

最新的国铁通信技术

〔日〕 铁 道 通 信 协 会 著
铁道部通信信号公司研究设计院 译

中 国 铁 道 出 版 社

1990年·北京

推 荐 语

在中日铁路技术合作中，日本国有铁道的朋友向我们赠送了出版不久的《最新的国铁通信技术》。这本书是日本国铁在实行民营化前夕，组织多名通信和信息系统专家编著的，它比较全面地介绍了日本国铁通信新技术的基本情况。

铁路通信和公用通信有不少共同之处；但由于铁路通信要适应运输指挥的需要，在通信网拓扑、信息种类、可靠性和移动性等方面和公用通信相比又有许多不同之处。这本书涉及的通信新技术比较广泛，既介绍了数字通信网络、光缆传输系统、数字程控交换机、数据通信等新技术在铁路上的应用，也介绍了列车无线通信、旅客信息系统、自动广播和可视会议系统等铁路专用通信技术的发展。本书还有专门章节介绍日本国铁的各种信息系统；电气化铁道电磁影响对通信线路的危害和干扰的防护等方面的技术。无线电电子闭塞系统在日本国铁低运量线路上得到了迅速发展，它是通信和信号技术有机结合的产物，本书也对此作了介绍。本书还介绍了日本铁路通信部门的业务范围、维修组织机构以及作为经政府批准的合法经营企业向社会提供通信业务的情况。

据我们所知，比较系统地介绍铁路通信新技术的书籍尚不多见。铁道部通信信号公司研究设计院将此书译为中文，为我国从事铁路通信的广大工程技术人员、干部和工人提供一本有益的参考资料，对于我们了解国外铁路通信技术的发展情况，制定我国铁路通信发展计划一定会有借鉴作用。

铁道部电务局

一九八九年三月

内 容 简 介

本书系统介绍了日本国有铁道近年来采用光缆数字通信、数据通信、程控交换、传真、图象通信、数字微波、移动无线、卫星通信等最新的通信技术,以及有关行车、客运、货运等计算机信息管理系统和新的维护体制。本书通俗易懂、内容丰富,可供铁路和专用通信网有关部门管理干部、科研人员、工程技术人员、维护人员和大、中专院校师生阅读参考,对从事行车、客运和货运工作的同志也有一定的参考价值。

最新の国鉄通信技術

社団法人 鉄道通信協会

最新的国铁通信技术

〔日〕铁道通信协会著

铁道部通信信号公司研究设计院 译

★

中国铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

中国铁道出版社发行 各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092mm 印张: 15.25 字数: 360千

1990年7月 第1版 第1次印刷

印数: 1—1700册

ISBN 7-113-00732-5/TP·76 定价: 7.75元

译 者 序

随着光纤数字通信、数据通信、程控交换、传真、图象通信、数字微波、移动无线、卫星通信等通信新技术的进步，世界各国铁路部门都在积极地开发应用这些新的技术手段，为铁路运输的现代化和自动化服务。我国铁路正处于推进光纤通信等新技术的初期阶段，需要借鉴和吸收国外成功的经验。《最新的国铁通信技术》一书系统地介绍了日本国有铁路采用新技术的状况，并且涉及到相应的维护体制改革。本书内容丰富、系统性强，对我国铁路部门具有较大的参考价值。

因此，铁道部电务局委托我院组织翻译了这部书，以便向读者介绍国外铁路通信技术的信息。由于时间紧，水平有限，肯定会存在不少的缺点和错误，欢迎广大读者指教。

在翻译过程中删去了部分图和附录4。

参加翻译工作的主要人员是、周孝先、张晋明、赵玉萍、闻志海四位同志，由周孝先、张晋明同志进行了审核。最后，请铁道部电务局朱荣筑同志对全书进行了审核，在此表示感谢。

铁道部通信信号公司研究设计院

一九八九年三月

目 录

第一章 总 论	1
1.1 通信的发展	1
1.2 新技术的采用	3
第二章 数 字 网	7
2.1 概 况	7
2.2 传输方式	8
2.3 交换方式	11
2.4 网 同 步	15
2.5 过渡方式	17
第三章 通信线路	20
3.1 概 况	20
3.2 通信电缆	22
3.3 光 缆	32
3.4 漏泄同轴电缆	46
3.5 交流电气化的防干扰措施	49
第四章 有线传输	56
4.1 概 况	56
4.2 光PCM传输装置	57
4.3 FDM-TDM变换	63
4.4 图象传输	70
4.5 简易载波方式	75
第五章 无线通信	79
5.1 概 况	79
5.2 固定无线	80
5.3 移动无线	83
5.4 卫星通信的应用	94
5.5 NTT列车公用电话的利用	96
5.6 电波管理	98

第六章 电话交换	102
6.1 概 况	102
6.2 数字交换机	103
第七章 专用通信设备	113
7.1 概 况	113
7.2 新干线车站旅客信息系统	114
7.3 原有铁路的自动广播	119
7.4 传真电报收发报机	122
7.5 工业电视 (ITV)	124
第八章 数据通信	127
8.1 概 况	127
8.2 数据交换系统	127
8.3 同文电报存储系统	137
8.4 数据传输设备	139
第九章 信息处理	147
9.1 概 况	147
9.2 旅客系统	149
9.3 可视图文信息系统	168
9.4 货物系统	175
9.5 运转系统	179
9.6 新干线信息管理系统 (SMIS)	184
第十章 通信运用	187
10.1 概 况	187
10.2 信息通信的运用	188
10.3 信息系统部门的现代化	190
第十一章 维护、组织和制度	193
11.1 概 况	193
11.2 电务维护体系现代化 (体系现代化) (1971年 6 月~1980年 8 月)	196
11.3 电务维护业务改善 (业务改善) (1982年 3 月~1984年 3 月)	201
11.4 电务新维护体制 (1985年 2 月~1985年 9 月)	205
11.5 提高电务维护业务效率的部分措施 (1986年 2 月~1986年 9 月)	210

第十二章 附属的企业	212
12.1 电信事业的自由化	212
12.2 第一种电信事业	212
12.3 第二种电信事业	213
12.4 有线电视（CATV）业务	214
12.5 广告业务	215
第十三章 民营和解体	218
13.1 概 况	218
13.2 铁道通信股份有限公司	220
13.3 地区通信	223
13.4 铁道信息系统股份有限公司	225
13.5 关于新法令等内容	227
附 录	229
1. 主要设备数量的变化	229
2. 回线公里数的变化（千回线公里）	229
3. 大事记	230
结 束 语	235

第一章 总 论

1.1 通信的发展

1872年（明治5年）9月，日本国营铁路（简称国铁）在新桥—横滨间开始了历史上的首次运营，到现在已持续了110余年。1987年（昭和62年）4月1日，国铁向新的经营方式过渡，与之同时发展起来的铁路通信也变为新的形式，即由各铁路客运公司与其它公司（铁道通信股份有限公司）共同掌握全国的超高频（SHF）网、光缆与同轴电缆传输装置、主要电话交换所等，其余的通信网则成为各铁路客运公司的自营通信网。

铁路通信是与铁路运营同时开始的，那时的通信是在三条明线上传输用于闭塞的莫尔斯电报。以后，采用路票闭塞方式，把用于信息交换的通信与用于闭塞的通信分开，后者则作为信号技术独立发展起来。1880年安装了磁石电话机，首次实现了通话。其后，它与电报一样，成为铁路的重要组成部分。在电报方面，1935年开始采用电传打字机，目前正在向数据通信、图象通信发展。

铁路通信的发展示于图1—1。

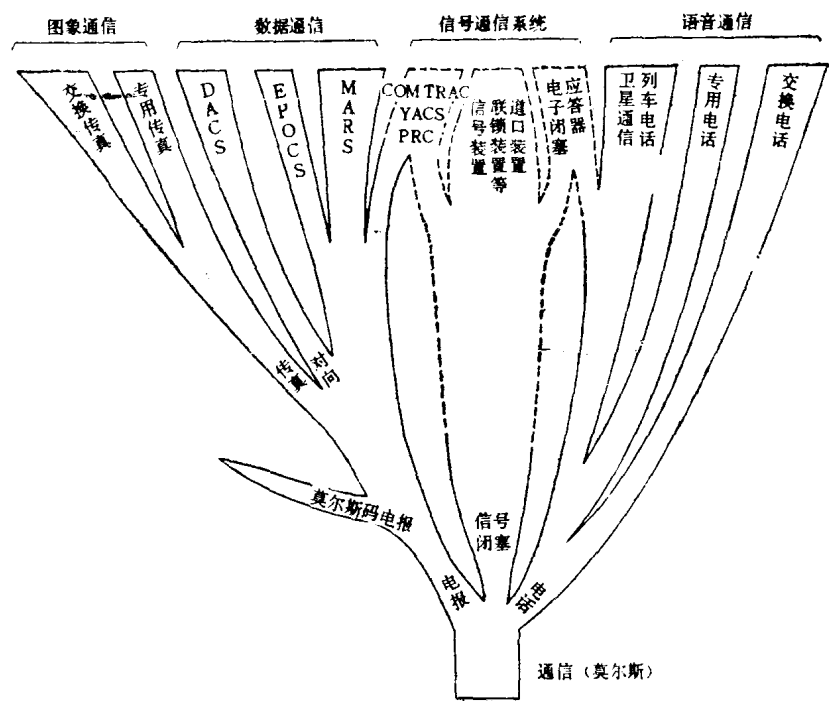


图1—1 铁路通信发展的过程

DACS——数据交换系统；EPOCS——集装箱有效计划运营系统；MARS——计算机座席预订系统；COMTRAC——自动化行车指挥系统；YACS——编组站综合自动化系统；PRC——程序进路控制系统。

(1) 语音通信

语音通信最早为一对一的通话，随着数量的增加，需要 n 对 n 的通话，因此出现了电话交换机。起初只是人工磁石式电话交换机，第二次世界大战后确立了电话拨号原则，引入了纵横制（XB）电话交换机。1979年12月，伴随着德岛电话所的自动化，全部建成了全国长途自动拨号。但是，那时原有的步进制（SXS）电话交换机已经陈旧，急需更新。为此，研制了利用电子计算机的新型电话交换机——电子式交换机（REX），力图在更换SXS电话交换机时加以采用。但是，由于电子技术的进步，在发展电子式交换机过程中，社会上出现了数字式电话交换机。为了在更换XB式电话交换机时能采用这一技术，国铁又研制了数字式交换机，并于1986年12月在盛岗电话所用它取代了XB式交换机。从此，计划更换大量的XB式电话交换机，特别是占大部分的200回线以下的交换机。于是研制了小型电话接续装置（RD）。在节约经费的同时，还要考虑提高传输质量。今后要构成以光纤通信为主体的数字传输通路与数字交换机直接相连的综合数字网。

专用电话使用了威斯坦式调度电话机。调度电话机是国铁专用的设备，用以传达命令。以后为了克服威斯坦式电话机的缺点，开发了频率式调度电话机，直到现在仍然在使用着。

国铁的列车无线通信是1960年在东海道干线的公务特别快车上实际应用的，可以认为这是真正的开端。这一技术相继在东海道、山阳、东北、上越新干线上采用，为线路安全运营及改善旅客服务起了很大作用。但是，在原有铁路线上采用和推广列车无线十分缓慢，只不过在常磐线的一部分区间使用了。1970年，实现了车站与乘务员、乘务员与车长之间的无线通话，使列车和地面的通信成为可能。以后，还要实现调度集中（CTC）的中心调度员能够与乘务员直接通话的CTC无线通信。1981年12月，山手线外边的2个区段开始使用列车自动控制（ATC）的同时，正式采用了列车无线通信。但是，它仅用于信息联络，不能对所有列车下达运行所需的行车通知等命令，因而在列车运行方面没有起到很大作用。从1985年9月开始，列车无线通信用于调度业务，特别是在异常情况下能发挥其作用。

1986年11月变更运行图之际，计划取消货运列车的守车。为此，增加了防护无线通信，这样列车无线通信就完备了。在使用时，按其适用范围划分无线方式的种类，采用了三种方式（双工、半双工、单工）。在1986年11月修改运行图时，全国约7000km的线路上使用了半双工、单工方式的无线通信，加上使用CTC无线通信等的区段，大约有12000km线路上都使用了无线通信，这是国铁移动通信的一件大事。今后移动通信将发生量和质的大变化，对其要求也多样化，因此一定要开发包括卫星通信在内的新的移动通信。

（2）数据通信

电传打字机出现后，以莫尔斯码为中心的通信进入了新的领域。从莫尔斯码一对一的通信，发展成与电话一样的 n 对 n 的通信，因此使用了电报交换机。1973年建成全国电报交换网，1974年建成使用计算机的数据交换系统（DACS），其后对该系统进行了各种改进和补充，正在作为国铁的增值网络（VAN）运营着。

由于预订座席的增加，靠售票人员人工售票已不能满足要求，因而研制了计算机座席预订系统（MARS），并已实际应用，被称为“绿色窗口”，经过补充和改善后，现在每天处理100万座席。这一座席预订系统为日本最早的联机实时处理系统，它的成功使日本众多的联机系统得以实际应用。

另外，在货运方面，开发了作为货运“绿色窗口”的货运信息系统（FOCS）和进行集装箱预订的集装箱信息系统（EPOCS）。此外，工程系统等几个联机系统也正在运用。

上述的电话正在向以数据为中心的时代过渡。就数据通信而言，近年来建成了各种各样

的系统。考虑到数据量的增大和速率的提高，急需整備综合数字网。

对于图象通信，特别是传真，迄今主要是局调度向各站和区间传送命令和信息，它是单方向的通信。目前正在研究、应用以降低回线价格和实现双方向通信为目标的交换传真（2类机、3类机）。利用现有国铁交换网的传真交换网已于1984年2月开始使用，其缺点是没有同文电报功能，而且回线质量也很低。为了加以改善，采用了存储同文电报装置（存储器）。

（3）传输线路

为了高效率、准确地进行电话和数据通信，优质的传输线路是必不可少的。由于回线数量的增加和传输质量的要求，传输线路从明线发展到电缆，而建立超高频（SHF）网则是划时代的进步。从1959年东京—大阪间开通SHF网开始，为全国提供了低噪音、高质量、大容量的传输通路。这对国铁通信的发展以及整个国铁现代化所起的作用都是不可估量的。

但是，国铁传输线路的中心是由长距离SHF无线通信网和同轴电缆传输网构成的，从容量上讲只是动态图象一个频道的容量。近年来出现了大容量、无电磁感应、低损耗、最适于铁路传输线路的传输媒介——光纤通信。它能在两根芯线里容纳数倍于SHF网的容量，而且光纤不受电磁干扰，损耗低，可以构成铁路沿线敷设的超大容量传输线路，这样，以往不能实现的动态图象传输就不只是梦想了。现在全国新干线沿线等已敷设了800km的光缆，并且正在运用。还有，不论通信距离远近、任何地区都能接收的、具有抗自然灾害能力的卫星通信，也属于这些传输线路之一，若能随着价格的降低而推广使用，就可能提供以往所没有的新的使用形式和业务。

（4）“日本电信”的发展

1984年日本制定了电气通信事业法，从此废止了邮电部门（电电公社）的独家体制，电电公社改名为电报电话股份有限公司，它可以办理一般的通信业务。

国铁为了有效地利用土地和技术力量，作为第一种电气通信事业者的“日本电信”，也于1986年8月利用新干线沿线敷设的光缆开办了专用线业务，并计划于1987年秋开始长途电话业务（0088）。对于国铁来说，让以往所培养的技术力量向铁路外部充分发挥作用，在铁路通信的发展中也是一件大事。今后，新成立的铁道通信公司对于铁路内部和外部，实际都可以提供电气通信服务。

（5）信号通信系统

虽然信号技术与通信技术是各自独立发展的，但是随着电子技术和计算机技术的进步，其界限逐渐难以分清，从而出现了两种技术融为一体的新形态。行车指挥自动化系统（C O MTRAC）、编组场自动控制系统（YACS）、程序进路控制系统（PRC）等计算机系统和电子闭塞装置、应答器等的研制和应用就是典型实例。

今后，信号与通信日益融合，一定能建立起更完善的系统。

1.2 新技术的采用

由于电子技术、计算机技术的惊人发展和需要的多样化，出现了新的电信技术和方式。在铁路通信方面，也像50年代后期SHF网建设和全国长途自动拨号一样，正在采用新的技术，主要有如下几个方面：

（1）电话交换机

纵横制 (XB) 电话交换机尚能使用较长时间, 在更换步进制 (SXS) 电话交换机之际, 对使用计算机的电子交换机进行了研究, 并且独自开发了铁路通信的特殊功能 (电话接续箱), 其余功能则使用一般的电子交换机, 并于1982年3月在金泽电话所更换设备时首次加以使用。现在全国已有15套, 用于大阪、札幌、门司电话交换所等地, 但不像XB交换机的应用那样广泛。这是因为数字技术进步很快, 不断出现新的数字交换机, 而模拟式电子交换机在将来的数字网络构成中将成为障碍。铁路通信也正在进行数字交换机的开发, 特别是200回线以下的小容量电话交换机, 以小型、低成本为目标, 在某种程度上牺牲了数字化所带来的一些新功能, 这种数字式电话接续装置 (RD) 已实际应用于桥本、赤羽、直方等电话所。对于大容量电话交换机, 由于它占有将来数字网络中心的位置, 因而具有数字网的各种功能, 要考虑将来的发展。1986年12月, 1号机在盛冈电话所首次使用, 将来这种规模的电话交换所属于新的铁路通信公司, 无论铁路内部或外部都可使用。

(2) 光纤通信

光纤是铁路通信最合适的传输媒介, 特别是它没有电磁感应这一特点, 对使用大电流的铁路来说, 在通信上具有划时代的意义。1983年12月在大阪一天王寺间敷设了梯度型 (GI) 光缆。其后出现了更大容量的单模 (SM) 光缆, 在东京一国立段开始使用以后, 敷设于东京一新大阪新干线, 日益取代了同轴电缆。现在已敷设800km, 其中770km由新的铁路通信公司接管, 性能与日本电报电话股份有限公司 (NTT) 相比没什么差别, 其容量之大可以达到能供铁路外部使用的程度。

“日本电信”也已经使用同样的光缆提供专用线业务。

对于光缆以外的各种通信电缆, 最近以接续工艺的改进为中心正在进行新技术的开发。

(3) 传输装置

对于电缆脉码调制 (PCM) 装置和电缆载波装置, 目前正在以小型化为主要目标进行改进, 基本上趋于完成。以光纤通信为中心的数字终端装置的研制也已完成并实际应用。但是从模拟网向数字网过渡, 以及建立综合数字网所必须的网同步装置, 根据传输通路和数字电话交换机的采用情况, 正在进行开发。

(4) 无线通信装置

对于SHF无线通信装置, 除了将电子管改为固体化元件之外, 没有采用新技术。东京一国立间SHF—PCM方式的开发应用展示了今后的发展方向。SHF无线通信装置将由新的铁路通信公司掌管, 在更换旧机器时, 一定要采用2路8电平正交调幅 (64QAM) 等数字方式。

移动无线通信也有很大发展, 1986年在铁路通信中大规模采用了列车无线通信。列车无线通信分为三等: 双工 (A型)、半双工 (B型) 和单工 (C型)。在山手线、京滨东北线和崎京线等地使用A型, 在首都附近、名古屋地区及大阪地区的国铁电气化区段使用B型, 除此之外的线路上都使用C型。

在约7000km线路上大规模采用列车无线通信, 对列车在异常情况下运行发挥了巨大作用, 为安全运输作出了很大贡献。它是与进行列车防护的防护无线通信结合起来使用的。防护无线通信采用直接接收防护电波 (400MHz专用频率) 的直接接收方式 (直接方式), 电波大约可以达到1km的范围。

东海道新干线的列车无线自设置以来, 已经过了20余年, 由于设备老化、回线容量不足及环境条件变化等原因, 传输质量显著下降, 计划于1989年3月改用与东北、上越相同的漏

泄同轴电缆（LCX）方式。在更换之际，要部分采用数字方式并努力使之发展。

表1—1 最新技术实用化进程

项 目	形 式	实 际 应 用 年 月								
		1979年以前	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987年以后
电话交换机	XB		12							
	REX			3			11			
	RD							3		
	RDX								12	
光 纜	GI型					12				
	SM型							1		
传输装置	光端局					12				
	A-D变换装置							3		
列车无线装置	双工(A型)			12						
	半双工(B型)								11	
	单工(C型)								11	
	防护无线								11	
调制解调装置	9600b/s	77/12								
	128kb/s							9		
数据端局装置	TDM-LC					4				
MARS终端装置	M型					4				
	L型							3		
交换传真	STR						4			
电子闭塞装置									11	
应 答 器										1987/3

在东北、上越新干线上，由于采用卫星通信传输三浦海岸地震信息，因而与卫星通信系统同时建立了地球站，成为灾害时保证传输的通信系统。卫星通信可以传输动态图象和静止图象，并可以构成通话回路，已在东京、仙台、新潟、静冈各局间使用。今后的卫星通信应针对CS-3 的发射进行必要的各项准备工作。

(5) 数据通信

随着数据量的增大，为了有效地利用传输通路，研制了用于高速大容量传输的128kb/s 调制解调装置。200~9600b/s的调制解调器已经开发并实际应用，而采用这种128kb/s群 频带调制解调装置，对传输线路进行了测试并加以改善，可以作为现在的数据交换系统使用。为了有效利用2400b/s回线并提高其可靠性，将2400b/s回线最多时分复用为16个回线，并且研制了9600b/s在两个回线上传输的数据端局装置（时分复用方式，简称TDM-LC）。主要是为了与MARS的M型终端装置同时开始使用。

(6) 其 他

研制了MARS的M型终端装置和L型终端装置作为MARS的新型终端装置,1983年开始使用M型,1985年开始使用L型。此外为了构成交换传真网,使数据交换网和电话交换网 接续并具备同文电报功能,因而研制了存储同文电报装置。

另一方面,将信号技术与通信技术,特别是与无线技术相结合,开发并使用了新型的系 统。车上利用400MHz波段电波传输列车运行所必需的信息,以及可自动进行闭塞的电子闭 塞装置,从1986年11月在17个区间开始使用。还开发了利用数字无线传输车上和地面间信号 信息的应答器,以及新的速度监督方式的ATS,已于1987年3月开始使用了,今后 对 这 种 形式的通信信号综合系统要进一步开发。

第二章 数 字 网

2.1 概 况

向高度化信息社会过渡的基础建设正在全面展开。国铁通信线路的利用现状是数据回线已经超过电话回线。今后,随着以办公室自动化(OA)为先导的新技术应用,数据通信的发展预计会更加显著,迫切需要更高效的数据传输。

数字通信网与以往的模拟网相比,在经济性、质量、业务及发展潜力方面可望产生如下的效果:

- a. 由于集成电路(IC)、大规模集成电路(LSI)的研制和批量生产,可以使设备小型化、低成本。
- b. 以数字技术为共同的基础,可以谋求传输和交换的一体化,传输装置和交换装置可以在复用的情况下直接接续,从而提高了整个系统的经济性。
- c. 噪音和衰减失真不随距离增加,使通信质量得以提高。
- d. 通过压缩冗余度和存储交换,使信息处理变得容易进行,可以扩大业务种类和提高服务质量。
- e. 可以向综合处理话音、数据、图象等各种信息的通信网(ISDN网)发展。

但是,现有通信设备是模拟方式的,设备老化,日益接近其更换期。在设备废旧更新之际,必须计划建设一个经济的、可提供高质量业务的综合数字通信网。为此,1982年成立了“综合数字网研究委员会”,到1984年,三年中对数字网构成及现有模拟网如何经济地向数字网过渡问题进行了调查研究。

调查结果表明,在构成国铁综合数字通信网时,现在已经应用的数字技术有相当部分可以直接应用,但也有些部分要根据国铁的特点加以数字化。

以综合数字网研究委员会的提案为基础,国铁对综合数字网建设的基本考虑方法和过渡方式有如下几点:

- a. 数字交换机以回线交换为基础,交换单位为64kb/s。
- b. 为适应国铁专用网的方式,同步群次定为1次群,回线设置单位定为1条电路(1CH)。
- c. 同步网的构成是在东京设置主局,以下各级采用服从主局的主从同步方式。
- d. 根据日本制式,数字传输的等级划分为1.5Mb/s, 6Mb/s, 32Mb/s, 100Mb/s, 400Mb/s。
- e. 信号方式最终要使用共路信号方式,但在此之前,要使用现有比特分配的随路信号方式。
- f. 过渡方式采用既能充分利用现有设备,又能推进数字化发展的数字岛方式。
- g. 微波线路必须与光纤通信线路共同构成平时和异常时的迂回系统。调制方式采用脉码调制(PCM)方式。在使用7.5GHz频带时,则用2路8电平量化调幅(64QAM)方

式以增大容量。

根据这一基本考虑方法，在建设东京—新大阪、山手线等光纤传输线路时，将数字交换机标准化，并装设了RD-1和RDX-2数字交换机，委员会的研究成果被马上付诸实施。

2.2 传输方式

2.2.1 传输媒介

数字传输可以使用对称电缆、同轴电缆、光缆、微波固定无线、通信卫星等各种传输媒介。在数字网的建设中，要了解它们的使用方法和各自的特点，并在各种制约条件下进行经济评估。实际上，有无原有设备，可否再加以利用，法律上有何制约等等，都是重要的比选因素。

(1) 电 缆

在对称电缆上进行1.544Mb/s PCM传输(PCM24)，以往只用于短距离。在今后的数字网中，这种方式也只作为地区数字传输通路使用。

今后作为终端的传输媒介，200kb/s左右的新的数字传输方式正在讨论中。但是就电缆特性而言，更高的速率用于长距离线路是很困难的。

现在国铁没有用同轴电缆进行数字传输，而且光缆价格逐渐比电缆低。今后国铁也不打算在数字传输中采用同轴电缆。

(2) 光 缆

现在的光纤传输技术，主要是利用光的通、断进行辉度调制，应该说光纤是用于数字传输的传输媒介。最近光纤技术迅速发展，衰耗非常小，在增大中继距离的同时，向宽频带发展。

光缆可以解决铁路特有的电磁感应和绝缘配合等问题，而且沿着铁路线敷设光缆的条件很好。另外，它没有无线通信方式中频率分配等问题，易于将来扩容。所以在数字化之际，决定积极采用光缆。

国铁光纤通信的实际应用，是从1983年10月大阪—天王寺间12km以1.3 μ m长波长梯度型(GI型)光纤构成6.3Mb/s传输系统开始的。其后，随着单模(SM)光纤价格的下降，逐步以SM型光纤为主，以新干线和大城市周围区域为中心，日益扩大其适用范围，到1986年末，总长度达到800km。

表2—1为各种光纤传输方式的主要参数。在光纤传输中，一般容量越大越能发挥其经济性，所以要考虑其适用范围。在国铁标准化的过程中，也要考虑不久将来的需要，现在新干线沿线采用的100Mb/s系统是最大容量的系统。

(3) 微波固定无线通信

国铁的干线传输线路以往是采用微波固定无线通信。现在大约有7000km，161个局，大部分是频分多路复用(FDM)的模拟线路。现在的设备是从1968年到1971年装备的。在电波政策上，正从路由备用向设备备用过渡。此外，由于通路数不足和设备陈旧，急待进行设备更新。今后在设备更新时，要考虑与数字网相适应，研究采用数字方式。

数字无线通信的特点有：

- a. 即使传输通路上产生的失真和干扰较强，信噪比较低，传输质量也不发生恶化。
- b. 发送功率小，设备易于小型化，器件易于电子化。

表2—1 光纤传输方式的主要参数

项 目	传输容量Mb/s	6.3	32	100	400
	电话 CH	96	480	1,440	5,760
光 传 输 码 型		CMI	CMI	8 B ₁ C	10 B ₁ C
适 用 光 纤		GI	GI	SM	SM
最大中继间隔 (km)	短波长(0.85μm)	12	11	10	—
	长波长(1.30μm)	20	18	30	25

注：光纤损耗如下（含接头）：
GI 短波长 3.4dB/km；
长波长 1.4dB/km；
SM 长波长 0.8dB/km。

c. 不易受传输通路电平变化的影响。但比模拟方式所占频带宽，因此要在调制方式上下功夫。

对于线路容量，若考虑要用于960~1200个通路的区间，需要100Mb/s（1,440路）。现在7.5GHz频段的频率分配间隔为20MHz，用4~8相位的调制不能保证回线数，因此谋求64QAM方式、256QAM方式和横向极化波（交叉极化）调制等方式的实用化是十分必要的。

（4）卫星通信

所谓卫星通信，就是利用发射到赤道上空约36,000km静止轨道上的卫星建立无线中继通信，地面发射的电波由装在卫星上的接收机接收，然后再发回地球。卫星通信覆盖面广，具有多种通信功能，应用也日益广泛。

CS-2卫星使用十分之一的转发器（中继器）就可以进行1.5Mb/s的数字传输。目前的通信卫星由于容量有限，不能用于干线传输系统。国内正在计划发射几个通信卫星，在这一工作完成之后，可以考虑用它构成数字网的部分传输线路。

现在还没有考虑铁路部门独立发射卫星。使用一部分卫星通路，应用于如下几个方面：

- a. 异常时用的局间传输通路和地震时用的传输通路。
- b. 灾害、事故现场和抢修时临时传输通路。
- c. 由图象和话音构成的会议电话。

2.2.2 各种方式的适用范围

铁路通信数字方式的适用范围如图2—1所示。

2.2.3 传输质量

模拟系统的传输质量与设备价格有着密切的关系，由于铁路是专用通信网，为了节省费用，有时设计的质量不得不比公用通信网低。但是在数字传输中，传输性能基本上与价格没有关系。另外，数字网有利于将来的发展，而通信也不只是局限于铁路内部，而要考虑与其它数字网相连接。鉴于上述原因，数字网的传输质量一定要符合一般标准。

传输系统的特性可由各种参数进行测定。但是在数字传输中，无论质量下降原因是什么

么，最终都以误码率表现出来。因此，CCITT（国际电报电话咨询委员会）和CCIR（国际无线通信咨询委员会）用误码率规定系统的传输质量。

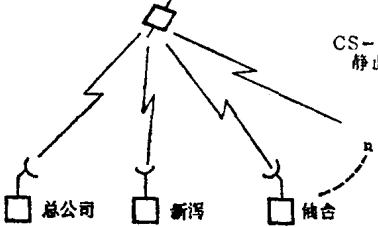
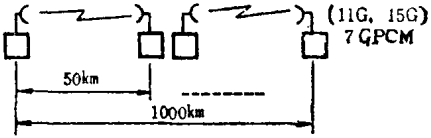
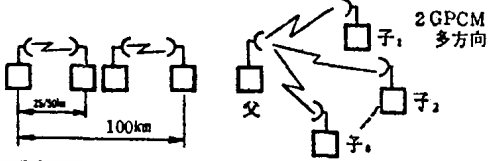
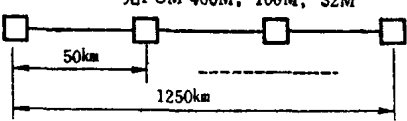
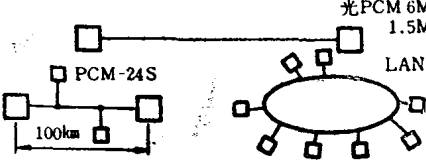
应用方式	局数	通道容量	适用范围
卫星 			抗灾措施 主要货运站间
陆地微波通信 	干线	(1440CH) 480CH(6M×5) 384CH(6M×4)	· 原有线路的主要货运站间 · 干线系统迂回
	地区	24CH 48CH	(注1.)
陆地有线传输 	干线	5760CH 1440CH 480CH	· 干线系统各站间 · 图象新业务 主要货运站间 (注2.)
	地区	96CH 24CH	· 主要货运站间 · 地区系统 · 站场通信 (注3.) O/A化

图 2—1 数字方式的适用范围

注：1.现状是运用中小容量（480CH/7G），在国铁干线中是不够的。
2.图象由光PCM独立网构成。
3.考虑了用户进网的局部通信网。

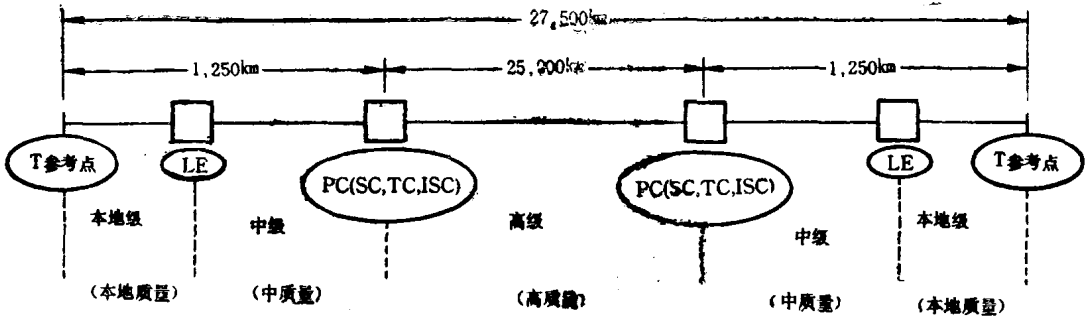


图 2—2 假想参考连接的构成

CCITT于1984年建议了如图 2—2 所示的全长27,500km的交换系统HRX（假想参考连接）中，64kb/s传输通道的误码特性分配。另外还规定了如下标准：