

加速开发光纤通信 迎接新的技术革命

杨恩泽 杨同友

利用光波通过用高纯度的石英玻璃制成的光导纤维(简称光纤)传送信息,是七十年代发展起来的新的通信技术,与现有电通信相比,它有通信容量大、中继距离长、抗电磁干扰、节约有色金属、体积小、重量轻和保密性好等许多优点,所以,得到了世界各国的重视,其发展速度之快、推广应用范围之广,为通信技术史上所罕见。

为了建立大容量、长距离和高质量的信息网系统,世界工业发达国家都在积极发展光纤通信技术。在西方经济衰退的过去几年里,光纤通信一直在迅速发展,1983年世界光纤市场的销售额估计比1982年增长41%,敷设光纤达27万公里,比1982年多10万公里。

目前,从技术上看,光纤通信在市话中继和长途通信的实用化研究已经成熟;下一个目标就是用户光纤通信系统的深入研究。此外,光纤通信应用已远远超出公用通信的范围,它在自动控制、传感系统、宇航、医疗卫生、电力、广播等许多领域已得到广泛的应用。从世界范围来说,一个新型的光纤通信产业已经形成,它将对人类进入“信息时代”起着巨大的推动作用。

信息网系统的支柱包括光纤通信技术、数字技术和计算机技术。为适应新技术革命的需要,应尽快发展我国的光纤通信技术。

一、新的技术革命与光纤通信

当前国外学者纷纷议论,认为从七十年代后期至本世纪末,整个世界将发生以微电子学、信息科学、生物工程、材料科学和能源五大科学为基础的新的技术革命。随着微型电子计算机的广泛使用,信息科学将是这次新的技术革命的基础,因为它将影响整个社会的各个领域,直到每个家庭、每个人的生活习惯。当代世界的任何技术革命都将以信息的产生、处理、传递、存储和使用为基础,信息的产生、加工和流通所产生的价值将超过传统工业的生产、加工和流通所产生的价值。信息对人类的生存具有和物质、能源同等的重要地位。因此,有人说,到本世纪末,人类社会将进入“信息社会”或所谓“高级知识化社会”。

计算机处理复杂信息的能力和巨大的存储能力扩大了智能模拟,促进了向信息社会的演变;大容量和超大容量通信系统的发展加速和促进了信息的传递和使用。因此,在信息社会里,计算机和通信势必融为一体,组成一个所谓的信息网系统(INS)。信息网系统的支柱包括光纤通信技术、数字技术和计算机技术。因此,实现信息网系统的基本先决条件之一是光纤通信系统,它包括光纤、光缆和各种光电器件。

目前，许多国家都在计划建立全国性的信息网系统。例如，日本政府已正式宣布到1995年完成全国性信息网系统。在这个过程中，发展光纤通信的计划是：

1. 1984年完成从北海道到九州的全长为2830公里、码速为400兆比特/秒的单模光纤通信系统的建设。

2. 几年后将完成1.6千兆比特/秒单模光纤通信系统的实用化。

3. 从1983年起开始建立用户光纤通信系统。通过光纤把各种信息送到每个家庭。现已在东京郊区安装了标准的光纤用户系统，同时向用户传送模拟电视信号和电话信息。

4. 1986年将把信息网系统的服务区扩大到十大城市，1987年扩大到所有县，1995年完成全国统一的信息网系统。

全国统一信息网系统的完成将把整个社会的各个领域、各个部分有机地联系起来；把每个家庭的电视机、电话机与计算中心联系起来。人们可以从电视机屏幕上根据自己的需要阅读各种报纸、书刊，点播电影，查找资料和订购各种商品，请医生看病也可以不去医院，生活习惯将发生深刻的变化。

二、世界光纤通信的飞速发展

为适应新的技术革命的需要，许多国家都在大力发展光纤通信技术，其发展速度之快，应用范围之广，为通信技术史上所罕见。

以短波长（0.8~0.9微米）光源和石英多模光纤组成的第一代光纤通信系统已很成熟，中小容量、中短距离光纤通信系统已在市话中继线路和短距离传输中得到了相当广泛的应用。

以长波长（1.3~1.5微米）光源和单模光纤为代表的第二代光纤通信系统也相当成熟，已在中等距离的通信线路上使用，并即将在长途干线上使用。

技术的成熟促进了生产的发展。一些国家在最近几年内，光纤光缆及光纤通信设备的生产大幅度地增长，光缆线路的敷设规模也相应地迅速增长起来。世界三大光纤光缆制造公司——美国西电公司、康宁公司和日本住友公司光纤年产量都超过12万公里。西电公司的光纤生产能力每天达一万公里，一般产品的损耗值已接近理论极限，带宽可达1.5千兆赫·公里。最近日刊报导，1984年住友和昭和公司的光纤产量将翻一番，其他不少国家也正在迅速扩大生产。

在光缆的敷设规模上，1983年一年中敷设光缆的光纤总长度为27万公里，比1982年增加10万公里。

日本在国内过去已分散地建立了一些中短距离的光纤通信系统。1983年2月，日本又开始敷设全长为2830公里的1.3微米，400兆比特/秒的单模光纤通信系统。全线分29个区，已在20个区同时施工。这是目前世界上最长的光纤通信系统。据透露，日本所生产的长波长光纤和器件的价格都已与短波长基本相同；它的单模光纤的生产成本已与多模光纤相当，通信容量和通信距离比多模光纤系统的大得多，因此日本今后将只发展长波长光纤通信系统，在长途通信中只采用单模光纤。

日本光缆及光纤通信设备生产的大发展为产品出口提供了物质基础。日本曾向美国

出口单模光纤通信系统；为阿根廷建立了一个光纤总长为 8000 公里的长波长数字网；富士通公司向香港出口了大量光纤通信设备，到 1982 年底已为香港电话公司敷设了 2900 公里光纤，计划到 1985 年敷设光纤总数达 7000 公里。

英国制订的发展光纤通信的规划相当可观，第一阶段敷设 3600 公里多模光纤线路，到 1982 年已全部开通营业。从 1985 年起，英国电信部门将每年订购 100 个 140 兆比特/秒光纤通信系统，这个发展计划是英国同轴电缆以往最快发展速度的两倍。第二和第三阶段计划敷设光纤通信线路 22,400 公里。

英国 140 兆比特/秒，1.3 微米单模光纤通信系统已标准化，中继距离接近 30 公里，现正在推广应用。同时，140 兆比特/秒、1.55 微米、102 公里无中继的单模光纤通信系统也正在进行试验。

美国已完成了 1.3 微米，432 兆比特/秒单模光纤通信系统的场地试验，1983 年冬天开始敷设这种系统，计划到 1985 年敷设 2,000 公里。贝尔系统最近采用一种特殊的 C^3 激光器进行了 420 兆比特/秒、161.5 公里无中继传输实验。这是当前的世界记录。该系统有三个特点：（1），采用稳定的 1.55 微米单频激光器，（2），光电检波器为暗电流很小的 InGaAsP—APD，（3），很长的单模光纤，最长的一根达 52 公里，接头损耗显著减小。该系统对今后发展长途光纤通信，特别是海底光缆通信有积极作用。

目前，许多国家正在利用长波长单模光纤通信系统发展海底光缆通信。日本研制了最大距离为 1000 公里，中继距离为 40 公里、码速为 400 兆比特/秒的海底光缆系统，正在进行无中继海底光缆通信的场地试验。英、美、法等国也都在积极进行场地试验。由于海底光缆通信系统有维修困难的问题，所以特别注意系统的可靠性和稳定性。

从目前的情况来看，光纤通信已基本完成了市话中继线路和长途通信的实用化研究，并已进入推广应用阶段。下一个目标就是用户系统，它是今后光纤通信的最大市场，在全国性的信息网系统中，用户系统占有最大比例，它必将是今后光纤通信的重要应用领域。西德的“光岛”，法国的“光纤城”，都是这种系统的代表。

光纤用户线路的主要问题是成本较高。采用波分复用技术和高质量的模拟光纤系统是解决成本问题的重要途径。估计八十年代末期将进入实用化阶段。

以超长波长（2 微米以上）和外差光纤通信系统为代表的第三代光纤通信系统正在迅速发展。

为了增加通信距离和扩大通信容量，正在研究各种非石英系极低损耗光纤材料，某些材料的理论损耗低至 10^{-13} 分贝/公里，但目前只能达到 12 分贝/公里。另一方面，采用外差光纤通信可提高接收机灵敏度 20 分贝，采用激光放大器直接放大微弱的光信号可以增加光纤通信系统的电再生中继距离。在这些技术方面，国外已有实验系统，它已经证明了系统的可行性和优越性。这种技术的关键是光电器件性能的较大改善，制造成本的降低。

三. 我国光纤通信的水平

目前，我国的短波长市话光纤中继系统和其它短距离光纤通信系统已初步实用化。武汉 8.448 兆比特/秒，120 路市话光纤中继系统，电路的可用度接近 100%，电路通

话质量，如音质、音量、清晰度和串话等远优于原市话电缆中继线。相片传真、真迹传真、载波电报及 4800 比特 / 秒数据业务开放试验结果均优。对系统的实用化考察分析表明，各项技术指标均符合国际电报电话咨询委员会 (CCITT) 标准，性能稳定可靠，维护方便，具备了推广应用的条件。1.3 微米、34 兆比特 / 秒，480 路中继系统已经进网试用。

光纤的研制方面，我国 1978 年以来发展很快。用化学汽相沉积法 (MCVD) 制造梯度 (GI) 多模光纤在短波长损耗已接近世界水平，在 0.85 微米波长损耗低于 3 分贝 / 公里。长波长光纤损耗仍较高，在 1.3 微米波长，平均损耗在 1.0 分贝 / 公里以下，最好可达 0.5 分贝 / 公里；在 1.55 微米波长，最好可达 0.28 分贝 / 公里。在光纤带宽方面，离世界水平还有相当的差距，一般为 200~400 兆赫·公里，好的可达 800 兆赫·公里，个别可超过 1 千兆赫·公里。光纤的其他指标均符合 CCITT 标准，现已能小批量生产。

光电器件方面的水平较光纤要差，主要是激光器的工作稳定性和寿命的课题。投入实用仍有问题。

0.85 微米波长的激光器已能小批量生产，输出功率可达 2~30 毫瓦，谱线宽度达 2~15 埃，阈值电流为 50~150 毫安。寿命在一万小时以内。0.85 微米波长的 LED 可靠性和寿命较好，输出功率一般为 1~2 毫瓦，耦合进入光纤功率可达 100 微瓦，Si-PIN 和 Si-APD 光电检波器的发展较早，其性能接近国外同类产品水平。

1.3 微米 InGaAsP 激光器的研制进展较快，目前已可试生产，输出功率可达 2~10 毫瓦，谱线宽度一般在 20 埃左右，但其可靠性仍需要在应用中考验，寿命也需提高。

1.3 微米光电检波器，如 Ge-APD、InGaAsP-PIN 也发展较快，已有典型产品，InGaAsP-PIN 的量子效率可达 40%。InGaAsP-PIN-FET 接收组件已可投入试验性生产。

四. 对我国光纤通信发展的建议

为了尽快发展我国的光纤通信技术，必须及早明确和解决以下几个问题：

1. 在市话光纤中继系统中，发光器件和波长的选择。

我国的市话中继线一般不太长，容量也不太大。据统计，在我国，中继线在 7 公里以内的占 80% 以上。7 公里以上的不到 20%。容量一般小于 480 路。在这种情况下，作为市话中继线一般要求光纤系统不设中继器以提高系统的可靠性，降低成本。在发光器件的选择上，首先应考虑器件的可靠性，其次是可维护性及经济性。从这个角度出发，无论是短波长或长波长，以采用发光管为宜。国内的短波长发光管基本上可以实用；长波长发光管仍处于研制阶段，但由于制造工艺难度较小，估计再过一、两年就可以投入实用。基于国内的现实情况，在最近几年内可以选用短波长发光管，其通信距离从理论计算和武汉 120 路市话中继线系统证明可达 8 公里。而对于 480 路系统，由于光纤色散的限制，中继距离仅约为 4.5 公里。如果在光源和光纤间插入滤光片，则可提高到 6.5 公里。因此，在最近几年内宜于建立 120 路短于 8 公里的中继系统。这已可以满足 80% 的中继线的需要，如果急于建立长于 8 公里的系统，则必须加中继器。再过一、两年，长波长发光管及探测器可投入实用，则 480 路系统可达 10 多公里，它已经能满足

国内绝大多数市话中继线的需要了。因此，目前长波长发光管在国内有特殊意义，应下大力气研究，它能否实用标志着市话光纤通信中继系统能否普遍推广。此外，还要进一步研究适于传送 1920 路，且功率较大的发光管以适应某些特殊地段的需要。

关于光纤的选择。在市话中继系统上使用的光纤，如系统在 480 路以内，则不论是短波长或长波长，都可以选用带宽 200~400 兆赫·公里（用激光器测得）的多模光纤，其损耗则可根据距离的远近而定。当单模光纤能大量生产，耦合及接续技术为人们熟练掌握时，也可以用单模光纤及单模激光器，以便统一规格并可利用不适合于长途通信的低档光纤和激光器。

2. 长途光纤系统应采用单模光纤还是多模光纤的问题。

目前，我国正计划建立长途光纤通信线路，预计 1986 或 1988 年完成 130 公里的试验段，接着还要着手 1500 公里的长途干线建设。应尽早考虑好具体方案。

长波长单模光纤有很宽的带宽和很低的损耗，在大容量长距离长途通信干线中，从可靠性、经济性及可扩容性几个方面看都应该积极发展长波长单模光纤通信系统，日本和美国的经验已经证明这一点，对此大家的认识是一致的。现在的问题是，在我国单模光纤还不成熟的情况下怎样试验和发展长途光纤通信。目前，有两种观点：一是主张尽早建立多模长途光纤通信试验系统；另一是建立单模长途光纤通信试验系统。前者的理由是，我国的单模光纤技术不成熟，用多模光纤能较快地建成，后者的理由是，根据外国的发展情况，长途光纤通信系统都已趋向于采用单模光纤，我们可以跳过多模直接进行单模光纤通信系统的研究，可以更快地发展我国的光纤通信。

我们认为，两种观点的出发点都是积极的，不过前者单纯从我国自己的技术水平考虑问题。实际上，从我国几年来发展光纤通信的情况看，单靠自己的力量就有可能使我们与发达国家的差距越来越大。如果能引进国外的单模光纤技术，则既可以加速生产进度，又可降低生产成本，这将能加速我国光纤通信的发展。所以，我们建议尽可能早地引进单模（及多模）光纤生产线，这是解决矛盾的关键。但是，在单模光纤生产线引进以前，决不能有等待思想，我们一定要迅速组织力量，加强单模光纤的研制，逐步掌握单模光纤的熔炼、拉制、测试、接续、成缆和施工等多方面的技术，为加速发挥引进设备的作用及加速建设单模光纤通信系统做好准备。

在光纤生产线引进以后，应停止在长途干线上采用铜缆及明线。也应停止在大中市话分局间采用对称电缆作为中继线，全部用光缆代替。

最近拟进口产品建造长途光纤通信系统，那将毫无疑问的应采用长波长单模光纤。

3. 努力提高光电器件的性能

光电器件在光纤通信系统中是关键部件之一，光源工作于高电流密度及高功率密度（激光器），既有慢蜕化问题，也有突然夭折的问题。因此，可靠性及工作寿命是使用者所特别关注的问题。目前，国内生产的激光器在可靠性上存在不同程度的问题。对此必须给以重视，要从基本实验及机理的分析入手，改进工艺，提高质量，提高可靠性使之适合实用化的要求。研究的重点应放在长波长激光器及光电检波器。长波长发光管的通信效果，在码速不太高的情况下与短波长激光器相当，但其可靠性及寿命却高得多，故应加速研制，以适应即将推广的市话中继系统的需要。短波长发光管和 APD 虽已可使

用，但其质量仍应改进提高。长波长III—V族APD已显示出优越性，故应投入一定人力进行研究。此外，为了长距离通信需要，应注意1.55微米光源的研究，也要研究分布反馈激光器和C³激光器等窄谱线激光器。

4. 加强基础研究，注意新技术的发展

基础理论及基本技术是推动技术进步的基础，过去对这方面的工作注意不够，更多的人力投入到具体工艺上，这对光纤通信的进一步发展不利。为了使我国的光纤通信技术能够扎扎实实地稳步前进，我们必须重视光纤通信基础理论及基本技术的研究，调动更多的人力转向这一工作。

外差通信有利于提高中继距离及波分复用的复用系数。据估计，在1.55微米波长，采用外差通信，中继距离可达400公里以上，这对我国人烟稀少，不利于设中继站的地区有特别重要的意义。光放大器用作无再生中继器，设备可以简化，功率可大为降低，对于长途干线的建设非常有利，因此，外差通信和光放大器均应予以注意，加速研究。

非石英系极低损耗光纤的研究显然短期内不能取得显著成效，但它可以用来制造超长波长的超长距离无中继光纤通信系统的光纤，所以，仍应投入一定力量进行研究。

光纤通信与卫星通信是未来通信中的两种主要形式。随着光纤通信系统造价的逐步降低，光纤通信将可代替点对点的卫星通信。

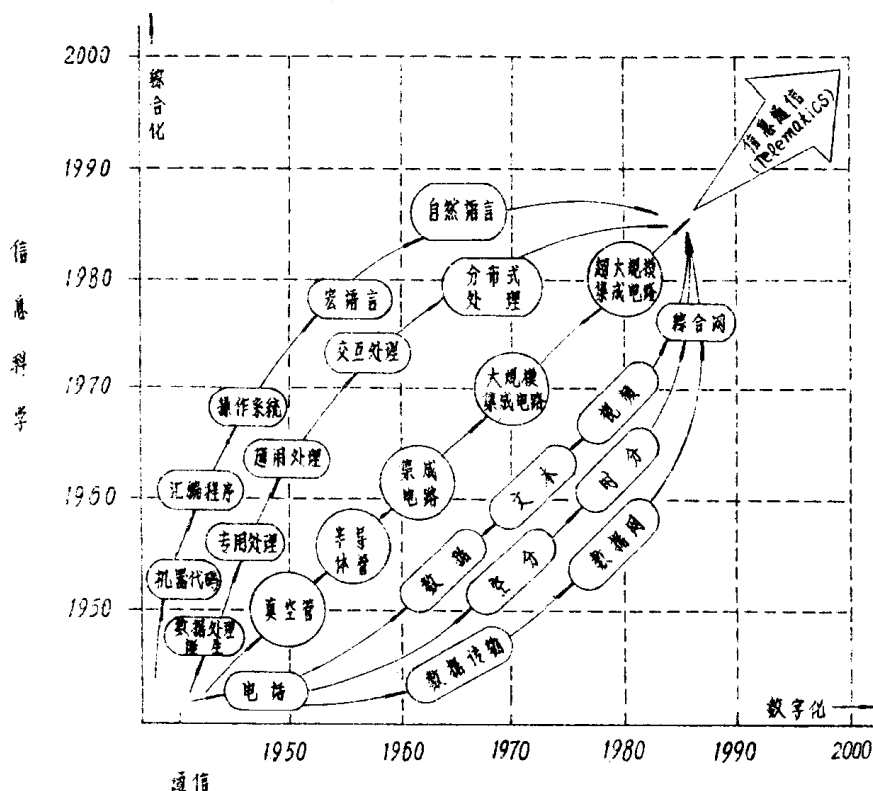
光纤通信已经显示出它的优越性，随着光纤通信技术的进一步发展，一定将会显示出更大的优越性和重要性。我们应该迎头赶上，做好研究与开发工作，迎接新的技术革命的到来。

展望新的技术革命 加速网路数字化建设

——关于综合业务数字网的2000年预测

李 洪

目前世界上发达与较发达的国家与地区,已经开始新的技术革命,标志了“信息时代”的到来。信息的含义可以是很广泛的,而当前的信息革命,则是以微电子技术为核心,以计算机的广泛应用及其与通信的日益紧密结合为基础。通信网作为现代社会与经济的基础结构的重要作用亦将日益显著。在传统工业社会中,通信网主要传递语音与文字,即电话和电报通信,已经不能适应今天的要求,不充分利用当代微电子技术和计算机技术的丰硕成果,发展数字通信技术与实现智能化,也是不可思议的。综合业务数字网作为通信网路技术的发展方向和各国的开发目标,正是适应这种新形势和新挑战提出来的,这是不以人们意志为转移的。下图示微电子技术,信息科学与通信的进步以及网



微电子技术信息科学与通信的进步

路向数字化与综合化的发展。当然,现代通信网属于技术密集型与资金密集型产业,技

术与资金是两个制约因素，而网路开发的一个决定因素则是业务的需求。但是，我们应当注意充分利用有利时机，抓紧应用新的科技成果，加快发展速度，力争缩小我们同发达国家在经济上和技术上的差距，以便把我国的社会主义现代化建设搞得更好。在通信网方面，就必须积极推动网路数字化建设，及时开展对综合业务数字网的研究，使通信的现代化建设在国民经济的发展中，产生更大的社会效益和经济效益。

一、综合业务数字网的目前发展与 2000 年预测

综合业务数字网目前尚处于研究试验阶段，具体表现在以下五个方面：

1. 加速网路数字化建设：综合业务数字网（Integrated Services Digital Network，简称ISDN）的基础是综合数字网（Integrated Digital Network，简称IDN），法国于1975年建立了世界上第一个地区综合数字网，随着微电子技术、光纤通信与数字通信卫星的迅猛发展，八十年代综合数字网即进入了大发展时期。从积极推行数字化政策的法国、加拿大以及模拟网十分发达、完善的美、日等国来看，无不致力加速网路数字化建设。法国1980年网路数字化率：长途传输为14%、本地传输为60%、市话交换为10%。1983年起不再装用模拟交换机，只装用数字交换机，1985年以前即有一半以上用户线连接至数字局。计划到1990~1992年，网路全部使用程控交换机，其中70%是数字的，市话网的100%、长途网的80%可实现数字传输。美国在1980年底已安装数字交换机约一千部，其中容量可达10万线的长途数字交换机（No. 4 ESS）1982年底装用达86部，占长途交换总容量的20%；容量可从1000~10万门的市话数字交换机（No. 5 ESS），1981年底投入试用，计划从1984年起每天出厂一部。1980年底美国已有1.6亿电路公里的T型数字电路，800万电路公里数字微波，25万线数字用户载波，市内传输40%已实现数字化。计划至1990年，市内数字传输达90%，其中光纤系统占1/3；长途数字传输将占25~30%；长途数字交换提高至80%；市内数字交换占20%；局间共路信令网将扩大至95%，长途局间中继线与大部分的市话局，为80%的用户线服务，并将改用适用于综合业务数字网的No.7信号方式。北美的另一个国家——加拿大，已经配套成龙生产了一系列数字交换与传输设备，均已投入使用，计划到1990年，75%的长途交换局、70%的中继线、25%市话交换局将实现数字化。从近年来的发展趋势来看，由于程控数字交换、光纤传输以及时分多址通信卫星的成功使用，网路数字化的进程要比原先预计为快。

2. 大力开发新业务

信息社会对通信业务提出了新的与多样化的要求，包括从语声到视觉，从固定到移动体之间，从人——人到机——机——机之间的数据通信以及多种复合通信。特别是非电话业务的迅速增长，有力地促进综合业务数字网的发展。至2000年，综合业务数字网可能要综合的通信业务将包括：

- ① 话音（电话、可视电话、移动电话通信）；
- ② 信息传输（用户电报、智能用户电报、传真、电子信函等）；
- ③ 信息指南（电子报纸、电子刊物）；
- ④ 信息检索（数据库、信息库、存储、计算簿记等）；
- ⑤ 信息处理（编辑、文件处理、翻译）；

- ⑥电子资金转移（购物、电话付费）；
- ⑦娱乐（游戏、比赛、电影、图象、音乐）；
- ⑧教育（单向系统、双向即对话系统）；
- ⑨医疗护理（简单诊断、远程诊断系统）；
- ⑩其他（用调查表进行调查、选举投票、民意测验、监视、告警、远程读表、遥测、遥控、远程指挥等）。

用户可能使用的终端将包括话机、视频显示器、传真机、印字机、键盘、光学文字阅读机、个人计算机等等。

从目前情况来看，上述许多业务，均以不同程度开始使用或试用。新业务中最主要的是数据业务，1980年，美国使用着的计算机已达50万台，发达国家年增长率持续在20%以上，低成本与可靠的数据流已成为各国经济的生命线，据估计数据通信年收入已达110亿美元，今后将继续迅速上升。

其他如电子信函：加拿大的“Telepost”，始用于1972年，已在全国范围开放业务，采用电传传输；英国的“Post Fax”（1975年，10城市传真）、法国的“Telecopy”（1974年，9城市、传真），瑞典的“Teleletter”（1973年主要城市、传真）、瑞士的“Faxogram”（1976年，6城市、传真），美国于80年代将建立87个公用电子信函中心，1982年达1千万件。据称由于纸张、劳力、运输费用的不断上涨，而电子信函成本每年平均下降7%，西欧电子信函年收入将从1980年的7500万美元，到1990年可望增长至10亿美元。电子资金转移即不用纸张的现金或支票支付或结汇，现在已从北美、欧洲发达国家扩展至国际与洲际范围。电视会议业务，在美国许多大公司已经使用，国际商业机器公司正在利用SBS（卫星商业系统）数字卫星通信系统大大推广此项业务，许多国家都正试验开放业务，如加拿大的TCTS会议电视系统，英国的“Confravision”（国内1971年，国际1975年）、澳大利亚的“TV—Conference System”（国内1974年，与英、美国相通，1973年）、瑞典“Conference TV”（国内1974年，与英、荷相通1975年）、荷兰的会议电视系统（与英、瑞典相通，1975年）、法国的“Video Conference”（巴黎1975年），以及日本等国系统。

随着计算机的广泛应用，信息处理和通信相结合，出现了许多新的信息业务，统称“Telematique”，包括用户传真、智能用户电报（Teletex）、交互型可视数据（Videotex）、电写（Telewriting）等，目前都处于蓬勃发展状态，日本传真机年增长率为40%，智能用户电报已作为办公室自动化的主要手段之一广泛使用；交互型可视数据有的已正试使用，许多国家也都在积极试用，法国的“Teletel”目前已有3000户试用，估计到1992年将拥有3千万台终端；另一种“电子电话簿”，不仅可查号，还包括文娱、体育、旅游等信息检索业务，终端价格不到100美元，1982年免费提供25万部终端试用。

必须指出，当前大多数的数据业务以及上述绝大部分的新业务都是利用现有模拟网进行传输与交换的，这主要是历史与现实因素所决定的。新业务中主要是数字信息与图象信息，而且广泛与信息处理相结合，从根本而言，综合业务数字网可能提供成本低、可靠性高、方便使用的服务，而且便于发展其他多种通信新业务。

目前还值得注意的一个动向是利用数字卫星系统开放各种数字业务，如上述SBS系

统，已开放数字语音、高速数据传输、图象通信、会议电视等综合业务，它将连通20个大城市和交换中心，据称除现有专线和电路交换数据业务外，还将按照SNA协议标准建立分组交换网。其他国家也计划利用数字通信卫星构成综合业务数字网。另一动向是应用微处理控制的数字小交换机的综合传送语音与数据的系统，如英国 Plesseg 公司的 PICS (Plesseg 综合通信系统)，把数据、文本、图象和内部电话系统综合一起，多个终端经过PDX数字小交换机交换，用64千比特/秒码率进行同步或异步传输，系统功能包括文字处理、数据检索、可视数据、局部网接口以及办公室日志、电话查号等，此外还可以提供Telex与Teletex业务并可与计算机接口。

3. 制订综合业务数字网 (ISDN) 的网络体制与标准

在最近一次CCITT第18研究组会议上，已经初步形成了“I”系列的建议草案，较具体规定了ISDN提供的业务、编号与寻址原则、网路连接类型、结构功能模型（功能模型如数据一样，分为七层）、规程参考模型、用户/网路接口结构和接续容量……对于ISDN信令要求、语音编码（包括32千比特/秒的ADPCM及其与64千比特/秒的PCM的变换）、数字语音插入（DSI）、网路性能指标（如抖动、误码、滑码、漂移、传输时延、可用性等），都已进入深入研究阶段。

网同步是IDN与ISDN的一个重要技术问题，经过较充分的理论与试验研究，国际网已推荐采用准同步，国内网采用单端控制的等级主从同步方式。目前正在具体研究网路性能指标与设备设计指标之间的差别，同步或准同步对网路结点设备的漂移/抖动要求的规范。

此外，还对数字设备，包括数字接口、PCM音频通路性能、复用设备特性和对电话及其它信号的复用安排等方面建议进行补充修改，这就有利于设备的研制与生产以及网路的试验与建设。

4. 用户环路的数字化

从IDN向ISDN过渡的一个重要问题是实现用户——用户的全数字连接，光缆用户环路是今后的发展方向，但是目前用户线是适应语音传输，广泛采用0.4~0.9毫米金属线对与二线制双向传输。除了现已采用数字用户载波外，二线用户线全双工数字传输可有以下三种方式，即分频式、时分割方向控制传输式（又称时间压缩复用方式TCM或乒乓式）和回波抵消方式（简称EC、如同普通二线模拟电话传输一样，采用差动电路，将来去信号分开，加装回波抑制器，阻止发送电路信号串至接收电路中去），许多国家都已进行了试验，一般认为TCM与EC方式较好。日、英、法等国趋向于TCM方式传输距离在用户/网路速率为80千比特/秒（线路速率为192千比特/秒）可达5.5公里（法国）或7.5公里（英国），西德认为EC方式较好。美国贝尔系统一方面积极扩大数字用户环路载波，另一方面也研究采用TCM方式，在线路速率为144千比特/秒时，传输距离最长可达9公里（0.64毫米线对），这样可以覆盖贝尔系统98%的用户线。

5. 建立 ISDN 试验网

如上所述，由于用户环路尚未实现数字传输，现有IDN数字本地局对于电话和非电话业务仍然是分别处理的。目前各国正在积极进行ISDN的试验计划见下表：

上面主要谈到了ISDN发展的目前状况与水平以及一些国家到1990年前后的发展计

一些主要国家的 ISDN 计划

国 别	计 划 内 容
美 国	1984年开始应用No. 1 A, No. 4与No. 5 ESS 提供 56 千比特/秒电路交换数字业务 (SDC)。
英 国	1983年在伦敦开始ISDN试验, 用64+8+8千比特/秒数字用户线与X系统交换各种业务。
意 大 利	1983年用 UT10/3 交换机与 64+16 千比特/秒用户数字线路进行 ISDN 试验。
西 德	已在西柏林用 72 千比特/秒光纤用户线与空分交换机进行试验。将在六个城市进行宽带综合光纤通信网 (BIGFON) 进行电话、交互型可视数据、会议电视传真、数据等 ISDN 试验。
瑞 典	预定1982年用 AXE-10 交换机与64+16千比特/秒数字用户线, 提供电话、数据等综合业务试验。
法 国	CNET 等正利用实验性样机进行室内试验 (PALME 计划)。
日 本	1984年以三鹰市为中心进行试验。

划至2000年预测的主要不定因素是业务的需求。例如目前发达国家数据通信仅占通信业务总量的2~6%,数据终端增长率为电话增长率的4~5倍,随着信息处理的迅速发展及其与通信的紧密结合,数据通信业务量在通信业务中所占比例将发生很大变化。尤其是在人们日常生活中,只有15~20%信息来自听觉,60~80%的信息通过视觉,未来的信息社会,可视通信将有很大发展,甚至有视频化社会的提法,视频业务的发展将使通信业务构成发生很大变化。目前一般步骤先分别建立电话与数据的各自的IDN,然后综合一起,传输电话、用户电报、传真、数据等业务,将来再综合宽带图象业务。随着新的产业革命浪潮的到来,微电子技术正突飞猛进、计算机的广泛应用、信息处理与通信的紧密结合、数字通信设备和智能终端的成本不断下降,尤其是利用数字交换机提供数字电话和电路交换数据业务,以及利用光纤传输(包括光纤用户环路)和数字通信卫星进行电话、数据传真、会议电视等业务,现在看起来,从现有通信网过渡到ISDN的时间有可能缩短,预计到2000年将是综合业务数字网大发展的黄金时代。

二.我国目前的水平与对策

卅多年来我国通信网虽然有了很大发展,但是基础十分薄弱,技术落后,设施严重不足,尚不能满足传统的电报、电话业务的基本需要。数据通信业务尚有待开发,仅有个别低速专用数据网。公众网投入使用的数字传输设备所占比例极小,仅有一个数字交换

局。就综合数字网而言，尚处于刚起步状态，更谈不上 ISDN。面对着世界通信发展的新趋势，以及我国正在开始大规模现代化通信网建设，必须根据国情，抓住时机，尽可能直接采用新的技术，力争避免沿袭其它国家的发展老路，尽快向数字网迈进，逐步建立向ISDN方向发展的基础。

1. 在经济发达地区和重点城市，通信网现代化建设必须明确以发展IDN作为建网方针和技术政策，集中引进设备和技术，进行重点建设，加速数字通信技术的推广应用。争取在八十年代后期或九十年代初期，首先形成京津、长江三角洲、珠江三角洲三个数字岛，使用光纤或数字微波或模数兼容的数字通信系统，联结起来，初步形成全国的数字同步网，逐步延伸。

2. 在模数长期共存并向数字化方向发展，采用叠加数字网方式，以便逐步扩大数字网，缩小模拟网。

3. 在优先发展电话通信的同时，积极开发数据、用户传真等非电话业务。在发展新业务中，要把社会效益放在第一位，发展初期要大力宣传、免费试用与采取优惠的资费政策，以便为我国推广应用计算机以及扩大和加速国民经济多种信息流作出应有的贡献。尤其在采用程控数字交换与数字传输的地区，必须认真考虑与积极开放数据、传真等非电话业务，并且进一步探讨研究开放智能用户电报、交互型可视数据等业务。以北京市为例，如1986年底装用数字交换可达13.5万门，基本上可以覆盖市区，可开放1200比特/秒以下二线全双工或者2400比特/秒以至4800比特/秒二线半双工数据通信以及三类机甚至四类机用户传真。当然，在解决交换设备与中继网之后，还必须改造与提高现有用户网路的传输质量。

4. 尽早开展 IDN与ISDN 网路体制标准和模拟网向数字网过渡策略的研究。制订网路数字化的建设规划，并且制订相应的技术政策。

5. 大力发展模数复用转换器、话上、话下或插入数字波道等模数兼容的数字通信设备技术，以及数字用户环路载波的研制与推广应用。进行二线用户线全双工数字传输技术研究。

6. 积极开展低成本、高可靠性、方便操作使用的多种用户终端设备的研制，包括数字话机、用户传真机、智能汉字终端、多功能终端等。

7. 积极创造条件，集中使用多种新技术，筹建ISDN试验网。

我国正在进行现代化通信网的大规模建设工作，又面临着新的技术革命的挑战，目前已在大力开发光纤通信、程控电话交换、公用数据网等先进技术，必须及早抓好综合数字网的规划与建设，才能够把这些新技术、新设备用好用活，为在本世纪末实现工农业产值翻两番以及我国的现代化建设事业作出应有的贡献。

卫星通信与信息社会

倪兆京

现在人们都在谈论新的技术革命,人类将进入信息社会,通过信息的传输、交换和处理,知识和新技术广泛传播,促进社会生产力的迅速发展。信息社会的物质基础是电子计算机加通信,通常称之为2C(Compuer+Communication),如果再加上控制(Confrol)就成为3C。通信是信息社会不可缺少的纽带。如果没有通信,则电子计算机加控制只能限于单件功能,形不成“社会”,因而远距离传送信息的通信是必需的。空间技术和空间电子学的发展发射成功了通信卫星,实现了卫星通信。

静止卫星通信的设想是与电子计算机的设想在同一时期提出的。第二次世界大战期间,德国建立了火箭研究所,研制出V-2火箭,曾用它轰击过英伦三岛。1945年2月英国科学作家克拉克(Arthur C. Clarke)提出了用火箭把人造卫星发射到地球赤道上空三万六千公里的高空,卫星绕地球旋转与地球自转同步,形成对地球相对静止的人造卫星,在卫星上设置微波中继转发器,转发地球上通信站发上来的微波通信信息和电视信息,地球上 $\frac{1}{3}$ 地区都可以收到卫星转发的信息,形成了卫星通信和电视转播。如果在赤道上空的静止轨道上设置相距 120° 的三颗对地静止卫星,就可以组成全球卫星通信网。

1957年苏联发射了第一颗人造卫星,1963年美国发射成功了第一颗静止轨道的通信卫星,1965年11个国家共同投资的国际卫星通信组织(Intelsat)发射了第一颗商业使用的静止轨道通信卫星“晨鸟”(Early Bird)号,实现了克拉克的设想。20年后的今天,在静止轨道上的通信卫星已有87颗,计划发射的还有133颗,利用卫星通信的国家172个。现在国际越洋通信的电路,卫星通信占70%,而海缆只占30%,卫星通信的商业收入每年为20亿美元。全世界已建设的卫星通信地面站,据不完全统计已超过2000座,到八十年代末将达到一万座以上。利用通信卫星作电视转播的电视接收站已超过一万座,还在大量增长。通信卫星的容量越来越大,国际卫星一号的通信容量为240个话路,而现用的国际卫星五号已达一万二千话路加二路电视,即将发射的国际卫星六号增加到四万话路加二路电视,如利用分配给卫星通信的三个频段($\frac{4}{6}$ 、 $\frac{11}{14}$ 、 $\frac{20}{30}$ GHz),采用适当的调制方式,每颗通信卫星的容量,单波束可达二百二十万话路,双极化波束再增一倍为四百万到五百万话路。卫星通信的每话路成本,国际卫星一号每年三万二千五百美元,而五号星已下降到每年八百美元,即下降到只有原来的四十分之一。卫星通信地面站天线的直径尺寸也在减小,国际卫星组织原来采用30米直径的大型天线,现在可只用11米天线,甚至可用4.5米天线进行国际通信,至于国内卫星通信的地面站天线直径,可从4.5米减小至3米,甚至1.8米天线就可以接收通信卫星发射的电视节目,用1.2米天线可以接收一路数据通信。卫星通信地面站的价格也降低了,4.5米天线的通信站,由于通信设

备较多，有收有发，每站约为十万美元，而电视接收站原为一万美元，可下降到二千元，高频段（ $11/14$ GHz）[电视接收站天线直径更小，可望降到五百美元一座。

所谓第四次工业革命，其特点是人类共享大量的信息，进行生产、教学、科学研究、医疗、文化活动，大量的信息必须要有大容量的信息传输系统和四通八达的网路，而卫星通信正好能满足这些要求。一颗卫星能传输五百万话路， 120° 的静止轨道弧段上，以 2° 间隔放置一颗卫星，则有60颗卫星，能传输近三亿话路，所以说卫星通信是大容量的系统。由于卫星通信只以一颗通信卫星作中继转发站，不需要象地面通信网中的中继站，和增音站，因而不会使信息在传输中造成损伤和错误，这是信息社会中要求正确无误的信息所必须的条件。卫星通信的成本，不仅低于地面通信网的有线通信，也低于地面微波中继通信。在超过800公里距离时，卫星通信的成本更低。在通信卫星天线波束的覆盖区域内，各站之间都可以通过这颗卫星进行相互间多地址的通信。卫星通信不仅可以在固定点之间进行通信，而且可以建立固定点对移动点以及移动点之间，如车、船、飞机、行人的直达通信。卫星通信还具有广播性，这对于教育、文娱、宣传、共享信息是有利的。通信卫星上装设微处理机控制的波束交换矩阵或信息处理系统，就可以在波束间进行交换通信，即使星上不装交换设备，在地面站装有微处理控制的按需分配系统，如每波单路（SCPC），SPA0E系统和时分多址（TDMA）系统，也可以进行自动拨号，选择空间信道选址，接通所需通达的地面站的任一用户，这是卫星通信具有信息交换的性能。卫星通信也是宇航通信最有利的工具。

1965年国际通信卫星组织发射的晨鸟号，开始了国际卫星通信。1968年国际卫星三号建立了三大洋间的全球卫星通信网路。国际卫星通信组织是1964年11个国家签订协议后成立的国际共同投资的商业性通信机构，现已发展到109个签字国，有172个国家建立359个通信地面站，安装了435副天线进行国际通信，现在三大洋有十颗五号卫星接通了三万条电话电路，1980年总营业收入为二亿一千万美元，14%的红利分配给投资国，我国于1974年成为正式签字国，投资约占1%。国际卫星现用调频制载波，每载波传转24~1800路电话或电视，并开办了数据、报纸传真，电子信函等业务；正在逐步发展数字调制如脉冲编码（PCM）的每载波单路制，时分多址（TDMA）制，码速125兆比/秒、1600话路，采用数字话音插入（DSI）技术可增加话路一倍。国际卫星通信电路不但占越洋通信电路的 $2/3$ ，而且解决了海缆通信所不能传送的彩色电视实时转播问题，使全世界发生的事情不但能用语言、文字加以报导，还可以用实况转播，使全世界观众如身历其境，为全球信息网的建立奠定了物质基础。

国内卫星通信的使用有三种方式：第一种是解决地理隔绝地区的通信——加拿大是首先发射通信卫星作国内通信的国家，加拿大北部国土处于冰雪地带、人口稀少而分散，地理条件差气候恶劣，通信和交通都很困难但资源丰富。1972年以来加拿大陆续发射了Anik—A、B、C、D四种系列的国内通信卫星，建设了九十多座地面站，解决了北部地区的通信、电视转播、教育、和医疗等问题。这些地面站除主站外都是无人站，设备双备份，故障自动倒换，主站的维修中心定期约一年一次派飞机携带备用插件巡视维修，调换有故障的插件带回维修中心检修，这种维修方法既经济又可靠。加拿大还发射了大功率（200瓦）的广播卫星和小功率（20瓦）的通信卫星，用12GHz频段作了卫

星电视广播的试用，结论是由于国土广大，用大功率广播卫星不经济，决定采用小功率通信卫星，分四个波束覆盖四个时区作电视广播。

千岛之国的印度尼西亚，三千多个岛屿东西伸延五千公里，地面通信网建设维护非常困难。1976年以来，购买并发射了美国制造的两种卫星系列，Palapa—A、B，建设了170座通信地面站作国内卫星通信之用，并有空闲的转发器租给东南亚国家作通信用。印尼的国内卫星通信系统，不但进行通信和电视转播，还利用每载波单话路调制方式，作教学之用，采用慢扫描电视，在一个电话电路中把一个大学的讲课，经卫星转发，供十个大学收看收听，学生可以通过返回的电话信道经卫星进行发问，还准备用这种方法发展电视电话会议。1983年新发射的Palapa B卫星，采用了时分多址数字调制通信方式，并增加了分组数据交换业务，用于计算机通信和数据收集。印尼建立的国内卫星系统，不仅是政治上的需要，同时还促进了电子工业的发展，为此引进了地面站制造技术，已能制造生产5~6米天线的小型地面站。

第二种使用方式是用作大城市间大容量长途通信的中继电路、全国电视转播电路和大企业间全数字通信电路——美国就是这样来使用卫星通信的。虽然美国的地面通信已建有密如蛛网的微波中继电路和电缆载波电路，但从经济上、质量上、方便灵活上来看，卫星通信是更为有效的通信方式。美国的国内通信都是私人经营的企业，美国联邦通信委员会（FCC）对天空实行开放政策，只要有投资能力的企业，都可以发射通信卫星，组织经营卫星通信，现已有四家公司发射了18颗通信卫星，建有五百多座通信地面站和超过一万个电视接收站进行通信和电视转播，到1987年将有八家公司发射26颗通信卫星，通信地面站也将发展到一万座以上。现有的四家公司中，西联公司的西星系统（Westar）有四颗卫星，自己建立了八座地面站作大城市间大容量的电报，电传、报纸传真印刷的中继电路，美国卫星通信公司（ASC）租用转发器建有16座站作长途通信中继电路。美国通信卫星公司（Comsat）发射了四颗Comstar通信卫星，全部租给贝尔系统的美国电话电报公司（ATT）和通用电信公司（GTE），建有七座地面站，作大城市间的长途电话的大容量中继电路。而美国无线电公司（RCA）发射的八颗Satcom卫星，建立了七座地面站，主要用于电视转播和高速数据传输，电视用户自建了一万座以上的4.5~5米电视接收站，接收电视信号后再经同轴电缆系统传送到家庭收看。Satcom卫星专门配置了覆盖阿拉斯加的天线波束，建有150多座通信地面站，解决阿拉斯加州的通信和电视转播，阿拉斯加的卫星通信情况类似加拿大北部地区。美国最大的电子计算机公司IBM，则与美国通信卫星公司，和Aetna人寿保险公司合资组成卫星商业系统（SBS）发射二颗 $11/14$ GHz频段的通信卫星为美国大企业提供全数字化的直达电话，数据和计算机通信，以及电视业务，5.5米和7.7米两种天线的地面站建在企业大楼的屋顶上，不经地面网进行直达通信，已建有地面站375座，将发展到一万座。

第三种使用方式是原来通信落后，建立国内卫星通信网作为国内长途通信和电视转播的全国通信网。巴西是南美州的一个第三世界国家，土地面积八百五十万平方公里，略小于中国，人口一亿三千万，地理条件复杂，人口分布不均匀，原来通信十分落后，省间长途电话要二、三天才能接通。1973年巴西开始租用国际卫星转发器，陆续建立61座地面站作为国内长途通信之用，同时建设微波中继电路与卫星通信相配合，经过十年

的发展，已形成了全国通信网，目前全国已有1533个城市间可进行长途电话自动拨号，并能从这些城市与世界上67个国家进行长途电话自动拨号。到1984年由于通信业务的发展已租用了国际卫星的十个转发器，从经济上考虑，决定1985年向美国买通信卫星发射上天作为巴西国内专用的通信卫星，进一步发展全国的通信网，巴西用十年时间使全国的通信发展成为现代化的通信网的经验，值得第三世界国家和我国参考。

卫星通信目前在技术上已基本到成熟阶段，但技术仍在发展。由于它比其他的长途通信方式都要经济，所以卫星通信业务的发展更是方兴未艾。卫星通信技术今后的发展是（1）高频段—现用频段大多在 $4/3$ GHZ，原为500MHZ带宽，已展宽为1100MHZ，正在推广使用 $11/14$ GHZ频段，也已展宽到1000MHZ带宽，而 $20/30$ GHZ高频段有3500MHZ带宽。日本已正式在国内卫星中采用，意大利、美国也将采用，由于向高频段发展，卫星容量越来越大。（2）大容量卫星—采用高频段和多重频段复用，加上适当的调制方式，如单边带电话，卫星容量每颗能多至几百万话路。（3）综合性卫星—综合许多用途及业务，如通信、电视广播、气象、资源勘察等一颗卫星，能降低卫星通信的成本，综合星比单一用途的卫星大约能节约40%的投资。（4）数字卫星—卫星通信采用数字制，可综合各种通信业务于一个信道，并可在星上加波束交换或基带处理进行多址交换通信，以适应综合业务数字通信网（ISDN）的需要。（5）小站指向多星—一个地面站采用偏置多馈源方法可以指向好几颗卫星，这样能用一个地面站天线接通好几颗卫星的电路，建设和运转成本都大大降低。（6）减小卫星轨道间隔—静止卫星轨道是人类共享的有限资源，减小星间间隔就能使静止卫星轨道容纳更多的卫星，从而增加轨道的通信容量。降低卫星及地面站的天线旁瓣辐射电平，可以减少星间干扰，减小卫星间隔，目前可以做到从 4° 减小到 2° ，使轨道容量增加一倍。

卫星通信的业务，今后必将迅速增长，国际通信，尤其是越洋通信，近十年来从海缆承担70%而转为卫星承担70%，国际卫星组织预计今后十年国际卫星通信电路要增长一倍，而国内卫星通信由于成本低，美国用卫星传送电视的成本为微波的16—43%，而电话只有14%。美国1990年将开放二万条电视会议电路，估计用卫星电路传送，每分钟收费可低到50美分（目前长途电话每分钟10—30美分）。美国专家还认为今后十年里，光纤也代替不了卫星，到本世纪末，卫星成本仍比光纤电路低，所以世界各国都竞相发展国内卫星通信，或区域卫星通信，不仅是国土较大的国家澳大利亚、巴西、阿拉伯联盟，而且一些小国如墨西哥、伊朗、阿根廷、哥伦比亚、甚至法国、意大利也都要在国内长途通信中采用卫星，法国准备在长途通信中有40%的卫星电路。

我国的通信网容量小，密度低，投资有限，建设速度慢，赶不上经济建设和科学、文化以及人民交往的需要。在世界即将进入“信息社会”的情况下，必须立即着手进行全面规划，不仅要吸取先进国家的技术，也要吸取第三世界建设通信网卓有成效的经验，采取对策，落实措施，尽快迎头赶上。从我国地大、人多、地理条件复杂的情况来想，长途通信以建设卫星通信最为有利，可以做到投资少，建设快的效果。

我国在1968年就开始提出研究卫星通信、发射自己的通信卫星的计划。1972年在国际通信中租用国际卫星信道使用卫星通信，陆续引进了四座30米直径天线的国际A标准地面站和二座10米天线的国际B标准站。与此同时，开展了通信卫星和地面站设备的研

制工作，有些地面站设备已提供给我国国际卫星通信 A 标准站扩大容量安装使用。完整的中、小型地面站曾于1980年和1982年利用德法联合制造和发射的“交响乐”试验通信卫星和国际卫星四号，作过通信和电视转播的试验，证明我国研制的地面站在技术上是符合要求的，目前研制的地面站所用的元器件、材料除个别器件外，其他全是国产的。因此，卫星通信的基本技术我国科技人员已经掌握，已具备了发展国内卫星通信的条件。虽然还有些技术没有解决，有关科研单位正在研究中，再有几年也可以完成。

发展我国国内卫星通信的条件都已基本具备，途径应是：第一阶段，在我国自行研制的通信卫星上天之前，先租用国际卫星的转发器，建立若干座中、小型地面站，解决首都到边远地区（如西藏、新疆、内蒙）以及石油、水电、煤矿、气象等重点工矿基地的长途通信之急需；第二阶段发射我国自制的通信卫星，有计划地建设大量的中、小型地面站，形成全国规模的，首都与各省会，和省会到主要城市之间的长途通信网和电视传输网，配以中、短距离的微波中继电路及有线电路，同时建设长途、市内和农村的电话交换局，完成四通八达，蛛网密布的信息通信网以适应四化建设的需要。目前存在的问题，不在于技术的发展和设备的研制、生产，而在于没有一个有权威性的全国性组织来统筹规划和全面安排卫星通信的研制、生产和建设工作，而是各部门各有自己的打算，很难平衡协调达到一致的意见，形成投资分散、建设重复，影响了技术的推广使用，建设进度缓慢，不能适应经济建设的要求。世界各国发展卫星通信都有一个有权威性的全国性机构，统筹规划和管理，我国不仅要消化吸收国际上的先进技术为我所用，也应同时要消化吸收科学管理的经验，才能迅速发展我国的通信网，以此为生长点，建立我国具有社会主义特色的“信息社会”，以立足于世界之林。