



高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

# 卫星通信

主编 夏克文  
主审 张更新 甘仲民



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

# 卫星通信

主 编 夏克文

副主编 池 越 张志伟 武 睿

主 审 张更新 甘仲民

西安电子科技大学出版社

2008

## 内 容 简 介

本书主要内容包括卫星通信概述、卫星通信基本技术、卫星通信链路设计、卫星通信网和移动卫星通信系统等。全书内容精练，系统性强，结构严谨，条理清晰；简化了理论推导，精简了通用技术的篇幅，突出应用性知识，并且介绍了最新的卫星通信技术成果；习题丰富且具有启发性。

本书是采用全国招标的形式，通过西安电子科技大学出版社高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材专家评审会评审选定的，可作为通信工程、电子信息、计算机等专业本科生的专业课教材，也可供相关专业的研究生和工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

卫星通信/夏克文主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2008. 12

高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2140 - 1

I. 卫… II. 夏… III. 卫星通信—高等学校—教材 IV. TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 155481 号

策 划 寇向宏

责任编辑 段 蕾 张 梁 寇向宏

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http: //www. xduph. com E-mail: xdupfxb001@163. com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 14.75

字 数 345 千字

印 数 1~4000 册

定 价 21.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2140 - 1/TN · 0467

**XDUP 2432001 - 1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

# 前

# 言

卫星通信是在地面微波通信和空间技术的基础上,综合运用各种通信领域的理论和技术所发展起来的新的通信方式,它是现代通信技术的重要成果。与其它通信方式相比,卫星通信具有一些无法比拟的优势,经过几十年的发展,已经成为最强有力的现代通信手段之一,并在国际通信、国内通信、国防通信、移动通信以及广播电视等领域得到了广泛的应用。

全书内容共5章:第1章是卫星通信概述,全面讲述卫星通信的基本概念,卫星通信系统的组成、作用和工作原理,卫星运行轨道和工作频段,以及国内外卫星通信的发展状态;第2章是卫星通信基本技术,精练地讲述了编码和调制等信号设计技术,系统地阐述了卫星通信中的信号处理技术和多址技术;第3章是卫星通信链路设计,细致地讲述了链路设计中各环节的具体计算,以及卫星通信系统总体设计的一般程序;第4章是卫星通信网,讲述卫星通信网的网络结构、与地面通信网的连接,重点介绍 VSAT 卫星通信网的组成和工作原理,数据网和电话网,VSAT 网的总体方案设计,以及典型卫星通信网络系统。第5章是移动卫星通信系统,主要介绍 INMARSAT 系统,静止轨道、中轨道和低轨道中的各种移动卫星通信系统,以及 GPS 系统。

本书在编写时充分考虑了目前理工类大学的教学性质、教学目的、课程设置,以及卫星通信课程课时压缩(32~40学时)等具体情况,力求充分体现应用型本科教育的特点,重在提高学生分析问题及解决问题的能力。

本书第1章由夏克文撰写,第2章由池越撰写,第3章由张志伟与夏克文合写,第4章由武睿撰写,第5章由张志伟撰写。全书由夏克文统稿。

本书由解放军理工大学张更新教授和甘仲民教授主审,两位教授在百忙中对本书的总体结构和内容细节等进行了全面审定,提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

本书的编写和出版得到了西安电子科技大学出版社寇向宏、段蕾、张梁等编辑的指导和支持,对他们的辛勤劳动表示感谢。同时,对本书参考文献的有关作者也致以诚挚的谢意。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2008年7月

## 欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~国家级、部级重点教材~~~~~		计算机网络 (第三版) (蔡皖东)	27.00
计算机系统结构 (第四版) (李学干)	25.00	计算机组网实验教程 (王宣政)	23.00
雷达对抗原理 (赵国庆)	15.00	计算机网络基础及应用 (高职) (向隅)	22.00
雷达原理 (第三版) (丁鹭飞)	23.00	~~~~~计算机技术类~~~~~	
通信网的安全——理论与技术 (王育民)	42.00	计算机应用基础教程 (第四版) (陈建铎)	
模拟电子线路基础 (傅丰林)	16.00	(for Windows XP/Office XP)	30.00
移动通信 (第四版) (李建东)	30.00	计算机系统结构 (陈智勇)	26.00
~~~~~计算机提高普及类~~~~~		计算机系统结构与组成 (吕辉)	26.00
计算机应用基础 (第三版) (丁爱萍)	22.00	计算机系统安全 (第二版) (马建峰)	30.00
计算机文化基础 (高职) (游鑫)	27.00	计算机信息检索实用教程 (高职) (张晓芳)	15.00
计算机文化基础上机实训及案例 (高职)	15.00	电子商务概论 (宋沛军) (高职)	20.00
计算机科学与技术导论 (吕辉)	22.00	电子商务基础与应用 (第五版) (含盘)	39.00
计算机应用基础 (高职) (赵钢)	29.00	《电子商务基础与应用 (第五版)》	
计算机应用基础——信息处理技术教程	31.00	学习指导与练习 (杨坚争)	20.00
计算机应用基础 (高职) (冉崇善)		电子商务基础与实务 (第二版) (高职)	16.00
(Windows XP & Office 2003 版)	23.00	数据结构——使用 C++ 语言 (第二版) (朱战立)	23.00
《计算机应用基础》实践技能训练		数据结构 (高职) (周岳山)	15.00
与案例分析 (高职) (冉崇善)	18.00	数据结构教程——Java 语言描述 (朱振元)	29.00
办公自动化设备的使用和维护		计算方法与实习 (高职) (田祥宏)	11.00
(第二版) (陈国先) (高职)	18.00	算法设计与分析 (霍红卫)	15.00
~~~~~计算机网络类~~~~~		编译原理教程 (第二版) (胡元义)	18.00
计算机网络管理 (雷震甲)	20.00	离散数学 (马光思)	22.00
网络安全技术 (高职) (廖兴)	19.00	离散数学 (武波)	24.00
网络安全技术 (高职) (李卓玲)	17.00	软件工程 (第二版) (邓良松)	22.00
网络信息安全技术 (周明全)	17.00	软件技术基础 (高职) (鲍有文)	23.00
动态网页设计实用教程 (蒋理)	30.00	信息系统分析与设计 (高职) (卫红春)	20.00
Windows 网络程序设计 (夏靖波)	26.00	信息系统分析与设计 (第二版) (陈圣国)	15.00
局域网组建实例教程 (高职) (尹建璋)	20.00	人工智能技术导论 (第三版) (廉师友)	24.00
Windows Server 2003 组网实训教程 (高职)	27.00	~~~~~计算机辅助技术类~~~~~	
Windows Server 2003 组网技术		电子工程制图 (含习题集) (高职) (童幸生)	25.00
(含光盘) (高职) (陈伟达)	30.00	机械制图与计算机绘图 (含习题集) (高职)	40.00
综合布线技术 (高职) (王趾成)	18.00	计算机绘图 (第二版) (许社教)	25.00
计算机网络应用基础 (武新华)	28.00	DSP 应用技术 (高职) (赵明忠)	25.00
计算机网络 (张璟)	26.00	电子线路 CAD 实用教程 (潘永雄) (第三版)	27.00
计算机网络 (第二版) (袁家政) (高职)	26.00	AutoCAD 基础教程 (高职) (石高峰)	15.00

电子工艺与电子 CAD (高职) (朱旭平)	14.00	~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~	
EDA 技术及应用 (第二版) (谭会生)	27.00	数据库原理 (第二版) (郭盈发)	16.00
数字电路 EDA 设计 (高职) (顾斌)	19.00	C 程序设计与实例教程 (曾令明)	21.00
~~~~~操作系统类~~~~~		程序设计与 C 语言 (第二版) (马鸣远)	32.00
计算机操作系统 (第二版) (颜彬) (高职)	19.00	C 语言程序设计教程 (高职) (朱接文)	20.00
计算机操作系统 (修订版) (汤子瀛)	24.00	C 语言程序设计课程与考试辅导 (王晓丹)	25.00
计算机操作系统 (第三版) (汤小丹)	27.00	Visual Basic.NET 程序设计 (高职) (马宏锋)	24.00
计算机操作系统 (方敏)	28.00	Visual FoxPro 数据库程序设计教程 (康贤)	24.00
Linux 网络操作系统应用教程 (高职) (王和平)	25.00	Visual FoxPro 6.0 数据库原理与应用 (高职)	21.00
Linux 操作系统实用教程 (高职) (梁广民)	20.00	SQL Server 2000 应用基础与实训教程 (高职)	22.00
~~~~~图形处理类~~~~~		网络数据库技术及应用 (高职) (范剑波)	24.00
多媒体软件开发 (高职) (含盘) (牟奇春)	35.00	C++ 程序设计语言 (揣锦华)	20.00
多媒体技术及应用 (第二版) (高职) (王坤)	25.00	Visual C++ 基础教程 (郭文平)	29.00
多媒体软件设计技术 (第二版) (陈启安)	20.00	汇编语言程序设计 (第二版) (韩海)	18.00
多媒体技术基础与应用 (曾广雄)	20.00	面向对象程序设计与 VC++ 实践 (揣锦华)	22.00
计算机图形学 (丁爱玲)	14.00	面向对象程序设计与 C++ 语言 (第二版)	18.00
计算机图形学 (研究生系列) (璩柏青)	26.00	面向对象程序设计——JAVA (第二版)	32.00
数字图像处理 (何东建)	23.00	跨平台程序设计语言——JAVA (赵毅)	24.00
三维动画案例教程 (含光盘) (高职)	25.00	Java 语言程序设计教程 (张席)	18.00
~~~~~微机与控制类~~~~~		Java 程序设计 (高职) (陈圣国)	18.00
微型计算机原理 (第二版) (王忠民)	27.00	Java 程序设计教程 (曾令明)	23.00
微型计算机原理及接口技术 (第二版)	36.00	JavaWeb 程序设计基础教程 (高职) (李绪成)	25.00
微机接口技术及其应用 (李育贤)	19.00	Access 数据库应用技术 (高职) (王趾成)	21.00
微型计算机组成与接口技术		Web 应用开发技术: JSP (含光盘)	33.00
(第二版) (高职) (赵佩华)	28.00	~~~~~电子及通信类~~~~~	
单片机应用技术 (第二版) (高职) (刘守义)	30.00	测试与计量技术基础 (周涓)	19.00
单片机原理与应用技术 (黄惟公)	22.00	光的电磁理论 (石顺祥)	28.00
单片机原理与程序设计实验教程 (于殿泓)	18.00	传感器原理及工程应用 (第二版)	20.00
单片机实验与实训指导 (高职) (王曙霞)	19.00	传感器应用技术 (高职) (王煜东)	27.00
单片机原理及接口技术 (第二版) (余锡存)	19.00	传感器原理及应用 (郭爱芳)	24.00
单片机原理与应用技术 (喻宗泉)	19.00	电路 (高贇)	26.00
新编单片机原理与应用 (第二版) (潘永雄)	22.00	电路分析基础 (第三版) (张永瑞)	28.00
MCS-51 单片机原理及嵌入式系统应用	26.00	电路基础 (高职) (孔凡东)	13.00
计算机控制技术 (高职) (温希东)	12.00	模拟电子技术 (高职) (钱聪)	13.00
微机外围设备的使用与维护 (高职) (王伟)	19.00	模拟电子技术及应用 (高职) (王朱芳)	21.00
微机装配调试与维护教程 (王忠民)	25.00	模拟电子技术 (第二版) (教育部高职) (周雪)	17.00
《微机装配调试与维护教程》实训指导	22.00	模拟电子技术 (第二版) (江晓安)	21.00
		数字电子技术 (高职) (蒋卓勤)	15.00

数字电子技术及应用(高职)(张双琦)	21.00	电梯原理及逻辑排除(高职)(姚融融)	24.00
高频电子技术(高职)(钟苏)	21.00	~~~~~仪器仪表及自动化类~~~~~	
现代电子装联工艺基础(余国兴)	20.00	现代测控技术(吕辉)	20.00
Multisim电子电路仿真教程(高职)	22.00	现代测试技术(王勇)	23.00
电子工艺实训教程(宁锋)	19.00	现代测试技术(何广军)	22.00
电工技能实训基础(高职)(张仁醒)	14.00	光学设计(刘钧)	22.00
电工初级技能实训(高职)(杜江)	17.00	工程光学(韩军)	36.00
电工中级技能实训(高职)(阮友德)	15.00	测试技术基础(李孟源)	15.00
电工高级技能实训(高职)(颜全生)	21.00	测试系统技术(郭军)	14.00
信号与系统实验(MATLAB)(党宏社)	14.00	电气控制技术(史军刚)	18.00
信号与系统分析(和卫星)	33.00	可编程序控制器应用技术(张发玉)	22.00
电气工程导论(贾文超)	18.00	图像检测与处理技术(于殿泓)	18.00
信息论与编码(邓家先)	18.00	自动检测技术(何金田)	26.00
现代通信系统导论(高职)(赵明忠)	21.00	电气控制基础与可编程控制器应用教程	24.00
通信原理(黄葆华)	25.00	DSP在现代测控技术中的应用(陈晓龙)	28.00
通信电路(第二版)(沈伟慈)	21.00	计量技术基础(李孟源)	14.00
通信系统原理教程(王兴亮)	31.00	~~~~~家用电器与机电类~~~~~	
现代通信网概论(杨武军)	29.00	移动电话实践与指导(高职)(马立军)	12.00
现代通信理论(李白萍)	29.00	移动电话原理与维修(高职)(万少云)	20.00
现代通信新技术(达新宇)	22.00	电视原理与系统(赵坚勇)	16.00
扩频通信技术及应用(韦惠民)	26.00	电视原理与电视机检修(高职)(庄月恒)	16.00
移动通信(第二版)(章坚武)	24.00	数字电视技术(赵坚勇)	20.00
数字移动通信技术(高职)(张重阳)	15.00	现代音响与调音技术(第二版)(王兴亮)	21.00
微波与卫星通信(李白萍)	15.00	电气控制与PLC原理及应用(高职)(常文平)	17.00
微波技术及应用(张瑜)	20.00	电力电子技术及应用(高职)(刘雨棣)	20.00
电磁场与电磁波(曹祥玉)	22.00	工程电动力学(修订版)(王一平)(研究生)	32.00
电磁场与电磁波(第二版)(郭辉萍)	28.00	工程力学(张光伟)	21.00
电磁波——传输·辐射·传播(王一平)	26.00	工程力学(皮智谋)(高职)	12.00
计算机数据通信(雷思孝)	22.00	材料成型工艺基础(刘建华)	25.00
信息安全数学基础(谢敏)	18.00	工程材料与应用(戈晓岚)	19.00
现代能源与发电技术(邢运民)	28.00	工程实践训练(周桂莲)	16.00
神经网络(含光盘)(侯媛彬)	26.00	工程实践训练基础(周桂莲)	18.00
程控数字交换技术(刘振霞)	24.00	工程制图(含习题集)(高职)(白福民)	33.00
数字视觉视频技术(研究生)(李玉山)	26.00	工程制图(含习题集)(周明贵)	36.00
自动控制原理(李素玲)	30.00	工程图学简明教程(含习题集)(尉朝闻)	28.00
自动控制原理(第二版)(薛安克)	24.00	先进制造技术(高职)(孙燕华)	16.00
自动控制原理及其应用(高职)(温希东)	15.00	检测与控制技术(高职)(李贵山)	21.00
楼宇自动化(高职)(盛啸涛)	14.00	机械原理多媒体教学系统(资料)(书配盘)	120.00



机械工程科技英语(程安宁)	15.00	模具制造技术(高职)(刘航)	22.00
机械设计基础(张京辉)(高职)	24.00	模具设计(高职)(曾霞文)	18.00
机械基础(安美玲)(高职)	20.00	冷冲压模具设计(高职)(刘庚武)	21.00
机械CAD/CAM(欧长劲)	21.00	塑料成型模具设计(高职)(单小根)	37.00
机械CAD/CAM上机指导及练习教程	20.00	液压与气动技术(第二版)(朱梅)	23.00
机械制图(含习题集)(高职)(孙建东)	29.00	液压传动技术(高职)(简引霞)	23.00
机械设备制造技术(高职)(柳青松)	33.00	发动机构造与维修(高职)(王正键)	29.00
机械制造工艺装备(高职)(朱派龙)	22.00	汽车典型电控系统结构与维修(李美娟)	31.00
机械制造技术(高职)(邵堃)	24.00	汽车机械基础(高职)(娄万军)	29.00
机械制造基础(高职)(郑广花)	21.00	汽车底盘结构与维修(高职)(张红伟)	28.00
机械加工技术(高职)(魏康民)	24.00	汽车车身电气设备系统及附属电气设备	
数控编程与操作--SINUMERIK数控系统	15.00	(高职)(颜培钦)	23.00
数控加工与编程(第二版)(高职)(詹华西)	22.00	汽车单片机与车载网络技术(于万海)	20.00
数控加工工艺(高职)(赵长旭)	24.00	汽车故障诊断技术(高职)(王秀贞)	19.00
数控加工工艺课程设计指导书(赵长旭)	12.00	汽车及配件营销(边伟)(高职)	25.00
数控加工工艺(高职)(刘长伟)	22.00	汽车营销技术(高职)(孙华宪)	15.00
数控加工实训教程(高职)(胡相斌)	24.00	汽车使用性能与检测技术(高职)(郭彬)	22.00
数控加工编程与操作(高职)(刘虹)	15.00	汽车电工电子技术(高职)(黄建华)	20.00
数控编程与操作(高职)(周虹)	19.00	汽车电气设备与维修(高职)(李春明)	25.00
数控机床故障分析与维修(高职)(潘海丽)	19.00	汽车车身结构与维修(高职)(吴兴敏)	26.00
数控机床电气控制(高职)(姚勇刚)	21.00	汽车使用与技术管理(高职)(边伟)	25.00
现代数控机床(高职)(刘瑞已)	25.00	汽车空调(高职)(李祥峰)	16.00
数控应用专业英语(高职)(黄海)	17.00	汽车概论(高职)(邓书涛)	20.00
机床电器与PLC(高职)(李伟)	14.00	现代汽车典型电控系统结构原理	
电机及拖动基础(高职)(孟宪芳)	17.00	与故障诊断(高职)(徐生明)	25.00
电机拖动与控制(高职)(刘保录)	25.00	有色金属材料焊割技术(高职)(袁国义)	24.00
电机与电气控制(高职)(冉文)	23.00	互换性与技术测量(高职)(屈波)	19.00
电机原理与维修(高职)(解建军)	20.00	互换性与几何量测量技术(张帆)	30.00
供配电技术(高职)(杨洋)	25.00	电子CAD(Protel 99 SE)实训指导书(高职)	12.00
电切削加工技术(高职)(詹华西)	13.00	Pro/ENGINEER应用教程(高职)(朱玉红)	23.00
金属切削与机床(高职)(聂建武)	22.00	安全评价技术(张乃禄)	23.00
模具CAD/CAM实用教程——		安全检测技术(张乃禄)	28.00
Pro/ENGINEER Wildfire2.0(高职)	18.00		

欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071  
 邮购业务电话: (029) 88201467 传 真: (029) 88213675





<b>第 1 章 卫星通信概述</b> .....	1
1.1 卫星通信的基本概念和特点 .....	1
1.1.1 卫星通信的基本概念 .....	1
1.1.2 卫星通信的特点 .....	3
1.1.3 卫星通信系统的组成和分类 .....	5
1.2 卫星通信地球站 .....	6
1.2.1 地球站的分类 .....	6
1.2.2 地球站的组成 .....	8
1.2.3 卫星通信的基本工作原理 .....	10
1.3 通信卫星 .....	11
1.3.1 卫星与轨道 .....	11
1.3.2 卫星覆盖与星座设计 .....	17
1.3.3 通信卫星的组成 .....	21
1.3.4 通信卫星举例 .....	25
1.4 卫星通信工作频段的选择及电波传播的特点 .....	29
1.4.1 工作频段的选择 .....	29
1.4.2 电波传播的特点 .....	31
1.5 卫星通信的发展动态 .....	37
1.5.1 国际卫星通信的发展动态 .....	37
1.5.2 国内卫星通信的发展动态 .....	42
习题 .....	45
<b>第 2 章 卫星通信基本技术</b> .....	47
2.1 信号设计技术 .....	47
2.1.1 编码技术 .....	47
2.1.2 调制技术 .....	58
2.2 信号处理技术 .....	72
2.2.1 数字语音内插 .....	72
2.2.2 回波控制 .....	75
2.2.3 语音编码 .....	77
2.3 多址技术 .....	82
2.3.1 多址方式与信道分配 .....	82
2.3.2 FDMA 方式 .....	84
2.3.3 TDMA 方式 .....	88
2.3.4 SDMA/SS/TDMA 方式 .....	98
2.3.5 CDMA 方式 .....	103

2.3.6 ALOHA 方式 .....	107
习题 .....	111
<b>第 3 章 卫星通信链路设计</b> .....	<b>115</b>
3.1 接收机输入端的载噪比 .....	115
3.1.1 接收机输入端的载波功率 .....	115
3.1.2 接收机输入端的噪声功率 .....	116
3.1.3 接收机输入端的载噪比与地球站性能因数 .....	117
3.2 卫星通信链路的 $C/T$ 值 .....	119
3.2.1 热噪声的 $C/T$ 值 .....	119
3.2.2 交调噪声的 $C/T$ 值 .....	121
3.2.3 卫星链路的 $C/T$ 值 .....	121
3.2.4 门限余量和降雨余量 .....	122
3.3 数字卫星链路的计算 .....	123
3.3.1 主要通信参数的计算方法 .....	123
3.3.2 PSK/TDMA 方式 .....	124
3.3.3 SCPC/PSK/FDMA 方式 .....	126
3.3.4 卫星通信系统总体设计的一般程序 .....	128
习题 .....	129
<b>第 4 章 卫星通信网</b> .....	<b>131</b>
4.1 卫星通信网的网络结构 .....	131
4.1.1 星形网络 .....	132
4.1.2 网形网络 .....	132
4.1.3 混合网络 .....	132
4.2 卫星通信网与地面通信网的连接 .....	133
4.2.1 地面中继传输线路 .....	133
4.2.2 地面中继方式 .....	134
4.2.3 电视信号传输中的地面中继 .....	137
4.3 VSAT 卫星通信网 .....	138
4.3.1 VSAT 网的基本概念及特点 .....	138
4.3.2 VSAT 网的组成及工作原理 .....	140
4.3.3 VSAT 数据通信网 .....	146
4.3.4 VSAT 电话通信网 .....	153
4.3.5 VSAT 网的总体方案设计 .....	156
4.4 典型卫星通信网络系统 .....	164
4.4.1 IDR/IBS 系统 .....	164
4.4.2 卫星电视 .....	168
4.4.3 卫星 IP 网络 .....	172
4.4.4 平流层通信 .....	180
4.4.5 星上信号处理卫星通信 .....	183
习题 .....	183

<b>第 5 章 移动卫星通信系统</b>	185
5.1 移动卫星通信系统概述	185
5.1.1 移动卫星通信系统的分类	185
5.1.2 移动卫星通信系统的特点	187
5.1.3 移动卫星通信系统的发展动力与发展趋势	188
5.2 国际移动卫星通信系统(INMARSAT)	189
5.2.1 概述	189
5.2.2 INMARSAT 系统的构成	190
5.2.3 各类 INMARSAT 的终端	194
5.2.4 INMARSAT BGAN 系统	196
5.3 静止轨道区域移动卫星通信系统	198
5.3.1 北美移动卫星通信系统——MSAT	198
5.3.2 亚洲蜂窝系统——ACeS	200
5.3.3 瑟拉亚系统——Thuraya	202
5.4 低轨道移动卫星通信系统	205
5.4.1 概述	205
5.4.2 铱系统	206
5.4.3 全球星系统	208
5.5 中轨道移动卫星通信系统	210
5.5.1 概述	211
5.5.2 ICO 系统的组成	211
5.6 卫星导航定位系统	213
5.6.1 概述	213
5.6.2 GPS 定位方法	214
5.6.3 GPS 系统的组成	218
5.6.4 GPS 现代化	222
习题	224
<b>参考文献</b>	226

# 第 1 章 卫星通信概述

## 1.1 卫星通信的基本概念和特点

### 1.1.1 卫星通信的基本概念

卫星是指在围绕行星的轨道上运行的天然天体或人造天体，如月球是地球的卫星。本书所说的卫星是人造地球卫星。

通信是指带有信息的信号从一点传送到另一点的过程，广义地说，是指任何两地之间、使用任何方法、通过任何媒质相互传送信息达到联系的过程。而现代通信是指在任何时间、任何空间、任何地点、任何对象之间以任何方式进行信息交换的过程，例如人与人、人与机器之间信息的交换。所谓通信系统，是指传递信息所需的一切技术设备的总和，它包括信源、发送设备、传输媒质、接收设备和信宿等部分。

卫星通信是指利用人造地球卫星作为中继站转发无线电波，在两个或多个地球站之间进行的通信。它是在微波通信和航天技术基础上发展起来的一门新兴的无线通信技术。其无线电波频率使用微波频段(300 MHz~300 GHz，即波段 1 m~1 mm)。这种利用人造地球卫星在地球站之间进行通信的通信系统，则称为卫星通信系统，而把用于实现通信目的的人造卫星称为通信卫星，其作用相当于离地面很高的中继站。因此，可以认为卫星通信是地面微波中继通信的继承和发展，是微波接力向太空的延伸。

利用卫星进行通信的过程如图 1-1 所示，图中 A、B、C 等分别表示进行通信的各地球站，例如地球站 A 通过定向天线向通信卫星发射无线电信号，先被通信卫星天线接收，再经转发器放大和变换，由卫星天线转发到地球站 B，当地球站 B 接收到信号后，就完成了从 A 站到 B 站的信息传递过程。

通常，以空间飞行器或通信转发体为对象的无线电通信称为空间通信，它包括三种形式：

- (1) 地球站与空间站之间的通信；

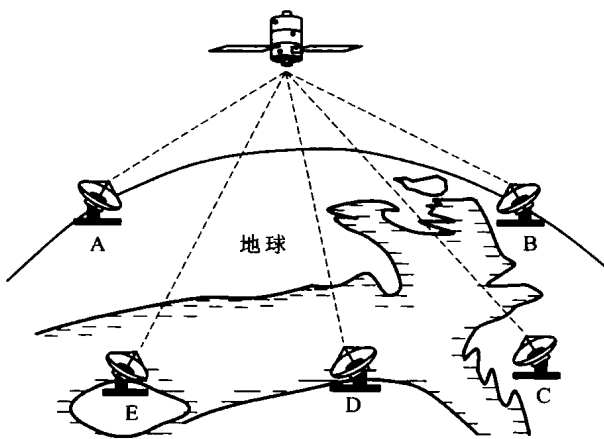


图 1-1 卫星通信过程示意图

(2) 各空间站之间的通信;

(3) 通过空间站的转发或反射进行的各地球站之间的通信。

通常,人们把第三种形式的空间通信称为卫星通信,这里说的地球站是指设在地球表面(包括地面、海洋或大气层)的通信站。

从地球站发射信号到通信卫星所经过的通信路径称为上行链路,而通信卫星将信号再转发到其它地球站的通信路径就称为下行链路。当卫星运行轨道较高时,相距较远的两个地球站可同时“看”到卫星,这样就可采用立即转发方式,只用一颗卫星就能实现立即转发通信,这种系统称为立即转发式卫星通信系统,其通信链路由发端地球站、上行链路、通信卫星转发器、下行链路和收端地球站所组成,如图 1-2 所示。

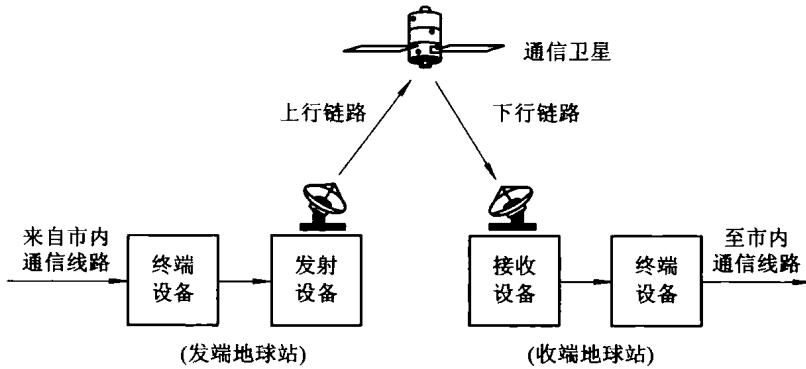


图 1-2 单颗卫星通信链路的组成

当卫星运行轨道较低时,相距较远的两个地球站不能同时“看”到同一颗通信卫星,若采用立即转发方式,就必须利用多颗卫星转发,才能进行远距离实时通信,其通信链路会增加同轨道通信卫星的星间链路(Inter Satellite Links, ISL)或不同轨道通信卫星的星际链路(Inter-Orbit Links, IOL),这种系统就是通常所说的低轨道移动卫星通信系统。否则,就只能采用延迟转发方式进行通信,这种系统则称为延迟式卫星通信系统。

当卫星运行轨道在赤道平面内,其高度约为 35 786 km,卫星运行方向与地球相同,且围绕地球公转周期与地球自转周期(24 h)相等时,从地球上看来,卫星如同静止一般,这种卫星称为静止卫星(或同步卫星)。图 1-3 是静止卫星与地球相对位置的示意图。从卫星向地球引两条切线,切线夹角为  $17.34^\circ$ ,两切线间弧线距离为 18 100 km,可见这个卫星电波波束覆盖区内的地球站都能通过该卫星来实现通信。若以  $120^\circ$  的等间隔在静止卫星轨道上配置三颗卫星,则地球表面除南、北两极是盲区外,其它区域均在卫星覆盖范围之内,而且部分区域为两颗卫星波束的重叠地区,因此借助于在重叠区内地球站的中继(称之为双跳),可以实现在不同卫星覆盖区域内的地球站之间的通信。显然,从理论上讲,只要三颗卫星等间隔排列,就可以实现全球通信,这是其它任何通信方式所不可能实现的。目前,国际卫星通信和绝大多数国家的国内卫星通信大都采用静止卫星通信系统。例如,由国际通信卫星组织负责建立的世界卫星通信系统(INTELSAT),简称 IS,就是利用静止卫星实现全球通信的。静止卫星所处的位置分别在太平洋、印度洋和大西洋上空,它们构成的全球通信网承担着绝大部分的国际通信业务和全部国际电视转播工作。我国的“东方红”通信卫星也是静止通信卫星。

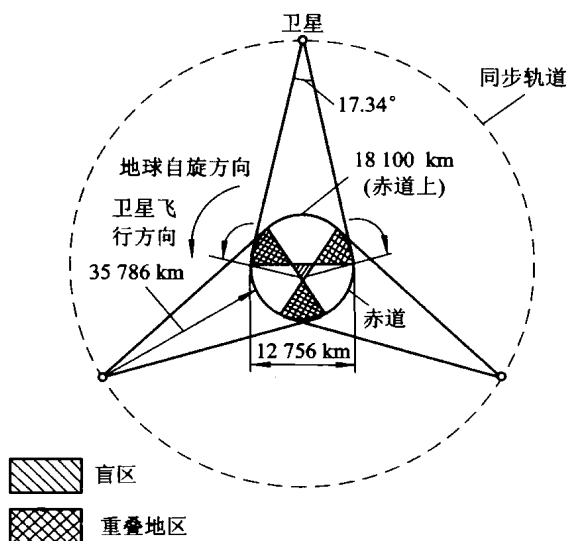


图 1-3 静止卫星与地球相对位置示意图

### 1.1.2 卫星通信的特点

卫星通信与其它通信手段相比，具有以下几方面的特点：

(1) 通信距离远，且费用与通信距离无关。由图 1-3 可见，利用静止卫星进行通信，其最大距离可达 18 100 km。而建站费用与维护费用并不因地球站之间的距离远近及地理条件的恶劣程度而有所变化。显然，这是地面微波中继通信、光纤通信以及短波通信等其它手段所不能比拟的。

(2) 覆盖面积大，可进行多址通信。许多其它类型的通信手段常常是只能实现点对点的通信，而卫星通信由于覆盖面积大，因此只要是在卫星天线波束的覆盖区域内，都可设置地球站，共用同一颗卫星在这些地球站间进行双边或多边通信，或者说多址通信。

(3) 通信频带宽，传输容量大。这是由于卫星通信通常都是使用 300 MHz 以上的微波频段，因而可用频带宽。目前，卫星通信带宽已达到 3000 MHz 以上，一颗卫星的通信容量可达到数千路乃至上万路电话，并可传输多达数百路的彩色电视以及数据和其它信息。

(4) 机动灵活。卫星通信不仅能作为大型固定地球站之间的远距离干线通信，而且可以在车载、船载、机载等移动地球站之间进行通信，甚至还可以为个人终端提供通信服务。

(5) 通信链路稳定可靠，传输质量高。由于卫星通信的无线电波主要是在大气层以外的宇宙空间中传播，传播特性比较稳定，同时它不易受到自然条件和干扰的影响，因此传输质量高。

正是由于卫星通信具有上述突出的优点，因而获得了迅速的发展，成为一种强有力的现代化通信手段。

当然，卫星通信也并非十全十美，它主要有以下几方面的局限性。

(1) 通信卫星使用寿命较短。通信卫星是综合高科技的产品，由成千上万个零部件组成，只要其中某个零部件发生故障，就有可能造成整个卫星的失败。处在太空中的卫星，若要修复，几乎是不可能的，因为成本很高。为了控制通信卫星的轨道位置和姿态，

需要消耗推进剂，卫星的工作寿命越长，所需要的推进剂就越多。而卫星的体积和重量是有限的，能够携带的推进剂也是有限的，一旦推进剂消耗完，卫星就失去了控制能力，会脱离轨道随意漂移，沦为“太空垃圾”。

(2) 存在日凌中断和星蚀现象。当卫星处在太阳和地球之间，并且三者一条直线上时，卫星天线在对准卫星接收信号的同时，也会因对准太阳而受到太阳的辐射干扰，又由于地球站天线对准卫星的同时也就对准了太阳，使得强大的太阳噪声进入地球站，因此会造成通信中断，这种现象称为日凌中断。对于静止同步卫星，这是难以避免的，并在每年春分和秋分各发生一次，每次约 6 天，每天中午发生，持续最长时间约 10 分钟，具体持续时间与地球站的天线口径、工作频率有关，例如 10 m 天线的地球站在 4 GHz 工作时，最长日凌中断时间约为 6 分钟。幸好这种中断时间较短，累积时间为全年的 0.02%，并且可以预报，必要时可采用主、备卫星转换办法来保证不间断通信。月亮也会造成类似现象，但其噪声比太阳弱得多，不会导致通信中断。

另外当卫星进入地球的阴影区时，还会出现星蚀现象。此时，通信卫星上的太阳能电池不能正常工作，而星载蓄电池只能维持卫星自转，不能支持转发器工作。对于静止同步卫星，星蚀发生在每年春分和秋分前后各 23 天的午夜，每天发生的星蚀持续时间不等，最长时间约为 72 分钟。

静止卫星的日凌中断和星蚀现象如图 1-4 所示。

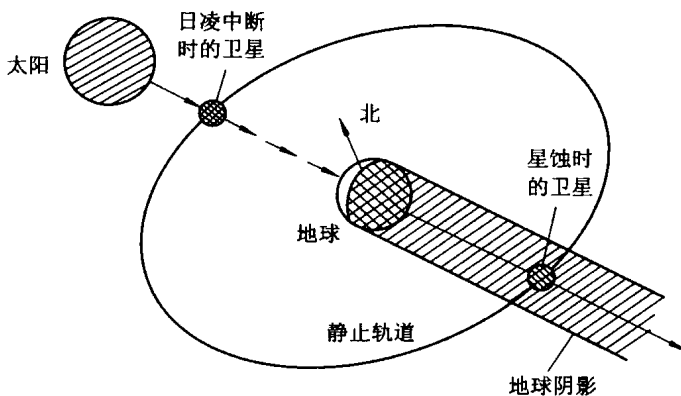


图 1-4 静止卫星的日凌中断和星蚀现象

(3) 电波的传播时延较大且存在回波干扰。尤其是采用距离地球较远的静止卫星进行通信时，信号由发端地球站经卫星转发到收端地球站，单程传输时间约为 0.27 s。当进行双向通信时，就是 0.54 s。如果是进行通话，会给人带来一种不自然的感觉。与此同时，如不采取回波抵消器等特殊措施，还会由于收、发语音的混合线圈不平衡等原因，产生回波干扰，使发话者在 0.54 s 以后又听到了反馈回来的自己讲话的回音，造成干扰。

(4) 卫星通信系统技术复杂。静止卫星的制造、发射和测控，需要先进的空间技术和电子技术。目前世界上只有少数几个国家能自行研制和发射静止同步卫星。

(5) 静止卫星通信在地球高纬度地区通信效果不好，并且两极地区为通信盲区。

总而言之，卫星通信有其优点，也存在一些缺点。不过这些缺点与优点相比是次要的，而且有的缺点随着卫星通信技术的发展，已经得到或正在得到解决。比如，近年来一些国



家又开始研究利用多颗低轨道移动卫星组网, 以实现全球范围内的通信, 其中包括个人通信网。

### 1.1.3 卫星通信系统的组成和分类

#### 1. 卫星通信系统的组成

卫星通信系统通常由通信卫星、通信地球站分系统、跟踪遥测及指令分系统, 以及监控管理分系统四部分组成, 如图 1-5 所示。

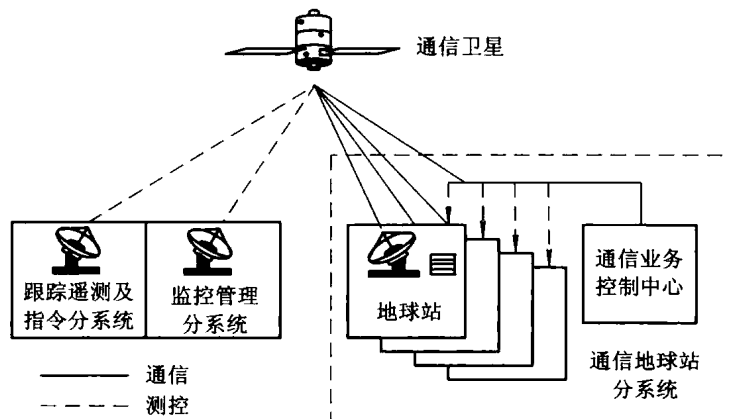


图 1-5 卫星通信系统的组成

(1) 通信卫星: 由一颗或多颗通信卫星组成, 在空中对发来的信号起中继放大和转发作用。每颗通信卫星均包括收发天线、通信转发器、跟踪遥测指令、控制和电源等分系统。

通信卫星的分类如下:

① 按照卫星的结构, 通信卫星可分为有源卫星(目前正在发展)和无源卫星(目前已淘汰)。

② 按照卫星的运动方式, 通信卫星可分为静止卫星(同步卫星)和运动卫星(非同步卫星), 其中运动卫星是有源的, 它只适用于高纬度地区或为特殊目的服务的业务(军事侦查、监视、预报系统), 主要包括相位卫星(同轨道排列的多颗卫星)和随机卫星(不同轨道排列的多颗卫星)等类型。

③ 按照卫星的重量, 通信卫星可分为巨卫星(大于 3500 kg)、大卫星(1000~3500 kg)、中卫星(500~1000 kg)、小卫星(100~500 kg)、微小卫星(10~100 kg)、纳卫星(1~10 kg)、皮卫星(0.1~1 kg)和飞卫星(<0.1 kg)。

④ 按照卫星离地面的高度( $h$ ), 通信卫星可分为低轨道( $h < 5000$  km)卫星、中轨道( $5000 < h < 20\,000$  km)卫星、高轨道( $h > 20\,000$  km)卫星和地球同步轨道( $h = 35\,786$  km)卫星。

⑤ 按照卫星轨道与赤道平面的夹角(即卫星倾角  $i$ ), 通信卫星可分为赤道轨道卫星( $i = 0^\circ$ )、倾斜轨道卫星( $0^\circ < i < 90^\circ$ , 顺行;  $90^\circ < i < 180^\circ$ , 逆行)和极地轨道卫星( $i = 90^\circ$ )。

(2) 通信地球站分系统: 包括地球站和通信业务控制中心, 其中有天馈设备、发射机、接收机、信道终端、跟踪与伺服系统等。

(3) 跟踪遥测及指令分系统：其作用是对卫星进行跟踪测量，控制卫星准确地进入静止轨道上的指定位置，并对卫星的轨道、位置、姿态进行监视和校正。

(4) 监控管理分系统：其作用是对在轨道上的卫星的通信性能及参数进行业务开通前的监测和业务开通后的例行监测与控制，其中包括转发器功率、天线增益、地球发射功率、射频频率和带宽等，以保证通信卫星正常运行和工作。

此外，卫星通信系统的组成还可以分为空间段、地面段和控制段三部分。

(1) 空间段：包括通信系统中所有的处在地球外层空间的卫星，其作用是在空中对地面或其它卫星发来的信号起中继放大和转发作用。

(2) 地面段：主要由多个承担不同业务的地球站组成，它们按照业务类型，大致分为用户站(如手机、便携设备、移动站和小口径终端 VSAT，可以直接连接到空间段)、接口站(又称关口站，它将空间段与地面网络互连)和服务站(如枢纽站和馈送站，它通过空间段从用户处收集信息或向用户分发信息)。

(3) 控制段：由所有地面控制和管理设施组成，它既包括用于监测和控制(跟踪遥测及指令系统)这些卫星的地球站，又包括用于业务与星上资源管理的地球站。

## 2. 卫星通信系统的分类

当前，世界上已建立了几十个卫星通信系统，将来还会更多。归纳起来可以从不同角度对它们进行分类：

(1) 按照卫星制式，分为随机、相位和静止 3 类卫星通信系统；

(2) 按通信覆盖区的范围，分为国际、国内和区域 3 类卫星通信系统；

(3) 按用户性质，分为公用(商用)、专用和军用 3 类卫星通信系统；

(4) 按业务分为固定业务(FSS)、移动业务(MSS)、广播业务(BSS)、科学实验及其它业务(如教学、气象、军事等)卫星通信系统；

(5) 按多址方式，分为频分多址、时分多址、码分多址、空分多址和混合多址 5 类卫星通信系统；

(6) 按基带信号体制，分为数字式和模拟式两类卫星通信系统；

(7) 按所用频段，分为特高频(UHF)、超高频(SHF)、极高频(EHF)和激光 4 类卫星通信系统。

以上各种分类方法从不同侧面反映出卫星通信系统的特点、性质和用途，若将它们综合起来，便可较全面地描绘出某一具体的卫星通信系统的特征。

## 1.2 卫星通信地球站

### 1.2.1 地球站的分类

地球站是卫星通信系统的重要组成部分。它可以按不同的方法来分类。

(1) 按安装方法及设备规模，地球站可分为固定站、移动站(船载站、车载站、机载站等)和可搬动站(在短时间内可拆卸转移)。其中，固定站根据规模大小可分为大型站、中型站和小型站。