在教会学生故障应急分析方法及处理方法。

郑州铁路职业技术学院韦成杰担任本书第一主编，编写了项目三的任务一到任务七，徐晓冰编写了项目一和项目三的任务八，楚彩虹编写了项目二，吴甜甜编写了项目三的任务九、任务十和项目五的任务二，朱锦编写了项目四和项目五的任务一，郑州电务段周建涛编写了项目五的任务三。郑州铁路职业技术学院穆中华同志对全书进行了审定。

本书在编写过程中，郑州电务段的杜先华同志和郑州轨道交通有限公司的吕兴瑞同志提供了大量的相关资料，在此表示真诚的感谢；同时本书所有编者还对参考文献中所列专著、教材等的作者们表示最真诚的谢意。由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2021年6月

目 录

项目一 通信信号电源屏概述·····	1
任务一 信号电源屏概述·····	1
任务二 通信电源屏概述·····	21
思考题·····	29
项目二 电源屏基础器件认知·····	30
任务一 变压器认知·····	30
任务二 低压电器认知·····	37
任务三 稳压器认知·····	47
任务四 开关电源认知·····	59
任务五 UPS 不间断供电系统认知·····	66
思考题·····	76
项目三 信号电源屏认知·····	77
任务一 中站机械电源屏认知·····	77
任务二 大站机械电源屏认知·····	84
任务三 计算机联锁电源屏认知·····	93
任务四 区间电源屏认知·····	97
任务五 提速电源屏认知·····	100
任务六 25 Hz 轨道电源屏认知·····	105
任务七 DSG 型智能电源屏认知·····	106
任务八 PKX 型智能电源屏认知·····	121
任务九 PMZG 型智能电源屏认知·····	138
任务十 PZG 系列智能电源屏认知·····	159
思考题·····	177
项目四 电源屏维护·····	179
任务一 电源屏测量·····	179
任务二 电源屏日常维护·····	187
思考题·····	194

项目五 电源屏故障处理	195
任务一 电源屏常见故障处理	195
任务二 电源屏典型故障案例分析处理	207
任务三 电源屏常见故障汇总	214
思考题	220
参考文献	221

项目一 通信信号电源屏概述

【项目导引】

通信信号电源屏为通信信号设备提供稳定、安全、可靠的工作电源。本项目主要介绍通信和信号电源屏以及铁路设备供电的概况，包括铁路信号设备的供电基本要求、信号设备的供电情况、信号电源屏的发展概况，使学生对铁路设备供电有一个总体认识。

任务一 信号电源屏概述

【学习目标】

1. 掌握信号电源屏对供电的要求。
2. 了解信号系统供电概况。
3. 了解信号电源屏的发展概况。
4. 了解常见电源屏的分类及型号。

【相关知识】

一、信号设备对供电的要求

信号设备是组织指挥列车运行，保证行车安全，提高运输效率，改善行车人员劳动条件的关键设备。供电系统能否可靠、安全、稳定地对信号设备进行供电是信号设备能否正常运行的基本保证。不同的信号设备使用的电源不同，对电源的要求也各不相同。但总的来说，各种信号设备对电源的可靠程度都有较高的要求，对供电电压和频率的稳定都有一定的要求，并且都要保证供电的安全。

信号设备对供电的三大基本要求是：安全、稳定和可靠。

(一) 对电源可靠性的要求

铁路信号电源原则上应与铁路其他部门的电源结合考虑，以统一和简化供电系统，便于维护管理。但根据其重要性和管理分工的不同，也有单独设置供电系统的情况。铁路用电一般都是由电力部门供给的，尽可能不自设发电设备。在电气化区段，当技术与经济合理时，也可采用牵引电源。

为了保证供电可靠，按信号设备与行车的关系划分供电等级以便管理，并设置备用电源。铁路对路外供给的电源，按其可靠程度分为三类。

1. 第一类电源

第一类电源能取得两路可靠的独立电源，其中一路为专盘专线，或虽不能取得专用电源，但能由其他重要线路接引供电；供电容量满足信号设备的最大用电量；电压、频率的波动在容许范围之内，或电压波动虽较大但能稳压。

2. 第二类电源

第二类电源只能取得一路电源，但质量较好，供电容量、电压和频率的波动情况与第一类电源相同。

3. 第三类电源

不能满足第一、二类电源条件的其他电源称为第三类电源。

独立电源是指不受其他电源影响的电源。如一个发电机组，有专用的控制设备和馈电线路，与其他母线没有联系或虽有联系但其他母线发生故障时能自动切断联系，满足这样条件的电源称之为独立电源。

可靠电源是指能昼夜连续供电，因维修和事故的停电有一定限制的电源。相关规定如下：因维修计划停电，第一类电源每路每月一次，每次不超过 4 h；第二类电源每月一次，每次不超过 10 h。因事故造成的临时停电两年累计：第一类不超过 48 次，每次一般不超过 2 h；第二类不超过 100 次，每次一般不超过 4 h。

专盘专线是指供给信号设备 10 kV 以下的不与其他负荷共用的专用配电设备和专用的电线路。

按因事故停电所造成的后果，可将信号供电的负荷等级划分如下：

(1) 一旦发生停电就会造成运输秩序混乱的负荷为一级负荷。

(2) 偶尔发生短时间停电不会马上打乱行车计划，但长时间停电也会影响运输秩序的负荷为二级负荷。

(3) 其他为三级负荷。

铁路信号设备中的大站继电集中联锁、计算机联锁、自动闭塞、调度集中和调度监督、驼峰信号设备等都是一级负荷。非自动闭塞区段的中、小站继电集中联锁为二级负荷。一级负荷由第一类电源供电时，一般不需另设备用电源，但要求自动或手动转换两路电源时，供电中断时间不大于 0.15 s，以免在电源转换过程中使原吸起的继电器落下而影响行车。

自动闭塞虽为一级负荷，但因相邻两变电所可互为备用，故每一变电所并不要求引入两路独立电源，然而相邻两变电所电源应相互独立。

在第二类电源地区，除自动闭塞外，是否适用于属于一级负荷的其他信号设备，需结合电源情况慎重考虑。一般可用该电源作主电源，但需设备用电源。二级负荷可由第二类电源供电，但也需设置备用电源。第三类电源原则上不用作一级负荷的电源。各种采用计算机的信号系统，为保证不中断供电，需使用不间断电源（UPS）。

（二）对电源稳定性的要求

为使信号设备可靠工作，必须对信号设备供电电压的波动范围及交流电源的频率波动范围进行规定。三相交流供电时各相负载应力求平衡，以提高供电效率和设备利用率，减小电压波形的畸变。供电电压过高会使信号灯泡和电子设备的寿命大大缩短，电压过低会使信号机显示距离不足或使电子设备动作不可靠，电压脉动过剧会使电子元件的噪声过大甚至引起误动作。频率波动过大会影响信号设备的频率特性和抗干扰性能。

供电电压、频率的允许波动范围及允许的负荷功率因数在正常情况下应符合下列标准：

- （1）交流供电电压波动，一般在 380 V 供电母线上为 $\pm 10\%$ 。
- （2）直流供电电压波动，一般为 $\pm 10\%$ ，但对于电子设备，还必须采用专用的稳压设备。
- （3）频率波动一般为 $[50 \pm (0.5 \sim 1)]$ Hz。
- （4）负荷功率因数不低于 0.85。

信号设备的导线截面应经过计算来确定，以免导线压降过大使设备电压不足而不能正常工作。对于信号电源设备，因其由电网供电，负荷的变化将引起供电电压的波动，故须设有稳压装置，以保证电压稳定在规定的范围之内。

（三）对电源安全性的要求

为了保证供电安全，信号电源设备必须采取以下措施：

（1）供给信号设备专用的低压交、直流电源都要对地绝缘，以免发生接地故障时造成电路错误动作。供电变压器的初级和次级间应用铜板隔离接地，以免初次级间击穿造成漏电而影响安全。

（2）信号设备所需要的供电种类和电压等级较多，必须分路供电，并用变压器隔离，力求发生故障时缩小故障范围，避免故障扩大化。

（3）使用电缆供电时要考虑电缆芯线间的分布电容形成串电的问题，必要时应分开电缆供电。

（4）一般交流电源均由架空线路供电，必须考虑防雷，防止浪涌电压影响，以及安全接地问题。

（5）信号设备的保安系统如采用断路器组成，断路器的容量需要经过计算确定，并应满足动作的选择性（即分支断路器先动作，总断路器后动作）及灵敏度（即动作时间）的要求。

（6）高压设备要隔离，以保证人身安全。

二、电源屏技术要求

电源屏用来为信号设备供电，供电要求为稳定、可靠及安全。电源屏技术标准中规定了信号电源屏的技术要求，主要有如下几点：

（一）输入电源

电源屏应有两路独立的交流电源供电，两路输入电源允许偏差范围，单相电压 $AC(220^{+33}_{-44})V$ ，三相电压 $AC(380^{+57}_{-76})V$ ，频率 $(50 \pm 0.5)Hz$ ，三相电压不平衡度不大于 5%，电压波形失真度不大于 5%。

（二）供电方式

1. 一主一备供电方式

可靠性较高的输入电源为主电源，另一路为备用电源。正常时，由主电源向电源屏供电；当主电源断电时，备用电源自动投入运行。两路电源应能自动或手动相互转换。

2. 两路同时供电

两路电源同时向电源屏供电；当一路电源断电时，另一路自动承担全部负荷供电。

（三）转换时间

无论何种供电方式，两路电源的切换时间（包括自动或手动）不大于 0.15 s。

（四）电气参数

1. 额定工作电压

电源屏常用的额定工作电压优选值如下：

输入回路：AC 220 V/380 V。

输出回路：AC 6 V/12 V/24 V/36 V/48 V/110 V/127 V/180 V/220 V/380 V；

DC 6 V/12 V/24 V/36 V/48 V/60 V/110 V/220 V。

2. 额定功率

电源屏常用的额定功率优选值为 2.5 kV·A、5 kV·A、10 kV·A、15 kV·A、20 kV·A、25 kV·A、30 kV·A、50 kV·A、60 kV·A。

3. 额定工作制

正常情况下，继电器电源、信号机点灯电源、轨道电路电源、道岔表示电源、稳压备用电源、不稳压备用电源为不间断工作制；电动转辙机电源为短时工作制；闪光电源为周期工作制。

（五）悬浮供电及隔离供电

电源屏的交流、直流输出电源采用对地绝缘的悬浮供电，输出电源端子对地绝缘电阻应符合要求。

（六）闪光电源

对于电源屏的输出闪光电源，其通断比约为 1 : 1，在室内使用时，闪光频率宜采用 90 ~ 120 次/min；在室外使用时，闪光频率宜采用 50 ~ 70 次/min。

（七）三相电源供电及相序检测

电源屏供给各种负荷的容量应合理分配，当输入为三相交流电源时，各相的负荷力求平衡。

当车站有三相交流转辙机时，电源屏的三相交流输出电源供电，必须设置相序监测装置，在三相断相或错相时发出报警信号。

（八）不间断供电

对于有不间断供电要求的场合，应设置不间断供电电源，电源屏的不间断供电功能应符合 GB/T 14715《信息技术设备用不间断电源通用规范》的规定。

（九）过流、短路保护

（1）电源屏的各供电回路电源、各功能模块必须具有过流及短路保护功能。

（2）当采用断路器作为过流保护时，断路器应符合 GB/T 14048.2《低压开关设备和控制设备第二部分：断路器》的规定。

（3）过流保护器件应能满足额定电流下长时间正常工作的要求。

（4）当负荷发生短路故障时，保护器件应立即切断电源供电。

（5）电源屏的短路保护器件之间应具有保护选择性，即在任一个输出回路短路时应利用安装在该故障回路的开关器件将其切除，而不影响其他回路正常供电。

（十）雷电防护

（1）电源屏应考虑对雷电感应过压的防护措施（不考虑直接雷击电源屏的防护）。

（2）电源屏的雷电防护应满足以下要求：

电源屏防雷元件的选择应考虑将雷电感应过电压限制到被防护电源屏的冲击耐压水平以下。

防雷元器件不应影响被防护电源屏的正常工作。

采用多级防护时，多级防护元件要合理配置。

被保护电源屏与防护元件间的连线应尽量短，防护电路的配线与其他配线应分开，其他设备不应借用防雷元件的端子。

电源屏防雷系统应统筹考虑，雷电防护器件可设在电源屏外。

(十一) 防护接地

(1) 电源屏的变压器铁心、电流互感器的二次回路、电机以及其他金属外壳部件应在电气上相互连接，并连接至保护接地端子。

(2) 电源屏的保护电路可由单独设置的保护导体或可导电的结构件构成，接地端子与各保护接地的接触电阻值应不大于 0.1Ω 。

(3) 所有电路元件的金属外壳需用金属螺钉与已经接地的金属构件良好搭接。

(4) 保护导体应能承受设备运输、安装时所受的机械应力以及在短路故障时所产生的机械应力和热应力，其接地连续性不能破坏。

(5) 保护接地端子应设置在便于接线之处，不得兼作他用，而且当外壳或任何可拆卸的部件移去时仍应保持电器与保护接地导体之间的连接，保护接地端子螺钉应不小于 M6，保护接地端子不允许连接到三相电源的中性线上。

(十二) 温 升

电源屏的绝缘、元器件、端子、操作手柄的温升不应超过规定的限值。

(十三) 介电性能

(1) 在温度为 $15 \sim 35^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $45\% \sim 80\%$ 的气候条件下，电源屏输入、输出端子对地的正常绝缘电阻应不小于 $25 \text{ M}\Omega$ 。经过交变湿热试验后，其潮湿绝缘电阻值不小于 $1 \text{ M}\Omega$ 。

(2) 电源屏额定冲击耐受电压应按规定执行。

(3) 工频耐压试验电压应规定的要求进行。

(十四) 噪 声

在额定输入电压及额定负载的条件下，电源屏的整机噪声不超过 65 dB 。

(十五) 指示灯、指示仪表、报警

电源屏应设置清晰可见的指示灯，包括两路电源有电指示，两路电源中工作电源指示、主屏工作表示和备用屏有电指示（采用主备屏工作方式的电源屏）各种输出电源正常工作状态指示、输出电源故障指示。

指示灯应安装在电源屏前面板或模块前面板显著位置。

指示灯的颜色规定为：白色，输入回路工作、主备屏工作状态指示、输出回路工作；红色，输入有电、电源故障。

2. 指示仪表

电源屏应设置两路输入电源电压、整机输入电流、各主要回路输出电压电流的指示仪表。仪表应安装在电源屏前面板显著位置。仪表精度不低于 2.5 级。

3. 报 警

电源屏应设灯光、音响报警。两路输入电源转换报警是向控制台提供主副电源工作状态。输出电源故障、三相电源断相、三相电源错序（有相序要求的输出回路）、稳压（调压）装置故障设音响报警。

（十六）冗余及维护

电源屏各供电电源必须设有备用，当任一供电回路出现故障或进行维修时，应能转换至备用供电回路，继续保持供电，可采用如下方式：

1. 1 + 1 主备方式

每一供电电源均设有一条备用回路。

2. $n + 1$ 主备方式

n 个供电回路共用一条备用回路，但备用回路同一时刻只能接入一条供电回路。

电源屏应便于维护，易于在线维修及更换故障部件。

三、信号电源屏发展

信号电源屏最初于 20 世纪 60 年代后期出现在中国铁路，时间虽然不长，但几经改进，正逐渐完善，而且不断得到发展。

目前，已经形成种类齐全的信号电源屏系列。按用途分，信号电源屏可分为继电联锁电源屏、计算机联锁电源屏、驼峰电源屏、区间电源屏、三相交流转辙机电源屏、25 Hz 轨道电源屏等。继电联锁电源屏是 6502 电气集中联锁的供电装置，主要供给继电集中联锁所需各种交直流电源。按容量，信号电源屏可分为 5 kV · A 小站电源屏、5 kV · A 中站电源屏、10 kV · A 中站电源屏、15 kV · A 大站电源屏和 30 kV · A 大站电源屏。

计算机联锁电源屏是为满足计算机联锁对电源的较高要求而设计的供电装置，它的电路结构基本上与继电集中联锁用电源屏相同，只是增加了计算机所用电源。计算机联锁电源屏按容量分为 5 kV · A、10 kV · A、15 kV · A、20 kV · A 和 30 kV · A 五种。

驼峰电源屏是供驼峰转辙机用的直流电源，应设有备用电池，交流停电应延时供电 2 s，以保证已启动的转辙机转换到底。

区间电源屏是多信息移频自动闭塞供电装置，目前自动闭塞均采用集中设置方式，由区间电源屏供给本站管辖范围内区间各信号点的信号机点灯电源和移频轨道电路电源。

三相交流转辙机电源屏是专供提速区段交流转辙机用的电源屏，S700K、ZYJ7、ZDJ9 型转辙机均采用 AC 380 V 电源，由该电源屏供电；按容量又分为 5 kV · A、10 kV · A、15 kV · A、30 kV · A 四种。

25 Hz 轨道电源屏是专供电气化区段 25 Hz 相敏轨道电路用的电源屏，提供 25 Hz 的轨道电源和局部电源。按变频原理，25 Hz 轨道电源屏分为铁磁变频式和电子变频式。按容量，

25 Hz 轨道电源屏分为小站(800 V·A)、中站(1 600 V·A)、中站(2 000 V·A)、大站(4 000 V·A)四种,分别适用于不超过 20、40、60 和 120 个轨道区段的车站。

各型电源屏(除驼峰电源屏、三相交流转辙机电源屏、25 Hz 轨道电源屏)最主要的区别是采用不同的交流稳压器。采用的交流稳压器不同,具体电路就有很大的区别。用于电源屏中的交流稳压器,有属于第一类交流稳压器的感应调压器、自动补偿式稳压器,它们都需要控制电路,而感应调压器尚需要驱动电动机;有属于第二类交流稳压器的稳压变压器和参数稳压器,它们都是基于铁磁谐振原理构成的交流稳压器,不需要控制电路,相对而言,结构比较简单。

信号电源屏主要是随着交流稳压器的不断发展而发展的。早期的电源屏曾采用过饱和电抗器、自耦变压器式稳压器等交流稳压设备,它们或因稳压性能较差,或因可靠性不高,而于 20 世纪 70 年代被感应调压器代替。20 世纪 90 年代,电源屏又采用参数稳压器、无触点补偿式稳压器,在稳压性能方面有所改进。

信号电源屏内采用的控制电路由最初的铁磁三倍频率器改用晶体管分立元件组成的差动放大电路,进而改用由集成运算放大器组成的比较放大电路。由 CJ10 型交流接触器改为交流电源转换接触器、西门子或施耐德接触器,中间继电器改为电源屏用信号继电器。20 世纪 90 年代还用断路器代替熔断器,用隔离开关代替闸刀开关,大大提高了可靠性。电源屏在结构、工艺方面也不断有所改进。

最重大的发展是从 2000 年开始,出现智能电源屏,采用微型计算机技术完成对电源系统的自动监测,并可远程监控;引入高频电力电子技术,对各种输入、输出单元和交、直流电源进行模块化,提高了供电质量和可靠性,实现了无维修化,使信号电源技术有了突破性发展,以满足不断发展的信号设备的供电需要。

三、铁路信号智能电源屏

进入二十世纪八九十年代后,中国铁路信号技术加快发展步伐,出现了众多现代先进信号技术。而作为信号系统的供电设备,却严重滞后于信号技术的发展,存在较多问题,主要表现在:

(1) 以车站电气集中为供电核心的信号电源屏,已经不能满足各种信号技术的要求,派生出多种单一功能的各类电源设备,如 25 Hz 轨道电源屏、区间电源屏、计算机联锁电源屏、三相转辙机电源、UPS 等,集中在电源室(或继电器室)内,使电源室的面积不断扩大,制式混杂。

(2) 各种电源屏稳定性、可靠性差,智能化程度低,尽管一些改进型的电源屏采用了一些高可靠度的元器件,但整体结构和工作方式基本不变。系统技术落后,故障率高,难于维护和管理。

(3) 在两路输入电源转换过程中,部分电源回路与联锁结合不严密,影响行车安全。轨道电路电源,尤其是 25 Hz 相敏轨道电路电源,在两路输入电源转换过程中由于瞬间停电,造成轨道继电器及其复示继电器落下,致使控制台闪红光带或关闭已开放的信号机。继电器电源经稳压、变压、整流后,由电容器完成两路电源转换的不间断供电,若电容器容量不够,

会使照查继电器落下，来电后不能自动恢复，使信号机关闭。站内轨道电路电码化、自动闭塞、站内与区间结合电路等，正逐渐采用微电子技术，在电源转换时，使设备复位，重新自检，将使站内和区间的信号机关闭。

鉴于以上弊端以及现代信号技术发展的需要，亟须研制新型信号电源系统。因此智能电源屏应运而生。智能电源屏虽有多种制式，但其共同特点是具有自动监测功能，并采用电力电子技术和模块化结构。

四、信号智能电源屏概述

智能型信号电源屏，应用计算机技术、通信技术，替代人工对铁路信号电源系统设备的运行状态、运行参数、各种故障进行实时监测、显示、记录、存储、报警，并向上级管理部门传送相关信息；在直流、交流和 25 Hz 部分均采用开关电源模块。

智能型信号电源屏是一个集先进的电力技术、通信技术、信号技术、电力电子技术、计算机技术为一体的高科技产品。具体应用的技术包括：双电源同时工作技术、软启动技术、功率因数补偿技术、高频稳压技术、高频隔离技术、高频开关技术、交流逆变技术、交流变频技术、交流锁相技术、交直流模块并联冗余技术、过压和欠压保护技术、过流和限流保护技术、并联模块均流技术、结构全模块化技术、微机采集和监测技术、监测软件编制技术、网络传输技术、模拟显示技术等多项高新技术，可以说是目前信号设备中新技术含量最高的设备，元器件最多的设备，生产难度最大的设备，也是不容易掌握的设备。

上述各种技术对铁道信号专业来讲，确实是比较新的技术，但是，这些技术在国内外的电源行业中已经广泛应用，几乎都是成熟的技术。智能型信号电源屏，只是将这些成熟的技术应用在新的铁路信号电源产品之中，并没有太多技术创新。

（一）智能型信号电源屏的主要技术原则

随着国民经济的发展，中国铁路运输事业及城市轨道交通行业进入了快速发展的时期，为了确保高速度、高密度、高运量的中国铁路运输的安全，铁路各专业的配套设备都在广泛地利用高新技术进行技术改造。铁路信号设备也向智能化、信息化和行车指挥自动化的目标迈进，信号器材广泛使用了计算机技术、各种微电子技术，如计算机联锁设备、微机监测设备、ZPW2000A 移频自动闭塞设备、25 Hz 电子轨道继电器、DMIS（调度指挥管理信息系统）行车自动指挥设备、CTC（调度集中控制系统）、电子计轴设备，这些电子信号设备对铁路信号电源质量提出了新的要求。

智能型信号电源屏的主要技术原则如下：

- （1）全面符合 TB/T 1528.X—2002《铁路信号电源屏》新标准的相关要求。
- （2）全面采用高频电力电子技术，高效节能，绿色环保。
- （3）安全可靠，现场不维修，不带电维修，适当维修整机寿命达 15 年。
- （4）输出电源波形质量和电磁兼容指标应符合相关标准的要求。
- （5）主接线系统内无切换环节，彻底消除各路输出电源因输入电源切换造成输出瞬间中断的问题，真正使信号负荷达到一级电力负荷零中断供电的标准。

通信信号电源设备维护

- (6) 微机监测、记录、存储，智能化管理。
- (7) 结构新颖合理，工艺先进，造型美观。
- (8) 价格适度，性价比合理。
- (9) 努力创新，力争在系统、结构、工艺、技术上有所创新。
- (10) 预留高速铁路两路电源加蓄电池三电源同时供电的接入条件。

(二) 智能电源屏命名规则

1. 铁路信号电源对外命名规则

铁路信号电源对外命名规则如图 1-1-1 所示。

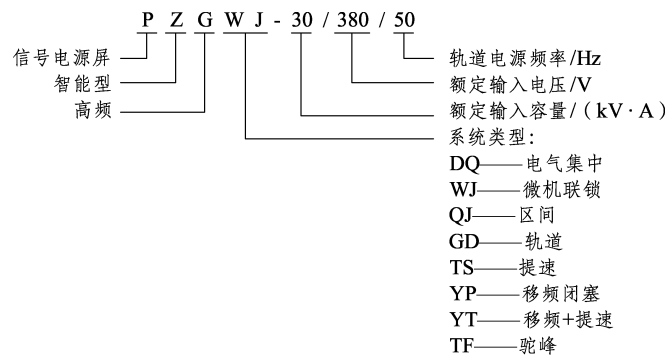


图 1-1-1 铁路信号电源对外命名规则

2. 城轨信号电源对外命名规则

城轨信号电源对外命名规则如图 1-1-2 所示。

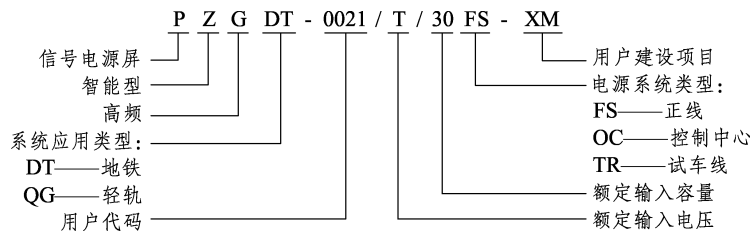


图 1-1-2 城轨信号电源对外命名规则

(三) 智能型信号电源技术的基本术语

1. 智能型信号电源

智能型信号电源是具有微机智能监测和管理功能的信号电源设备。

2. 智能型信号电源的技术分类

智能型信号电源功能变换部分采用的主要技术如下：

- (1) 工频铁磁技术。
- (2) 工频铁磁技术加高频电力电子技术。
- (3) 全高频电力电子技术。

3. 智能型信号电源的产品技术分代

第一代：具有智能监测和管理功能；直流部分为高频开关电源并联技术；交流部分为工频铁磁集中稳压分散隔离技术。输入电源和输出模块均为主、备切换运行方式，交流输出不能零中断。

第二代：具有智能监测和管理功能；直流部分为高频开关电源并联技术；交流部分为高频电力电子技术。输入电源和输出模块均为主、备切换运行方式，交、直流输出利用储能元件能做到零中断。

第三代：具有智能监测和管理功能；双电源同时工作，无切换静态供电系统，全部采用高频电力电子技术，交流、直流、25 Hz 部分模块全部并联均流，输出零中断，是综合技术先进的绿色电源产品。

4. 绿色电源产品

采用安全可靠、高效节能、电磁兼容符合标准、低噪声的电源产品。

5. 不间断供电系统

在主、备输入电源和主、备输出模块切换时，输出电源零中断的供电系统。

6. 实现零中断的三种技术

(1) 在输入电源中断瞬间，利用电容器储能放电补偿，实现输出零中断，主要用于直流部分。

(2) 在输入电源中断瞬间，利用蓄电池储能放电补偿，实现输出零中断，主要用于交流部分。

(3) 不用电容器和蓄电池，依靠双电源同时工作的先进技术实现交、直流输出零中断。

7. 模块并联均流冗余系统

(1) 同一种功能的模块，控制和功率部分均能并联在一起工作，各模块输出电流误差不大于 5%，有较大的冗余容量，当其中一个模块故障后，能自动退出系统，不影响系统正常工作。

(2) AC 220 V 单相交流模块并联的 4 个条件：电压相同、频率相同、相位相同、各模块间负荷均流误差小于 5%。

(3) AC 380 V 三相交流模块并联的 5 个条件：电压相同、频率相同、相位相同、相序相同、各模块间负荷均流误差小于 5%。

(4) AC 220 V 及 AC 110 V、25 Hz 模块并联的条件：轨道电源电压相同、频率相同、相位相同；局部电源电压相同、频率相同、相位相同。两个模块的局部电压与轨道电压锁相 90°、各模块间负荷均流误差小于 5%。

8. 全模块化系统

系统的功率器件、监控器件全部采用模块化结构，将屏上全部模块拔下，机柜上只剩下配电开关、配线和端子板。

9. 无切换接点的静态供电系统

两路输入电源之间，输出电源主、备模块之间，均采用并联均流工作方式，不设置有接点的切换器件。

10. 电力电子技术

将电力电子技术用于电能的变换，如稳压、整流、变频、逆变、锁相、劈相技术。

11. 高频电力电子技术

系统功能变换部分，采用 10 ~ 100 kHz 频率进行调制的技术。

12. 容错功能

在供电系统中，允许某一部分出现一处故障，不影响系统正常工作。例如，两路电源同时工作的系统中，允许一路电源错相、断相和停电故障，不影响系统正常工作。允许某一个模块故障，不影响系统正常工作。

13. 主回路

在供电设备中，输送电能的回路称为主回路。

14. 辅助回路

在供电设备中，完成采集、控制、测量、报警等功能的回路称为辅助回路。

15. IP 安全标准

IP 安全标准是国际电工委员会规定的防止人员触电及杂质进入机柜的标准。

16. 高频隔离技术

采用工作频率 10 kHz 以上的隔离变压器进行电气隔离的技术，使变压器的体积可以减小到原来的十几分之一。

17. 功率密度

电源模块的容量与体积之比称为功率密度。工程上的电源不追求高功率密度，因为现场安装空间不紧张。密度高不利于散热，影响设备寿命且价格贵。

18. 限流保护

在输出回路发生过载或短路故障时，电源模块的最大输出电流，不超过它的额定电流，既不损坏模块，又不中断供电。

19. 软启动技术

在电力电子电源设备中，采用降低系统启动冲击电流的技术。

20. 功率因数补偿技术

在电力电子电源设备中，采用对系统中的无功功率进行补偿的技术，可以将功率因数提高到 0.95 以上，降低系统无功损耗和谐波干扰。

21. 系统可用性

整个系统可连续使用的能力称为系统可用性。对于模块并联均流工作的系统，允许单个模块故障，不影响系统的正常工作，因而，系统的可用性非常高，可达到 99.999%。

22. 全绝缘技术

机柜内的电器元件，全部采用具备防指触功能的接线端子，对 25 V 以上裸露带电部分进行了机械遮挡，在机柜带电的情况下维修人员接触不到任何带电导体，防止发生人身触电事故。

23. 全面保护技术

在系统的主回路和辅助回路中，全面设置短路保护，防止辅助回路中的故障扩大到主回路中或引发电气火灾。

24. 全寿命价格

产品的出厂价加上直至产品报废时发生的各种维护费用称为全寿命价格。

25. 三电源不中断信号供电系统

三电源不中断信号供电系统采用两路市电加一路蓄电池的供电系统，多用于对行车安全要求特高的线路上。采用三电源系统时，应取消计算机联锁、DMIS（调度指挥管理信息系统）、微机监测等设备自带的 UPS 电源设备。

26. 两路电源同时工作的方式

两路进线电源同时向负载供电，不带切换环节的电路。

27. 假性并联

假性并联就是对并联在一起工作的一组模块，采用一套调制电路，只将功率部件并联工作，当调制电路故障后，所有模块全部瘫痪。

正常做法是在一个模块内，有一套独立的调制电路和功率电路，任何一个模块故障都不会影响其他模块的正常工作。

28. 模拟板显示

利用屏体面板，实时显示系统的主接线结构、电气参数、模块开关状态和故障位置，使运行人员能及时清楚地掌握系统的工作状态。

29. 电力电子电源系统可靠性保证措施

- (1) 采用成熟的技术和优质的元器件。
- (2) 双电源同时工作的主接线系统。
- (3) 各种模块全面采用并联均流冗余技术。
- (4) 各路输出模块抗击启动冲击电流的技术。
- (5) 功率因数补偿技术。
- (6) 全模块化技术。
- (7) 全面的安全防范技术。

通信信号电源设备维护

- (8) 全面的智能监测技术。
- (9) 先进的结构和先进的工艺。
- (10) 严格的质量检测。
- (11) 严格的质量程序控制。

30. 电源屏系统可靠性的设计原则

一处故障不影响系统正常工作；两处故障导向安全。

不能设想系统两处同时故障系统能正常工作，这种情况是非常少的，不能作为系统安全设计原则，否则将无法设计或造成系统过于复杂，投资过高。

(四) 智能型信号电源屏的主要技术要求

1. 正常工作环境

- (1) 环境空气温度： $-5 \sim +40$ °C。
- (2) 环境空气相对湿度：小于 90% (25 °C)。
- (3) 大气压力：74.8 ~ 106 kPa (海拔高度相当于 2 000 m 以下)。
- (4) 介质中无导电性尘埃，无足以腐蚀金属和破坏绝缘的有害气体，电源屏污染等级为 3 级。

2. 技术数据

- (1) 系统容量：10 ~ 60 kV · A。
- (2) 输入电源条件。

两路单相 AC 220 V, 50 Hz 电源；一路单相 AC 220 V, 50 Hz 电源；一路 AC 380/220 V, 50 Hz 电源；两路 AC 380/220 V, 50 Hz 电源。

电源波动范围：AC (176 ~ 253) V, AC (304 ~ 437) V。

频率波动范围： (50 ± 0.5) Hz

电压波形失真度：不大于 5%。
- (3) 输出电源种类及稳压精度。

计算机联锁电源：AC (220 ± 10) V。

控制台稳压电源：AC (220 ± 10) V。

DMIS 电源：AC (220 ± 10) V。

微机监测电源：AC (220 ± 10) V。

信号点灯电源：AC (220 ± 10) V。

道岔表示电源：AC (220 ± 10) V。

站内电码化电源：AC (220 ± 10) V。

稳压备用电源：AC (220 ± 10) V。

25 Hz 轨道电源：AC $220 \times (1 \pm 3\%)$ V。

25 Hz 局部电源：AC $110 \times (1 \pm 3\%)$ V。

站内继电器电源：DC (23.5 ~ 27.5) V。

直流电动转辙机电源：DC (210 ~ 240) V。

交流电动转辙机电源：AC 380 V。

区间继电器电源：DC (23.5 ~ 27.5) V。

区间轨道电路电源：DC (23.5 ~ 27.5) V。

区间点灯电源：AC (220 ± 10) V。

区间闭塞电源：DC[24 (24 ~ 60) ± 5]V。

区间条件电源：DC[24 (24 ~ 60) ± 5]V。

熔丝报警电源：DC (24 ± 3) V。

表示灯电源：AC (24 ± 3) V。

闪光电源：AC (24 ± 3) V。

不稳压备用：AC (176 ~ 253) V。

3. 不间断供电系统

(1) 两路电源同时工作，即两路电源同时供电方式。正常时，两路电源同时向电源屏供电，当一路电源断电，另一路电源应自动承担全部负荷供电。当一路电源出现电压过压、欠压、断相、错相时，应不影响系统的正常工作。

(2) 静态转换系统：本系统应为无触点静态自动转换系统。两路电源同时工作，经滤波、稳压、整流、逆变、隔离、变频、锁相、并联均流、保护、监测后，满足铁路信号直流用电负荷、交流用电负荷、25 Hz 用电负荷等各种负荷的用电要求。当一路电源或任一模块故障退出运行时，系统应自动转换工作方式，保持对负荷的正常供电，实现自动转换时不间断供电。

4. 电源屏结构

(1) 电源屏为组合式机架，全模块化结构。

(2) 外形尺寸：宽 800 mm × 深 600 mm × 高 2 000 mm。

(3) 模块应为立式结构，采用自然冷却，分层散热为主、强迫散热为辅的冷却方式。模块应能带电热插拔，模块与系统的连接采用硬连接插头座。模块应有轻巧的定位和防止误插入机构。在模块的前面板上应设牢固的推拉把手和防松动的专用紧固机构。

(4) 电源屏和模块应做到结构牢固，外形美观，字迹明快，显示清楚，配合紧密，维修方便。屏体骨架的颜色为海蓝色，前面板、侧面板为灰色。

(5) 屏体安全防护等级为 IP20。各层模块前设圆网孔保护扣板。

5. 悬浮及隔离供电

(1) 电源屏的交、直流输出电源应采用对地悬浮的供电方式。

(2) 电源屏的进线与出线间应实现电气隔离；各种输出电源间应实现电气隔离；电源屏的两路电源间应实现电气隔离。

6. 效率及功率因数

电源屏的整机功率因数应大于 0.8，整机效率应大于 85%。

7. 保护设置

(1) 系统的保护：系统应有完善的防触电保护、防火灾保护、过电压保护、低电压保护、短路保护、温度保护及接地保护。

在系统的主回路、辅助回路中，应设置完整的短路过流保护，当系统任一处发生短路过电流时，应有相应的保护开关迅速地切除短路故障，确保导线、电器不损坏及不发生电气火灾。

(2) 模块的保护：各模块的进线应设断路器保护，开关装于模块前面板上。各种电源模块应具有输出过电压、过流、过温保护。当短路消除时，自动恢复供电。

(3) 保护的选择性：各级短路保护之间应做到有选择性地动作，任一回路中出现短路故障，应由本回路的保护元件动作，切除短路故障，不应影响其他回路正常供电。系统输出部分为浮地系统，各回路开关在断开位置时，必须使输出与输入彻底隔离。

(4) 25 Hz 输出回路的保护：对 25 Hz 电源模块应设防护电路及短路故障切除电路，确保输出相位、频率正确及任一输出回路故障不会影响其他回路正常工作。

(5) 雷电感应过电压防护：系统对输入电源和部分输出电源设置防雷过电压保护，应有效将雷电冲击过电压抑制在安全范围内。防雷器件采用模块化防火结构，在屏上预留安装位置，作为选装器件，依据不同雷区由用户选装。

(6) 接地保护：电源屏内所有电器的金属外壳，应通过接地端子良好接地。接地端子应用不小于 M6 的黄铜螺栓。

8. 噪 声

在额定输入电压及额定负载的条件下，电源屏的整机噪声在屏前 1 m 处不超过 50 dB。

9. 介电性

(1) 绝缘电阻：在温度为 15 ~ 35 °C、相对湿度为 5% ~ 80% 的气候条件下，电源屏输入、输出端子对地的正常绝缘电阻应不小于 25 MΩ。

(2) 工频耐压：施加正弦波 50 Hz 的工频电压，施加的时间为 1 min，施加的电压如下：
对于主电路及与主电路直接连接的辅助电路电压值为 2 500 V。
对于不与主电路连接的辅助电路电压值为 500 V。

10. 测量仪表、指示灯及报警

(1) 测量仪表：在两路电源进线、350 V 直流母线进线及主要输出回路中设电压、电流测量仪表。

(2) 指示灯：对电源设有电指示灯、工作指示灯，对各进出线开关设开合状态指示灯；对各功能模块设正常、故障状态指示灯、闪光报警指示灯。

(3) 闪光、音响报警：对系统各开关故障跳闸、模块故障设置统一闪光、音响报警装置，报警系统应有解除装置。

(4) 系统模拟显示板：在电源屏的正面设置电源系统模拟显示板，显示系统进出线结构、各种模块的功能及配置情况、开关分合闸状态、模块工作状态、各回路电压和电流值、模块和开关型号、各输出回路名称、报警显示。

11. 主要元器件的选择

(1) 采用西门子公司 SX5 系列空气断路器及附件，采用 WAGO 系列笼型弹簧接线端子。
(2) 采用黑色铜芯多股阻燃型导线作屏内配线。

(3) 采用高可靠、长寿命、有安全阀的滤波用电解电容器，其容量冗余应在 5 倍以上，以确保整机使用寿命达到 15 年。

12. 智能监测系统功能

(1) 电源屏应对系统运行参数、模块和开关的工作状态、故障的类型和位置进行实时检测，并向本站信号集中监测系统传输上述信息。

(2) 车站的信号集中监测设备应完成对信号电源屏信息的存储、事故追忆、声光报警及紧急呼叫。完成电源屏输入/输出电压变化日、月、年曲线，日常报表管理及历史数据保存。系统远程组网，向上一级指挥中心传输电源屏的信息。

(3) 传输技术。按照 GB/T 13729《运动终端设备》中 3.5 的规定执行。

(4) 物理接口为串行通信接口 RS 232、RS 485/422。

13. 电磁兼容性

电力电子模块和监控系统的电磁兼容性能应满足《铁路信号电源标准》的要求。

14. 系统的可靠性

(1) 系统应做到一处故障（任何一路电源断电、缺相、错相、过压、欠压；系统中任何一组模块中的任一个模块故障；监测系统中的任意一处故障）不影响主系统正常工作。

(2) 系统中的所有模块正常时负荷率应在 50% 以下，减少损耗，降低温升，延长寿命。

(3) 系统中应淘汰有触点的双电源切换环节；淘汰有触点的主、备模块切换环节，彻底解决由切换环节造成的系统故障。

(4) 系统中的主要元器件都应采用国内外成熟可靠的产品，在容量上留有足够的冗余。

(5) 系统应采用社会上成熟可靠的电力电子技术。

(6) 系统中电力电子模块的平均无故障工作时间应大于等于 6 500 h。

(7) 系统为不停电维修系统，故障模块维修时，不影响系统的正常工作。

15. 系统的寿命

经适当的维修，整机寿命应达 15 年。

16. 维护和扩容

模块全部热插拔，维护不影响运行，现场不维护。

(五) 智能型信号电源的技术分类

1. 工频铁磁技术和高频电力电子技术相结合的智能电源屏

高频电力电子技术是指，对由电子元器件组成的电路，进行高频调制后，达到对电力能量进行变换的技术。

工频铁磁技术和高频电力电子技术相结合的智能电源屏就是在电源屏的不同部位、不同回路中分别采用 50 Hz 的工频元器件和高频调制的电子器件组合成的电源屏。

在这类智能型电源屏中，目前有以下两种主接线结构：

(1) 交流部分集中稳压型，主接线如图 1-1-3 所示，其特点如下。

有双电源切换装置，两路电源以一个工作，另一个备用的方式工作，双电源切换时输出电源会出现瞬间中断（小于 0.15 s）。

直流部分模块采用高频开关电源技术，实现稳压、整流和隔离，各路模块采用 $N+1$ 并联均流冗余的方式工作，向用户输出 DC 24 V、DC 60 V、DC 220 V 各种直流电源。直流电源模块具有续流功能，在双电源切换时供电零中断。

交流部分为集中稳压分回路隔离方案。由集中稳压器完成稳压功能，再在各路交流输出回路中设置隔离变压器，输出 AC 220 V 信号点灯、AC 220 V 轨道电路、AC 220 V 微机联锁、AC 220 V 微机监测等交流电源。

25 Hz 轨道电路电源，不同厂家采用的技术不一样，有采用工频铁磁技术分频器的，也有采用全电子技术变频器的，均为 1+1 备用方式。

电源屏的主要特点：技术比较成熟，工作比较可靠，直流输出电源在双电源切换时能做到供电零中断，价格便宜。不足之处是交流部分技术较落后，效率低、质量大、噪声高，双电源切换时交流输出电源还会瞬间中断供电，可能引起信号的误动作。

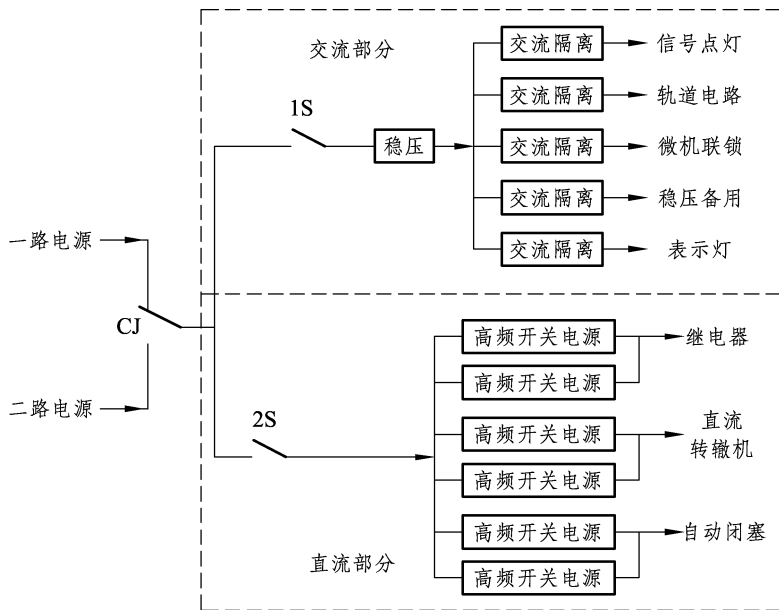


图 1-1-3 第一代智能电源屏主接线系统方案

(2) 交流部分分散稳压型，其主要接线特点如下。

有双电源切换装置，两路电源以一个工作、另一个备用的方式工作，双电源切换时输出电源会出现瞬间中断（小于 0.15 s）。

直流部分模块，采用高频开关电源技术，实现稳压、整流和隔离，各路模块采用 $N+1$ 并联均流冗余的方式工作，向用户输出 DC 24 V、DC 60 V、DC 220 V 各种直流电源。直流电源模块具有续流功能，在双电源切换时供电零中断。

交流部分为分回路进行稳压和隔离。在各路交流输出回路中设置稳压器和隔离变压器并组成一个模块，各路模块采用 $N+1$ 或 $1+1$ 方式备用，输出 AC 220 V 信号点灯、AC 220 V

轨道电路、AC 220 V 微机联锁、AC 220 V 微机监测等交流电源。

25 Hz 轨道电路电源，为全电子技术的变频模块，模块采用 1 + 1 的备用方式。

电源屏的主要特点：技术比较成熟，工作比较可靠，直流输出电源在双电源切换时能做到供电零中断，价格便宜。不足之处是交流部分技术较落后，效率低、质量大、噪声高，双电源切换时交流输出电源还会瞬间中断供电，可能引起信号的误动作。

2. 采用高频电力电子技术，有两级切换接点的智能电源屏

全高频电力电子技术的电源屏是指电源屏各部分的功能器件全部由高频调制的电子电路组成，其主接线如图 1-1-4 所示，其特点如下。

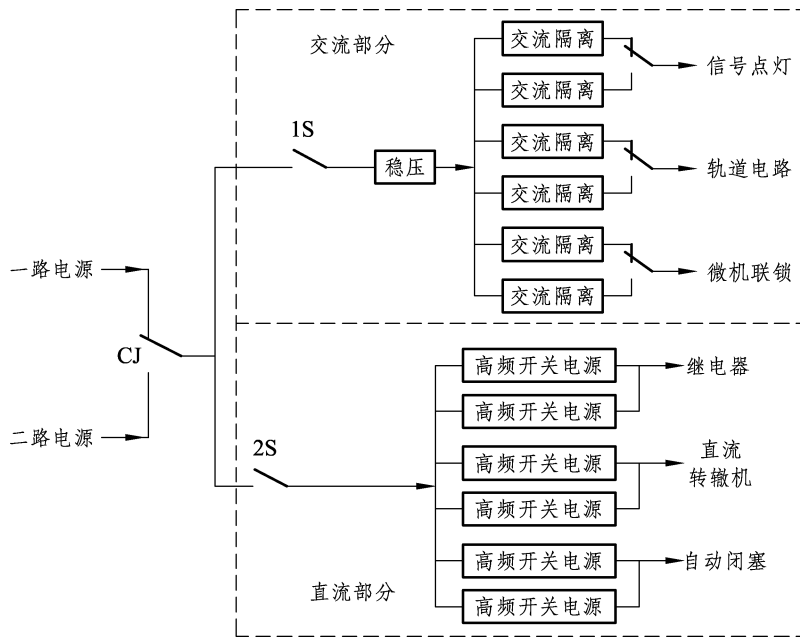


图 1-1-4 第二代智能电源屏主接线系统方案

(1) 有双电源切换装置，两路电源以一工作、另一个备用的方式工作。

(2) 直流部分模块，采用 AC/DC 高频开关电源技术，实现稳压、整流和隔离，各路模块采用 $N+1$ 并联均流冗余的方式工作，输出 DC 24 V、DC 60 V、DC 220 V 各种直流电源。直流电源模块具有续流功能，在双电源切换时供电零中断。

(3) 交流部分模块，采用 AC/AC 高频逆变技术，分回路进行稳压和隔离。在各路交流输出回路的模块，采用 1 + 1 的备用方式，输出 AC 220 V 信号点灯、AC 220 V 轨道电路、AC 220 V 微机联锁、AC 220 V 微机监测等交流电源。AC/AC 型电子交流模块，具有续流功能，在双电源切换时也实现供电零中断。

(4) 25 Hz 轨道电路电源，为采用全电子技术的变频模块，模块采用 1 + 1 的备用方式。

(5) 电源屏的主要特点：技术比较成熟，工作比较可靠，交、直流输出电源在双电源切换时均能做到供电零中断，效率高、质量小、噪声低、价格较高。系统有电源部分和各路模块部分主、备两级切换环节，采用 1 + 1 的备用方式，备用容量大。

3. 采用全高频电力电子技术，无切换接点的智能电源屏

全高频电力电子技术的电源屏是指电源屏各部分的功能器件全部由高频调制的电子电路组成，其主要接线如图 1-1-5 所示，其特点如下。

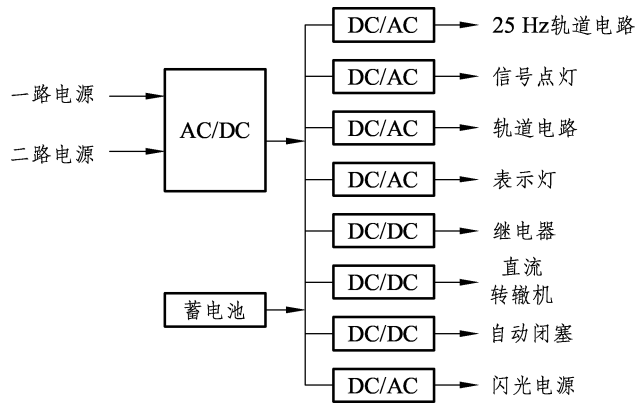


图 1-1-5 第三代智能电源屏主接线系统方案

(1) 双电源同时工作，输入电源做到零切换。整个系统中，没有带接点的切换环节，成为静态的工作系统，在主接线结构上有较大的创新。

(2) 双电源经过 AC/DC 模块变换后，形成 DC 350 V 的直流母线。

(3) 直流部分输出模块，在 DC 350 V 的基础上，采用 DC/DC 高频开关变换技术，实现直流电压的变换，各路模块采用 $N+1$ 并联均流冗余的方式工作，输出 DC 24 V、DC 60 V、DC 220 V 各种直流电源。因为双电源同时工作，不进行切换，所以各路输出能做到零中断。

(4) 交流部分模块，在 DC 350 V 的基础上，采用 DC/AC 高频逆变技术，分回路进行稳压和隔离。各路交流输出回路的模块，采用 $N+1$ 并联均流冗余的方式工作，输出 AC 220 V 信号点灯、AC 220 V 轨道电路、AC 220 V 微机联锁、AC 220 V 微机监测等交流电源。因为双电源同时工作，不进行切换，所以各路输出能做到零中断。

(5) 25 Hz 轨道电路电源，为全电子技术的变频模块。模块采用 $1+1$ 并联均流冗余技术，输出做到零中断。

(6) 电源屏的主要特点：实现了对智能型电源屏产品的技术整合。系统全部采用成熟的高频电力电子技术，适应电源能力强，单相、三相电源都可工作，工作安全可靠、环保节能、寿命长，体积小、质量小、噪声低、现场无维护。交、直流模块均为 $N+1$ 或 $N+M$ 并联均流冗余，与模块 $1+1$ 的备用方案相比，大大降低了系统的备用容量，降低了整机的价格。系统中一路电源中断或断相、错相，任何一个模块故障，都不影响系统的正常工作。在没有蓄电池的情况下，不需要应用电容器储能的方式，实现了双电源切换时供电不中断，彻底解决了多年来由于双电源切换而引发的各种故障。

(六) 监测系统采用的不同技术

在智能电源屏中都设有中央监测模块，不同厂家的产品模块中采用了不同的监测技术，

主要有可编程控制器（PLC）技术、单板机微型计算机技术、工控机微型计算机技术及便携式微型计算机技术。

各厂家产品监测系统的方案各不相同，主要可归纳为以下两大类：

（1）以单个模块和进出线配电板为单元，设置 CPU 监测板，将本单元采集到的模拟量转换为数字量，通过通信总线将信息传送至中央监测模块，中央监测模块将信息显示、存储后，再通过有线通信系统和无线移动通信系统，将信息向上级管理部门传送，使系统具备了远程监测功能。

（2）以屏为单元，设置 CPU（PLC）监控板，将一个整屏各回路中采集到的各种模拟量转换为数字量，通过通信总线将信息传送至中央监测模块；中央监测模块将信息显示、存储后，再通过有线通信系统和无线移动通信系统，将信息向上级管理部门传送，使系统具备了远程监测功能。

任务二 通信电源屏概述

【学习目标】

1. 熟悉通信设备对电源的要求。
2. 了解通信电源系统的构成及工作原理。
3. 掌握现代通信电源技术。

【相关知识】

作为通信系统的“心脏”，通信电源在通信设备中具有无可比拟的重要地位。它包含的内容非常广泛，不仅包含 48 V 直流组合通信电源系统，而且还包括 DC/DC 二次模块电源、UPS 不间断电源和通信用蓄电池等。通信电源的核心基本一致，都是以功率电子为基础，通过稳定的控制环设计，再加上必要的外部监控，最终实现能量的转换和过程的监控。通信设备需要电源设备提供直流供电。电源的安全、可靠是保证通信系统正常运行的重要条件。

一、通信电源屏认知

（一）通信设备对电源的一般要求

1. 可靠性高

一般的通信设备发生故障影响面较小，是局部性的。如果电源系统发生直流供电中断故障，则影响几乎是灾难性的，往往会造成整个电信局、通信枢纽的全部通信中断。对于数字通信设备，电源电压即使有瞬间的中断也不允许。因为在数字程控交换局中，信息存在存储单元中，虽然重要的存储单元都是双重设置的，若电源中断，两套并行工作的存储器同时丢

通信信号电源设备维护

失信息，则信息需从磁带、软盘等中重新输入程序软件，通信将长时间中断。因此，通信电源系统要在各个环节多重备份，保证供电可靠。这就包括“多路、多种、多套”的备用电源。在还没有达到“三多”配置的地方，至少应有后备电池。

2. 稳定性高

各种通信设备都要求电源电压稳定，不允许超过容许的变化范围，尤其是计算机控制的通信设备，数字电路工作速度快，频带宽，对电压波动、杂音电压、瞬变电压等非常敏感。所以，供电系统必须有很高的稳定性。

3. 效率高

能源是宝贵的，电信设备在耗费巨资完成固定投资后，日常的费用支出中，电费是一笔比重很大的开支。尤其随着通信容量的增大，一个母局的各种设备用上百、上千安培直流的用电量已是司空见惯，这时效率问题就特别突出。这就要求电源设备（主要指整流电源）应有较高的转换效率，即要求电源设备的自耗要小。

（二）现代通信对电源系统的新要求

1. 低压、大电流，多组供电电压需求

低压、大电流，多组供电电压需求，功率密度大幅度提升，供电方案和电源应用方案设计呈现多样性。

2. 模块化：自由组合扩容互为备用

提高安全系数，模块化有两方面的含义：其一是指功率器件的模块化，其二是指电源单元的模块化。实际上，由于频率的不断提高，致使引线寄生电感、寄生电容的影响愈加严重，对器件造成更大的应力（表现为过电压、过电流毛刺）。为了提高系统的可靠性，而把相关的部分做成模块。把开关器件的驱动、保护电路也装到功率模块中去，构成了“智能化”功率模块（IPM），这既缩小了整机的体积，又方便了整机设计和制造。

多个独立的模块单元并联工作，采用均流技术，所有模块共同分担负载电流，一旦其中某个模块失效，其他模块再平均分担负载电流。这样，不但提高了功率容量，在器件容量有限的情况下满足了大电流输出的要求，而且通过增加相对整个系统来说功率很小的冗余电源模块，便极大地提高了系统的可靠性，即使万一出现单模块故障，也不会影响系统的正常工作，而且为修复提供了充分的时间。

现代电信要求高频开关电源采用分立式的模块结构，以便不断扩容、分段投资，并降低备份成本。不能像习惯上采用的 1+1 的全备用（备份了 100% 的负载电流），而是要根据容量选择模块数 N ，配置 $N+1$ 个模块（即只备份了 $1/N$ 的负载电流）即可。

3. 能实现集中监控

现代电信运维体制要求动力机房的维护工作通过远程监测与控制来完成。这就要求电源自身具有监控功能，并配有标准通信接口，以便与后台计算机或与远程维护中心通过传输网络进行通信，交换数据，实现集中监控，从而提高维护的及时性，减小维护工作量和人力投入，提高维护工作的效率。

4. 自动化、智能化

要求电源能进行电池自动管理、故障自诊断、故障自动报警等，自备发电机应能自动开启和自动关闭。

5. 小型化

现在各种通信设备的日益集成化、小型化，要求电源设备也相应地小型化，作为后备电源的蓄电池也应向免维护、全密封、小型化方面发展，以便将电源、蓄电池随小型通信设备布置在同一个机房，而不需要专门的电池室。

6. 新的供电方式

相对于电源小型化，供电方式应尽可能实行各机房分散供电，设备特别集中时才采用电力室集中供电，大型的高层通信大楼可采用分层供电（即分层集中供电）。

集中供电和分散供电各有优点，因条件不同斟酌选用。

对于集中供电，电力室的配置包括交流配电设备、整流器、直流配电设备、蓄电池。各机房从电力室直接获得直流电压和其他设备、仪表所使用的交流电压。这种配置有它的优点，如集中电源于一室，便于专人管理，蓄电池不会污染机房等。但它有一个致命的缺点，浪费电能，传输损耗大，线缆投资大。因为直流配电后的大容量直流电流由电力室传输到各机房，传输线的微小电阻也会造成很大的压降和功率损耗。

对于分散供电，电力室成为单纯交流配电的部分，而将整流器、直流配电和蓄电池组分散装于各机房内。这样，将整流器、直流配电、电池化整为零，使它们能够小型化，相对小容量。但这里有个先决条件，蓄电池必须是全密封型的，以免腐蚀性物质的挥发而污染环境、损坏设备（现行的全密封型电池能达到要求）。

分散供电最大的优点是节能。因为从配电电力室到机房的传输线上，原先传输的直流大电流，现在变为传输 380 V 的交流电。计算表明，在传输相同功率的情况下，380 V 交流电流要比 48 V 的直流电流小得多，在传输线上的压降造成的功率损耗只有集中供电的 1/64 ~ 1/49。

二、通信电源系统构成及工作原理

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 1-2-1 所示。

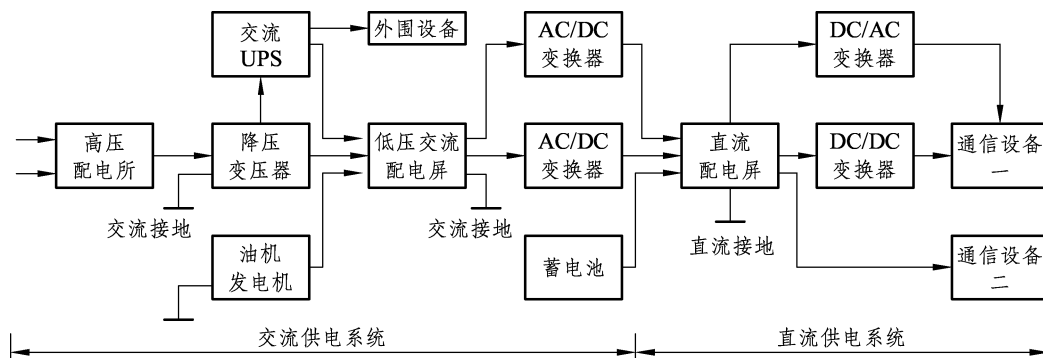


图 1-2-1 通信电源系统构成

（一）交流供电系统

通信电源的交流供电系统由高压配电所、降压变压器、油机发电机、UPS 和低压配电屏组成。交流供电系统可以有三种交流电源：变电站供给的市电、油机发电机供给的自备交流电、UPS 供给的后备交流电。

1. 油机发电机

为防止停电时间较长导致电池过放电，电信局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。油机分普通油机和自动启动油机。当市电中断时，自动启动油机能自动启动，开始发电。由于市电比油机发电机供电更经济和可靠，在有市电的条件下，通信设备一般都应由市电供电。

2. UPS

为了确保通信电源不中断、无瞬变，可采用不间断供电系统（UPS）。UPS 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，市电和逆变器并联给通信设备提供交流电源，而逆变器是由市电经整流后给它供电。同时，整流器也给蓄电池充电，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提供交流电源。逆变器和市电的转换由交流静态开关完成。

3. 交流配电屏

输入市电，为各路交流负载分配电能。当市电中断或交流电压异常时（过压、欠压和缺相等），低压配电屏能自动发出相应的告警信号。

4. 连接方式——交流电源备份方式

大型通信站交流电源一般都由高压电网供给，自备独立变电设备。而基站设备常常直接使用民用电。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，并且采用专线引入，一路主用，一路备用，然后通过变压设备降压供给各种通信设备和照明设备，另外还要有自备油机发电机，以防不测。一般的局站只从电网引入一路市电，再接入自备油机发电机作为备用。一些小的局站、移动基站只接入一路市电（配足够容量的电池），油机为车载设备。

（二）直流供电系统

通信设备的直流供电系统由高频开关电源（AC/DC 变换器）、蓄电池、DC/DC 变换器和直流配电屏等部分组成。

1. 整流器

整流器从交流配电屏引入交流电，将交流电整流为直流电压后，输出到直流配电屏与负载及蓄电池连接，为负载供电，给电池充电。

2. 蓄电池

交流停电时，蓄电池向负载提供直流电，是直流系统不间断供电的基础条件。

3. 直流配电屏

直流配电屏为不同容量的负载分配电能，当直流供电异常时，会产生告警或保护，如熔断器断告警、电池欠压告警、电池过放电保护等。

4. DC/DC 变换器

DC/DC 变换器将基础电源电压（-48 V 或 +24 V）变换为各种直流电压，以满足通信设备内部电路多种不同数值的电压（±5 V、±6 V、±12 V、±15 V、-24 V 等）的需要。

近年来，由于微电子技术的迅速发展，通信设备已向集成化、数字化方向发展。许多通信设备采用了大量的集成电路组件，而这些组件需要 5~15 V 的多种直流电压。如果这些低压直流直接从电力室供给，则线路损耗一定很大，环境电磁辐射也会污染电源，供电效率很低。为了提高供电效率，大多通信设备装有直流变换器，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。

另外，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，也大大增加了维护工作量。为了克服这个缺点，目前大多数通信设备采用 DC/DC 变换器给内部电路供电。

DC/DC 变换器能为通信设备的内部电路提供非常稳定的直流电压。在蓄电池电压（DC/DC 变换器的输入电压）由于充、放电而在规定范围内变化时，直流变换器的输出电压能自动调整保持输出电压不变，从而使交换机的直流电压适应范围更宽，蓄电池的容量可以得到充分利用。

5. 连接方式——直流供电方式

蓄电池是直流系统供电不中断的基础条件。根据蓄电池的连接方式，直流供电方式主要采用并联浮充供电方式，尾电池供电方式、硅管降压供电方式等基本不再使用。

并联浮充供电方式是将整流器与蓄电池直接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，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；当市电中断时，蓄电池单独给通信设备供电，蓄电池处于放电。由于蓄电池通常处于充足电状态，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，应启动油机发电机供电。

这是最常用的直流供电方式。采用这种工作方式时，蓄电池还能起一定的滤波作用。但这种供电方式有个缺点——在并联浮充工作状态下，电池由于长时间放电导致输出电压可能较低，而充电时充电电压较高，因此负载电压变化范围较大。它适用于工作电压范围宽的交换机。

（三）接地系统

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

1. 通信机房的接地系统

通信机房的接地系统包括交流接地和直流接地。

2. 交流接地

交流接地包括交流工作接地、保护接地、防雷接地。

3. 直流接地

直流接地包括直流工作接地、机壳屏蔽接地。

局站的接地系统如图 1-2-2 所示。

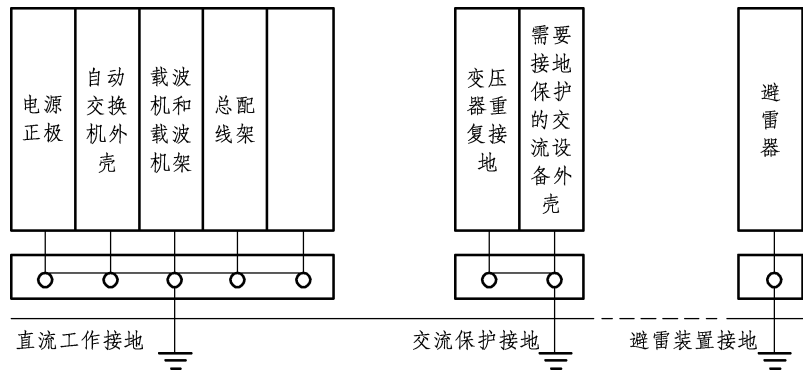


图 1-2-2 通信机房接地系统

4. 通信电源的接地

通信电源的接地包括交流零线复接地、机架保护接地、屏蔽接地、防雷接地和直流工作地接地。

通信电源的接地系统通常采用联合地线的接地方式。联合地线的标准连接方式是将接地体通过汇流条（粗铜缆等）引入电力机房的接地汇流排，防雷地、直流工作地和保护地分别用铜芯电缆连接到接地汇流排上。交流零线复接地可以接入接地汇流排入地，但对于相控设备或电机设备使用较多（谐波严重）的供电系统，或三相严重不平衡的系统，交流复接地最好单独埋设接地体，或从直流工作接地线以外的地方接入地网，以减小交流对直流的污染。

以上四种接地一定要可靠，否则不但不能起到相应的作用，甚至可能适得其反，对人身安全、设备安全、设备的正常工作造成威胁。

三、现代通信电源

（一）现代通信电源认知

开关电源成为现代通信网的主导电源。

在通信网上运行的电源主要包括三种：线性电源、相控电源、开关电源。

传统的相控电源，是将市电直接经过整流滤波提供直流，由改变晶闸管的导通相位角，来控制整流器的输出电压。相控电源所用的变压器是工频变压器，体积庞大。所以，相控电源体积大、效率低、功率因数低，严重污染电网，已逐渐被淘汰。

另外一种常用的稳压电源，是通过串联调整管可以连续控制的线性稳压电源，线性电源

的功率调整管总是工作在放大区，流过的电流是连续的。由于调整管上损耗较大的功率，所以需要较大功率调整管并装有体积很大的散热器，发热严重，效率很低，一般只用作小功率电源，如设备内部电路的辅助电源。

开关电源的功率调整管工作在开关状态，有体积小、效率高、质量小的优点，可以模块化设计，通常按 $N+1$ 备份（而相控电源需要 $1+1$ 备份），组成的系统可靠性高。正是这些优点，开关电源已在通信网中大量取代了相控电源，并得到越来越广泛的应用。

从开关电源的发展看，它最早出现在 20 世纪 60 年代中期。当时美国研制出了 20 kHz 的 DC/DC 变换器，这为开关电源的发明创造了条件。70 年代，出现了用高频变换技术的整流器，它不需要 50 Hz 的工频变压器，直接将交流电整流，然后逆变为高频交流，再整流滤波变为所需直流电压。80 年代初，英国科学家根据以上条件和原理，制造出了第一套实用的 48 V 开关电源（Switch Mode Rectifier），被命名为 SMR 电源。

随着器件技术的发展，出现了大功率高压场效应管，它的关断速度大大加快，电荷存储时间大大缩短，从而大大提高了开关管的开关频率。随着电力电子技术和自动控制技术的发展，开关电源的各方面的技术得到了飞速的发展。

在各方面的技术进步中，对于开关电源在通信电源中形成主导地位有决定性意义的技术突破有以下 4 项：

（1）均流技术使开关电源可以通过多模块并联组成前所未有的大电流系统和提高系统的可靠性。

（2）开关线路的发展使开关电源的频率不断提高的同时效率亦提高，并且使每个模块的变换功率也不断增大。

（3）功率因数校正技术有效地提高了开关电源的功率因数。在环保意识不断加强的时代，这是它形成主导地位的关键。

（4）智能化给维护工作带来了极大的方便，提高了维护质量，使它备受人们的青睐。

（二）现代通信电源技术

1. 功率因数校正技术

由于开关电源电路的整流部分使电网的电流波形畸变，谐波含量增大，而使得功率因数降低（不采取任何措施，功率因数只有 0.6~0.7），污染了电网环境。开关电源要大量进入电网，就必须提高功率因数，减轻对电网的污染，以免破坏电网的供电质量。这里介绍提高功率因数的措施。

（1）采用三相三线制整流。

因为三相三线制没有中线的整流方式，不存在中线电流（如果有中线，三次谐波在中线上线性叠加，谐波分量很大），这时虽然相电流中间还有一定的谐波电流，但谐波含量大大降低，功率因数可提高到 0.86 以上。这种供电方式的电路如图 1-2-3 所示。

（2）采用无源功率因数校正技术。

这一技术是在三相无中线整流方式下加入一定的电感，把功率因数提高到 0.93 以上，谐波含量降到 10% 以下，电路如图 1-2-4 所示，适当选择校正的参数，功率因数可达 0.94 以上。

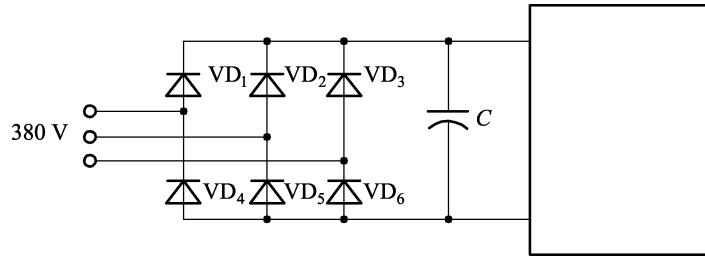


图 1-2-3 三相无中线整流电路

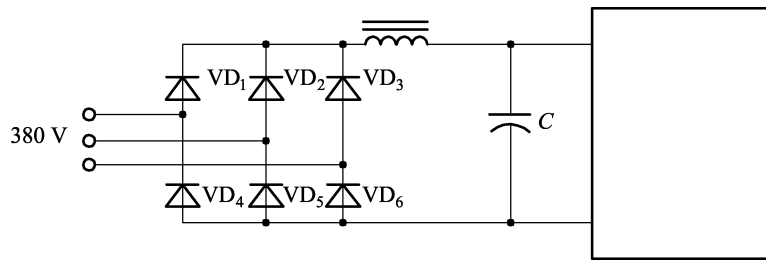


图 1-2-4 无源功率因数校正电路

(3) 采用有源功率因数校正技术。

在输入整流部分加一级功率处理电路，如图 1-2-5 所示，强制流经电感的电流几乎完全跟随输入电压变化。输入电压、电流波形如图 1-2-6 所示，无功功率几乎为 0，功率因数可达 0.99 以上，谐波含量可降低到 5% 以下。可见，采用有源校正后，电流谐波含量减少，已接近正弦波。

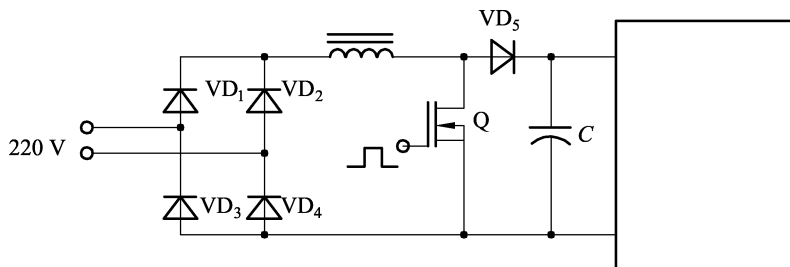


图 1-2-5 有源功率因数校正原理图

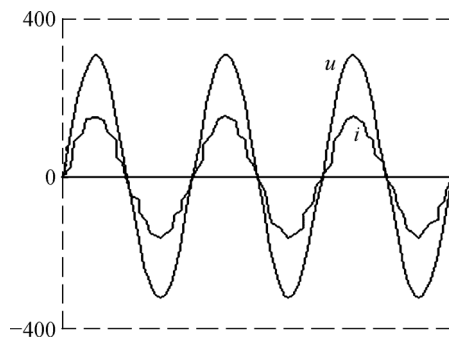


图 1-2-6 输入电压、电流波形

2. 开关电源的智能化技术

开关电源系统大量应用了控制技术、计算机技术进行各种异常保护、信号检测、电池自动管理等。

有专门的监控电路板分别对交流配电、直流配电的各参数进行实时监控，能实现交流过、欠压保护，两路市电自动切换，电池过欠压告警、保护等功能；许多开关电源的每个整流模块内都配有 CPU，对整流器的工作状态进行监测和控制，如模块输出电压、电流测量，程序控制均浮充转换等。整流模块本身能实现过、欠压保护，输出过压保护等保护功能，并能进行一些故障诊断。

电源系统配有监控单元对整个系统进行监控，电池自动管理，作为人机交互界面处理各监控板采集的数据、过滤告警信息、故障诊断，并提供通信口以供后台监控和远程监控。

远程监控使维护人员在监控中心同时监视几十台机器，电源有故障会立即回叫中心，监控系统自动呼叫维护人员。这些都大大提高了维护的及时性，减小了维护工作量。

这些智能化的措施，使得维护人员面对的不再只是复杂的器件和电路，而是一条条用熟悉的人类语言表达的信息，仿佛面对着的是一个能与自己交流的新生命。

总之，这些技术上的进步和使用维护上的方便，使得开关电源在通信电源中逐渐占据主导地位，成为现代通信电源的主流。

【思考题】

1. 简述信号设备对供电的要求。
2. 简述第一类电源、第二类电源及第三类电源的定义。
3. 简述电源屏的技术要求。
4. 以 PZGWJ-30/380/50 为例，说明电源屏的命名规则。
5. 画出信号智能电源屏主接线系统方案。
6. 简述通信电源屏的功能及特点。

