

21世纪高等学校电气工程系列教材

电力系统通信工程

(第二版)

唐飞 刘涤尘 主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

21世纪高等学校电气工程系列教材

电力系统通信工程

(第二版)

唐飞 刘涤尘 主编

• • • • •



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力系统通信工程/唐飞,刘涤尘主编. —2版. —武汉:武汉大学出版社,2017.7

21世纪高等学校电气工程系列教材

ISBN 978-7-307-19443-4

I. 电… II. ①唐… ②刘… III. 电力通信系统—高等学校—教材
IV. TN915.853

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第152990号

责任编辑:任仕元 责任校对:李孟潇 封面设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉中远印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:14 字数:339千字 插页:1

版次:2000年7月第1版 2017年7月第2版

2017年7月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-307-19443-4 定价:38.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

随着通信技术和计算机技术的不断进步，电力通信技术发展越来越迅速。电力通信技术的水平，直接关系到电力系统的生产和运行，而电力通信技术在新一代电力系统中显得越来越重要。

对于电气信息类各专业学生，都会在学习中涉及有关通信技术的知识，毕业后的工作也需要具备相关的信息技术；尤其面临一个信息快速发展的时代，掌握一定的通信技术知识，更具有必要性。

由殷小贡、刘涤尘编写的《电力系统通信工程》，全面介绍了数字通信的基本理论，并涵盖了多种通信系统的主要内容，避免了原理性教材中的一些复杂的数学分析与推导，注重了物理与系统概念的描述，内容简洁明了，同时也反映了“电力”和“工程”的特点。因此，该教材自 2000 年出版以来，一直得到广泛应用。

由于电力通信技术的飞速发展，教材的内容急需适应新时期的要求，唐飞、刘涤尘在原教材的基础上进行了重新编写，结构上作了大的调整，内容也进行了更新。本教材可作为普通高等学校电气信息类各专业学生以及其他相关专业学生的教材，也可供自学人员和有关工程技术人员参考使用。

在本教材的编写过程中，武汉大学研究生田园园、张谦、赵婷、叶笑莉、方必武、郭珂、郑永乐、徐君茹、周慧芝、徐雨田、马恒瑞、陈懿、周仕豪、徐业琰、李顺、殷巧玲、冀星沛、朱振山、汪凯、高凡等同学为书稿的资料整理、修改和校对做了部分工作。出版过程中，得到了武汉大学出版社的大力支持。同时，本教材还参考了很多作者的文献与资料，在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，敬请广大读者批评指正，并提出宝贵意见。

编 者

2017 年 1 月，于武昌珞珈山

目 录

第1章 电力系统通信技术概论	1
1.1 概述	1
1.2 通信、通信系统以及通信网的基本概念	3
1.2.1 通信	3
1.2.2 通信系统	3
1.2.3 通信网	4
1.2.4 通信系统与通信网的关系	7
1.3 电力通信技术的现状与分类	7
1.3.1 电力通信技术的现状	7
1.3.2 电力通信技术的分类	8
习题	13
第2章 通信技术基础理论	14
2.1 通信的基本概念与基本问题	14
2.1.1 通信系统模型	14
2.1.2 通信系统的分类	16
2.1.3 通信方式	18
2.1.4 信息及度量	19
2.1.5 通信系统的主要性能指标	20
2.1.6 信道容量与香农公式	21
2.2 通信中的编码技术	22
2.2.1 信源编码	23
2.2.2 信道编码	31
2.3 通信的调制与解调技术	34
2.3.1 调制与解调的概念	34
2.3.2 模拟调制	34
2.3.3 数字调制	38
2.4 数字基带传输系统	41
2.4.1 数字基带传输系统与数字基带信号	41
2.4.2 数字基带传输系统的常用码型	43
2.5 通信的复用技术	44
2.5.1 频分复用 (FDM)	44

2.5.2 时分复用 (TDM)	44
2.5.3 码分复用 (CDM)	46
2.5.4 波分复用 (WDM)	47
2.6 通信中的同步技术	47
2.6.1 载波同步	48
2.6.2 位同步	49
2.6.3 群同步	50
2.6.4 网同步	51
2.7 通信网络技术	52
2.7.1 通信网分类	53
2.7.2 通信网的基本结构	53
2.7.3 通信网的构成要素	54
习题	56
第3章 电力光纤通信技术	57
3.1 光纤通信概述	57
3.1.1 电力光纤通信光缆	57
3.1.2 光纤通信特点	58
3.1.3 光纤通信系统	59
3.2 光纤线路	60
3.2.1 光纤	60
3.2.2 光缆	61
3.2.3 光纤线路	62
3.3 光发射机、光中继器与光接收机	63
3.3.1 光发射机	63
3.3.2 光中继器	68
3.3.3 光接收机	68
3.4 光纤通信协议	71
3.4.1 光纤通道协议簇	71
3.4.2 光纤通道协议模型和帧格式	71
3.4.3 在线调试	72
3.5 电力光纤规约	72
3.5.1 循环式规约	73
3.5.2 问答式规约	73
3.6 超长站距光纤通信	73
3.6.1 超长站距光纤通信的制约因素	73
3.6.2 超长站距光纤通信方案	74
3.6.3 超长站距光纤通信在工程中的应用	75
习题	76

第4章 电力线载波通信技术	77
4.1 电力线载波通信概述	77
4.1.1 基本概念	77
4.1.2 目的与意义	77
4.1.3 特点	78
4.2 电力线载波通信工作原理	78
4.2.1 基本构成	78
4.2.2 基本原理	79
4.3 电力线载波通信的工作模式与转接方式	81
4.3.1 工作模式	81
4.3.2 转接方式	82
4.4 电力线载波通信基本设备	85
4.4.1 电力载波机	85
4.4.2 结合滤波器	91
4.4.3 阻波器与耦合电容器	92
4.5 电力线载波通信的发展现状与前景	93
4.5.1 电力线载波通信的现状	93
4.5.2 电力线载波通信的进展	95
4.5.3 电力线载波通信的前景	100
习题	102
第5章 电力微波通信技术和卫星通信技术	103
5.1 电力无线通信技术概述与分类	103
5.2 电力微波通信技术	105
5.2.1 微波及其传播特性	105
5.2.2 微波通信技术特点	105
5.2.3 抗衰落技术	106
5.3 数字微波通信系统	107
5.3.1 数字微波通信技术的性能指标	107
5.3.2 微波收发信设备	108
5.3.3 数字微波通信的中继方式	111
5.3.4 数字微波通信的射频频率配置	111
5.4 电力卫星通信技术	114
5.5 电力卫星通信系统	115
5.5.1 卫星通信系统组成	115
5.5.2 卫星通信线路	115
习题	116

第6章 电力通信网络技术	117
6.1 电力通信网络技术概述	117
6.2 电力通信同步网	119
6.2.1 基本概念	119
6.2.2 数字通信网实现同步的必要性	119
6.2.3 同步网同步方式	120
6.2.4 同步网建网原则与时钟选择	121
6.2.5 同步网等级结构及构成	122
6.2.6 省级电力通信网	124
6.3 电力通信接入网	126
6.3.1 电力通信接入网概述	126
6.3.2 铜线接入技术	130
6.3.3 光纤接入网	132
6.3.4 无线接入网	134
6.3.5 电力通信接入网技术对比	138
6.3.6 电力通信接入网技术应用实例	139
6.4 电力通信骨干网	141
6.4.1 多业务传输平台 (MSTP) 技术	142
6.4.2 光传送网 (OTN) 技术	146
6.4.3 分组传送网 (PTN) 技术	149
6.4.4 自动交换光网络 (ASON) 技术	152
6.4.5 电力通信骨干网技术对比	154
6.4.6 电力通信骨干网技术应用实例	155
习题	158
第7章 发电厂/变电站的通信设施	159
7.1 发电厂/变电站的通信概述	159
7.1.1 发电厂通信	159
7.1.2 变电站通信	161
7.2 发电厂/变电站计算机光纤通信网	168
7.2.1 计算机网络的分类	168
7.2.2 厂站内光缆主干系统	168
7.2.3 厂站内光缆主干系统结构	168
7.2.4 厂站内光缆的综合布线特点	169
7.2.5 厂站内计算机网络通信设备	171
7.3 发电厂/变电站通信网络规约	172
7.3.1 变电站通信网络规约 IEC61850	172
7.3.2 远动设备及系统规约 IEC60870	178
习题	181

第8章 智能电网/能源互联网中的通信技术	182
8.1 概述	182
8.1.1 智能电网的定义和主要特征	182
8.1.2 能源互联网的定义和主要特征	183
8.1.3 智能电网/能源互联网中的信息通信	186
8.2 智能电网光通信网基本架构	189
8.2.1 智能电网与信息通信	189
8.2.2 光纤通信技术	189
8.2.3 智能电力传输网的网络结构	192
习题	193
第9章 电力通信与信息安全技术的展望	194
9.1 电力通信与信息安全技术的国内外现状比较	194
9.1.1 电力通信的基础与平台技术领域	194
9.1.2 电力通信共性技术领域	195
9.1.3 信息安全技术	197
9.2 电力通信与信息安全技术的需求与展望	199
9.3 电力通信与信息安全技术的发展重点	200
9.3.1 CPS 技术	200
9.3.2 相互依存网络技术	204
9.3.3 北斗卫星技术	206
习题	208
参考文献	209

第1章 电力系统通信技术概论

1.1 概述

电力通信是电力系统的重要组成部分，应用于电力系统的发电、变电、输电、配电、用电等各个环节。为了保证电力系统的安全、稳定、经济、可靠调度运行，电力系统各环节必须进行集中管理和统一调度，这更需要电力通信系统的高效配合。

随着我国社会经济水平和科学技术的不断提高，电力系统的规模与容量不断增大，而且正在大力促进智能电网建设，电力事业正向现代化方向迈进。电力通信作为自动化和现代化控制以及电力市场商业化等各方面的重要手段，在电力系统现代化进程中的作用日趋重要，既能保证电力系统的高自动化、安全和稳定、经济运行，又能对智能电网的构建与发展起到积极作用，甚至还决定着智能电网建设能否成功，极大地影响着我国电力事业的发展前景。因此，必须高度重视电力通信技术的进步与应用，将先进的电力通信系统与智能电网建设紧密结合，进一步满足电力事业发展的新需求，充分发挥电力通信技术在电力系统中的支撑作用。

电能是优质的二次能源，电力系统的稳定运行直接影响着国民经济和人民生活。电能具有产销同时、难以大规模储存等特性，而且电力工业所处的环境条件往往较为恶劣，伴随高电压、大电流和强电磁干扰，电力系统对通信调度就有了更加严格的要求。电力专用通信系统是支撑现代电网安全稳定运行的三大支柱之一，电力事业的现代化建设对电力通信提出了更高的要求，主要表现在三个方面：① 电力通信平台应拥有多样化功能。电力通信平台不但属于通信通道，而且还是智能电网的一个重要组成部分，因此必须具备多样化功能，以满足智能电网的多元化需求。此外，电力通信平台还应具有开放性，其网络架构不仅能实现设备间信息传输的互通性，而且能实现通信的标准化。② 在抵御攻击和保密性方面，电力通信应具有较高的可靠性，能够保证电力网络的安全运行。③ 电力通信的涉及范围更广，延伸至发电、变电、送电以及配电、用电等各类电网的末端。

在新能源方面，大规模新能源的预测调度和并网消纳都依赖于电力通信系统的实时性与准确性。因此，要制定电力通信的标准接口，实现新能源发电及并网信息的实时监测与流通。新能源并网后，电力通信系统需要对电能、电压、频率、功率和质量进行自动调节。在新能源的发电方面，电力通信系统需要有效地管理其启动、停止和功率控制等，以形成一套智能电网下新能源的管理系统。

在输电方面，大规模远距离输电、清洁能源输送以及电能跨地区配置优化是智能电网建设的重点，因此对输电线路的监控要求就更严格了，表现在：对输电线路进行监控时，应当采取合理的通信方式，全方位监控基础信息、运行管理、线路运行状态等。此外，还

需要融合统一和统筹处理不同机构的监测信息。

在变电方面,智能变电站是智能电网建设的基础。智能变电站的安全、可靠、自动化运行,要求电力通信系统充分利用先进的信息、传感、智能和控制技术,以智能化的一层设备、网络化的二层设备、规范化的信息平台为基础,实现全景实时监测、运行自动控制、智能调节等功能。

在配电方面,配电网络是电力网络的重要组成部分,可靠、灵活、高效是其网架的突出特点,配以高安全性、高可靠性的电力通信网络,将能达到故障发现与处理的自动化操作、满足储能元件和电源的高渗透性接入要求,大大提高电力供应效率。

电力通信技术处于电力行业和电信行业的交叉点,既要顺应电力行业的发展需求,又受电信技术发展的限制;既要借助于传统电信技术,又要结合电力系统的特点发挥自己独特的特色和优势。

我国电力通信技术的发展起源于20世纪初。20世纪40年代,电力载波通信开始在东北电网运行,电力载波通信是电力系统特有的通信方式,主要用于话音、保护和远动信息的传输;电力载波通信技术在20世纪70年代开始全面应用。目前,全国电力系统的光缆线路规模在不断扩大。为满足三峡工程送出、西电东送、南北互供以及全国跨区电网联网等对通信的需要,国家电网公司组织实施了三大光缆通信项目,建设跨大区电网的光通信干线。

由于光纤通信具有抗电磁干扰能力强、传输容量大、频带宽、传输衰耗小等诸多优点,电力行业发展光纤通信有着得天独厚的优势,利用高压输电线路,可架设地线复合光缆、无金属自承式光缆或缠绕式光缆等电力特种光缆。电力系统光纤通信已经得到广泛应用。

目前,电力通信方式已由以前较为单一的电缆载波通信和电力线载波通信向光纤通信、数字微波通信、卫星通信等多种通信方式并用的形式快速发展,由局部点线通信衍变为覆盖全国的干线通信。光纤、微波及卫星电路构成主干线,各支路充分利用电力线载波、特种光缆等电力系统特有的通信方式。电力通信技术的多种通信手段还和程控交换机、调度总机等设备共同构成了多用户、多功能的综合通信网,如全国电话网、移动电话网、数字数据网等。通信技术和计算机技术、控制技术、数字信号处理等技术的进步与相互结合是现代通信技术的典型标志。随着电力系统信息化的兴起,电力系统通信技术的发展趋势可概括为数字化、综合化、宽带化、网络化、智能化和个人化,具有可靠性和灵活性高、信息种类复杂、实时性强、耐冲性强、网络结构复杂、通信范围广等特点。未来电力通信的建设目标包括:语音、文字、数据、图像、多媒体合一的电力系统通信网和数据数字化、带宽化、智能化、个人化的综合业务网络。

电力系统通信网是国家专用通信网之一,是电力系统各个环节不可缺少的重要组成部分,是电网调度自动化、电网运营市场化和电网管理信息化的基础,是确保电力系统安全、稳定、经济运行的重要手段。高度的可靠性和实时性是电力系统通信网最重要的两个特征。电力系统通信网还具有其他特征,如用户分散、容量小、网络复杂等。电力通信网络本着服务电网的宗旨,紧密依靠电力系统的发展而建设。目前我国电力系统形成了以大型发电厂和中心城市为核心,以不同电压等级的输电线路为骨架的各大区、省级和地区的电力系统,因此电力通信网的现阶段发展重点是全国各大区域电力通信网互联建设和城市

电网、农村电网的改造配套的电力通信网络建设。

电力通信技术是现代智能电网所必须具备的关键技术之一。全国的智能电网的建设及发展都取决于信息通信技术的进步，信息通信技术是组成新时期智能电网电力系统的最为关键的部分。电力通信技术支撑着整个电网的信息交互，是实现电力传输高效性、可靠性和安全性的基础，是电力调度的“千里眼”和“顺风耳”，是电力系统安全稳定控制系统和调度自动化系统的基础，是实现电力系统现代化管理的前提。只有建起实时、高速、双向等高性能的信息通信系统，才能实现现代化电力事业的安全、可靠、快速发展。

1.2 通信、通信系统以及通信网的基本概念

1.2.1 通信

通信的目的是传送信息，即把信息源产生的信息快速、准确地传到收信者。最普遍、最典型的通信就是打电话，当甲拿起电话机拨完乙的电话号码后，电信局的交换机通过一系列的操作接通乙的电话机并振铃，在乙拿起电话机后，甲乙双方就可实现通信。现代通信的概念已远不只是简单的电话通信，而是要克服地理范围和不同环境的限制，利用多种通信终端传输各种各样的信息，如语音、文字、数据、图像、多媒体等，同时实现信息的大范围、大数据的共享。

1.2.2 通信系统

通信系统由信息发送者（信源）、信息接收者（信宿）和处理、传输信息的各种设备共同组成。图 1-1 是通信系统的基本组成模型。

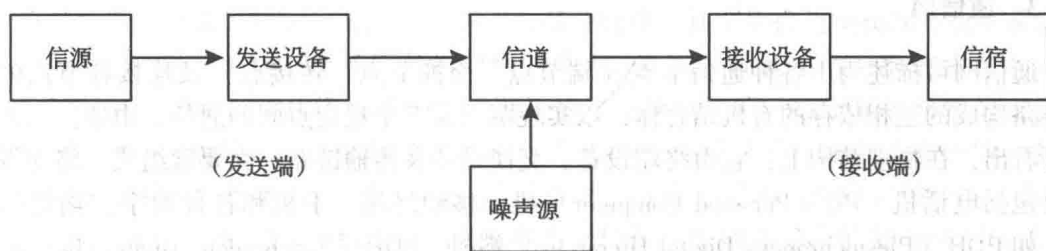


图 1-1 通信系统的组成模型

信源和信宿可以是人，也可以是机器设备（如计算机、传真机等）。信源发出的信号既可以是话音信号，也可以是数字、符号、图像等非语音信号。发送设备对信源发来的信息进行加工和处理，使之变换为适合于信道传输的形式，同时将信号的功率放大，再从信道发送出去。

信道是信息的传输媒体。从其物理特性来分，可将信道分为有线和无线两大类。现代的有线信道包括电缆和光缆；无线信道即无线电传输信道。不同的频段，利用不同性能的设备 and 配置方法，可组成不同的无线通信系统，如微波中继通信、卫星通信、移动通信等。不同的信道传输性能不同，传送的信号形式也不同。如频率在 0.3~3.4kHz 范围的话

音信号,通过常规的电缆信道可直接传输。若用光缆传送,则必须将话音信号变换为光信号。若用微波传送,则需要对话音信号进行调制,将信号频谱搬移到微波系统的射频频段上去。发送设备对信源信息进行加工和处理,其目的就是完成上述相关的变换。

信号传输一般都要经过很长的距离,无论是有线还是无线信道,都会使信号能量逐渐衰减。因此,发送设备中一般都包含功率放大器,将发送信号的信号功率放大到适当水平,从而使发送信号沿信道衰减后,接收设备仍能接收到足够强度的信号。在传输信号的同时,自然界存在的各种干扰噪声也同时作用在信道上。这里的噪声主要是各种电磁现象引起的干扰脉冲,如雷电、电晕、电弧等,另外还有邻近、邻频的其他信道的干扰。干扰噪声对信号的传输质量影响很大,如果噪声过强而又没有有效的抗干扰措施,轻则使信号产生失真,重则出错,甚至将有效信号完全淹没掉。正因为如此,接收设备除了应对接收到的信号进行与发送设备的信号加工过程相反的变换以外,还应具有强大的干扰抑制能力,能有效地去除噪声,抑制干扰,准确地恢复原始信号。

图 1-1 只是一个单向的点对点通信系统模型。实际上大多数通信系统都是双向的,即两端都有信源和信宿,这就需要在两端都设置发送、接收设备。为了实现多点间的通信,则需要利用交换设备、网络连接设备将多个双向系统连接在一起。

综上所述,通信系统可解释为从信息源节点(信源)到信息终节点(信宿)之间完成信息传送全过程的机、线设备的总体,包括通信终端设备及连接设备之间的传输线所构成的有机体系。

现代通信是数字通信与计算机技术的结合。在数字通信系统中融合了计算机硬、软件技术的系统即为现代通信系统。如 SDH 光同步传输系统出现后,在光纤传输设备中由 CPU 进行数据运算处理,并以管理比特用计算机进行监控与管理,就构成了现代通信系统。

1.2.3 通信网

通信网可描述为由各种通信节点(端节点、交换节点、转接点)及连接各节点的传输链路构成的互相依存的有机结合体,以实现两点及多个规定点间的通信。由通信网的定义可看出,在物理结构上,它由终端设备、交换设备及传输链路三大要素组成。终端设备主要包括电话机、PC(Personal Computer)机、移动终端、手机和各种数字传输终端设备,如 PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy)端机、SDH(Synchronous Digital Hierarchy)光端机等。交换节点包括程控交换机、分组交换机、ATM(Asynchronous Transfer Mode)交换机、移动交换机、路由器、集线器、网关、交叉连接设备,等。传输链路即为各种传输信道,如电缆信道、光缆信道、微波信道、卫星信道及其他无线传输信道等。通信网构成示意图如图 1-2 所示。

现代通信网已实现了数字化,并引入了大量的计算机硬、软件技术,使通信网越来越综合化、智能化,把通信网推向了一个新时代,即现代通信网。现代通信网具有更多样化的功能,适用范围更广,为不断满足人们日益增长的物质文化生活的需要提供了更好的服务平台。人们目前经常谈及的通信网、电话网、数据网、计算机网、移动通信网等都属于现代通信网,也可简称通信网。

电力通信网是以光纤、微波及卫星电路构成的主干线,各支路充分利用电力线载波、

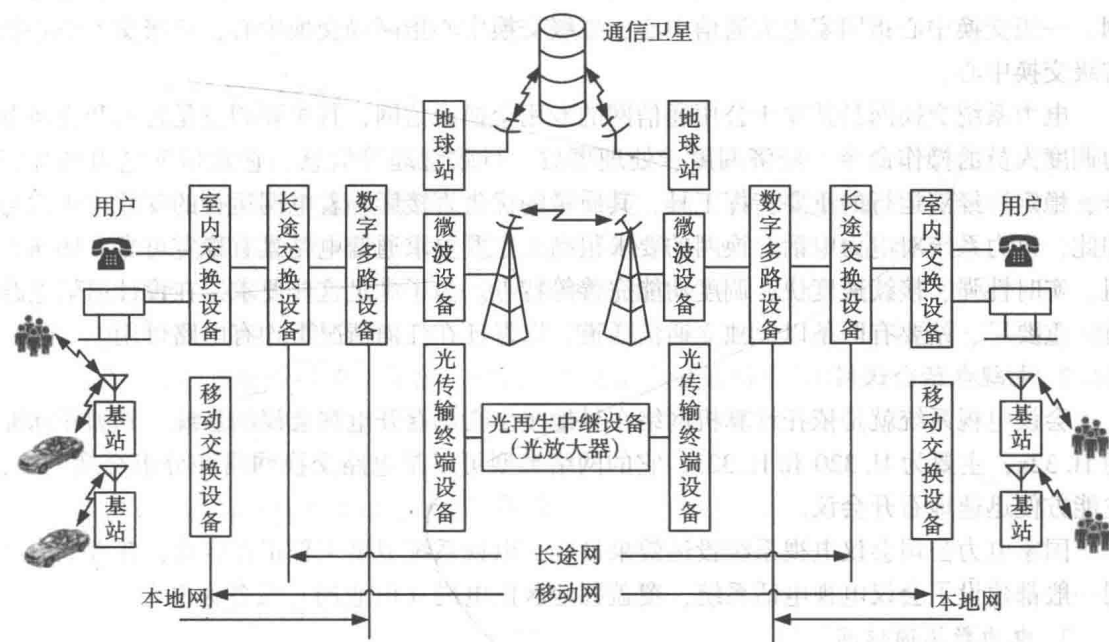


图 1-2 通信网构成示意图

特种光缆等电力系统特有的通信方式，并采用明缆、电缆、无线等多种通信手段及程控交换机、调度总机等设备组成多用户、多功能的综合通信网。电力通信网可以传送电力系统远动、保护、负荷控制、调度自动化等运行、控制信息，保障电网的安全、经济运行，传输各种生产指挥和企业管理信息，为电力系统的现代化提供高速率、高可靠的信息传输网络。

电力通信网主要由传输、交换、终端三大部分组成。其中传输与交换部分组成通信网络，传输部分为网络的线，交换设备为网络的节点。我国目前常见的交换方式有电路交换、分组交换、ATM 异步传送模式和帧中继。传输系统以光纤、数字微波传输为主，卫星、电力线载波、电缆、移动通信等多种通信方式并存，实现了对除台湾省外所有其他省、自治区、直辖市的覆盖，承载的业务涉及语音、数据、远动、继电保护、电力监控、移动通信等领域。目前电力通信主干网络基本上呈树形与星形相结合的复合型网络结构。电力通信网按业务的种类分为：电话及传真网、数据通信网、图像通信网、可视电视电话网。按服务区域范围分为：本地通信网、长途通信网、移动通信网。电力系统通信网中常见的通信网络有电力电话交换网、电力数据通信网、电视电话会议网。

1. 电力电话交换网

电话通信网是进行交互型话音通信、开放电话业务的电信网，简称电话网。它是一种电信业务量最大、服务面积最广的专业网，可兼容其他许多种非话业务网，是电信网的基本形式和基础，包括本地电话网、长途电话网和国际电话网。

电话网采用电话交换方式，主要由发送和接收电话信号的用户终端设备、进行电路交换的交换设备、连接用户终端和交换设备的线路和交换设备之间的链路组成。

我国电力电话网由三级长途交换中心和一级本地网端局组成四级结构。其中一、二、

三级长途交换中心构成长途电话网,由本地网端局和按需要设置的汇接局组成本地电话网。一级交换中心指国家电力通信中心,二级交换中心指网局交换中心,三级交换中心指省级交换中心。

电力系统交换网是独立于公用通信网的专用交换通信网,其主要职责是传输和交换电力调度人员的操作命令、经济调度、处理事故、行政管理等信息。它是指挥电力系统安全、稳定、经济运行的重要指挥工具,其质量的优劣直接影响着电网运行的安危。正因为如此,电力系统对电力电话交换网的要求很高,主要要求通信电路具有稳定可靠、畅通无阻、实时性强、接续速度快、调度功能完善等特点。为了满足这些要求,在设计通信电路时,重要厂、站要有两条以上独立通信通道,以保证在任何情况下均有电路可用。

2. 电视电话会议网

会议电视系统就是依托计算机网络在异地多个会场召开电视会议的系统。其国际标准为 H. 32x, 主要为 H. 320 和 H. 323, 它的网络类型可以是电路交换网络和分组交换网络, 它能方便迅速地召开会议。

国家电力公司会议电视系统投运效果良好,电视系统卫星工程正在启动,各省电力公司一般都建设了会议电视电话系统,覆盖各地区供电局(电业局)及各大电厂。

3. 电力数据通信网

(1) 国家电力数据通信网

国家电力数据通信网是电力通信网的重要业务网络之一,是国家电网公司系统内各种计算机应用系统实现网络化的公共平台,是实现国家电力公司信息化的基础。

国家电力数据通信网络承载的主要业务有:企业管理信息及办公自动化(含 DMIS、通信 MIS 等)、电力市场信息发布、IP 会议电视(会议电视、远程教育、视频监视、协同工作等)、网络通用业务(WEB 浏览、EMAIL、文件传输、GIS、电子商务等)、IP 电话及 IP 电话会议系统和通信网网管数据通信通道(Data Communication Channel, DCN)的备用传输。国家电力数据通信网的建成,形成了电力专用通信网 IP 业务的综合平台。

(2) 国家电力调度数据网

为了确保各调度中心之间以及调度中心与厂站之间计算机监控系统等实时数据通信的可靠性和安全性,依照国家关于电网和电厂网络安全防护的相关规定,建设全国性的统一国家电力调度数据网,按照“统一规划设计、统一技术体制、统一理由策略、统一组织实施”的原则进行网络工程建设。

国家电力调度数据网的骨干网核心层由国调、6 个网调、四川、三峡等 9 个节点组成;汇聚层由除四川以外的 29 个省调节点组成;接入层由各接入厂站及调度中心业务网组成。调度数据网承载的业务主要有以下两类:① 实时监控业务,包括能量管理系统(Energy Management System, EMS)与远程终端单元(Remote Terminal Unit, RTU)或变电站自动化系统的实时数据、EMS 之间交换的实时数据、水调自动化数据、实时电力市场辅助控制信息以及电力系统动态测量数据;② 调度生产直接相关业务,包括发电及联络线交换计划、联络线考核、调度票、操作票、检修票、调度生产运行报表(日报、月报、季报)、电能量计量计费信息、故障录波、保护和安全自动装置有关管理数据以及电力市场申报数据和交易计划数据。

(3) 网省公司电力数据通信网

全国电力大部分网、省公司建设了数据通信网，这些数据通信网络的主要覆盖范围是网省公司直属供电公司、所管辖的电厂和变电所。

1.2.4 通信系统与通信网的关系

以上对通信系统和通信网的描述中，已经明显突出了两种概念及它们之间的密切关系。用通信系统来构架，通信网即为通信系统的集，或者说是各种通信系统的综合，通信网是各种通信系统综合应用的产物。通信网源于通信系统，又高于通信系统。但是不论网的种类、功能、技术如何复杂，从物理上的硬件设施分析，通信系统是各种网不可缺少的物质基础，这是一种自然发展规律，没有线即不能成网。因此，通信网是通信系统发展的必然结果。通信系统可以独立存在，然而一个通信网是通信系统的扩充，是多节点各通信系统的综合，通信网不能离开系统而单独存在。

1.3 电力通信技术的现状与分类

1.3.1 电力通信技术的现状

信息通信技术的应用经历了漫长的发展阶段。至此，人类的信息传递走向了以电信号为载体的通信新时代。现代信息通信技术的发展分为三个阶段：初级通信阶段、近代通信阶段、现代通信阶段。20 世纪 80 年代，信息通信技术的发展促进了公众通信业务的成熟。各大移动公司相继开通以数字网络为基础的公用业务、个人综合通信业务等。并且网络体系结构的国际化标准约定了个人计算机和计算机局域网的使用标准和范畴，同时国际互联网也得到了极大的发展。

电力信息通信技术是实现电力系统“智能自动化”的根基，并且贯穿于发输电、变配电、用电和调度等多个环节之中。在我国电力行业中，电力通信的历史悠久，它是构建现代化电力系统的重要组成部分，电力通信系统由发电厂、电力部门、变电站等传输系统、交换系统、终端设备等要素组合而成，也是电网能够有效运行的指挥中枢。我国电力通信事业主要经历了五个发展阶段，即从同轴电缆到光纤传输、从纵横模式到程控模式的交换机制转变、从硬件到软件的技术转变、从定点通信到移动通信、从模拟网到数字通信网。

现代电力通信技术使电网的电力信息交换更加快捷，使整个电网的运作更加高效、经济和安全。目前，以数字微波为干线、覆盖全国的电力网络已初步形成，光纤通信、卫星通信、移动通信、数字程控交换以及数字数据网等新兴的通信技术也获得了相当水平的应用。

美国国家标准与技术研究所（National Institute of Standards and Technology, NIST）提出了智能电网互操作性技术框架及路线图，对电力信息通信技术有较多的整体要求：① 在网络的用户之间提供双向通信，用户指区域城市市场管理者、公共事业机构等；② 允许电力系统运行管理者监视他们自己的系统和相邻系统，保证能源更可靠地分配和输送；③ 协调和整合技术系统，例如可再生能源、需求侧响应、电能贮藏装置和电力交通运输系统；④ 确保电网和通信网的安全。

国家电网公司提出构建新一代电力信息通信 (Information and Communication Technology, ICT) 网络的战略构想, 要求电力系统中的信息业务综合性更强, 同时对通信方式、安全可靠性等方面也提出了新的要求。电力通信网也随着信息通信技术在智能电网中应用步伐的加快而加速建设。电力通信网是建立在电网之上的组成电力系统的另外一个实体网络, 通过全网络的电网运营和信息化的网络管理来保证电网的稳定安全运行。电力通信网是国家的专用通信网络之一, 全国的电力通信网以光纤传输和微波传输为主, 还有少量的电力线载波传输、卫星通信传输、无线传输等通信方式。电力通信网承载的主要业务包括数据传输、调度通信、电力系统的继电保护等。电力通信网的主要构架是: 骨干通信网覆盖所有区域的电网, 终端通信接入网管理局域的小部分电网, 并接入骨干通信网中四级通信网络 (跨区通信网、区域通信网、省地市通信网), 共同组成骨干通信网, 基本上都是 35kV 及以上的电网。多角度、多需求及个性化的通信要求等通信业务的发展促进了通信网络更加兴盛的发展势头。移动通信的应用、机密数据传输、高清视频等新兴业务成为通信技术创新的动力。随着通信技术的不断发展和在电力系统中的广泛应用, 电力信息通信将进入一个迅猛发展的新时期。

1.3.2 电力通信技术的分类

电力系统通信技术主要包括以下几种接入电网技术: 电力线载波通信技术、光纤通信技术、无线通信技术、现代交换技术、现代通信网技术和接入电网技术等。

1. 电力线载波通信技术

电力线载波通信 (Power Line Carrier Communication, PLCC) 是利用高压输电线作为传输通路的载波通信方式, 用于电力系统的调度通信、远动、保护、生产指挥、行政业务通信及各种信息传输。电力线路是为输送 50Hz 强电设计的, 线路衰减小, 机械强度高, 传输可靠, 电力线载波通信复用电力线路进行通信, 不需要通信线路建设的基建投资和日常维护费用, 是电力系统特有的通信方式。

根据传输信号时所使用的电力线电压等级不同, 可将电力线载波通信分为输电线载波通信、配电线载波通信和低压配电线载波通信等。输电线载波通信 (Transmission Line Carrier, TLC) 是指通信信号使用 110kV 及以上的高压电力线来传输的通信方式。配电线载波通信 (Distribution Line Carrier, DLC) 是指通过配电网电力线传输信号的一种通信方式, 实现配电线载波通信的电力系统广泛应用了配电网的监测控制功能、远程读表功能和负荷控制功能。低压配电线载波通信 (Low Voltage Line Carrier, LVLC) 是指在低压电网中, 通过低压配电网的电力线传输信号的通信方式, 我国直接从国外引入了该低压配电线载波通信技术, 但由于低压电网上存在的较大干扰严重影响了载波通信的质量和效率, 而未能大范围推广。我国电网的情况是, 500kV 和 220kV 电缆线路上的继电保护通道的通信通常采用电力线载波通信方式。

PLCC 的广泛应用, 主要因为该通信方式是建立在已有的电力网之上, 不需要再次构建通信网络就可进行信息的传输。其具体优点包括: ① 我国的电力传输网络覆盖面积广, 建立于其上的电力载波通信的应用范围也非常广泛, 并且经济快速、安全可靠; ② 电力线载波通信技术已发展数年, 其应用十分广泛, 与之相应的技术标准和管理规程也是完备的; ③ 电力线载波技术的发展也促进了从事该技术研发企业的发展, 如深圳力合、青岛