

周 亚 联

电力线载波通信技术问答

52

北京电力出版社

电力线载波通信技术问答

周亚联

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 12.5印张 202千字

1986年11月第一版 1986年11月北京第一次印刷

印数0001—4170册 定价2.20元

书号 15143·5995



内 容 提 要

本书总结了作者二十多年来从事电力线载波通信工作的实际经验(其中包括现场岗位培训经验)。内容主要包括专业基础, 电路原理, 电力载波设备, 高频通道, 主要技术指标, 调整测试方法, 故障分析处理和事故应急抢通等。对于有关的通信基本概念, 也作了简略介绍。

本书在编写过程中, 力求从生产实际出发, 注意到选题的广泛性、普及性及实用性。文字叙述深入浅出、通俗易懂, 是培训青年工人和进行自学的一本较好教材。

本书可供从事电力线载波通信、高频保护、远动专业的工人(特别是青年工人)、技术人员阅读。也可供现场对青工培训、技术考核时参考。

前 言

电力线载波通信是通信技术领域的一个重要分支。它具有高度的可靠性和经济性，是电力系统特有的通信方式。国内外都在普遍应用。

早在四十年代，我国就开始使用日式电力载波机。新中国成立以后，我国从苏联、捷克斯洛伐克、民主德国等东欧国家相继引进一批电力载波设备。同时，国内开展了对电力载波设备的研究工作。到六十年代，我国自己生产的电子管式的单边带电力载波机已达到了相当高的水平。自七十年代以来，由于电子器件的发展，我国陆续生产了 ZDD 系列和 ZJ 系列的晶体管载波设备。近年来，随着我国电力事业的发展，新一代电力载波设备已经应运而生。据不完全统计，全国已有数以万计的载波设备投入电力系统，用于 35、66、110、220、330、500kV 等不同电压等级的电力线路，逐步形成各省、大区（跨省）、以及地区的电力线载波通信网。目前，电力线载波通信不仅用于电力系统的调度通信、生产指挥通信，而且将越来越多地用于远距离控制（测量、信号）、继电保护和自动化等重要信息的传输，成为电力系统不可缺少的组成部分，对实现电力系统的安全、经济和现代化起了重要的作用。

本书根据我国电力载波通信事业的发展需要，针对科学技术更新换代、青年工人日益增多、人员技术水平不高的特点，总结了二十多年来的实际经验，比较全面地叙述了电力

线载波通信的基本理论和实践经验。内容主要包括专业基础、电路原理、载波设备、高频通道、技术指标、调整测试、故障分析和事故应急抢通等。书中所论述的问题，尽量结合现场实际，尽可能做到数据充分，说理清楚，概念明确，便于现场直接运用。本书对通信技术领域正在发展的新的通信方式，例如数字通信、相分裂导线通信、绝缘架空地线通信等基本知识也作了粗略介绍。本书可作为从事电力系统通信、继电保护、远动等专业的技术人员(特别是青年工人)阅读。也可供有关专业的干部、工程技术人员和技术工人参考。

本书经孙德夫工程师全面审阅。在编写过程中，还得到沈阳电业局的领导和同志们的大力帮助，在此一并致谢。限于编者水平，文中缺点、错误之处一定不少，欢迎广大读者批评指正。

编 者

85.4.北京

目 录

第一章 专 业 基 础

电 路

- 1-1 什么是电路? 它在电力系统中主要起什么作用? (1)
- 1-2 什么是电流? 它的正方向是怎样规定的? (1)
- 1-3 什么是电阻? 它与温度有没有关系? (2)
- 1-4 什么是电功和电功率? 怎样理解 $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ 中 P 与 R 的关系? (3)
- 1-5 什么是欧姆定律? (4)
- 1-6 什么是线性电阻和非线性电阻? (5)
- 1-7 什么叫短路? 怎样保证电流超过允许值时不损坏设备? (6)
- 1-8 什么是电阻的串、并联? 试计算图1-4的并联电阻值? (6)
- 1-9 用万用表“欧姆”档测量二极管极性时,在测得阻值较小的情况下,为什么黑棒指“正”、红棒指“负”? (8)
- 1-10 “毫安表也可用来测量电路电压”。这句话对不对? (8)
- 1-11 什么是电位? 怎样计算? (8)
- 1-12 同一电路中若参考点不同,对任一点电位和任意两点间的电压会有影响吗? (9)

- 1-13 怎样测定蓄电池的内阻? (10)
- 1-14 在图1-7电路中, 整流二极管 D_1 、 D_2 最大整流电流为 300mA, 最高反向工作电压为 200V, 并联运用于最大整流电流为500mA的电路中, 假如二极管正向电阻 $R_{D1} = 0.2 \Omega$ 、 $R_{D2} = 0.8 \Omega$, 试问这样运用有没有问题? 怎么办? (10)
- 1-15 同上题元件, 在图1-8(a)所示电路中, 整流二极管 D_1 、 D_2 串联运用于反向电压为 300V的电路中, 由于元件差异, D_1 、 D_2 的反向电阻分别为 $R_{反1} = 1.0 M\Omega$ 、 $R_{反2} = 4.0 M\Omega$, 这样运用有没有问题? 怎么办? (12)
- 1-16 图 1-9 为测试电缆接地故障的简易电路, 若 $R_M/R_N = 1.5$ 时电桥平衡, A 、 B 间距为5.0 km, 求 P 点距 A 多远? (13)
- 1-17 什么是支路、节点、回路? (14)
- 1-18 基尔霍夫定律的基本内容是什么? (15)
- 1-19 什么是理想定压源和理想定流源? 怎样变换? (15)
- 1-20 什么是叠加原理? (17)
- 1-21 什么是戴维南定理? (19)
- 1-22 什么是电容器? 它有哪些类型? (20)
- 1-23 电容器的型号和额定参数是怎样规定的? (22)
- 1-24 电解电容器的极性为何不能接反? (24)
- 1-25 什么叫电感? 空心圆柱形线圈的电感与哪些因素有关? (24)
- 1-26 什么是正弦交流电? 它的三要素是什么? (26)
- 1-27 什么是交流电的瞬时值、最大值和有效值? (27)
- 1-28 什么是容抗? 为什么 $x_c \neq \frac{u}{i}$? (28)

- 1-29 什么是感抗? 为什么 $x_L \propto \frac{u}{i}$? (29)
- 1-30 元件 R 、 L 、 C 在交流电路中作用有何
不同? (30)
- 1-31 什么叫串联谐振? 有何特征? (30)
- 1-32 什么是并联谐振? 有何特征? (32)
- 1-33 什么叫电流谐振曲线? 怎样理解谐振回路的
通频带? (33)
- 1-34 在图1-21(a)所示电路中, 已知 $R = 2.5\Omega$,
 $L = 25\mu\text{H}$, $C = 400\text{pF}$, $R_i = 25\text{k}\Omega$ 。1) 求
电路品质因数 Q 、通频带 $2\Delta f$; 2) 如果电源
内阻 R_i 增大, 对通频带有没有影响? (34)
- 1-35 在 $R-L-C$ 串联谐振电路中发生谐振, 如
分别改变 R 、 L 、 C 值, 电路性质会不会改变? (35)
- 1-36 如图1-22所示电路中, 试问: 1) 电源频率
比谐振频率增高或降低时, 电路性质有无
变化? 2) 如电路已经谐振, 改变 R 、 L 、
 C 值电路性质会不会改变? (36)
- 1-37 什么叫压电效应? 压电效应的原理是什么? (36)
- 电真空器件和半导体器件**
- 1-38 什么叫真空管、充气管? (38)
- 1-39 电子管有哪些种类? 怎样分类? (38)
- 1-40 什么是真空二极管? (40)
- 1-41 什么是真空二极管的直流内阻和交流内阻? (41)
- 1-42 真空二极管有哪些主要参数? (42)
- 1-43 什么是真空三极管? 怎样理解栅极的控制
作用? (43)
- 1-44 试说明真空三极管的静态参数 R_i 、 S 和 μ ? (44)
- 1-45 试说明放大系数 μ 的物理意义和电子管的内
部方程式? (46)

1-46	真空三极管存在哪些主要缺点?	(47)
1-47	在真空三极管中加入帘栅极后会有什么 好处?	(48)
1-48	五极管有哪些类型?	(49)
1-49	使用电子管应注意什么问题?	(50)
1-50	硅稳压二极管的特性怎样?	(51)
1-51	什么是半导体? 半导体二极管的伏安特性曲 线怎样?	(53)
1-52	晶体三极管放大电路有几种基本的连接 方式?	(54)
1-53	晶体管有哪些主要参数?	(57)
1-54	怎样用万用表对晶体管进行简单的检测和 判别?	(60)
1-55	半导体器件的型号是怎样命名的?	(61)
1-56	使用晶体管应注意哪些问题?	(63)
	变量器和网络特性	
1-57	什么是通信变量器?	(63)
1-58	什么是理想变压器?	(64)
1-59	什么是二端网络?	(65)
1-60	怎样确定三个电抗元件二端网络的阻抗频率 特性?	(67)
1-61	三个电抗元件可组成几种二端网络? 列表说 明其阻抗、谐频及阻抗特性曲线?	(68)
1-62	什么是四端网络?	(70)
1-63	什么是四端网络的特性阻抗?	(70)
1-64	什么是衰耗器? 它在电力载波机中起什么 作用?	(71)
1-65	常用衰耗器有几种基本电路?	(71)
1-66	图1-54中T型衰耗器的特性阻抗和当2-2'端 接入600 Ω 负载时,1-1'端输入阻抗多大?	(73)

- 1-67 什么叫滤波器? 为什么电抗元件具有滤波作用? (73)
- 1-68 阻抗匹配是怎么回事? (75)
- 1-69 什么是反射系数? (76)
- 1-70 怎样理解反射衰耗的概念? (78)
- 1-71 什么叫回波衰耗? 怎样和反射衰耗相区别? (79)
- 1-72 怎样区分固有衰耗、工作衰耗、介入衰耗和传输衰耗的概念? (81)

第二章 基 本 概 念

制 式

- 2-1 什么叫通信? (85)
- 2-2 通信在电力系统中的地位和作用怎样? (86)
- 2-3 电力系统主要有哪些通信方式? (88)
- 2-4 什么是模拟通信和数字通信? 它们各有哪些调制方式? (90)
- 2-5 试述频分制的基本概念? (91)
- 2-6 试通过调幅波的分析, 正确区分单边带制和双边带制? (92)
- 2-7 试说明单边带制已调波的波形? (94)
- 2-8 试比较单边带制和双边带制的优缺点? (95)
- 2-9 试述时分制多路通信的基本概念? (97)

电力线路的“复用”

- 2-10 什么叫电力线路的“复用”? (101)
- 2-11 怎样“复用”电力线路? (101)
- 2-12 电力线载波通信有哪些优、缺点? (103)
- 2-13 试述电力线的架空绝缘地线通信与电力线载波通信比较, 有哪些优、缺点? (103)
- 2-14 为什么要采用相分裂导线通信? 什么是相分裂导线通信? (105)

- 2-15 怎样实现电力载波设备和二分裂导线的耦合?
..... (105)

电 平

- 2-16 通信领域中为什么要采用电平制? (106)
- 2-17 电平制中关于奈贝表示法的绝对功率(电压)电平和相对功率(电压)电平是怎样规定的? (107)
- 2-18 在进行传输电平测量中,怎样进行功率电平和电压电平的换算? (109)
- 2-19 电平表的输入阻抗与测试点特性阻抗不相等时,功率电平应如何修正? (110)
- 2-20 什么是电平制的分贝表示法? (112)
- 2-21 电平单位dBm和dBr是什么意思?它们之间的关系怎样? (112)
- 2-22 什么是零相对电平参考点和折算电平? (113)

第三章 载波电路基础

放大与振荡

- 3-1 放大器能起什么作用?对它有什么基本要求? (115)
- 3-2 指出图3-1所示电路中各元件的主要作用? (115)
- 3-3 什么是反馈? (116)
- 3-4 什么是正反馈和负反馈?它们各有什么用途? (117)
- 3-5 分析图3-3(a)所示负反馈放大器的电路性质?并画出它的交流等效电路? (117)
- 3-6 为什么图3-4(a)是电压并联型负反馈放大电路? (118)

- 3-7 在图3-5(a)中, 如 $C_e = 100\text{pF}$, 问此电路有什么特点? (119)
- 3-8 为什么图3-6所示放大器电路具有修正频率特性的作用? (120)
- 3-9 什么是射极输出器? 它有什么特点? (121)
- 3-10 为什么有的负反馈放大器会产生自激振荡? 怎样抑制? (122)
- 3-11 试述电容反馈振荡器的原理? 怎样克服其缺点? (123)
- 3-12 通常说的频率准确度和频率稳定度是什么意义? (125)
- 3-13 石英晶体为什么能组成振荡器? (125)
- 3-14 分析图3-11(a)所示石英晶体振荡器的振荡频率? (127)
- 3-15 分析图3-12所示电路产生振荡的基本原理? (128)
- 3-16 怎样构成RC振荡电路? (129)
- 3-17 国产电力载波机目前使用的石英晶体技术条件是什么? (130)

限幅器与压缩、扩张器

- 3-18 在电力载波机中为什么要采用限幅器? (131)
- 3-19 一般电力载波机的限幅电路之前, 为什么要插入一只高通滤波器? (131)
- 3-20 二极管并联限幅器是怎样限幅的? (132)
- 3-21 为什么在电力载波机中常采用桥T型二极管限幅电路? (133)
- 3-22 在电力载波机中, 话音信号的动态范围为什么要进行压缩? (134)
- 3-23 什么是压缩器? (136)

- 3-24 什么是扩张器? (137)
- 3-25 压缩器和扩张器在电力载波通道中是怎样改善信号杂音比的? (138)
- 3-26 压缩器有哪些基本的技术要求? (139)
- 3-27 扩张器有哪些基本的技术要求? (140)

差接系统和其它部件

- 3-28 差接系统有什么特点? 具体应用在哪些地方? ... (141)
- 3-29 画出变压器型差接系统电路并指出理想条件下的各端衰耗? (142)
- 3-30 画出桥T型差接网络的电路并指出它的各端衰耗? (143)
- 3-31 自动电平调节系统的基本功能是什么? (143)
- 3-32 对自动电平调节系统有哪些基本要求? (144)
- 3-33 ZDD-5型电力载波机自动电平调节系统的技术要求是什么? 运行中怎样调整? (145)
- 3-34 环形调制器有什么特点? (146)
- 3-35 什么是晶体三极管平衡调制器? (147)

第四章 逻辑电路

二 进 制 数

- 4-1 什么是二进制数? (149)
- 4-2 什么是二进制加法的基本规则? 怎样运算? (149)
- 4-3 什么是二进制乘法的基本规则? 怎样运算? (150)
- 4-4 怎样把十进制数转换为二进制数? (150)
- 4-5 怎样把二进制数转换为十进制数? (151)
- 4-6 二进制数有什么优点? (152)

逻辑电路

- 4-7 什么是“与”门? (152)
- 4-8 什么是“或”门? (153)

- 4-9 怎样由“与”(“或”)运算公式找出“或”
 (“与”)运算公式? (154)
- 4-10 什么是“非”门? (154)
- 4-11 什么是“与非”门? (155)
- 4-12 什么是“或非”门? (155)
- 4-13 怎样区分“正”逻辑和“负”逻辑? (155)
- 4-14 为什么二极管具有钳位作用? (156)

逻辑单元电路

- 4-15 什么是微分电路? (157)
- 4-16 耦合电路和微分电路有什么区别? (158)
- 4-17 什么是积分电路? (159)
- 4-18 双稳态触发器是怎样工作的? (160)
- 4-19 什么是单稳态触发器? (161)
- 4-20 指明图4-14属于什么电路并说明基本工作原理? (163)
- 4-21 简要说明图4-15(α)时延电路的基本原理? (164)
- 4-22 国产电力载波机自动交换系统的服务信号是怎样考虑的? (165)
- 4-23 电力载波机自动盘电路中为什么要有脉冲校正电路? (166)
- 4-24 图4-16所示电路中,继电器线圈 J 并联的二极管 D 作用是什么? (166)

继电器

- 4-25 对继电器的接点有什么要求? (167)
- 4-26 什么是线圈的安匝? (168)
- 4-27 常闭继电器的额定工作电压60V,耗散功率3W,要求动作安匝数为200。如线圈损坏,

手中有如下三种规格的继电器线圈:

I. 10000匝 直流电阻2000 Ω ;

II. 1500匝 直流电阻600 Ω ;

III. 3000匝 直流电阻1200 Ω 。

问哪一种能代用? (168)

4-28 利用铜环法为什么能使继电器迟缓动作? (169)

4-29 通过附加电路的方法能不能控制继电器迟缓
动作? (170)

4-30 什么是热偶继电器? (171)

4-31 在开、合具有电感的继电器接点回路为什么
会产生电火花? (172)

4-32 阻容元件串接为什么能消火花? (172)

4-33 压敏电阻和二极管元件怎样组成消火花
电路? (173)

第五章 载波设备 整 机

5-1 电力载波通信设备有什么特点? (175)

5-2 国际电工委员会(以下均简称IEC)对单边带
电力载波机的运用条件是怎样规定的? (176)

5-3 什么叫标称收信电平? 电力载波机的标称收
信电平一般是怎样确定的? (176)

5-4 什么叫标称发信电平? 电力载波机标称发信
电平是怎样确定的? (177)

5-5 为什么ZDD-5型电力载波机发信(外线)铃
频信号电平比800Hz话音信号电平低13dB?
..... (179)

5-6 ZDD-5型电力载波机外线发信导频电平为什
么比话音频标称发信电平低13dB? (179)

- 5-7 ZDD-5型电力载波机发信(外线)的远动信号电平应怎样确定? (180)
- 5-8 怎样正确理解电力载波机的线路频谱? (181)
- 5-9 电力载波机的收、发频谱之间为什么要有一定的频率间隔? (182)
- 5-10 电力载波机的并机运用有哪些基本要求? (183)
- 5-11 ZDD-5型电力载波机最大不失真输出电平是怎样考虑的? (185)
- 5-12 ZDD-5型电力载波机复用远动信号后应怎样压低话音信号的标称电平值? (187)
- 5-13 单边带电力载波机为什么要采用对方导频作第二反调源? (190)

串杂音和防卫度

- 5-14 信杂比和杂音防卫度是不是一回事? (191)
- 5-15 试说明单边带电力载波机二线端杂音电压小于2mV的来历? (192)
- 5-16 为什么ZDD-5型电力载波机高频收信带通滤波器的阻带防卫度要求大于86.8dB? (193)
- 5-17 载波机发信高频带通滤波器的阻带防卫度要求可否比收信高频带通滤波器低? (194)
- 5-18 载波机中话音能否串扰远动通路? (195)
- 5-19 在一个传输方向上话音信号会不会串扰导频系统? (195)
- 5-20 导频发信支路是否存在串扰因素? (196)
- 5-21 在载波机接收支路的串扰电平有什么低限要求? (197)
- 5-22 如图5-4所示频率间隔的A机和B机并机, 会不会发生相互串扰影响? (198)

- 5-23 在安排载波机收、发频谱间隔时应注意什么问题? (199)

第六章 电力线载波通道

耦合电容器

- 6-1 通道结合设备主要包括哪些部件? 有什么基本要求? (202)
- 6-2 怎样识别耦合电容器? (203)
- 6-3 国产OY系列耦合电容器有哪几种型号? (203)
- 6-4 为什么结合设备要安装接地刀闸? 操作时应注意什么问题? (204)
- 6-5 在耦合电容器下部工作为什么要进行保护性接地? (205)
- 6-6 耦合电容器在运行中会不会发生爆炸? (206)
- 6-7 OY系列耦合电容器的构造怎样? 有哪些主要技术参数? (207)
- 6-8 通信运行人员巡视耦合电容器要注意检查什么问题? (208)
- 6-9 电力载波通道故障时, 怎样检查耦合电容器? (209)

结合滤波器

- 6-10 什么叫结合滤波器? 它是怎样组成的? 各起什么作用? (210)
- 6-11 怎样对变压器型带通式结合滤波器进行等效变换? (211)
- 6-12 试扼要分析计算JL型结合滤波器的元件参数? (213)
- 6-13 当要求回波损耗为12dB时, 如果电力线(相一