

国 外 电信概况和发展趋势

(内部资料)

电信科学研究院科技情报研究所

1973年3月

前 言

为了适应我国电信事业发展的需要，遵照伟大领袖毛主席“一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”和“洋为中用”的教导，我们搜集、整理国外民用通信方面反映现代先进水平的一些通信技术的发展情况，编写成“国外电信概况和发展趋势”，以供参考。

由于水平所限，可能存在不少问题和错误，请领导和同志们批评指正。

电信科学研究院科技情报研究所

1973年3月

目 录

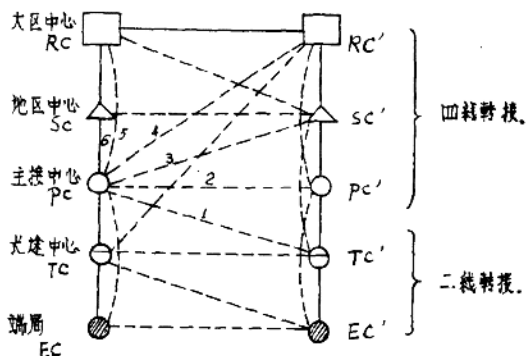
一、通信网.....	(1)
二、电话交换.....	(3)
三、电报接转.....	(5)
四、传真设备.....	(7)
五、同轴电缆载波.....	(8)
六、海底电缆载波.....	(12)
七、微波中继通信.....	(15)
八、卫星通信.....	(18)
九、毫米波通信.....	(21)
十、激光通信.....	(23)
十一、脉码调制通信.....	(24)
十二、数据通信.....	(25)

国外电信概况和发展趋势

一、通信网

1.1 现代通信网的结构

目前各主要工业国家的通信网一般包括电话交换网和电报交换网，有的国家还有独立的数据交换网，其结构基本相同，现以美国的电话交换网为例，示意如下：



各级名称，级数多少，各国略有不同。如日本、西德、英国等国包括端局在内为四级汇接制；美国在五十年代以前也是四级制（包括端局），后随着业务和设备的增长改为五级制。直达电路（图中虚线）的多少按业务量和设备情况而定，市话中心局（即端局 EC ）之间，甚至长途中心局（ TC ）之间不一定都有直达电路。

通信网结构的主要内容是：

1) 设置基于路由网。将全国分为若干大区，每个大区设大区中心，相互间有电路相连，并根据具体条件选定全国中心。每个大区中心包括若干地区中心，互相连接；以下逐级类推，这个逐级连接的网路称为基于路由网。

2) 建立“高效电路”。在任何两个中心之间，如业务量需要就设置直达电路，称“高效电路”。

3) 利用高效电路和基于电路组成迂回路由网。如上图， PC 呼叫 TC' 时，可按照“1”至“6”顺序选择路由。

4) 据根话机（或终端机）、交换机和传输系统（复用设备、线路）的情况全面规划，考虑到转接方式和最大转接段数，定出衰耗分配方案。

1.2 现代通信网的特点

现代通信网承担的业务除电话电报以外,还有高速传真、电视、数据传输、可视电话等高速、宽频带业务,而电子计算机的使用又往往需要“实时”联系。为了满足这种需要,现代通信网必须是大容量、宽频带和高度自动化的,同时还必须是高度可靠的。目前,国外通信网的概况如下:

1) 以微波中继和同轴电缆为骨干。1970年美国贝尔系统的长途电路总长已超过6亿电路公里,其中微波中继占62%,同轴电缆占24%,对称电缆和架空明线分别占13.5%和0.5%。日本1971年的长途电路总长约6100万电路公里,其中微波中继占48%,同轴电缆占36%。微波中继每信道最大容量已达2700路,标准同轴电缆最高的复用频率已达到60兆赫(10800路)。西欧各国和日本还敷设了相当数量的小同轴电缆(最大2700路)作为辅助干线。对称电缆因其频带窄,路数少,在干线中已居于次要地位。

2) 由于市话较普遍地实现了自动化,又具备了大容量的干线电路,美、日、西欧等国已大部实现了长途直接拨号制。美、日、瑞典、西德等国长途自动化程度都已达到90%以上(参看下表)。

自动化的进一步发展是使用电子交换机。其优点是接续更快,并能适应各种高速通信和数字信号接转。

各国长市话自动化统计 (1971年统计)

国 别	市 话 自 动 化 程 度	长 话 自 动 化 程 度
美	99.9%	99.5%
日	96%	90%
西 德	100%	99.7%
英	98.6%	66%
苏	86.4%	45%

3) 由于是大容量、高速度通信,因而要求通信网有高度的可靠性,各国通信网一方面力求传输设备和交换设备的性能及元、部件稳定可靠,另一方面,一些重要干线往往同时具备同轴电缆和微波中继线路,以确保通信不间断。

4) 洲际通信方面,卫星通信和海底电缆都已实现大容量、宽频带通信,通信质量较短波为高,近年来,各国广泛采用。短波通信已处于辅助地位。

1.3 发展趋势

1) 综合通信网的建设

近年来,各国数据通信得到迅速发展。目前数据传输一般低中速的采用模拟方式在现有通信网上进行,高速的则采取群路点间传送,同时脉码调制通信也正在发展,

把声音、图象、电视等各种信号都进行编码，以数字方式传输。目前脉码调制还只限于市话电缆短距离传输。今后随着数字通信的进一步发展，现有的通信网将不能适应，各国都正在进行新的通信网的规划。美国于1967年就已提出了建立数字通信网计划，其他国家在七十年代发表了类似的方案。另一方面，现有通信网势将在相当长时期内继续使用，需要解决两者使用配合问题。不久前，国际电信联盟会议讨论中，美国提出的方案是现有通信网和新的数字通信网长期并存，而德国则合成一个通信网。

2) 采用新的通信手段

为了达到更高频段和更大容量，近年来各国都致力于毫米波和激光通信的研究。毫米波通信方面各国建立了毫米波中继和毫米波波导实验电路进行试验。

1.4 小 结

综上所述，目前各主要工业国家已建立相当完整的，有无线综合利用的，大容量、宽频带的自动化通信网。今后的趋势是向数字通信网发展，传输的容量将更大，使用更高的频段和更宽的频带。有的国家研究采用更大型的同轴电缆。交换设备将逐渐采用电子式交换机，并继续提高自动化程度。计算机技术将更普遍地应用于通信领域。

随着洲际通信业务日益发展，各国的通信网需要不断加强协调配合。

二、电 话 交 换

2.1 电话业务的发展

电话通信的发展已有近百年的历史，近十几年来电话机数量的增加更为迅速。根据美国ITT“电气通信”1971年40卷第3期报导，自本世纪二十年代以后半个世纪中，世界人口增加约1.9倍，而电话机数量增加了12倍多。根据不同地区的发展，以北美及欧洲较多，占总数81%。几个主要资本主义国家由于畸形发展，互相竞争，电话机数量增加更快，并已基本实现自动化（参看下表）。

几个主要资本主义国家话机增长情况

国 别	话 机 总 数 (部)			增 加 率		每话 百机 人数	自 动 话 机 数	占的 百分 数比
	1970年	1969年	1960年	对 1969	对 1960			
美 国	115,222,000	109,256,000	70,820,000	5.5	62.7	56.4	115,136,000	99.9
英 国	13,947,000	12,901,000	7,848,000	8.1	77.7	25.0	13,748,000	98.6
法 国	8,114,000	7,503,491	4,084,843	8.1	98.7	16.10	6,502,309	80.1
西 德	12,456,000	11,248,979	5,516,226	10.7	125.5	20.4	12,456,268	100
日 本	23,131,000	20,525,211	5,899,652	12.7	291.1	22.4	19,967,506	86.3

随着通信业务的需要和新技术发展的可能,美国及一些资本主义国家在三十年代已开始研究可视电话,既可彼此通话,又能互见人像及传送照片、兰图、资料等。一般可视电话占用1兆赫带宽。贝尔系统于1975年春正式开放业务。RCA环球交通公司制成一种窄带可视电话设备,仅用一条普通的3千赫带宽电话电路,虽其传送的图象不是随时活动,而是每隔30秒钟换一幅。据称该公司(在纽约)已通过此设备同日本的国际电报电话公司通了可视电话。

2.2 电话交换技术的发展

随着电话业务的发展,电话交换技术亦不断改进提高。近百年来的发展历史,大致经过了人工交换、机电式自动交换和电子交换等几个阶段。

1) 人工交换机

人工交换机有磁石式和共电式两种,设备简单、成本较低,发展中的国家还在使用。但它要占用大量的话务员,接续速度较慢,劳动生产率低,故在工业发达的欧美等国已处于被淘汰地位。西德已完全自动化了,美、英、日、法等也只占总交换容量的百分之几,接近淘汰。

2) 机电式自动交换机

机电式自动交换机是利用电磁元件,通过机械动作自动完成电话接续。现在国外用的较多的是步进制和纵横制。

步进制交换机采用直接控制的方式,即用户通过拨号,直接控制电话局各级机键,完成接续。它的优点是设备简单,初建费用低,在各国市话网中用得很普遍。英国6150个市话局中,有5900个为史端乔式步进制局。苏联大部分也是步进制。日本有4317个步进制局,容量达757万门。但由于它存在着接续速度慢、机键易磨损、维护工作量大、杂声高、不适应长途自动化的需要等等缺点,因此,这种制式目前没有什么进展。

纵横制交换机在二十年代中期由瑞典人发明,由于经济和技术上的原因,1938年以后才被美国开始大量采用。纵横制交换机采取间接控制的方式,用户拨号首先由记发器接收、存贮,然后通过标志器进行接续,在接续过程中,控制设备仅被占用很短时间,故设备的利用率很高。由于采用具有贵金属接点的纵横接线器推压接触,因而接续速度较快,稳定可靠,没有磨损,杂声很小,通话质量好,维护工作量不大,并能适应长途自动化和某些新业务的需要。五十年代开始为各国普遍重视和采用,发展迅速。

纵横制交换机的接续部分主要是继电器。对继电器的要求为可靠性高,接点磨损少及接续速度高。纵横制交换机的接续速度为数十毫秒(电子交换机的接续速度为1~2毫秒),目前一般继电器已可满足要求。所以对纵横制设备来说,继电器的可靠性和接点磨损成为主要问题,如目前日本一个接线器的可靠性要求为动作一万次出现的障碍不大于2次。在接线器的接点上各国采用不同的耐磨材料,如美国、日本都采用贵金属钌,西德采用贵金属铑,日本目前还在研究一种金的合金来代替钌。

纵横制交换机控制部分现有分散与集中两种方式。分散控制方式即每级的接续都有专门控制部分,设备简单,灵活性高,信号方式不统一也能适应。在西欧各国多采用

之，故又称欧洲方式，但成本较高。美国采用集中控制方式，每级的接续都是由一个公共的控制部分来控制，但要信号方式统一，这种方式为日本后期（1960年后）所采用，并经过研究改进，解决了不统一信号的接续，而且成本大大降低，其代表产品是市内C 400及长途C 820型。

日本纵横制交换机发展特点：（1）日本从1953年开始研制，不象英国那样，想越过纵横制，从步进制跨入电子交换机，而是重点放在纵横制交换机的研制和发展上。

（2）日本电报电话公司电信研究所与日本电气、日立、冲电气和富士通公司采取联合研制的办法，型号尺寸统一，标准化程度高，便于大量生产。（3）1955年引进了美国西电公司的交换技术作参考。

纵横制交换机是目前各国大量生产、建设的交换机。美国较新型的纵横制交换机，市话为N0.5，长话为N0.4A—ETS（计算机控制）。法国以纵横制交换机作为向电子交换机的过渡，目前主要采用潘特康特和CP 460型。

3) 电子交换机

电子交换机从五十年代开始研制，六十年代中期开始实用，目前正在迅速发展中。它是在电子器件和电子计算机技术发展的基础上，在国际长途直拨、新通信业务（如缩位拨号、计算业务等）和新通信方式（如图象通信和数字通信）的需要下而发展起来的一种交换技术。

电子交换机主要由控制部分和接续部分组成。大容量的电子交换机都采用存储程序控制，因之不但接续速度快，而且非常灵活，通过编制新的程序，可实现各种新的通信业务，能适应将来综合数字通信网的需要，是交换技术的发展方向。各国都在大力研制中。目前主要发展大、中容量半电子交换机，大、中容量的全电子交换机尚在探索和研制中，估计七十年代中期以后才能开始投入使用。

电子交换机的关键问题是接续器件，目前半电子交换机采用机械接点的纵横接线器，铁簧、笛簧、ESK（贵金属快速接点）和双稳态交叉接点接线器。由于是机械接点，动作速度慢，消耗电流大，制造也比较麻烦。

半电子交换机，美、西德、英、日等国都已有正式产品，到1971年底使用数量，美国为243部（另有长途交换机41部），英国为130部，西德约为160部，其他国家如加拿大、瑞典、日本等均少量（不到30部）使用。

小容量的全电子交换机各国也都研制了一些，除美国装用了182部之外，大部分在试验阶段。

目前电话交换技术发展的总的情况是：纵横制交换机发展很快，步进制没有什么发展，电子交换机正在发展。

三、电 报 接 转

3.1 概况

电报接转最初是由人工处理，转报时必须重发一次，因此需要大量人工劳动，不但

接转迟缓,而且易出差错。

随着电报业务发展的需要,出现了半自动化的电报接转。在转报局用凿孔纸条收下电报后撕断纸条,用机械传送设备分发至转出电路上,用自动发报机发出。

1933年西德最早使用电报自动交换机,继之,美、英、日本等国在业务量较大的电报中心,先后实现了电报接转自动化。在公用电报网方面,美国和日本采用消息接转制,英国则采用电路接转制。

五十年代中期,用户电报开始迅速发展,许多国家已构成用户电报网。据1971年初的统计,美国有9万用户,西德有7万用户,日本有4.5万用户。用户电报网采用电路接转制,双方用户之间可以通过交换机直接进行机上问答或通报。

上述的两种接转制各有优缺点。消息接转制是由电报局转递电报内容,它要求报文具有一定形式的报头、报尾和规定的路由代码,在转报局内根据路由代码控制选择器,自动选择路由。其优点是电报可在转报局贮存和重发,与发报局无关,接转次数不受限制,而且电路利用率较高。但是,这种接转制不能直接进行机上问答,局内设备复杂。电路接转制应用电话自动交换技术,将发报局与收报局在电路上直接连起来,使双方完成直达通报,因此减少接转局转报所需的时间,也可避免转报可能发生的差错。它的缺点是大量的电报通路,而且电路利用率低。

目前国外在低速(50和75波特)电传机的公用电报网上所用的自动交换机,大多是机电式的,如日本的TX6型和西德的TWM型等电报交换机(都是属于消息接转制)。这些交换机虽能满足自动转报的需要,但不能适应高速数据传输的要求。六十年代后期以来,数据通信业务日益发展,传输速度越来越高,同时电报业务量不断增长,相应地需要性能更为完备和接转能力更为先进的计算机转报系统。至今不仅在航空和金融专用电报网上较多使用这一系统,甚至在公用电报网方面,近年来欧美和日本各国在主要电报接转中心也逐渐采用。例如,美国最大的一个电报交换中心,西联电报公司的密特而堂使用了三台大型计算机、三台中型计算机和十二台预处理机,能够接转八万个端机的电报,每天可接转电报25万份。

3.2 计算机转报的优点

计算机转报属于消息接转制,它具有许多优点,现简要地介绍如下:

- 1) 速度快。一秒种可处理几份报,而半自动处理一份报需几分钟至几十分钟,撕纸条半自动接转的发报速度为每分钟60字组,而计算机转报发报速度可达每分钟6000字组。
- 2) 容量大。
- 3) 能适应多种业务需要。
- 4) 能工作于不同类型的电路;可以同时转报给若干端机。
- 5) 能自动区分报类和路由,并具有优先发送的能力。
- 6) 可以变换速度和编码,并能“翻译”地址。
- 7) 能贮存大量用户电报挂号和报底,便于查询和计费,因为它可配以大容量的磁鼓和磁带起贮存的作用。

8) 通信质量高, 自动检误并阻止错报进入转报网; 自动记录错码及流水。

9) 可用双机同步工作, 保证通信不中断。

由于上述的显著的优点, 在国外有些城市或国际转报中心, 如意大利的罗马电报局和瑞士的苏黎世电报局都已用计算机转报。苏黎世电报局使用三台美国UNIVAC418型电子计算机, 其中一台备用, 容量是 250 条电路, 查阅报底十分迅速, 能在显示器上显示出来。该局两年来计算机共发生200次故障, 其中160次是自动检测出来, 由于有备用机, 故通信不受影响。

英国伦敦正在安装一个大型的计算机转报系统, 预计今年内将投入使用。电路容量为500条低速(50~200波特)的双工电路和30条中速电路。每天可处理电报10万份, 能够贮存10万个电报挂号, 并能保存一周的报底, 用户查询报底时可在几秒钟内得到答复。

为使自动转报系统工作正常, 不出差错, 必须要求每份电报以规定的格式发送, 否则在进入这种系统之前, 要人工重行处理。

在实际应用上, 不仅计算机可以做消息接转, 也可利用计算机作为一种控制机构来实现电路接转。

3.3 对计算机的要求

转报所用计算机的主要特性应具有下列几点:

1) 模块(软件和硬件)扩展的灵活性。转报局必须灵活地使输入、输出设备以及通信线路加进去时, 不致严重地中断工作或者需要修改主要的程序。

2) 内部程序码和外部传输编码的联用。于是可以不用变码程序和贮存磁心, 而且可以节省从一种编码变到另一种编码的处理时间。因为在整个网中有一种通用码是不切合实际的, 如果这样做会排除使用各种不同编码的终端设备而影响网路的灵活性。

3) 拦截和优先处理的性能。在处理各种不同重要性的电报时, 分别情况优先转报, 需要一个比较复杂的程序转换。

4) 输入和输出缓冲及程序的重新安排。由于电报和数据是随机进入转报系统的, 必须暂时贮存一下, 直到可以进行处理时为止。计算机有一个控制机构, 使程序在执行时自动写入磁心。变址寄存器或指数寄存器可以在程序执行中在任何时候改变程序位置。

四、传 真 设 备

4.1 概况

近年来各国随着图象传输业务的增长, 传真机的使用越来越广, 为新闻社、气象局、银行、铁路、厂矿、政府机关、公安部门等都普遍使用。按业务种类可分为文件传真、照片传真、气象传真、新闻传真等。据1971年统计, 美国使用中的传真机约25,000台, 日本约20,000台, 目前一般都利用电话电路进行点对点间传送。日本因文字关系用传真较为便利, 故特别注意发展传真技术。

新型发报机的光电系统已都采用光导纤维,电子扫描,比老式的光电系统结构紧凑,小型化而牢固可靠。发送时能自动输纸。收报记录系统用多针头静电记录,记录头导线包在硬质树脂内防止磨擦。收报时在纸上生成潜象,再用磁性电刷法粉末显象,收下底片不需要再处理。

目前一般文件传真用一个话路传送,一页约需3~4分钟,新闻传真用60路群传送,一版约需4~8分钟。

4.2 新技术动向

1) 采用频带压缩技术

由于传真中存在大量多余信息,用可变长度编码可以大大减少传送的码元。如美国DACOM公司的DFC—200新闻传真机,把原需一个超群的带宽压缩至50千赫,传送一版(15英寸×22英寸)仅需5分钟,扫描线密度为800线/英寸。日本电气公司(NEC)的新闻传真机用40千赫带宽,扫描线密度12线/毫米,传送一版需4分钟,指标较美国的略低。

文件传真方面,日本富士通公司FACOM—6551型高速传真机把原需占48千赫的带宽压缩为一个话路,用50千毕/秒速率发送 210×297 毫米文件,一页仅用30秒(扫描线密度6线/毫米)。

2) 激光传真

日本松下公司的新型新闻传真机光电系统改用激光,象元极细,大大提高收报质量,但收下底片仍需要一般的处理过程。

美国贝尔实验室研制的激光传真(用作计算机远方读出设备)是用激光在缩微胶片表面金属膜上烧灼成数百万个细孔(每帧有250万个,根据信号强弱不同而烧灼程度不等)。胶片可同时在屏幕上监视。这种胶片不需处理,可用通常方法复印在纸上,胶片本身可作永久性记录。传输频带0.5兆赫,传送一版报纸(用缩微胶片)仅用4秒。用激光代替一般的光电系统可以大大提高接收清晰度。激光传真机的重要部分是用于调制激光束的涂有压电材料层的玻璃片,这种玻璃片的制造工艺要求很高。

3) 用电视通路传真

日本广播公司于1970年设计了一套利用电视通路的传真设备,在电视信号的垂直扫描或水平扫描回线中复用,或在伴音频带内复用。

4) 彩色传真

日本松下公司和英国马尔海德公司已有产品。传送一版(8英寸×10英寸)占用一个话路,需时13分钟。

五、同轴电缆载波

5.1 发展概况

同轴电缆载波在三十年代初期,英、美两国就开始了研制工作,1938年英国有320

路载波问世, 1941年美国也有600路的L₁系统正式投入使用。虽然美国从1945年即开始研制L₃系统, 但进展缓慢, 直至1953年才有1860路(或600话路加1路电视)的同轴载波。由于半导体、电子技术和集成电路的发展, 六十年代期间载波技术才得到相应的飞跃。目前, 复用的最高频率已达60兆赫, 载波设备已经全晶体管化, 可以提供10800话路, 或6路彩色电视, 或30—36路1兆赫的可视电话。西德(和瑞典合作)和日本等国先后于1972—1973年开始使用这种系统。

1) 中同轴载波的发展

上述系统所用的同轴管的标准尺寸是2.6/9.5毫米, 叫做中同轴。每个同轴管等于一对线, 故两个同轴管就构成了一个四线制载波系统的线对。现在国外生产的同轴电缆多是综合电缆, 其中同轴管的数目有2、4、6、8、12、18、20和22管, 还有一定数量的对称线对、四线组和单芯线等, 也有包含若干小同轴管在内的。对称线对和四线组分音频与高频两种, 其直径和数量依产品而异。

各国在发展同轴电缆载波的步骤并不完全相同, 现以美国和日本为例, 列表如下, 以说明其发展梗概。

国 名	最高频率 (兆 赫)	话 路 数	始 用 时 间	增音段平均 距离(公里)	是否全晶 体 管 化
美 国	3	600	1941	12	否
	8	1,860	1953	6.4	否
	18	3,600	1967	3.2	是
	60	10,800	(1974)	1.6	是
日 本	4	960	1956	9	否
	12	2,700	1966	4.5	是
	60	10,800	1972	1.5	是

从上表可以看到, 美国的发展是600→1860→3600→10800路, 而日本是960→2700→10800路, 东德、英、法等国的步骤与日本相同; 而苏联则类似美国的步骤, 是960→1920→3,600路。虽然如此, 实际上各国同轴载波的发展规律大致是这样的: 第一步着手研究的是600路或960路载波, 但不能满足电视传输的需要, 因为一个电视通路相当于1500话路, 即约需6兆赫。第二步着重解决电视传输的需要, 所以必须进行1,800或更多一些路数的载波研制。第三步, 选取的目标应考虑到技术条件、业务需要和经济因素。还要注意将来改建的便利, 即旧系统的增音段距离必须是新系统的简单整数倍(2倍或3倍), 请参看上表所列表关于增音段平均距离一栏。

2) 小同轴载波的发展

除上述中同轴的复用以外, 还有已经标准化了的小同轴(1.2/4.4毫米)。这种电缆由法国于1950年首先开始研究, 到六十年代初期晶体管发展后, 各国才开始采用, 主要原因是其增音段短, 使用电子管实现多路载波, 既不经济也不可靠。目前它的载波系

列基本上如下:

300路(1.3兆赫)→960路(4兆赫)→2700路(12兆赫)

但是,美国没有采用小同轴载波,大致有下列几点原因:(1)小同轴的不均匀性较中同轴的不均匀性大,开通电视有一定困难。(2)小同轴的复用频率低,话路容量较小,满足不了美国大城市的畸形发展的业务需要。(3)到六十年代,当小同轴具有全晶体管化条件的时候,美国的中同轴已经铺设很多,如再新建小同轴线路,显然很不经济,所以致力于原有线路的改造,提高其复用能力,L₄(3600路)系统就是这一时期(1962—1967)的产品。与此同时,其他国家如法国、日本等却在搞小同轴多路载波系统。

小同轴与中同轴的电气特性在传输上主要的区别是前者不均匀性和衰减都较后者为大,因此小同轴存在着不易开通电视和载波增音段短的问题。

5.2 同轴电缆载波的特点

同轴电缆载波系统的特点是容量大、频率高、增音段短、质量高、稳定可靠。这种大通路载波的技术水平比较先进,主要体现在下列几个方面:

1) 完善的均衡和导频自动调整系统。为了保证系统良好的均衡特性,使两个有人站间的均衡偏差在 ± 0.5 分贝之内,必须在无人站和有人站间配置各种增音机,如基本增音机、调节增音机和均衡增音机等等,除其中一部分由人工控制调整之外,还有地温控制和导频自动调整系统。最近日本发展一种公共自动调整增益系统,无人站的增音机简化为一种热敏电阻控制方式,同时再由有人站通过信号线送来导频,以控制两个有人站间的所有无人站增益的自动调整,于是能够精确地进行调整,维持较好的信号杂音比。

2) 宽频带、低杂音、低失真、高稳定的放大器。满足放大器的这些要求的先决条件,必须有新型的晶体管,在60兆赫放大器内的晶体管的特征频率,前二级为2千兆赫,末级为3千兆赫,在输出0分贝时,二次谐波衰减应在80分贝以上。采用薄膜混合集成电路,反馈环路应尽量短,使它的过相移每兆赫不大于 0.2° ,否则相移就会影响到电视和数据传输。

3) 新型滤波器和网络的应用。采用新的体积小、品质因素高的铁氧体以研制LC滤波器,也有用单片晶体滤波器和机械滤波器的。由于分布电容和分布电感以及元件的布线安装对设备特性都有很大影响,故在高频时都要加以研究解决。关于新的通路滤波器有二种设计,西德用机械滤波器(中心频率50千赫),而日本倾向于用LC滤波器,因为后者便于改善通带内的相移,有利于数据传输。均衡网络采用钟形网络、余弦网络等。

4) 高稳定度的晶体主振器及其分频倍频技术。晶体主振器的稳定度要求每年小于一亿分之一,所以要有精确切割的晶片和高度真空密封的容器。主用和备用之间要有相位同步,以便相互转换时不影响传真、电视、数据等信号。谐波发生器用阶跃恢复二极管来产生丰富的谐波。分频技术本来是用 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{3}$ 容易做好,现在的技术是 $\frac{1}{4}$ 分频,也能做到稳定可靠。

5) 遙控、遙測、遙信和自動測試、自動轉換的技術設施。晶體管化的載波系統都採用直流遠供，對地電壓約一、二千伏，視系統而異，一般採用直流——交流——直流的變換，沿同軸管通過串聯電路進行恒電流供電。為保證系統的穩定可靠，提高維護效率，所以必須提供各種自動化遙測、遙信、測試、轉換的設施，以便在不中斷通信的條件下，進行必要的維護工作。

6) 防水、防震、防熱的設備安全措施。因為同軸載波增音機除有人站外均置於地下人孔內，故須有防水、防震、防熱的措施，保證設備的安全。放大器產生的熱對無源部件可能產生有害的影響，但在人孔中輻射和對流都是困難的，因此需要設法把熱由機盤傳導到土地去。

5.3 國外動向

1) 頻譜序列化。目前國外載波頻譜序列已逐漸趨於定型，按積木式發展，以便增加各種載波終端設備，包括明線、電纜、微波等的通用性。現在基本上有兩種序列如下：

第一種，目前美國採用。

基群12路→超群60路 (12×5) →主群600路 (60×10) →巨群3600路 (600×6) →10800路 (3600×3)。

第二種，以西德、日本為代表，也符合國際電報電話諮詢委員會的建議。（日本廠家除按這一種生產之外，還另生產一種，即在超主群之後加上一級3600路的巨群。）

前群3路→基群12路 (3×4) →超群60路 (12×5) →主群300路 (60×5) →超主群900路 (300×3) →〔2700路= 900×3 〕→10800路 (900×12)。

2) 提高系統可靠性。由於同軸系統的路數多和增音機多，保證通信暢通顯得十分重要，況且許多地下機線設備檢修困難。故許多國家都在努力提高元、部件的可靠性，一般按壽命20年來要求，對於每個晶體管的可靠性選取的标准是每工作一億小時不到一次故障（即10菲特）。2700路載波系統每一增音機的可靠性要求不大於350菲特，10800路載波系統每一增音機的可靠性要求不大於200菲特。

3) 繼續小型化。各國還在進一步研究新技術，新器件，以縮小體積。西德已制出一個容納600路的通路架。一些新元件、器件，例如，鉍膜電阻、超小型水銀繼電器、邊界層電容、混合集成電路、單片晶體濾波器以及機械濾波器等都在研究發展中。

4) 擴展复用頻率。現在增音段最短的已達1.6公里，故進一步擴展傳輸頻帶（如200兆赫），須相應採用更大的同軸電纜，以免過短過密的增音段。在設備方面要進一步研究高頻率的晶體管，載波主振器可能要與原子振盪器同步，要研究新的自動均衡相位和振幅的方法，還要研究新的濾波器，如有源濾波器，使其阻帶特性陡峭，又要通帶時延很小。

5) 高速數據傳輸。為適應日益發展的高速數據傳輸的需要，新的載波系統須採取各種措施，例如，并路、并群、移動或取消頻帶中監頻位置，提高載供轉換速度，減少相移和電平波動，以及加裝“數字再生中繼器”等等。

6) 改進同軸電纜的結構。當前電纜護套的改進是一個重要課題，例如，以鋁代鉛的

研究,要解决水密性、耐蚀性、弯曲性和经济性等方面的问题。小同轴塑料护套的防老化问题也在研究改进中。此外,有的国家还把外导体的铜管改为双金属材料,例如,美国制成的cloax的外导体是把一层薄铜带粘在一层钢带上,可省铜约60%,不仅电气性能改进,阻抗均匀,而且抗弯强度增加四倍,抗拉强度增加二倍。

7) 增加同轴电缆品种。国外有研制地下和架空轻型单管同轴电缆的趋向,例如,法国制成的CAL型电缆是用有防护措施的厚约0.8毫米的无缝铝管,挤压做成外导体,并分架空与地下两种。瑞典的单管架空电缆则将同轴对和钢绞线组成一个整体,在表面挤一层呈8字形的防日光老化的聚乙烯外护套。这种电缆一般可复用到1.3兆赫,开二线制120路载波;也有阻抗特别均匀、适于传输电视的。这些电缆的结构和尺寸各不相同。有的国家如英国,在研究微型同轴综合电缆,每管是0.65/2.8毫米,有2、4、6、8、12管等几种。这种电缆准备做中继电缆之用,可开60路载波或脉码调制120路。

六、海底电缆载波

6.1 发展概况

作为洲际通信手段,海缆系统和卫星通信系统各有所长,在技术和使用上互相补充。海缆系统的优点是:寿命长(约20年)、容量大(约三千话路)、串杂音小、保密性强。它的缺点是:建设时间较之卫星地面站要长,电缆的浅海部分易受意外的损害(如捕鱼、抛锚等)以及线路固定难以移动等等。

第一条海底电缆载波始于1956年,是联接英国与加拿大的TAT-1系统,采取双电缆四线制,叫“SB”制,提供三千赫宽的话路48路。到了60年代,由于电缆技术和晶体管的发达,国外海缆系统普遍采用了单电缆二线制,双向共用一个放大器,1969年设备达到全晶体管化。现在国外的水平是最高复用频率36兆赫和宽频带话路2700路或3千赫频带3600路。

在海缆载波系统方面大致有两类,一种是美国BTL制,另一种是英国BPO制,它们的发展概况及有关性能,请参看下表。

项 目	类 别	美 国	B	T	L	制	英 国	B	P	O	制
始 用 年 代		SB	SD	SF	SG		0.6兆赫	1兆赫	3兆赫	5兆赫	14兆赫
		1956	1963	1970	(1976)		1961	1965	1968	1969	1971
传 输 方 式		单 向 双 电 缆	双 向 单 电 缆	双 向 单 电 缆	双 向 单 电 缆		双 向 单 电 缆	双 向 单 电 缆	双 向 单 电 缆	双 向 单 电 缆	双 向 单 电 缆
通 话 路 数 (a 为 3kc 话 路, b 为 4kc 话 路)		a. 48	a. 128	a. 845	a. 3500 或 b. 2700		a. 80	b. 160 或 a. 120	a. 360 或 b. 480	a. 640 或 b. 480	a. 1840 或 b. 1380
传 输 频 带 (兆 赫)		0.02~ 0.164	0.108~ 0.504 0.66~ 1.052	0.375~ 2.920 3.575~ 6.12	~27.5		0.06~ 0.30 0.36~ 0.60	0.06~ 0.552 0.672~ 1.164	0.312~ 1.428 1.848~ 2.964	0.312~ 2.292 2.792~ 4.772	0.312~ 6.016 7.996~ 13.70
电 缆 形 式 (深 海)		铠 装	轻 量	轻 量	轻 量		轻 量	轻 量	轻 量	轻 量	轻 量
电 缆 总 外 径 (吋)		1.25	1.25	1.75	/		1.3	1.3	1.25	1.25	1.75
外 导 体 内 径 (吋)		0.62	1.00	1.50	1.1		0.99	0.99	1.00	1.00	1.47
增 音 机 形 式		软 式	硬 式	硬 式	硬 式		硬 式	硬 式	硬 式	硬 式	硬 式
放 大 器		电 子 管	电 子 管	晶 体 管	晶 体 管		电 子 管	电 子 管	电 子 管	晶 体 管	晶 体 管
增 音 段 距 离 (哩)		37	20	10	5.4		26.3	17.3	9.5	7.5	6.5
系 统 最 大 通 信 距 离 (哩)		2000	3500	4000			2100	3000		3500	4000
备 注				起 初 是 720 路	在 研 制 中						

日本的海缆载波系列是1、3、5、10、12和36兆赫等，有些象英国BPO制。日本的研究工作始于1967年，1969年引进了美国1兆赫系统的全套技术，在三年左右的时间就发展到36兆赫，大有超过英美之势。

海底同轴电缆都是单管同轴电缆，与陆上的结构完全不同。它采用实心聚乙烯绝缘，以免外导体受外压变形，从而保证电缆的电气特性。其同轴对的尺寸比陆上的同轴对大，按其外导体内径来分，有38毫米（1½吋）和25毫米（1吋）两种。因为浅海电缆容易受损或破坏，故加铠装，而深海电缆虽不加铠装，但为增强电缆的抗拉强度，其内导体是空心的，内置多股钢绞线。一般浅海铠装电缆只限25毫米一种，以免电缆太粗太重。

海底同轴的阻抗也和陆上的不同，一般有44和60欧两种，而陆上的同轴对的阻抗却是75欧。海底电缆参数的精密度要求是各种电缆中最高的，对给定的标称值允许最小的误差（为百分之零点几），因此对原材料的要求和生产过程的质量控制都十分严格，例如，同轴的绝缘直径要求误差小于 ± 0.2 毫米，偏心率误差在千分之五以内，内导体直径误差在 ± 0.025 毫米以内。

6.2 海底电缆增音机的特点

海底同轴电缆所用的载波设备属于二线制双频带类型，所以终端机无特殊之处，而增音机部分则有许多特点。

1) 特殊外壳

从增音机外壳来说，因在水下并可能在深海8000米敷设，必须耐水压每平方厘米800公斤。密封性能要求经过二十年机内相对湿度增加不大于20%。由于长距离远供电电压高达6千伏，故机内绝缘须非常良好。其外壳材料采用铍铜合金，而不用钢，因为铍铜受腐蚀后，金属表面变化缓慢而且均匀，不至深入一点造成局部穿孔。

2) 高可靠性

由于海底增音机在敷设后如出障碍，检修十分困难，为了保证通信畅通，一般对海底电缆系统全程3600哩的设计目标是十年内只允许出一次故障。海缆增音机的可靠性要求比陆上同轴电缆增音机要高一个数量级，例如，海缆12兆赫系统的可靠性要求为350菲特。为此，必须在制造过程中对所有材料和元件反复进行老化、筛选和检验，各道工序直至组装成机都须道道把关。生产环境的净化是保证产品质量可靠的一个重要条件，例如，为了生产远供用的耐压纸电容器，只允许每立方呎中有0.5微米以上的尘埃100个；装配增音机时，只允许每立方呎中有0.5微米以上的尘埃3000个。（平常环境里则有几十万个以上的尘埃。）

3) 低杂音

海缆系统的线路杂音以每公里1微微瓦为标准，而陆上电缆和微波系统则是每公里3微微瓦。因此，首先需要低杂音的高频晶体管，采用氮化铝薄膜电阻、边界层电容、钽电容等等，都要质量稳定和寿命可靠。放大器采取基极接地来减少失真并增加稳定性。

4) 精密均衡