



世纪高职高专通信教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN
TONGXIN JIAOCAI

通信电源

张雷霆 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专通信教材

通 信 电 源

张雷霆 主编

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

通信电源/张雷霆主编. —北京: 人民邮电出版社, 2005.2

21 世纪高职高专通信教材

ISBN 7-115-13085-X

I. 通... II. 张... III. 电信设备—电源—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 013043 号

内 容 提 要

本书根据通信电源系统总体结构和注重实践的规律, 分成概述、交流篇、直流篇、综合篇、实训篇, 共 15 章。在概述中介绍通信电源系统总体概念, 简要说明各专业分支如何组成一个整体, 构成一个能满足通信正常运行所要求的电源系统; 在交流篇中介绍高低压配电、油机、交流配电、空调; 在直流篇中介绍整流、蓄电池、UPS、直配、通信用二次电源; 综合篇中介绍接地、防雷、监控、通信电源系统的日常测试维护; 在实训篇中介绍对理论部分的实际使用, 以培养实际的动手能力。其中交流篇、直流篇注重理论基础, 综合篇、实训篇注重测试原理、实践能力。

本书为 21 世纪高职高专通信教材, 也可作为从事通信电源及监控系统维护和管理人员的参考书。

21 世纪高职高专通信教材

通信电源

◆ 主 编 张雷霆
策划编辑 滑 玉
责任编辑 须春美

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线: 010-67129259

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 16.75 插页: 1

字数: 388 千字 2005 年 2 月第 1 版

印数: 1—5 000 册 2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13085-X/TN · 2436

定价: 22.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

21 世纪高职高专通信教材

编 委 会

主 任 肖传统

副 主 任 张新璞 向 伟

委 员 王新义 孙青华 朱 立 江 丽 李元忠

李转年 李树岭 李 婵 刘翠霞 陈兴东

苏开荣 吴瑞萍 张干生 张孝强 张献居

周训斌 杨 荣 杨 源 胡 鹏 赵兰畔

黄柏江 曹晓川 滑 玉 傅德月 惠亚爱

秘 书 李立高

执行编委 滑 玉

丛书前言

随着通信技术的飞速发展，通信业务的不断拓展和通信市场的日益开放，如何提高从业人员的素质，增强产业竞争力，已成为通信运营商高层决策者们所考虑的重要问题之一。通信类的高等职业教育以适应通信技术发展，培养通信生产和服务一线的技能型人才为目的。

国务委员陈至立同志在全国职业教育工作会议上指出：“职业教育的目标是培养数以千万计的技能型人才和数以亿计的高素质劳动者，必须坚持以服务为宗旨，以就业为导向，面向社会、面向市场办学。”为了适应高等职业教育的需要，结合通信行业的特点和通信类高等职业教育的培养目标，我们组织了全国通信类高职院部分老师和部分通信企业的资深专家组织编写了这套《21 世纪高职高专通信教材》。该丛书技术新，实用性强，案例典型，既可满足通信类高职高专的教学使用，又可作为从事通信行业一线的专业技术人员培训和自学读物。

由于作者编写高职高专教材经验不足，征求意见的范围还不够广泛，书中难免存在疏漏之处，望广大读者多提宝贵意见，以便进一步提高完善。

21 世纪高职高专通信教材编辑委员会

编者的话

本书是在人民邮电出版社组织指导下由浙江省邮电职业技术学院和黑龙江邮电职业技术学院共同参与编写的。

我们在注重学习通信某个领域的专业知识时，往往缺少对通信中其他分支专业的全面了解。通信的发展使得其专业的划分越来越细，作为通信人才对通信全局的认识和把握，也显得越来越重要，通信电源是其中的一个比较特别的分支专业。

通信电源作为通信网络的能源保障，被比喻成通信的“心脏”，是保证通信正常、可靠运行的基础。随着通信事业的发展，到现阶段各大通信运营商正在将更多的注意力放在通信网管理维护上，不断提高通信网的可靠性、安全性已经成为主题。近年来，很多通信事故的发生，都源于通信电源故障。所以，从一定程度上可以说，通信电源是通信发展的根本和保障，它也越来越受到各大通信运营商的重视。

随着通信事业的快速发展，通信电源的设备和维护体制也正在发生巨大的变化，传统被认为是人员密集型的通信电源专业正向着高技术含量高效率高可靠性的方向发展，伴随而来的是通信电源专业自身的专业知识越来越复杂，可分为通信配电、内燃机、整流与变换、蓄电池、空调、监控、接地防雷等分支，使得要较全面系统地掌握通信电源专业知识增加了不小的难度。

本书在编写过程中，注重把握两个原则，一是通信电源系统理论知识的阐述较为全面但不要求深入，做到全局性把握的原则；二是理论结合实际，学习的目的是为了能操作应用。本书安排了较大的篇幅介绍电源系统维护测试原理步骤及实训，目的是为非电源专业人员提供了一种在较短的时间内较为全面的了解通信电源系统的工作原理和维护要点的途径。本书也可作为电源专业从业人员初、中级指导用书。

本书共分 15 章，其中第 2 章、第 9 章由黑龙江邮电职业技术学院蔡军成编写，第 4 章及第 15 章第 9 小节由浙江省邮电职业技术学院张曙光编写，第 6 章由浙江省邮电职业技术学院李银碧编写，其余章节由浙江省邮电职业技术学院张雷霆编写，全书由张雷霆统编定稿，由王志良审稿。

在本书的编写过程中，浙江省邮电职业技术学院沈雪红同志付出了辛勤的劳动，同时得到了浙江省邮电职业技术学院黄柏江同志的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2004 年 12 月于绍兴

目 录

概述	1
一、通信中的电源系统组成	1
二、通信电源的分级	3
三、通信设备对通信电源供电系统的要求	4
四、通信电源系统发展概述	4
小结	6
思考题与练习题	7

第1篇 交流系统篇

第1章 高低压配电	10
1.1 高压配电系统	11
1.1.1 高压输配电系统概述	11
1.1.2 高压配电方式	12
1.1.3 高压配电系统组成	13
1.2 低压配电系统	14
1.2.1 低压配电系统概述	14
1.2.2 常见低压配电设备	15
1.2.3 常见的低压电器	15
1.2.4 电容补偿	17
小结	19
思考题与练习题	19
第2章 油机发电系统	21
2.1 油机发电机组的作用	21
2.2 油机的总体构造	22
2.3 油机发电机组的工作原理	25
2.3.1 油机工作原理	25
2.3.2 交流发电机工作原理	27
2.4 便携式(小型)油机发电机组	32
2.4.1 发电机组的组成	32
2.4.2 发电机组的工作原理与运行	33
2.4.3 便携式(小型)汽油发电机组主要技术规格	34
2.5 油机发电机组的使用与维护	35

2.5.1 柴油发电机组的运行	35
2.5.2 柴油机的正确维护和调整	36
2.5.3 停机操作	37
2.5.4 油机的技术保养	37
小结	39
思考题与练习题	39
第3章 交流配电	41
3.1 交流配电的作用	41
3.2 典型交流配电屏原理	42
小结	44
思考题与练习题	46
第4章 空调	47
4.1 空调基础知识	47
4.2 空调器结构和工作原理	54
4.2.1 制冷系统的主要组成和工作原理	55
4.2.2 制冷系统主要部件	57
4.2.3 制冷剂、冷媒、冷冻油	60
4.3 机房专用空调	60
4.3.1 专用空调的特点	60
4.3.2 机房环境条件的变化对电子计算机和程控交换机设备的影响	61
4.3.3 专用空调机的组成及型式	63
4.3.4 专用空调安装调试的技术要求	63
4.3.5 专用空调的报警、故障分析及检修	67
4.3.6 空调的测试	68
小结	70
思考题与练习题	71

第2篇 直流系统篇

第5章 整流与变换设备	74
5.1 通信整流技术的发展概述	75
5.2 通信高频开关整流器的组成	76
5.2.1 高频开关整流器方框图	76
5.2.2 高频变换减小变压器体积原理	77
5.2.3 高频开关整流器分类	77
5.3 高频开关整流器主要技术	78
5.3.1 功率转换电路	78

5.3.2 高频开关元器件	80
5.3.3 功率因数校正电路	83
5.3.4 高频开关整流器滤波电路和电磁兼容性	85
5.4 开关电源系统简述	87
5.5 监控单元日常操作	89
5.6 开关电源系统的故障处理与维护	92
小结	94
思考题与练习题	94
第 6 章 蓄电池	96
6.1 通信蓄电池发展概述	96
6.2 阀控式铅酸蓄电池的构成与分类	97
6.2.1 阀控式铅酸蓄电池的基本结构	97
6.2.2 蓄电池的分类	98
6.3 阀控式铅酸蓄电池的工作原理和技术指标	99
6.3.1 阀控式铅酸蓄电池的工作原理	99
6.3.2 阀控式铅酸蓄电池的容量	100
6.3.3 阀控式铅酸蓄电池维护的技术指标	102
6.4 阀控式铅酸蓄电池维护使用及注意事项	103
6.4.1 阀控式铅酸蓄电池的失效原因分析	103
6.4.2 阀控式铅酸蓄电池的使用	104
6.4.3 阀控式铅酸蓄电池在维护过程中的注意事项	106
小结	107
思考题与练习题	108
第 7 章 UPS	109
7.1 UPS 发展概述	109
7.2 UPS 组成	110
7.2.1 UPS 分类	110
7.2.2 UPS 方框图	111
7.2.3 主要性能和技术指标	113
7.3 UPS 逆变工作原理及主要电路技术	114
7.3.1 逆变电路	114
7.3.2 静态开关和锁相电路	116
7.4 UPS 操作	118
7.5 UPS 电源供电系统的配置形式	119
7.6 UPS 日常维护	123
小结	124
思考题与练习题	125

第8章 直流配电	126
8.1 直流电源供电方式概述	126
8.1.1 集中供电方式	126
8.1.2 分散供电方式	127
8.2 直流供电系统的配电方式	128
8.3 直流配电的作用和功能	130
8.4 典型直流配电屏原理	130
小结	132
思考题与练习题	132
第9章 通信用二次模块电源	134
9.1 通信用二次模块电源概述	134
9.2 通信用二次模块电源工作原理	136
9.2.1 概述	136
9.2.2 各电路部分的功能和原理	138
9.3 常见故障分析与排除	146
小结	149
思考题与练习题	149

第3篇 综合测试篇

第10章 通信接地与防雷	152
10.1 接地系统概要	153
10.1.1 接地系统组成	153
10.1.2 接地电阻组成及影响接地电阻的因素	153
10.1.3 接地中电压概念	155
10.1.4 接地分类及作用	156
10.2 联合接地系统	159
10.2.1 联合接地的优点	159
10.2.2 联合接地的组成	160
10.3 通信电源系统的防雷保护	161
10.3.1 雷电分类及危害	161
10.3.2 常见防雷元件	163
10.3.3 通信电源系统防雷保护措施	166
小结	168
思考题与练习题	168
第11章 通信电源与环境集中监控	170
11.1 集中监控实施的背景及意义	171

11.2 集中监控具有的功能	172
11.3 常见监控硬件介绍	176
11.3.1 传感器	176
11.3.2 变送器	178
11.3.3 协议转换器	178
11.4 监控系统的数据采集	178
11.4.1 数据采集与控制系统的组成	178
11.4.2 串行接口与现场监控总线	178
11.5 监控对象及原则	179
11.6 电源监控系统的传输与组网	182
11.7 电源监控系统的结构和组成	183
11.8 远程实时图像监控	184
11.9 集中监控系统日常使用和维护	184
11.9.1 电源监控系统的使用	185
11.9.2 电源监控系统的维护体系	186
11.9.3 告警排除及步骤	186
小结	191
思考题与练习题	192
第 12 章 通信电源系统日常维护测试	193
12.1 通信电源日常维护测试概述	194
12.1.1 测量操作的基本要求	194
12.1.2 测量的误差控制	194
12.2 交流参数指标的测量	197
12.2.1 交流电压的测量	197
12.2.2 交流电流的测量	199
12.2.3 交流输出频率的测量	199
12.2.4 交流电压波形正弦畸变因数的测量	199
12.2.5 三相电压不平衡度的测量	200
12.2.6 交流供电系统的功率和功率因数的测量	201
12.3 温升、压降的测量	201
12.3.1 温升的测量	201
12.3.2 接头压降的测量	203
12.3.3 直流回路压降的测量	203
12.4 整流模块的测量	204
12.4.1 交流输入电压、频率范围及直流输出电压调节范围测量	204
12.4.2 稳压精度测量	205
12.4.3 整流模块均分负载能力测量	205
12.4.4 限流性能的检测	206

12.4.5 输入功率因数及模块效率测量	206
12.4.6 开关机过冲幅值和软启动时间测量	206
12.4.7 绝缘电阻及杂音	207
12.5 直流杂音电压的测量	208
12.5.1 衡重杂音电压的测量	208
12.5.2 宽频杂音电压的测量	209
12.5.3 峰—峰值杂音电压的测量	210
12.5.4 离散杂音电压的测量	210
12.6 蓄电池组的测量	210
12.6.1 蓄电池组常规技术指标的测量	211
12.6.2 蓄电池组容量的测量	213
12.7 柴油发电机组的测量	219
12.8 接地电阻的测量	222
12.8.1 直流布极法测量介绍	223
12.8.2 接地电阻测量的注意事项	224
12.9 机房专用空调的测试	225
12.9.1 空调高低压力的测试	225
12.9.2 空调运行工况测试	225
小结	226
思考题与练习题	227

第4篇 实训篇

第13章 交流篇实训	230
13.1 高低配参观	230
13.2 油机结构、启动操作	231
13.3 空调结构、启动操作	232
第14章 直流篇实训	233
第15章 综合篇实训	235
15.1 监控系统的参观及操作	236
15.2 交流参数测量	236
15.3 温升、压降测量	238
15.4 杂音测量	240
15.5 整流器性能测试	243
15.6 蓄电池端压、容量测试	244
15.7 接地测量	245
15.8 油机性能测试	247

15.9 空调性能测试.....	248
附录 第 9 章电路原理附图	插图
参考资料.....	250

通信电源是整个通信设备的重要组成部分，通常被称为通信设备的“心脏”，在通信局（站）中，具有无可比拟的重要地位。如果通信电源供电质量不佳或中断，将会使通信质量下降甚至无法正常工作直至通信瘫痪，造成重大的经济损失，给人民生活带来极大的不便，甚至造成极坏的政治影响。

随着通信网的快速发展，通信电源系统也发生了革命性的跃变，主要体现在标准的制（修）定、供电系统可用性的提升、供电方式的完善、技术装备水平的提高、维护方式的变革以及集中监控管理的实施等诸多方面。由于通信电源系统设备繁多，维护复杂，是一门要求既要有扎实的科学知识，又具有很强的实际动手能力的专业。因此，我们必须了解其总体的组成情况，在此基础上，才能有目的地学习其中的各种设备及设施。

一、通信中的电源系统组成

在通信局（站）中主要的电源设备及设施包括：交流市电引入线路、高低压局内变电站设备、自备油机发电机组、整流设备、蓄电池组、交直流配电设备以及 UPS、通信电源/空调集中监控系统等。另外，在很多通信设备上还配有板上电源（Power on board），即 DC/DC 变换、DC/AC 逆变等。

通信电源是专指对通信设备直接供电的电源。在一个实际的通信局（站）中，除了对通信设备供电的不允许间断的电源外，一般还包括有对允许短时间中断的保证建筑负荷（比如电梯、营业用电等）、机房空调等供电的电源和对允许中断的一般建筑负荷（比如办公用空调、后勤生活用电等）供电的电源。所以说，通信电源和通信局（站）电源是两个不同的概念，通信电源是通信局（站）电源的主体和关键组成部分。图 1 所示是一个较完整的通信局（站）电源组成方框图，它包含了通信电源和通信用空调电源及建筑负荷电源等。

1. 市电引入

如图 1 中 A 框所示。由于市电比油机发电等其他形式电能更可靠、经济和环保，所以市电仍是通信用电的主要能源。为了提高市电的可靠性，大型通信局（站）的电源一般采用高压电网供电，为了进一步提高可靠性，一些重要的通信枢纽局还采用从两个区域变电所引入两路高压市电，并且由专线引入一路主用，一路备用。市电引入部分通常包含有局站变电所（含有高压开关柜、降压变压器等）、低压配电屏（含有计量、市电—油机电转换、电容补偿、防雷和分配等功能）等，通过这些变电、配电设备，将高压市电（一般为 10kV）转为低压市电（三相 380V），然后为交流、直流不间断电源设备及机房空调、建筑负荷提供交流能源。

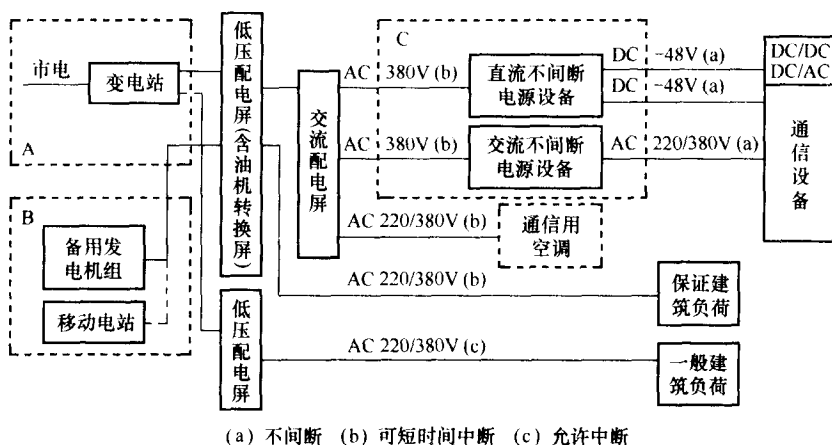


图1 通信局（站）电源系统

2. 油机发电

如图1中B框所示。当市电不可用时（比如停电、市电质量下降等），可用备用油机发电机组提供能源，某些通信局（站）配有移动油机发电机组（或便携式发电机）以适应局（站）外应急供电的需要，比如移动基站的市电故障应急供电。

整个通信局（站）电源供电系统线路根据供电中断与否可分为：a级（供电不允许中断）、b级（供电允许短时间中断）、c级（供电允许中断）三个等级。由于市电的中断在某些情况下是无法控制和避免的，对一些不能长时间停电的线路（比如通信机房用空调以及通信电源交流输入）必须由备用油机发电机组在市电中断后几分钟至十几分钟内提供能替代市电的交流能源。此外，由于通信局（站）中，建筑负荷用电量日趋增加，为了减小备用油机发电机组容量和节约能源，在市电中断后，备用油机发电机组仅供给保证建筑负荷，而不再对一般建筑负荷供电。

3. 不间断电源

由于通信的特点决定了通信电源必须不间断地为通信设备提供电源，而市电（油机电）做不到这一点。如图1中C框所示，我们要做的就是将市电（油机电）这种可能中断的电源转换为不间断电源对通信设备的供电。必须明确的是，不间断电源只是将市电（油机电）进行电能的转换和传输，它并不生产电能。对通信设备的供电，可分为交流供电和直流供电两种。交换、传输、光通信、微波通信和移动通信等通信设备均属直流供电的设备，无线寻呼、卫星地球站设备则属于交流供电的通信设备，目前直流供电的通信设备占绝大部分。

通信设备的供电要求有交流、直流之分，因此通信电源也有交流不间断电源和直流不间断电源两大系统。

图2所示为直流不间断电源系统方框示意图。

当市电正常时，由市电给整流器提供交流电源，整流器将交流电转换为直流电，一方面经由直流配电屏供出给通信设备，另一方面给蓄电池补充充电（即蓄电池一般处于充足电状态）。

当整流器由于以下原因发生停机：

- ① 市电停电；
- ② 市电质量下降到一定程度；
- ③ 整流器故障。

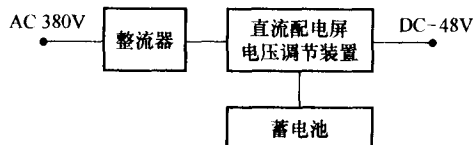


图2 直流不间断电源系统方框示意图

此时, 蓄电池在同一时间代替整流器经由直流配电屏给通信设备提供高质量的直流电, 从而实现了直流电源的不间断供电。当然, 考虑到蓄电池的供电时间有限, 我们必须在蓄电池放完电之前, 让整流器重新开机输出高质量直流电源给通信设备及蓄电池供电。针对上述整流器停机的前两种原因, 我们应及时启动油机发电机组替代市电供出符合标准的交流电源; 如果是上述的第三种原因, 我们应及时修复或更换整流器 (通常是易更换的整流模块)。

当由油机供电过程中, 市电恢复正常, 则应优先用市电提供能源。在市电—油机电的转换过程中, 虽然整流器的交流输入侧有短时间的中断, 但由于蓄电池的存在, 仍能保证直流输出不间断供电。

图 3 所示为交流不间断电源系统方框示意图。可以看出, 其不间断供电原理与直流不间断电源系统十分相似, 只是由于要求供出交流电的缘故, 在输出侧串联了逆变器 (将直流电转换为交流电)。

总之, 直流电源和交流电源两大系统的不间断, 都是靠蓄电池的储能来保证的。但交流不间断电源系统远比直流不间断电源系统要复杂, 系统可靠性和效率也远比直流不间断电源低, 所以一直以来通信设备的供电电源还是以直流不间断供电为主。近年来, 随着交流不间断电源技术的不断发展和成熟, 加之通信设备计算机化使交流用电的通信设备增多, 交流不间断电源的规模在逐渐扩大, 其技术维护工作也正成为电源维护的重点。

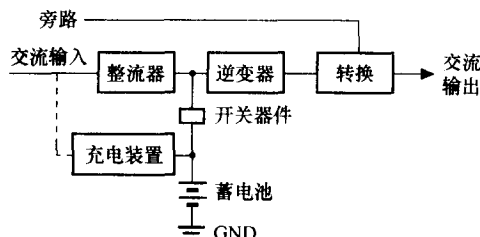


图 3 交流不间断电源系统方框示意图

二、通信电源的分级

由上述可知, 无论是交流不间断电源系统还是直流不间断电源系统, 都是从交流市电或油机发电机组取得能源, 再转换成不间断的交流或直流电源去供给通信设备。通信设备内部再根据电路需要, 通过 DC/DC 变换或 AC/DC 整流将单一的电压转换成多种交、直流电压。因此, 从功能及转换层次来看, 可将整个电源系统划分为三个部分: 交流市电和油机发电机组称为第一级电源, 这一级是保证提供能源, 但可能中断; 交流不间断电源和直流不间断电源称为第二级电源, 主要保证电源供电的不间断; 通信设备内部的 DC/DC 变换器、DC/AC 逆变器及 AC/DC 整流器则划为第三级电源, 第三级电源主要是提供通信设备内部各种不同的交、直流电压要求, 常由插板电源或板上电源提供。板上电源又称为模块电源, 由于功率相对较小, 其体积很小, 可直接安装在印制板上, 由通信设备制造厂商与通信设备一起提供。上述三级电源的划分如图 4 所示。

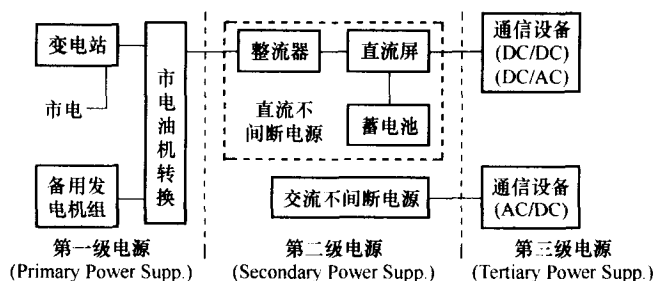


图 4 通信电源的分级

三、通信设备对通信电源供电系统的要求

为了保证通信生产可靠、准确、安全、迅速，我们可以将通信设备对通信电源的基本要求归纳为：可靠、稳定、小型智能和高效率。

1. 可靠

可靠是指通信电源不发生故障停电或瞬间中断。可靠性是通信设备对通信电源最基本的要求。要确保通信畅通可靠，除了必须提高通信设备的可靠性外，还必须提高供电电源的可靠性。

为了保证供电的可靠，要通过设计和维护两方面来实现。设计方面：其一，尽量采用可靠的市电来源，包括采用两路高压供电；其二，交流和直流供电都应有相应的优良的备用设备，如自启动油机发电机组（甚至能自动切换市电、油机电），蓄电池组等，对由交流供电的通信设备应采用交流不间断电源（UPS）。维护方面：操作使用准确无误，经常检修电源设备及设施，做到防患于未然，确保可靠供电。

2. 稳定

各种通信设备都要求电源电压稳定，不能超过允许的变化范围。电源电压过高会损坏通信设备中的电子元器件，电源电压过低通信设备不能正常工作。

对于直流供电电源来说，稳定还包括电源中的脉动杂音要低于允许值，也不允许有电压瞬变，否则会严重影响通信设备的正常工作。

对于交流供电电源来说，稳定还包括电源频率的稳定和良好的正弦波形，防止波形畸变和频率的变化影响通信设备的正常工作。

3. 小型智能

随着集成电路、计算机技术的飞速发展和应用，通信设备越来越小型化、集成化，为了适应通信设备的发展以及电源集中监控技术的推广，电源设备也正在向小型化、集成化和智能化方向发展。

4. 高效率

随着通信设备容量的日益增加，以及大量通信用空调的使用，通信局（站）用电负荷不断增大。为了节约能源、降低生产成本，必须设法提高电源设备的效率。另外，采用分散供电方式也可节约大量的线路能量损耗。

四、通信电源系统发展概述

通信电源从建国初期发展至今，随着对通信电源重视程度的不断加强，以及功率半导体技术、计算机控制技术和超大规模集成电路生产工艺的飞速发展，我国的通信电源事业发生了巨大的变革，逐步走向世界先进水平。

1. 电源设备的变革

（1）整流设备

从20世纪50年代末的饱和电抗器控制的稳压稳流硒整流器，60年代的硅二极管取代硒整流片的稳压稳流硅整流器，60年代末70年代初稳压稳流可控硅整流器，一直到80年代末90年代初的高频开关整流器，我国通信用整流设备经历了几代变革。90年代以后，随着计算机控制技术、功率半导体技术和超大规模集成电路生产工艺的飞速发展，高频开关整流器产