



《信息通信概论》





章节	题目
第一章	信息通信技术概述
第二章	无线通信
第三章	空间信息与通信网络
第四章	光纤通信技术
第五章	数据通信与互联网
第六章	多媒体通信
第七章	微电子技术

第一章 信息通信技术概述



第一章 信息通信技术概述



➤ 1.1 掌握信息通信内涵，明确信息通信的作用及学习目的。

一级学科三个方向：通信与信息系统、信号与信息处理、空天信息技术

了解信息通信技术的基本概念与发展历程：基本概念：1.信息，指音讯、消息、图像等通信系统传输和处理的对象，泛指人类传播的一切内容 2.通信，即信息的传递，是指由一地向另一地进行信息的传输与交换，其目的是传输消息 3.信息与通信工程主要研究：信息的获取、存储、传输、处理、表现等方面的理论与技术，以及信息与通信系统的设计、分析、开发、集成、测试、维护等。

以及信息通信领域广泛采用的基本信息通信技术，掌握信息通信技术的分类、应用领域、系统组成、技术原理、协议组成、典型应用和未来发展趋势等。

基本信息通信技术：有线通信技术（光纤通信、以太网通信、宽带接入技术）、无线通讯技术（蜂窝移动通信技术、卫星通信技术）、现代通信技术（蓝牙、WIFI、LTE）

信息通信技术分类及其应用领域主要包括：有线通信（短距离数据传输）、无线通信（数据交换和语言通信）、光纤通信（长途通信宽带接入等）、卫星通信（广播电视、电话通信）、移动通信（语音和数据通信服务）

系统组成：信源、发送设备、信道、接收设备、信宿、噪声源；

协议组成：帧结构、传输方式、接口类型、网络协议、安全策略、应用协议、基本算法、传输速率和时序、用户配置

未来发展趋势：5G、6G、物联网、人工智能、制造业数字化和工业互联网

典型应用：3S技术、5G通信技术、光纤通信、卫星通信、移动互联网技术



➤ 1.2 了解信息通信从电气时代到移动通信时代的历史演进，熟悉发展历程中的重要事件和转折点

- ① 电气时代中，掌握牛顿力学（**牛顿**、惯性定律、 $F=ma$ 、作用力和反作用力）、电荷守恒定律（**本杰明·富兰克林**、一个孤立系统，所有电荷的代数和不变）、电荷作用定律（**库仑**， $F=q*q/r*r$ ）、电流磁效应（**汉斯奥斯特**，电流产生磁场）、安培定律（**安培**，两个元电流之间相互作用力的大小分别与它们的电流强度以及两电流元长度成正比，与其间的距离平方成反比）和电磁感应效应（**迈克尔法拉第**，闭合电路在做切割磁感线运动导体中产生电流）的创始人、先后顺序、相对应内容及价值意义。

先后顺序：1687 牛顿力学；1752 电荷守恒定律；1785 库仑定律；1820 电流磁效应；1820 安培定律；1831 电磁感应（发明发电机）

价值意义：牛顿的力学理论，推动了奥斯特和法拉第等人的电磁学理论提出；发电机的发明以及电力的广泛应用，标志人类正式进入电气时代

- ① **明确**麦克斯韦预言电磁波的存在、赫兹对其进行证明，并了解实验证明过程。（过程：赫兹使用一个由两个球形端子和一个火花间隙组成的振荡电路。赫兹使用一个由环形导线和微小火花间隙组成的接收器。，赫兹观察接收器上是否有火花放电，从而判断是否有电磁波传播）

- ② **掌握**电报、莫尔斯码、电话、交换机、NGN及光纤通信的起源、演进和核心技术。

电报：摩斯电码，1844年塞约尔莫尔斯发明了电报机

电话：贝尔发明；声波使薄膜振动，从而改变磁铁与线圈之间的磁场强度。线圈中产生一个随着声波变化而变化的电流

交换机：分为人工交换、机电交换和电子交换；世界上最早的电话交换机于1878年问世；1892年史端乔发明的“步进制自动电话接线器”于1892年正式投入使用，这也**标志着电话交换技术从人工时代迈入机电制的自动交换时代**。美国贝尔公司于1965年5月研制的1号电子交换机首次采用存储程序控制的电子电话交换系统，**这一成果标志着电话交换技术从机电时代跃入电子时代**。

NGN: 最显著的交换特点就是软交换技术。软交换技术是NGN网络的核心技术，为下一代网络(NGN)具有实时性要求的业务提供呼叫控制和连接控制功能。

光纤通信: 光纤通信是利用光波作载波，以光纤作为传输媒质将信息从一处传至另一处的通信方式。光纤以其传输频带宽、抗干扰性高和信号衰减小，而远优于电缆、微波通信的传输。

③ 熟悉无线通信的起源和发展，了解波波夫、马可尼和贝尔实验室的贡献。

无线通信的几个重大事件: 1895年，波波夫发明了无线电天线，并设计了无线电接收机。1897年马可尼实验室证明了运动中无线通信的可应用性，开始了人类对移动通信的兴趣和追求。1946年贝尔实验室推出了世界上第一个公用汽车电话网。1976年，贝尔在纽约建立了12信道移动电话系统，为543个移动用户提供了服务。1978年贝尔实验室开发了真正意义上的大容量蜂窝式移动电话系统。

波波夫: 1894年，人类首次利用天线，接收到自然界的无线电波；1895年5月7日，第一次公开演示了他所发明的无线电接收机；1896年3月24日，用无线电传递摩尔斯电报码，世界上的第一份无线电报。

马可尼: 1898年第一次发射了无线电；翌年他发送的无线电信号穿过了英吉利海峡，并成立了世界上第一家无线电器材公司--美国马可尼公司；1901年他发射的无线电信息成功地穿越大西洋，人类迎来了利用无线电波进行远距离通信的新时代。

贝尔: 1946年推出了世界上第一个公用汽车电话网。1976年，在纽约建立了12信道移动电话系统，为543个移动用户提供了服务。1978年开发了真正意义上的大容量蜂窝式移动电话系统。

④ 明确无线通信在当今社会中的作用、现有应用和指标以及未来发展趋势。

作用: 信息传递、数据传输、远程办公、在线教育、娱乐体验、物联网应用；

现有应用: 手机通信、无线wifi、4G和5G移动通信、蓝牙、高速数据传输、大量物联网设备连接、毫米波频段等；

现有指标: 包括5G个人用户普及率、介入流量占比、大型工业企业渗透率、物联网终端用户数年均增长率、重点行业应用标杆数。

未来发展趋势：5G技术具有更高的传输速率、更低的延迟和更大的容量，支持更多的连接和更广泛的应用；
物联网技术将连接万物，提供低功耗、小数据量、广域覆盖和大规模连接等特点；
车联网技术：车联网技术实现车辆之间、车辆与道路设施之间的无线通信，包括自动驾驶和车载娱乐等；
人工智能技术：人工智能技术为无线通信提供智能化支持，包括自适应调制、智能天线和智能网络等；
安全和隐私保护：未来的无线通信技术需要提供更高的安全性和隐私保护；
绿色无线通信：采用环保、低功耗的技术，减少对环境的影响和提高能源利用效率。

第一章 信息通信技术概述



➤ 1.3 了解通信与信息系统的组成、结构及核心技术。

掌握香农三大定理的内容及意义，熟悉常用的信源编码和信道编码。

① **变长无失真信源编码定理**：给出了要做到无失真信源编码，每个信源符号平均所需要的最少的码元数，同时，指出了最优码的存在性。

② **保真度准则下的信源编码定理**：只要码长足够长，总可以找到一种信源编码，使编码后的信息传输率略大于率失真函数，而平均失真度不大于给定的允许失真度。

③ **有噪信道编码定理**：给出了信道无差错传输时码率的上界

- 明确5G三大应用场景：**增强移动宽带（eMBB）、物联网、高可靠超低延时通信**
- 了解6G愿景：**1.需要将人工智能、感知、计算等与无线通信网络有效结合；2.探索新的的架构、协议及系统模式；3.开发更多的频谱资源，例如太赫兹频段。**及可能用到的核心技术：**太赫兹技术、异构融合组网、通信感知一体化、通感算一体化**
- 了解通信网络的代表性技术：**网络控制与业务数据分离，通用功能与专用硬件分离** 及其解决的问题：**提升水下通信的隐蔽性与信道容量，提高实时性，解决安全问题，提高精度。**



➤ 1.4 了解语音、图像、视频、雷达、声纳、导航和多媒体等编码技术及信号处理方法。

➤ 1.5 了解遥感、导航定位及卫星通信等空天信息技术的原理、分类及应用。

1. **语音**：基本方法可划分为波形编码、参量编码与混合编码；代表性算法包括：PCM编码、线性预测编码、矢量量化编码、变换编码以及子带编码等
2. **图像/视频**：图像视频处理核心方向包括：视频压缩、质量评价与增强、图像视频理解
3. **雷达**：雷达信号处理技术与雷达系统的工作体制息息相关，例如，从强杂波中探测运动目标的机载多普勒雷达需要使用空时自适应处理技术，多输入多输出雷达需要使用波形分集、波形设计等技术。逼真的雷达信号仿真模型为多输入多输出雷达、多基站分布式雷达、自适应处理雷达、认知雷达等新体制雷达的研制提供了重要支撑。
4. **声纳**：声纳采用低频、大功率、大孔径可提高探测灵敏度和作用距离，与环境自适应阵列信号处理结合可显著提升水下感知和对抗能力。
5. **导航**：卫星导航与其他多种手段相互融合，能有效增强覆盖区域和提高定位精度，是当前导航领域的研究热点。
6. **多媒体信息处理**：主要关注海量无结构数据的存储、分类与融合；多媒体数据综合了文本、语音、动画、图像与视频各种数据，类型众多、结构多变、信息组织复杂、数据量巨大；主流的数据聚类算法包括：K-means、KNN等；数据分析算法包括：支撑向量机（SVM）、主成分分析（PCA）等；内容分析与理解主流方法采用深度学习理论，基于神经网络模型，分析多媒体内容，提取丰富的语义信息。

1.5 遥感技术



- **遥感技术**：利用平台上的传感器，无需与目标物相接触，即可从远距离记录目标物的光学或电磁波特性。
- **工作原理**：不同物体对电磁波的反射和发射特性具有差异，遥感技术利用这一性质，通过捕捉地表物体反射和发射的电磁波来提取信息；任何物体还具有光谱特性，即具有不同的吸收、反射、辐射光谱的性能。在同一光谱区各
- **遥感分类，按电磁波谱频段分类**：
 1. 可见光遥感，应用比较广泛，具有较高的地面分辨率，但只能在晴朗的白昼使用。
 2. 红外遥感：又分为近、中、远红外遥感，其中，中、远红外遥感具有昼夜工作的能力。
 3. 多谱段遥感：将不同谱段的遥感信息加以组合，获取更多的相关信息，更有利于判释和识别。
 4. 紫外遥感：主要方法是紫外摄影。
 5. 微波遥感：具有昼夜工作能力，但空间分辨率低。
- **遥感应用**：主要用于获取空间信息；

导航定位技术

- **导航定位技术**，利用电、磁、光、力学等科学原理与方法，通过测量运动物体在不同时刻与位置有关的参数，从而实现对运动体的定位，并将其正确地出发点沿着预定的路线，安全、准确、经济地引导到目的地。
- **工作原理**：航位推算，或称推测航位。原理为从一个已知的位置点开始，根据运动体在该点的航向、航速和时间，即可推算出下一个位置点的位置；无线电定位。通过接收来自地球表面上的若干个导航信号，计算运动体相对于导航台的几何参数，从而建立起运动体与导航台的相对位置关系，进而获得运动体当前的位置。地形辅助导航定位，又称地形匹配。原理为运动体预先存储三维数字地形模型，飞行过程中获取所处位置的地形剖面图，进而两两进行对比，匹配得到运动体所在空间位置。

- 应用：全球导航卫星系统，地理信息技术。

卫星通信技术

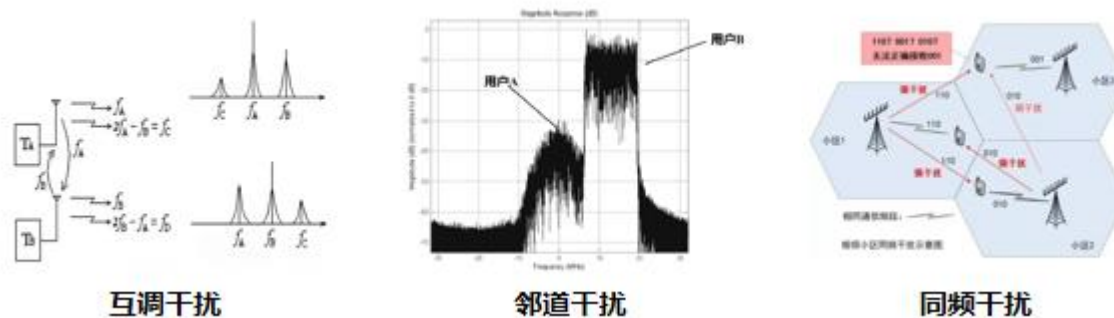
- **卫星通信技术**：从空天角度来看，通信技术主要包括深空通信、天基卫星通信、空基通信、海基通信等；深空通信是指在宇宙中进行的通信活动；空基通信包括散射通信和距离地面20 km以下的航空通信；随着卫星通信技术进步、商业航天成本下降，利用人造卫星作为中继或基站进行通信的天基卫星通信不断发展；
- **卫星轨道类型**：低地球轨道（LEO）、中地球轨道（MEO）、地球静止轨道（GEO）

第二章 无线通信



➤ 2.1 掌握无线通信组成、特征、常用术语。

- 掌握无线通信组成、传输机理和各个模块的作用。
- 了解无线通信衰落、干扰等特征。
- 掌握信道、大区、小区、漫游、切换等常用术语。



➤ 2.2 了解无线通信系统分类，包括移动通信系统、固定宽带无线接入系统、微波中继通信系统和卫星通信系统等。

➤ 2.3 掌握1G到6G的发展历程、应用场景及我国通信技术从落后到领先的过程。

- 掌握1G到6G每一代的多址技术及原理。
- 了解1G到6G每一代的传输速率、特征、应用及优缺点，了解1G到6G每一代的核心标准及相对应国别。
- 认识我国移动通信发展历程及在国际中所处的地位。
- 掌握5G三大应用场景、性能指标和核心技术。
- 掌握6G未来应用场景、性能指标和拟采用技术。

2.1 掌握无线通信组成、特征、常用术语



1. **组成**：无线通信可以简单分为**单条链路**和**多条链路**的无线传输。单条无线传输链路可由如下部分组成：

发射设备：将信息转变为电磁波向传输媒介辐射。

传输媒体：专指代无线电磁波。

接收设备：将接收的电磁波恢复成所传送的信息

考虑具体业务以及通信控制，多条无线链路的互联需要无线通信网络的支持

接入层：直接面向用户，通过无线电磁波实现信息的传输。

传输层：用于传输电信号或光信号，将多个基站/接入点互联或接入控制节点。

核心网层：接入网之间或业务平台与接入网之间的桥梁，实现信息的交换。

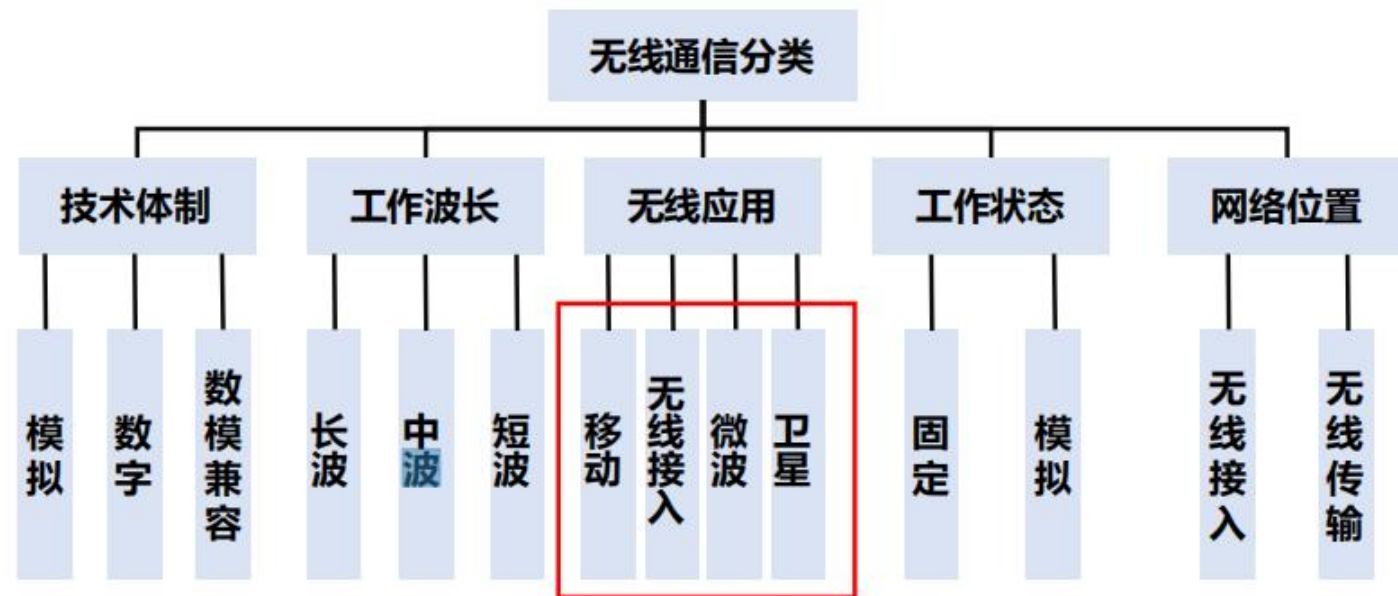
业务平台层：提供丰富的数据业务与应用程序。

网管系统：软硬件结合以软件为主，可独立存在的无线通信网络分布式管理系统。

2. **特征**：无线电波传播复杂、无线电波干扰（互调、邻道、同频）

3. **常用术语**：**信道**（信号从发射端到接收端之间的通路）、**大区**（在一个服务区域内，只用一个基站覆盖全局地区的组网方式叫做“大区制”）、**小区**（将一个服务区域划分为多个小区，每个小区分别设置一个基站，如蜂窝网络）、**漫游**（也称出游，指无线终端移动到另一个服务区后，仍能用原来的号码进行呼叫）、**切换**（无线终端在两个基站覆盖区边缘时，从一个基站的服务信道更换到另一个基站的服务信道的过程）

2.2 了解无线通信系统分类，包括移动通信系统、固定宽带无线接入系统、微波中继通信系统和卫星通信系统等。



本节内容

- **固定宽带无线接入系统**: 宽带无线接入 (BWA) 是指能够以无线传输方式向用户提供高数据速率 (一般在2Mbps以上) 接入到公众网的技术。
- **微波中继通信系统**: 微波通信是使用波长在0.1毫米至1米 (300MHz—3THz) 之间的电磁波——微波进行的通信。具有频带宽、容量大、抗灾能力强、经济实惠等优点, 在各个领域发挥着巨大的作用。**微波通信是有发展前景的通信手段之一**
- **卫星通信系统**: 卫星通信就是地球上(包括地面和低层大气中)的无线电通信站间利用卫星作为中继而进行的通信, 系统由卫星和地球站两部分组成。

- **移动通信**是指通信双方或至少有一方是在运动中进行信息交换的通信。
- 包括: **民用蜂窝移动通信系统**: 面向广大民众, 需要无线网络实现大面积的覆盖和高容量的用户支撑, 民用移动通信系统一般采用小区制。服务区的形状很像蜂窝, 称之为蜂窝式移动通信系统。**集群调度系统、无线电寻呼系统。**

2.3 掌握1G到6G的发展历程、应用场景及我国通信技术从落后到领先的过程。



- **1G:频分多址 (FDMA)** 传输速率为9.6kbps 频谱利用率低、业务种类有限、无高速数据业务、保密性差、易被窃听和盗号、设备成本高等问题 1978世界1G 1987中国1G **世界乱战，中国落后**
- **2G:时分多址 (TDMA)** 传输速率为64kbps 吞吐量相比1G有明显的提高 频谱效率高、系统容量大、保密性能好 1991世界2G 1994 中国2G **双雄争霸，我国跟随**
- **3G:码分多址 (CDMA)** 传输速率为3.84Mbps 具有支持多媒体业务的能力，例如 Internet业务，标志着数据业务的兴起 CDMA重要贡献者：维特比（高通）、海蒂拉玛 **三家争先，我国实现突破**
- **4G:正交频分多址 (OFDMA)** 传输速率为100Mbps 4G的高速率促使多样化业务涌现，标志着真正进入移动互联网时代 典型厂商：华为开始跃居世界第一 我国提出的 TDD与FDD分庭抗礼并跑成为世界两大标准 **三足鼎立，中国并行**
- **5G:5G发展中国处于领先地位**
- **6G:六大场景：沉浸式通信、超大规模连接、极高可靠低时延、人工智能与通信的融合、感知与通信的融合、泛在连接**

➤ 2.4 熟悉无线通信频谱划分及管理规划。

- 了解频谱划分的大致频段，认知频谱的稀缺性。
- 掌握FDD和TDD的工作方式及区别。

➤ 2.5 熟悉电磁场与天线的基本理论及工程参量。

- 掌握电磁感应现象包括感应电动势的计算方法。
- 了解麦克斯韦方程组及其意义。
- 熟悉天线的基本原理及特征。
- 掌握天线阻抗、辐射效率及其计算方法。
- 掌握天线方向性系数和增益及其计算方法。
- 掌握天线有效长度和天线系数及其计算方法。
- 掌握接收天线噪声温度及其计算方法。

频段	对应频率范围	工作方式	管理方式
2.4GHz	2400 ~ 2483.5MHz	时分双工 (TDD)	免牌照使用
3.5GHz	3400 ~ 3430MHz 3500 ~ 3530MHz	频分双工 (FDD)	招标分配
5.8GHz	5725 ~ 5850MHz	时分双工 (TDD)	持牌照使用
26GHz	24.507 ~ 25.515GHz 25.757 ~ 26.765GHz	频分双工 (FDD)	招标分配

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{H} = 0 \end{array} \right.$$

变化的磁场产生电场

电流和变化的电场产生磁场

电场线开始于正电荷，终止于负电荷

磁场无磁荷，磁场线没有初始点，也没有终止点

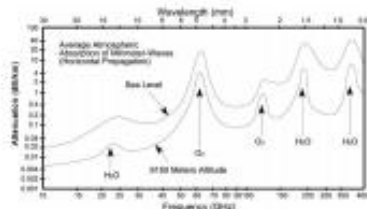
2.4 熟悉无线通信频谱划分以及管理规划。



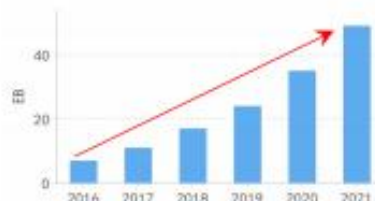
- 频谱资源短缺成为世界通信业的共同问题，如何解决，如何将频谱资源发挥其更大的效用并创造新的价值是现实问题。
- 部分国家对频谱紧缺问题采取的一些措施：
 - **德国**：回收2G/3G频段，作为5G的工作频段；回收3.4-3.8GHz卫星通信频段，用于移动通信
 - **英国**：取消对3.6-3.8GHz频段卫星地球站的保护，将频段用于移动通信；尝试24.25-27.5GHz高频段用于移动通信
 - **中国**：布置部分频段为多个运营商共建共享；发展新一代通信技术，在相同频谱资源下支持更多业务
- 我国目前为宽带无线接入应用划分了4个频段，分别是2.4GHz、3.5GHz、5.8GHz、26GHz。

□ 可用频谱资源稀缺

➤ 高频衰减



➤ 业务增多



➤ 大带宽需求 $C = B \log_2(1 + \frac{S}{N})$

频段	对应频率范围	工作方式	管理方式
2.4GHz	2400 ~ 2483.5MHz	时分双工 (TDD)	免牌照使用
3.5GHz	3400 ~ 3430MHz 3500 ~ 3530MHz	频分双工 (FDD)	招标分配
5.8GHz	5725 ~ 5850MHz	时分双工 (TDD)	持牌照使用
26GHz	24.507 ~ 25.515GHz 25.757 ~ 26.765GHz	频分双工 (FDD)	招标分配

2.5 熟悉电磁场与天线的基本理论及工程参量



- 天线的作用就是接收馈线传输的能量，并将能量以电磁波的形式辐射出去。
- 天线接收能量的能力与输入阻抗有关，当输入阻抗与馈线的阻抗不匹配时，天线只能接收馈线传输的部分能量，另一部分能量将会被反射回去。
- 天线接收的能量有一部分被天线结构及附件的热损耗消耗掉，另一部分则是以电磁波的形式辐射出去。
- 天线的辐射效率衡量了天线辐射电磁波的能力，而天线的方向性则衡量了天线向一定方向辐射电磁波的能力。
- 有效长度越长，代表天线的辐射能力越强。
- 天线的增益 G 定义与方向性系数 D 类似，只是将相同的辐射功率要求换成了相同的输入功率要求
- 天线系数就可以用来表达端口电压与空间场强之间的关系，其定义为：被测量场强幅值与该场强在天线端口产生的电压之比值。

假设接收天线接收到的功率最大限度地转换成了电压，则有

$$V_0 = \frac{\lambda}{2\pi} E$$

根据天线系数的定义，有

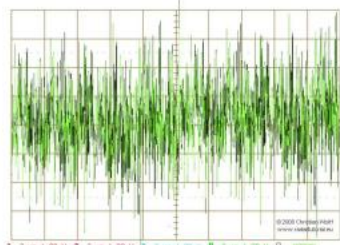
$$K = \frac{E}{V_0} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

天线除了能够接收无线电波之外，还能够接收来自空间各种物体的噪声信号，这些又称天线噪声。天线接收的噪声功率的大小可以用天线的等效噪声温度 T_A (K)来表示：

$$T_A = \frac{P_n}{K_b \Delta f}$$

其中 $K_b = 1.38 \times 10^{-23}$ (J/K)是玻尔兹曼常数， Δf (Hz)为频率带宽， P_n 为天线可以输送给接收机的最大噪声。

等效噪声温度 T_A 是表示接收天线向负载输送的噪声功率大小的参数，并不是天线本身的物理温度。



$$P_{in} = \underbrace{P_{ra}}_{\text{辐射}} + \underbrace{P_{L}}_{\text{损耗}} = \frac{1}{2} |I_{in}|^2 R_{ra} + \frac{1}{2} |I_{in}|^2 R_L$$

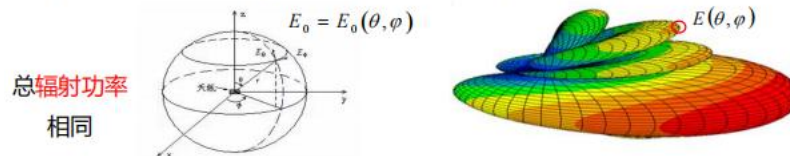
流有均匀电流基本电振子的辐射电阻如下，其中 L 为天线全长， λ 为信号波长

$$R_{ra} = 80\pi^2 \left(\frac{L}{\lambda} \right)^2$$

辐射效率定义为天线的总辐射功率与净输入功率之比，表明了天线利用接收能量的效率

$$e = \frac{P_{ra}}{P_{in}} = \frac{R_{ra}}{R_{ra} + R_L}$$

天线的方向性系数则是天线方向性的具体量化，其定义为：在相同的辐射功率下，某天线在空间某点产生的电场强度平方同理想无方向性点源天线（该天线的方向图为一球面）在同一点产生的电场强度平方比值：



$$\text{方向性系数: } D(\theta, \varphi) = \frac{E^2(\theta, \varphi)}{E_0^2}$$

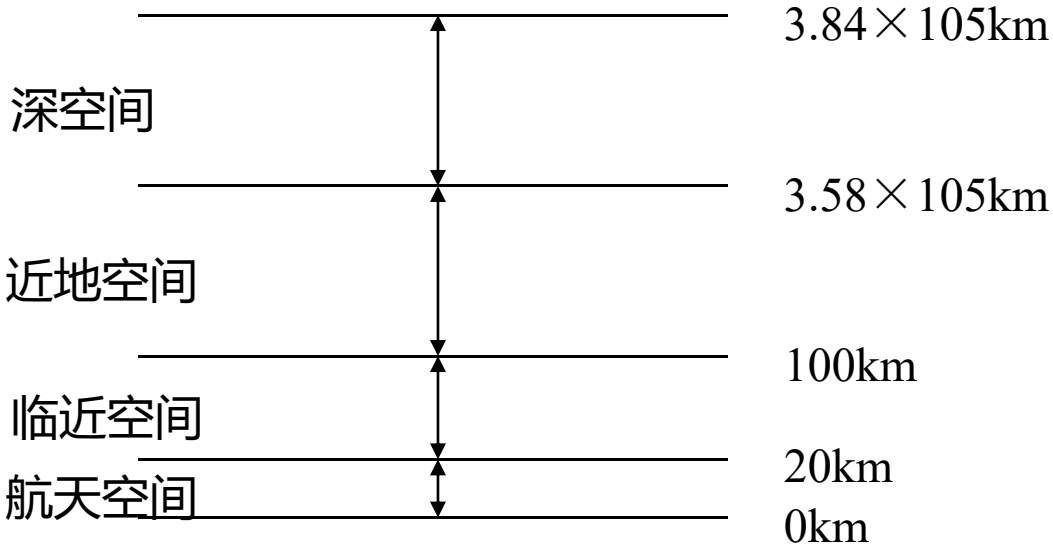
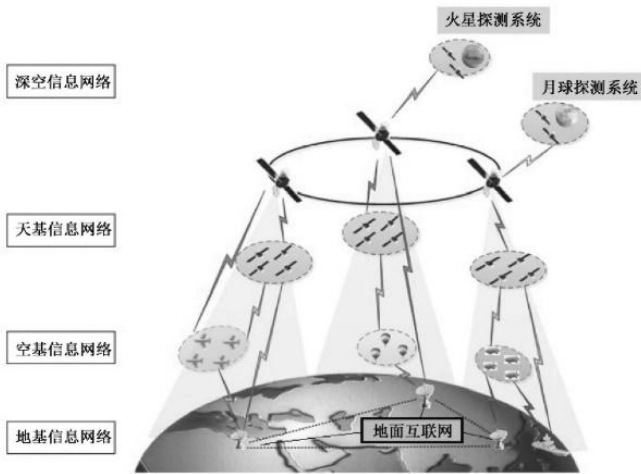
通常以天线在最大辐射方向上的方向性系数作为这一天线的方向性系数 D ，方向性系数通常以分贝dB表示。

第三章 空间信息与通信网络



➤ 3.1 掌握空间信息的分类与组成。

- 掌握空间按高度的分层；掌握各层所对应的通信方式，包括特征、核心技术及应用。



➤ 3.2 了解空间信息网络发展，包括通信网络、导航网络、遥感网络的历程、典型系统及应用价值。

➤ 3.3 掌握空间信息网络体系架构。

- 掌握空间信息网络的组成部分及每部分的作用。
- 了解空间信息网络架构，包括空间段、地面段的设备、作用和运行机制。
- 了解空间信息网络关键技术及技术特征。

3.1 掌握空间信息的分类与组成



- **空间**：空间主要是针对地球而言的，一般分为深空间、近地空间、临近空间和航空空间。从航天器或空间飞行器活动范围的需要出发，一般将外层空间分为近地空间和深空间。**和深空间。**
- **近地空间**：地球静止轨道高度(约 $3.58 \times 10^5 \text{km}$)以下的空域
- **深空间**：等于或大于地月平均距离(约 $3.84 \times 10^5 \text{km}$)的空域



- **近地空间**下面是**临近空间**和**航空空间**，其高度一般为 $100 \text{km} - 1.6 \times 10^4 \text{km}$ 。人飞云的最高限度可达 $1.6 \times 10^4 \text{km}$ ，但由于 100km 是航天器绕地球运动的最低轨道高度，所以一般以距离地球表面 100km 高度的界面作为“空”与“天”的分界面
- **临近空间**：在飞机最高飞行高度与航天器绕地球运动的最低轨道高度之间的空域，对应高度为 $20 \sim 100 \text{km}$
- **航空空间**：飞机的静升限一般为 $18 \sim 20 \text{km}$ ，这个高度也是对流层与平流层分界的高度，将 20km 高度以下的空间称为航空空间
- 按照离地球从远到近，空间信息通信包括**深空信息通信**、**天基信息通信**和**空基信息通信**，它们都是由空间段和地面段组成。地面段的信息通信统称为地基信息通信，此外，空间信息通信也包括海基信息通信
- **深空信息通信**：主要用于对月球和月球以远的天体或空间环境进行探测
- **天基信息通信**：是彼此独立或互联的卫星通信系统、卫星导航系统、卫星遥感系统、空间物理探测系统、空间天文观测系统等的总称
- **天基信息通信**：地面段包括测控通信系统、地面应用系统(包括各种用户终端)和其他相关系统。空间段中的卫星是按轨道高度分类，有低轨道、中轨道和同步轨道的卫星
- **空基信息通信**：由临近空间和航空空间信息通信组成
- **地基信息通信**：是指布设在地球表面的信息通信，由布设在陆地的有线(同轴电缆、光纤等)、无线和移动信息通信及在海底的有线信息通信组成(电信、广播电视、互联网)
- **海基信息通信**：指在海面上部署的由通信基站或者信息感知探测平台(航运跟踪、科研采集)

□ 关键技术

➤ 组网体系架构

针对星座特点及应用需求，研究面向卫星节点的**星座设计**和**星间链路设计**

➤ QoS路由技术

设计和研制具有QoS保障能力的空间通信**路由协议和算法**，建立针对空间信息网络的新**动态路由协议体系**

➤ 网络协议技术

使空间信息网络协议成为CCSDS空间通信协议、DTN深空间通信协议与地面互联网协议高度融合的**空天地一体化协议**

➤ 网络管理技术

建立新型**网络管理模型**，实现网络的天地一体化、可靠和有效运行，使网络具备自主运行、重构和抗毁自愈能力

➤ 网络安全防护技术

研究**安全方案和安全协议**，采取安全抗毁措施，提高系统和网络的生存能力

➤ 卫星光通信技术

卫星光通信具有带宽大、速率高、终端功耗低等显著优势，抗干扰抗截获性能良好，安全性高

➤ 星载处理和路由交换技术

研究低时延、低误码、高速率**星载处理技术**和低成本、高资源利用率**路由交换技术**

3.2 了解空间信息网络发展，包括通信网络、导航网络、遥感网络的历程、典型系统及应用价值



- **通信网络：天基信息通信网络**：通过发射一定数量的卫星形成规模组网，从而辐射全球，构建具备实时信息处理的大卫星系统，为地面、海上和空中用户提供宽带互联网接入等通信服务 **特点**：广覆盖 低延时 宽带化 低成本
- **导航网络：全球卫星导航系统**：能在地球表面或近地空间的任何地点为用户提供全天候的3维坐标和速度以及时间信息的空基无线电导航定位系统（美国的GPS、俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统（GLONASS）、欧洲的伽利略卫星导航系统（完全民用）、中国的北斗卫星导航系统（BDS））
- **遥感网络：天基信息遥感网络**：主要是针对遥感卫星系统而言的，而遥感卫星是指利用遥感科技和遥感设备对地球进行同步观测的卫星

3.3 掌握空间信息网络体系架构

- 空间信息网络是以地基信息网络为基础，以天基信息网络为主体，深空信息网络可互联，由不同星座组成骨干网/接入网，连接海、陆、空及近地空间的各種地球站、各种用户终端，实施各种信息的获取、存储、传输、处理、融合和分发的一体化综合信息网络
- 空间信息网络主要由**天基信息网络信息获取**（信息收集）、**信息传输**（信息传输处理分发和中继）、**信息处理**（卫星数据的预处理、二次处理及信息融合和综合分析）、**导航定位**（导航定位和授时服务）、**航天测控**（测控管理）、**网络管理**（运行监测、指挥与控制，以及信息交换的管理与控制功能）和**安全防御等系统**（天基信息网络的安全，必要时可采取攻击手段自卫）和**地基通信网络**组成
- 空间信息网络的架构：天基部分、地基节点、天基综合信息网
 - **空间段**：近地空间层骨干网和接入网、近地空间层用户航天器、临近空间层用户飞行器、近地空间层时空基准导航卫星星座、防卫卫星群
 - **地面段**：航天器用户站和飞行器用户站、通信卫星用户站、导航卫星用户站、各种航天器测控与数传网站、各地信关站、遥感信息综合与管理中心、测控管理中心、网络管控中心、天基综合信息网管理中心
- **空间信息网络关键技术特征**：网络结构高度异构与动态复杂、传输延时大、网络资源有限、支撑业务多样、通信链路易受干扰、网络建设可扩展性高、异构网络互联互通、多元信息传输共享、面临蓄意攻击与破坏等安全威胁、上天设备维修困难

□ 技术特征

➤ 网络结构高度异构与动态复杂

节点类型众多，在天、空、地、海运行的不同节点的功能、轨迹、接入或传输能力等差异显著

➤ 传输延时大

骨干节点距离较远，网络负载较大、传输业务量多，丢包重传时延不可忽视

➤ 网络资源有限

空间节点计算能力和存储能力有限，网络带宽资源差异性大

➤ 支撑业务多样

不同类型业务对服务质量与传输效率的要求不同，需要保障差异化服务需求

➤ 通信链路易受干扰

无线通信易受宇宙射线、大气层的电磁信号等外界干扰

➤ 网络建设可扩展性高

网络建设需要不断扩展、补充，各种新型航天器、用户和业务需求不断出现

➤ 异构网络互联互通

需要与多个系统兼容、与多种平台互通、与多种网络互联，实现开放性网络设计和节点动态接入

➤ 多元信息传输共享

需要针对多元化信息需要制定对应的信息传输标准，保障信息处理的及时性、准确性和可靠性

➤ 面临蓄意攻击与破坏等安全威胁

➤ 上天设备维修困难

第四章 光纤通信技术

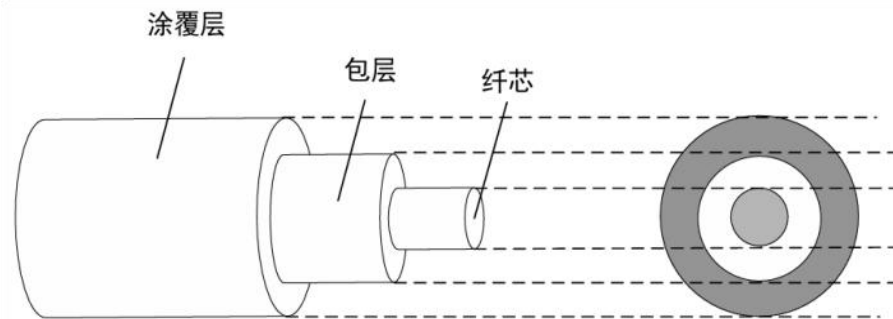


➤ 4.1 了解光纤通信发展及特点。

- ✓ 20世纪70年代和80年代光纤通信发展
- ✓ 20世纪90年代光纤通信发展
- ✓ 21世纪光纤通信发展

- ① 可用频带宽，通信容量大
- ② 传输损耗低，中继距离长
- ③ 抗电磁干扰，无电磁污染
- ④ 串话小，保密性强
- ⑤ 体积小，重量轻，便于施工维护
- ⑥ 材料资源丰富，价格低廉

➤ 4.2 了解光纤的结构、分类、传输理论与特性。



- ① 按光纤横截面的折射率分布分类：阶跃光纤和渐变光纤
- ② 按光纤中的传导模式数量分类：单模光纤和多模光纤
- ③ 按国际电联电信标准化部门 (ITU-T) 建议分类
- ④ 按光纤制作的原材料分类

光纤的传输理论

- 多模阶跃光纤的射线光学理论
- 多模渐变光纤的射线光学理论
- 光纤的波动光学理论

光纤的传输特性

- 光纤的损耗
- 光纤的色散
- 光纤的非线性效应

4.1 了解光纤通信发展及特点。



20世纪70年代和80年代光纤通信发展

① 趋势：降低损耗，延长距离

② 短波长向长波长发展：

- 光纤在长波长处损耗更低
- 850nm波长处的损耗下降到 2dB/km
- 1310nm波长处的损耗下降0.5dB/km
- 1550nm波长处的损耗下降到0.2dB/km

③ 多模光纤向单模光纤发展：

- 消除多模光纤的模间色散
- 传输带宽更大

④ 广泛部署：

- 大带宽、高容量和低损耗

20世纪90年代光纤通信发展

① 趋势：掺铒光纤放大器(EDFA)和密集波分复用(DWDM)技术

② 原因：

- 光纤传输速率达到瓶颈
- “光-电-光”的中继方式速率受限且结构复杂

③ 掺铒光纤放大器(EDFA)：

- 在 1550nm 波长附近数十个纳米的波带内对光波进行透明放大
- 有效补偿光纤损耗

④ 密集波分复用(DWDM)技术：

- 多个波长的光信号复用在同一根光纤上进行传送
- 大幅提升单根光纤的通信容量

21世纪光纤通信发展

① 光纤方面：

- 少模光纤
- 多芯光纤
- 空芯光纤

② 通信系统方面：

- 高速率
- 长距离
- 大容量
- 高频谱效率

③ 组网方面：

- 多层级的光网络
- “南北纵穿、东西横跨”

(1) 光纤通信的特点

④ 串话小，保密性强

光在光纤中传输时，能量集中在纤芯中，向外泄漏的光能很小。同一根光缆中的光纤之间不会产生干扰和串话，另外，光纤的接续要求高、实施困难，因此不容易被窃听，保密性强。

⑤ 体积小，重量轻，便于施工维护

光纤外径仅为125μm，细如发丝，其套塑后的外径也小于1mm，加之光纤材料的比重小，成缆后重量轻。经过表面涂覆的光纤可绕性好，便于敷设，可架空、直埋或置入管道，已广泛用于陆地或海底。



⑥ 材料资源丰富，价格低廉

通信电缆的主要原材料为稀有金属铜，其资源严重紧缺。石英光纤的主体材料是二氧化硅，材料资源丰富，价格低廉，因而使用光纤大大节约了有色金属资源。

4.2 了解光纤的结构、分类、传输理论与特性。



- **光纤的结构**: ① 纤芯和包层均由高度透明的材料构成; ② 包层的折射率略小于纤芯, 从而可以形成光波导效应; ③ 涂覆层的作用是保护光纤不受外部损伤
- **光纤的分类**: ① 按光纤横截面的折射率分布分类: 阶跃光纤和渐变光纤 ② 按光纤中的传导模式数量分类: 单模光纤和多模光纤 ③ 按国际电联电信标准化部门(ITU-T)建议分类: G.651光纤(渐变型多模光纤)、G.652光纤(常规单模光纤)、G.653光纤(色散位移单模光纤)、G.654光纤(截止波长单模光纤)、G.655光纤(非零色散位移单模光纤)、G.656光纤(宽带非零色散位移单模光纤)、G.657光纤(弯曲损耗不敏感单模光纤) ④ 按光纤制作的原材料分类: 石英系光纤(主要使用)、多组分玻璃光纤、塑料包层光纤、全塑光纤
- **光纤的传输理论**: ① 射线光学(几何光学); ② 波动光学
- **传输特性**: 损耗、色散、非线性效应 (受激散射、折射率扰动)

第五章 数据通信与互联网



➤ 5.1 了解数据交换概念及分类。

概念：引入一个公用的节点实现信息交换

分类：电路交换、报文交换、分组交换、信元交换、**标签交换**

➤ 5.2 掌握网络参考模型：

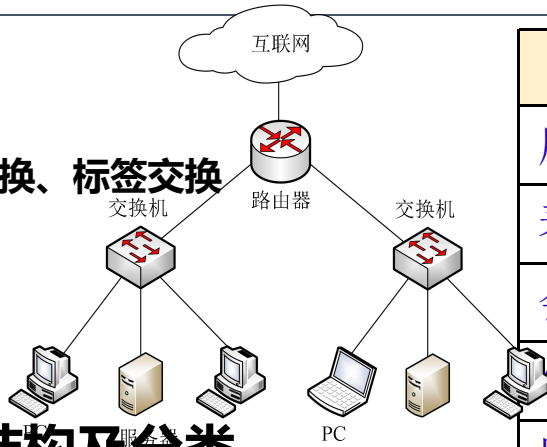
- OSI参考模型
- TCP/IP模型

➤ 5.3 掌握网络典型设备、拓扑结构及分类。

拓扑结构：总线型结构、环形结构、星形结构等。

➤ 5.4 掌握地址转换原理。

网络地址转换（NAT）的基本原理是通过修改数据包中的IP地址和端口号，实现内部网络与外部网络的通信。



协议层	功能
应用层	为用户提供应用相关的服务
表示层	信息的表示，加密、压缩等
会话层	进程会话控制、同步等
传输层	端到端的（可靠）传输
网络层	数据分组的路由转发
数据链路层	相邻节点之间数据的（可靠）传输
物理层	原始比特流转换为信号在物理介质上传输

OSI参考模型（7层）

协议层	典型协议
应用层	DNS、HTTP、DHCP、SMTP、RTP等
传输层	TCP、UDP
网际层	IP
网络接入层	Ethernet（以太网）、WiFi等

TCP/IP模型（4层）

通信距离	通信场景	网络类型
1 m	1平方米	个域网PAN (Personal Area Network)
10 m	房间	局域网LAN (Local Area Network)
100 m	建筑物	
1 km	校园	
10 km	城市	城域网MAN (Metropolitan Area Network)
100 km	国家	广域网WAN (Wide Area Network)
1000 km	洲	
10,000 km	全球	
		互联网 Internet

5.3 掌握网络典型设备、拓扑结构及分类。



- **网络中的典型设备**：**交换机**（工作在数据链路层的网络设备，负责连接终端设备（PC、服务器等）实现局域网内的数据交换与传输）**路由器**（工作在网络层的网络互联设备，适用于复杂和大型的网络互连）
- **拓扑结构**：指用传输介质（如双绞线、光纤等）互连各种设备（如PC、路由器、交换机等）的结构化物理布局。主要包括：**总线型结构、环形结构、星形结构**等
- **网络分类**：个域网、城域网、广域网

5.2 掌握网络参考模型



OSI参考模型

- OSI参考模型是**国际标准化组织（ISO）**提出的开放系统互连（Open System Interconnection, OSI）参考模型。
 - OSI参考模型分为**7层**，它描述了通过网络传递信息所必须完成的工作。

协议层	功能
应用层	为用户提供应用相关的服务
表示层	信息的表示，加密、压缩等
会话层	进程会话控制、同步等
传输层	端到端的（可靠）传输
网络层	数据分组的路由转发
数据链路层	相邻节点之间数据的（可靠）传输
物理层	原始比特流转换为信号在物理介质上传输

TCP/IP参考模型

- 互联网参考模型设计的主要目标：**实现异构的网络互联**
- TCP / IP参考模型：是互联网的基础，模型采用**四层结构**。
 - 应用层：负责向用户提供一组常用的应用程序。
 - 传输层：实现端到端传送数据。
 - 互联网络层（也称为网际层）：**实现异构网络互联的关键层**，负责IP数据包的路由和转发。
 - 网络接口层（也称链路层）：负责对实际的网络链路进行管理。

协议层	典型协议
应用层	DNS、HTTP、DHCP、SMTP、RTP等
传输层	TCP、UDP
网际层	IP
网络接入层	Ethernet（以太网）、WiFi等

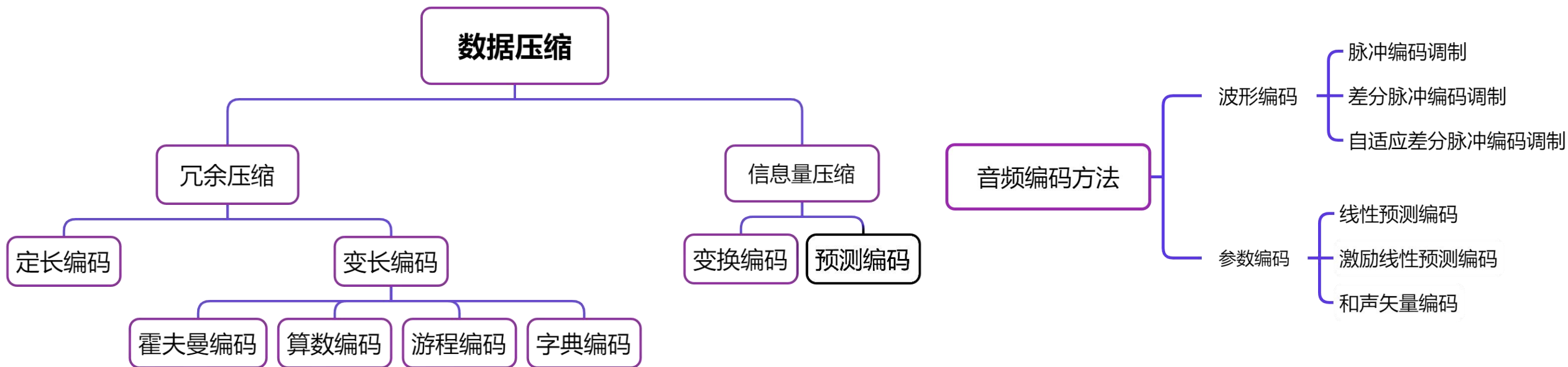
第六章 多媒体通信



➤ 6.1 了解多媒体通信的概念和发展趋势。

- 多媒体通信是指将多媒体技术、计算机技术、通信技术和网络技术相结合，通过对各种类型的媒体信息进行数字化处理，并通过通信网络传输，以实现远程信息交换和应用的过程。
- 多媒体通信的发展趋势：**高质量、高速度、简单化、高维化、智能化、标准化**

➤ 6.2 掌握压缩编码的原理、用途，并了解音频、图像和视频压缩编码的区别。



图像格式	发明时间	发明人/机构	适用场景
TIFF	1986	Aldus Corporation	专业图像存储，适用于出版物质量的图像和档案存储
GIF	1987	CompuServe	动态图像，广泛用于网页动画和简单图形
JPEG	1992	Joint Photographic Experts Group	广泛用于照片存储，适用于需要压缩图像以节省空间的场景
PNG	1996	网络W3C组织	网页图像，支持透明度，适合需要高质量和无损压缩的场景
WebP	2010	Google	用于网页图像，优化加载速度和压缩效率
BPG	2014	Fabrice Bellard	适用于高质量图像存储，特别是在需要压缩效率更高的场景

视频编码标准	发明时间	适用场景
MPEG-2	1994年	广泛用于数字电视广播和DVD视频，支持较高的压缩率
MPEG-4	2003年	用于网络视频传输、视频通信，支持多媒体功能较强的场景
H.264	2003年	高清视频传输和存储，广泛应用于互联网视频流、蓝光光盘
H.265	2013年	提供比H.264更高的压缩效率，用于4K和8K视频的存储和传输
AVS2	2016年	广泛应用于数字电视广播系统，在监控场景中压缩性能优于H.265
H.266	2021年	提供比H.265更高的压缩效率，尤其适用于高分辨率视频内容

第七章 微电子技术



➤ 7.1 了解集成电路的发展和产业模式

□ 集成电路产业模式：三大产业模式

□ 垂直整合设计和制造 (IDM)

集芯片的设计、制造、封装、测试等环节于一体，是早期集成电路企业采用的产业模式，但目前仅有少数企业可以维持

代表企业：英特尔、三星电子及德州仪器等

□ 无工厂半导体企业，仅设计 (Fabless)

仅进行电路设计与销售，将生产、测试、封装等环节外包

代表企业：高通、华为海思、联发科 (MTK) 等

□ 专业芯片代工企业，仅制造 (Foundry)

仅制造、封装或测试芯片，不进行芯片设计

代表企业：台积电 (TSMC)、中芯国际 (SMIC)