

464030

73.4616
RDD

脉码调制无线通信

[日] 日本电报电话公司

龚恩邨 译
苏志安 校

中国铁道出版社

脉 码 调 制
无 线 通 信

苏志安 校

中 国 铁 道 出 版 社

1987年·北京

内 容 简 介

本书是日本电报电话公司为培训从事无线数字通信工作的初中级技术人员而编写的教材。

本书的重点放在脉冲编码通信原理及脉冲编码信息传输两方面。本书图文并茂，深入浅出，把脉冲编码无线通信中许多初学者比较难于理解的问题叙述得比较清楚。

本书主要内容包括：1.概述；2.脉码调制通信原理；3.脉码调制的无线传输；4.脉码调制无线通信的线路质量及其评价；5.各种脉码调制无线通信的概述。

本书适用于从事各种数字通信的技术人员和通信专业的在校学生阅读。

无线通信方式
日本电报电话公社

电气通信协会

昭和56年6月改订版

脉码调制无线通信

龚恩邨译 苏志安校

中国铁道出版社出版

责任编辑 黄成士 封面设计 王兆辉

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：5 字数：97千

1987年6月第1版 第1次印刷

印数：0001—3,000册 定价：0.36元

译 序

本书是日本电报电话公司为训练从事无线数字通信工作的初、中级技术人员而编写的教材。此书图文并茂，深入浅出，把脉冲编码无线通信中许多初学者比较难于理解的问题，叙述得比较清楚，是一本较好的入门书。

本书的重点放在脉冲编码通信原理及脉冲编码信息的无线传输这两方面，基本原理叙述得清楚。既适合于从事脉冲编码无线通信工作的技术人员参考，也适合于从事各种数字通信的技术人员及通信专业在校学生参考。

书中最后两章专门叙述脉码调制的无线通信（以下简称无线PCM方式）、线路质量及其评价和现有各种无线PCM方式的简要说明，对于我国从事此项设备设计，生产和维修的工程技术人员有参考价值。

这本中译本是根据昭和56年（1981年）版翻译的。为便于我国从事实际线路设计工作人员参考，还将昭和53年（1978年）第一次修订版本中第五章有关实际的线路设计及线路设计实例两节，补充到本书的第四章（五、六两节）。这本中译本还纠正了原版中几处印刷错误。由于译者水平有限，不妥之处，敬希广大读者批评指正。

译 者

序 言

随着人类社会规模的扩大和日趋复杂，正如“信息化社会”这一概念所揭示的，对担负着传递信息重任的电气通信，无论在容量方面，还是在正确性以及迅速性方面，均提出了越来越高的要求。同时，信息内容也日益多样化，为此就需要有与此相适应的传输系统。

为满足这样的要求，近年来进行了比模拟通信方式具有更多特点的数字通信方式的研究与实用化，并大规模地引入了脉码调制（简称PCM，下同）方式。

本书是为无线电部门的职工理解无线PCM传输理论而写的训练班教科书，在执笔时考虑了以下诸点：

（1）列入了训练班用40~60学时所必须学习的内容。

（2）在内容安排上，从PCM的基础开始，讲到各种PCM无线方式的概要为止，并以定性地说明PCM无线传输理论为主。

（3）尽量采用图表解说，以求浅显易懂，避免单纯采用数字叙述的方法。

（4）本书是以教师在教室讲解为前提编写的，同时也适当地照顾到自学读者的阅读。

希望通过本书加深对无线PCM的理解，使之在各个岗位都有所收获。

本书不完善的地方，肯定很多，希望一经发现，及时惠予批评指正。

关于第二次修订

随着以大规模集成电路为代表的各种半导体元件的飞速发展，数字通信方式也大踏步地前进着。为使本书不断地增加新的技术内容，而进行了第二次修订。修订时考虑了以下各点：

(1) 增加了PCM-24B等方式，在有关方式说明中引入了最新内容。

(2) 重点放在测试原理及码元处理结构的说明上，使之能比较系统地理解无线PCM方式。

(3) 增加了许多图表，以便较为直观地理解PCM方式。

希望使用本书学习的诸位，为支持今后的数字通信网而努力。

目 录

1. 概 述	1
1.1 脉码调制通信的历史	1
1.2 脉冲通信与PCM方式的特征	4
2. PCM通信原理	8
2.1 抽 样	9
2.2 量 化	14
2.3 压缩与扩张	19
2.4 编码与解码	19
2.4.1 二进制码	20
2.4.2 编码器种类	23
2.5 同 步	27
2.5.1 位 同 步	28
2.5.2 帧 同 步	28
2.6 编码波形	30
2.7 再生中继	32
2.8 解 码	35
2.9 PCM码元的传输特性	37
2.9.1 误 码 率	37
2.9.2 码间干扰	39
2.9.3 抖 动	40
2.9.4 眼 图	42
2.10 PCM方式的分群	42
2.11 基带多值传输方式	44

II

2.12	PCM传输电视信号	46
3.	无线PCM的传输	49
3.1	调制的分类	49
3.2	PCM-PSK传输方式	51
3.2.1	相位与码元的对应	51
3.2.2	解调(鉴相)的基础	54
3.2.3	调制的基础	57
3.2.4	解码方法	60
3.3	4相PSK方式	61
3.3.1	同步检波	62
3.3.2	延迟检波	73
3.3.3	4相差动调相	75
3.3.4	码元处理	84
3.4	16QAM(四相调幅)方式	85
3.4.1	调制	86
3.4.2	解调	87
4.	无线PCM方式的线路质量及其评价	89
4.1	线路质量恶化的因素及原理	89
4.1.1	热噪声	89
4.1.2	传输畸变(码间干扰)	94
4.1.3	干扰	98
4.1.4	其他	100
4.2	线路质量的评价	101
4.3	标准	103
4.3.1	标准的制定	103
4.3.2	噪声分配标准	103
4.4	测试	104
4.4.1	误码率的测试	104

4.4.2 眼图的观测	106
4.5 实际的线路设计	108
4.6 线路设计实例	110
4.6.1 例 题	110
4.6.2 简化答案	115
5. 各种无线PCM方式的概述	117
5.1 2GHz频带的无线PCM方式	117
5.2 11/15GHz频带的无线PCM方式	127
5.3 20GHz频带无线PCM方式(20L-P ₁)	139

1. 概 述

在信息社会中，通信担负着社会的神经系统的任务。随着社会规模变得更大更复杂，相互间交换和传递的信息量就越膨胀，对通信的正确性、迅速性的要求也就越高。在这样的社会的需求及进步的科学技术的支持下，电信就飞速地发展起来。

本书讨论的脉码调制通信（Pulse Code Modulation简称PCM），是长期以来电信技术人员梦寐以求的通信方式。由于电路技术的惊人进步和社会的需要，这种新通信方式近几年已经实用化，并迅速地在各个领域推广。

1.1 脉码调制通信的历史

脉码调制方式（以下简称PCM方式）的原理是法国A. H. Reeves发明的。这种通信方式当时无法以合适的技术手段进行开发，长期以来停滞不前。但是，进入50年代后，晶体管技术迅速进步和高速脉冲电路的开发，使PCM通信的实现成为可能。同时还认识到以这种技术为基础的通信方式是经济的。

另一方面，在日本国，随着逐步实现长途回线的自动化，短距离长途回线大大增加，而且在大城市中，由于管道拥挤，土建工程施工困难等原因，也极其希望市内中继线经济化。为此，在日本电报电话公司中，1963年武藏野通信研究所进行了短距离PCM方式实用化的研究，1965年PCM-24B方式用于商业。并于1968年研制出在世界上属于首位的无线PCM方式（2S-P1）。

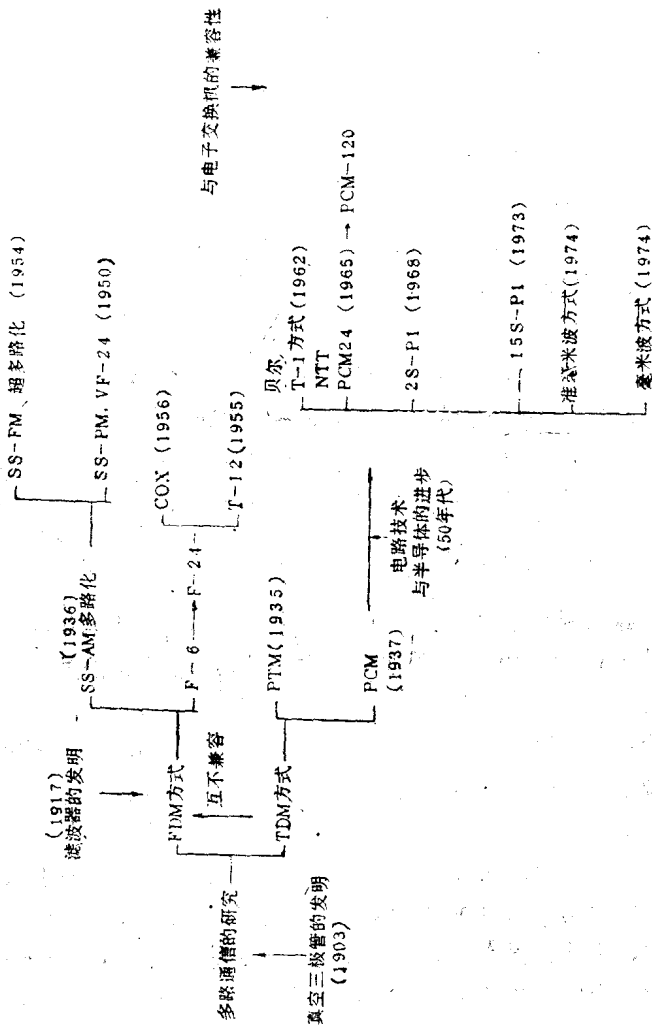


图1.1 多路通信方式的发展历程

1976年准毫米波PCM方式在东京—横滨间及大阪—神户间开通。

近年来，在组织容量极大的传输通路时，认识到PCM方式比FDM方式也有利。同时还认识到，不用模拟方式，而用数字方式传输与交换信息，不仅可以高效率地传输电话业务，而且可以高效率地综合传输各种业务，也就是说，产生了综合通信网的设想。

图1.1为多路通信方式发展历程。

下面讨论一下与综合通信网有关的问题。所谓综合通信网，就是能够伴随信息革命而出现的多种多样的业务，经济并且功能齐全地提供所必需的线路网，是将多种通信网组合在一起，使各种业务能最经济地经营的通信网。

业务的种类大致分为电话、数据通信和图象通信三大类，如果按照业务类别分别设置传输线、交换机、用户线及终端设备，则很不经济。

因此，有必要将通信网中诸部分互相组合在一起，以进行综合化。而且，到达这个阶段后，传输容量将提高好几倍，需要构成传输容量极大的传输通路。

在进行传输通路大容量化时，由于杂音和畸变的原因，采用频分多路化方式（FDM），设计上有困难，而采用脉冲传递信息的PCM方式就受到重视。

另一方面，如果今后引入全固体电子化的电子交换机，则易于采用时分制，与传输通路的PCM化相结合，就有可能使整个通信网综合化。

也就是说，到了这个阶段，在接近用户的地方，设置集线装置将各种信号PCM化，用以进行交换与传输，就有可能经济而优质地提供各种通信业务。关于这最后阶段的实现，是今后的研究课题，传输通路的PCM化则可以看成是

向综合通信网过渡的一步。

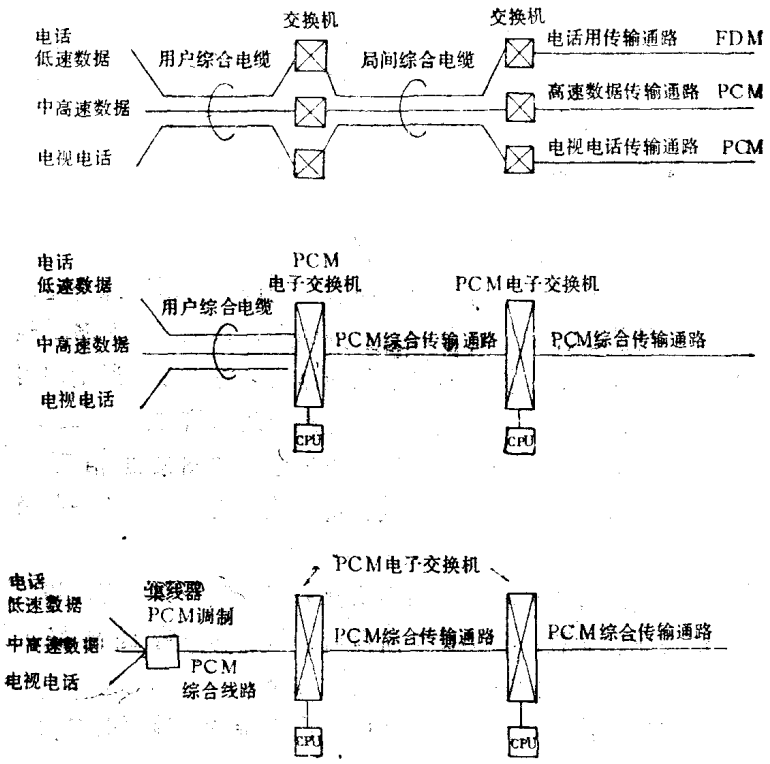


图1.2 通信网综合化水平的图示

1.2 脉冲通信与PCM方式的特征

传输信号多路化的方法有频分多路方式(FDM: *Frequency Division Multiplex*) 与时分多路方式 (TDM: *Time Division Multiplex*) 。

FDM方式采用频率各不相同的载波调制信号波, 得到频谱不互相重叠的边带波, 在频率轴上合并在一起以进行多

路传输。TDM方式则在传输信号时，每隔一定时间间隔分别对各个不同的信号进行抽样，在确定的时间轴上将这些样点依次排列，以进行多路传输。由于后者采用脉冲信号作为传输信息的手段，一般就叫做脉冲通信方式。按照脉冲调制方法的不同，又有表1.1所列的各种不同方式。

在图1.3中示出其部分原理。

在表1.1中，PAM、PWM、PPM及PFM方式是脉冲的振幅、相位（也包括宽度）或频率对应于输入信号的大小而变化的调制方式，被调制的脉冲信号是对应于输入信号连续变化的，故叫做模拟信号。

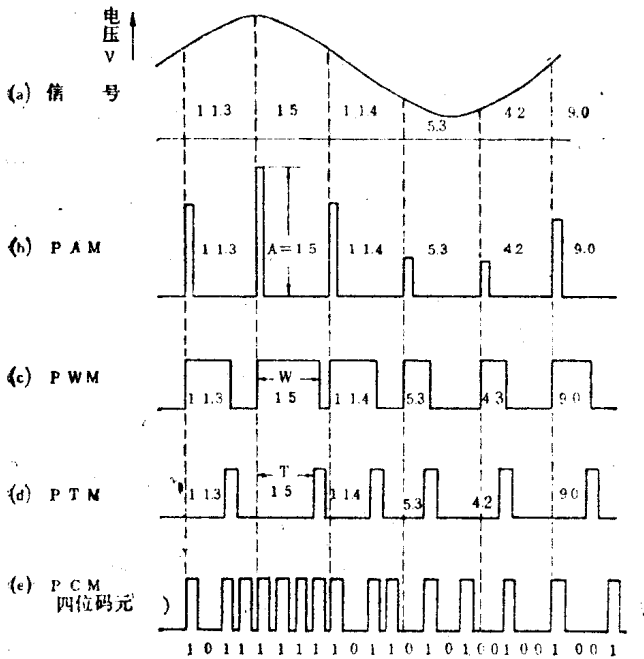


图1.3 各种脉冲调制方式的比较

《参考文献：表1.1与图1.3均参见高桥敏郎著的《通信系统与传输方式》。》

另一方面，PNM、PCM及 Δ M方式，是用离散的有限个脉冲代表输入信号。因为输出信号是离散的或计数的脉冲信号，故叫做数字信号。

各种脉冲调制方式

表1.1

名 称	调 制 过 程				传输特性 (抗外界干扰能力)	
	抽样	量化	编码	调制脉冲参数		
模拟脉冲调制	PAM (脉冲振幅调制)	0	×	×	振幅	不 大
	PWM (脉冲宽度调制)	0	×	×	宽度	
	PPM (脉冲相位调制)	0	×	×	相位	
	PFM (脉冲频率调制)	×	×	×	频率	
数字脉冲调制	PNM (脉冲数量调制)	0	0	0	—	大
	PCM (脉冲编码调制)	0	0	0	—	
	Δ M (增量调制)	0	0	0	—	

数字信号的传输方式进行再生中继时，几乎不受外界杂音影响，因此，近年来各国对它都很重视，现在广泛采用的是PCM方式。这种方式的特点如下：

优 点

(1) 在有畸变及干扰的传输通路中，它是很好的通信方式。

所需信噪比即使比FDM方式大幅度地减损时也行，适用于噪声大、质量差的传输线。

(2) 由于发送功率较小时也能进行通信，容易使机器小型化和固体电子化，也能提高设备的可靠性。

(3) 再生中继时，由中继而引起的杂音与畸变几乎不累积，对于超宽频带化时增加中继次数非常有利。

(4) 由于不易受传输通路电平变动的影晌，对于电缆

方式来说非常有利。

(5) 由于插入和分离脉冲码元很容易，在线路设计上具有灵活性。

(6) 与FDM方式相比，载波端机的价格可以作得非常便宜，这是因为FDM方式在多路化时，需要大量的高级滤波器，而PCM只需简单的4kHz低通滤波器就可以了。因此，对于端机价格占线路建设费用百分比很大的短途线路非常有利。另一方面，长途线路中传输线价格占总价格的一大半，线路越多路化，则每个话路所摊派的建设费用就越便宜。因此，PCM方式是非常经济的。

缺 点

(1) 会产生PCM所特有的噪声（抽样噪声、量化噪声、误码噪声等），根据设计技术可将这些噪声压低到不妨碍通信的程度。

(2) 占用频带很宽，但可以在调制方式上想办法，以及采用交叉极化波来减少有效带宽。

PCM方式具有这些特点，随着传输内容的数字化，具备了担当传输网主角的素质，近年来不仅用在短距离线路上，而且也逐步用到长距离大容量的传输通路中去。

2. PCM通信原理

本章以具有代表性的目前已广泛采用的PCM-24B方式为例,说明PCM通信的原理。图2.1是这种方式的方框图。首先,对输入的话音信号振幅按照恒定的周期断续地抽取其瞬时值。这就是与该时刻话音信号振幅值相对应的PAM脉冲(抽样)。

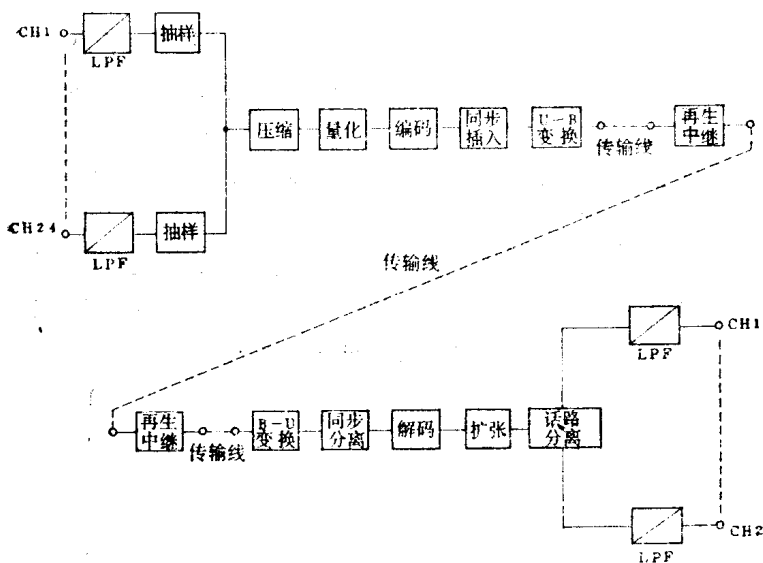


图2.1 PCM方式的方框图

其次,为减少传输通路的噪声影响,将抽样脉冲通过压缩器,使振幅小的脉冲扩张,振幅大的压缩。

然后,将各个时间点上经压缩的抽样脉冲,按照振幅的