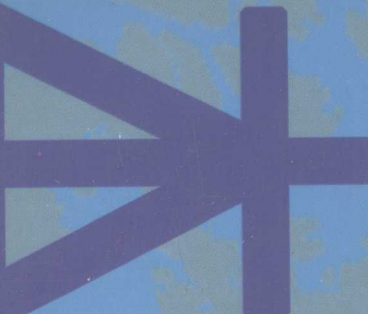




▶ 图解电子技术要诀丛书

TUJIE DIANZIJIISHU

YAOJUE CONGSHU

刘修文 编著

图解

有线电视技术要诀



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

► 图解电子技术要诀丛书

图解

有线电视技术要诀

刘修文 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内容提要

本书是一本通俗、新颖、实用的科普读物,适合零起点的有线电视从业人员、卫视发烧友、电子技术爱好者、中小學生及广大青少年阅读,也可作为电子技校、职业学校、中等专业学校的电子技术基础教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

(图解电子技术要诀丛书)

I. 图... II. 刘... III. 有线电视 - 技术 - 图解

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 079668 号

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

各地新华书店经售

*

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 5.5 印张 181 千字

印数 0001—4000 册 定价 12.00 元

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

电子技术是研究电子器件、电子电路及其应用的科学技术。电子技术现已日益渗透到人们生产、生活的各个领域,广大电子爱好者迫切需要一套学习电子技术的入门丛书。如何引导广大青少年及电子爱好者轻松跨入电子技术世界,是众多科普工作者都十分关心和考虑的问题,也是作者多年的心愿。学习电子技术首先必须学会电子元器件的识别与检测;其次要从基本电路起步,学会识图、读图、绘图,学会分析基本电路工作原理;并做到边学边用,学用结合,动手制作,动手维修。作者曾组装过半导体与电子管收音机,维修过家用电器及广播电视设备,曾为初学者举办过各种类型培训班。作者根据自己的亲身体会和多年从事各种培训班的教学经验,参考有关资料编写了这套初学者的入门读物——《图解电子技术要诀丛书》。

本丛书在编写时,力求将科学性、新颖性、实用性与通俗性融为一体,在内容选择上既有电子技术基础知识,又有专业电子技术。在写作上坚持以读者为中心,采用人性化写作,将要诀与图文相结合,要诀与图文同页,把电子知识或电子技术编写成要诀形式,琅琅上口,易懂好记。

本丛书第一次出版了《图解电子元器件检测和选用要诀》、《图解电子电路要诀》、《图解电子产品维修要诀》、《图解电子制作技术要诀》、《图解影音技术要诀》、《图解有线电视技术要诀》、《图解无线电技术要诀》和《图解单片机应用技术要诀》共8本。根据读者的需要,今后还将陆续出版。

本丛书适合零起点的电子技术爱好者、中小学生及广大青少年阅读,也可作为职业学校相应专业及业余技术培训班的教材,还可供广大电工、电器维修人员参考。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和电子技术爱好者,对这套丛书提出宝贵的意见和建议。

编著者

2005年6月

为适应我国电子技术的迅速发展和广大初级电子技术爱好者的需要，中国电力出版社组织出版了一套图解电子技术要诀丛书，《图解有线电视技术要诀》是该丛书之一。

我国的有线电视事业正朝着数字化、网络化、产业化的方向发展，并处于由模拟向数字技术体制过渡，单向广播向双向交互式传输方式的转变、基本业务向扩展业务与增值业务拓展的阶段。为适应事业的发展，满足有线电视从业人员及广大电子爱好者在新形势下学习有线电视技术的需求，作者采用人性化写作，尝试把有线电视技术编写成要诀形式，将要诀与图文相结合，要诀与图文同页，使读者通过念口诀来掌握有线电视技术。具有琅琅上口，易懂好记的特点。

全书内容共八章：第一章 有线电视基础知识；第二章 卫星电视的接收；第三章 前端设备；第四章 同轴电缆传输；第五章 光缆传输；第六章 微波传输；第七章 数字电视有线传输；第八章 宽带网络。

本书在编写过程中，为及时掌握国内有线电视技术的发展动态，作者查阅了近期出版的有线电视书刊，在此谨向参考文献的作者及出版者表示诚挚的谢意！

本丛书适合零起点的有线电视从业人员、卫视发烧友、电子技术爱好者、中小學生及广大青少年阅读，也可作为职业学校相应专业及业余技术培训班的教材，还可供广大电工、电器维修人员参考。

由于作者水平有限，在本书介绍的有线电视技术难免有错误及不妥之处，恳请专家和广大读者不吝赐教。

电子邮箱：hnylxw@126.com

编著者

2005年6月

丛书前言

前言

第一章 有线电视基础知识	1
1.1 电磁波	1
1.1.1 电磁波的概念	1
1.1.2 电磁波的频段划分	2
1.1.3 电磁波的强度	4
1.1.4 电磁波的极化	5
1.1.5 电磁波在空间的传播方式	6
1.1.6 电磁波在同轴电缆中传输	7
1.2 有线电视系统	8
1.2.1 基本组成	8
1.2.2 邻频传输	9
1.2.3 频率配置	10
1.2.4 发展方向	11
第二章 卫星电视的接收	12
2.1 卫星电视广播系统	12
2.1.1 广播卫星	12
2.1.2 卫星广播的频段划分	14
2.1.3 星蚀与日凌	15
2.1.4 卫星广播系统的组成	17
2.1.5 卫星数字电视传输上行系统的组成	18
2.1.6 卫星电视接收系统的组成	19
2.2 卫星接收天线	20
2.2.1 前馈式抛物面天线	20
2.2.2 后馈式抛物面天线(卡塞格伦天线)	21
2.2.3 偏馈式抛物面天线	22

2.2.4	天线的馈源	23
2.2.5	卫星接收天线的选择	24
2.2.6	卫星接收天线的安装	27
2.2.7	卫星接收天线的调试	28
2.2.8	卫星接收天线的维护	30
2.3	高频头	31
2.3.1	高频头的组成与作用	31
2.3.2	高频头的选购	32
2.4	卫星电视接收机	34
2.4.1	模拟卫星电视接收机的组成	34
2.4.2	卫星数字电视接收机的组成	35
2.4.3	卫星数字电视接收机一体化 调谐器	36
2.4.4	卫星数字电视接收机的单片式解复用 与解码器芯片	37
2.4.5	卫星数字电视接收机的软件结构	39
2.4.6	卫星数字电视接收机的使用	40
第三章	前端设备	42
3.1	模拟电视前端	42
3.1.1	模拟电视前端的组成	42
3.1.2	电视调制器	43
3.1.3	频道变换器	44
3.1.4	频道处理器	45
3.1.5	光发射机	46
3.1.6	混合器	47
3.1.7	前端机房的布线	48
3.1.8	前端设备的调试	49
3.1.9	模拟电视的加扰与解扰	50
3.2	数字电视前端	51
3.2.1	数字电视前端的组成	51
3.2.2	MPEG-2 音视频编码器	52
3.2.3	MPEG-2 码流复用器	53
3.2.4	QAM 调制器	54

3.3	防雷与接地	55
3.3.1	防雷保护装置	55
3.3.2	前端机房的防雷	56
3.3.3	传输网络的防雷	57
3.3.4	接地装置	58
3.3.5	接地电阻	59

第四章 同轴电缆传输 60

4.1	电缆传输基础知识	60
4.1.1	同轴电缆	60
4.1.2	均衡器	62
4.1.3	分支分配器	63
4.1.4	电缆放大器	64
4.2	电缆传输干线	66
4.2.1	电缆传输干线的组成	66
4.2.2	电缆传输干线的架设	67
4.2.3	干线放大器的安装	68
4.2.4	电缆传输干线的调试	69
4.3	电缆分配网络	70
4.3.1	电平分配的方式	70
4.3.2	支线和用户线的敷设	71
4.3.3	分支、分配器的安装	72
4.3.4	用户终端盒的安装	73

第五章 光缆传输 75

5.1	光缆传输基础知识	75
5.1.1	光纤与光缆	75
5.1.2	光耦合器	76
5.1.3	光分路器	77
5.1.4	活动连接器件	79
5.1.5	光纤放大器	81
5.1.6	光接收机	82
5.2	光缆传输干线	83
5.2.1	光缆干线的组成	83

5.2.2	光纤的熔接	84
5.2.3	光缆架空敷设	85
5.2.4	光缆直埋敷设	87
5.2.5	光缆传输干线的调试	89
第六章 微波传输		91
6.1	微波传输基础知识	91
6.1.1	微波的频率范围	91
6.1.2	微波传输的特性	92
6.2	MMDS 传输系统	93
6.2.1	MMDS 系统的组成	93
6.2.2	MMDS 发射设备	94
6.2.3	MMDS 接收设备	95
6.2.4	数字电视 MMDS 传输	96
第七章 数字电视有线传输		98
7.1	数字电视基本知识	98
7.1.1	模拟信号数字化	98
7.1.2	信源编码	100
7.1.3	信道编码	101
7.1.4	数字电视的国际标准	102
7.2	数据通信基础	104
7.2.1	数据通信系统的组成	104
7.2.2	数据交换	105
7.2.3	数据通信网的拓扑结构	107
7.2.4	网络协议	108
7.3	数字电视有线传输	109
7.3.1	有线数字电视广播系统的组成	109
7.3.2	数字调制	110
7.3.3	同步数字体系 (SDH)	112
7.3.4	ATM 异步转移模式	114
7.3.5	IP 技术	116
7.3.6	多路复用技术	118
7.3.7	多址接入	120

7.4 有线数字电视机顶盒	121
7.4.1 数字机顶盒的功能	121
7.4.2 有线数字电视机顶盒的网络结构	122
7.4.3 数字机顶盒的软件结构	124
7.4.4 交互式电视	125
7.4.5 有条件接收	126
第八章 宽带网络	127
8.1 电信宽带网	127
8.1.1 综合业务数字网	127
8.1.2 互联网与因特网	129
8.2 广电城域宽带网	130
8.2.1 城域网广播信道结构	130
8.2.2 城域网交互信道结构	131
8.2.3 小型城域网两种信道合一结构	132
8.2.4 HFC 双向宽带网	133
8.3 宽带接入网	135
8.3.1 以太网接入的网络结构	135
8.3.2 单向 HFC 加以太网接入的结构	136
8.3.3 无源光网络的结构	137
8.3.4 有源光网络的结构	138
8.3.5 ADSL 接入的结构	139
附录 A 全国主要城市接收卫星电视节目的方位角、 仰角和极化角	140
附录 B 我国内地和港澳地区卫星电视节目技术参数	160
参考文献	164

1.1 电磁波

1.1.1 电磁波的概念

有线传输电磁波，波的性质要掌握，
电场磁场与方向，两两相互垂直的，
电波扩散传四方，能量衰减信号弱。



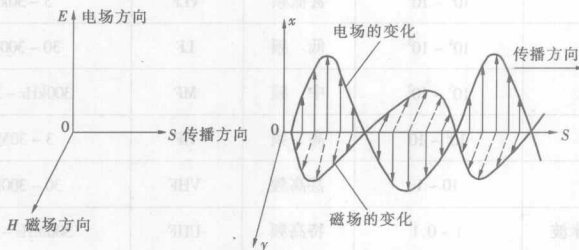
说明 有线电视系统的任务是接收、处理、传输、分配高频电视信号，而高频电视信号是电磁波的一种，从事有线电视工作的人员有必要了解电磁波及其传输特性。

电磁波是电场强度矢量 E 和磁场强度矢量 H 的振动产生交变电磁场在空间的传播。

在电磁波中，每一点的电场强度矢量 E 和磁场强度矢量 H 的方向总是互相垂直的，并且还电磁波的传播方向垂直。这就是说，电磁波传播的方向跟电场和磁场构成的平面垂直。人们常用频率 f 、波长 λ 和波速 C 来描述电磁波的性质。电磁波在真空（或在空气）中的传播速度 $C_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，电磁波在一个振荡周期内传播的距离叫做波长，记作 λ 。频率 f 就是单位时间内，电场强度矢量 E （或磁场强度矢量 H ）进行完全振荡的次数，数值上等于周期的倒数，即 $f = 1/T$ 。波长等于电磁波传播速度除以频率，或波速等于波长乘以频率，即 $C = f\lambda$ 。

电磁波的另一个重要性质是它具有能量。电磁波向空间传播时，它的能量也一起向四面八方传送。因此，振荡电路产生电磁波的过程，同时也是向外辐射能量的过程。在传播的过程中，电磁波所具有的能量要逐渐衰减，不过它在绝缘介质（如空气）中衰减得很慢，因而能传播到很远的地方。这就是卫星电视信号能传播 35800km 的原因。

图解



电场、磁场和传播方向

第一章 有线电视基础知识

1.1.2 电磁波的频段划分

无线电波应用多，通信、电视与广播，
频段划分按波长，长、中、短波与微波。

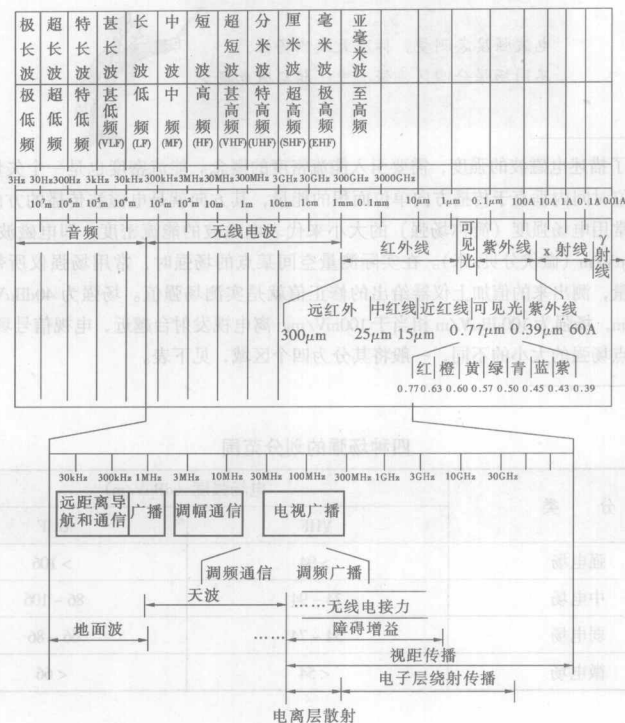


说明 不同频率（或不同波长）的电磁波具有不同的性质，人们按照其频率或波长的不同，把电磁波分为不同的种类。在国际单位制中，波速的单位是 m/s （米/秒），波长的单位是 m （米），频率的单位是 Hz （赫兹），通常把频率在 300GHz （ $1\text{GHz} = 10^9\text{Hz}$ ）以下或波长在 1mm 以上的波称为无线电波，主要用于广播、电视、卫星或其他通信。在无线电波中，又根据波长的不同，分为不同波段，如甚高频段（VHF）频率为 $30 \sim 300\text{MHz}$ ，特高频段（UHF）频率为 $300 \sim 3000\text{MHz}$ ，超高频段（SHF）频率为 $3 \sim 30\text{GHz}$ 。为了划分得更细，将频率为 $1 \sim 2\text{GHz}$ 称为 L 波段；频率为 $2 \sim 4\text{GHz}$ 称为 S 波段；频率为 $4 \sim 8\text{GHz}$ 称为 C 波段；频率为 $8 \sim 12\text{GHz}$ 称为 X 波段；频率为 $12 \sim 18\text{GHz}$ 称为 Ku 波段。

电磁波频段的划分

波段名称		波长范围 (m)	频段名称		频率范围
			名称	代号	
极长波		$10^8 \sim 10^7$	极低频		$3 \sim 30\text{Hz}$
超长波		$10^7 \sim 10^6$	超低频		$30 \sim 300\text{Hz}$
特长波		$10^6 \sim 10^5$	特低频	ULF	$300\text{Hz} \sim 3\text{kHz}$
甚长波		$10^5 \sim 10^4$	甚低频	VLF	$3 \sim 30\text{kHz}$
长波		$10^4 \sim 10^3$	低频	LF	$30 \sim 300\text{kHz}$
中波		$10^3 \sim 10^2$	中频	MF	$300\text{kHz} \sim 3\text{MHz}$
短波		$10^2 \sim 10$	高频	HF	$3 \sim 30\text{MHz}$
超短波		$10 \sim 1$	甚高频	VHF	$30 \sim 300\text{MHz}$
微波	分米波	$1 \sim 0.1$	特高频	UHF	$300\text{MHz} \sim 3\text{GHz}$
	厘米波	$0.1 \sim 0.01$	超高频	SHF	$3 \sim 30\text{GHz}$
	毫米波	$0.01 \sim 0.001$	极高频	EHF	$30 \sim 300\text{GHz}$
	亚毫米波	$0.001 \sim 0.0001$	至高频		$300 \sim 3000\text{GHz}$

图解



电磁波的频率划分

MEMO 例如德生 R-9/10 收音机拥有 10 个波段, 可接收调频立体声/中波/短波国际广播节目。其频率范围是: 调频 (FM) 87 ~ 108MHz; 中波 (AM) 525 ~ 1710kHz; 短波 (SW) 5.90 ~ 21.85MHz, 有 8 个波段, 其频率范围为 5.90 ~ 6.20MHz、7.10 ~ 7.35MHz、9.40 ~ 9.90MHz、11.60 ~ 12.10MHz、13.57 ~ 13.87MHz、15.10 ~ 15.60MHz、17.48 ~ 17.90MHz、21.45 ~ 21.85MHz。

第一章 有线电视基础知识

1.1.3 电磁波的强度

电波强度怎测量，标准天线测场强，
不同场强分四区，强、中、弱与微电场。



说明 为了描述电磁波的强度，需要引入能流密度的概念。能流密度也是一个矢量，其大小等于单位时间内垂直于传播方向单位面积的能量，其方向就是电磁波传播的方向。在工程技术中常用电场强度（简称场强）的大小来代表电磁波的能流密度，即电磁波的强度，单位是 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ （微伏分贝/米）。在实际测量空间某点的场强时，常用场强仪所带的标准天线来测量，测出来的值加上仪器给出的修正值就是实测场强值。场强为 $40\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 相当于 $100\mu\text{V}/\text{m}$ ，场强为 $100\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 相当于 $100\text{mV}/\text{m}$ 。离电视发射台越近，电视信号场强越大。根据接收点场强的大小的不同，一般将其分为四个区域，见下表。

图解

四种场强的划分范围

分 类	电场强度 ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)	
	VHF	UHF
强电场	> 94	> 106
中电场	$74 \sim 94$	$86 \sim 106$
弱电场	$54 \sim 74$	$66 \sim 86$
微电场	< 54	< 66

MEMO 在有线电视系统中，描述高频电视信号的强度，包括有线电视常用测量仪器（场强仪）所测系统端口电平，大多数采用 $1\mu\text{V}$ 为基准电压，即 $0\text{dB}\mu\text{V}$ 。一般将 $\text{dB}\mu\text{V}$ 简写为 dB 。如干线放大器的输入电平应大于 72dB ，用户终端电平范围是 $60 \sim 80\text{dB}$ 。

1.1.4 电磁波的极化

电波传输分极化，椭圆、圆极、线极化，线极化有 V 与 H ，圆极分为 L 与 R 。



说明 在均匀无限空间中传播的电磁波是一种横波，其电场强度矢量 E ，磁场强度矢量 H 和波的传播方向三者之间，两两相互垂直。极化是指与电磁波传播方向垂直平面内瞬时电场强度矢量 E 的方向。

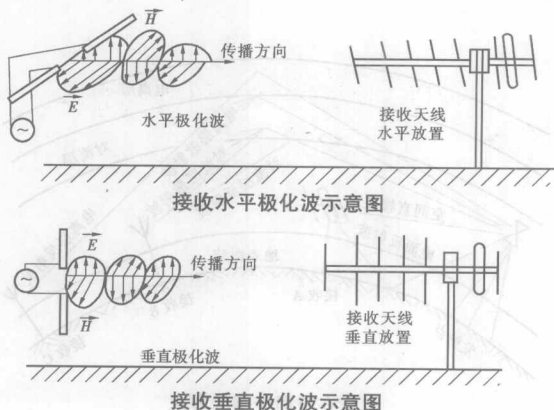
极化波是指在空间传播过程中其电场矢量方向保持固定或按照一定规律旋转的电磁波，它可分为线极化波、圆极化波和椭圆极化波。

如在电磁波传播方向的任意一点，电场矢量始终在一条直线上，这种电磁波称为线极化波；如果这条直线与地面平行，则称水平线极化波，用 H 表示。如果垂直地面，则称为垂直线极化波，用 V 表示。如果每个周期内，电场矢量端点在垂直于电磁波传播方向平面上的轨迹是一个圆，则该电磁波称为圆极化波。同理，如果轨迹是椭圆，则该电磁波称为椭圆极化波。圆极化波和椭圆极化波都有左 (L) 旋、右 (R) 旋之分，如右旋圆极化波。

考虑到发射天线的架设、无线电波的传播特点等，我国无线电声音广播多采用垂直极化波，即发射天线是垂直安装的，而电视广播采用水平极化波，发射天线是水平安装的。这样一方面可以避免相互干扰，另一方面由于甚高频及特高频信号在建筑物、树木、山丘上反射大，接收天线的水平方向性有助于减少重影，并可减弱主要以垂直极化形式出现的工业干扰。

在亚太 1A 卫星上，中央电视台的卫星数字电视节目是水平极化，四川、山东等卫星数字电视节目是垂直极化。在接收广播电视节目时，应特别注意极化匹配问题。所谓极化匹配，就是接收天线与发射天线处理的极化波类型必须相同。采用水平极化的发射天线，就一定要用水平极化的接收天线接收，否则产生极化失配，是不能接收电视信号的。

图解



第一章 有线电视基础知识

1.1.5 电磁波在空间的传播方式

电波空间的传播，三种方式要掌握，
天波传播反、散射，直线传播空间波，
地波传播能绕射，波长愈短损耗多。



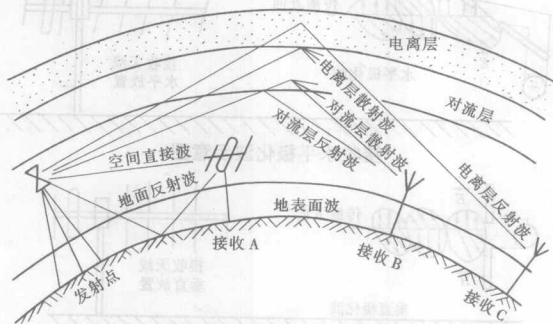
说明 电磁波在空间传播时电场强度矢量 E 磁场强度矢量 H 都与传播方向垂直。电磁波在空间传播的基本方式主要有以下几种：

(1) 视距传播。电磁波沿直线传播的方式，又称为视距传播。视距传播的范围，取发射和接收天线的有效高度，调频广播、电视、微波主要靠视距传播，理论计算和实践经验表明，当发射和接收天线的有效高度为 50m 时，直线传播的距离约为 50km。如果把天线安放在卫星上，则直线传播距离可以大大增加。由于这种电磁波在空间传播，通常又称空间波。

(2) 天波传播。借助于电离层的反射作用来传播电磁波的方式称为天波传播。因为在离地面 55~1000km 以上的高空，大气被太阳辐射中的紫外线和 X 射线所电离，形成一层电离层，它除了对电磁波有一定的吸收作用外，还能把频率小于某一最高频率的电磁波反射回地面，这就使电磁波能传播较远的距离。由于频率较低的电磁波强烈地被电离层吸收，频率太高的电磁波要穿透电离层而不能反射，所以只有中波、短波段能利用天波传播的方式来传播。由于电离层的密度在白天和晚上不同，晚上对中波、短波甚至长波信号的吸收大大减少，因而在晚上能够收听到很多中波、短波电台的节目。

(3) 地表面波传播。当电磁波遇到障碍物时，会绕过障碍物向前传播。由于绕射现象，可以使电磁波绕着地球的弯曲表面（如山坡、建筑物等）沿地表面向前传播，这就是地表面波传播。电磁波沿地面传播时，将有一部分能量被消耗掉。这种损耗与电磁波波长及其他一些因素有关。波长愈长，损耗愈小，波长愈短，损耗愈大。因此，一般只有长波、中波等频率较低的电磁波才主要通过地表面波传播。由于地面的电性能在较短时间内变化不会很大，电磁波沿地面的传播比天波传播要稳定得多。

图解



电波在空间传播的方式

1.1.6 电磁波在同轴电缆中传输

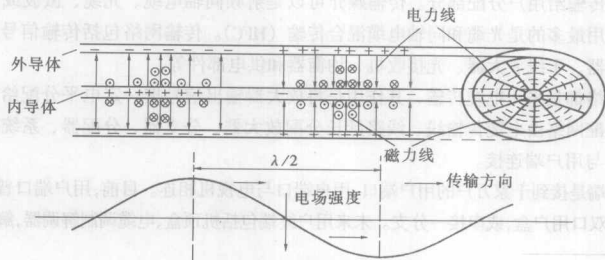
电缆传输电磁波，内外导体间传播，
高频电流集表面，内导铜包铝制作。



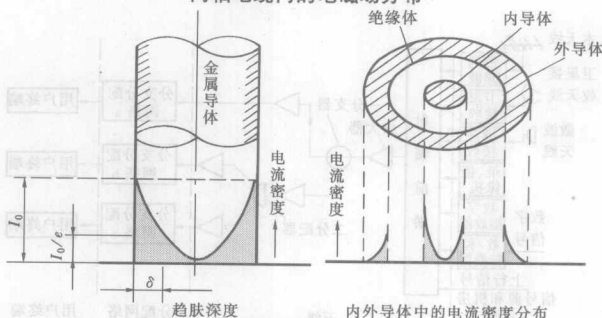
说明 同轴电缆是由轴线相重合的圆柱形内导体和圆柱壳外导体组成，内、外导体中流过的电流方向相反，需要传输的电磁波及其能量就在两导体之间沿轴向传播。同轴电缆内的电磁场分布如图所示。图中，电场强度按正弦分布。电力线用实线表示，磁力线用虚线表示。符号“ $\odot$ ”表示磁力线从纸内穿出，符号“ $\otimes$ ”表示进入纸面的磁力线。在实际应用中，由于同轴电缆的外导体通常是接地的，两导体之间形成一个在理论上与外界电磁场完全隔绝的封闭空间，不受外部电磁场的影响，因而具有良好的屏蔽作用。传输的信号不受外界杂波的干扰，也不会辐射出去干扰其他信号。正因为如此，同轴电缆在有线电视系统中得到了广泛的应用。

对于高频电磁波，电磁场以及和它相作用的高频电流仅集中于导体表面很薄的一层内，这种现象称为集肤效应。在同轴电缆中，电磁波主要在内外导体之间的绝缘介质内传播，进入导体表面薄层的电磁波的能量则转化为焦耳热放出。由于集肤效应，同轴电缆的内导体可以采用铜包铝或铜包钢作材料制成，这样既节省了成本，又不影响电磁波的传输。

图解



同轴电缆内的电磁场分布



集肤效应示意图