

电力通信网计算机监测系统

陈淑荣 著

中国电力出版社

目 录

前 言

第一章 电力通信网的发展与其监测系统的建设	1
第一节 电力系统发展对通信建设的要求	1
第二节 电力通信线路	3
第三节 电力通信网的构成与发展	9
第四节 电力通信调度体制	14
第五节 电力通信网监测系统的建立与发展	16
第六节 电力通信网的监测对象及其编号	21
第二章 电力通信网监测系统总体概要	23
第一节 电力通信网监测系统的工作原理	23
第二节 通信网监测系统的构成与基本设备配置	26
第三节 监测项目及功能要求	33
第四节 监测系统的技术指标	39
第五节 国外电力通信网监测系统介绍	42
第三章 中心站的主终端设备 (MTU)	66
第一节 对 MTU 的要求	66
第二节 中心站 MTU 的结构	68
第三节 MTU 主机的硬件构成	72
第四节 MTU 外部设备	78
第五节 MTU 的系统软件	90
第六节 MTU 的应用软件	94
第四章 远方终端设备 (RTU)	104
第一节 RTU 的主要任务和功能	104

第二节	RTU 的硬件结构及其工作	106
第三节	RTU 软件结构	111
第四节	A/D 转换器	114
第五节	光电隔离器	124
第六节	RTU 的可靠性	128
第五章	信息传输及通信控制器	131
第一节	数据通信的基本概念	131
第二节	数据传输规约	139
第三节	电力通信网监测系统通信规约	163
第四节	通信控制器 (CCU)	173
第六章	数据传输设备和信道	184
第一节	调制解调器的工作原理与结构	184
第二节	调制解调器的种类及其基本性能	191
第三节	全音频话路调制解调器	196
第四节	电力载波上音频(远动信道)调制解调器	213
第五节	数据复用设备	219
第六节	数据传输的信道	223
第七章	监测量变送器 (简称变送器)	225
第一节	监测项目和测点	225
第二节	变送器的工作原理	228
第三节	变送器的基本要求	232
第四节	变送器举例	234
第八章	监测系统的维护和管理	243
第一节	安装、调试和验收	243
第二节	日常维护	246
参考文献		250

第二节	RTU 的硬件结构及其工作	106
第三节	RTU 软件结构	111
第四节	A/D 转换器	114
第五节	光电隔离器	124
第六节	RTU 的可靠性	128
第五章	信息传输及通信控制器	131
第一节	数据通信的基本概念	131
第二节	数据传输规约	139
第三节	电力通信网监测系统通信规约	163
第四节	通信控制器 (CCU)	173
第六章	数据传输设备和信道	184
第一节	调制解调器的工作原理与结构	184
第二节	调制解调器的种类及其基本性能	191
第三节	全音频话路调制解调器	196
第四节	电力载波上音频 (远动信道) 调制解调器	213
第五节	数据复用设备	219
第六节	数据传输的信道	223
第七章	监测量变送器 (简称变送器)	225
第一节	监测项目和测点	225
第二节	变送器的工作原理	228
第三节	变送器的基本要求	232
第四节	变送器举例	234
第八章	监测系统的维护和管理	243
第一节	安装、调试和验收	243
第二节	日常维护	246
参考文献		250

第一章 电力通信网的发展

与其监测系统的建设

第一节 电力系统发展对通信 建设的要求

一、电力系统和电力通信网

电力系统是由发电、送电、变电、配电和用电各部分组成一个整体，而且，各个部分通常是分布在广大地域里。电能的生产、输送、分配和消费又是同时进行和完成的；电能不能储蓄，生产多少要用掉多少。这就要求高度集中管理和统一调度，这是不同于其他产业部门的。为了安全、经济的发供电和合理的分配电能，为了保证电力质量指标及防止和及时处理电力系统事故的发生，电力通信是电力系统不可缺少的重要组成部分。电力生产的不容许间断性，事故出现的快速性，以及对国民经济影响的严重性，都要求电力通信具有高度的可靠性。没有可靠的电力系统通信，就无法确保电网安全、经济调度。电力通信是电网实现调度自动化和管理现代化的基础。电力系统通信若是不灵，就预示着电力系统的瘫痪，给国民经济造成的损失是无法估量的。由此，不难看出电力系统通信的重要性。

随着大电厂、大机组和超高压输电线路的不断增加，电网的规模越来越大。目前已形成跨省电网七个：华北、东北、华东、华中、西北、西南和华南，并连接到香港、澳门地区

和朝鲜、俄罗斯。其中华北、东北、华东和华中四大电网装机容量已超过 1500~2000 万 kW。葛洲坝至上海约 1000 多 km 长的 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电线路已经投入运行,从而实现了华中与华东两大区的联网。全国设立一个国家调度,七个大区网调,25 个省调,200~300 多个地区调度,还管辖数以千计的城市配电和农电调度。一个四级调度电网管理格局已经形成。电网的发展,必然对电网的管理和技术水平提出更高的要求,同时,对电力通信提出相应的要求,要求通信网能传输多种形式的大量信息,而且还必须十分可靠。

电力通信要传输的信息内容主要有:电力调度电话,经营管理电话,电网调度自动化信息,电网安全保护信息,经营管理自动化信息,以及各种图形图像信息等。不难看出,电力通信的任务是很重要而且相当繁重的。

对电力通信的可靠性要求也很严格,在《电力工业技术管理法规》中明确规定,其运行可靠率应达到 99.95% 以上。为此,重要的大中型发电厂及枢纽变电站,都要设立两个以上独立信道和两种以上通信方式。“法规”中还规定,传输数据信息时,当传输速率为 1200~2400bps,误码率应小于 10^{-5} 。不难看出,对电力通信的传输质量是要求很高的。

二、电力通信网建设的任务

我国电力通信网建设的任务是十分艰巨的,大致归纳有以下四方面:

(1) 在全面规划的基础上,继续抓紧建设和完善以北京为中心的全国电力通信网干线电路。在有些边远地方,要设立卫星地面站建立卫星通信电路。

继续抓紧建设和完善网内和省内的电力通信干线,形成网内和省内的电力通信网骨架。

建设市和县内电力通信网,可采用 1 : N 通信方式,以调度所为中心连通各变电所和大用户。

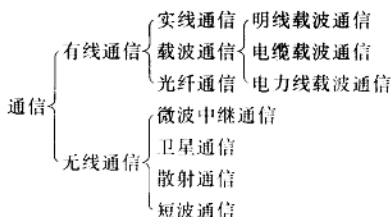
(2) 做好数字网同步规划,统一信号方式,采取各种措施,把电力通信网建成为高度可靠而又灵活的通信网,为计算机网络的形成与发展提供信道支持,并为建成综合数字网(IDN),最终实现综合业务数字网(ISDN)打下基础。

(3) 开发和应用可靠性高、功能强、性能良好的通信设备和数据传输设备,并加强对设备的维护管理。

(4) 提高通信设备的运行管理水平,建立通信网监测系统,采用电子计算机对通信系统的运行情况进行安全监视。

第二节 电 力 通 信 线 路

电力系统通信的信道种类较多,本节着重介绍电力系统专用通信网中已经使用的或正在开发使用的通信信道种类。电力通信信道简单地可以分为有线信道和无线信道两大类。明线、电缆、电力线载波和光纤通信等都属于有线信道,而短波、散射、微波中继和卫星通信等都属于无线信道。可以概括划分如下:



电力通信的发展是以电力系统的扩大和发展为前提条件的。由于公用通信网满足不了电力系统的需要，因此电力通信网以自建为主。电力通信网的发展，迄今已有近 50 年的历史。

一、有线通信

1. 载波通信

电力线载波通信是电力系统采用最早的一种通信方式。50 年代电力系统调度电话主要靠电力载波电话。随着电网的扩大，电力调度、远动、继电保护信息量的增加，载波通信特别是电力载波通信发展很快。据统计到 1992 年 5 月，全国电力系统 110kV 及以上电力线载波电路达 59 万话路 km，运行的电力载波机约 1.6 万台；明线载波电路 0.86 万 km；电缆载波电路约 1800km。载波通信的发展不仅表现在规模和数量上，而且还表现在由单一电话业务发展成开放传真，传送继电保护、远动、计算机信息等综合业务。电力载波通信的技术水平也有了很大提高，其可靠性、稳定性、频谱利用率都有明显的改善。载波通信已经可以在长距离超高压输电线路上使用，葛洲坝至上海的 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电线路，许多条 500kV 交流输电线路上都采用了载波通信设备。以前由于设备和电源的质量以及运行水平等原因，电力线载波通信运行率一般低于 99%。现在，由于生产厂家和设计、运行部门的共同努力，基本上都达到了《电力调度国家级企业等级标准》规定的特级企业 99.5%、一级企业 99.3% 的载波通信运行率指标的标准。电力载波通信这种传统的通信方式，为全国各电网的安全经济运行发挥了重要的作用。

电力载波通信技术的发展趋势大致可归纳为五化：使用频率标准化，载波设备系列化，功能组合模块化，器件集成

化和监测技术微机化。

2. 光纤通信

我国光纤通信起步于 70 年代。光纤通信的掘起与迅猛发展,对传统的通信方式进行了冲击。光纤通信具有容量大、中继距离长、抗电磁干扰、传输性能稳定、不受无线电频率的限制等优点。为此,光纤通信在电力系统应用越来越广泛。光纤敷设方式有架空光缆、地埋光缆和架空地线复合光缆(OPGW)三种。尤其是架空地线复合光缆,它与架空地线相结合,既避雷又传输信息,且能随输电线路本体一次建成,可以节省线材又降低综合造价,优点更为突出。

据统计,到 1992 年 5 月电力系统内已建成并投入运行的有近 60 条光纤信道,其总长度约为 700km。虽然目前应用推广得还不够,但是,电力系统光纤通信技术的发展方兴未艾,应用前景相当广阔,随着电力通信网的扩大,光纤通信必将得到更广泛的应用。

二、无线通信

1. 微波中继通信

微波中继通信,一般简称微波通信。电力系统应用微波通信方式为电网调度服务,是从 60 年代开始的。第一条微波中继通信试验电路由沈阳经首山变电站至鞍山红旗堡变电站。这条电路试验成功后,微波中继通信在全国范围内迅速推广开来。截止 1992 年 5 月,据初步统计,已建的微波中继通信电路总长度达 2.8 万 km,微波站总数约 1115 个。

进入 80 年代,我国开始建设数字(PCM)微波电路。现在我国电力系统中已有数字微波干线十余条,可连通华北、东北、华东、华中、西北等各大电网总调度所和部分省电网调度所。

网、省局内部电力通信网的干线，以前一般采用模拟微波电路，现在建立的均采用数字微波电路。通过这些干线，连通各地、市电网调度所和大中型水、火力发电厂。

各地市供电网内的通信线路以至县级供电网内通信线路，有的采用 $1:N$ 微波通信线路。一点多址数字微波通信系统是由一个中心站和若干个外围站所组成，如图 1-1 所示。这种系统灵活、经济、运行维护较简单，便于组成传输话音和数据的地区性小型通信网。从 1990 年开始在我国部分供电网内先后采用了这种类型的数字微波通信系统，效果良好，很有发展前途。

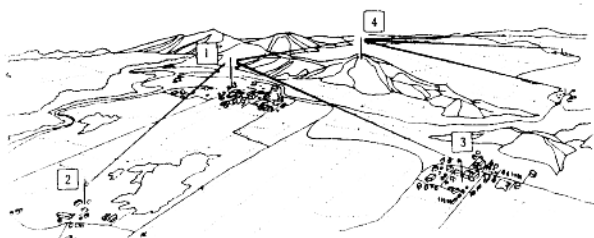


图 1-1 一点多址数字微波通信系统图

1—中心站；2—外围站（小容量户外站）；3—外
围站（大容量室内站）；4—中继站

2. 卫星通信

卫星通信具有通信距离远、覆盖面积大、频带宽、适用于多种业务、多址接续方便等特点。另外，它还有传输距离与投资无关、便于维护管理、建设周期短等优点。世界各国对外公开的地球同步卫星已达数百个，仅用 4/6GHz 频段的就有 70 多个。我国是国际通信卫星组织的成员国，我国的卫

星通信发展也很迅速。我国国土广大，在传输距离远自然环境恶劣的地方，无论靠地面微波还是其他有线通信手段都是比较困难的。然而卫星通信却不受地域和自然环境的限制。从1982年开始，电力系统利用我国发射的实验卫星建成以北京为中心连通南宁、广州、成都、天生桥、安康等地面站的卫星通信系统，初步形成电力系统专用卫星通信网，如图1-2所示。

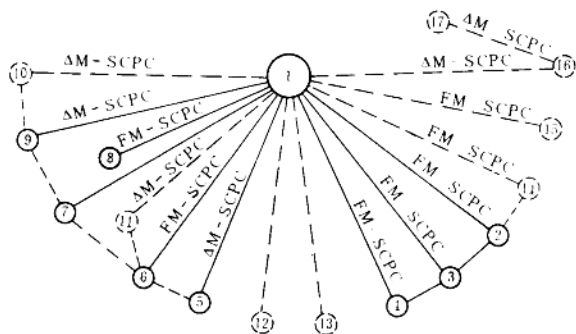


图 1-2 电力系统专用卫星通信网

———已建成线路；—————规划中线路； ΔM -SCPC—增量调制式单路单载波；FM-SCPC—频率调制式单路单载波
1—北京；2—广州；3—南宁；4—天生桥；5—二滩；6—成都；7—碧口；8—安康；9—兰州；10—乌鲁木齐；11—拉萨；12—昆明；13—贵阳；14—海口；15—福州；16—沈阳；17—伊春

3. 散射通信

散射通信适合于地域广大的山区。这种通信方式发射功率大，无线电波通过对流层散射回到地面，由高灵敏度接收

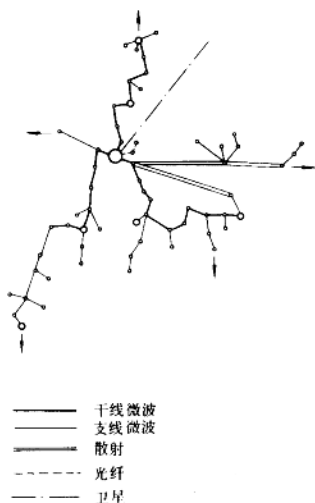


图 1-3 数字散射微波网结构图

机接收达到通信的目的。散射发射机要设在距城市较远的郊区,从郊区到市区电力通信调度所,还需经过其他通信方式转接。它的通信距离长,可达到 200~300km,可以跨越微波通信难以设立中继站的地段,这是它最大的优点。

我国四川省电力局和东北电管局,在个别地方就采用这种通信方式。图 1-3 绘出某地区数字散射通信和微波通信网的结构图。为了满

足电力调度的需要,因地制宜的采用散射通信制式也是必要的。

4. 短波通信

短波通信采用 VHF、UHF 和 SHF 三个频段,频率约在 100~1000MHz。短波通信开始采用移动电台来满足电力系统的事故抢修和检修需要,继而,有的地方在农电系统用以实现县调和地调的通信。截止 1992 年 5 月,电力系统无线电台约有 2.4 万部。它具有体积小、重量轻、操作简单、组网灵活、价格便宜等优点,是检修通信的良好方式。在大城市组成移动通信网,并与有线网连在一起,可做到在任何时间、任何地点

与中心台控制范围内任何人实现通话。这种通信方式,又称漫游通信或集群通信方式,它虽然通话方便,然而进行数据传输和用以实现数据通信网时,由于这个频段受工业杂音干扰较大,因而通信质量满足不了要求。

第三节 电力通信网的构成与发展

一、电力通信网的形成

电力载波通信是电力系统特有的一种传统的通信方式,高压输电线路架设到哪里,电力线载波电话可以通到哪里。从50年代开始在各个电网内,已经形成了以电力线载波电话为主要通信方式的电力通信网。

随着电力网的扩大,又采用了高频电缆通信、特高频通信、短波通信和微波通信等多种通信方式。1962年在东北电网建成了第一条微波中继通信线路,从沈阳通信总站经首山到鞍山。1968年后这条线路又延伸经海城到营口电业局。1965年在华北电网中建立了北京经天津至唐山微波线路。进入70年代,微波通信线路在电力系统像雨后春笋般的相继发展起来:华东电网建设上海经南京、芜湖到淮北微波线路;在西北建设了刘家峡水电厂到兰兰省调微波线路;湖南电网建起了由长沙到湘乡微波线路,又建起了由西安经宝鸡至汤峪330kV变电站微波线路;华东电网建起了由上海经浙江省调杭州至乌溪江微波线路;广西电网建设了由南宁至大化水电厂、合山发电厂微波线路;广东电网建设了由广州至茂名微波线路;山东电网建设了由济南至辛店微波线路;湖北电网建设了由武汉到荆州微波线路等。这些线路主要用于省内区段通信。在此期间出现了第一条跨网局的北京至沈阳模拟微

波线路。

80 年代初建立起长距离的由北京经石家庄、郑州到武汉的京汉数字微波干线线路（约 1000 多 km）。不久，此电路又延伸到长沙及衡阳，还在继续向南延伸。之后，建立葛洲坝水电厂到上海华东总调数字微波线路。在此期间也沟通了北京与济南的通信线路，建立了西安到兰州的通信线路，沟通了郑州至西安的通信线路，建立了沈阳经长春到哈尔滨的通信线路。这些省局间的通信干线，普遍采用的是数字微波通信线路。不仅如此，又建立起北京至广州、南宁、成都、天生桥、安康等卫星通信线路。与此同时，各网、省局也纷纷建立和发展网、省内微波干线。电力通信网发展十分迅速，在 80 年代初步形成了以北京为中心，连接各大电网和各主要省电力调度中心的全国电力通信网。图 1-4 为全国电力系统专用通信网主干网络图。在网上开通了全国电力系统长途直拨业务，为电力生产安全运行，调度指挥发挥了重要作用。

全国电力专用通信网的结构，如图 1-5 所示。

二、通信网中自动交换技术的应用

在电力系统中，保护装置、稳定装置和电网调度自动化系统实时性很强，要求信道不能中继，为保证信道高度安全可靠，需采用专用信道。

除了上述信息，在电力系统中还有大量的对实时性要求不太高的信息，如行政电话，管理信息系统的信息等。对传输这些信息的信道，为了提高其利用率，可采用交换技术。截止 1992 年 5 月，全国电力系统已装程控交换机 40 多台，总容量约 5 万门，其中有 26 台用于部、网局、省局汇接中心；通过这些汇接中心，系统内已有 200 多个单位的交换机联网，

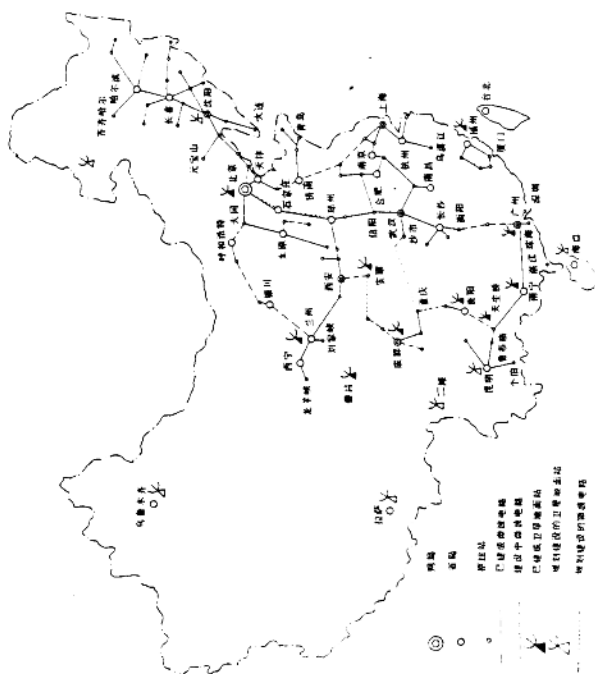


图 1-1 电力系统专用通信网主网网络图

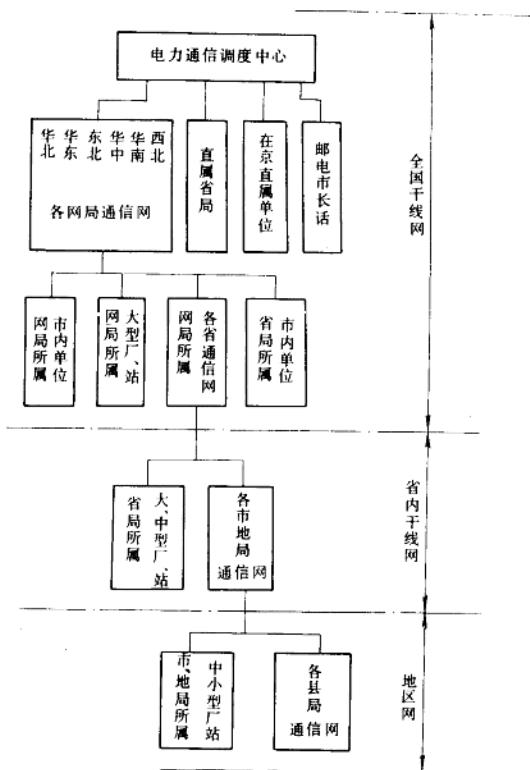


图 1-5 全国电力专用通信网的构成

实现了电话直拨。图 1-6 为电力系统专用通信交换网络示意图。

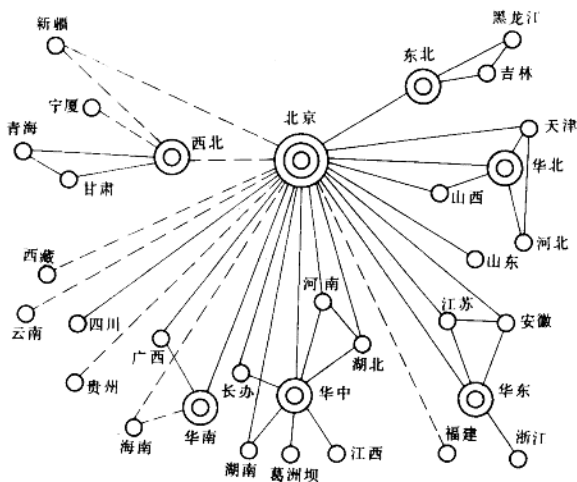


图 1-6 电力系统专用通信网交换网络示意图

由电力系统各个交换机联成的全国自动交换网是一个长途自动交换网。它属于多级汇接辐射式的网络，即两级汇接，三级交换。它既符合上、下级的领导与被领导关系，又具有汇接、辐射网所能发挥的优点。自动交换网采用固定号码系统，不管在什么地方打电话，凡经主干网呼叫某一用户，均拨同一号码。

三、电力通信网今后的发展

在八五期间，通信主干网将继续扩建，新增微波线路 16