



电信知识手册

(中)

王纲
编

目 录

四、光通信与微波通信	1
什么是光通信？	1
什么是光纤通信？	2
光通信的历史有多长？	3
光纤通信系统怎样构成？	4
光纤是怎样传输信号的？	5
什么是全光通信？	7
什么是光接入网？	8
什么是光纤定律？	9
什么是光纤接入技术？	11
什么是波分复用技术？	12
什么是自由空间光系统？	13
什么是光交换？	13
什么是智能光网通信？	14
光缆是怎样敷设的？	17
为什么光纤特别适合远距离通信？	19
光纤传输容量能够无穷大吗？	20
为什么光纤通信的抗干扰能力特别强？	21
为什么说光纤通信引起了通信产业的革命？ ...	22
光网络将向何处发展？	24
你了解海底光缆吗？	26
什么是微波通信？	28
无线电波是怎样传播的？	29
长波、中波、短波、微波在传输上有何不同？ .	30
微波为什么会出现衰落现象？	32
微波传播有哪两种方式？	34
目前微波通信有哪些应用？	35

五、卫星通信	36
什么是卫星通信？	36
通信卫星是如何工作的？	38
你了解卫星通信的历史吗？	39
卫星系统由哪几部分构成？	42
卫星移动通信系统有哪些类别？	44
卫星通信有哪些优点？	48
卫星通信为什么会出现电波损耗？	49
什么是卫星通信中的地星食与日凌中断？	50
卫星通信为什么会出现噪声？	51
148 .什么是高轨道卫星(GEO)移动通信系统？	52
高轨道卫星移动通信系统能提供哪些业务？ ...	53
150 . 卫星移动通信系统由哪几部分组成？ .	54
你知道北美卫星移动通信系统 (MSAT) 吗？ ...	56
你知道海事卫星移动系统 (Inmarsat) 吗？ ...	57
什么是中、低轨道卫星移动通信系统？	58
你了解中轨道 (MEO) 卫星系统吗？	60
你了解 Odyssey (奥德赛) 系统吗？	61
什么是低轨道 (LEO) 卫星移动通信系统？	62
你了解铱星移动通信系统吗？	63
你了解全球星移动通信系统吗？	64
什么是 VSAT？	66
VSAT 经历了哪几个发展阶段？	67
VSAT 网是怎样组成的？	69
什么是照相侦察卫星？	70
我国的卫星通信发展如何？	73
六、电信新技术新业务	75

什么是 IP？	75
什么是 IP 电话？	77
IP 电话与传统电话之间有什么区别？	78
IP 电话为什么会出现“时延”现象？	80
什么是 ATM？	83
什么是视频点播（VOD）	84
什么是数字用户线（DSL）技术？	85
什么是非对称数字用户线（ADSL）？	87
什么是“通用非对称数字用户线”（UADSL）？	88
什么是 VoDSL 技术？	90
什么是电视电话？	91
可视电话是如何实现的？	93
数字电视到底是什么样子？	94
高清晰度电视何时到来？	96
什么是飞艇无线通信？	98
什么是电写通信？	98
什么是 UMTS？	99
什么是下一代因特网？	101
什么是按需传真？	104
什么是智能大厦？	105
什么是星地电话？	106
什么是智能卡技术？	108
常用的双向寻呼机有哪些？	109
免费电话“801”是怎么回事？	110
“网络实名”与“通用网址”有何不同？	111
什么是虚拟专网？	113
用电力线能够上网、打电话吗？	114
什么是“一站式”服务？	118

什么是电子邮票？	118
什么是宽带无线接入 - LMDS？	120
你听说过用流星通信吗？	122
七、电信热点焦点	123
什么是 CDMA？	123
什么是 GPRS？	125
什么是 WAP 技术？	126
GPRS、GSM、WAP 和 CDMA 有什么区别？	127
什么是 3G？	128
什么是 2.5G？	130
从 2G 到 3G 还有多远？	131
什么是第四代移动通信？	133
什么是宽带网？	134
什么是蓝牙技术？	136
什么是三网融合？	139
什么是小灵通？	141
“小灵通”是落后的技术吗？	143
什么是 GSM/CDMA 双模手机？	146
什么是全球定位系统 (GPS)？	149
移动 IP，会带来一场通信革命吗？	151

四、光通信与微波通信

什么是光通信？

光通信的本来含义是以光波为载波的通信。由于光纤开发的巨大成功，使得目前通常意义上的光通信都是指以光纤为传输媒质的通信方式，所以确切地应称为光纤通信。大气或真空也可以作为光波低损耗传输的理想媒质，以此为基础，可以构成大气或空间光通信系统，具有独特的潜在开发价值。

只涉及光载波及传输信道的光通信，称为“狭义光通信”。由于光纤传输特性的无比优越性和近 30 年来的迅猛发展，促使整个通信系统和体制发生了一个又一个革命性的飞跃变化：从模拟到数字、从准同步到同步，从单线（点对点）到网络，从窄带到宽带，直至从传统的“通信”跨越到“传输”领域。可以说，已经扩展了的地面“有线”通信，离开光纤的支撑已成为不可能。因此，应当把所有必须用光纤来传输的通信体系都纳入光通信范畴，构成“广义光通信”的概念。

按照传统的看法，通常把电信网划分为传输、交换和终端三个部分。由于光纤所天然具有的巨大带宽优势（理论上，光纤可用带宽至少为 25THz，比通常的全部无线可用频谱 30GHz 大将近 1000 倍），在传输部分已经占据了毋庸置疑的主导地位，作为未来有线接入网部分的理想解决模式也已被业界所接受。在交换领域引入光

交换，虽然从目前的角度看，可能为时过早（不包括传输网络中的交换节点），但在目前可以想象的到的技术手段中，可能是唯一的解决方案。至于接入部分（通常在交换和终端之间），不但被人们所憧憬的“光纤到户（FTTH）”必须以光通信为基础，其他比较有竞争力的各种过渡方案，也几乎没有一种可以脱离光通信的范畴。因此，光通信作为现代通信的最重要支柱之一，已是无可争议。

什么是光纤通信？

如今，互联网发展迅速，电子商务、远程教育、信息检索、文化娱乐、电视商品信息等应用对网络传输的带宽及速度的要求也越来越高，且要求多路图像数据直接到用户，但现有网络不适应这种要求。而以光纤通信为基础的光网络能满足这种要求，将给网络带来一场革命。相信不久的将来，宽带高速的用户网络光纤将普及到千家万户。

那么，什么是光纤通信呢？

光纤通信是利用光波在光纤中的传播来传送信息的。光纤，又称光导纤维，直径约 100 微米，比头发还细。光纤通信的优点很多，主要有：通信容量大，中继传输距离远。普通电话频率范围为 300~2400Hz，而一对电话线传输最高频度为 150kHz，每对电话线最多只能通十几路电话。微波通信每个波道容量只有 960 路，中继距离 50km，1000km 需要建中继站 20 个。一般同轴电缆每个波道容量只有 1800 路，中继距离 6km，1000km 需要中继站 66 个。用光纤传输信息，一对光纤可以同时

传送 150 多万路电话或 2000 多套电视节目，把光纤做成光缆，其容量就更大了，光缆的每个波道容量为 6000 路，中继距离达 130km，1000km 只需建 7 个中继站，另外，光纤通信可以节省大量的铜和铅等金属，由于光纤是由玻璃制成的，不怕潮湿；光纤通信不受电磁干扰，可在强电场环境下工作；光纤的抗腐蚀能力强，可以在有害气体环境下工作；光纤的重量轻，光纤具有抗核辐射能力，保密性能。

目前，光纤通信的发展受到一些因素制约，主要有：相关的产品与技术不成熟；光纤资源缺乏，主要是城区光纤网与企业内部网之间的光纤连接短缺，如果仍用传统导线连接，则失去了光纤传输具有的高速优势；企业用户不会在光纤网络不成熟的情况下淘汰原有设备，而传统宽带服务能满足用户短期带宽需求。

随着制约因素的解决，如光频复用技术（DWDM），相关光通信技术和集成光学的发展以及超低损耗光纤的开发，光纤通信的前景无限。业内专家指出：光纤网络的发展对商务市场及全球信息系统的影响将不亚于 INTERNET，IP 时代将是全光通信网络的时代。

光通信的历史有多长？

用光来传送信息，可能是人类最早应用的一种远距离通信手段。人类学会取火和使用工具的同时就有了利用光进行通信的历史。开始，人们用点火的方法使同伴在黑夜中知道自己的位置，后来发展到利用烽火来传送简单的信息。古代的“烽火台”是大家都知道的古老的光通信手段。后来人们又联想到利用“有光”和“无光”

的两种状态，来传送更多的信息。例如用灯的亮和灭，可以发出各种信号。这种通信方式至今仍在船舶上使用。

利用光来传送电话也有 100 多年的历史了。以发明电话而著名的贝尔，在 1876 年发明了电话之后，就想到利用光来通电话的问题。1880 年，贝尔制作了一台叫做“光电话”的装置，利用太阳光作光源，用硒晶体作为接收光信号的器件，进行了实验，达到了能与最远相距 213 米的人通话。贝尔本人认为：在他的发明中，光电话是最伟大的发明。

利用光在大气中传送信息方便简单，所以人们开始研究的光通信都是这种方式。但是光在大气中的传送要受到气象条件的很大限制，遇到下雨、下雪、阴天、下雾等情况，由于能见度大大降低，使信号传输受到很大阻碍。此外，太阳光、灯光等普通的光源，都不适合作为通信的光源，因为从通信技术上看，这些光都是带有“噪声”的光。也就是说，这些光的频率不稳定、光的性质是复杂的。因此，真要用光来通信，必须要解决两个最根本性问题：一是必须有能稳定传送光的介质；另一个问题是必须要找到理想的光源。长期以来，由于这两项关键技术没有得到解决，光通信就一直裹足不前。

光纤通信系统怎样构成？

最基本的光纤通信系统由数据源、光发送端、光学信道和光接收机组成。其中数据源包括所有的信号源，它们是话音、图象、数据等业务经过信源编码所得到的信号；光发送机和调制器则负责将信号转变成适合于在光纤上传输的光信号，先后用过的光波窗口有 0.85、1.

31 和 1.55。光学信道包括最基本的光纤，还有中继放大器 EDFA 等；而光学接收机则接收光信号，并从中提取信息，然后转变成电信号，最后得到对应的语音、图象、数据等信息。

光纤传输系统是数字通信的理想通道。与模拟通信相比较，数字通信有很多的优点，灵敏度高、传输质量好。因此，大容量长距离的光纤通信系统大多采用数字传输方式。

光纤是怎样传输信号的？

光纤为什么会像金属导线那样能够传输信号呢？在这里首先要清楚光纤到底是什么东西。光纤为光导纤维的简称，由直径大约为 0.1mm 的细玻璃丝构成。

它透明、纤细，虽比头发丝还细，却具有把光封闭在其中并沿轴向进行传播的导波结构，它由折射较高的纤芯和折射率较低的包层组成，通常为了保护光纤，包层外还往往覆盖一层塑料加以保护，其中纤芯的芯径一般为 50 或 62.5 μm ，包层直径一般为 125 μm 。光纤通信就是因为光纤的这种神奇结构而发展起来的以光波为载频，光导纤维为传输介质的一种通信方式。

现在所说的通信光纤，是由纤芯和包层两部分组成的。纤芯区域完成光信号的传输；包层则是将光封闭在纤芯内，并保护纤芯，增加光纤的机械强度，目前，通信光纤的纤芯和包层的主体材料都是石英玻璃，但两区域中掺杂情况不同，因而折射率也不同。纤芯的折射率一般是 1.463 ~ 1.467（根据光纤的种类而异），包层的折射率是 1.45 ~ 1.46 左右。也就是说，纤芯的折射率比包

层的折射率稍微大一些。这就满足了全反射的一个条件。当纤芯内的光线入射到纤芯与包层的交界面时，只要其入射角大于临界角，就会在纤芯内发生全反射，光就会全部由交界面偏向中心。当碰到对面交界面时，又全反射回来：光纤中的光就是这样在芯包交界面上，不断地来回全反射，传向远方，而不会漏射到包层中去。

当光纤弯曲时，光线是否还能沿光纤传播呢？因为任何通信线路都不可能完全笔直。回答是肯定的。当光纤拐弯时，只要弯曲不十分厉害，光也不会折射到包层中去，仍然会全反射回来，只是来回反射的次数增多了。弯曲给光纤带来的光能损耗是很小的，例如把 1km 光纤绕在直径约 10cm 的圆筒上，所增加的光能损耗只有万分之几，可以忽略不计。

对电信号来说，只要把放大器的输出端与传输线连接起来，电信号就被送入线路中。而对光通信来说，情况就比较复杂了。光源发出的光照射在光纤端面上，照射在光纤端面上的光的一部分是不能进入光纤的，如其中的一部分从光纤端面反射掉了。能进入光纤端面的光也不一定能在光纤中传播，只有符合某一特定条件的光才能在光纤中发生全反射而传到远方。

当光线从空气中以某一入射角射入光纤端面时，由于空气折射率约为 1，而石英光纤的折射率约为 1.5。此时，光是从低折射率介质向高折射率介质传播，因此，在此种情况下，入射角总是大于折射角。光在光纤端面的反射很小，在此不予考虑。

当光线以某一角度射入纤维端面时，入射光线与纤维轴心线之间有一夹角，称为纤维端面入射角。光线折射进入光纤芯子后，继续入射到纤芯与包层之间的交界

面上。当射入纤芯和包层交界面的光线的角度合适时，就可以产生全反射。否则光线就可能进入包层，这是人们不希望的。所以，进入光纤中的光必须以一定的角度范围入射，如果超过此范围，则会有一部分光线进入了包层，而跑到光纤外面去了。

什么是全光通信？

首先要声明一点的是，全光通信技术也是一种光纤通信技术，该技术是针对普通光纤系统中存在着较多的电子转换设备而进行改进的技术，该技术确保用户与用户之间的信号传输与交换全部采用光波技术，即数据从源节点到目的节点的传输过程都在光域内进行，而其在各网络节点的交换则采用全光网络交换技术。全光通信的实现，可以分为两个阶段来完成：首先是在点-点光纤传输系统中，整条线路中间不需要作任何光/电和电/光的转换，这样，网内光信号的流动就没有光电转换的障碍，信息传递过程无需面对电子器件速率难以提高的困难。这样的长距离传输完全靠光波沿光纤传播，称为发端与收端间点-点全光传输。那么整个光纤通信网任一用户地点应该可以设法做到与任一其他用户地点实现全光传输，这样就组成全光传送网；其次在完成上述用户间全程光传送网后，有不少的信号处理、储存、交换，以及多路复用/分接、进网/出网等功能都要由电子技术转变成光子技术完成，整个通信网将由光实现传输以外的许多重要功能，完成端到端的光传输、交换和处理等，这就形成了全光通信发展的第二阶段，将是更完整的全光通信。

全光通信网由全光内部部分和通用网络控制部分组成，内部全光网是透明的，能容纳多种业务格式，网络节点可以通过选择合适的波长进行透明的发送或从别的节点处接收。通过对波长路由的光交叉设备进行适当配置，透明光传输可以扩展到更大的距离。外部控制部分可实现网络的重构，使得波长和容量在整个网络内动态分配以满足通信量、业务和性能需求的变化，并提供一个生存性好、容错能力强的网络。

什么是光接入网？

所谓光接入网（OAN）就是采用光纤传输技术的接入网，泛指本地交换机或远端模块与用户之间采用光纤通信或部分采用光纤通信的系统。通常，OAN指采用基带数字传输技术，并以传输双向交互式业务为目的的接入传输系统，将来应能以数字或模拟技术升级传输带宽广播式和交互式业务。

在北美，美国贝尔通信研究所规范了一种称为光纤环路系统（FITL）的概念，其实质和目的与ITU-T所规定的OAN基本一致，两者都是指电话公司采用的主要适用于双向交互式通信业务的光接入网结构。目前的接入网仍然主要是铜缆网，约占94%，携带的业务主要是电话业务。铜缆网的故障率很高，维护运行成本也很高，仅美国贝尔电话运营公司每年用于其用户铜缆网维护运行和满足新用户增长要求的花费，就达30亿美元。在光通信时代，花费巨额费用去维护运行一个将要淘汰的铜缆网，实在是迫不得已之举。OAN和FITL概念的提出，正是为了达到将上述大规模接入网投资和花费逐

渐转向光纤的目的。

总的看，在电信网中引入 OAN 或 FITL 的最基本的目标有两个：首先是为了减少铜缆网的维护运行费用和故障率；其次是为了支持开发新业务，特别是多媒体和带宽新业务，从而加强竞争力，增加新业务收入，补偿建设光接入网所需的新投资。除了上述两个基本目标外，采用光接入网，可以满足用户希望较快提供业务，提高业务质量和可用性的要求，也可以节约城市拥挤不堪的地下管道空间，延长传输覆盖距离，适应扩大的本地交换区等其他目的，其结果当然也把接入网的数字化，进一步推向了用户。简言之，采用光接入网已经成为解决电信发展瓶颈的主要途径，其应用场合不仅最适合那些新建的用户区，而且也是需要更新的现有铜缆网的主要代替手段。

什么是光纤定律？

随着互联网的发展，人们提出了网络时代的三大定律：

第一定律：摩尔定律。

早在 1964 年，英特尔公司创始人戈登·摩尔（Gordon Moore）在一篇很短的论文里断言：每 18 个月，集成电路的性能将提高一倍，而其价格将降低一半。这就是著名的摩尔定律。由此，微处理器的速度会每 18 个月翻一番。这就意味着每 5 年它的速度会快 10 倍，每 10 年会快 100 倍。同等价位的微处理器会越变越快，同等速度的微处理器会越变越便宜。可以想见，在未来，世界各地的人不但都可以通过自己的计算机上网，而且还

可以通过他们的电视、电话、电子书和电子钱包上网。作为迄今为止半导体发展史上意义最深远的定律，摩尔定律被集成电路近 40 年的发展历史准确地验证着。

第二定律：吉尔德定律。

乔治·吉尔德曾预测，在未来 25 年，主干网的带宽将每 6 个月增加一倍，其增长速度超过摩尔定律预测的 CPU 增长速度的 3 倍。今天，几乎所有知名的电讯公司都在乐此不疲地铺设缆线。当带宽变得足够充裕时，上网的代价也会下降。在美国，今天已经有很多的 ISP 向用户提供免费上网的服务。

第三定律：麦特卡尔夫定律。

以太网的发明人鲍勃·麦特卡尔夫告诉我们：网络价值同网络用户数量的平方成正比。如果将机器联成一个网络，在网络上，每一个人可以看到所有其他人的内容，100 人每人能看到 100 人的内容，所以效率是 10000。10000 人的效率就是 100000000。

联合国“1999 世界电信论坛会议”副主席约翰·罗斯在 10 日论坛开幕演说时提出“新摩尔定律”——光纤定律，互联网带宽每 9 个月会增加一倍的容量，但成本降低一半，比晶片变革速度的每 18 个月还快。

摩尔定律用来形容半导体科技的快速变革，平均每 18 个月，晶片的容量会成长一倍，成本却减少一半；“光纤定律”（Optical Law）则用来形容网络科技。上面是几种关键技术的发展速度示意图。

什么是光纤接入技术？

光纤在接入网中也占有传输媒介的主导位置，特别是当带宽成为业务瓶颈的时候。

光纤接入是指局端与用户之间完全以光纤作为传输媒体。光纤接入可以分为有源光接入和无源光接入。光纤用户网的主要技术是光波传输技术。目前光纤传输的复用技术发展相当快，多数已处于实用化。复用技术用得最多的有时分复用（TDM）、波分复用（WDM）、频分复用（FDM）、码分复用（CDM）等。

根据光纤深入用户的程度，可分为 FTTC、FTTZ、FTTO、FTTF、FTTH 等。FTTH 是接入网的长期发展目标，各个国家都有明确的发展目标，但由于成本、用户需求和市场等方面的原因，FTTH 仍然是一个长期的任务。

目前主要是实现 FTTC，而从 ONU 到用户仍利用已有的铜线双绞线，采用 xDSL 传送所需信号。根据业务的发展，光纤逐渐向家庭延伸，从窄带业务逐渐向宽带业务升级。WDM-PON 超级 PON 可以适应将来更进一步发展的需要。

我国接入网当前发展的战略重点已经转向能满足未来宽带多媒体需求的宽带接入领域（网络瓶颈之所在）。而在实现宽带接入的各种技术手段中，光纤接入网是最能适应未来发展的解决方案，特别是 ATM 无源光网络是综合宽带接入的一种经济有效的方式。

另外，接入网的规划涉及到技术、经济、标准、政策法规等多方面的问题，并非某一商家持有先进的技术

就能投入市场运营。

什么是波分复用技术？

在模拟载波通信系统中，为了充分利用电缆的带宽资源，提高系统的传输容量，通常利用频分复用的方法，即在同一根电缆中同时传输若干个信道的信号，接收端根据各载波频率的不同，利用带通滤波器就可滤出每一个信道的信号。

同样，在光纤通信系统中也可以采用光的频分复用的方法来提高系统的传输容量，在接收端采用解复用器（等效于光带通滤波器）将各信号光载波分开。由于在光的频域上信号频率差别比较大，人们更喜欢采用波长来定义频率上的差别，因而这样的复用方法称为波分复用。

所谓 WDM 技术就是为了充分利用单模光纤低损耗区带来的巨大带宽资源，根据每一信道光波的频率（或波长）不同可以将光纤的低损耗窗口划分成若干个信道，把光波作为信号的载波，在发送端采用波分复用器（合波器）将不同规定波长的信号光载波合并起来送入一根光纤进行传输，在接收端，再由一波分复用器（分波器）将这些不同波长承载不同信号的光载波分开的复用方式。由于不同波长的光载波信号可以看作互相独立（不考虑光纤非线性时），从而在一根光纤中可实现多路光信号的复用传输。双向传输的问题也很容易解决，只需将两个方向的信号分别安排在不同波长传输即可。根据波分复用器的不同，可以复用的波长数也不同，从几个至几十个，甚至上百个不等，现在商用化的一般是 8 波长