

电 子 工 业

【电子工业】设计、制造电子元件、配件、设备以及原材料的工业。主要包括：（1）电子元件的设计与制造，如电阻器、电容器、变压器、印刷电路板、接插件、继电器、电声元件等的制造业；（2）电子器件的设计与制造，如电子管、晶体管、集成电路、显示器件、传感器件、特殊器件等的制造业；（3）电子设备的设计与制造，如通信、广播、电视、雷达、导航、遥控、遥测、定向、报警等系统的发射设备及接收设备的制造业，电声和音响系统、电子计算机、电控和电子测量仪器、激光、医用、农用、军工及国民经济中所需的电子设备的制造业；（4）电子技术所需专用材料的设计与制造，如绝缘材料、磁性材料、半导体材料等的制造业。

电 工 材 料

【电热材料】具有较高电阻率、加电发热的材料。是电热器的关键部件。它具有较高的电阻率及稳定而较小的电阻温度系数值，当流过一定的电流时能产生较高的热量和稳定的功率；抗氧化性能、

耐腐蚀性好,使材料能在不同工作环境中具有足够长的使用寿命;材料本身能耐高温和足够的高温强度,在高温下能正常工作;具有良好的加工性能,可以满足不同成形结构的需要。

【金属电阻材料】以金属为成分、具有一定导电性能的电阻材料(一般为线材)。常用的金属电阻材料有:(1)康铜丝,主要成分是铜和镍,俗称冷阻丝,具有较高的电阻系数和较低的电阻温度系数,一般用来制作起动、分流、限流、调整的电阻器及仪器仪表中的可变电阻等;(2)新康铜丝,以铜、锰、铁为主要成分,是一种新型电阻材料,其性能与康铜丝基本相似;(3)锰铜丝,以锰、镍、铜为主要成分,具有较高的电阻系数和很小的电阻温度系数,与铜配对时的热电动势很小且电阻也能长期稳定,主要用来制作精密测量仪器仪表中的标准电阻、分流器等;(4)镍铬丝及铁铬铝丝,主要特点是高电阻率及在高温下的抗氧化性,既可作电阻材料,更可作电热材料,常用来制作电阻式加热仪器及电炉;(5)铜、铅熔丝,同样直径的铜熔丝的熔断电流要比铅熔丝的熔断电流大6—8倍;(6)铅锑、铅锡合金低压熔断丝。

【电磁线】多种绝缘导线的总称。它的绝缘层常用涂漆或包缠纤维构成,根据绝缘层材料的不同,分为漆包线、绕包线、无机绝缘线和特种电磁线四类:(1)漆包线是在铜导线的外层涂以绝缘漆的一种导线,漆膜均匀,光滑柔软,有利于线圈的自动化绕制,被广泛应用于中小型或微型电子工业产品中;(2)绕包线是用天然丝、玻璃丝、绝缘线或合成薄膜等紧密绕包在导线芯上,形成绝缘层的一种导线,也可以在漆包线外再绕包一绝缘层;(3)无机绝缘电磁线的绝缘层采用无机材料陶瓷、氧化铝膜等组成,并经

有机绝缘浸渍后烘干填孔，其特点是耐高温、耐辐射，主要用于高温、辐射场合；（4）特种电磁线具有特殊的绝缘结构和性能，如适用于潜水电机的绕组线，其绝缘结构为耐水的多层结构。

【漆包线】在铜导体外涂以均匀、光滑漆层的一种绝缘导线。常用作电机、变压器、电感器件及电气仪表的绕组，在家用电器产品中也常常用到。漆包线的主要品种有：直焊性聚氨酯漆包圆铜线、高强度缩醛漆包圆铜线、聚酯漆包圆铜线、自粘漆包圆铜线、环氧漆包圆铜线、聚酰亚胺漆包圆铜线和扁铜线、无磁性聚氨酯漆包圆铜线、特种自粘性漆包圆铜线等。

【磁性材料】具有磁性特性的材料。磁性是物质的基本属性之一，磁性现象是与各种形式的电荷运动相关联的。由于物质内部的电子运动和自旋作用，会产生一定大小的磁矩，因而产生了磁性，所以一切物质均具有磁性。自然界的物质按磁性的不同可分为：顺磁性物质、抗磁性物质、铁磁性物质、反铁磁性物质及亚铁磁性物质。这些磁性材料分属于金属磁性材料和铁氧体磁性材料两大类。它们又各有多晶态、单晶态、非晶态及薄膜等各种形态。

【铁氧体磁性材料】俗称铁 淦氧或磁性瓷。氧化铁和其他金属氧化物的复合物。大都具有亚铁磁性。常用的铁氧体磁性材料按其品格类型可分为三种：（1）尖晶石型铁氧体，主要用作软磁、旋磁、矩磁材料；（2）石榴石型铁氧体，主要用作旋磁、磁泡材料；（3）磁铅石型铁氧体，主要用作永磁、高频软磁、毫米波旋磁材料等。铁氧体磁性材料具有以下特点：（1）电阻率远比金属磁性材料高，在交变磁场中涡流损耗和趋肤效应均比较小，特别适用

于高频设备；(2) 铁氧体具有旋磁性，在微波领域中可制成各种旋磁器件；(3) 饱和磁化强度低，不适用于需要高磁能密度的场合（如电力工业）；(4) 居里温度一般比较低；(5) 在奈耳温度以下，当加上外磁场时，其磁畴的净磁矩趋向于外磁场方向整齐排列，使材料具有较大的磁化强度。

【软磁材料】容易磁化和退磁的磁性材料。其特点是矫顽力低、磁导率高。常分为金属软磁材料和非金属软磁材料两类，前者主要用于低频范围，后者可用于高频、超高频范围。在电子工业中，软磁材料常用来制作继电器、变压器、滤波器、振荡器、扼流圈、各类电感线圈、磁放大器、磁头、无触点开关等各种元器件与部件。

【永磁材料】被外磁场磁化后，若去掉外磁场的影响，仍能保持较强磁性的材料。其特点是矫顽力高、磁能积大。永磁材料主要有三类：金属永磁材料，如铝镍钴、铂钴、稀土钴、钕铁硼等；铁氧体永磁材料，如钡铁氧体、锶铁氧体等；复合永磁材料（塑料或橡胶）等。永磁材料的应用极广泛，常用于电声器件（如扬声器、话筒、耳机等）、微型电机、小型电机、吸持装置、磁选设备、电真空器件（磁控管、行波管等）、微波器件（环行器、隔离器等）、磁耦合器、复印机磁棍以及各种电器、仪器、仪表装置中。

【磁芯】由软磁材料制成的形体不同、用途各异的磁体。常用的磁芯有帽形磁芯、工形磁芯、螺形磁芯、E形磁芯、V形磁芯、串珠形磁芯、双孔磁芯、罐形磁芯和柱形磁芯等。

【天线磁棒】由铁氧体等软磁材料制成的、作为接收机天线磁芯的

磁棒。根据使用的工作频率可分中波天线磁棒和短波天线磁棒两种。

【绝缘浸渍纤维】用特制棉布、丝绸、无碱玻璃布等浸渍各种绝缘漆后，经烘干而成的一种绝缘材料。常见的绝缘浸渍纤维有黄蜡绸（带）、油性玻璃漆布（带）、三聚氰胺醇酸玻璃漆布（带）、黑玻璃漆布（带）、有机硅玻璃漆布（带）、醇酸玻璃漆管、乙烯玻璃漆管、有机硅玻璃漆管等，广泛应用于电子工业的各个领域。

【电工绝缘用纸和纸板】采用松、杉、桦、枫树等为原料，经过选材、削片、去杂、蒸煮、漂洗和打浆研磨等工艺制成纸的原浆，或者采用棉、亚麻纤维作原料，经过造纸过程而生产出的不同用途的纸和纸板。电工绝缘用纸和纸板的主要品种有电缆纸、电话纸、缠绕纸、浸渍纸、青壳纸（空气介质电绝缘纸板）、油介质电绝缘纸板（弹性纸）、钢板纸（红反帛）、电容器纸等。

【绝缘板】属层压绝缘制品类。主要品种有酚醛层压纸板、酚醛层压布板、环氧酚醛层压玻璃布板、有机硅层压玻璃布板、二苯醚层压玻璃布板和二甲苯层压玻璃布板。

【云母板】由胶粘漆将薄片云母或云母粉纸粘在平面或双面的补强材料上，经焙烘、压制而成的柔软或硬质的板状绝缘材料。主要制品有醇酸玻璃柔软云母板、有机硅玻璃柔软云母板、虫胶塑型云母板、有机硅塑型云母板、虫胶换向器云母板、环氧换向器粉云母板、虫胶衬垫云母板、磷酸胺衬垫金云母板、环氧玻璃粉云母箔等。云母板的片厚可薄至 0.15 毫米，厚至几个毫米。

【印刷电路板（复铜箔层压板）】常用的品种有两种：（1）酚醛纸质复铜箔板，一般只有单面板，具有较高的浸焊性，耐热耐潮，介电性能及机械性能一般，适用于普通无线电、电子设备、仪器仪表及其他电气设备中；（2）环氧酚醛玻璃布复铜箔板，有单面、双面两种，具有高的浸焊性能，介电性能、耐热、耐潮及机械性能均较高，适用于工作温度较高的高频无线电电子设备、仪器仪表及其他电气设备中。

【远红外电热管、电热板】在碳化硅管或金属电热管外表面涂覆远红外涂料，中间装以电热合金发热元件，利用反射罩使热源集中向被加热体辐射、或无反射罩而直接加热者称为远红外电热管；如果在碳化硅或耐热金属板表面涂覆远红外涂料，用电热合金线或带作电热源，作成单面辐射或双面辐射两种结构者称为远红外电热板。

【焊料】焊接时所必须使用的一种材料。俗称焊锡，其主要成分是锡铅合金。常用的焊料有 10 型锡铅焊料、39 型锡铅焊料、58—2 型锡铅焊料、68—2 锡铅焊料和 90—6 锡铅焊料。

【助焊剂】在焊接时能帮助缩短焊接时间、提高焊接质量的一种制剂。常用的助焊剂有松香酒精溶液、“三 S” 汉光助焊剂、中性焊剂和焊锡膏。

电子元件、 器件及部件

【电阻器】对电路中流通的电流具有一定阻力的器件。是电子产品中用得最多的电子元件,约占元件总数的 35%,个别电子产品,如电视接收机中,电阻器可达元件总数的 50%以上。电阻器有很多品种,通常是根据电阻体的材料或电阻器的用途进行分类。由于电阻体的材料不同,电阻器可分为线绕电阻器和非线绕电阻器。线绕电阻器是用高阻合金丝缠绕在绝缘基体(通常为陶瓷体)上制成的。其主要特点是阻值精度高、稳定性能好、抗氧化、耐腐蚀、机械强度和耐磨性能均优良,易做成大功率电阻,缺点是体积大、高频性能差。非线绕电阻器根据电阻体制造工艺和结构的不同又可分为薄膜型电阻器和合成型电阻器。薄膜型电阻器是通过某种工艺在绝缘基体上沉积一层电阻薄膜而制成的。根据薄膜材料的不同,有碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器等多种产品。合成型电阻器的电阻体是由导电颗粒和有机(或无机)粘合剂机械混合而成,可以制成薄膜和实芯两种形式,如合成碳膜、合成实芯、金属玻璃釉等电阻器。电阻器按其用途还可分为:通用电阻器、精密电阻器、高阻电阻器、高压电阻器、高频电阻器等;按其结构形状的不同可分为圆柱形、管形、平面形、圆盘形、马蹄形等;按其引出线形式的不同可分为轴向引线、径向引线、同向引线、无帽结构等;按保护方式的不同可分为无保护、涂漆、塑压、密封、真空密封等。

【电阻器的色标法】用不同颜色的色带（环）或色点在电阻体表面标出电阻器标称阻值和允许偏差的一种表示方法。通常色带表示法使用更加普遍。色带表示法又有两种类型：（1）两位有效数字色标法，也称四色带（环）表示法，适用于普通电阻器，四条色带中靠近电阻器一端的三条表示标称阻值，第四条表示允许偏差，详情如下表所示；（2）三位有效数字色标法，也称五色带（环）表示法，适用于精密电阻器，五条色带中靠电阻器一端的四条表示标称阻值，第五条表示允许偏差。详情如下表所示。

色环颜色	有效数字	乘数	允许误差%
黑	0	10^0	——
棕	1	10^1	±1
红	2	10^2	±2
橙	3	10^3	——
黄	4	10^4	——
绿	5	10^5	±0.5
蓝	6	10^6	±0.2

色环颜色	有效数字	乘数	允许误差%
紫	7	10^7	± 0.1
灰	8	10^8	——
白	9	10^9	+5 -20
金		10^{-1}	± 5
银		10^{-2}	± 10
无色			± 20

例如有一四环色带的电阻，四色带的颜色分别为红、紫、橙、金，则此电阻的阻值为 $27 \times 10^3 = 27\text{K}\Omega$ ，允许误差（偏差）为 $\pm 5\%$ 。又如有一五环色带的电阻，五色带的颜色分别为棕、紫、绿、金、银，则此电阻的阻值为 $175 \times 10^{-1} = 17.5\Omega$ ，允许误差（偏差）为 $\pm 10\%$ 。

【碳膜电阻器（RT）】 又称热分解碳膜电阻器。电阻体是在高温下将烷、苯等碳氢化合物（有机化合物）热分解产生的碳淀积在陶瓷基体表面而制成的电阻器。主要特点是阻值范围宽且阻值稳定性好，阻值受电压及频率的影响小，阻值的温度系数较小且为负值，脉冲负载性能稳定，价格便宜，因而生产量最大，用途最广。

【金属膜电阻器 (RJ)】电阻体由真空蒸发或阴极溅射,沉积在陶瓷基体表面上的一层很薄的金属或合金膜而制成的电阻器。其主要特点是阻值精度高,稳定性好,温度系数小,噪声小,工作温度范围宽,耐高温,体积小,但脉冲负载能力差,不适宜在脉冲状态下工作,且价格稍贵。

【合成型电阻器】有薄膜和实芯两种形式:(1)合成膜电阻器(RH),它的电阻体是将导电合成物悬浮液涂覆在基体表面经固化而制成的,因而也称合成漆膜电阻器;(2)合成实芯电阻器(RS),它是将碳黑或石墨等导电材料、粘结剂、填充料混合后,压制成一个实体的电阻元件。

【金属玻璃釉电阻器 (RI)】又称金属陶瓷电阻器或厚膜电阻器。电阻体是由金属或金属氧化物粉末与玻璃釉粉按一定比例混合后,用有机粘结剂调制成浆料,再采用丝网印刷法印刷在基片上,经烧结而制成的电阻器。主要特点是阻值范围宽、电阻的温度系数小、耐潮湿、耐高温。

【片状电阻器 (RI)】金属玻璃釉电阻器的一种形式。电阻体由高可靠的钎系玻璃釉浆料,按一定工艺涂覆在基片上经高温烧结而成,特殊要求的可覆盖一层保护玻璃。电极采用银钯合金浆料。主要优点是体积小、重量轻、精度高、阻值范围宽、稳定性能好、高频性能佳、应用范围广。

【线绕电阻器 (RX)】用高电阻的合金线缠绕在绝缘骨架上而制成的一种电阻器。其主要优点是阻值精度高、稳定性能好、抗氧化、

耐热耐腐蚀、有高的机械强度和耐磨性能、在较宽的温度范围内有较小的温度系数、可作成功率较大的电阻器；其主要缺点是寄生电感大、高频性能差、体积庞大。

【熔断电阻器】在电路正常工作时起电阻作用，当电路过载时迅速熔断，起保险丝作用的电阻器。其阻值范围约 0.47Ω — $1K\Omega$ ，额定功率约 0.25 — $2W$ ，最大熔断时间有不同规格，范围在 7 — 160 秒之间。被广泛用于彩色电视接收机等高档电子产品及仪器设备中。

【敏感电阻器】利用电阻率对于温度、电压、湿度、光通量、气体浓度、磁通、机械力等作用的敏感性而制成的一种电阻器。常用的敏感电阻器有：（1）热敏电阻器（MZ、MF），是一种电阻值随温度变化而变化的电子元件；（2）压敏电阻器（MY），当电阻器外加电压增加到某一临界值时，其阻值急剧减小的电阻器，通常是利用半导体材料具有非线性伏安特性的原理而制成的，因此也称为非线性电阻器；（3）光敏电阻器，电导率随吸收的光量子多少而变化，是利用半导体的光电导效应而制成的电子元件；（4）气敏电阻器，阻值对某种气体浓度敏感变化，是利用某些半导体材料（主要为金属氧化物）吸收某种气体后发生氧化或还原反应而使电阻率改变的特性制成的电子元件；（5）磁敏电阻器，电阻值随磁场强度变化而变化，也称磁电阻、磁控电阻，是利用半导体材料的电阻率随磁场强度增加而增加的磁电阻效应制成的一种电子元件；（6）力敏电阻器，电阻值随压力变化而变化，用半导体材料制成，可以将机械力、加速度等转换成电信号。

【光电阻器】又称光敏电阻。由硫化镉、硒化镉等半导体材料制成的电阻器。当光线照在此类半导体材料上时，材料中会释放出电子空穴载流子。光照增强时，光电阻阻值降低，光照减弱时，光电阻阻值升高，二者成反比关系。在无光照时，光电阻所具有的最大电阻值称为“暗电阻”；在一定光照下，光电阻所具有的最小电阻值称为“光电阻”。

【电位器】电阻值连续可调的电子元件。靠电刷（通常是金属簧片）在电阻体上机械滑动使电阻值连续可调的称接触式电位器，不靠电刷与电阻体直接机械接触，没有摩擦力矩、没有磨损而使电阻值可调，获得电压输出的称为非接触式电位器。按调节机构运动方式的不同可分为旋转式电位器和直滑式电位器。按结构特点可分为单联、多联、带开关、锁紧式、抽头式电位器。按用途可分为精密电位器、普通电位器、功率电位器、微调电位器及专用电位器等。按输出特性函数关系可分为线性电位器和非线性电位器。作专门用途的电位器有高频电位器（高频可变衰减器）、高压电位器、耐热电位器、快速电位器等。若按所用材料的不同，电位器又可分为若干种，如线绕电位器（WX）、块金属电位器、合成碳膜电位器（WH）、合成实芯电位器（WS）、金属玻璃釉电位器（WI）、导电塑料电位器、金属膜电位器（WJ）、金属氧化膜电位器（WY）、氯化钽膜电位器、电阻型光电电位器、结型光电电位器、一般磁敏电位器、磁敏二极管电位器等多种形式。常用电位器的额定功率为 0.025—100 瓦。标称阻值：碳膜式为 470Ω — $4.7M\Omega$ ，线绕式为 4.7Ω — $20K\Omega$ 。阻值精度：碳膜式为 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ ，线绕式为 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 。环境温度为 -55 — $+125^{\circ}\text{C}$ 。各类电位器的主要特点是：线绕电位器的

电流噪声小，温度系数最低，精度最高，耐热性能好，可制成大功率电位器，缺点是分辨力差，体积大，高阻值时电阻丝细易断线，寄生电感较大，高频性能差；合成型电阻器的优点是阻值范围宽，分辨力高，结构形式灵活多变，容易获得直线式或函数式的输出特性，价格低廉，缺点是电流噪声及非线性较大；薄膜电位器的优点是耐高温，分辨力高，电阻温度系数小，高频特性好，缺点是阻值范围窄，接触电阻大，耐磨性能差。

【纸介与金属化纸介电容器】以纸或金属化纸为介质的电容器。其主要优点是比率电容较大、电容量的范围较宽、工作电压高、成本低，主要缺点是损耗大、稳定性差，故主要应用在低频或直流电路中。以金属化纸为介质的电容器称为金属化纸介电容器，由于是用真空蒸发的方法在电容器纸上沉积一层极薄的金属膜作为电容器的一个极板而不用铝箔，因而这种电容器的体积和重量比相同容量的纸介电容器小得多。金属化纸介电容器的主要特点是具有自愈作用，当介质发生局部击穿后，经自愈作用，其性能可很快恢复击穿前的状态，缺点是绝缘性能较差，且不适用于高频电路，工作频率一般不超过几十千赫兹。

【塑料薄膜电容器】以塑料薄膜为介质的电容器。由于塑料薄膜的导电微粒少，又可在塑料薄膜上蒸发一层金属化电极，所以这种电容器的体积可做得很小。塑料薄膜电容器有很多品种，常见的有：（1）聚脂薄膜电容器，其主要优点是耐热性能好，工作温度可高达 130°C ，缺点是损耗较大，且随频率变化而变化，一般用在直流及脉动电路中，不宜在高频电路中工作；（2）聚苯乙烯薄膜电容器，主要特点是绝缘电阻高、损耗小、容量精度高、电参数

随温度和频率变化小，缺点是体积大，工作温度的上限不能超过 70°C ，常用在高频调谐器、滤收器及均衡器中；(3) 聚丙烯薄膜电容器，电性能与聚苯乙烯薄膜电容器相似，但体积小，工作温度的上限可达 100°C ，损耗也小，温度系数为 -100×10^{-5} — $-400\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，其缺点是容量稳定性稍差，主要用于滤波、耦合等电路中；(4) 聚四氟乙烯电容器，其特点是损耗小、耐热性好，工作温度上限可达 $+200^{\circ}\text{C}$ ，下限可低至 -150°C ，频率特性良好，耐化学腐蚀，缺点是耐晕性差、成本高，这种电容器可工作在高温、高绝缘、高频等场合；(5) 聚碳酸酯薄膜电容器，可代替聚脂薄膜电容器和纸介电容器，广泛用于直流、交流和脉动电路中；(6) 聚酰亚胺薄膜电容器，性能与聚酯薄膜电容器相似，且能耐热、耐寒、耐辐射、耐燃烧；(7) 复合薄膜电容器，是用两种不同的薄膜作复合介质而制成的一种电容器。

【云母电容器】以云母为介质的电容器。其显著特点是稳定性好、可靠性高、损耗小、电容精度高，工作电压可高达 2500V ，使用温度范围很宽，它的性能良好，无功功率很大，缺点是体积较大，电容容量不高。

【瓷介电容器】以高频陶瓷或低频陶瓷为介质的电容器。根据电压和功率的不同，这种电容器可分为低压低功率瓷介电容器和高压高功率瓷介电容器。低压低功率瓷介电容器按所用材料性能及特点又分为CC型（Ⅰ型，介质为高频陶瓷）和CT型（Ⅱ型，介质为低频陶瓷）两大类。CC型瓷介电容器的特点是介质损耗较低，电容量对温度、频率、电压、时间等的稳定性都比较高，常用于高频电路；CT型瓷介电容器的特点是体积小，电容量对温

度、频率、电压、时间等的稳定性均较差，介质损耗也大，常用于低频电路。瓷介电容器按外形结构可分为片形、管形、穿心形、支柱形、独石形、鼓形、板形、筒形等多种类型。

【玻璃釉电容器】以釉粉（钙、钠、硅等粉末）加工压制成的材料作介质的电容器。它的制造工艺与瓷介独石电容器相似，稳定性优于一般的瓷介电容器，但比云母电容器差。

【电解电容器】充有电解质的电容器。由一层极薄的氧化膜，涂覆在一金属基体上成为电容器的阳极（正极），而没有氧化膜的固体、液体、半液体电解质则为电容器的阴极（负极）。这类电容器的显著特点是容量特别大，可高达上万微法甚至法拉级，另一特点是由于氧化膜介质具有单向导电性，电容器在接入电路时，必须认定正、负极性，不可接反。“无极性”电解电容器是由两个极性电容器负极对接而成，故可用于极性变换的直流或脉冲电路中。电解电容器的主要缺点是损耗较大，温度、频率特性差，采用液体或半液体电解质的电解电容器则容易发生漏液、老化、干涸，甚至引起爆炸现象。电解电容器的绝缘质量差，高压大容量铝电解电容器的漏电流在 1mA 以上。电解电容器按生长氧化膜金属的不同类型可分为铝电解电容器、钽电解电容器、铌电解电容器等类型。钽电解电容器性能最好，体积也小，但价格较贵。

【可变电容器】电容量可自由变化的电容器。这种电容器有两组金属片组成电极，固定的一组称为定片，转动的一组称为动片，当动片全部旋进定片中时，电容器的容量最大，动片全部旋出时，容量最小。按照动片与定片之间的介质不同，可分为空气可变电容

器和固体介质可变电容器。根据容量变化规律的不同,空气可变电容器又可分为直线电容式、直线波长式、直线频率式和对数式多种。接收机中应用较多的是对数式可变电容器。

【电感元件】由导线(漆包线、铜线、镀银线、纱包线等)在线圈骨架上(无骨架也可)绕制而成的一种电气元件。常用的电感元件有固定电感器、扼流圈、延迟线、磁头线圈、振荡线圈、中周线圈等。电感线圈是一种贮能元件,流过它的电流不能突变。无损耗电感线圈上的电压在相位上要超过流过它的电流 90° 。

【变压器】由套在闭合铁心(通常由硅钢片材料叠组而成)或磁芯上的两个或多个线圈(绕组)构成的一种电器。它的绕组有初级与次级之分,初级绕组也称原线圈(或原边),为电源端;次级绕组也称副线圈(或副边),为负载端。线圈与线圈、线圈与铁心之间均相互绝缘。为了减少磁通交变时引起的损耗,硅钢片均做成片状结构,每片厚约 $0.35\sim 0.5\text{mm}$,片与片之间用绝缘漆隔开,以减小涡流。在无线电设备中,逐渐采用了C形或环形(也称O形)硅钢片作变压器铁心,其主要特点是磁感应强度高、损耗小、重量轻、效率高。变压器的主要作用是变换电压和变换电流,如收录机、电视接收机中的电源变压器就起这个作用。另外,变压器也用作阻抗变换,如收录机、扩音机、电视接收机中的中频变压器、音频输出变压器等。

【传输线变压器】依靠传输线传送信号(能量)的一种宽频带匹配元件。传输线可以用双股绞线、双股漆包线、同轴电缆或带状线绕在磁环上制成,磁环一般由镍锌高导磁率($\mu=100\sim 400$)的铁

氧体制成。与普通高频变压器相比,传输线变压器的主要特点是工作频带极宽,它的上限截止频率可达上千兆赫兹,其值取决于传输线的长度及其终端失配程度,下限截止频率取决于变压器初级绕组的电感量。上下限截止频率的比值可达 10^4 。

【阻抗匹配】使负载从信号源获得最大能量时负载与信号源间的阻抗关系。阻抗匹配是系统最大能量传输的条件,通常有三种匹配情况:(1)功率放大器中放大管与负载电阻间的匹配,如发射机的输出级,应使放大管最佳负载(即等效负载)与天线的等效电阻相等,这样才能保证放大管工作在最佳状态、输出最大功率;(2)供电电路(如交流电网)中应使负载阻抗与电源阻抗共轭匹配,即实部电阻相等、虚部电抗共轭,以使电厂输出最大功率;(3)传输线与负载的匹配,需使负载阻抗等于传输线的特性阻抗,使线路处于行波状态,以消除负载对信号的反射,电视接收机的天线与馈线之间、馈线与电视机高频头之间就应该有良好的阻抗匹配,否则信号会有多次的反射与入射,造成重影。

【阻抗变换电路】能将实际负载阻抗变换为前级网络或放大器所要求的最佳负载阻抗的电路。阻抗变换电路分为有源网络和无源网络两大类。(1)有源阻抗变换电路可由分立器件或集成运算放大电路组成,常用的有射极跟随电路、运放组成的信号跟随电路、共基极放大电路等;(2)无源阻抗变换电路,常见的有变压器、自耦变压器,电容分压电路,T型、 π 型等各种由L、C元件组成的匹配电路。

【继电器】一种自动断续的控制器件。当其输入参量(如电、磁、

光、热、声等物理量)达到某一定值时,其输出参量能发生跳跃式变化,从而实现对外电路或设备的控制、保护、调节或传递信息等目的。继电器的品种很多,按工作原理可分为电磁式、感应式、光电式、热电式、晶体式等多种;按控制信号的种类可分为电压、电流、时间、温度、湿度、气体等多种继电器。按继电器触点电流大小可分为微功率继电器(指开路电压为直流 28V 时,触点额定负载电流为 0.1A、0.2A 的继电器)、弱功率继电器(额定负载电流为 0.5A、1A)、中功率继电器(额定负载电流为 2A、5A)、大功率继电器(额定负载电流为 10A、15A、20A、25A、40A)。

【电磁继电器】以控制通过线圈中电流大小或有无而使产生的电磁引力的大小或有无来驱动线圈中的可动部分,从而实现触点转换(通断)功能的继电器。这种继电器主要由电磁系统、触点系统及传动系统三大部分组成。当电磁铁线圈中通过适量电流时,电磁铁产生足够引力,吸动衔铁,衔铁的运动经过传动机构作用到触点系统,使其动作。电磁继电器是应用最为广泛的一种继电器。

【电池】将化学能转换为电能的一种电源。电池有两大类:(1) 原电池,又称一次性电池,它只能由化学能转变为电能,即只能放电而不可充电,所以是不可逆的,常用的 1 号至 5 号电池或普通的积层式干电池都是一次性电池;(2) 蓄电池,又称二次性电池或充电电池,它是可逆的,即既可由化学能转变为电能,又可由电能转变为化学能,俗称电瓶,具有供电可靠、电压稳定等优点,应用十分广泛,尤以铅蓄电池(又称酸性蓄电池)最为普遍。

【蓄电池】又称可充电电池。既可将化学能转变为电能，作为供电电源，也可将电能转变为化学能，使蓄电池充电。蓄电池有酸性与碱性之分，铅蓄电池是酸性电池，应用最为广泛，它的电解液由浓硫酸和蒸馏水配制而成；镉—镍、铁—镍蓄电池是碱性蓄电池，它们的电解液都采用氢氧化钾溶液，工作电压比铅蓄电池更平稳、放电电流更大、机械强度更高、体积更小、使用寿命更长，缺点是造价略高。镉—镍蓄电池适用于小型电子仪器仪表、通信设备，也适用于飞机、人造卫星、自动控制等有关系统作直流电源。铁—镍蓄电池通常都制成较大容量，适用范围类似铅蓄电池。另一种碱性蓄电池是锌—银蓄电池，电解液也是氢氧化钾溶液，具有体积小、重量轻、容量大的特点，同样体积（或重量）的蓄电池比其他类型的蓄电池可多贮存 3—4 倍电能，可进行大电流放电。由于电极需用银制成，因此造价较贵。锌—银蓄电池广泛用作小型移动通信设备、电子仪器仪表、人造卫星、飞机及照相机的闪光灯等的直流电源。

【微型电池】一种小型或超小型化的直流化学电源。它既可能是一次性电池，也可能是二次充电电池。微型电池分两大类：一类是微型碱性电池，主要品种有锌—氧化银电池、水银电池、锌—镍电池、锌—空气电池等；另一类是微型锂电池，品种有锂—锰电池、锂—碘电池、锂—铬酸银电池和锂—氧化铜电池等。以微型电池的外形区分有：纽扣形、硬币形、圆柱形、半圆形、三角形、矩形等多种形式，其中以纽扣形锌—氧化银电池为最普遍，广泛用于电子手表、助听器、袖珍计算器及照相机自动装置等电子器件中。

【太阳能电池】 又称光电池。将太阳光能直接转换成电能的器件。为半导体器件，属光电探测器类。根据需要，可以组装成各种电压、电流和功率的太阳能电池组件，与蓄电池配套，可构成独立的电源系统。老式的光电池由硒化材料制成，在光照射时，硒材料能释放出电子空穴载流子对，电子向透明电极移动，被阻挡层捕获后形成负端区，空穴移向金属基极，形成正端区。新型硅太阳能电池是由特殊掺杂的 PN 结组成，当光照射后，也释放电子空穴载流子对，电子被拉进 N 型半导体区、空穴被拉进 P 型半导体区，从而形成正、负端区。只要光照存在，在正、负端之间就贮有一小电压，在单个太阳能电池两端可产生 0.25—0.6 伏的电压，并可提供 50mA 的电流。太阳能电池可以串联使用以产生较高的电压，或并联使用以提供较大的电流，实用的太阳能电池就是由多个单电池串、并联制成的。这种电池的主要特点是可靠性高、无噪声、无污染、使用寿命长、便于携带和使用、能源取之不尽等。它主要应用于通信系统、人造卫星、电视差转台、航标灯、微波站、水文站、野外勘探、照明等各个领域。另外，太阳能电池又是一种灵敏度很高的光敏器件，在光电控制、光电分析等仪器设备中有着广泛的应用前景。

【开关】 将电源或电路两部分接通的部件。开关的品种非常多，名称也有多种，以操作方式的不同，主要有按键开关、直拨开关、杠杆开关、拨盘开关、推拉开关及旋转开关等。具体选用开关时，应根据“需改变的电路数”及每个电路的“状态选择数”来确定开关的“刀数”及“掷数”，另外还应从电路要求、整机面板的美观及操作方便来考虑。

【固态自动光开关】 由光电阻器、发光二极管、光触发可控硅等几

个部分组成的开关。当光照射在光电阻上时，其电阻值降低，两端压降也降低，使晶体管截止，发光二极管不发光，光触发可控硅无信号触发，因而不导通，开关打开；在没有光线照射时，光电阻阻值很高，晶体管的正向偏置加大，管子导通饱和，使接在集电极回路中的发光二极管发光，并使光触发可控硅有触发信号而导通，因而开关闭合，控制某种电路工作（如照明电路）。

【光电阻断开关】又称发射敏感器或发射探测器。由发光光源（发射器，常由发光二极管组成）及感光器（接收光的光电二极管或光电三极管）组成的开关。在光源与感光器的中间开有一个狭沟或狭槽。由光源发射的可见光或红外线穿过槽沟被感光器接收，如果遮断槽沟中光的通路，则输出信号将会有正确反应（如电平高低的不同）。因此，光电阻断开可作齿轮齿孔的计数，也可作数字逻辑电路的接口。

【场效应管】利用电场效应控制半导体中多数载流子运动的一种半导体材料制成的三极管。其英文缩写为 FET。场效应管有三个电极，为源极（S）、栅极（G）、漏极（D），其作用分别与晶体三极管的发射极（E）、基极（B）、集电极（C）相对应。场效应管是电压控制器件，管子的漏极电流 I_D 受控于栅极电压 V_{GS} ，因而输入阻抗十分高。按工艺结构可分为结型场效应管（JFET）和绝缘栅场效应管（MOSFET）两大类；按其沟道（载流子通道）所采用的半导体材料的不同可分为 N 型沟道和 P 型沟道；按零栅压条件下漏源通断状态，可分为增强型和耗尽型两种，如在零栅源电压的条件下，管内的漏源间已存在沟道，则称耗尽型，若栅源电压须达到一定值时，漏源间才出现沟道，则称增强型。JFET 管栅源

间的PN结处于反向偏置,输入阻抗可达 $10^7\Omega$ 以上,MOSFET管栅源间有绝缘隔离,输入阻抗更高,可达 $10^{11}\Omega$ 以上。MOSFET管的制造工艺比BJT、JFET更为简单,功耗又小,封装密度极高,适用于大规模、超大规模集成电路中。

【稳压二极管】利用半导体PN结反向击穿的恒定特性制成的一种半导体器件。均采用硅材料制作。稳压二极管的正向伏安特性与普通二极管相仿,但反向击穿电压可低得多,且可根据需要而决定,其击穿特性更为陡直。在一定的电流范围内,稳压二极管的反向击穿是可逆的。一般认为,硅稳压二极管在5V以下属齐纳击穿,7V以上属雪崩击穿,5—6V两者兼而有之。稳压值小于5—6V的稳压管具有负温度系数,大于5—6V者具有正温度系数,而5—6V稳压值的稳压二极管,其稳压特性最好,温度系数接近于零。稳压二极管的动态内阻约在几欧姆至几百欧姆之间。

【变容二极管】利用PN结电容随外加反向偏压变化而变化的特性制成的一种半导体器件。在零反偏电压时,结电容最大,在PN结接近击穿时,结电容最小,两者之比为变容管的电容比,此值通常在5—6以上。变容管的电容随外加反偏电压的变化成非线性关系。变容管一般以硅材料居多,通常有缓变结、突变结和超变结三种类型。变容管已在通信、广播、电视及电子仪器设备中获得广泛应用。

【瞬变电压抑制二极管(TVP)】在稳压二极管工艺技术基础上发展起来的一种半导体器件。主要用来对电路进行快速保护,在雷击或高压电场对电子电路或电子设备作电击时,TVP管能以极高的

速度使自身的阻抗由高变低，从而吸收一较大的电流，使其两端的电压箝制在一个预定的数值上，箝位所需时间仅为 10^{-12} 秒，这样就保护了电路与设备不受损害。TVP 管按其作用方式可分为单极性和双极性两种；单极性 TVP 管只对一个方向的浪涌冲击电压起保护作用，对相反极性的冲击只相当于一个正向导通的二极管，无箝位作用；双极性 TVP 管可对任一方向的浪涌冲击电压起箝位保护作用。TVP 管的脉冲功率分四类：500W、1000W、1500W、5000W，每类又可按其标称电压分为 35 种，其击穿电压在 8.2V—200V 之间。

【发光二极管 (LED)】用磷化镓、磷砷化镓等半导体材料制成的一种 PN 结。其工作原理与普通半导体二极管相似。当外加正向偏置时，电子越过 PN 结和空穴结合，产生光能，发出光线；当外加反向偏压时，管子的电流很小，不发光。由 PN 结发出的光是很弱的，制造时，要在 PN 结前装有一块玻璃或环氧树脂透镜使光线聚焦、集中变强。透镜的颜色有红、黄、橙、绿、蓝等多种色彩。在实际使用中，发光二极管往往要串接限流电阻，使流过发光二极管的电流不致过大而起保护作用。发光二极管的主要优点是亮度强、清晰、使用电压低 (1.5—3V)、体积小、重量轻、可靠性高、寿命长 (大于 1000 小时)、响应速度快 (1—100ns)，缺点是工作电流较大，有一定损耗。

【变色发光二极管】由两种不同颜色的发光二极管管芯封装在同壳体内构成的二极管。通常，两个 PN 结的负极接在一根管腿上引出，两个 PN 结的正极分别接在另两个管腿上引出。这样当两个 PN 结同时通过电流时，则发光管将发出混合色 (如红、绿混合成

黄色,红、蓝混合成紫色等),而当两个PN结单独通过电流时,则发出各自的彩色光。

【发光二极管数码显示器】由磷化镓等发光二极管芯片组成的符号管及七段数码管。可发出红、橙、黄、绿等颜色,能够显示数字、字母和特殊符号,如0、1、2、……9、+、-、A、B、:、÷等。主要特点是固体化、功耗低、可靠性高、寿命长、响应快、体积小、重量轻、视角大、显示清晰、易于和集成电路直接配接,适用于数字仪表及各种设备作符号、字母、数字显示。最常用的是七段(不带小数点)和八段(带小数点)数码管,它以发光二极管排成“8”字形式,相应笔划的二极管发光时,就能显示所需的数字或特定的几个字母。数码管有两种连接方式:(1)共阴连接方式,加给发光二极管的信号应为高电平;(2)共阳连接方式,加给发光二极管的信号应为低电平。

【发光二极管电平显示器】用5—10只发光二极管排列成一字状,再配以适当的驱动电路而组成的一种显示装置。常在收音机、录音机、音响设备、数字仪表中作电平指示或功率指示。发光颜色有红、黄、绿、橙等多种。

【多位显示屏】由装在单个外壳或模板里的二个或更多个七段或八段数码显示器所组成的一种显示装置。其输入信号有两组:一是段选择信号(七个或八个);二是多位的位选择信号(选择那一个数码管显示)。多位显示屏有共阴、共阳之分,所加信号分别为高电平和低电平。

【辉光数码管】又称充气数码管。由一个阳极和多个阴极组成的冷阴极侧面显示辉光放电指示管。在额定电压作用下能以橙红色显示各种所需的数字和符号，特点是稳定可靠、亮度高、显示清晰、易读、耐振、功耗小、寿命长、译码电路简单，主要用于数字化仪器仪表及有关设备。

【荧光数码管】直热式阴极侧面（端面）显示荧光数码管的简称，为电真空器件。能显示 0—9 的数字及多种符号，如 +、—、×、÷、K_g、H_t、ms、μS、A、mA、公斤、元、次、时、分、秒等约 120 种之多。这种数码管的特点是工作电压低（灯丝电压 1.2—6V，阳极电压 20—60V）、功耗小、寿命长（大于 2000 小时）、亮度高（呈青绿色）、视角大、体积小、可靠性高，适于静态或动态驱动，并能与 MOS 电路良好匹配，故可作数字仪表、检测设备的显示装置。

【光电场效应晶体管（PHOTOFET）】场效应晶体管的一种。管壳上有一透镜，能将光线聚焦到栅极的半导体上，导致半导体价电子的释放，使额定栅流稍有增加，此电流在栅源回路电阻上产生的电压降，将会改变栅源间的电压，经过场效应管的放大，就引起了输出电压的变化。这种光电管的特点是输入阻抗很高，噪声很低。

【光触发可控硅】外壳上具有一小孔和透镜，以便将光线聚焦在栅极处 PN 结表面的可控硅。光的照射可以触发可控硅，使其导通。可控硅一旦导通，撤去栅极的光源，电路仍不断开，只有在所流通的电流小低于最小维持点后，电路才会截止，这一点和普通

可控硅完全相同。在实际应用中，可以调节触发电极（栅极）与阴极回路中的串联电阻，这样可调整不同光照时可控硅的触发阈值，但此电阻不可太小，否则触发太灵敏而难以调整。在可控硅阳极和阴极之间通常接一电容，以防止当电源接到电路上的瞬间可能引起的误触发。与光电二极管、三极管相比，光触发可控硅所控制的电流要大得多。

【换能器】将一种形式的能量转换成另一种形式能量或控制另一种形式能量的装置。通常所说的换能器是指利用某种物理效应（如光电效应、压电效应、电磁感应、磁致伸缩效应等）而在某些物理量之间产生的能量转换。例如扬声器是利用电磁感应原理而工作的一种电—声换能器；声表面波滤波器是利用压电与反压电效应原理而制成的一种电—声—电换能装置；光电管是利用半导体的光电效应来实现光与电间的能量转换的。

【电真空器件】在玻璃、金属或陶瓷的密封管壳内，充有气体或抽以真空，利用电极之间的电子或离子的多少、有无来对电信号进行传送、控制等处理的一种电子器件。电真空器件通常有一个电极具备发射电子的功能，常称为阴极；还有一个具备接收电子的功能，常称为阳极或板极。另外也可以有一个或几个控制电子发射和控制电子运动轨迹的电极，或某些辅助电极。电真空器件有几万种之多，按其工作原理可分为（1）电子束管，如摄像管、示波管、显像管、像增强管等；（2）空间电荷控制管，简称电子管，如接收放大管、发射管等；（3）超高频管，如速调管、行波管、磁控管等；（4）离子管，如辉光放电管、弧光放电管、脉冲放电管等；（5）光敏管，如真空光电管、光电倍增管、充气光电管等；

(6) X 射线管, 如治疗用 X 射线管、医学诊断用 X 射线管、光谱分析用 X 射线管等。

【电子束管】80 年代后发展最迅速、应用最广泛、最受人们重视的一种电真空器件。根据信号转换方式的不同, 电子束管可分为下列四类: (1) 由电信号转换成光像的电子束管, 如黑白、彩色电视显象管, 单色、彩色高分辨率显示管, 示波管, 雷达指示管等; (2) 由光像转换成电信号的电子束管, 如各式各样的摄像管; (3) 由电信号转换成电信号的电子束管, 如存贮管等; (4) 由图像转换成图像的电子束管, 如像增强管、变像管等。

【电子管】又称空间电荷控制管。在密封的玻璃、金属、陶瓷等外壳中, 抽以真空或充有某种稀薄气体, 装置能发射电子的阴极、能收集电子的阳极以及能控制电子运动的栅极或其他辅助电极的一种非线性电真空器件。能进行电流传导、电压放大或对各种信号作所需处理。电子管有很多品种, 若按管内电极数目, 可分为真空二极管、三极管、四极管、五极管等。二极管常用于整流、稳压、检波等; 三极管或多极电子管, 常用于放大、调制、振荡等。电子管的主要特点是耐压高、功率大、动态范围宽、工作频率高, 目前电真空器件可提供的平均功率已高达几百千瓦, 脉冲功率高达几十兆瓦, 工作频率至几千兆赫兹, 这是半导体器件望尘莫及的。电子管的缺点是体积大、耐震撞强度低、使用寿命短。电子管的各电极引线均从管子底部芯柱引出, 其顺序由缺口起按反时针排序。多极电子管的栅极与阴极间的阻抗非常大, 是电压控制器件, 不需要输入信号电流激励。

【显像管】用来显示图形、图表、文字、数字、符号、曲线等的电子束管。通常由电子枪、荧光屏和管壳三大部分组成。显象管主要用于电视接收机和计算机系统中，有黑白与彩色之分。彩色显象管的荧光屏上涂有红、绿、蓝三基色荧光粉，它们彼此不重迭，一般成条状。彩色显象管常用的有单枪三束管和自会聚管，自会聚彩色显象管是1972年试制成功的，它从根本上革除了动会聚电路，为彩色电视机的发展作出了重要贡献。

【光敏管】包括光电管、光电倍增管和显象管三大类。是电真空器件。光电管和光电倍增管都是光的接收器件，主要功能是将光信号转变为电信号。其工作原理是：当入射光通过光窗照射到光电阴极时，阴极发射出光电子，这些电子在电场作用下飞向阳极，在阳极电路内可测出光电流的数值，停止光照，光电流也随之消失。光电倍增管的工作原理是：光电阴极所发射的光电子在电场的作用下，使其加速并聚焦到第一倍增级，经过第一倍增级后的次级电子在电场作用下，加速并聚焦到第二倍增级倍增，……这样按次序倍增到最后的倍增级，经倍增放大后的光电子打到阳极上。光电倍增管的灵敏度比光电管要高得多。

【示波管】用来显示电信号波形的一种电子束管。通常由电子枪、偏转系统、荧光屏、管壳等几部分组成。在一个密封的玻璃外壳中只装置一个电子光学系统的示波管称为单枪示波管，装置两个电子光学系统的称为双枪示波管，还有多枪示波管。示波管广泛应用于各种示波器、图示仪、波形监视器、医疗仪器等各种仪器仪表中。它能显示周期信号，也能显示单次脉冲，频率范围很宽，由低频（或直流）至超高频。示波管屏幕有矩形和圆形两种，余

辉时间分为五档：大于 1 秒的称为极长余辉，1—0.1 秒的称长余辉， 10^{-1} — 10^{-3} 秒的称为中余辉， 10^{-3} — 10^{-5} 秒的称为短余辉，小于 10^{-5} 秒的称为极短余辉。

【阴极射线示波管（CRT）】由电子枪、偏转系统和荧光屏三部分构成一个整体，被密封在真空的玻璃壳体内而组成的示波管。电子枪的作用是产生聚焦良好的高速电子束以撞击荧光屏，使荧光粉发光，偏转系统能改变电子束打在荧光屏上的位置，使电子束在荧光屏上作上、下、左、右的扫描。

【充气管】一种真空器件。与一般真空管相比，它的真空度较低，通常充的气体是氖、氮、汞等的蒸气，流经充气管的电流取决于气体原子的电离程度，它比高真空的普通电子管能产生更多的电子和离子，所以工作电流可很大。充气管有多种形式，如冷阴极充气管、热离子充气二极管、闸流管（气体三极管）等。冷阴极极管的阴极不需加热，阳极阴极之间只要加上较高电压（超过点火电压），就会导通。一旦导通，阳极阴极间的电压就会维持不变，因此可作稳压之用。典型的稳压值为 75V、105V、150V 等，这种稳压管的作用与半导体稳压管相似；热离子充气二极管有灯丝加热阴极，工作电流较大，常用在大功率整流电路中；闸流管的功能与可控管相类似，除阳阴极之外还有控制栅极。

【石英谐振器】由石英晶体按一定方位切割成性能不一的石英片或石英棒，在石英片两侧制成并引出金属电极后形成的器件。石英晶体具有正、反压电效应，并具有谐振特性，当外加信号电压的频率与石英晶体的串联谐振频率相等时，石英晶体就发生谐振。石

英晶体的基波频率可达几十兆赫兹。由于石英晶体的物理化学性能极其稳定、弹性振动损耗极小，因而石英谐振器的品质因素高达数百万量级，是一种稳定频率、选择频率的高质量电子元件，被广泛应用于通信、广播、测量、计时、仪器仪表等设备与系统中。

【石英晶体滤波器】由石英谐振器组成的滤波器。石英晶体滤波器的特性良好，其中以单片晶体滤波器的特性最好，这种滤波器是在一块晶体片子上集成了全部滤波器网络，不需外加任何分立元件，故又称集成晶体滤波器。

【陶瓷滤波器】利用陶瓷材料的压电效应构成的滤波器。常用的陶瓷滤波器是由锆钛酸铅压电陶瓷材料（简称 PZT）制成的。与其他滤波器相比，陶瓷容易焙烧，可制成各种形状，适合滤波器的小型化，它的耐热、耐湿性能好，很少受外界条件影响，等效品质因素值约为几百，比 LC 滤波器高，但低于石英晶体滤波器，故其通带略宽，选择性略差。目前，陶瓷滤波器被广泛用在通信、广播、电视等接收机及电子仪器仪表中。

【声表面波滤波器】一种将电能转换成声能，在固体中以表面声波的形式传播，再由声能转换成电能电—声—电转换器件。这种器件能对被转换的电信号进行处理与加工。常用的声表面波器件有延迟线、滤波器、谐振器、卷积器等。其共同特点是体积小、重量轻、中心频率可做得高、相对带宽较宽、矩形系数接近 1，而且可采用与集成电路工艺相同的平面加工工艺，制造简单、成本低、重复性好、可大量生产。缺点是其中心频不能做得低，目前的水平，约在几兆赫以上。

【可控硅 (SCR)】正式名称为反向截断三极闸流管,简称闸流管或晶闸管,属于半导体功率开关器件。为 PNP 四层半导体、三个 PN 结的固态结构。可控硅有三个电极,分别为阳极 A、阴极 K、栅极 G。可控硅正常工作(正向导通)需有两个条件:(1) 阳极与阴极之间需加正电压,这一点与晶体二极管正向导通条件相似;(2) 栅极需加正向触发脉冲。上述两个条件同时具备时,可控硅才能进入触发导通状态(类似于开关接通),一旦导通,栅极撤去触发脉冲,阳阴极之间的导通情况也不会受到影响,这一点是普通晶体二极管所没有的。关闭可控硅必须将导通电流降至最低维持电流以下或切断阳极与阴极之间的正电压或加负电压即可。可控硅的主要特点是体积小、重量轻、耐压高、电流大、效率高、使用维护简单、控制灵敏。同时,它的功率放大倍数很高,可用微小的信号功率(几十到 100—200mA 电流, 2—3V 电压)对大功率(几百安培电流,数千伏电压)的电源进行控制和变换,在脉冲数字电路中也可作功率开关使用。可控硅的主要缺点是过载能力及抗干扰能力均较差,控制电路也较复杂。常用高频半导体闸流管的额定工作频率为 20KHz。

【二端双向可控硅 (DIAC)】只有两个电极(阳极和阴极)而无控制栅极的可控硅。双向可控硅可以在正、反方向上导通,导通时由于负阻作用,其两端的电压低于穿通电压。当流经双向可控硅的电流降低到最小支持电流以下时,即停止导通而成开路状态。和稳压二极管的工作一样,双向可控硅必须联接一外部串联电阻,来限制电流,以免烧毁。这种器件可限制脉冲的尖峰,对电路起保护作用。

【三端双向可控硅 (TRIAC)】有三个电极：端子 1、端子 2 及控制栅极的可控硅。与普通可控硅的区别在于它能够正、反向导通，栅极触发电压可为正脉冲，也可为负脉冲，由此来控制可控硅的导通方向。触发导通后，栅极也失去对电流的控制。由于双向三端可控硅能双向导通，故无阳极与阴极之分。这种器件适于作交流控制，如作普通调光开关。当双向三端可控硅不导通时，它的两端等于输入电压，在导通时，其两端电压接近于零。

【单结晶体管 (UJT)】又称双基极二极管。由 N 型硅棒和 P 型材料的发射面组成，只有 PN 结的负阻型半导体器件。二个基极分别以 B_1 、 B_2 表示，一个发射极以 E 表示。正常工作时， B_2 — B_1 间需加正电压，E— B_1 间的 PN 结若加正向偏置，单结晶体管即导通，导通后，E— B_1 间的电阻会很快降低，使 B_2 — B_1 间的电流迅速增加，电流的增加，又使 E— B_1 间的电阻更进一步的减小，如此形成了强烈的正反馈。利用这一特性，单结晶体管可制成张弛振荡器，由 B_1 极输出周期性脉冲。

【V—MOSFET】纵向金属氧化物半导体场效应晶体管的英文缩写。它和增强型 N 沟道 MOSFET 具有同样的电路符号和相似的功能，所不同的是它装配了 V 型栅极，增加了沟道的断面积，使 MOSFET 能承受更大的电流。所以，V—MOSFET 的功率可做得很大，被广泛应用在电力开关、电动机控制器、高效率开关放大器及音频功率放大器等各种电子电路与电气设备中。V—MOSFET 的沟道长度较短，工作频率很高，可达 4000MHz，它的另一些优点是工作电压高、工作电流大、线性好、输入阻抗高、噪

声低、热稳定性良好、直流偏置电路简单，且不消耗直流输入功率。其主要缺点是输入电容较大，在某些应用中使阻抗匹配困难。

【拾音器】又称送话器、传声器、麦克风。音频系统的输入传感器。主要作用是将声能（声音振动）转换为电能（电信号）。拾音器的种类较多，主要有电容拾音器、晶体拾音器、动圈式拾音器、带式拾音器、组合拾音器等多种：（1）电容拾音器是将振动膜片当作一个极板，另一个极板是固定的，两个极板间加有电压，当声音改变两个极板间空气隙的宽窄时，就引起等效电容的变化，通过内部放大器取得信号输出，频率特性很好，但输出信号的幅值偏低；（2）晶体拾音器是用钛酸钡晶体固定在膜片和极板之间构成。根据压电效应工作原理，声波冲击膜片时，膜片交迭压缩晶体而产生变化的输出电压，它的频率特性较好，输出电压的幅值较大，无指向性，且价格便宜；（3）动圈式拾音器的膜片连接到装在小永久磁铁两极间的线圈上（动圈），有声波冲击时，膜片带动线圈在磁场中移动，切割磁力线而在线圈中产生感应电动势，经音频放大输出，它的频率特性很好，输出信号幅度较大，且结构坚固，工作稳定，是音频系统中用得最多的一种拾音器；（4）带式拾音器是利用磁场中金属箔片振动而产生电动势的原理制成的，其主要特点是性能好、音质柔和自然、指向性连续可变；（5）组合拾音器是由带式拾音器与动圈拾音器组合而成，或由两只相同形式的拾音器按特定要求组装成一只拾音器，其特点是指向性可变，可拾取立体声信号。

【扬声器】俗称喇叭。将电能（电信号）转换成声能（声音振动）的一种输出传感器。扬声器的种类较多，按照能量转换方式的不

同,可分为电动式、电磁式、压电式;按照磁场供给方式的不同,可分为永磁式、励磁式;按照频率特性的不同,可分为低音扬声器、高音扬声器;按照辐射方式的不同,可分为直射式(又称纸盆式)和反射式(又称号筒式)。在诸多种类中,使用最多的是电动式扬声器,这种扬声器的基本结构是在一磁钢芯柱外套装一线圈,线圈与发声的纸盆相连,当线圈中通入音频电流时,线圈会产生一交变磁场,此磁场与磁钢所产生的磁场相互作用,从而带动纸盆运动,发出声音。

电工及电子电路

【克希荷夫第一定律】 又称克希荷夫电流定律或基尔霍夫电流定律,常用英文缩写 KCL 表示。其主要内容是:电路中任一节点,在任何瞬时流入该节点的电流必等于从该节点流出的电流。也可表达为:任一瞬间流入电路任一节点电流的代数和等于零,用数学式 $\sum I=0$ 来表述。这一定律还可作如下引伸:对于任一电路可用一闭合面将该电路的一个局部包围起来,如果闭合面内没有(净)电荷的增加或减少,则任一瞬间流入该闭合面内的电流必等于从闭合面内流出的电流。晶体管放大器三个电极的电流 $I_e=I_c+I_b$ 就符合这一定律。

【克希荷夫第二定律】 又称克希荷夫电压定律或基尔霍夫电压定律。常用英文缩写 KVL 表示。其主要内容是:电路中任一瞬时在

任一回路中各段电压的代数和等于零,用数学式表示,即为 $\sum U = 0$ 。这一定律也可写成另一表达形式: $\sum E = \sum (IR)$,它表明在任一回路中循某一方向上的电动势的代数和 $\sum E$ 必等于此回路按所定方向上各电阻上电压降的代数和 $\sum (IR)$ 。在这里,凡是电动势 E 的正方向与回路所定方向一致者取正号,相反者取负号;凡是电流的正方向与回路所定方向一致者,该电流在电阻所产生的电压降 IR 取正号,相反者取负号。克希荷夫电压定律不仅应用于闭合回路,也可以推广至开口电路中。

【迭加定理】内容为:在任一线性网络中,任一元件上的电流或电压等于各支路(回路)中各独立电源单独作用在此元件上所产生的电流或电压的代数和。在考虑某一电源单独作用时,其余的任一电压源均作短路处理,但内阻均保留在原支路内;任一电流源均作开路处理。迭加性是线性网络的一个基本属性,利用线性网络的迭加定理,在分析复杂变化信号源的网络时,可先将信号分解为许多变化规律简单的典型信号(如正弦变化信号)之和,再求每一简单信号在网络某一元件上的作用,然后将各作用的结果迭加,即可得出所需之解。

【等效电源定理】内容为:任何线性有源二端网络,都可用一理想电压源与一内电阻相串联的电压源来等效,或用一理想电流源与一电导相并联的电流源来等效,此电压源或电流源就是等效电源。在计算复杂电路的某一支路时,可以将复杂电路的其余部分看作是一有源二端网络,用一等效电源来代替,这样可将复杂电路的计算简化。

【戴维南定律】内容为：任一有源二端线性网络的一部分都可以化简为（等效为）一个具有电动势为 E 的理想电压源和内阻为 R_0 相串联的等效电路来代替，其等效电动势 E 就是此部分网络的开路电压（即该部分网络与其他部分连接处断开的端电压），其内阻 R_0 等于由此开路端看进去的该二端网络的等效电阻。求 R_0 时，网络内电压源应短路，但保留电阻，电流源应开路。

【诺顿定理】内容为：任一有源线性二端网络的一部分都可以化简为（等效为）一个具有理想电流源 I 和一内电导为 G 相并联的等效电路，其等效电源的电流 I 就是该部分网络的短路电流值（即该部分网络与其他部分连接处短路时的短路电流），其电导 G 等于由此短路端看进去的该二端网络的等效电导，求等效电导 G 的方法与戴维南定律求取等效电阻的方法相同。

【右手螺旋定则】决定通电导线四周磁力线方向或通电线圈中磁力线方向的定则。具体内容为：对于通电导线，用右手握着导线，拇指与其他四指垂直，以拇指指向电流方向，则其余四指所指的方向就是导线四周磁力线的方向；对于导电的螺旋线圈，用手握着线圈，四指方向代表电流方向，则与四指相垂直的拇指方向就是磁场（磁力线）的方向。

【弗来明右手定则】判断在磁场中作运动的导体上产生感应电动势方向的定则。具体内容为：伸平右手掌，使拇指与其他四指彼此垂直，且在同一平面内，掌心迎着磁力线，使磁力线从手掌心垂直穿过，如果拇指指向导体运动的方向，则其余四指所指的方向就是感应电动势的方向（四指端方向为正、手臂方向为负）。

【弗来明左手定则】又称电动机定则。判断在磁场中通电导体受力方向的定则。具体内容为：伸平左手掌，使拇指与其他四指相垂直，且在同一平面，掌心迎向磁力线，使磁力线垂直穿掌心而过，如果四指指向是电流方向，则拇指的指向就是导体受力运动的方向。左手定则非常有用，例如在电视机的显象管中，偏转线圈产生均匀变化的磁场，当电子枪中的电子束以高速通过这变化的磁场后，必定要产生偏转，若交变磁场是水平的，则电子束经过时要产生垂直（上、下）偏转；若交变磁场是垂直的，则电子束经过时要产生水平（左、右）偏转。电子束的上、下、左、右偏转就在荧光屏上形成了光栅。

【集总参数电路】电路工作参数与状态只决定于电路元件和信号源而与元件间联接的导线长短无关（导线只起导通电流的作用）的电路。集总参数电路只适用于工作频率较低（约低于 300MHz）的环境中。

【等效电路】用来代替原电路中的某一部分或代替全部原电路，但对外电路的作用（电压、电流、功率等）仍与原电路相同的电路结构。常用的等效电路有交流与直流之分。例如，一晶体管放大器，可用直流等效电路来计算它的工作点，用交流等效电路来计算它的电压增益、输入输出阻抗及其他参量。

【信号】消息的表现形式。信号的具体内容即为消息。电信号一般指随时间而变化的电压或电流，也可以是电容上的电荷、电感线圈中的磁通及空间的电磁波等。电信号与非电信号可以很方便地

用传感器相互转换。例如，用光电管或光电池可将光信号转换成电信号；用扬声器可将音频电信号转换成声音等。信号可以是周期性的，也可以是非周期的，可以是连续时间变化的，也可以是离散时间变化的。

【系统】由若干相互作用和相互依赖的事物组合而成的具有特定功能的整体。其概念涉及的范围十分广泛，包括各种物理系统和非物理系统、人工系统及自然系统。通信系统、电力系统、机械系统可称为物理系统，政治结构、经济组织、生产管理等属于非物理系统。计算机网、交通网、水利灌溉网及诸如交响乐队等都是人工系统，而原子核、太阳系等则属于自然系统。在电子工业领域中，常用的系统有通信系统、广播系统、电视系统、控制系统、计算机系统、指挥系统、管理系统等，这些系统能对各种信号进行传输与处理。有时，还需要将上述几个系统组合起来，成为一个更庞大更复杂的大系统，如宇航系统就是一个综合大系统。任何一个较大的系统都包含有若干个小系统或子系统。如广播系统，它实质上是由发射台的发射系统和用户的接收系统所组成的，而发射系统又可分成音频系统、高频系统、天线系统、监测系统、供电系统等几个大部分。

【确定性信号】能够用明确函数关系来描述的信号。这种信号能以实验的方法多次重复产生。可分为周期信号和非周期信号。常用的正弦信号就是周期信号，脉冲干扰信号则属于非周期信号。

【随机信号】在其发生之前不能预知、不可能用确定的数学关系来描述的信号。这种信号只能用概率术语来描述，并采用统计方法

来分析。电路与系统中的噪声就是典型的随机信号。可分为平稳型和非平稳型两种。

【零状态响应】系统在无初始贮能或称为状态为零的情况下，仅由外加激励源引起的响应。零状态响应由系统的特性和外加激励函数决定，可由激励函数和系统的单位冲激响应相卷积得到，分为自然响应和受迫响应两部分。

【零输入响应】当系统没有输入激励信号时仅由初始条件引起的响应。若系统在 $t=0$ 时未施加输入信号，但由于 $t<0$ 时系统的工作，可以使其中的贮能元件蓄有能量，而此能量不可能突然消失，它将逐渐释放出来直至最后消耗殆尽。零输入响应正是由这种初始的能量分布状态，即初始条件所决定的。

【信号流图】用线圈结构方式来描述线性方程组变量间因果关系的一种电路或系统的模拟图形。在信号流图中，以称为结点的小圆点代表信号变量。各信号变量间的因果关系则以支路（或路径）的有向线段来表示，支路的起点为因，终点为果，方向表示信号流动的方向。在支路上标明的是信号的传输值，传输值实际上就是因果变量间的转移函数。因此，每一信号变量就等于所有指向该变量的支路的入端变量与相应的支路传输值的乘积之和。

【均匀抽样定理】描述抽样特性的定理，内容为：频谱最高频率为 f_m 的有限频带的信号，其最小抽样频率应为 $f_s \geq \frac{\omega_m}{\pi} = 2f_m$ ，其倒数 $\frac{1}{2f_m}$ 称为奈奎斯特抽样间隔。当抽样信号通过截止频率 $f_m \leq f_c \leq f_s - f_m$ 的理想低通滤波器后，可以将原信号完全重建。

【有效值】又称均方根值。计量交流电压或电流大小的一个值。在交流电的一个周期内，通过某电阻所产生的热量与直流电在同样的时间内通过该电阻所产生的热量相等，则交流电的有效值就等于此直流电的大小。理论与实际都证明，正弦或余弦交流电的有效值与其峰值的关系为：

$$U_{\text{有效值}} = 0.707 U_{\text{峰}} = U_{\text{峰}} / \sqrt{2}$$

【平均值】正弦（或余弦）交流电（电压或电流）在某一时间间隔内的平均数值。若交流电信号为 $u(t) = U_m \sin \omega t$ ，时间间隔为 Δt

$$= t_2 - t_1, \text{ 则其平均值为: } U_{\text{平}} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} U_m \sin \omega t \cdot dt}{t_2 - t_1}$$

若时间间隔正好等于正弦交流信号的半个周期，即 $\Delta t = \frac{\pi}{\omega} = \frac{T}{2}$ ，则 $U_{\text{平}} = 0.637 U_m$ 。式中 U_m 是交流信号的幅值（半峰值）， ω 是角频率， T 是周期。

【频率与周期】频率是每单位时间内信号变化的次数；周期是信号每变化一周（一次）所需的时间。频率常以英文字母 F 或 f 表示，基本单位是赫兹（ H_z ）；周期则以英文字母 T 表示，基本单位是秒（ S ）。频率与周期成倒数关系，即 $f = \frac{1}{T}$ 。频率乘以 2π 即为角频率，角频率的单位是弧度/秒。

【功率】单位时间内供出或消耗的功。是衡量做功或消耗功快慢的一个基本量。功率的基本单位是“瓦特”，简称“瓦”，以英文字

母 W 表示。在电路中的功率称为电功率，在直流电路中，电功率等于电压与电流的乘积；在交流电路中，电功率分有功功率、无功功率、视在功率等几种不同形式。

【功率匹配】 电路中使负载获得最大功率的条件。在直流电路中，功率匹配条件是：负载电阻与电源内阻相等；在交流电路中，负载获得最大功率的条件是共扼匹配，即 $Z_l = Z_s^*$ 。

【有功功率】 单位时间内实际供出或消耗的交流电能量。为交流信号一个周期内的平均功率。在单相交流电路中，有功功率等于电压有效值、电流有效值及功率因素的乘积。多相交流电中，有功功率等于相数乘以每相的有功功率。

【无功功率】 在具有电抗（电感、电容）的交流电路中，电路在交流信号周期的一部分时间内从电源吸收能量，以磁场能或电场能的方式存贮在电抗元件中，在周期的另一部分时间内又将存贮的能量释放，返还给电源。对于交流信号整个周期而言，其平均功率为零。但电路中总有电阻存在，所以能量在电源和电抗元件之间不停地交换时，总会有能量的损耗，即无功功率。在单相交流电中，其值等于交流电压有效值、交流电流有效值、电压与电流间相位差的正弦之乘积。其单位为“乏”。

【视在功率】 衡量交流电机、电器设备容量的量值。等于交流电压有效值与交流电流有效值的乘积，即 $S = UI$ ，单位为伏安。视在功率与有功功率 P 及无功功率 Q 的关系为：

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$= \sqrt{(\text{有功功率})^2 + (\text{无功功率})^2}$$

在 $Q=0$ 时, $S=P$ 。所以视在功率所表明的是电器设备在设定的交流电压与电流下所能获得的最大有用功率。

【功率因素】交流电网中, 由于负载不是纯电阻而使交流电压与电流之间所产生相位差的余弦值。此值等于有功功率与视在功率的比值, 该值越大, 效率越高, 交流电厂的电能就越被充分利用。在理想的情况下, 功率因素为 1。

【千瓦小时】功率与时间的乘积。是度量供出或消耗电能多少的量值, 俗称“度”。电能的单位是焦耳 (J), 千瓦小时与焦耳的关系为:

$$1 \text{ 度电} = 1 \text{ 千瓦小时 (1KWh)}$$

$$1\text{KWh} = 1000 \text{ 瓦} \times (60 \times 60) \text{ 秒}$$

$$= 3600000 \text{ 焦耳 (J)} = 3.6 \text{ 兆焦耳}$$

【零点与零线】三相或多相交流电系统中, 作星形接线的公共点称为零点, 也称为中心或中性点。由零点引出的导线称为零线或中性线。三相交流电中, 任一相火线与零线间的电压为相电压。在各相负载对称的条件下, 各负载的相电流也对称 (相等), 此时中线里的电流为零, 可去除中线, 成为三相三线制系统。

【线电压与相电压】三相交流电中, 每相始端与末端间的电压, 亦即火线与中线间的电压, 称为相电压。任意两始端间的电压, 即两火线间的电压, 称为线电压。对于发电机或三相变压器的绕组作星形连接, 即引出四根导线 (三相四线制) 时, 其低压配电系

统中的相电压为 220V，线电压为 380V ($\sqrt{3} \times 220\text{V}$)；对于三角形连接时，其相电压与线电压相等，均为 380V。家用电器的电源一般为 220V，需接在三线电源的火线与中线之间。

【电能】电以各种形式做功的能力。有直流电能、交流电能、高频电能等，这几种电能均可相互转换。电能来源于水能（水力发电）、热能（火力发电）、原子能（原子能发电）、化学能（电池）及光能（光电池、太阳能电池等）等。电能也可转换成其他所需能量形式。它可以有线或无线的形式作远距离的传输。电能被广泛应用在动力、照明、冶金、化学、纺织、通信、广播等各个领域，是科学技术发展、国民经济飞跃的主要动力。电能的单位是“焦耳”，简称“焦”，以英文字母 J 表示。电能等于有功功率对时间的积分。

【 μb （微巴）】表示声压（即声音强弱）的一种单位。 $1\mu\text{b}=1$ 达因/ cm^2 ，人耳的听觉声压是以 $1\mu\text{b}$ 为中心，在 $0.002—200\mu\text{b}$ 范围内变化，最大与最小相差达 10^6 倍。人耳听觉不与声压成正比，而与刺激量的对数成正比，所以一般用声压与基准声压的对数来表示声音的强弱，计算单位为 Bel（贝尔），通常以 Bel 的 $\frac{1}{10}$ 即 dB（分贝）为实用单位。例如，若声压比为 10000 倍，则声音大小为：

$$A=10\lg 10000=40\text{dB}$$

【Pa（帕）】声压（声音强弱）的单位。 $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$ 。

【分贝（dB）】1 贝尔的 $1/10$ 。其值等于两电压或两电流之比的十

进对数再乘以 20，也可以是两功率之比的十进对数再乘以 10。分贝主要用来衡量一放大电路或某一网络的增益大小。由于人耳对声音的感觉是与其强度（例电压大小）成对数关系，而不是正比例的线性关系，可用分贝来表示声音的强弱。实际使用中，下述关系是常用的：

$$1 \text{ 分贝} = 0.115 \text{ 奈培} = 0.1 \text{ 贝尔}$$

其中奈培是对电压或电流之比取自然对数而得的数值。

【0dB μ 】将 $1\mu\text{W}$ 作为参考基准点，当作 0 分贝，以 0dB μ 表示。dB μ 常作通信、广播接收机等灵敏度大小的单位。

【0dBm】在音响技术中，常将 1mW 定为参考基准点，当作 0 分贝 (0dB)，以 0dBm 表示。以此为标准，日常生活中，最低可听值为 10dB，家中平均声响为 30dB，收音机正常播音的平均音量为 60dB，铜管乐队的音响为 90dB，纺织车间的噪声约为 100—120dB，人从正常高音响进入痛苦境界的声响为 130dB。

【灵敏度】通信、广播、电视接收机、仪器、仪表等设备对微小的外加信号所呈现的敏感程度。如接收机的灵敏度是指该机在规定的输出下所能接收的最弱信号；仪器、仪表的灵敏度是指量程为满度时的最小输入量。灵敏度值愈小，表明该设备愈灵敏。电视接收机的灵敏度在几十微伏至一百多微伏间，通信接收机的灵敏度已低至零点几微伏。

【选择性】系统（设备网络或放大器）对通带以外不需要频率信号的衰减能力（滤除能力）。选择性有两种表述方式：（1）根据系统

相对幅频特性数学式,计算出系统对某一频率信号的幅频相对值,此值愈小,则选择性愈佳;(2)用矩形系数来描述,即相对幅频特性下降 20dB 的带宽与下降 3dB 带宽之比值,此值愈接近 1,则选择性愈好,理想时,矩形系数等于 1,此时,系统的幅频特性呈矩形状,通带以外的任何信号均被滤除而无法通过系统。

【通频带】幅频特性由中频平坦区的最大值下降 3dB (下降 0.707 倍)所对应的上限截止频率(上边界频率、上限频率)与下限截止频率(下边界频率、下限频率)之差值。3dB 带宽也称半功率频带宽度,因为电压或电流幅值下降 3dB (即下降 0.707 倍),相当于功率下降了一半。一般音频放大器的通频带宽度要求为 5Hz—15KHz,电视图像放大器则要求 6.5MHz 带宽。

【频率响应】系统(网络或放大器)对正弦或余弦输入信号的稳态响应,也称频率特性。频率响应描述系统放大倍数与频率间的变化关系。对不同频率的信号,系统增益的幅值与相位是不同的,其中幅值随频率变化的特性称为幅频特性,相位随频率变化的特性称相频特性。系统若对不同频率的信号有不同的放大倍数,则会引起频率失真,若对不同频率的信号产生相位移不成比例,则会引起相位失真,使信号波形畸变。

【波特图】以对数标尺用折线近似法绘制出网络或放大器传输函数(如电流、电压的增益或相对增益)的幅频特性与相频特性的图形。这两张特性曲线图水平轴的频率值均以对数分度,幅频特性的纵轴(Y轴、垂直轴)以分贝(dB)来表示,并以线性分度;相频特性纵轴的相角 φ 也以线性分度,其相角的单位是弧度(rad)或

度, $1\text{rad}=57.3^\circ$ 。

【线性失真】由于系统的幅频特性和相频特性不合适而引起的输出信号的失真。这种失真由系统中的线性电抗元件(电容 C 、电感 L) 值过大过小而引起的。线性失真实际上就是频率失真, 包含幅度失真和相位失真。一个系统如果频带不够宽, 则输入信号中的某些频率分量(如谐波分量等) 将会丢失或衰减, 使输入信号波形产生失真, 这就是幅度失真; 如果系统对不同频率信号产生的相移不成比例, 会使输入信号发生畸变, 产生相位失真。

【非线性失真】由元器件的非线性特性而引起输出信号波形的失真, 也称谐波失真。例如在晶体管放大器中, 由于 $b-e$ 结的非线性特性, 若工作点选得不合适或输入信号幅值过大, 则输出信号的波形就与输入信号不同, 出现了高次谐波分量, 这就是非线性失真。

【增益—带宽积】任一确定网络或放大器的低频或中频电压增益与通频带宽度相乘所得的乘积值。在电路结构、元件参数、晶体管等都选定后, 增益—带宽积基本上是个常数, 即对于一确定的放大器, 其中频增益的大小与通频带宽成反比例。所以, 许多宽频带放大器的电压增益往往是较低的。

【晶体管混合 π 型等效电路】采用物理模拟的方法, 从晶体三极管的物理模型抽象而得的等效电路。例如晶体管的发射结用 $R_{bb'}$ 表示基区体电阻, 用 R_{be} 、 C_{be} 表示 PN 结的正向偏置电阻与电容; 晶体管的集电结用 C_{bc} 、 R_{bc} 表示 PN 结反向偏置时的结电容、结电

阻, 用 $g_m U_{b'e}$ 、 R_{ce} 表示集电极与发射极间的等效电流源 ($g_m U_{b'e}$ 表示三极管电流放大作用) 及电流源电阻。由这些参量组成的等效电路就是混合 π 型等效电路, 是根据三极管内部物理过程而获得的。

【特征频率 f_T 】使晶体管电流放大倍数的幅值等于 1 (0dB) 时的工作频率。通常

$$\begin{aligned} f_T &= \beta_0 f_\beta \\ &= \frac{g_m}{2\pi (C_{be} + C_{bc})} \\ &\approx \frac{g_m}{2\pi C_{be}} \end{aligned}$$

式中 g_m 、 C_{be} 、 C_{bc} 、 β_0 均为晶体管的参数, f_β 是晶体管共发射极截止频率, 是 β 值由 β_0 下降 3dB 所对应的工作频率。

【谐振回路】又称选频回路。由 L、C、R 元件组成的能对信号频率有选择能力的回路。有串联与并联两种形式。串联谐振回路是 L、C、R 元件相串联再与信号源串联; 并联谐振回路是三元件相并联再与信号源并联。串、并联谐振回路的谐振频率在回路品质因素 Q 值较高时, 均为 $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$, 其 3dB 带宽为 $BW = f_0/Q$,

矩形系数 $K_{0.1} \approx 10$ (或为 0.1)。串联谐振回路的品质因素为 $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$, 并联谐振回路的 $Q = R \sqrt{\frac{C}{L}}$ 。串联谐振回路需电压源激励, 并联谐振回路需电流源激励。

【放大器】能将小的输入信号 (电压、电流等) 不失真地放大到所

需幅值的一种电路或装置。放大器有很多分类方法：（1）按照放大器导通时间的长短可分为 A 类（甲类）放大器、B 类（乙类）放大器、AB 类（甲乙类）放大器、C 类（丙类）放大器等，A 类放大器的导通角为 180° ，B 类为 90° ，AB 类介于 180° 与 90° 之间，C 类为小于 90° ；（2）按照应用情况，放大器可分为直流放大器、音频放大器、中频放大器、高频放大器、脉冲放大器、功率放大器、窄带选频放大器、宽频带放大器等；（3）按照放大器件的连接方式，可分为共发射放大器（场效应管为共源极放大器、真空管为共阴极放大器）、共基极放大器（场效应管、真空管均为共栅极放大器）、共集电极放大器（场效应管为共漏极放大器、真空管为共阳极放大器）。小信号放大器的主要质量指标是电压或电流的增益、失真度、频带宽度、输入输出阻抗等，功率放大器的技术指标是输出功率、效率、失真等。

【反馈放大器】放大量受到反馈控制的放大器。反馈，就是将电子系统（网络或放大器）输出量（电压或电流）的全部或部分，经过一定的网络回送到其输入端的过程或现象。在电子技术中，反馈现象是普遍存在的。反馈放大器由基本放大器与反馈网络组成。根据反馈网络与基本放大器在输出、输入端连接方式的不同，反馈放大器有下述四种类型：（1）电压串联负反馈放大器；（2）电压并联负反馈放大器；（3）电流串联负反馈放大器；（4）电流并联负反馈放大器。凡属电压型负反馈放大器，均能稳定输出电压，并使放大器输出电阻降低；凡属电流型负反馈放大器，均能稳定输出电流，并使放大器的输出电阻增加；串联型负反馈放大器的输入阻抗要比并联型的高得多。负反馈能增加放大器放大倍数的恒定性，减小非线性失真，扩展通频带宽度，抑制环内噪声，改

变放大器的输入、输出阻抗，其主要缺点是降低了放大器的放大倍数。反馈深度愈深，即负反馈愈大时，放大器的有关性能就改善愈好，但放大倍数也降得愈低。在放大器中应当尽量避免正反馈，因为正反馈会使放大器工作不稳，甚至会引起自激振荡。

【场效应管放大器】用场效应管构成的放大器。主要有两大类：以结型场效应晶体管作放大器件的放大器，称为结型场效应管放大器；以金属氧化物半导体场效应管（即 MOS 管）作放大器件的放大器，称为 MOS 场效应管放大器。这两类放大器均有共源、共栅、共漏不同的连接形式。共源极放大器的输入阻抗较高、放大量较大，应用最广，与晶体管共发射极放大器类似；共栅极放大器的输入阻抗较低、输出阻抗较高、具有电压放大倍数，与晶体管共基极放大器类似；共漏极放大器的输入阻抗最高、输出阻抗很低、无电压放大倍数，与晶体管共集电极放大器类似，是理想的阻抗匹配网络。根据场效应管的不同，其放大器又有耗尽型、增强型之分。

【双栅 MOS 场效应管放大器】由双栅 MOSFET 管构成的放大器。双栅 MOSFET 管是由一个源极、一个漏极、两个栅极构成的金属氧化物半导体场效应管，可看成由两个场效应管组合而成。用这种场效应管作放大器时，通常接成共源—共栅连接组态，常用于广播、电视接收机中作高频放大电路、混频电路。彩色电视接收机中的高放电路几乎都采用双栅 MOSFET 放大器。这类放大器的主要特点是工作稳定、噪声低、所允许的输入信号动态范围大。

【差动放大器】又称差分放大器。将两个特性完全相同的晶体管发

射极（或场效应管的源极）连在一起接至一恒定的电流源上，两管的基极（场效应管的栅极）作为放大器的两个输入端，两管的集电极（场效应管的漏极）作为输出端，再配接完全对称的偏置电路而组成的放大器。其主要特点是抑制放大器零点漂移的能力强，对共模信号的放大倍数极小，对差模信号的放大倍数较大，因而共模抑制比甚高，输入阻抗也很高。差动放大器有四种形式，即单端输入—单端输出式、单端输入—双端输出式、双端输入—单端输出式、双端输入—双端输出式。双端输出差动放大器的电压放大倍数为单端输出的两倍，而与输入端的接法（单端还是双端）无关。差动放大器被广泛应用在音频、视频、中频等电路系统中，是模拟电路的重要组成部分。

【运算放大器】高增益、高性能直接耦合放大器。借助于外加反馈元件（电路），可实现对信号的加、减、积分、微分、对数、反对数等的运算，达到对输入、输出信号之间函数关系的控制。运算放大器最早应用于模拟计算机中，随着集成电路技术的不断发展，其应用已日益广泛，除完成各种数学运算外，还可完成信号的产生、变换、处理等多种功能，成为模拟系统中的一个基本单元。运算放大器的开环差模电压增益很大，典型值约为 100dB，输入电阻也很大，典型值约为 $1\text{M}\Omega$ ，输出电阻很小，典型值约为 100Ω ，输入偏置电流也很小，典型值约为 100nA ，共模抑制比的典型值约为 100dB，开环带宽的典型值约为 100Hz 。运算放大器有两个输入端和一个输出端，若信号加到反相端（—），则输出信号与输入信号反相 180° ；若信号加到同相输入端（+），则输出信号与输入同相。运算放大器可看成是一个模拟器件，除应用在线性系统外，也可应用在非线性系统。

【互补对称功率放大器】由 NPN 及 PNP 两类晶体管按一定要求组成的具有一定功能的功率放大器。其基极交流相通，作为信号的输入端，两发射极相连，接至输出负载，两集电极接供电电源。作放大时，在输入信号正半周期内，NPN 管导通，PNP 管截止；在输入信号负半周期内，PNP 管导通，NPN 管截止。因而在负载上能得到一个与输入信号波形相同的输出波形，并使信号获得放大。由于两晶体管均为射极输出，所以放大器的电压增益接近或小于 1，但电流放大倍数远大于 1，放大器的功率增益仍较大。纯 B 类（乙类）互补功率放大器的交越失真较严重，不能满足电路性能指标要求，所以在实际应用中常供给两晶体管一定的正向偏置，使它工作在 AB 类（甲乙类）状态。

【OTL 电路】无输出变压器电路。是互补对称电路的一种。为单电源供电，输出通过大电容 C 与负载相耦合，而不用变压器，电路简单、体积小、重量轻，特别适于制造成集成电路，被广泛应用于收音机、录音机、电视接收机及诸多音响电路中。

【OCL 电路】无输出电容电路。是一种互补对称功率放大电路，为双电源供电，无输出耦合电容。电路简单，输出功率大，缺点是需要有正负电源供电。这种电路广泛用于通信、广播系统中，在扩音机中用得最多。

【BTL 电路】平衡式无变压器电路。由两组单电源互补对称电路组成，负载接在两组电路的输出端之间。这种电路的最大特点是既不要大的输出耦合电容，又可以单电源供电，且能在较低电源电

压下, 供出较大的输出功率, 电路易于集成化, 所需外部元件极少, 因而应用甚广, 尤其用作大功率放大电路。

【丙类放大器】又称 C 类放大器。导能角小于 90° 的放大器。其放大管只在输入信号小于半个周期内导通, 其他大部分时间均截止。其输入信号应为大信号, 集电极电流为一个个余弦脉冲。由于放大器的负载为调谐回路, 所以能选出余弦脉冲中的基准分量, 获得不失真的放大信号输出, 因此这种放大器也称为调谐功率放大器。其最大特点是效率高 (大于 78.6%), 且导通角愈小, 效率就愈高。丙类放大器常用在各类发射机中作高频功率放大。

【振荡器】不需外加信号激励, 就能将直流电能转换成正弦 (余弦) 交流或脉冲信号输出的一种电路。常分两大类型: (1) 正弦波振荡器, 根据振荡环路中选频网络的不同, 又分为 RC 正弦波振荡器、LC 正弦波振荡器、石英晶体振荡器、压控振荡器 (VCO)、压控石英晶体振荡器 (VCXO) 等多种形式; (2) 非正弦波振荡器, 又称张弛振荡器, 是利用电容充放电及有源器件 (晶体管、场效应管、单结晶体管等) 的通断来产生脉冲方波、矩形波、三角波、锯齿波或这些基本波形的合成波形, 其工作频率由 LC 充放电电路的时间常数来决定。随着集成电路技术的发展, 振荡器又出现了许多新型电路, 如开关电容振荡器、利用有源滤波器从非正弦信号中提取正弦信号的振荡器等。振荡器是通信、广播、电视、测量、计算机等系统中不可缺少的基本电路, 应用十分广泛。

【三点式 LC 振荡电路】简称三点式振荡器。反馈网络或选频网络是 LC 回路, 且 LC 回路的三个端点与晶体管或场效应管三个电

极直接相连的一种振荡器。这种振荡器是否振荡，通常是根椐振荡电路是否满足相位平衡条件（即满足正反馈条件）的原则来判別。具体判別原则是：振荡器交流等效电路中的晶体管集电极——发射极间的电抗、发射极——基极间的电抗必须是同名的（同为电感或同为电容），而集电极—基极间的电抗与前者相反是异名的（为电容或为电感）。三点式 LC 振荡器的常用形式有四种：哈特莱振荡器，即电感三点式或自耦变压器耦合三点式振荡器；考毕兹振荡器，即电容三点式振荡器；克拉泼振荡器，即改进型串联电容耦合三点式振荡器；西勒振荡器，即改进型并联电容耦合三点式振荡器。三点式振荡器的工作频率范围很宽，可从几十千赫兹到近千兆赫兹，频率稳定度约为 10^{-3} — 5×10^{-5} 数量级。

【哈特莱振荡器】即电感三点式或自耦变压器耦合三点式振荡器。其等效电路中，集电极—发射极之间、发射极—基极之间均为电感，集电极—基极之间为电容。这种振荡电路的优点是容易起振，振荡频率调节方便；缺点是振荡波形稍差，振荡频率不高，频率稳定度也不够高。

【考毕兹振荡器】即电容三点式振荡器。其等效电路中，集电极—发射极之间、发射极—基极之间均为电容，集电极—基极之间为电感。这种振荡电路的优点是振荡波形较好，振荡频率较高，缺点是调整频率较麻烦。

【克拉泼振荡器】电容三点式振荡器的改进型电路。二者的区别仅仅在于克拉泼振荡电路的集电极—基极间电感支路中串入了一小电容 C，这样就减弱了振荡管与 LC 振荡器回路间的耦合，使振荡

管对振荡频率的影响大大减小，使回路的标准性、振荡频率的稳定性得以提高。与电感 L 相串联的电容愈小，上述标准性与稳定性会提得愈高，但振荡环路的增益会下降得愈多，甚至会不满足振幅起振条件而使振荡器停振。

【西勒振荡器】电容三点式振荡器的改进型电路。电路结构与克拉泼振荡器相似，二者的区别仅仅在于西勒电路除了在电感支路中串入小电容外，还在电感旁并接一小电容 C ，进一步改善了电容三点式振荡器的性能，如波段覆盖系数可从克拉泼电路的 1.2—1.3 提高到 1.6—1.8，且在改变振荡频率的过程中，振荡信号的幅度比较平稳。在同类三点式振荡器中，西勒电路的频率稳定度最高，振荡频率也最高，性能更好，因而应用甚广，各电视机本地振荡器几乎都采用这种振荡电路。

【石英晶体振荡器】简称晶振。利用石英晶体的压电效应和反压电效应对正弦振荡频率进行控制的振荡器。由于石英晶体的品质因素 Q 值很高（约在 20000 以上），所以晶体振荡器的突出优点是可以产生频率稳定度和准确度十分高的正弦振荡信号，目前，其频率稳定度的极限是 10^{-12} — 10^{-13} 。因此，通信发射机、广播发射机、电视发射机、计算机、计时装置等都采用石英晶体振荡器作为载频信号源或时间（频率）基准。限于石英晶片的机械强度及其他因素，晶体振荡器的振荡频率约在 10KHz—几十兆赫兹范围，再高一点的频率可用石英晶体的泛音（泛音晶体）来实现。

【泛音晶体振荡器】利用石英谐振器的泛音振动特性对频率实行控制的振荡器。这种振荡器可使振荡频率扩展到甚高频以至超高频

段（几十兆赫至几百兆赫兹）。

【开关电容振荡器】用开关电容电路构成的振荡器。其主要特点是信号频率易于调整、更换频率比较方便，能够获得幅度相等、相位间隔相同的正弦信号系列；振荡电路易于集成化、体积小、重量轻、稳定性好。90 年代，开关电容振荡器的频率低至赫兹量级，高至几十至几百千赫兹或几兆赫兹量级，随着集成电路技术的发展，进一步提高其上限频率是可能的。

【RC 振荡器】通常指 RC 正弦波振荡器，其反馈网络或选频网络由电阻器 R 和电容器 C 构成。这类振荡器的主要特点是工作频率较低（赫兹至几兆赫兹的范围），频率稳定度不高，约在 10^{-2} — 10^{-3} 范围内，电路十分简单，无电感类非标称元件，故体积甚小。RC 振荡器又可分为文氏电桥 RC 正弦波振荡器、移相式 RC 正弦波振荡器、积分式正弦波振荡器等多种形式。

【多谐振荡器】由两级放大器作交叉耦合，形成强烈正反馈而产生多谐振荡的一种振荡器。如果用晶体三极管作为振荡管，则从两集电极中的任何一端都可得到接近于脉冲方波的输出波形，且两集电极所取得的信号在相位上差 180° 。多谐振荡器在工作时，一振荡管导通饱和，另一振荡管必截止，导通与截止的变换是由电容器的充电与放电使振荡管偏置电压发生变化而实现的。多谐振荡器在数字电路中有着广泛的应用。

【压控振荡器（VCO）】振荡频率受外加电压控制的振荡器。VCO 所产生的振荡信号可为正弦波（余弦波）、矩形波、三角波等。若

用直流电压作为控制信号,可制成频率调节十分方便的信号源;若用正弦电压或音频电压作控制信号,压控振荡器就成了调频振荡器,产生调频信号输出;若用锯齿电压作控制信号,压控振荡器就成了扫频振荡器。目前,压控元件绝大多数都采用变容二极管,先将控制电压转换成电容的变化,以改变振荡回路的参数,达到控制振荡频率的目的。压控振荡器被广泛应用在锁相技术、频率合成、通信、广播、电视、测量等系统中,集成化的 VCO 组件也已大量生产,使用十分方便,性能很好。

【负阻振荡器】根据能量平衡原理,借助动态负阻的作用,抵消振荡回路中的正阻损耗,将直流电能变换为交流信号输出的一种自激振荡器。由于负阻器件与回路仅有两端连接,故又称为“二端振荡器”。根据伏安特性的不同,负阻器件有两类:(1)电压控制器件,也称 N 型负阻器件,其电流是电压的单值函数,具有这种特性的器件有隧道二极管等;(2)电流控制器件,也称 S 型负阻器件,其电压是电流的单值函数,属于这一类的器件有单结晶体管(双基极二极管)、可控硅整流器、弧光放电管等。随着半导体工业的不断发展,新型负阻器件仍在不断产生并逐步在实际中被采用,例如,在固体微波振荡方面,用雪崩二极管、体效应二极管(耿氏二极管或限累二极管)等负阻器件构成负阻振荡器,其特点是体积小、重量轻、耗电省、机械强度高。

【频率准确度】又称频率精度。振荡器的实际振荡频率偏离其标称值的程度。这种偏离是由于加至振荡器的电源电压不恒定,温度、湿度等环境条件的变化,元器件内部噪声以及机械振动、电磁干扰等因素而引起的。频率准确度有两种表示方法:(1)绝对频率

准确度，指振荡频率与标称频率的差值；(2) 相对频率准确度或相对频率偏移，即通常所说的频率稳定度，其值等于上述的频率差值与标称频率的比值，在实际应用中，频率稳定度又有长期频率稳定度、短期频率稳定度和瞬时频率稳定度之分。长期稳定度是指观察时间为一天以上的频率稳定情况，国家计时台、天文观察站等均采用这种标准。短期频率稳定度的观察时间在一天以内的几小时或几分钟的频率稳定情况，大多数电子设备、仪器仪表均采用短期稳定指标。瞬时频率稳定度是指观察时间为秒级或毫秒级内振荡频率的随机变化情况。

【滤波器】能使所需频率的信号通过，同时又能抑制（或衰减至一定程度）无用频率信号的电子电路或部件。工程上常用它来作信号处理、数据传输、干扰抑制等。滤波器有无源与有源之分：(1) 无源滤波器主要有由 R、C，L、C，L、R、C 组成的滤波器，石英晶体滤波器，陶瓷滤波器等多种形式；(2) 有源滤波器是在集成运算放大器迅速发展后出现的，由集成运放与 R、C 组成的有源滤波器具有体积小、重量轻、不用电感、具有一定电压增益和缓冲作用等优越性能，缺点是带宽有限、工作频率不高（只能达到几兆赫兹）。滤波器也可以按通过信号的频率高低宽窄，分为低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器、带阻滤波器等四种。

【巴特沃兹滤波器】由巴特沃兹网络函数组成的滤波器。是一种低通滤波器。所谓巴特沃兹网络函数，是没有有限零点的最平坦幅频特性网络函数。

网络的品质因素 Q 值适中，在给定元件数量之后，这种网络只有一种最佳设计。其通频带宽窄与网络极点的多少无关，通带

内的幅频特性平坦，通带外，特性衰减比较陡直。电路的独立电抗元件愈多（即极点愈多），则曲线下降就愈陡直，以每个极点为 -6dB/倍频程 的倍率增加。但巴特沃兹滤波器的相位特性不太好，线性较差，所以时延较大。另外，高阶巴特沃兹滤波器的时域特性有较大的过冲，不适于传输脉冲信号。巴特沃兹滤波器易于制造，其元件值比其他绝大多数滤波器更为实际，而且对元件容差要求不十分严格。

【包络检波器】又称幅值检波器、峰值检波器。其作用是从调幅波中解出（检出、还原出）原调制信号。通常，包络检波器由半导体二极管与低通滤波器组成。调幅波经过二极管的非线性作用（单向导电性）后，产生了许多新频率成份的信号，低通滤波器将所需信号选出（如音频信号），滤除不必要的高频及谐波。包络检波器要求输入信号的幅值一般要大于 0.5 伏，否则会引起输出信号失真。检波二极管需用高频锗管，检波器的负载电阻不可太大，否则会产生惰性失真。二极管包络检波器的优点是电路简单、元器件少、制作容易、线性良好，缺点是无增益（增益约为 -6dB ）、只能对普通调幅波（带载频的双边带调幅波）实行解调。分立元件的收音机、电视接收机多采用这种检波电路。

【同步检波器】又称乘法检波器。由乘法电路及低通滤波器组成，能对各种类型的调幅波进行解调，检出原调制信号的电路。同步检波的关键问题是需要有一个与被解调信号同步的参考信号输入。所谓同步，即要求参考信号的频率必须与被解调信号的载波频率完全相同，二者的相位相等或相差极小，否则会使解调出的信号失真或幅值减小，严重时，将无法辨认或听懂。同步检波器

已被广泛应用在通信、广播、电视接收机中。

【鉴频器】又称频率检波器。频率→电压的变换器。主要作用是从调频波中解出（检出、还原出）原调制信号（如音频信号）。绝大多数鉴频器的鉴频原理（过程）是先将调频波用变换网络变换成调频—调幅波，使其幅值变化正确反映频率变化的规律，再用振幅检波器对它进行包络检波，即可解出原调制信号。常用的鉴频器种类较多，有相位鉴频器、比例鉴频器、斜率鉴频器、差动峰值鉴频器、移相乘法鉴频器等。在集成电路的收音机、电视接收机中，后两种鉴频电路最为常见。在分立元件电视接收机中，几乎都采用比例鉴频器。

【鉴相器】又称相位检波器。相位→电压的变换器。主要作用是从调相波中解出（检出、还原出）原调制信号。常用的鉴相器有乘法鉴相电路、迭加型鉴相电路两种。鉴相器是锁相环路、频率合成电路的基本部件之一，也用于间接调频系统或实现对调相波的解调。

【变频器】能将某一信号的频率（中心频率或载波频率等）变换成一固定的新频率（如中频），而信号的变化规律（如调制规律）仍保持不变的一种电路或装置。变频器由混频器与本机振荡器两大部分组成。振荡器产生一正弦或余弦信号，其频率可以比被混频信号高一个中频或低一个中频。混频器完成本振信号与需要变频信号频率之差或之和的非线性作用，由其负载的选频回路将所需信号送出。所以变频器与混频器相比，只是在组成上多了一个本机振荡器，而完成的功能是完全相同的。普通收音机都采用变频

电路来实现混频。

【混频器】将一信号的中心频率（如载频）变换至另一所需频率的信号，而原信号的变化规律（如幅度或频率的调制规律）保持不变的电路。混频器的输入信号有两个：一个是需要作频率变换的信号，另一个是本机振荡信号。混频器的输出信号称为中频信号，它可以是两输入信号的频率之差，或两输入信号频率之和；也可以是两输入信号谐频之差或和。取两频率之和输出者称为上混频，取两频率之差输出者称为下混频。广播、电视系统中的混频器，基本上都采用低中频的下混频方式。混频器由非线性器件和带通滤波器组成。非线性器件起频率变换作用，滤波器则用来选取所需频率信号并滤除不必要的干扰成份。根据非线性器件和电路的不同，混频器有晶体二极管混频器、三极管混频器、环形混频器、场效应管混频器、乘法器混频器及参量混频器等多种类型。

【倍频器】使输出信号的频率等于输入信号频率整数倍的频率变换电路。倍频器属于大信号激励下的非线性电路。主要应用在发射机、频率合成器及调频调相系统中。倍频器由非线性器件与选频电路组成。非线性器件可用晶体二极管、三极管、场效应管，也可用乘法电路。选频电路常用 L、C 元件组成的带通滤波器，也可用陶瓷滤波器或石英晶体滤波器。

【电压源】等效内阻极小、两端所供电压不随负载变化而变化的电源。电压源所供电流完全取决于所连接的外电路。直流电压源的端电压为恒定值。内阻很小的电池、蓄电池近似于直流电压源。理想电压源的内阻等于零。

【电流源】内阻非常大、供给外电路的电流不随负载变化而变化的电源。电流源两端的电压取决于与其相连接的外电路。性能良好的光电池、晶体管的输出特性均与电流源接近。理想电流源的内阻为无穷大。

【受控电源】简称受控源。受控于另一信号的电压源或电流源。受控源一般是具有两个支路的四端元件，其中一个支路为开路或短路，另一支路是电压源或电流源，此电压源或电流源受控于另一支路的开路电压或短路电流。据此，受控源可分四类：电压控制电压源、电压控制电流源、电流控制电流源、电流控制电压源。晶体管放大器的集电极电流就是一电流控制的电流源；场效应管放大器的漏极电流是一电压控制电流源。

【稳压电源】在输入电压（如交流电网电压或其他输入电压）变化或负载变化的条件下能输出所需恒定值电压的电源。稳压电源的主要技术指标是在输入电压和负载电阻（输出电流）所规定的变化范围内供出电压的稳定系数、电源的输出电阻、交流纹波大小及温度系数等。常用的稳压电源有两大类：一种是串联反馈式稳压电源，另一种是开关式稳压电源。

【串联反馈式稳压电源】在电源主回路中串有工作在线性放大状态起电压调整作用的晶体三极管的稳压电路。其中调整管与负载电路相串联。工作原理是依靠电源输出电压的变化经取样放大，去控制调整管两端电压作所需方向的变化，而达到输出电压的恒定。串联反馈式稳压电源的特点是电路较简单，缺点是调整管工作在线性放大区，因而效率较低，约在 55%—80%，稳压范围也不够

宽，允许交流市电的变化约为 190—240V。

【开关式稳压电源】简称开关电源。在电源主回路中串有工作在开关状态的调整管而使输出电压稳定的稳压电源。与串联反馈式稳压电源相比，其主要优点是体积小、重量轻、效率高（一般在 70%—95%），稳压范围宽，允许交流市电变化的范围约为 160—260V；主要缺点是输出电压中所含的纹波较大，电路也较复杂。开关式稳压电源根据换能器的种类不同可分三类，即串联开关式稳压电源、并联开关式稳压电源及变压器开关式稳压电源。每种稳压器都必须具有扼流圈或变压器作为贮能元件。在串联开关式电源中，扼流圈与负载串联；在并联式开关电源中，扼流圈与负载并联；在变压器式开关电源中，以变压器代替了并联式中扼流圈的位置。

【直流变换型电源】将一种直流电压转换为另一种所需直流电压的电子设备。常以符号 DC—AC—DC 表示。它是一种开关型稳压电源，主要由直流变换器、整流、滤波及稳压电路组成。将直流电能先由振荡电路转换成交流信号，经变压器升压或降压再经整流、滤波和稳压，即可得到所需直流电压输出。

【模拟乘法器】能对两模拟输入信号实现相乘的电路或设备。设两输入模拟信号分别为 u_x 、 u_y ，则模拟乘法器的输出信号为 $U_o = K u_x u_y$ ，式中 K 是与乘法电路某些参量有关的一个增益系数，量纲为 1/伏。模拟乘法器通常由双差动电路组成，并有集成化商品出售。在通信、广播系统中，常用模拟乘法器实现混频、调制、同步检波、鉴相等许多非线性变换。另外它与运算放大器相组合，通

过不同的外接电路，还可组成除法、开方、平方等运算电路及各种函数发生器。在通信、广播系统中，一般都采用四象限乘法器，即两个输入信号的极性可正可负，均不影响输出。

【功率合成】将各功率放大器的输出功率相加合成，供给同一负载，且各放大器之间有良好的隔离作用的方法与手段。实现功率合成的电路称为功率合成电路或功率合成器。这种电路的最大特点是任一放大器的工作状态发生变化或不能工作，甚至有开路、短路情况，均不会影响其他放大器的正常工作。此外功率合成电路还具有宽频带特性。常用的功率合成器是以传输线变压器构成的魔T网络来实现的，主要用在短波与超短波的高频功率放大器中。

【功率分配】将一信号功率平均地、互不影响地分配给各个独立负载，各负载所得信号的数值相等，相位相同或相反的方法。实现功率分配的电路称为功率分配电路。在这种电路中，各负载的通、断、短路等的变化均不影响其他负载应得的功率。功率分配技术近年来已被广泛应用，如在电视接收机的天线共用器系统中，就采用了功率分配器，将天线所接收到的信号，均匀地、互不影响地分配给各电视用户，而各电视用户的使用情况绝不对其他用户产生不良影响。

【整流器】将输入交流信号变成脉动直流的一种电路或装置。常用的整流器有半波、全波、桥式等多种。半波整流器能让交流信号的半个周期流经负载，另半个周期被阻断；全波、桥式整流器能让交流信号的正、负半个周期均单方向的送至负载，因而效率较高、纹波也小。全波整流电路需要中心抽头、两侧对称的变压器

绕组，以获得幅值相等、相位相反的两交流电压，而桥式整流器需 4 个二极管，但变压器不需抽头。桥式整流二极管的耐压需大于输入交流电压的 $\sqrt{2}$ 倍，电流应大于负载电流的 0.5 倍。

【DC—DC 转换器】将较低的直流电压转换成较高直流电压的电路或装置。这种电路通常由脉冲发生器、变压器、整流滤波电路等组成。脉冲振荡器将低压直流电压转换成交流脉冲信号，其重复频率（振荡频率）约为 8KHz — 20KHz 。此脉冲信号经变压器升压，再经整流、滤波电路变成所需的直流电压，供负载之用。DC—DC 转换器的应用十分广泛，如开关电源、电子闪光灯等的装置或电路中都离不开这种转换电路。

【稳压器】能在电网电压发生变化或电路负载发生变化时保持供出恒定直流电压的电路或装置。最简单的稳压器是由稳压二极管与限流电阻所构成的稳压电路，其最大特点是电路异常简单，但电压稳定度及所允许负载的变化范围均受到限制，效率也较低；另一种常用的稳压器是由晶体三极管用附属电路所组成的串联调整稳压电源，其主要特点是调整灵敏、效率较高（55—80%）、电压稳定度好，允许负载变化的范围也较宽；还有一种稳压器叫开关电源，它是以晶体三极管通断时间比的不同来实现输出电压稳定的，主要优点是效率很高（可达 70—95%），允许电网电压的变化范围非常宽（220V 的电网电压允许在 160—260V 之间变化）。

【比较器】用来对输入信号电压与参考电压进行比较而控制输出信号波形的一种电路。比较器中常用的器件是运算放大器，参考电压可加于运放的同相输入端，也可加于反相输入端，既可为正值，

也可为负值。由于运放的电压增益非常高，所以其两个输入端若有微小的电压差值就会使运放的输出级进入饱和状态，当反相端电压比同相端电压略高时，输出是负向饱和电压，即输出低电平；当反相端电压比同相端电压低时，输出是正向饱和电压，即输出高电平。如果参考电压是零电平，则输入信号电压每次过零时，输出信号都会产生突然变化，这种比较器称为过零比较器，能将正弦输入信号转换成占空比为 1 : 1 的脉冲方波输出；如果参考电压不为零，则正弦输入信号可转换成占空比为任意值的脉冲方波。具有上述功能的比较器一般称为单门限比较器。如果将输出信号正反馈至同相端作参考电平，则比较电平有两个值，称双门限比较器，也称迟滞比较器或施密特触发器。

【迟滞比较器】又称施密特触发器。在单门限比较器的基础上，通过电阻分压，将输出电压的一部分正反馈至运算放大器的同相输入端的比较器。这种比较器的传输特性曲线（即输出电压与输入电压的关系曲线）呈迟滞回线形状，即输入信号在上升时引起输出电压的变化及在下降时引起输出电压的变化所对应的输入电压值是不相同的，前者的输入信号电压值要高于后者，它们的差值称为门限宽度或回差电压。调节正反馈量的大小，即改变了比较器的参考电平，也改变了回差电压的大小。迟滞比较器应用十分广泛，例如用作方波发生器及对输入信号进行整形等。施密特触发器除了用运算放大器组成外，也可以由与非门等电路组成。

【CMOS 集成运放】由 NMOS、PMOS 互补器件组成的运算放大器。它的特点是功耗低、线性好、温度特性好、电路结构简单。由于 P 阱的隔音作用，基本上消除了两个器件因衬调效应而造成的

性能下降,但 CMOS 工艺较 NMOS、PMOS 复杂,管芯面积也较大。

【开关电容电路】由开关电容组成的电路。电路两节点间接有带高速开关的电容器称为开关电容。开关电容电路是抽样数据电路,其输入和输出均为抽样信号。开关电容电路除了包含有开关电容单元外,还包含有放大器、运算放大器、比较器等模拟电路。

【BCD 码】二—十进制数码的简称。这种编码以二进制码为基础,但四位二进制码最多只表示十个数,按逢十进一的规律进位。所以十进制的每一位均需四位二进制码,例如十进制 18 所对应的 BCD 码应为 00011000,69 所对应的 BCD 码应为 01101001。因此 BCD 码中每一位十进制中的四位二进制码均不会出现比 9 大的数,即不允许出现 1010 至 1111 这样的数码。

【ASCII 码】美国信息交换标准码。分别将 0—9 数字、英文大小写字母、部分数学运算符及有关符号与图形编成的由八位二进制组成的代码。例如数字 0—9 的 ASCII 码是 30H—39H;英文大写 A—Z 共 26 个字母的 ASCII 码是 41H—5AH;而小写英文字母 a—z 的 ASCII 码则为 61H—7AH;符号!的代码是 21H,+,—、=、}、—的 ASCII 码分别是 2BH、2DH、3DH、7DH、7EH。

【格雷码】即循环码。其特点是相邻码之间仅有一位不同,在某瞬间取数时,不会产生较大的误差。在测量技术中,应用格雷码较多。十进制 0—15 所对应的格雷码为 0000、0001、0011、0010、0110、0111、0101、0100、1100、1101、1111、1110、1010、1011、1001、1000。上述码中的尾数 1000 与首数 0000 也只有一位不同。

【摩根定律】逻辑代数中一条十分有用的定律。有关这一定律有两个重要逻辑关系式，即：

$$\overline{A \cdot B \cdot C \cdots} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \cdots$$

$$\overline{A + B + C + \cdots} = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \cdots$$

摩根定律在逻辑函数化简中有着重要的影响。

【卡诺图】逻辑函数的一种图形表示法。主要用作对逻辑函数的化简。逻辑函数的卡诺图就是将此函数的最小项表达式中的各最小项相应地填入一些特定的方格图中，对于 5 个变量以上的逻辑函数用卡诺图化简并不方便，故较少采用。

【门电路】具有一个或两个以上输入端、一个输出端的逻辑单元电路。其输出状态取决于各输入端的状态及电路结构形式。最基本最常用的门电路有三种：（1）非门电路，工作在脉冲状态下的反相器就是非门电路，它的输出与输入反相 180° ，即输入为低电平 0 时，输出即为高电平 1，输入为 1 时，输出为 0，其输出信号与输入信号之间的逻辑关系表达式为 $L = \bar{A}$ ，式中 L 代表输出，A 代表输入， $\bar{A}$ 是 A 相反的信号；（2）与门电路，所谓“与”是指在“所有条件都满足时结果才发生”的逻辑关系，与门输出信号与各输入信号间的逻辑关系表达式为 $L = A \cdot B \cdot C \cdots$ ，由上式可知，只有在各输入信号均为高电平 1 时，输出信号 L 才能为高电平 1，否则均为低电平 0；（3）或门电路，所谓“或”是指“在诸多条件中，只要有一个条件满足，结果就能发生”的逻辑关系，或门输出信号与各输入信号的逻辑关系表达式为 $L = A + B + C \cdots$ ，由

公式可见,输入信号中只要有一个为高电平 1 时(多个 1 也一样),输出 L 就能为高电平 1,只有在输入全为低电平 0 时,输出 L 才为 0。与、或、非三种基本门电路是其他门电路及数字电路的基础单元,如与非门就是由与门加非门组成的,或非门是由或门加非门组成的。

【TTL 门】晶体管—晶体管集成逻辑门电路。一种多输入端的与非门电路。门的输入级与输出级都采用晶体管电路,其主要特点是开关速度较高,平均传输延迟时间约为几十纳秒,抗干扰能力较强,带负载能力适中,扇出系数为 15 左右,供电电压为 5V,功耗稍大($<50\text{mw}$)。TTL 门输出高电平的典型值约为 3.5V(产品规范值为 $\geq 2.4\text{V}$,标准高电平为 2.4V),输出低电平的产品规范值为 $\leq 0.4\text{V}$,标准低电平等于 0.4V。随着集成电路的飞速发展,高性能的 TTL 门大量出现,如抗饱和 TTL 门(一般称 SBD TTL 电路,简称 STTL 电路),其平均传输延迟时间可低于 2—4nS。

【三态门(TSL)】全称三态与非门。它除了有输入端和输出端外,还有一控制端。门的输出除了具有与 TTL 门相同的输出电阻较小的高电平 1、低电平 0 的两种状态外,还具有高输出阻抗的第三状态,即高阻态,又称禁止态。控制端信号电平的高低将对输出状态起决定作用,三态门处于高阻态时,实际上就切断了此电路与其他电路电的联系。三态门在计算机系统中可用作数据传输,在多组数据送往数据总线时,只要控制三态门控制端电平高低的顺序,就能将各个门的数据输入信号按要求依次送到总线。

【集成注入逻辑门(I²L)】70 年代初发展起来的一种高集成度双极型逻辑电路。实质上它是一个具有多输出端的反相器。I²L 电路的

输入驱动电流是由 PNP 管的发射极注入的，所以称集成注入逻辑。这种电路的主要特点是集成度高、功耗极低（0.001—0.01mW），平均延迟时间很短，供电电压很低（ $>0.8\text{V}$ ），制造工艺简单，成品率高，主要缺点是高低逻辑电平差小，抗干扰能力较差，多块 I^2L 电路在一起使用时，会产生基极注入电流分配不均匀现象。

【全加器】一种较完善的带进位的数字加法电路。其输入信号为加数、被加数及低位送来的进位数，输出信号有两个，即和数及进位数。全加器是数字系统中运算电路的核心，应用十分普遍，通常均制成中规模集成电路形式，有一位、二位、四位等多种产品。

【编码器】将一些开关量编成所需数码输出的数字电路。例如四个开关量可以编成二位数（00、01、10、11）。又如计算机的键盘电路就是一编码器，每个键都有一相应的数字代码，当按下某键时，相应的代码就送入计算机，作所需的处理。编码器有多种类型，如二进制编码器、二——十进制编码器、优先编码器等。所谓优先编码是指在输入端有几个信号同时作用时，编码器是按事先安排好的先后次序，将输入信号一一取入，再编码输出。

【译码器】将某一结构的数码转换成所需逻辑信号或代码的电路或装置。译码器是数字电路中经常使用的一种电路。例如用七段数码显示器来显示—BCD 码时，就要用译码器将 BCD 数码译成能使数码显示器对应段（发光管导通）发光所需的电平。又如在存储器寻址时，也需将二进制数码译成所需的内存单元地址，以便存取数据或程序。再如，三——八译码器能将三位二进制数码译

成八种状态输出，也是一典型例子。译码器普遍采用集成门电路来构成，也可直接采用中规模集成电路产品。它无存贮、记忆功能，其输出只取决于同一时刻的输入，因此属组合逻辑电路。为了对译码器进行控制，以满足不同情况的需要，可加接译码控制线，只有在收到译码指令时，译码器才进行译码操作。译码器在数字显示、数据转换、计算机、通信、仪器仪表等领域都有广泛应用。

【触发器】一种功能最简单的时序逻辑电路。具有记忆功能（即存贮能力），其输出不仅与输入信号有关，而且还决定于电路原来的状态。主要有 RS 触发器、JK 触发器和 D 触发器三种。

【RS 触发器】由两个与非门或两个或非门电路组成的基本触发器。它的两个输入端分别标为 R、S，输出端分别标为 Q、 $\bar{Q}$ 。Q 与 $\bar{Q}$ 的输出信号为幅值相等、相位相反，即 Q 为“1”时， $\bar{Q}$ 为“0”。由与非门组成的 RS 触发器的真值表（表示输出与输入信号逻辑关系的表）为：

R	S	Q	$\bar{Q}$	
0	1	0	1	触发器中存贮一个 0
1	0	1	0	触发器中存贮一个 1
1	1	不变		
0	0	不肯定，不允许		

由真值表可见,与非门组成的 RS 触发器是低电平“0”触发有效,而由或非门组成的 RS 触发器则由高电平“1”触发有效,其真值表正好相反。

【JK 触发器】输入端为 J、K,并具有时钟脉冲(同步脉冲、计数脉冲)控制端的触发器。表示其输出输入信号逻辑关系的真值表如下:

时钟脉冲	J	K	Q_{n+1} (触发后的输出状态)
下降沿(或 上升沿)到来	0	0	不变, 即 $Q_{n+1} = Q_n$
同上	0	1	$\left. \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} \right\} Q_{n+1} = J$
同上	1	0	
同上	1	1	$Q_{n+1} = \bar{Q}_n$

表中 $Q_{n+1} = \bar{Q}_n$, 表明在输入端 $J=K=1$, 均为高电平时, 每来一个时钟脉冲的边沿(上升沿或下降沿)后, 触发器就翻转一次, 输出的 Q_{n+1} 值即改变一次, 原状态为 1 时, 新状态即变为 0, 原状态为 0 时, 新状态即变为 1。在输入 J、K 信号相异时, 触发后触发器的输出信号均与 J 端状态相同。表征 JK 触发器输出输入信号逻辑关系的特征方程为 $Q_{n+1} = J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n$ 。可见, J、K 信号可任意组合, 无约束条件限制。

【D 触发器】只有一个输入端(D 端)的触发器。它必须借助时钟

脉冲输入端的信号作用才能将 D 端的输入信号存贮到输出端 Q。但 Q 端的状态要比输入 D 端状态延迟一个时钟脉冲的间隔时间, 因而 D 触发器又称延迟型触发器, 这种触发器输出输入逻辑关系的特征方程为 $Q_{n+1}=D$ 。D 触发器常用作数据的临时保存(暂存、锁存), 如 D 锁存器就是一例。D 触发器可以由时钟脉冲的前沿触发, 也可由其后沿触发。

【计数器】能对脉冲个数进行计数, 以实现数字测量、运算和控制的一种电路。通常由触发器及有关门电路组成, 是数字系统中的基本部件, 应用十分广泛。计数器的种类非常多, 按数制来区分, 有二进制、三进制、五进制、八进制、十进制、十二进制、十六进制、二十四进制、六十进制等的计数器; 按进位信号传递方式来区分, 有异步计数器和同步计数器, 前者计数速度较慢; 按运算功能来区分, 有加法计数器、减法计数器、可逆计数器(既可作加法, 也可作减法)。

【存贮器】能存贮数据及程序的电路部件或装置。是计算机的重要组成部分, 有了它计算机才能有记忆功能, 才能脱离人的直接干预而自动操作。七十年代以前, 存贮器是用磁心制成的。后来, 由于集成电路技术的飞速发展, 半导体存贮器的集成度大大提高, 体积急剧减小, 成本大大下降, 目前已有单片存贮容量在几兆位的集成电路芯片出售; 存取速度也在日益提高, 动态存贮器的存取时间已降至数十纳秒。从功能上来区分, 半导体存贮器可分为读写存贮器 RAM(也称随机存取存贮器)、只读存贮器 ROM, 可擦可写的只读存贮器 EPROM(紫外光擦除)及电擦写只读存贮器 EEPROM(E²PROM)等。ROM 中的内容在集成电路出厂时已

制成,用户无法改变,EPROM、E²PROM 中的内容用户可根据需要写入,不需要时用光或加电擦除,RAM 中的内容在断电时即全部消失。

【采样定理】又称抽样定理。将模拟信号转换成数字信号时应遵守的一重要定理。从物理概念上来说,一个频带受限的信号波形决不可能在很短时间内产生独立的、实质性的变化,它的最快变化速度受到信号中最高频率分量的限制。为了保留或正确反映这一最高频率分量的全部信息,在其一个周期内至少应抽样两次。所以,抽样频率应等于或大于被抽样信号最高频率分量的 2 倍,例如对人的话音进行抽样,若话音中的最高频率分量为 10KHz,则抽样频率至少应等于或大于 20KHz。

【A/D 转换器】将模拟信号转换成数字信号的部件,简称模/数转换器。

A/D 转换器的电路组成有多种方案,其基本指导思想是将输入电压与一基准电压作直接或间接比较,从而将模拟量转换成数字量。常用的 A/D 转换器有:(1) 双积分 A/D 转换器或双斜率 A/D 转换器,这种转换电路具有很强的抗干扰能力,精度高,但速度低;(2) 计数式 A/D 转换器,其主要特点是电路简单、价格便宜,但速度较低;(3) 逐次逼近式 A/D 转换器,一种高速转换电路,因而在计算机系统中应用甚广;(4) 并行 A/D 转换器,主要特点是转换速率最高,但电路较复杂,成本也很高。

【D/A 转换器】将数字信号转换成模拟信号的部件,简称数/模转换器。为了将数字量转换成模拟量,必须将每一位数字代码按其

权的大小转换成模拟量,然后再将各位的模拟量相加,所得的总量就是与数字量成比例的模拟量。这样就实现了数字→模拟的转换。常用的D/A转换电路是R—2R梯形求和网络,这种网络结构简单,转换速度较快。

【网络】电路或电路中某一部分的总称。在多数场合下,网络与电路是一回事,都是由电源及各种元器件按一定规律与要求连接而成的。根据网络中有无电源的情况可分为有源网络与无源网络;根据网络输入端与输出端的情况可分为二端网络与多端网络;根据电源及网络中元器件的特性,可分为线性网络与非线性网络。在通信系统中,也将电路的网状结构称为网络,如、T”型、“ π ”型、“L”型等网络。

【二端网络】具有两个出线端的电路或一复杂电路中的部分电路。二端网络一般含有电源及有关元器件。根据网路中所含元器件特性的不同,有线性与非线性之分。

广播与电视

【有线电广播】利用电线(架空明线)或电缆传输,将话音、音乐等节目送至广大用户的一种广播形式。这种广播又有两种方式:一种是直接传送音频电信号,不经调制与解调处理的有线广播;另一种是有线载波广播,将要传送的音频信号调制到一个频率不太

高的载波信号上去(载波频率通常在 30KHz 上下),然后再用有线传输,调制方式可以是调幅,也可以是调频。有线载波广播能使一条线路同时传送多路信号,做到一线多用。

【无线电广播】利用无线电波向广大用户传送各种节目的一种广播形式。无线电广播信号一般都是带有信息(如语言、音乐等)的已调高频信号。按调制方式的不同,无线电广播可分为调幅信号广播和调频信号广播两种。按信息内容的不同,无线电广播可分为传送音频(语音、音乐等)和传送视频(图象、文字等)两种。中短波广播台都是调幅广播台。调频广播的频段设在超短波,为 88—108MHz。电视广播的频段很宽,划分为甚高频(VHF)和特高频(UHF)两个频段。

【调幅广播】采用调幅方式进行的无线电广播。长波、中波、短波广播电台基本上都是调幅广播电台。调幅波的优点是信号所占的频带较窄(中国规定中短波广播信号的带宽为 9KHz)。收音机的电路比较简单,其缺点是抗干扰能力较差、音质稍为逊色。中波广播电台的频率范围为 535—1605KHz。

【调频广播】采用调频方式进行的无线电广播。调频广播的频率设在超短波段,为 88—108MHz。调频波的特点是抗干扰性能强、音质好,缺点是信号所占的频带较宽,每个电台所占带宽约为 180KHz。电视伴音信号也采用调频方式播送。调频广播又分单声道调频广播(即普通调频广播)和立体声调频广播。

【调制】将所传送信号的频谱在频率坐标上作一定量的搬移。目的

是为了解决信号的有效辐射,实现无线电传送,也是为了信道的多路复用。通常,调制就是将需要传送的信号,如声频信号,图象、文字等信号托附(装载)到某一频率较高或更高的载波信号上去的过程。调制有调幅、调频、调相之分。调幅是用调制信号(所需传送的信号)去改变载波信号的振幅,使载波的幅度随调制信号变化而变化的一种调制方式;调频是用调制信号去改变载波信号的频率,使载波频率随调制信号变化而变化的一种调制方式;调相是用调制信号去改变载波信号的相位,使其随调制信号变化而变化的一种调制方式。中短波广播电台所播送的信号是调幅信号,电视台所播送的伴音则是调频信号。通信、广播、电视等系统中的发射机都离不开信号的调制。

【解调】从已调信号中恢复出(解出、检出)原调制信号的过程。是调制的相反过程。对调幅信号的解调通常称为幅度检波,简称为检波;对调频信号的解调称为频率检波,简称为鉴频;对调相信号的解调称为相位检波,简称为鉴相。通信、广播、电视等系统的接收机都离不开信号的解调。

【脉冲编码调制(PCM)】简称脉码调制。将模拟信号经抽样、量化、保持、编码后变成脉冲数码,即PCM码。通常用逐次反馈型脉冲编码法编码,它由取样保持电路、逻辑记忆电路、T型加权电路等部分组成。PCM码尚未对载波进行调制,所以还不是高频调制信号。

【增量调制】采用一位二进制数码来表示信号在某一时刻的相对值对于前一个取样时刻的值是增大还是减小,若增大,则发“1”码,

若减小，则发“0”码，数据“1”或0”只表示相对于前一时刻的幅值的增减，并不代表信号的绝对值。接收端的译码则是每收到一个“1”码，译码器的输出相对于前一个时刻的值上升了一个量阶，表示信号连续增长；每当收到一个“0”码，则下降一个量阶，表示信号连续下降。

【ASK 信号】利用基带数字信号或信息码元系列对正弦载波的幅度进行调制后所得的已调高频信号。这种调制方式也称为振幅键控。

【FSK 信号】利用基带数字信号或信息码元系列对正弦载波的频率进行调制后所得的已调高频信号。这种调制方式也称为移频键控。

【PSK 信号】利用基带数字信号或信息码元系列对正弦载波的相位进行调制后所得的已调高频信号。这种调制方式也称为移相键控。数字通信中经常要使用 PSK 信号。

【自动增益控制（AGC）】在系统中能对一个或多个放大器的增益作自动调节的控制。任何种类的接收机都必须装有自动增益控制，以保证在各电台信号强弱不同或距电台远近程度不同的接收机，在接收到很强很弱信号时都能获得幅度变化不大、失真很小的解调输出信号。就被控放大器被控电流大小而言，自动增益控制有正向 AGC 和反向 AGC 之分，前者是指在电台信号增强时，控制放大管的工作电流增加而使增益减小；后者是在电台信号增强时，控制放大管的工作电流减小而使增益减小。收音机都采用反向

AGC 控制,而电视接收机则大多用正向 AGC,其高放级也有采用反向 AGC 的。自动增益控制系统的基本组成包括被控放大器、检测电路、比较电路及低通滤波器等几大部分。

【自动频率控制 (AFC)】又称自动频率调整 (AFT)。在系统中能对振荡器的频率作自动调节,使其自动向所需方向变化的控制。AFC 系统由鉴频器 (作比较器用)、低通滤波器、受控元件及受控振荡器等几部分组成,是一个有频差负反馈系统。常用在彩色电视接收机、雷达接收机等设备中,用来控制本机振荡器的振荡频率,以保证混频输出的中频信号频率保持恒定不变。

【锁相环路 (PLL)】对信号相位进行自动跟踪 (控制) 的系统。是一无频差、有相差或相差为极小值的自动频率控制系统。由鉴相器、低通滤波器、压控振荡器三大部分组成。锁相环路有许多独特的优点,能实现对某一信号无误差的频率跟踪,具体又分为载波跟踪和调制跟踪 (前者为窄带跟踪;后者为宽带跟踪)。锁相环路的应用领域十分广泛,除通信、广播、测量、仪器、仪表等电子技术领域外,在电机、机械、纺织等工业部门也有许多应用实例。

【锁相频率合成法】用锁相环路及相关电路获得多个频率信号输出的方法。锁相频率合成电路主要由基准频率振荡器 (为石英晶体振荡器)、锁相环路、分频器及有关电路组成。基准频率振荡器产生一个或多个高精度的参考频率信号,锁相环路则利用其良好的窄带跟踪特性 (载波跟踪),使压控振荡器的频率准确地锁定在参考信号的基波或某次谐波上。分频器能将参考信号或压控振荡器

的输出信号进行分频，使频率合成器的输出信号有尽量多个频率成份（频率点）。锁相频率合成法能以简单的电路、方便的调节、较低的成本，获得频率稳定度与晶体振荡器同量级、频率点非常多的信号输出。接收机的电子调谐、信号源的频率产生等都离不开锁相频率合成法。

【噪声】一切不为人们所需要的信号与干扰。如收音机中的“沙、沙”声、电视屏幕上的“雪花”亮点、车间里的机器轰鸣声等均属此类。在电子电路、电子设备与系统中的噪声是指影响有用信号传输与变换的一切电磁骚动和干扰。其主要来源有二种：（1）外部馈入的干扰，如天电干扰、工业干扰、电台的串扰等；（2）电路元器件产生的起伏噪声，也称白噪声或随机噪声，这种噪声的频谱十分宽，其频谱密度的平坦部分可扩展到 10^{13}Hz 数量级，几乎包括了整个可用的无线电频段，所以，起伏噪声的影响不可忽视。

【信号噪声比】简称信噪比。代表有用信号幅值与无用噪声幅值之比。此比值愈大，表明噪声对信号的影响愈小，系统的性能愈好。信噪比是通信、广播、音响系统，特别是接收机等电子设备的一项重要指标。

【噪声系数】衡量网络或放大器噪声指标的一个参量。其值定义如下：

$$\begin{aligned} N_F &= \frac{\text{系统输入端信号噪声比}}{\text{系统输出端信号噪声比}} \\ &= \frac{P_{SI}/p_{NI}}{p_{SO}/P_{NO}} \end{aligned}$$

$$= \frac{P_{NO}}{A_p P_{NI}}$$

式中 p_{NI} 代表系统输入端的噪声功率, 等于信号源内阻产生的热噪声功率; P_{NO} 代表系统输出端的总噪声功率, 它包括输入噪声功率经放大后在输出端的输出量与系统内部噪声在输出端的输出功率之和; A_p 是系统的功率增益。若系统是理想的、无噪声, 则 $P_{NO} = A_p P_{NI}$, $N_F = 1$ (即 0dB); 若系统内部有噪声, 则 $N_F > 1$, N_F 值愈大, 系统的噪声也愈大。低噪声放大器的噪声系数通常小于 3dB。

【噪声温度】表征网络噪声性能的一个等效参量。它不是该网络的实际物理温度。噪声温度 T_e 与噪声系数 N_F 的关系为 $T_e = (N_F - 1) T_0$, 式中 T_0 是系统的实际工作温度 (以绝对温度表示)。噪声系数越大, 网络的噪声温度也越高, 对于无噪声的理想网络, 其 $N_F = 1$ 、则 $T_e = 0$ 。低噪声系统常常采用噪声温度来描述噪声的大小。

【级联网络噪声】由多个四端网络构成的级联网络, 其总噪系数可由各级网络的噪声系数 N_F 及额定功率增益 A_{PA} 来确定, 计算公式为:

$$N_F = N_{F1} + \frac{N_{F2} - 1}{A_{PA1}} + \frac{N_{F3} - 1}{A_{PA1} \cdot A_{PA2}} + \dots$$

$$T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{A_{PA1}} + \frac{T_{e3}}{A_{PA1} \cdot A_{PA2}} + \dots$$

式中 N_F 、 T_e 是级联网络的总噪声系数和噪声温度, N_{F1} 、 N_{F2} ……, T_{e1} 、 T_{e2} ……是各级网络的噪声系数和噪声温度, A_{PA1} 、 A_{PA2} ……是各级网络的额定功率增益。由公式可见, 多级级联网络 (如多级放大器) 的噪声, 主要由前级特别是第一级网络的性能来确定, 当前级网络的噪声系数越小, 额定功率增益越大时, 级联网络的总噪声系数就越小。多级网络的后级, 对系统的噪声影响不大。

【超外差收音机】利用超外差原理制成的收音机。其主要组成有输入回路 (天线回路)、混频、本振、中放、解调 (检波或鉴频)、功放、AGC 电路及扬声器等几大部分。电台信号由天线接收下来, 经输入回路选频, 将所需信号加至混频电路, 与本振信号一起产生一中频信号。中短波广播收音机的中频频率中国规定为 465KHz (英、美、日等国为 455KHz), 调频收音机的中频为 10.7MHz。由混频器混得的中频信号经中放级放大, 再由解调电路检出 (还原出) 原调制信号 (如声音), 经音频放大, 即可推动扬声器发声。级别高的收音机, 特别是在调频收音机中, 混频器前往往要加高频放大电路, 以便对微弱信号进行放大, 提高收音机的灵敏度。

【单片收音机】用一块集成电路代替所有半导体二极管、三极管及部分电阻、电容而构成的收音机。广义而言, 现在也将多于一块集成电路的全集成化的收音机统称为单片收音机。1985 年以来, 由于集成电路在超高频与高频兼容工艺技术方面的突破, 解决了调频收音机高频调谐器的集成化难题, 推出了带高频调谐器的高、中放单片集成电路, 使单片收音机片外元件大大减少。单片调频、调幅收音机片外的中频变压器已由七十年代的 6—8 个降至 1 个, 整机的性能价格比也大大提高。单片收音机的显著特点是体积小、

重量轻、耗电省、稳定可靠、价格便宜且性能优越。

【卡拉 OK】意为“空乐队”，语源于日本，自动伴唱之意。在唱片、磁带上只录有某种歌曲、戏剧、童谣等的乐队伴奏曲而没有歌词内容，歌唱者可利用这种伴奏曲为自己的演唱等伴奏，也可在录像带上录制配有画面、显示歌词字幕的伴奏带，为演唱者提供了更大的方便。

【立体声】利用人的双耳效应，在音乐厅或剧场的某个位置上，能聆听到层次分明、具有立体感（方向感和深度感）效果的声音。所谓双耳效应，是指由同一声源所发出的声音到达人双耳的路径不同以及头部的屏蔽作用，两耳所听到的声音会有强度差（即声级差）、时间差（即相位差）、音色差（即听觉差），人的中枢神经系统能根据这些差别（即听觉定位的三大要素）来判定声源的方向。目前，应用最广泛的立体声重放系统是双声道立体声系统。这种系统用两套独立的扬声器分别置于聆听者的左前方和右前方，当来自立体声节目源（立体声广播、磁带、唱片等）的信号经放大后送往两扬声器放声时，由于有一定的时间差和强度差，聆听者会感到声音象在两扬声器之间的某一位置上，获得相当于听众在真实舞台前方相应位置直接聆听时的同样立体声效果。

【调频立体声广播】采用立体声信号，对一主载频（88—108MHz频段）进行调频后，用电磁波进行信号传输的无线电广播。常用的体制是双声道立体声调频广播：先将声源的全部信息检拾成左（L）、右（R）两路声频信号，并将这两路声频信号作相加、相减处理，相加得到和信号 $M=L+R$ ，此为主信道信号；相减得到差

信号 $S=L-R$ 。和、差信号仍为音频信号。第二步要将差信号 S 平衡调幅到一副载频上（副载波频率为 38KHz ），形成副信道信号，以和主信道分离，副信道信号与主信道信号相加就形成了复合立体声信号。第三步用复合立体声信号对一主载波信号进行调频，再经放大及必要的处理，最后由发射天线向空间发出调频立体声电磁波，供调频接收机接收。调频立体声广播对普通调频广播是兼容的。

【电视】将光象信号（图形、文字、活动场景等）进行光电转换、传输、处理，最终能在另一地点即时重显原光象信号的一种光——电、电——光的系统。这一系统主要分为发射和接收两大部分：电视发射系统用电视摄象机将图象每一画面上明亮不同、色彩不同的光点（象素）以由左至右、由上至下逐点、逐行、逐帧的扫描方式转换成电信号。这一信号经发射端电路的编辑、处理，由天线向天空辐射或由电缆向接收端传送。电视接收系统对所接收的信号进行选择、放大等一系列处理，最终由显象管不失真地重显由发端送来的图象（光象）。

在电视系统中，每幅画面均由数十万个象素（光点）组成。扫描的行数愈多，则象素就愈多，重显的图象就愈清晰，但行数愈多，电视信号所占的频带就愈宽。就广播电视而言，世界各国所采用的扫描行数不尽相同，中国为 625 行制、美国和日本为 525 行制、法国为 819 行制。为压缩电视信号的频带宽度，常采用隔行扫描的方式来摄取或重显图象，即每幅图象分奇数场（扫 $1、3、5、7、\dots$ 行）和偶数场（扫 $2、4、6、8、\dots$ 行）扫描两次，这样就使每秒钟传送的图象幅数减少一倍，使图象信号的带宽压缩一倍。以 625 行制为例，其带宽即由 12MHz 降至 6MHz 。图象信号

与消隐信号、同步信号等加在一起，即形成了全电视信号，简称为视频信号。

根据图象的色彩，电视可分为黑白电视和彩色电视；根据传输方式，可分为开路电视和闭路电视，也称为无线电视和有线电视。电视广播属于前者，工业电视属于后者。

中国电视广播的图象信号采用残留边带调幅制发送，伴音采用调频制发送。伴音载频比图象载频高 6.5MHz，每个电视频道占 8MHz 带宽。扫描的行频为 15.625KHz，场频为 50Hz。

电视技术已被广泛应用于广播、工业、交通运输、医疗、军事、教育、科学研究等各个领域。

【有线电视】通过电缆、光缆、微波或卫星等多种传输手段，将电视节目的信号直接传送给用户的一种电视广播形式。由于有线电视的节目通常是经电缆系统分配入户的，所以也称为“电缆电视”；又由于它是采用有偿服务方式运行，即用户必须定期交纳一定费用才能收看电视节目，故亦称为“付费电视”。用户要收看有线电视台的节目，首先要办理入网手续。不少有线电视台（如北京有线电视台）常用多路微波分配服务系统，即 MMDS 系统，用户入网时要加装专用微波天线，与电视共用天线连接，然后再分配给所需用户。用户也可使用小型微波天线直接接收有线电视台全部频道的节目。MMDS 系统的特点是频带宽、容量大、一次覆盖面广、信号传输质量高。

【彩色电视】能摄取、处理、传输、显示景物彩色图象的电视系统。彩色电视的基本原理是建立在色度学和人的视觉生理学的基础上的。通常是将景物的影象分解成红（R）、绿（G）、蓝（B）三幅

基色画,再将它转换成一个亮度信号(Y),二个色差信号($R-Y$ 、 $B-Y$),用两色差信号对某一副载频作所规定的调制,将其频谱搬移到亮度信号的某一段高频区域,并使两信号的频谱交织,形成彩色电视图象信号。这一信号与同步信号、消隐信号等组合在一起对图象载频作残留边带调幅,获得的已调高频电视信号与伴音调频信号一起由电视天线以电磁波的形式发射出去。电视接收机接收到这些信号后,以相反的过程,将它还原成红、绿、蓝三基色图象信号及亮度信号,由彩色显象管不失真地显示出原景物的彩色画面。对色差信号的处理有三种不同方法,世界上三种彩色电视制式的划分就是根据这三种不同方法而产生的,分别为NTSC制、PAL制、SECAM制。中国的彩电制式是PAL制。

【三基色原理】内容为:自然界常见的绝大多数彩色光都可以用三种基本色按照适当的比例混合而组成的某个等效色来模拟,这个等效色与实际色作用于人眼所引起的彩色视觉效果是相同的。在电视系统中,三种基本色是红(R)、绿(G)、蓝(B),简称三基色。

【彩色三要素】彩色光的三个基本参量,分别为亮度、色调和饱和度。色调和饱和度合称色度。亮度是彩色光的明暗程度;色调是指彩色的种类,这是彩色光最重要的参量,雨后彩虹所呈现的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等七种颜色,实际上就是指的七种不同的色调,就波长而言,不同波长的光就有不同的颜色,即有不同的色调;饱和度是彩色光所呈现的彩色深浅的程度。

【相加混色】不同的三基色光相加以获得各种不同彩色的方法。电

视系统中所采用的就是相加混色法，如：

红光 + 绿光 = 黄光

红光 + 蓝光 = 紫光

绿光 + 蓝光 = 青光

红光 + 绿光 + 蓝光 = 白光

黄光 + 青光 + 紫光 = 黑光

当红、绿、蓝三色光以不同比例混合时，亦可得到各种较淡的颜色，如淡青、淡紫、淡绿、淡黄、粉红、浅蓝等各色光。

【电视频道】具体划分为甚高频（VHF）和特高频（UHF）两个频段，共设 68 个频道，其中 VHF 段设 12 个，频率范围为 47—230MHz；UHF 段设 56 个，频率范围为 470—958MHz。世界各国由于采用的电视制式有所不同，其频道的划分也有所差异。

【电视摄象机】将景物的影象（光象）转换成电信号输出的光电系统。主要由摄象管、光学镜头、信号处理、扫描系统等几大部分组成。它有黑白、彩色两种机型。只能摄取景物明亮（即黑白）影象的称为黑白电视摄象机，能摄取景物天然色彩影象的称为彩色摄象机。

【彩色电视制式】简称彩电制式。世界各国的彩色电视制式有三种：（1）NTSC 制，即正交平衡调幅制，将两色差信号（R-Y、B-Y）分别调制（正交平衡调幅）在两个频率相同、相位成正交（即差 90°）的副载频上，这种制式的特点是编码、解码电路均较简单，垂直分辨率及彩色光点干扰两指标均优于其他两种制式，主要缺点是对相位失真敏感，从而影响图象质量。采用这种制式的国家有

美国、日本、加拿大、中南美洲的多数国家；(2) PAL 制，即逐行倒相正交平衡调幅制，与 NTSC 制相差不大，所不同的是在两色差信号对副载频作正交平衡调幅时，要对红色差信号作逐行倒相处理，PAL 制的最大优点是改善了相位失真的敏感性，采用这一制式的国家有中国、法国、澳大利亚、印度、英国、意大利、西班牙等；(3) SECAM 制，即逐行顺序传送调频制，采用逐行交替方式传送两色差信号，并对副载频进行频率调制，这种制式的优点是相位失真的敏感性小，但彩色光点干扰稍大，彩色编、解码电路较复杂，采用这种制式的国家有法国、独联体、东欧各国、伊朗、沙特、非洲多数国家。

【彩色全电视信号】由色度信号 F、亮度信号 Y（或用 B 表示）、复合消隐信号 A（包括行消隐和场消隐）、复合同步信号 S（包括行同步和场同步）及色同步信号等迭加在一起而组成的电视信号。通常用符号 FBAS 来表示。中国规定消隐电平为零电平，因此，在彩色全电视信号中实际上并没有迭加特定的消隐信号。色同步信号加在行同步信号的后肩处，其频率与副载频相同，为 4.43MHz，相位逐行轮换，分别为 135°和 225°。

【PAL 解码方式】PAL 制彩色电视色度信号的解码方式。主要有 PAL-S 和 PAL-D 两种方式，其中 PAL-S 方式比较简单，不需用梳状滤波器，不对色度信号作分离处理，而直接通过同步检波器解调出红、蓝两色差信号 R-Y、B-Y；PAL-D 方式应用最广泛，采用了由超声延迟线、加法器、减法器组成的梳状滤波器，先将色度信号 F 分离成红色度信号和蓝色度信号，然后通过同步检波器解出红、蓝两色差信号，这种解码器的性能大大优于 PAL-S

方式。中国生产的彩色电视接收机均采用 PAL-D 方式。

【天线共用器】连接在天线和各电视接收机之间的一种装置。它能使多部电视机共用一付天线，且具有噪声低、频带宽、非线性失真小的优良性能。更重要的是经过天线共用器后，各电视机的通、断，甚至是短路均不会影响其他电视机的正常工作。天线共用器也适用于调频广播信号的接收。

【电视重影】电视荧光屏上，在正常图象的一边出现的一个或多个重迭的影子。产生重影的原因主要有三个方面：（1）电波的多径效应造成，在电视接收天线附近有高大建筑物或高山条件下，到达天线的电波可能是电视台直接传播来的，也可能是由高山或建筑物反射而来的，直射波与反射波由于传播的距离不同，因此同一信号的电波到达天线的时间有先有后，强度上也会有较大差别，所以重影与主影（图象）分开，并有明暗强弱之分；（2）电视机的质量不好造成，如输入电路阻抗未能匹配等；（3）接收天线与馈线间的阻抗不匹配或馈线与电视机（输入电路）间的阻抗不匹配造成。第（1）、（3）两个原因造成的重影，用户可自己设法解决。如调整天线的方向以减弱反射电波的影响；注意电视天线和馈线的阻抗值要相符等。

【调谐器】又称高频头。主要作用是选频、放大、混频、本振。从天线所接收的各种微弱信号中选出所需的电台信号，抑制（滤除）不需要的信号与干扰，被选出的信号经高频放大，再与本机振荡器产生的本振信号在混频器中进行差拍，产生中频信号输出。电视全频道调谐器则既能接收 VHF 信号，又能接收 UHF 信号，

分为电子调谐式和机械调谐式两种。彩色电视接收机的高频调谐器大都是电子调谐式。其特点是结构简单、体积小、重量轻、安装方便、可靠性好、寿命长、调谐容易、便于实现频道预选和自动控制。

【扫描】利用电子束或波束沿一定方向、一定路径、有顺序的、周期性的移动过程。在摄象机中，电子束的扫描，可将摄象管靶面上的电象按一定规律转换成电信号，即图象信号；在电视接收机的显象管中，电子束在荧光屏上逐点、逐行、逐帧地由左至右、由上至下地扫描，将电信号转换成一幅幅画面（光象）。

【隔行扫描】在电视系统中，将一帧图象分两场扫描，第一次扫图象的奇数行，第二次扫偶数行，并设法使第二次扫描线分别插在第一次扫描线的中间。在电视系统中采用隔行扫描可以将传送图象的速度降低一半，但不会因此给人眼造成图象闪烁的感觉。图象幅频的下降，将使图象信号的频带宽度得到压缩。中国电视的场频是 50Hz，即每秒要扫描 50 次，传送 25 帧图象。

【偏转线圈】有行偏转线圈与场偏转线圈两种，每种偏转线圈均有二个绕组，呈左右或上下对称排列，通常行偏转在里，场偏转在外，套装在铁氧体磁环上。偏转线圈后端有一活动磁环，叫中心位置调节片，它是用铁钴钒合金或磁性塑料制成的，可调节扫描光栅在屏幕上的位置。偏转线圈位置在显象管的管锥基部，其主要作用是要在显象管电子枪中产生一垂直与水平的交变磁场，使电子束经过该磁场时产生必要的偏转，使它能在荧光屏上作由左至右由上至下的扫描而形成光栅。为了能获得线性的垂直或水平

的交变磁场，偏转线圈中应加入线性良好的锯齿波电流。如果只有场偏转线圈的磁场起作用，则电子束只作上下的垂直扫描，显象管屏幕上只会出现一条垂直亮线。同理，如果只有行偏转线圈的磁场起作用，则屏幕上只有一条水平亮线。

【高压包】又称行输出变压器。是电视接收机的行输出电路的重要组成部分。其主要作用是为行输出晶体管提供集电极电源电压，并利用行逆程脉冲作电压变换（升压），为各整流电路提供相应的脉冲电压，以便得到所需的直流高压、中压及其他所需的信号。行逆程变压器的主体是用锰锌铁氧体制成的 U 型磁芯，其导磁率很高，损耗很小，在 U 型磁芯的一侧套装两个线包，一个是低压包、一个是高压包，高压包具有良好的绝缘封装，根据显象管尺寸的不同，要求高压包能产生 15—22 千伏以上的高压。

【亮度延迟线】彩色电视接收机中，串接在亮度通道内，延时量为 $0.6\mu\text{s}$ 的延迟线。由于色度信号通道的带宽比亮度通道窄，所以它对信号的延迟时间要长约 $0.6\mu\text{s}$ ，为了补偿色度信号的延迟，必须在亮度通道内加接亮度延迟线，否则彩色图象会出现彩色镶边（溢出）。亮度延迟线常用电感、电容元件组成。

【梳状滤波器】在 PAL-D 制彩色电视接收机的色度信号通道中，能将色度信号分解成红、蓝两个色度信号的电路与装置。其幅频特性呈梳齿状，由超声延迟线和相加器、相减器构成。

【自动消磁】自动消除地磁和杂散磁场在荫罩及显象管附近磁性物质上所产生的剩磁。剩磁使彩色显象管的电子束产生附加偏转，画

面彩色纯度下降。因此彩色电视接收机都装有自动消磁电路。

【亮度控制】在电视接收机中，对图象亮度的控制。在黑白电视接收机中，通常是调整显象管阴极与栅极间的直流电位差来对亮度作控制的。在彩色电视接收机中，通常改变亮度信号的直流电平高低来调整图象的亮度。

【对比度控制】对显象管荧光屏上重显图象最白与最黑点亮度之比（即黑白反差）的控制与调节。在电视接收机中，通常是改变亮度信号（视频信号）的幅值大小来达到对比度控制的。

【色饱和度控制】在彩色电视接收机中对图象色彩浓淡程度的控制与调节。通常是调节色度通道中色度信号的幅度大小或调节三基色信号的幅度大小来实现。

【白平衡】亮平衡与暗平衡的总称。亮平衡是指在显示白色图象时，调节彩色电视机视放末级（视放矩阵）中绿色视放级和蓝色视放级的激励大小，使得光栅呈白色，而不带任何色彩，这个过程就称为亮平衡调节。暗平衡是指由于显象管三个阴极及红、绿、蓝三种荧光粉的不一致等原因而造成三个电子束截止情况的差异，需调节三个视放输出级的输出电位，使显象管的三个电子束在不同的电位时截止，这个过程称为暗平衡调节。

【彩色显像管】用来显示彩色电视图像的电子束管。由荧光屏、电子枪、荫罩、玻璃外壳及管外的偏转线圈等组成。电子枪分别发出红、绿、蓝三基色信号的电子束，经加速、聚焦，在荫罩孔处

会聚后分别打在荧光屏上相应的红、绿、蓝荧光粉上，根据三色信号的有无、强弱而形成所需的彩色图象。彩色显像管可分三枪三束管、单枪三束管及自会聚管等多种。彩色电视接收机一般都采用自会聚彩色显像管。

【数字电视】将电视信号的模拟量变换成数字量，再进行记录、存储、传输、接收等多种处理，最终在显像管上展现画面的一种电视。与模拟电视系统相比，数字电视系统的失真小，抗干扰性能强、图象质量好。在电视接收机中，部分电路（如彩色解码电路等）已采用了数字技术，用 A/D 变换器将模拟信号转换成数字信号，再对色度信号等作必要处理，还原成红、绿、蓝三基色信号，最后用 D/A 变换器将其转换成模拟量，送到彩色显象管成象。

【直角平面彩电】用直角平面彩色显象管制成的彩色电视接收机。它的四角为直角，屏面接近于平面。直角平面显象管有许多特点：（1）屏幕尺寸大，平面曲率半径仅为普通彩管的一半左右，对角线长，相对增加了可视面积；（2）画面视觉宽阔，向电影银幕画面的效果方向发展；（3）屏幕画面失真小，在普通彩管上所看到的实际上是一凸形失真画面，而直角平面管接近于平面，其画面变形很小，比较真实，边缘与四角的清晰度显著增加；（4）能减少四周环境光线反射的影响，减少反射光多达 30%，使收看效果更佳；（5）能使图象的对比度、亮度和色纯度得到提高，增强了图象清晰度。

【高清晰度电视】在数字电视技术的基础上发展起来的一种清晰度非常高的电视。其扫描行数比普通电视增加一倍，并与之兼容，其

图象的像素数增加到一百七十多万个,是普通电视像素的 4 倍多。用普通电视接收机可以收看高清晰度电视节目,但所看到的图象质量仍是原有水平。高清晰度电视能克服现行三大制式(即 PAL、NTSC、SECAM)亮度和色度之间的串扰、耀眼的行闪烁、爬行、水平轮廓的闪烁、细节分辨力差等主要缺点,给人们提供十分清晰、色彩和谐、层次分明、逼真动人的电视图象。

【闭路电视】以馈线传送电视图象信号的一种电视系统。闭路电视是相对于开路电视(如广播电视等)而言的,这种系统中不必将视频信号作高频调制与解调处理。电化教育、工业电视、水下电视、病房监视、可视电话等都是闭路电视系统。

【投影电视】用光电系统将电视显象管屏幕上的图象投射到更大的特制屏幕上的一种电视系统。投影电视的图象尺寸视需要可放得很大。

【微光电视】能在微弱光照的条件下进行摄象和显示的一种电视系统。微光指在月光、星光、夜晚天空辉光或其他微弱光线照度下的环境。微光电视系统中的关键部件是高灵敏度的摄象管及相对孔径很大的摄象物镜。微光电视常用在低照度条件下的侦察、监视及某些特殊场合。

【红外电视】利用被摄景物自身的热辐射或对红外线的反射来进行摄象和显示的一种电视系统。以景物自身热辐射作为信号的红外称为主动红外;以对红外线的反射作为信号的红外称为被动红外。红外电视可在无光照的环境下摄取景物图象并作传输与显示。它

广泛应用于临床医学、公害监视、军事、宇航开发等各个领域。

【电视监视器】调整、检查、监测电视系统中各环节电视信号质量的一种终端显示设备。彩色监视器主要由输入切换电路、视频处理电路、视放输出电路、行场扫描电路、彩色显象管及其附属电路、电源等部分组成。高质量彩色监视器所用显象管的清晰度要比普通管高很多。彩色监视器一般分为四种类型：（1）精密型监视器（又称主监视器），主要供高质量的图象监测与显示，图象清晰度为 650 电视线，彩色还原逼真，各类技术指标的稳定性和精确度高，功能齐全；（2）高质量监视器，主要用于监测、调整和显示图象，清晰度在 370—500 电视线之间，要求能真实反映图象质量，具有一定使用功能；（3）图象监视器，它一般具有音频输入功能，通常采用和电视接收机相同水平的彩色显象管，清晰度稍高于彩色电视机，在广播电视系统中主要用于非技术性图象监视；（4）收/监两用监视器，在电视接收机的基础上加进视/音频输入输出接口，性能完全与电视接收机一样，清晰度不超过 300 电视线，主要应用于电视系统。

【盒式磁带录像机】简称录像机。利用磁带的磁性记录原理录制或重放图像的一种机器。通过电视机或监视器，录像机可重显录像带上的图象；通过外接天线或电缆可录制电视节目；通过摄像机可录制景物的图象。将摄像机和录像机组装在一起，构成了摄录一体化的摄录机；将录像机和电视机组装在一起，成为电视录像机。盒式磁带录像机有三种主要方式：U 方式、 β 方式和 VHS 方式。家庭用的录像机绝大部分是 VHS 方式，采用大 1/2 英寸宽度的盒式磁带，所以又称大 1/2 录像机。

【磁头鼓】简称磁鼓。录像机的关键部件之一。主要作用是电磁转换：放像时，能将录像带上的磁信号转换成电信号；录像时，能将电信号转换成磁信号，存放在录像带上。磁头鼓通常分成上下两部分，呈圆柱体，下面部分固定在机器的底板上，叫下磁鼓，在它的表面上有控制磁带行进的导轨，以保证正确的螺旋角（磁带上行仰角）；上面部分叫上磁鼓，绕中心轴旋转，作旋转扫描。VHS机型的磁鼓直径为62mm。磁头安装在上磁鼓底面的边缘处，磁头的数量为一个、二个或四个。

【录音磁头】磁带录音机的关键部件之一。其主要功能是将电信号转换为磁信号（剩磁）记录在磁带上（录音磁头），或将磁带上的剩磁信号转换为电信号输出（重放磁头）。磁头是一可逆的电磁转换部件。其质量的优劣对录音机的电声指标有决定性影响。放音磁头的主要性能指标是磁头阻抗、放音灵敏度及放音频响。录音磁头的主要指标是录音灵敏度、录音频响、录音失真、偏磁特性及感应噪声等。

【卫星电视广播】利用人造地球卫星向地面播送电视节目的广播。具体而言，就是将电视发射机装在一个地球同步卫星上，卫星接收地面电视台送来的电视信号，然后由发射机再向地面广大地区转发。卫星电视广播的优点是：覆盖面积很大，可达几百万平方公里的地区；可以不用电视中继站，节省投资；电视质量大为提高。其缺点是由于卫星电视广播的工作频率很高（如700MHz和12GHz），信号十分微弱，调制方式不同，因而普通的家用电视接收机尚无法直接收看卫星电视广播节目，而必须由卫星地面站接

收、转发。

【卫星电视直播】利用运行于地球同步轨道上的通信卫星向一定地区内的观众，直接播送电视节目的电视系统。在卫星直播服务范围内的用户可以用普通电视接收机加装较简单的变换装置，就可直接收看卫星直播的电视节目，而不需卫星地面站转发。

微波技术与天线工程

【微波】波长从 1 米到 1 毫米（频率从 300 兆赫兹到 300 千兆赫兹）范围内的电磁波。分为分米波、厘米波和毫米波。从发展来看，认为短于 1 毫米的电磁波（即亚毫米波）也属于微波范围。微波的特点：（1）波长短，电路、器件的尺寸与波长相当，电磁波从一点传输到另一点的时间与系统中电流和电荷的振荡周期可比拟，微波的产生和放大要用微波电子管，传输需用波导、同轴线、微带和一些特殊元件；（2）具有光波特性，直线传播，方向性强，微波的辐射和接收，可利用透镜和抛物面等面天线；（3）能穿透电离层进入宇宙，可实现卫星通讯、星际通讯、遥感遥测等。微波可用于导航、雷达、通讯、遥感遥测、射电天文学、微波波谱学、以及医学、生物学、科学研究和人民生活等方面。

【毫米波】波长为 10 毫米到 1 毫米，对应频率为 30 吉赫至 300 吉赫的电磁波。1976 年美国电气工程师协会定义 40—300 吉赫为毫米波频段，26.5—40 吉赫为 K_a 频段。此外 100—1000 吉赫是近毫

米波,150—3000 吉赫是亚毫米波。毫米波是无线电频谱中频率最高的波段。毫米波有三个基本特点:(1) 波长短,减少了元件的尺寸,得到紧凑的系统,还可获得窄的波束宽度,提高了分辨率和精度;(2) 频带宽,在毫米波段的 35、94、140 和 220 吉赫有四个大气传播“窗口”,每个窗口的带宽都很大;(3) 与红外和光学波段相比,传输窗口的大气衰减和损耗相当低,在尘埃、烟雾和战场污染条件下的衰减也较低。因而毫米波特特性既不同于微波其他波段,又不同于红外,使它在雷达、通信、辐射测量、测量仪表等领域有重要应用。

【微波网络】电子系统中由传输线和各种微波元件组成,用于检测、传输、处理电信号的微波电路或电路的一部分。微波网络理论是微波理论的一个重要分支,以微波元件及其系统为对象,研究它们的传输特性及综合设计。微波网络与低频网络相比,主要特点是:(1) 将微波系统等效成网络的等效关系仅对某一频率或某一波段、场的某一模式是有效的,即不同的频率、不同的模式所对应的等效网络不同;(2) 微波网络参量是在确定参考面下的参量;(3) 等效方法不同,则微波网络端口的等效电压、电流亦不同。按照所接传输线数目的多少,可分为一端口、二端口、多端口的微波网络;按照网络性质又可分为有源和无源的微波网络、线性和非线性的微波网络、可逆和非可逆的微波网络、时恒和时变的微波网络等。微波网络的特性用网络参量来表示,网络参量主要有两类,一类是波参量,以横向电场归一化场强复振幅作为端口信号量,包括散射参量(S 参量)和传输参量(T 参量);另一类是电路参量,以等效电压、等效电流作为端口参考面的信号量,包括阻抗参量(Z 参量)、导纳参量(Y 参量)和转移参量(A 参

量)等。各种网络参量之间具有确定的关系,可以互换。

【微波传输线】传输微波能量的双导线。微波技术中最常用的传输线是同轴线、带状线和微带。同轴线由同轴的管状外导体和柱状内导体构成。它可分为硬同轴线和软同轴线两种,硬同轴线又称同轴管,软同轴线又称同轴电缆。带状线由上、下两块金属板组成,中间是介质支撑的矩形或圆形导线构成的两导线传输线。微带的一面是接地金属,另一面是制作在介质上的金属带。他们都可以看成是同轴线的一种变形。双导线传输线的一个共同特点是具有一定的特性阻抗,一个系统只有特性阻抗相匹配才能有效地传输微波能量。常用的特性阻抗有 75 欧姆和 50 欧姆。75 欧姆同轴线主要用于信号传输,它的衰减小;50 欧姆同轴线是一种通用同轴线,它兼顾了耐压、功率及衰减的要求。微波传输线不仅能将电磁能量由一处传送到另一处,还可以构成各种各样微波元件,这与低频传输线截然不同。不同频段可以选用不同类型的传输线,对传输线的基本要求是:损耗小,效率高,功率容量大,工作频带宽,尺寸小且均匀。

【平行双导线】由两根相互平行的双导线构成的传输线。电磁波沿两线间的空间由导线引导从信号源传向负载。为避免辐射损耗,双线要保持平行,且两线间的距离应远小于电磁波的波长。在超短波范围,线间距离受击穿强度限制,不能过小,辐射损耗严重,抗干扰能力差。特性阻抗 Z_c 在 250—700 欧姆之间。输入阻抗 Z_{in} 为:

$$Z_{in} = \frac{U}{I} = Z_c \frac{Z_L + jZ_c \operatorname{tg} \beta l}{Z_c + jZ_L \operatorname{tg} \beta l}$$

其中, Z_c 是特性阻抗、 Z_L 是终端负载阻抗、 l 是线长, $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ 。

当 $Z_L = Z_C$ 时, 传输线上任意点的输入阻抗等于特性阻抗, 反射波为零, 线上电压波和电流波是等幅的行波, 传输功率全部被负载吸收。 $Z_L \neq Z_C$ 时, 在终端产生反射波, 传输效率低。在微波范围, 还可用作电路元件。如小于 $\lambda/4$ 的短路线可作为电感元件; 小于 $\lambda/4$ 的开路线可作为电容元件; 以及 $\lambda/4$ 短路线, $\lambda/4$ 开路线, $\lambda/4$ 波长变换器等。

【同轴线】由两个同心的内外导体构成的传输线。内、外导体分别作为传输线的两条导线, 电磁波沿内外导体间的空间传播。外导体同时起屏蔽作用, 抗干扰能力强。为保持内外导体的相对位置不变, 在两导体间填以低损耗绝缘材料。常用同轴线有两种: 硬同轴线和软同轴线(同轴电缆)。软同轴线外导体是金属丝网。同轴线的特性阻抗在 30—100 欧姆。标准值为 50 欧姆, 是兼顾了其功率容量和损耗的折中值; 考虑衰减最小时, 其值为 75 欧姆。频率增高, 同轴线的损耗迅速增加, 当工作波长为 10 厘米时, 同轴线每米功率损耗约 10%。所以, 波长短于 10 厘米时, 很少使用同轴线。同轴线是非平衡式传输线, 不适宜与某些负载(如半波振子天线)直接相连。其工作主模为 TEM 波, 也可存在 TE 波和 TM 波。

【四分之一波长 ($\lambda/4$) 传输线】长度为四分之一波长的传输线。特点有: (1) 当传输线终端短路时 ($Z_L = 0$), 其输入阻抗 $Z_{in} \rightarrow \infty$ (即长度为 $\lambda/4$ 的短路线, 始端相当于开路); (2) 当传输线终端开路时 ($Z_L \rightarrow \infty$), 其输入阻抗 $Z_{in} = 0$ (即 $\lambda/4$ 开路线, 始端相当于短路); (3) 当终端为任意负载 Z_L 时, 其输入阻抗为 $Z_{in} = Z_C^2 / Z_L$ (Z_C 是传输线的特性阻抗)。

【波导管】简称波导。传输微波能量的一种空心金属管，电磁波在空心管内被引导传输。最普通的波导管有两种：截面为矩形的矩形波导和截面为圆形的圆波导。波导用铜管制作，内壁抛光并镀银，有较强的机械强度，功率容量大，损耗低，适合于传输波长小于 10 厘米的波。波导传输电磁波的主要特点有：（1）只能传输各种模式的 TE 波和 TM 波，不能传输 TEM 波；（2）对一定尺寸的波导，只有频率高于某一截止频率时，才能在波导内传输，如截面尺寸为 7×3 厘米² 的矩形波导，只能传输波长小于 14 厘米的电磁波，波长愈短，所需波导截面尺寸愈小；（3）矩形波导中主模是 TE₁₀ 波；圆波导中主模是 TE₁₁ 波。主模所要求的波导尺寸最小，且可实现单模传输。（4）电磁波在波导中传输时，相速度大于其在自由空间传播的相速度。

【微带传输线】用于微波频率的传输线。是由沉积在介质片上的金属导体带和接地板构成，结构有对称微带线和非对称微带线，基本属于双导体或多导体系统，传输波型为准 TEM 波。其优点是可减少微波设备的尺寸和重量，并制成微带型微波元件。

【集束波导】用于毫米波和亚毫米波段的微波传输线。根据微波的准光波特点，利用光学反射集束原理，制成反射式集束波导；或折射集束原理，制成折射式集束波导。集束波导没有确定的场型和传播常数。

【微波元件】微波系统中实现微波信号的定向传输、放大、衰减、分配、储存、滤波、相位控制、波形变换及其他控制作用的独立

单元。任何复杂的微波系统都是由各种不同的微波元件和微波器件所组成的。微波元件种类繁多，按其使用的传输线类型可分为同轴元件、波导元件及微带元件等；按其功能可分为连接元件、终端元件、匹配元件、衰减元件、分路元件、波形变换元件及滤波元件等；而按其传输特性则又分为互易元件和非互易元件。铁氧体的导磁率呈各向异性，且具有回旋媒质的特性，因而可制成各种非互易的微波元件，如隔离器、环形器及非互易移相器。

【微波谐振腔】有一定形状、具有微波储能和选频特性的金属封闭物，又称空腔谐振器。它是一种具有分布参数的谐振系统，其功用和低频或高频电子电路中的电感、电容组成的谐振回路十分相似。空腔内存储的电磁能量决定了腔的等效电感和电容，腔壁有限电导造成的能量损耗决定了腔的等效电阻。微波谐振器的主要参数是谐振频率、固有品质因素。微波谐振器可以在一系列频率下产生电磁振荡，电磁振荡的频率称为谐振频率或固有频率；它的品质因素表征谐振器选择性的优劣和能量损耗的程度。微波谐振器按其结构形式分为传输线型和非传输线型两类。前者有矩形波导腔、圆柱形波导腔、同轴腔等。后者多是一些形状特殊的谐振腔。孤立的谐振腔是没有任何实用价值的。实际的谐振腔总是要与能源或负载相连接，这种连接装置称为耦合装置，也称激励元件。常用的耦合装置有耦合环、探针和耦合孔（或缝）。耦合腔的基本参数有载品质因素和耦合系数。

【微波滤波器】用来过滤或分离不同微波频率信号的元件。微波滤波器是用途十分广泛的一种微波元件，微波放大器、振荡器、混频器、倍频器等都要用到它。其种类的划分可按功能特性分成低

通、高通、带通和阻通四类；按原型可分为集总参数原型和分布参数原型两大类；若按插入衰减频率特性又可分为最平滑式、等波纹（或切比雪夫）式及椭圆函数式三大类。微波滤波器采用分布参数电路或集总与分布参数电路相结合的电路，结构以微波传输线、波导为主体，也可以直接利用金属谐振腔或介质谐振器。光学和准光学滤波器结构也用于毫米波段。微波滤波器输出端的频域响应函数（电压或电流）与输入端的频域响应函数（电压或电流）之比称为频域传递函数。其主要技术指标有五项：（1）截止频率，带宽；（2）通带内最大插入衰减；（3）带外插入衰减及带外频率；（4）插入相移和延时特性；（5）分布参数元件带来的寄生通带。

【终端器】微波系统中使用的终端负载。分为三种：匹配负载、短路器、失配负载。匹配负载是能吸收全部入射功率的终端器，要求其驻波比小、频带宽、功率容量大、无高频能量泄漏，短路器的作用是将电磁波全部反射回去，有同轴式和波导式，均做成可调式，又称短路活塞，是一种可调整的电抗负载；失配负载能吸收一部分功率，并反射一部分功率，在微波测量中作为标准终端负载。

【衰减器】用来衰减电磁波的幅值，以控制信号强弱的一种微波器件。有固定衰减器和可变衰减器两种。按工作原理分有吸收式和截止式。在可变吸收式衰减器中，有一伸入波导内距离可调的介质片，其上涂有一层吸收物质，吸收波导中电磁波的能量，介质片两端呈尖劈状，以得到良好匹配。精密衰减器是旋转极化式，由三段波导组成，两端是两段逐渐过渡的矩形—圆形波导，其中放

有吸收片，中间是能旋转的圆波导，内部也放有吸收片，是衰减器的主体。截止式衰减器的关键元件是一段长为 L 的截止波导。衰减器的主要指标有：工作频带、衰减量、插入驻波比等。

【移相器】当电磁波通过时，能产生可调相角变化的一种两端口微波器件。移相器的主要指标是：工作频带、起始相移量、相移范围、插入衰减等。有介质片移相器、销钉式移相器、二极管移相器、铁氧体移相等。销钉式移相器能精确控制相移量、工作频带宽、性能稳定。二极管移相器有变容管移相器和 PIN 二极管移相器。前者用于低功率模拟移相，仅在反偏压下工作；后者在正反偏压下均能工作，能承受高功率，和开关电路配合可构成大功率数字式移相器。铁氧体移相器是非互易场式移相器，对正反向电磁波具有不同的相移常数，产生不同的相移。

【隔离器】一种两端口微波铁氧体器件，当电磁波由端口 1 向端口 2 传输时，没有衰减；而反方向传输时，衰减很大。利用在横向场作用下铁氧体的非互易性，能使电磁波沿正反两方向传输时衰减量相差很大。将隔离器置于微波信号源和负载之间，可以消除反射波干扰，保持振荡频率稳定。

【定向耦合器】一种四端口微波接头，有 1、2、3、4 四个端口，不同端口间的耦合系数大不相同。由端口 1（4）入射的波，只将功率耦合到端口 2 和 3；端口 1 和 4 是隔离的。波由端口 2（3）入射时，功率仅耦合到端口 1 和 4，端口 2 和 3 也是隔离的。魔 T 是一种特殊定向耦合器，当波由端口 1（4）输入时，功率在端口 2 和 3 等分。可用于微波测量和功率监视。

【环形器】一种多端口非互易性微波器件。其特性是输入任一端口的功率,可按给定的顺序依次传输到下一端口。结构有旋转式、移相式等。在雷达、多路通信等微波电路中,用作天线开关,使接收和发射信号分开。也广泛用于微波测量设备中。

【微波铁氧体】一种非金属、非线性磁性材料,有镍锌、镍镁、锰镁铝、镍钴铝等。在微波波段,电磁场能穿透铁氧体,其在铁氧体中的传播特性随外加磁场强度的不同而变化。在恒定磁场作用下,铁氧体对微波电磁波呈旋磁共振、共振吸收、法拉第旋转等非互易特性,可制成多种微波铁氧体器件。如环形器、回转器、隔离器、移相器、开关等。

【微波电路】产生和变换微波信号的电路。主要包括混频器、放大器、倍频器、振荡器和控制电路等。这些微波电路是微波接收、发射系统及微波测量设备的重要组成部分,根据其工作功率和频率范围用半导体或电真空器件来实现。

【微波混频器】将微弱的微波信号和本振信号同时加到非线性元件上,变换成包络形状与微波信号相同的中频信号,以进一步进行放大、解调或实现频率、衰减、相位、噪声等参数测量的微波电路。主要由非线性元件和滤波器组成。其中非线性元件用来产生新的频率成分,可以是非线性电阻二极管,构成结构简单、工作稳定、易集成化、性能优良的阻性混频器;也可以是非线性电容二极管,构成输出功率高的混频器。滤波器的主要作用是选出所需要的新频率。微波混频器的作用在于改变信号的载波频率,有

效地检测目标的微弱信号，提高接收系统的灵敏度。

【参量放大器】利用改变电路的基本参量（电容或电感）来实现微波信号放大的低噪声放大器。主要特点是：（1）利用回路中的非线性电抗作为换能元件，直接将微波源的能量转换成频率较低的信号并使信号得到放大，这种特殊的能量转换不同于其他电子放大器；（2）变容管参量放大器在正常工作状态下没有载流子散粒噪声，噪声系数极低；（3）电路结构简单，易于集成化；（4）参量放大器的性能对电路参数及环境条件的变化极为敏感。参量放大器在许多微波设备中得到广泛的应用，通常在雷达、导航、电子对抗、射电天文等微波系统中作接收机前端放大器，大大提高了接收机的灵敏度。

【微波倍频器】具有倍频作用的微波电路。对非线性电容只加入一个单一频率的信号（基波），利用其非线性频率变换作用，取得某次谐波，就可以构成倍频器。微波倍频器可分为两类：（1）低次倍频器，单级倍频次数不超过 3—5，可通过电容呈非线性变化的功率变容管来实现，倍频效率较高，输出功率较大，但随倍频次数增加，倍频效率和输出功率迅速下降；（2）高次倍频器，单级倍频次数高达几十倍，通过阶跃恢复二极管——一种特殊结构的变容管来实现，输出功率比较小。另外根据通过非线性器件的波形还可分为正弦波倍频器和脉冲波倍频器。

【微波晶体管放大器】简称微波晶放。利用微波晶体管与分布参数的输入输出匹配网络来放大微波信号的微波放大器。具有体积小、重量轻、结构简单、噪声低、功率大且效率高等优点，应用十分

广泛。微波晶放应用的微波晶体管有双极晶体管和场效应管两种，前者以少数载流子在基区中的扩散运动为基础，后者以多数载流子在沟道中的漂移为基础。

【微波固体振荡器】利用微波晶体管、雪崩二极管、体效应管等现代特种微波半导体器件直接产生微波振荡的基本电路。是现代微波通信、卫星通信和微波仪表中十分重要的部件，主要用作微波收、发信机的本地振荡源、各种调制器的载频信号源以及微波测量设备中的基本信号源等。具有结构简单、调谐范围宽、体积小、重量轻等优点，在 60 年代以后迅猛发展。微波固体振荡器按所用器件的不同可分为：（1）微波晶体管振荡器，调频噪声小，动态范围大，易实现调谐和相位锁定，应用广泛；（2）雪崩二极管振荡器，自 70 年代以来发展极为迅速，具有工作频率高、振荡功率大等优点，但噪声较大；（3）体效应管振荡器，也即转移电子振荡器，工作频率较高，电路结构简单，但输出功率和效率较差；（4）隧道二极管振荡器，由于频率稳定度极差，易烧毁，输出功率很小，趋于淘汰。

【微波控制电路】控制微波信号传输路径的通断或转换、控制微波信号的大小及相位等的微波电路。主要包括微波开关、脉冲调制器、电调衰减器、限幅器、数字移相器、调相等。它是通过控制元件来实现各种控制功能的，常用的控制元件有 PIN 管、变容管等。利用 PIN 管作为控制元件，优点是体积小，重量轻，控制快，正反短路、开路特性好，微波损耗小，可由小的直流功率控制大的射频功率，因此应用较多。

【微波电子管放大器】利用微波电子管来进行信号放大的微波电路。微波有源器件主要有两类,即微波半导体器件和微波电子管。随着无线电技术的发展,在很多领域半导体以体积小、重量轻、耗电少、寿命长、耐冲击等优点逐步取代了电子管设备,但是电子管具有效率高、增益大、频带宽、能耐高低温、稳定性好以及抗辐射能力强等优点,广泛应用于大功率的雷达设备、宇宙通信设备和超高频电视发送设备等。常用的微波电子管放大器有速调管放大器、行波管放大器和磁控管放大器等。

【单片微波集成电路】简称 MMIC。把微波无源元件、有源器件、传输线和互连线一起制做在一片半导体基片上而构成的具有完整功能的电路。最适宜的频率范围是厘米波的高频端到毫米波段。它的主要优点是:(1)体积小,重量轻;(2)可靠性高,寿命长;(3)可用频率范围高,频带宽。适用于对体积重量要求苛刻的军事装备及生产批量大的产品,如相控阵雷达的收发单元或卫星电视广播接收机高频头等。

【微波电路计算机辅助设计】利用计算机对微波电路进行精确优化设计,常写成微波电路 CAD。随着微波集成电路的出现,微波电路机助设计方法已经成为微波电路设计人员的一种必备工具。任何 CAD 过程都包含三个基本步骤:(1)定模,就是表征各种微波有源和无源器件的特性,以提供一个计算机能够处理的数值模型,对于表征微波元件的特性来说,利用 S 参量较为方便;(2)分析,目的是对于一组给定的输入参量,给出所选电路的响应特性,是 CAD 技术中发展最快,应用最广的一个方面,包括求取整个网络的 S 矩阵,灵敏度分析、容差分析、时域分析等;(3)最优化,就

是反复修改电路参量以达到预定目标(即满足一组给定的指标)的过程,最优化方法有直接搜索法和梯度法,梯度法要用到性能函数对设计参量的导数(梯度)信息,而直接搜索法是按照一定的规则搜索“最优”解,对微波电路设计来说,直接搜索法比较通用。

【微波测量】微波参数定量测定技术。就其测量内容,可以概括为微波网络特性和微波信号特性。前者包括:反射参量(驻波比、反射系数、输入阻抗)及传输参量(衰减、相移)的测量。后者包括:信号的频率(波长)、功率、波形、频谱和噪声的测量。微波测量的实质是比较法,即将待测的参量直接或间接与标准值相比较。目前,微波测量仪器采用了一系列先进技术,如频率合成技术、取样技术、宽带扫频、数字程控、计算机辅助测试(CAT),使信号源扫频带宽和测量仪器的动态范围大大提高。微波测量的数字化、自动化、智能化取得了很大进展,将测量精度提高到新的水平。

【测量线】用于微波波段的测量仪器。可测场分布、波长和驻波比。由三部分组成:(1)开槽线,是一衰减小、加工精度高的同轴线或波导管,在同轴线外导体或波导管宽壁中心开一纵向窄缝;(2)可移动探头装置,由一插入开槽线且可沿线移动的探针、调谐器和检波晶体组成;(3)传动机构和标尺部分。保证探针平稳移动,并指示探针所在位置。探针沿槽移动并拾取微波能量,经晶体检波后送到指示仪表。探针感应出的信号大小与其所处电场强度成正比,由电场分布情况可求出波长、驻波比等参数。

【微波应用】微波最重要的应用是雷达和通信。在工农业生产、科学研究、医学、生物学以及人民生活等方面都有广泛的重要应用。现代雷达多数是微波雷达。雷达不仅用于国防、也用于导航、交通管理、气象测量、大地测量、工业探测等方面。微波通信应用主要是常规的中继通信和现代的卫星通信。中继通信是利用微波中继站来实现高效率、大容量的远程通信，而卫星通信则是把人造卫星作为微波接力站，如利用互成 120° 角的三个定点同步卫星，可以实现全球性的电视转播和通信联络。在工农业生产方面，使用最广的是微波加热干燥和微波非电量检测。微波热效应用来对谷物及各种原材料进行加热、烘干，还有微波杀菌、消毒及微波灶等。在微波非电量检测技术中，研究最多的是微波测湿，此外还有金属或介质厚度的测量、速度测量、流量测量、无损探伤、无损测温等。其他重要应用有：微波遥感，是研究天体、气象和大地测量，资源勘探的重要手段；微波生物学效应，用于疾病的诊断和治疗，如微波理疗、微波针灸、冷藏器官的快速解冻、浅表癌症的治疗；射电望远镜和微波加速器，对于物理学、天文学的研究具有重要意义；毫米波，微波技术为控制热核反应的等离子体测量提供了有效的方法等。

【微波全息术】获得目标微波图象的全息摄影方法。微波全息术是一种两步成像过程。首先获得记录有目标散射场的幅度、相位信息的微波全息图。然后根据全息图重建目标和散射场，即微波图象。它是全息显示术的一个重要部分。用微波全息术获得的目标反射或散射的微波图像，可以是目标的外观像或介质目标内部的结构成像，也可以是空间电磁场分布的直观显示。微波全息术研究始于 60 年代初，1965 年摄成首批微波全息图。它的发展与光全

息技术密切相关。与光全息相比,微波能透过云层、冰雪、植被及其他光学不透明介质。因此微波全息术能获得目标的不同于光波电磁信息,在空间遥感、资源探测、介质无损检测等方面具有广阔的应用前景。

【微波遥感】通常包括微波遥感基本物理、微波遥感仪器、图象数据的处理与判读等。早期的微波遥感器大都利用陆上的高塔或飞机作为工作平台,目前以卫星作为工作平台的遥感器日益增多。获得的资料数据也越来越多。微波遥感多从测量材料的介电性质入手,然后再从包含介电性质的关系中导出所需要的地球物理参数或其他参数。微波遥感器分有源和无源两类。无源遥感器以微波辐射计为代表,它是一个有天线的宽带接收机,对地形地物的热微波辐射敏感,即敏感物体的微波亮度。辐射计的温度分辨率极高,而空间分辨率较低,为了克服这个缺点,正在研制大孔径多频微波辐射计。有源遥感器测量回波功率,大多数有源敏感器是从测量背散射系数,即目标的散射特性来达到辨别目标的目的。目标的散射特性则受目标的介电性质及几何结构支配,因而遥感器参数(例如频率、极化、入射角等)的选择起关键性作用。有源遥感器包括散射计、高度表、合成孔径雷达等,尤以合成孔径雷达(SAR)最重要。微波遥感能穿透云、雾、烟、尘,满足全天候、昼夜使用的要求;对海洋状态、温度、海—冰界面、大气性质、土壤湿度、表面粗糙度、植被都有独特的敏感性能;从飞机和卫星上遥感具有快速、完整地观测地球,不间断地监视环境等优点。与国民经济的发展和国防建设有重大的关系。

【微波医学应用】微波技术在医学上的应用,包括微波诊断、理疗、

杀菌、解冻等。生物体组织是一种有损耗的电介质，皮肤、脂肪、肌肉、骨骼、血液及其他器官的电介质特性各不相同，当微波在生物体中传播时，遇到不同组织的分界面或不同的组织，会产生不同程度的衰减、相移、偏振、色散，测定这些变化就可作为无接触诊断的依据，而出现微波断层扫描成像的诊断技术。在微波治疗方面主要利用生物体的微波热效应，其应用有：（1）微波理疗：微波电疗，包括最新的中医微波针炙已成为常见的消炎活血和解痛的理疗设备。它有升温快，剂量准和操作方便的优点，不足之处是透深仍浅，一般仅 3—5 厘米，目前又都限于单侧治疗。（2）微波组织凝固治疗（MTC）：利用微波能集中在生物组织的很小局部，通过高温作用以达到止血、组织凝固、肿瘤坏死、息肉气化以及管道梗阻疏通的目的，如微波外科手术仪，内窥镜微波治疗仪、妇科微波治疗仪、食道梗阻微波治疗仪。（3）微波肿瘤热疗：42—43℃ 的肿瘤热疗加放疗或化疗，来代替简单的放，化疗，效果很好。微波肿瘤热疗是肿瘤热疗的一个重要手段，特别适用于组织间或腔内加热。

【微波热效应与微波加热】微波与物质分子相互作用，致使微波能量被介质材料吸收而转化为热能的现象。基于微波热效应而用微波能来加热和干燥物体的方法叫做微波加热。常用的加热方法都是先加热物体表面，然后热量由表面传导到内部。微波加热，是对物体内部进行直接加热。固微波加热速度快，加热均匀，热效率高。其次，常规加热方法要达到一定的温度都需要预热一段时间，停止加热时，温度下降又需要较长的时间。而利用微波加热，开机几分钟即可正常运转。调整微波输出功率，物料加热情况立即无情性地随着改变，因此便于进行自动控制。第三，微波能不

但对于含水物质能进行快速均匀的加热和干燥,而且对许多有机溶剂、无机盐类也呈现不同程度的热效应。因此微波热效应在工农业生产中有着广泛的用途。如谷物、木材、茶叶、中草药等的干燥或烘干;种子的微波处理,可以提高发芽率;微波能量是一种很有效的消毒热源,特别是杀真菌、霉菌或不成形孢子的菌;微波炉已经是一种新型炊事用具,有不污染食品、不破坏营养成分的优点,深受人们的欢迎;另外微波能量对人体的热效应有理疗的功用。国际上规定微波加热专用频率为 912 ± 25 兆赫、 2450 ± 50 兆赫、 5800 ± 75 兆赫和 22125 ± 125 兆赫。产生微波能量的主要是磁控管及速调管。大能量长时间的微波辐射会对人体的健康带来不利的影响,因此要注意加热设备的屏蔽以减少向外辐射;要制定必要的安全操作规程;对人体的主要器官(特别是眼睛)采用微波防护用具。

【天线】架设在空间用来发射或接收无线电波的装置。将发射机馈给的高频电磁能转换为向空间辐射的无线电波的叫发射天线;接收空中无线电波并转化为射频电能输送给接收机的叫接收天线。天线具有确定的结构,其形状与工作波长有关。长波和中波一般是垂直线天线,短波是对称振子天线。微波天线是用金属板或介质面构成的面天线,如喇叭天线、抛物面天线、透镜天线等。超短波天线两者兼用。天线的主要特征参数有:方向图、增益、辐射阻抗、输入阻抗和频带宽度等。

【天线阵】将多个辐射元按一定规则排列构成的天线。天线阵的方向图是各辐射元方向图的叠加,调整各辐射元的位置,可得到各种形状的方向图。天线阵有直线天线阵、叠层天线阵等。

【天线方向性函数】描述天线的辐射场强幅度在空间（方位和仰角）的分布情况的函数。它表征天线在不同方向上辐射（或接收）的相对能力，是方位角和仰角的函数，通常用 $f(\theta, \varphi)$ 表示。将方向性函数除以其最大值可得到天线的归一化方向性函数，在天线技术中经常用到。

【天线方向图】天线方向性函数在特定坐标系里的图形表示。由天线的方向图能明显看出能量在空间的分布情况。立体空间的方向图绘制比较困难，通常只用两个主平面方向图表示，即电场矢量所在的 E 面和磁场矢量所在的 H 面。一般称 E 面方向图为垂直方向图，H 面方向图为水平方向图。为便于作图和比较各种不同天线的方向图，常采用归一化方向图，即以最强辐射方向的幅值为 1（或 0dB）。在许多场合，还需绘出功率方向图，它是场强方向图的平方。方向图可用极坐标系，由角度表示方向，矢径长度表示幅度的绝对值，具有直观的优点，但零点或最小值不易分清；也可用直角坐标系，由横坐标表示方向角，纵坐标表示幅值，两个坐标的比例可以任意选择，图形清晰度高。方向图呈花瓣形状，常称为波瓣图。在天线的方向图中，对应于最大值的波瓣称主瓣，其余的波瓣称旁瓣。

【天线主瓣宽度】表征天线辐射能量集中程度的重要波瓣参量。如果天线方向图只有一个主瓣，旁瓣电平又较低，则根据 E、H 两个主平面内主瓣宽度的情况就可以判断天线主波束的情况。主瓣宽度主要有三种表示方法：(1) 3dB 主瓣宽度，也称半功率主瓣宽度，

指主瓣上场强等于最大辐射方向场强 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍的两个方向之间的夹角, 记为 $2\theta_{0.5}$; (2) 零值主瓣宽度, 指主瓣的两个零辐射方向之间的夹角, 记为 $2\theta_0$; (3) 10dB 主瓣宽度, 指主瓣上场强为最大值的 $\frac{2}{\sqrt{10}}$ 的两个方向之间的夹角。通常所说的主瓣宽度是指 3dB 主瓣宽度。主瓣宽度愈窄, 说明天线辐射的能量愈集中, 方向性愈强。

【天线旁瓣电平】天线最大旁瓣的场强最大值与主瓣场强最大值之比。通常用分贝数表示。旁瓣电平愈低, 说明天线在不需要的方向上抑制杂散辐射的本领愈强。

【天线方向性系数】定量描述天线的辐射功率在空间集中程度的重要参量。有三种定义方法: (1) 在辐射功率相等的条件下, 被研究天线在空间某方向、某距离的某点辐射的功率密度与无方向性的点源天线辐射的功率密度之比; (2) 天线沿某方向辐射的功率密度与沿其他所有方向辐射的功率密度平均值之比; (3) 为在某方向某点处辐射相同的功率密度, 点源天线所需辐射功率与被研究天线所需辐射功率之比。这三种定义本质上是一样的。通常用分贝数表示方向性系数。根据归一化方向性函数或归一化方向图, 可以计算方向性系数。

【天线效率】天线辐射的功率与输入到天线的功率之比。描述了天线损耗的大小。超短波天线阵及微波天线的尺寸和工作波长可以相比拟甚至更大, 辐射电阻很大、而损耗电阻很小, 可以忽略, 效

率较高,可接近于 100%;中长波天线的尺寸远小于工作波长,辐射电阻很小,损耗电阻较大,不可忽略,因而效率较低。

【天线增益】描述天线的辐射功率考虑损耗因素后在空间集中程度的重要参量。天线在某方向的增益定义为天线在该方向上的辐射功率密度与馈有相同的输入功率的无损耗、无方向性的理想天线在该方向辐射功率密度之比。实际应用中增益一般是指最大辐射方向上的增益。在电视标准中,电视天线的增益均以半波振子作为比较标准,称为相对增益。天线的增益与方向图有关,天线的主瓣宽度愈窄,旁瓣电平愈低,天线的增益就越高。工程上可用 E 面和 H 面半功率主瓣宽度来估算天线的增益。

【天线输入阻抗和辐射阻抗】天线的等效电路参量。发射天线相当于馈线的终端负载,其输入阻抗定义为天线输入端电压与电流之比,就是馈线的负载阻抗,说明天线与馈线交换能量的情况。天线的辐射功率相当于在一个等效阻抗上所产生的损耗,这个等效阻抗称辐射阻抗,等于天线辐射功率与天线上腹点电流平方之比。

【天线极化特性】天线辐射的电磁波在最大辐射方向上电场强度矢量的空间取向特性。不同天线的极化形式是不同的,分为线极化、圆极化或椭圆极化,瞬时电场矢量在一个周期内所描绘的轨迹分别为直线、圆或椭圆。线极化分为垂直极化和水平极化两种情况。圆极化分为左旋极化和右旋极化。椭圆极化不是一种完纯的极化方式,可分解为左旋和右旋圆极化波。若天线除辐射预定极化的波以外还辐射非预定极化的波,则前者称为主极化,后者称为交叉极化或寄生极化。雷达、通信、电视等无线电设备较多采用线

极化天线；电子对抗、遥控遥测系统较多采用圆极化天线；通常不采用椭圆极化天线。

【天线带宽】由天线的各电参数所允许的变化量确定的频率范围。对不同的系统、不同天线提出的带宽标准是不同的，大致有以下几种：方向图带宽，指方向图的变化不超过允许限额的频率范围；方向性系数（增益）带宽，指方向性系数或增益降到允许值的频率范围；阻抗带宽，指馈线上的驻波比不超过某一限额的频率范围；极化带宽，指最大方向上的轴比不超过某一限额的频率范围。对带宽的具体规定视系统的技术要求而定，没有统一的规定。根据带宽的不同，可把天线划分为窄频带天线、宽频带天线和超宽频带天线。常用“相对带宽”这个概念，它是绝对工作带宽与中心频率的百分比比值。相对带宽只有百分之几的天线为窄频带天线，达百分之几十的为宽频带天线，达到几个倍频程的则为超宽频带天线。

【天线有效长度】描述线天线接收能力大小的电参数之一。在远区主向某点产生的场强相等的条件下，用一均匀电流分布的天线代替被研究天线（一般以输入端电流为参考），则该天线的长度即为被研究天线的有效长度。因此有效长度是以输入端电流为参考的均匀分布的“元”天线的长度。元电辐射体的有效长度等于其几何长度。线天线的长度确定以后，其有效长度取决于工作频率。

【天线有效面积】又称天线的等效接收面积。在接收系统完全匹配和波的极化最有利于接收的情况下，接收天线所接收的最大功率与来波的功率密度之比。有效面积是以功率观点来说明天线接收

能力大小的，它取决于天线的增益和工作波长。

【天线互易定理】证明天线的发射特性与接收特性相同的定理。它把电磁理论中的互易定理应用于天线技术。发射天线的输入端与接收天线的输出端之间可以看成是一个无源的线性四端口微波网络，因而满足互易定理。即同一天线作发射和接收时的电参数相同，称为天线的收发互易性。

【半波振子天线】长度等于工作波长一半的对称线状天线。天线分为两段，每段长为四分之一波长。当天线直径很小时，它上面的电流可近似地认为按正弦分布，两端为波节，中心为波腹，扁平双导线馈电线连接于天线的中心。其方向图呈 8 字，输入阻抗约 73 欧姆。是基本的天线单元，很多复杂天线可由这种天线组成。

【折合振子引向天线】又称八木天线。由几个平行振子组成的定向天线，是一种通用电视天线卫星跟踪天线。折合振子与馈电线相连，是有源振子，位于有源振子之后，比有源振子长的为反射器，在有源振子另一边有一个或多个短的引向器，反射器和引向器都是无源振子，反射器指向引向器的方向，是天线最大辐射或接收方向，方向图呈端射式。特点是：结构简单、调整方便，增益高。增益随振子数增多而增大，但频率随之变窄。五单元折合振子天线的增益约 10 分贝。输入阻抗为 300 欧姆。

【喇叭天线】把波导末端以一定的角度张开而成喇叭状的天线。主要有四种形式：当矩形波导壁在 E 面逐渐展开而 H 面壁间距离保持不变时形成的 E 面扇形喇叭；当矩形波导壁在 H 面逐渐展开而

E 面壁间距离保持不变时形成的 H 面扇形喇叭；当矩形波导壁在 E 面和 H 面同时扩展时形成的角锥喇叭；当圆波导壁逐渐扩展时形成的圆锥喇叭。此外，还有波导内壁有沟槽的波纹喇叭，以及同时有两个以上的模式工作的多模喇叭。喇叭天线向空间辐射的能量来自与喇叭相联接的波导。喇叭天线结构简单，体积小，重量轻，方向图容易控制，频带特性好，主要用作大型反射面天线的馈源或作为天线测量中的标准天线，在少数场合也可单独用作天线。

【抛物面天线】由抛物面反射器和辐射器构成的一种微波天线。反射器由很多导电良好的金属板组成，板的表面光洁度高，常用反射器的直径约 25 米。反射器的作用是把发散的球面波变成平行的平面波，从而形成高度会聚的波束或方向性很强的射束。辐射器用以照射整个反射表面。常用辐射器有对称振子或圆形喇叭，安装在抛物面的焦点或焦轴上。

【卡塞格伦天线】一种应用广泛的双反射面天线。由一个主反射面、一个副反射面和一个馈源组成。主反射面是旋转抛物面，副反射面是旋转双曲面。工作时由馈源辐射的电磁波首先射向副反射面，经副反射面反射后再进入主反射面，经主反射面再反射后辐射出去。经过副、主反射面两次反射后在主反射抛物面上的口面场是同相场。与抛物面天线相比，卡塞格伦天线具有明显的优点。它相当于把焦距拉长的抛物面，在同等泄漏条件下，口面场分布更均匀、交叉极化减小、馈源的方向性系数可以提高，从而可提高天线的增益；另外它结构紧凑，馈源后接使馈线长度大大缩短，有利于提高灵敏度和测角精度，而且由于增加了一个反射面，增大

了设计的灵活性。因此，卡塞格伦天线在卫星通信地面站、射电天文和单脉冲雷达中获得了广泛应用。

【螺旋天线】用金属导线或金属带绕制成螺旋结构的天线。一端用同轴线馈电，另一端处于自由状态或与同轴线外导体相连。当螺旋圈长在波长的 0.6 倍以下时，它在垂直于轴线的方向上辐射最大，称作垂直式螺旋天线，频带很窄；当螺旋圈长接近于一个波长时，它在轴向辐射最大，称作端射式螺旋天线，频带较宽，可用作独立天线，也可用作反射器天线的馈源或天线阵的辐射单元。如将普通的管状螺旋做成锥形螺旋，可使端射式螺旋天线进一步展宽频带。螺旋天线是一种慢波行波天线，其特点是结构简单，可得圆极化波，频带宽。由于结构尺寸的关系，主要用于分米波段，最多到厘米波段。变距垂射式螺旋天线用作移动通信天线时，其效果优于同样长度的鞭状天线。

【微带天线】微带电路出现后发展起来的一种新型天线。常用的微带天线有：（1）贴片型微带天线，金属贴片可以是矩形、圆形、椭圆形或其他几何形状，它可以用微带线直接馈电，也可以用同轴探针从接地极板插入馈电；（2）微带振子天线，以电磁耦合方式馈电，微带线不接触辐射元；（3）微带缝隙天线，用三极线馈电。这些微带天线元可组成阵列，构成方向性强的微带天线阵。微带天线的制作和微带电路相似，在较低频率和要求不高的情况下也可采用印刷电路技术。微带天线的显著特点是体积小重量轻，能与飞行器共形，易于微波集成，不需要机械加工，成本低，适于批量生产。它还可设计成多种极化和多频工作，因此在通信、雷达、微波医疗等各方面都有广阔的应用前景。微带天线的主要缺

点是频带较窄，效率较低，功率容量小。

【对数周期天线】结构与特性以频率的对数为周期而重复的天线。它的几何尺寸按特定比例的规律变化，天线的方向图和阻抗特性随频率按 $\frac{1}{t}$ 的自然对数规律作周期性变化，其中方向图的周期为 $\ln \frac{1}{t}$ ，阻抗变化周期为 $\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1}{t} \right)$ 这种天线具有频带宽、架设容易、费用较低、占地较少等优点，尤适用于短波通信。有平面对数周期天线和对数周期振子阵两大类。可单独使用，也可二付或四付并联使用，以提高增益。

【相控阵天线】通过控制各单元电流的相位来实现波束在空间扫描的天线。是一种典型的电扫描天线。与传统的机械扫描天线相比，具有大功率、高增益、多波束和多功能、高数据率、高可靠性和易实现计算机自动控制等诸多优点，在远程警戒雷达和舰载雷达上有着广泛应用。但是它造价高，维修困难，扫描范围受限制。

【单脉冲天线】又称同时多波束天线。精度最高的跟踪天线。它在提供距离信号波束的同时，还提供角误差信号波束，在单个回波脉冲信号上同时比较各波束的输出，从而获得所探测目标的距离和方位的全部坐标信息。根据工作原理，单脉冲天线可分为幅度比较单脉冲天线、相位比较单脉冲天线和幅度——相位单脉冲天线三种类型。由单脉冲天线构成的单脉冲雷达具有精度高、跟踪距离远等优点，广泛地用于洲际导弹、人造卫星的远程跟踪、中近程导弹的制导和跟踪、机载和舰载的火炮控制、攻击引导以及精密测量等方面。

【自适应天线】每个阵单元与自适应控制回路组合起来,对阵函数进行加权,使天线的某些性能获得改善的天线。自适应天线能在干扰方向未知的情况下,自动调整阵列中各个阵元的信号加权值的大小,使阵列天线方向图的零点对准干扰方向而抑制干扰。如果天线的阵元数增加,还可以增加零点数来同时抑制不同方向上的几个干扰源。由于自适应天线能自动地适应环境的变化,增强系统的有用信号,优化天线方向图,并能有效地跟踪有用信号,抑制和消除干扰而保持系统性能在某种原则下最佳,它越来越广泛地应用于雷达、通信、地震探测系统等领域中,受到人们的普遍重视。

【天线罩】保护天线系统使其能在恶劣的自然环境下正常工作的结构物。加装天线罩后,对天线的电性能有一定不良影响。设计天线罩时必须对结构形式、构件尺寸、罩壁厚度、材料以及结构细节等都考虑电气特性,以尽量减低对天线的不良影响。天线罩一般采用低耗介质材料,以减小反射系数。主要有航空天线罩、地面天线罩、充气天线罩、壳体结构天线罩及空间骨架天线罩等五种结构形式。

【电视接收天线】接收空间的电视信号(电磁波)、转换成高度电流供给电视机的天线,能提高电视机的接收灵敏度和抗干扰能力。电视接收天线分机内天线和机外天线。电视机自带的拉杆天线是机内天线,机外天线指通过电视馈线和电视机相连接的天线,常见的有环形天线、羊角天线、螺旋天线、半波振子天线、折合振子天线、组合天线、叠层天线等,其增益高。接收天线对于从不

同方向来的电磁波接收能力不同,如半波振子天线,当电磁波从振子的垂直方向传来时,天线上感应的电动势最大;当天线与电磁波的传播方向平行时,天线上的感应电动势为零。按接收电视频道数分有单频道天线、多频道天线等。单频道天线只能接收一个电视频道,多频道天线能接收多个电视频道。共用电视天线能使多台电视接收机共用一套天线系统,共用天线将接收来的电视信号经过处理后,再用信号分离器将信号分配给各台电视机。

【电视馈电线】天线与电视机之间用以传输电磁能的传输线。天线与馈电线、馈电线与接收机之间要匹配,即要求馈电线的特性阻抗与天线的输入阻抗和电视机的输入阻抗相等。不匹配会出现反射波,使天线接收效率降低,且电视机接收效果差。电视天线的输入阻抗通常有 75 欧姆和 300 欧姆两种,馈电线有特性阻抗为 300 欧姆的平行双导线和特性阻抗为 75 欧姆的同轴电缆两种。前者易于和天线和电视机直接相连,但抗干扰能力差,当馈线较长时,损耗大。同轴线抗干扰能力强,损耗小,是一种不平衡电视馈电线,和某些天线相连时,应进行平衡—不平衡转换。

检 测 技 术

【测量技术】测量中所用原理、方法、技术等的总称。电子测量主要是对材料、元件、器件、电路、整机、系统等的电量和非电量(如电磁量等)的测量,主要包括三个方面:(1)基本参数的测量,如电阻、电容、电感、电压、电流、功率、频率、衰减、相移等

的测量；(2) 对综合参数的测量，如信号参数、波形参数、晶体管参数、网络参数、集成电路参数等的测量；(3) 对特殊频段的参数测量，如激光频率、光导纤维的电特性、甚低频参数、亚毫米波参数的测量。

【测量】确定被测对象的量值而进行的实验操作过程。在这个过程中常常借助于专门设备，将被测对象直接或间接地与同类已知单位进行比较，取得用数值和单位共同表示的测量结果。测量是用数字语言描述客观世界的规律。“没有测量，就没有科学”，科学与测量是永远不可分离的。

【计量基准】一般分为三级，即国家基准、副基准和工作基准：(1) 国家基准又称主基准，它是用来复现和保存计量单位，具有现代科学技术所能达到的最高准确度，经国家鉴定并批准，作为统一全国计量单位量值最高依据的计量器具；(2) 副基准是通过直接或间接与国家基准比较来确定其量值，并经国家鉴定批准的计量器具；(3) 工作基准主要用于一般量值传递，以防止国家基准或副基准由于使用频繁而丧失其应有的准确度或遭到损坏。

【电子测量】借助于传感器将许多物理量变成电信号，然后用整套电子学方法进行的测量。电子测量的内容十分广泛，如电压、电流、功率的测量，信号的特性及所受干扰的测量，元件和电路参数的测量等。与其它测量相比，电子测量的优点是：测量频率范围极广，低至直流，高至 100GHz 左右，量程很宽，测量准确度高、速度快，能实现遥测和长时间不间断的测量，显示方式又清晰、直观，易于用计算机进行分析处理。电子测量的研制、生产，正向

着自动化、系统化、集成化、高性能、多功能、快速、小型化等方面发展。

【模拟测量】直接对固定的或连续变化的模拟量进行的测量。如用万用表对电阻值的测量，用电压表对正弦交流电幅度的测量就是模拟测量。这种测量由于仪器本身的局限性，其指示值的精度较低，分辨力只能达到 2—3 位有效数字。在测量过程中，模拟信号易受噪声和干扰的影响。

【数字测量】使被测信号的模拟量通过模—数 (A/D) 转换器转换成数字信号，再利用数字技术和计算机来处理与显示的测量。这种测量的主要优点是精度高、可靠性好、方便灵活、显示直观并能打印输出，但电路较复杂，成本也很高。数字万用表、数字电压表、数字频率计等都是常用的数字化测量仪器。

【时域测量】对被测信号在不同时间的特性进行的测量。如对温度随时间的变化，电压、电流随时间的变化等的测量即为时域测量。示波器就是时域测量的一种图示仪器。

【频域测量】对被测信号在不同频率的特性进行的测量。如对声音信号进行的频谱分析，对网络或放大器所作的频率特性等都属于频域测量。频谱分析仪、扫频仪等都是频域测量仪器。

【测量数字的舍入规则】测量中，在需要 N 位有效数字时，对超过 N 位的数字的处理规则。广泛采用如下的舍入规则：(1) 当保留 N 位有效数字，若后面的数字小于第 N 位单位数字的 0.5 就舍

去；(2) 当保留 N 位有效数字，若后面的数字大于第 N 位单位数字的 0.5，则第 N 位数字进 1；(3) 当保留 N 位有效数字，若后面的数字恰为第 N 位单位数字的 0.5，则第 N 位数字为偶数或零时就舍掉后面的数字，若第 N 位数字为奇数，则第 N 位数字加 1，由于第 N 位数字为偶数和奇数的概率相同，因而舍和入的概率也相同。

【测量误差】 由于客观的、人为的及其它各种因素的影响，测量所得的数值和被测量的真值（实际值）之间的差值。此误差一般分为系统误差、随机误差和粗大误差三大类。测量误差是不可避免的，其准确性也难以知道，通常只能估计在一定概率下可能达到的误差界限，这样估计的误差界限称为测量的不确定度。

【系统误差】 简称系差。在同一条件下多次测量同一量时，误差的大小和符号均保持恒定，或在条件改变时，按某一确定的规律变化的误差。按照误差值是否变化，系统误差可分为恒定系统误差和变值系统误差；按照对系统误差掌握的程度，系统误差又可分为已定系统误差和未定系统误差。造成系统误差的主要原因有：测量设备质量不好，安装、使用不当；测量环境有变化，如温度、湿度、电源电压的变化，电磁场的影响等；测量时使用的方法不完善，所依据的理论不严密或采用了某些近似公式等造成的误差（此称理论误差或方法误差）；测量人员的感觉器官不完善，生理上最小分辨力的限制等。

【随机误差】 在相同条件下多次测量同一量时，误差的大小和符号均以不可预定的方式发生变化且没有确定变化规律的测量误差。

单次测量的随机误差没有规律，不能预料，不可控制，也难以消除。但在多次测量的总体上，随机误差服从统计规律，具有有界性、对称性和抵偿性。因此可以通过概率论、数理统计等的数学方法来定量研究这些误差的总体并估计其影响。随机误差主要是由那些对测量值影响较微小，又互不相关的多种因素共同造成的。例如热骚动、噪声干扰、电磁场的微小变动、空气扰动、大地微振、测量人员感觉器官的各种无规律的微小变化等诸多影响。

【粗大误差】超出在规定条件下预期的误差，也称寄生误差。主要是由读数错误、测量方法错误、测量仪器有缺陷等原因造成的。粗大误差本身可以是系统误差，也可以是随机误差，或为二者的组合。粗大误差最显著的特点是测量值显著地偏离了真值。

【绝对误差】又称绝对真误差。其值 ΔX 等于被测量的给出值 X （被测量时测得值）与被测量的真值 X_0 之差，即 $\Delta X = X - X_0$ 。绝对误差的大小和符号分别表示了给出值偏离真值的程度和方向。

【相对误差】又称相对真误差。绝对误差与真值的比值，通常用百分数表示。若以 γ 表示相对误差， ΔX 表示绝对误差， X_0 表示被测量的真值，则 $\gamma = \frac{\Delta X}{X_0} \times (100\%)$ 。相对误差是一个没有量纲的量。

【固有误差】在基准工作条件下测得的仪器、设备等的误差。基准工作条件是一组比较严格的条件，例如交流电压频率为 $50\text{Hz} \pm 1\%$ 等等。固有误差大致能反映仪器、设备自身的准确程度，同时在基准条件下也便于对它们作检验与检定。

【工作误差】在仪器标准或产品说明书所给定额定工作条件内任一点上的误差。额定工作条件包括仪器本身的全部使用范围和全部外部工作条件，因此在最不利的组合情况下会产生最大误差（即工作误差的极限）。在确定的置信概率下，工作误差处于该误差极限之内。

【误差不确定度】由系统误差和随机误差构成的测量总误差在一定的范围内变化的最大幅度。由于误差是不确定的，所以误差变化的最大幅度也不是绝对不能超过的，而是就一定的置信概率而言的。

【正确度】衡量测量是否正确的尺度。正确度是表示测量结果中系统误差大小程度的一个量。

【准确度】表征测量结果与真值的一致程度的度量。它是测量结果中系统误差与随机误差的综合。如果测量的正确度和精密度均高，则称为测量的准确度高。

【精密度】表征测量结果中随机误差大小程度的一个量。测量的标准偏差越小，测量值越集中，测量的精密度就越高，反之就越低。

【信号发生器】能产生频率稳定性和幅度稳定性均很高的输出信号的一种仪器。输出信号的频率、幅度都可连续调节或分级调节，信号的波形可以是正弦波、矩形波、三角波、锯齿波、调幅波、调频波等多种。按频率范围的高低，信号发生器可分为低频（Hz—MHz）、高频（百 KHz—30MHz）、超高频（MHz—300MHz）及

微波信号源等多种。随着集成电路的发展，信号发生器数字化和集成化的程度已越来越高。

【频率计】测量信号频率（或周期）的电子测量仪器。由于大规模或超大规模集成电路的生产与利用，近年来频率计均由晶体管电路转向集成化和数字化。仪器的特点是体积小、重量轻、寿命长、工作可靠、检修方便、成本也大大下降，所测信号频率可达几千兆赫兹。

【扫频仪】又称频率特性图示仪。检测、图示各种放大器、四端网络频率响应特性曲线的图示仪器。它由扫频信号发生器、检波器及示波器等几大部分组成。扫频信号发生器输出一个频带非常宽的等幅调频信号，加至被测网络，经过被测网络后的信号变成了调频调幅信号，其幅度变化正好反映了被测网络对不同频率的不同响应。被测网络输出的调频调幅信号经检波探头，将调频调幅波的幅度变化解调出来，所得信号回送到扫频仪示波器的输入端，经放大、衰减等处理，最后在屏幕上显示出被测网络的幅频特性曲线形状。根据频率高低，扫频仪可分为中频扫频仪、高频扫频仪等多种。扫频仪在通信、广播、电视等设备的生产、调试、检修中是必不可少的。

【动圈式显示仪表】先用传感器将被测参数转换成电势或电阻，再由测量电路将其转换成流过动圈（可转动的线圈）的电流，此电流使线圈偏转，并带动指针在刻度盘上指示出被测参量数值的一种仪表。这是工业生产中普遍采用的一种模拟式显示（指示）仪表，它和热电偶、热电阻等相配合，用来指示各种环境下的温度

数值，应用极为广泛。

【兆欧表】用于测量电器设备绝缘电阻的一种仪表。常用的兆欧表有两类：手摇发电机式（简称摇表）和晶体管式。手摇发电机式又分直流发电和交流发电整流两种，均用磁电式双动圈流比计指示。目前，电工所使用的兆欧表大多为手摇发电整流式。手摇发电机均备有离心调速装置，使转子以恒定速度转动，一般为 120 转/分，以稳定输出电压。晶体管式兆欧表是用晶体管逆变器获得高压，以磁电式电流表指示。用兆欧表测量电力线路或照明线路的绝缘电阻时，L（线路）端应接被测线路，E（地）端应接地。测量电缆绝缘电阻时，为消除线芯绝缘层表面漏电所引起的测量误差，还应将 G（屏蔽）端接到电缆的绝缘层上。测量电气设备的绝缘电阻时，必须先切断电源，兆欧表的引线须绝缘良好，切不可绞在一起。

【电度表】计量电能多少的一种测量仪表，表头由感应式电表构成。常见的电度表可分单相和三相两大类。电度表的准确度一般分 2.0、3.0 级，这样的准确度须在额定电压、额定电流的 10—120%，额定频率 50Hz 及功率因素 $\cos\varphi=1$ 的条件下才能保证，偏离上述条件工作时，电度表的误差会增大。电度表不宜在小于额定电流的 5%和大于额定电流的 150%的情况下工作。停用半年以上的电度表应重新校准，长期使用的电度表最好 2—3 年校准一次。

【模拟式电压表】又称指针式电压表，是用磁电式电流表作为指示器、在电流表表盘上的电压（或 dB）刻度，以指针指示电压值的电压表。其特点是电路简单、价廉。在测量高频电压时，其测量

准确度与数字电压表基本相同。

【数字多用表 (DMM)】 又称数字万用表, 一种能测量直流电压、交流电压、电流和电阻的数字仪表。在 DMM 表中, 交流电压、电流和电阻的测量都是首先将它们变换成直流电压, 然后用数字电压表 (DVM) 进行电压测量的。

【数字式电压表】 先将被测模拟量通过模拟/数字 (A/D) 变换器变成数字量, 再用数字电路计数、译码等处理, 最后以十进制数字形式在数码管或液晶显示屏上将被测信号的电压值显示出来的电压表。

【矢量电压表】 能同时测量信号幅度和相位的测量仪器。在这种电压表中要完成高频宽带微伏级信号电压测量及信号相位差的测量, 这相位差是指在不同频率点上输入信号与输出信号之间的相位差值。矢量电压表属于网络分析仪的一种类型。

【晶体管特性曲线图示仪】 能检测、显示各种晶体管特性曲线的图示仪器。如能测试晶体二极管的伏安特性曲线、反向击穿特性, 晶体三极管作共发射极、共基极、共集电极时的输入、输出特性及反向击穿、漏电流等特性, 通过示波器屏幕上标尺刻度及所对应旋纽的指示可直接测读、计算出晶体管的各主要参数并判明被测管子的质量好坏。这种检测方法具有直观、简便和使用灵活等优点。

【取样示波器】 阴极射线示波器的一种, 被显示信号频率要比普通

示波器高得多。取样示波器不是将被测信号直接放大、显示，而是通过频率转换的方法，用远比被测信号周期短得多的时间，对信号的每个波形取样，每次取出其相应的瞬时幅度值，经积分电路展宽后，信号即可连接成为一个频率较低、变化速度较慢而与被测原信号相似的模拟信号波形，然后再对此信号进行放大和显示。这种示波器可用来观察、研究频率很高的周期信号及快速变化的重复脉冲信号。

【记忆示波器】利用记忆示波管组成的示波器。其核心是记忆示波管，主要由导入电子枪、偏转系统、读出电子枪、记忆与显示及荧光屏等几大部分组成。这些部分被密封在一真空的玻璃壳体中，其中，荧光屏的里面（后面）有一片存贮栅网，它面向电子枪的一侧涂有存贮介质，这种介质具有良好的绝缘性能和发射二次电子的特性，存贮栅网能存贮需显示的信号波形。

【数字存贮示波器】将波形存贮在示波管外的数字存贮器中的示波器。其特点是存贮时间长，并有利于对存贮信号进行加工处理。由于它在触发前就可以取样、存贮，因而有能力捕捉和显示触发前的信号。数字存贮示波器实质上是一计算机系统。

【光线示波器】又称振子示波器。利用电磁作用原理，将被测信号转换成光信号，并以光的反射在毛玻璃屏上显示和记录被测信号波形的一种仪器。主要由振动子、磁电式动圈系统、光学系统（光源、反光镜、分光棱镜、多面反射镜滚筒、物镜、毛玻璃屏等部分）、传动系统、电气系统等几大部分组成。在感光记录纸上可录下被测输入信号随时间变化的曲线；在毛玻璃屏上也可看到一

幅反映信号变化的静止图象。光线示波器的灵敏度较高。若用多个振动子,则可在一张感光纸上同时记录多个(可多达100多个)信号的变化过程,这是其它记录仪所难做到的。光线示波器的记录方式有三种:白炽光显定影记录、白炽光直接记录、紫外线直接记录。

【频谱分析仪】能自动分析、图示被测信号所含各频率分量幅值大小的一种仪器。常用的形式有两种:(1)用多个窄带滤波器(其通带互相衔接或少量重迭),将被测信号中各频率分量分离出来,再顺序地送入示波器显示其中的全部频率分量;(2)将信号与一个频率能自动来回连续变化的振荡信号起差拍作用(即混频作用),差出的信号经窄带滤波器,即可将被测信号各频率分量分析出来,然后再送入示波器显示。频谱分析仪在语音处理、图象识别、通信、广播、音响系统中有重要作用。

【逻辑分析仪】数据域测试中最典型、最重要的测量仪器。它是跟踪、调试程序,处理各种原因引起的软件故障的有力工具。在仿制或剖析某些微型计算机或微机化产品时,即使缺少技术资料,亦可用逻辑分析仪显示出它们的软件及其运行过程。逻辑分析仪基本由触发识别、数据获取、数据存贮、数据显示等几大部分组成。

【网络分析仪】测量线性系统网络参数的一种仪器设备。它能直接测量有源或无源、可逆或不可逆的单口或双口网络的复数散射参数,并以扫频方式给出各散射参数(S参数)的幅度特性和相位特性。网络分析仪实际上是一计算机自动分析处理系统,设备较复杂,价格较贵。

【弹性式压力计】利用各种形式的弹性元件作为敏感元件来感受压力，并以弹性元件受压后变形产生的弹力与被测压力平衡，在弹性限度内，弹性元件的变形是压力的函数，这样就可以用测量弹性元件的变形或位移的方法来测得压力的大小。

【X—Y 函数记录仪】根据自动平衡式显示与记录仪表的基本工作原理所构成的自动平衡式记录仪。用来描绘两个被测量 X、Y 之间的函数关系 $Y=f(x)$ 。其记录笔的移动分别受到两个被测量的控制，在相互垂直的两个座标方向（X、Y）作平面移动，而作出 $Y=f(x)$ 函数关系曲线。是一种通用的自动化记录仪表，具有记录幅面大、灵敏度高、精度高、速度快等优点。与各种非电量电测传感器相配合，可用来测量和记录温度、压力、流量、力矩、液位、应变、位移、振动等各种参数的函数关系，也可作电子模拟计算机的输出装置。

【磁电系笔式记录仪】用笔尖（墨水笔、电笔等）在记录纸上描绘被测量相对于时间或某一参量之间函数关系的一种记录仪器。这种仪器的关键部件是磁电式动圈测量机构。动圈的有效边（工作边）置于永久磁铁所形成的磁场空隙中，当线圈中有信号电流流通时，即会产生一个电磁作用力矩，在此力矩与张丝（固定动圈用的）所产生的反作用力矩的共同作用下，动圈会带动记录笔一起偏转。这样，运动着的记录纸上就会记录由记录笔偏转所画的曲线，从而将被测信号的变化记录下来。

微 电 机

【磁极】直流电动机中产生磁场的部件。由极心（极身）和极掌两部分组成。极心上设置励磁绕组，极掌面呈半弧形，其作用是使电动机空气隙中磁感应强度的分布最为合适，并用来挡住励磁绕组。磁极均由硅钢片迭压而成，固定在机座（即电动机外壳）上，机座也是磁路的一部分，机座通常用铸钢或铸铁制成。直流电动机的磁极与交流电动机的定子相类似。

【定子】电动机的不动部分。主要由铁心、定子绕组和机座组成。定子铁心是电动机磁路的一部分，一般由硅钢片压迭而成，硅钢片内圆周表面冲有槽孔，用以嵌装定子绕组（即激励绕组）。中小型电动机的定子绕组一般采用漆包线绕成，其三相对称绕组共有六个出线端，每相绕组的首端和末端分别用字母 A、B、C 和 X、Y、Z 标注（中国产电动机对应标记为 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 ）。机座一般由铸钢或铸铁制成。

【转子】又称电枢。电动机的转动部分。它由转轴、转子铁心、转子绕组、风扇等组成。转子铁心是一个圆柱体，由硅钢片压迭而成，其外圆周表面有槽孔，以便嵌装转子绕组。在异步电动机中，转子绕组是在槽内压进钢条或浇铸铝代替，形状如鼠笼，故称鼠笼式异步电动机，其应用十分广泛。目前中小型异步电动机一般

均采用铸铝转子，工艺简单，成本也大大下降。

【换向器】又称整流子。电动机的一种特殊装置，安装在电动机的转轴上。电枢绕组的导线按一定规则与换向器连接，换向器凸出部分是焊接电枢绕组的地方，它的表面用弹簧压着固定的电刷，使转动的电枢绕组得以与外电路联接起来。

【异步电动机】转子的旋转方向与磁场相一致、转速 n_1 始终小于同步转速 n_2 的电动机。如果出现 $n_1 = n_2$ ，则转子与旋转磁场同步，它们之间无相对运动，不切割磁力线，转子绕组便没有感应电流，也就没有电磁力，电动机也就无法继续旋转下去，所以这两个转速永远不会相等。异步电动机的“异步”二字即由此而来。另外，还因为转子电流是感应产生的，所以也称此类电动机为感应电动机。单相感应电动机的容量较小，一般从几十瓦到几百瓦的范围。由于它只需要单相交流供电，故在家用电器中得到广泛应用，如电风扇、吸尘器、电冰箱的压缩机、送风机等设备常用这种电动机。

【交流伺服电动机】转速能受外加信号电压控制的电动机。当信号电压的大小和极性（或相位）发生变化时，这种电动机的转速和转动方向将非常灵敏和准确地跟随变化。伺服电动机有交流和直流两种，交流伺服电动机实际上就是两相异步电动机，它的定子上装有两个绕组，一个是励磁绕组、另一个是控制绕组，它们在空间位置上相差 90° ，当电源电压为常数而控制电压大小变化时，转子的转速会作相应变化，当控制电压反相时，电动机即反转。

【电容启动式电动机】又称裂相电动机。转子呈鼠笼式，在定子绕

组（也称运行绕组或工作绕组）中间再加嵌一启动绕组，两绕组在空间的位置有 90° 相差，在启动绕组上串一容量较大的起动电容器及一离心开关，这样可使两绕组中的电流相差 90° 相角。由于两绕组空间位置差 90° ，两电流又差 90° ，故在外加电压作用下，二者必产生一旋转磁场。电动机起动后，当转速达到额定值的 80% 以上时，转轴上的控制机构在离心力的作用下，使离心开关断开，切断了启动绕组与电容相串联的支路，起动任务即告完成。所以电容启动式电动机在正常运转时，只有运行绕组，即定子绕组接在电源上。此种电机的主要特点是起动转距较大，但起动电流也较大，造价稍高，主要用于井泵电机、冷冻机、压缩机等设备中，电机功率在 40—300 瓦之间。

【电容运转式电动机】 转子呈鼠笼式，是一种改进的裂相电动机。结构与电容启动式电动机基本相似，启动绕组并在运行绕组旁边，空间位置差 90° 。所不同的是：启动绕组支路中不接离心开关，所以它不仅在启动时起作用，在电动机正常运行时也不断开，以保持两相旋转磁场的特性。这种电动机的特点是无起动装置、构造简单、工作可靠、功率因素高，但起动转矩小。主要用于电风扇、小型空调器等起、停十分频繁或需要电动机正反转的设备中。此类电机的功率约在 40—1100 瓦之间。所用电容器的容量也不太大，约几微法。

【电容启动运转式电动机】 这种电动机中与起动绕组相串联的电容器由两只电容器并联构成：其中一只为起动电容器，与离心开关相串联，只在电机起动时起作用，当电机转速达到一定值后，离心开关断开，起动任务完成，此电容器也就不起作用了；另一只

电容器不受离心开关的控制，它始终与起动绕组相串联，由启动到运行，它一直在工作。这种电动机的特点是功率因素高、起动力矩大，但结构较复杂、附件较多、起动电流也较大。常用于要求功率因素高、转矩大的设备中，如制冷机、空调机等。电机的功率约在 100—1500 瓦之间。

【直流电动机】以直流电源为能源的电动机。其特点是出力大、效率高、启动性能与调速性能均很好、稳速特性也很优越。所以它被广泛应用在录音机、录象机、小型干洗机、电动剃须刀、电动玩具中。根据直流电动机定子磁场的不同，可将直流电动机分为两大类：（1）永磁式直流电动机，它的定子磁极由永久磁铁组成，这种电动机的体积小，功率也小，但运转速度稳定，上述家电中的电动机都采用永磁式；（2）激磁式直流电动机，其定子磁极由铁芯和激励线圈组成，由于激磁绕组的供电方式不同，激磁式直流电动机又分为它激直流电动机，这种电机具有良好的启动性能和稳定的运行性能，并易于调速；并激直流电动机，其主要特点是运行稳定；串激直流电动机，它具有较强的过载能力，机械特性属于软特性；复激直流电动机。

【交流电动机】以交流电源为能源的电动机。其特点是供电方便、功率大、起动力矩大、电机的制造工艺简便、价格较廉，故在需要输出较大功率的电子产品中都采用交流电动机。交流电动机的产品主要有两大类：（1）同步电动机，电机的转速与电源的频率严格成正比关系，主要用于对电机转速有严格要求的设备中，如机电式定时器、石英电子钟等；（2）异步电动机，电机的转速不与电源频率呈严格的正比关系，主要用于洗衣机、电冰箱、换气

扇、电风扇、电唱机等家用电气设备中。异步电动机有很多种类，就家用电器中所用的单相异步电动机而言，基本上分两大类：（1）单相罩极式电动机，其中又分凸极式罩极电动机和隐极式罩极电动机；（2）分相式单相电动机，其中又分电阻分相式、电容分相式和电感分相式三种电动机。交流电动机的转速有一定限制。中国交流电源频率为 50Hz 的情况下，对于 2 个极的交流电动机，最高转速为 3000 转/分；对于 4 个极的交流电动机，最高转速为 1500 转/分；对于 8 个极的交流电动机，最高转速为 750 转/分。

【单相串激电动机】既可用交流电源又可用直流电源驱动的定子绕组与电枢绕组相互串联的一种电动机。这种电动机的主要特点是启动力矩大、过载能力强、转速可高达每分钟 40000 转、体种也很小。其缺点是换向比直流电动机困难，电刷也容易产生火花，且噪声较大、功率较小。单相串激电动机常用于电动缝纫机、电动吸尘器、手电钻、理发工具、地板打腊机、电刨、电动板手等设备中。单相串激电动机的主要组成部件有定子、电枢、换向器、电刷、刷架、机壳、轴承等。

【录音机电机】一般均采用永磁式直流电动机。这类电机的定子是采用铁氧体磁钢，充磁后在电机气隙中形成磁通，转子是由厚度为 0.5mm 厚的硅钢片装叠成铁芯，其上有槽，槽中安放线圈绕组，一般是三个槽。为了将外加电源通入转子线圈，在转子上还有换向器。上述电机的特点是尺寸小、出力大、耗电省、稳速精度高、价格便宜、使用方便、且可用于干电池激磁。录音机电机的起停循环寿命约 5000 次、电机噪声 $\leq 35\text{dB}$ 、转速调整范围不小于额定转速的 $\pm 3\%$ 、电机绝缘电阻大于 $10\text{M}\Omega$ 。

【电唱机电机】可以是直流电动机、亦可以是交流电动机。直流的电唱机电机，其结构与录音机电机相同，即定子采用铁氧体磁钢，转子是三槽电枢，稳速亦有电子稳速和机械离心开关稳速器稳速两种方式。这种直流电唱机电机的供电电压很低，除用一般的直流电源外，还可采用干电池、蓄电池供电。另一种是交流供电的电唱机电机，它实际上是一种单相交流罩极式鼠笼转子异步电动机。这种电机的特点是供电方便、出力大、电机的结构简单、制造方便、成本低廉，故常应用在某些启动转矩要求不高的场合。

【洗衣机电机】常用单相异步电动机，电源为 220 伏 50Hz 交流市电。根据洗衣机的工作特点，要求电机要有好的起动性能、运行性能，好的过载能力，并能正反转工作。因此常选用电容运转电机。这种电动机就是将电容与副绕组串联，由于电容器的作用，使副相绕组中电流的相位超前于主绕组中电流的相位 90° （近似值），按照电机学的基本理论：当空间两绕组轴线位置为 90° ，且流入两绕组中的电流相位又差 90° 时，其合成磁场必为旋转磁场，从而使电机启动和运转。为满足洗衣机工作要求，其电机应能正反向交替运转，所用方法有两种：（1）一种是将主、副绕组中任一相绕组的首尾两端换接；（2）另一种方法是将原来接在副绕组中的电容器，换接到主绕组上，在此情况下，若要求电机正反转的性能完全一样，则要求主、副绕组性能参数完全一致。洗衣机电机通常为四极电机，转速 1400 转/分左右，定子铁芯中有 24 槽，槽中放置两相绕组。转子铁芯有 30 或 34 槽，槽中铸入 AOO 纯铝。

【空调器、排风扇用电机】主要采用单相异步电动机。电机主要在压缩机中作泵的动力源,其输入功率约为几百瓦至1千瓦以上。由于泵中压缩的是氟里昂,故要求电机所用的漆包线与绝缘是耐氟材料。空调器中的另一个电机是风扇电机,其任务是用轴流风扇将冷凝器中的热量排出室外,用离心风扇将蒸发器周围的冷气送入室内,故空调器用的这种风扇电机,需两面安装风叶,其他结构基本与单相异步电机相同。对于容量较大的空调器,单相电机适应不了需要,须用三相电机作为泵电机和排风电机。家用换气扇在500瓦以下功率的一般采用电容运转电动机。由于换气扇排出的空气有油污、湿气、灰尘等,易使电机内部受损,为此这类电机均做成密封式,所配电容器装入绝缘盒后固定在框架内或其他被保护的位置上。

【电风扇电机】多数采用交流电容运转式和罩极式电机,在船舶和车辆上则采用直流或交直流两用的串激式整流子电机。电容运转电机的技术指标比较高:启动力矩大、效率高、功率因素高、噪声小、温升低,因而被广泛应用于电风扇上,而罩极电机由于其功率小、效率低、启动力矩小、过载能力差、电气性能差,故目前使用已愈来愈少。电风扇常要求快、中、慢多档速度变换,它是用改变电源电压的大小来实现变速的。由于改变电压的方式不同,调速方法可分为电抗器式、定子绕组抽头式、电子式和电容调速等。

【电动剃须刀电机】一般为微型永磁式直流电动机。通常是三槽电机,由永久磁钢与电枢线圈作用而产生力矩转动,其特点是激励电压低、启动力矩大。电动剃须刀电机的额定电压约1.2V—3V,

额定电流约 0.2—0.4A,转速约 5000—7000 转/分,寿命约 150 小时。

【玩具电机】大都采用永磁直流电机。其结构型式与不带稳速器或稳速电路板的录音机电机相同,但使用的材料是最经济的,磁钢采用最便宜的锶钡铁氧体,电刷、换向器材料均为廉价的铜合金。玩具电机的寿命一般为 20 小时左右,额定转速为 2000—9000 转/分。

【电冰箱压缩机】电冰箱压缩机中的电机常选用电阻分相(裂相)启动或电容分相(裂相)启动的二极单相交流电机。电阻分相启动型电机的输出功率在 40W—130W 之间,起动电流为 7—12A;电容分相启动型电机的输出功率在 40—200W 之间,起动电流为 7—15A。对于相同功率的电机,电容分相启动型的转矩较大、起动电流较小。电冰箱压缩机中所用电机的材料,特别是漆包线的绝缘漆以及其它绝缘材料应能耐润滑油和氟里昂的腐蚀。该电机的噪声应小于 42dB。

【电吹风电机】电吹风电机有多种类型,如串激式、罩极式和永磁式等。串激式或永磁式具有功率大、风力强、重量轻等优点,但结构较复杂,噪声也大,易产生干扰;罩极式体积大、操作吃力,但噪声低、干扰小、耐用、维修方便。电吹风电机的功率可分为 150W、250W、300W、350W、450W、800W 各等级。

【吸尘器电机】一般为交直流两用的串激电动机。转速在 14000—20000 转/分之间,输入功率约 200—1000W。吸尘器要求在极短的

时间内，在其内部形成负压以吸入灰尘，所以一定要求电机能高速运转，因此交直流串激电机是最合适的。吸尘器单次连续使用的时间不应超过 1 小时，以免电机过热而损坏，吸尘器不可吸取含有金属屑末及潮湿尘埃，以免损坏电机的绝缘。

【电子调速】用电子电路来控制电动机的外加电压以达到调速的方法。常用的是可控硅无极调速电路，即采用双向触发管控制双向可控硅的导通相角，使相角大小由电路预定的时间常数（RC 值）来决定。由于电动机交流供电电源正弦波的正、负半个周期均有一部分被削掉（即控制相角部分），所以加于电动机的电压就小于额定值并受到电路参数控制。因此只要连续调节控制电路的时间常数（通常调电阻 R），就可使电动机的转速连续可调。

【变频调速】以改变电动机供电电压频率的方法达到改变电动机转速目的的调速措施。主要由可控硅整流器和可控硅逆变器组成。整流器先将 50Hz 交流电变换成直流电，再由逆变器变换为频率可调、电压有效值也为可调的三相交流电，供给异步电动机以调其速。这种调速方法的特点是能无级连续调速，机械特性十分好，调速范围特别宽，但设备较复杂，造价也高。

【交流接触器】用来接通或断开电动机或其它电气设备主电路的部件。每小时可通、断数百次。接触器主要由电磁铁和触点两部分组成，它是利用电磁铁的吸引或释放而动作的。根据用途的不同，接触器触点分主触点和辅助触点两种，前者电流容量大，后者容量小。选用接触器时，应注意它的额定电流、线圈电压及触点数量等指标。中国产 CJ10 系列接触器的主触点额定电流有 5、10、

20、40、75、120A 等多种。

【中间继电器】用来传递信号并同时控制多个电路或直接用来控制小容量电动机及其他的电气执行元件的通、断开关。中间继电器的结构与交流接触器基本相同，只是电磁系统小型化一点，触点多一些。中间继电器种类较多，不少产品均可交直流两用。

【保护接零】将电气设备等的金属外壳接到零线（或称中线）上的措施。宜用于中性点接地的低压系统中。

【保护接地】将电机、变压器、铁壳开关等电气设备的金属外壳用导线与接地极（线）可靠地连接起来的接地方式。通常用埋入地中的钢管、钢条或利用在地下的自来水管作接地极，接地电阻不得超过 4Ω ，应愈小愈好。保护接地宜用于中性点不接地的低压系统中。

电子设备可靠性

【电子设备可靠性】在规定的时间内和规定的条件下完成规定功能的能力。评定电子产品质量的优劣，有两个重要方面：一是技术性能，二是可靠性指标。决不应片面强调技术性能而忽视可靠性。可靠性问题的提出，起源于军用电子设备。美国最早把它作为一门新型学科加以研究。著名的“AGREE”机构就是美国国防部于

1952年8月成立的专门研究电子设备可靠性机构“电子设备可靠性常设顾问团”的缩写。

【寿命试验】每台电子设备都有个平均寿命(MTBF),其真实值是对它的工作寿命作统计的平均而求得。估计设备寿命的最常用方法是经典的抽样试验,寿命试验通常分两种:一种是定时截尾寿命试验,其方法是从一批产品中随机抽取 N 个样品,在一定的环境条件下试验,直到 N 个样品全部失效之前的某一时间 t 终止;另一种方法是定数截尾寿命试验,其方法是从一批产品中随机抽取 N 个样品,在一定环境条件下试验,到预定的某个数 R ($R < N$)台失效时终止试验。寿命试验又可分为有替换试验和无替换试验两种方法。前者是在试验中每件样品失效后,都要用一个新的样品作替换,然后继续进行试验。无替换试验则不对失效样品作替换。

【维修度】在规定的时间内、规定的条件下,按照规定的程序和方法修复设备的概率,是电子设备维修性能的定量指标之一。在工程应用中,维修时间密度分布(即维修度曲线)选用指数模型是合理的,它既有一定的精确度,又比较简便,其它数学模型则较少采用。通常所指的设备维修包括两大类:一类是在故障发生后进行的维修,此称非计划维修或纠正性维修;另一类是定期按计划进行的维修,也称预防性维修或计划维修。

【维修度预计】根据设备系统的各级可更换或可维修部分的维修条件和维修性能推测系统或设备的维修性指标,估算其维修度的过程与方法与可靠度预计一样,维修度预计也分为早期预计和后期

预计两个阶段。所用方法有心理预测法、相似系统法、时间求和法等多种。

【可靠性保障设计】在电子产品的设计与研制中,为了保证设备的高可靠性,当总体指标确定后,如何在电路、部件、整机和分系统的设计中保证总体指标实现的一种设计方法。在实践中,电子产品中许多元器件的损坏并不是元器件本身的质量问题,而是设计不合理造成的。美国在 70 年代的一些统计数字表明,由于设计不当所致故障占故障总数的 40% 左右。中国有的电视故障 60% 以上是由于设计不合理而造成的。因此,采用可靠性保障设计可大大降低元器件的使用失效率,保证电子设备的高可靠性。

【降额设计】电子设备可靠性保障设计的最有效方法之一。使元器件在低于其额定值的应力条件下工作就称之为降额,合理的降额可大幅度地降低元器件的失效率。对产品有影响的应力包括时间、温度、湿度、腐蚀、机械应力、电应力(电压、电流、频率等)等。如将大量的元器件放在额定条件下工作可以观察到一定的失效率,这种失效率称额定失效率、基础失效率或通用失效率。当工作应力高于额定应力时,失效率会增加,反之,一般都要下降。应当指明,降额不能随便应用,降额不足或降额太大都会有危险。

【容差设计】在电子设备设计时,考虑到元、器件的公差而留有裕度的一种设计。任何元器件、部件都存在公差,这种公差的存在或变化,都会引起电子网络或系统性能、参数的变化而造成误差或不良影响,当这种误差或变化超过一定限度(设计容限)时,网络或系统就会出现故障,所以设计时必须留有一定裕度,故容差

设计也称为裕度设计。元、器件值的变化对一个网络或系统响应的影响可以用灵敏度来定义，其值等于因元、器件变化而引起响应的相对变化值与元、器件本身相对变化值的比值。除此之外，容差设计还可以借助于计算机辅助设计。常用的方法有增量网络法、伴随网络法及蒙特卡罗法。增量网络法只适用于时不变线性系统，伴随网络法不仅适用于线性时不变系统，对于非线性时变系统同样适用。

【故障模型及效应分析(FMEA)】研制任何电子设备都可应用的故障模型、效应及危害度分析(FMECA)方法中最常用、可信度最高的一种可靠性分析方法。这种方法是以前构成系统的单元故障模型开始分析，最后确定这些故障对系统的影响，这是一种从“下”到“上”的分析方法，侧重点是在讨论构成系统的每一个单元的故障对系统的影响。FMEA可作定性分析，也可作定量分析，其目的就是要发现那些危害性大的故障模式，以便采取对策、改进设计、提高设备的可靠性。FMEA方法是产品设计定型前的一项工作，也是定型后改进设计的重要手段。

【地线】电子系统与大地之间、设备与设备对地之间、设备内部各电路对地之间所联接的导线。接地的目的是为了防止电气设备上的电荷积累或漏电对人身安全的危害或保护设备不因火花放电而损坏；也为了给电路信号提供一个零参考电位，以构成信号通路；另外，地线也为屏蔽导体提供一低阻通路，以抑制干扰。系统与大地联接包含三种地线，即避雷地线、动力电网地线和信号地线。避雷地线是设备静放通道，与大地间的接地电阻应小于5—25欧姆；动力电网地线为供电系统提供参考零电位，但无电流流通，

其接地电阻要求小于 4—10 欧姆；信号地线为系统的电信号传输提供参考零电位，给静电屏蔽提供地电位，信号地线的接地电阻一般小于 10 欧姆，对于高灵敏的电子设备，地电阻应更小，最好小于 0.5—2 欧姆。设备之间的地线除提供相同的参考电位外，更多的是提供信号通路，这种地线应尽可能的短而粗。各设备间的地线应一点接地，不可形成环路。对于一般三芯插头中的“地”，接到电网的地线是不合理的，它应与信号的地网联接而不能与动力电的地网联接，这样可消除电网的供电干扰。设备内部的地线应强、弱信号单独安排，分别使它们与地网在一点相联（只能有一点相联）。这种地线也应短而粗或作树枝状，对于树枝状地线，每一地线回路不能跨接二支，以防相互耦合。对于高频电路的印制版，应尽量采用大面积接地安装工艺，以减小地线阻抗、提高屏蔽效果，也可采用双面印制版，其中一面作电路布局设计，另一面的金属层除元件孔腐蚀一圈外，其余均保留。

【热设计】采用热传递技术将电子设备中元、器件自身的温度控制到所要求范围的一种设计。由于电子设备集成化、小型化的飞速发展，元、器件的安装密度迅速增加，所以热设计在电子工程中的重要性也越来越突出，它是提高电子产品可靠性的最有效的技术之一。在热设计中，通常是具体情况，选择合适的途径，将热量传递出去，达到元、器件降温的目的。同时要根据发热元、器件的功率密度和要求的热阻来考虑冷却方式，一般的原则如下：在 25℃ 室温下，对热阻的要求大于 30℃/瓦的元、器件，可不考虑散热问题；对热阻的要求在 5℃/瓦，可用叉指形散热器散热；在 4℃—0.2℃/瓦，可用型材散热器散热；在 1℃—0.05℃/瓦，可用强制风冷散热器散热；在 0.1℃—0.02℃/瓦，可用强制液体冷却

或蒸发散热；对热阻的要求低于 $0.02^{\circ}\text{C}/\text{瓦}$ ，可考虑用热管散热。

【强制水冷散热】利用流动的冷却水通过散热体将热量发散的一种散热方法。用液体代替空气，换热系数可提高 1—2 个数量级。在相同的体积下，水比空气带走的热量约高出 28 倍之多。强制水冷散热一般用在热量较大的大功率部件上，如大功率发射机的功率放大管的散热。在强制水冷系统中，要用泵驱动管道中的冷水进入发热的部件之中，并将热量带进冷却器冷却，形成闭合回路进行循环。冷却水也可用其他液体代替，如硅酮、硅脂等。

【三防设计】电子产品的防潮湿、防盐雾、防霉菌设计。防潮湿设计的基本方法是对材料或元器件、部件乃至整机进行密封、灌封、镶嵌、气体填充或液体填充，暴露的接触面应避免不同金属的接触，尤其要避免活泼金属与稳定金属的接触。防盐雾腐蚀的设计原则是采用密封结构，选用耐盐雾材料（如以不锈钢或塑料代替金属），元件、部件采取相应的防护措施，涂敷有机涂层，不同金属间的接触要预防接触腐蚀，选择镀层或金属时，应当选用电化序尽可能接近的金属。防霉菌设计要点是设备需选用耐霉性能好的材料，严格密封，使其内部空气保持干燥清洁（相对湿度低于 65%），设备表面可涂敷防霉剂或防霉漆，在密封设备中应充以高浓度的臭氧以消灭霉菌。

【屏蔽设计】在电子设备与系统中，为了削弱或消除经过“场”耦合而引入干扰的一种电磁兼容设计。屏蔽方法主要有三种：为了克服静电感应、在高低频段均能使用的静电屏蔽，其主要原理是利用电容分压原理将干扰信号减小或旁路，要求屏蔽体接地良好，

接地电阻应小于 $0.5\text{m}\Omega$ — $2\text{m}\Omega$ 。第二是磁屏蔽，主要用于低频频段，基本原理是用高导磁率材料将被干扰物周围的干扰磁场“短路”，屏蔽材料一般用铁或钢（初始磁导率为 $\mu_r=50$ — 500 ），要求高的可用铁镍合金，又称坡莫合金（ $\mu_r=5000$ — 10000 ），铜和铝的 $\mu_r\approx 1$ ，磁屏蔽效果甚差。屏蔽壳厚度 s 与等效半径 r_0 的比值 s/r_0 应尽可能大，这样的屏蔽效果才好。如有可能，应尽量采用多层屏蔽。第三是电磁屏蔽，主要用于高频频段，铜板材料的屏蔽效果甚佳。在实际设计屏蔽时，有些场合不便使用金属板，而代之以金属网，但在频率很高的情况下，单层金属网的屏蔽效果不理想。当需要 100 分贝以上的屏蔽效果时，必须采用双层金属网屏蔽，作通信、广播接收机性能调测用的屏蔽室一般都是双层铜网作成的。金属网的孔距应按每个波长有 60 根以上的网丝为原则（网的空隙率为 50% 时）。

【电磁兼容设计】为了电子设备或系统避免或削弱电磁干扰、能在电磁污染环境中可靠工作的一种设计法。对电子电路或电子设备的干扰源有两种：一是外部干扰源，如工业干扰、天电干扰、无线电设备幅射的电磁波形成的干扰等；另一种设备内部的干扰，如交流声、不同信号间的感应、寄生振荡等。无论是内部干扰源或外部干扰源，都是通过“场”（静电场或电磁场）或“路”（传输线路或电路）耦合到被干扰设备或电路中的。“场”的干扰引入方式有静电耦合感应、互感耦合感应、辐射电磁场感应等。“路”的干扰引入方式主要是共阻抗耦合，如电流在接地线或接地装置上所产生的电压降就是一种共阻抗的耦合干扰。电磁干扰的频谱十分宽广，从零频（直流）到 40 千兆赫兹都有干扰信号存在。因此电磁干扰是无线电通信、雷达、导航以及一系列电气、电子设备

或系统无法在同一电磁环境中兼容工作的肇因。电磁兼容设计主要有屏蔽设计、接地设计、滤波、旁路、隔离等设计。

【贮备设计】一种用来提高设备或系统安全性和可靠性的设计方法。具体做法是通过在系统内增加并联单元的数量，并安排一个或多个替换通道。这种方法不是最好的设计方法，只有当提高可靠性的其它方法都已用尽，或当元件及分系统改进的成本高于使用贮备设计的成本时，贮备设计才可引入。常用的贮备方式有工作贮备和非工作贮备，具体又分简单并联贮备，串—并、并—串贮备，表决贮备，运转状态的非工作贮备，非运转状态的非工作贮备等 5 种。

【机械共振】简称机振。电子设备中，由于电子元器件的排列不合理、安装不当及总体布局等出现的问题，在生产、运输或使用过程中，设备或设备内部的部件等可能会出现一种与运输、使用等的振动环境共振频率相同的共振现象。机械共振会使电路参数漂移，严重时会使设备中的元器件断脱，造成设备的损坏。目前，电子设备中的机械共振的分析方法基本上都采用机—电类比法，即将电路理论的微分方程法推广到机械系统的分析中去。

自 动 化

【工业自动化】利用各种自动化装置、计算机等设备对工厂或企业

的生产过程进行的自动监测、自动记录、检验、计算、控制和管理。工业自动化通常包括断续和连续两种生产过程的自动化。其过程一般又分为局部、综合和管理三个阶段，即局部生产过程自动化，车间或分厂生产过程自动化，全厂生产、经营管理自动化。工业自动化是企业现代化的重要标志。

【自动控制】又称自动化。在无人直接参与的情况下，通过控制电路或系统，使被控对象或过程自动地按照预定的某种要求运行或操作。导弹能够准确命中目标，人造卫星能在预定轨道上正常运行或返回地面等，都是自动控制技术在起作用。

【古典控制理论】以传递函数为基础，对单一输入与输出的定常控制系统进行分析、研究、设计的一种理论。这一理论由于发展较早，已臻成熟，在工程上它比较成功地解决了如伺服系统、恒值系统等自动控制问题。

【现代控制理论】60年代在古典控制理论的基础上，随着科学技术的发展和工程实践的需要而产生的一种控制理论。现代控制理论以状态空间法为基础，对多输入—多输出的时变、非线性、高精度、高性能等控制系统（即线性、非线性系统）进行分析、研究、设计的一种理论。最优控制、最佳滤波、系统辨识、自适应控制等理论都是这一领域研究的主要课题。近年来，现代控制理论又在研究庞大的系统工程的大系统理论的模仿人类智能活动的智能控制等方面获得重大进展。

【控制系统】由为完成给定任务而设置的，由一些元器件、电路等

组成的，受到控制信号控制并按预定目标进行操作的系统。这类系统由被控对象和控制器两大部分组成。

【线性系统】具有叠加性与均匀性（也称齐次性）的系统。所谓叠加性是指当几个激励信号同时作用于系统时，系统总的输出响应等于每个激励单独作用所产生的响应之和；所谓均匀性是指当输入信号乘以某一常数时，响应也倍乘相同的常数。电阻网络、甲类放大器等均属线性系统。

【非线性系统】不满足叠加性或均匀性的系统。它一定包含一个或多个具有非线性静特性的元件或部件，其特性不能用线性微分子方程来描述。伺服电机的控制系统、丙类放大器、频率变换电路等均为非线性系统。一般而言，在控制系统中加入非线性特性，能使系统具有比线性系统更为优良的动态性能。

【时变系统与时不变系统】如果系统的参数不随时间而变化，则此系统称时不变系统，也称非时变系统或定常系统；如果系统的参量随时间而改变，则称为时变系统或参变系统。在一定条件下， R 、 L 、 C 等元件都是线性时不变元件；由它们组成的系统一定是时不变系统；晶体管混频器则为时变参量系统。

【离散系统】处理离散信号的系统。最常见的离散系统是用微型数字计算机为控制器的数字控制系统。连续时间系统的数学模型是以微分方程来描述的，而离散系统只能由差分方程来讨论，因为离散信号只在某些不连续的瞬时给出函数值，在其他时间无定义。

【随动系统】一种反馈控制系统，又称伺服系统。在此系统中，输出量是机械的位移、速度、加速度等。控制信号为任意时间函数，其变化规律很难预测，并要求系统能准确复现这样的控制信号。随动系统在工业生产和国防建设中有着极为广泛的应用。如火炮控制系统、雷达导引系统、采用程序控制的自动化机床操作系统、录音录像机中的电机运转系统等都是典型的随动系统。

【数字控制系统】以数字计算机为控制器，实现对模拟量（具有连续工作状态）为被控对象的反馈控制系统。也是闭环控制系统。系统中的控制量、被控制量、偏差量均为模拟量。这些模拟量通过模拟——数字转换器(A/D)的变换，再进入计算机进行分析处理，由计算机输出的信号需经过数字——模拟转换器(D/A)及保持电路变成模拟量，并以此控制具有连续变化状态的被控对象，以使被控制量的变化满足预定要求。

【自动测试系统】在最少人工参与下能自动进行测量、数据处理并以适当方式显示或输出测试结果的系统称为自动测试系统，英文缩写为ATS。第一代自动测试系统主要有自动数据采集系统、自动分析系统等；第二代自动数据系统的特点是用标准化的接口母线将测试系统中各有关设备按积木的形式联接起来；第三代自动测试系统是将整个测量系统或设备与计算机更紧密地结合，融合成一个整体，并以丰富的计算机软件代替传统仪器的某些硬件功能，特别是直接用计算机产生激励信号并完成测试功能。

【开环控制】系统中只存在单向的、无反馈环路的直接控制方式。被控系统只是根据给定的控制量进行控制，而被控制量在全部控

制过程中对控制量不产生任何影响。开环控制系统对被控量相对其预期值可能出现的偏差，不具备自动修正能力。如对电机速度的简单控制可以是一个开环控制。

【闭环控制（系统）】又称反馈控制（系统）。在整个控制系统中，控制量通过控制器去控制被控制量，系统输出端的被控制量又被反馈网络反馈到系统输入端，与控制量相减（负反馈），得到偏差信号，偏差信号经过放大，再对被控制量进行控制与调节，于是整个系统便形成了一个闭合环路，故称闭环控制系统或反馈控制系统。闭环控制系统的主要特点是：不管什么原因引起被控制量偏离其期望值而产生偏差时，一定会产生一个相应的控制信号去控制系统，以消除其偏差，使被控量重新回到期望值上去。因此，反馈控制系统具有抑制任何外部干扰对系统输出影响的能力。对闭环系统而言，稳定性是其研究的主要问题之一。

【最佳控制】又称最优控制。在满足所有约束条件的前提下，使得控制目标获得最佳值的一种控制方式。最佳控制指标分动态和静态两类：静态最佳控制要求保证被控对象达到最佳工作点或工作状态；动态最佳控制则要求系统在动态过程中尽可能的靠近最佳操作状态。

【恒值控制】又称定值控制、定值调节、恒值调节。被调量不随时间变化，而始终等于给定值的一种控制方式。这种控制通常都采用偏差调节的闭环控制方案。例如，某些生产过程的正常操作，常常要求被调量的给定值是个常数，这就是恒值控制。

【过程控制】对冶金、化工、石油、纺织等连续生产过程的自动控制。这种系统能对诸如温度、压力、流量、液面高度、PH 值等参量进行检测、记录或控制。过程控制系统是由各种传感器、变送器、调节器、执行机构或电子计算机等自动化装置所组成。电站的自动控制系统、高炉自动化控制系统等都属于过程控制系统。

【群控】在一个车间或几个部门中，用一台或多台控制设备（如计算机、锁相系统等）对多台机电设备同时或分时进行的集中控制。如对纺织厂的针织机群、机械加工中的钻床群、切削机床群等的加工控制。群控可提高加工精度，保证产品性能参量的一致性。

【网络函数】表征一线性无源网络输入外加激励（电压源或电流源）与输出端产生响应的因果关系特性的一种函数。定义为输出响应函数与输入激励函数之比，采用复频率 s 为函数的自变量符号时，可表示为：

$$\text{网络函数 } H(s) = \frac{\text{输出响应函数 } R(s)}{\text{输入激励函数 } E(s)}$$

网络函数按所研究的激励和响应是否在同一端口或分别在两个不同的端口上，可分为两大类：（1）激励和响应属于同一端口，这时的网络函数称为策动点函数或输入函数，当激励为电流，响应为同一端口上的电压时，网络函数即为策动点（输入）阻抗函数，当激励为电压而响应为通过同一端口的电流时，网络函数即为策动点（输入）导纳函数；（2）激励和响应不属于同一端口，这时的网络函数称为转移函数或传输函数。按照激励及响应分别是电压或电流的不同组合，又可分为转移导纳函数、转移阻抗函数、电

压传输函数、电流传输函数等四种。

【零点和极点】网络函数可分解成多个因式的联乘，使函数等于零的某因式的解即称为网络函数的有限零点，简称为零点；使网络函数等于无穷大的某因式的解称为网络函数的有限极点，简称为极点。零点和极点有两种：第一种是实点，即在复平面实轴（水平轴）上的点；第二种是不在实轴上的点，也称为复点。复点不能单独存在，必须共轭成对，而且只能在复平面的左半面。如果网络函数的极点在复平面的右半面，则此网络是不稳定的。

【稳态分析法】即频率响应分析法。以正弦波（或余弦波）为基本信号，研究网络（系统或放大器）对不同频率信号的幅度和相位之响应（或称网络的频域响应）的分析法。稳态分析法的优点是分析简单，实际测试时并不需要很特殊的设备；其缺点是用幅频响应和相频响应不能直观地确定网络的波形失真。

【瞬态分析法】以单位阶跃信号为网络（系统或放大器）的输入信号，研究网络输出波形随时间变化的一种分析方法，其输出信号的变化也称网络的阶跃响应，或网络的时域响应。瞬态分析法的优点是能从瞬态响应上直观判断出网络对输入阶跃信号的波形失真，并可利用脉冲示波器直接观测网络的瞬态响应，其缺点是分析比较复杂。

【频率响应】系统对正弦（或余弦）输入信号的稳态响应。即系统对不同频率的正弦信号输入时，输出信号幅度和相位是怎样随频率变化而变化的。频率响应分幅频相应和相频响应，可用波特图

来描述此响应特性。

【脉冲响应】初始条件为零时，线性定常系统对理想单位脉冲输入的响应。由于闭环系统脉冲响应的拉氏变换式等于其闭环传递函数，因此，就系统的动态特性而言，脉冲响应与闭环传递函数含有的信息是相同的，也就是说，控制系统的脉冲响应应是以时域响应过程表示的一种数学模型。

【稳态失真】用不同频率的正弦信号作输入激励时，网络函数的幅频特性在通频带内的波动程度、通带宽度、带外特性曲线衰减程度（带外切割斜率）等来表示的一种特性。稳态失真参量的分析与测量均比较容易，但不直观。

【瞬态失真】用阶跃信号作网络的激励输入时，输出信号不跟随激励信号的阶跃变化而产生的偏离。瞬态失真主要表现在达到稳定值所需的上升时间和超过稳定值的过冲比。习惯上以从稳定值的10%到90%所需的时间为上升时间，以 t_r （绝对时间）或 τ_r （相对时间）来表示；以超过稳定值的超量和稳定值之百分比为过冲比，用 δ 表示。瞬态失真参量直观明瞭，但分析与测量均较困难。

【奈奎斯特（Nyquist）稳定判据】根据系统的开环频率响应及闭环特征方程的根在复平面上分布之间的联系，来判别闭环系统稳定性能的一种准则。系统的开环频率响应既可以从开环传递函数获得，也可根据实验数据绘制。可以证明闭环系统稳定的充分必要条件是：在复平面上，当角频率从 $-\infty$ 变到 $+\infty$ 时，系统的开环频率响应所画出的曲线不应包围 $(-1, j0)$ 点。

【根轨迹法】图解反馈系统特征方程的一种工程方法。在已知反馈系统的开环极点与零点分布基础上，通过系统参数变化来图解特征方程，因此是根据参数的变化来研究反馈系统闭环极点分布的一种图解法。应用根轨迹法经过简单计算即可确定系统闭环极点的分布，并可同时看出参数变化对闭环极点分布的影响。这种图解分析法对分析与设计反馈等系统具有重要意义。

【相平面法】通过图解法求解二阶非线性系统的准确方法。是状态空间法在二维空间特殊情况下的应用。这种方法不仅能给出系统的稳定性信息和时间响应信息，还能给出系统运动轨迹的清晰图象。在相平面上，由一簇相轨迹构成的图形称为相平面图。

【办公室自动化】见本卷信息科学与技术中的“信息技术应用办公自动化”。

【银行业务自动化】利用计算机、文字处理机、传真机、通信系统等现代化设备组成的自动网络系统来自动处理银行的日常工作，诸如开户、存款、取款、记账、结算、复核等。这种系统可使一个地区的银行连成一个网络，实行通存通取、统一管理，这样可节省人力、提高效率、消除差误，促进银行工作的现代化。

【射流技术】利用流体力学原理，以射流装置来完成传感、控制、放大、逻辑功能、信息处理及执行功能的一种控制技术。射流装置的优点是十分坚固（因为无机械运动部分），能在不利的环境中完成控制和计算功能，可靠性好，使用寿命长，且能承受很大的

温差、冲击，震动、加速度及辐射，缺点是响应速度低（约为毫秒级）。射流技术被广泛应用于加工制造业的设备自动控制系统中。