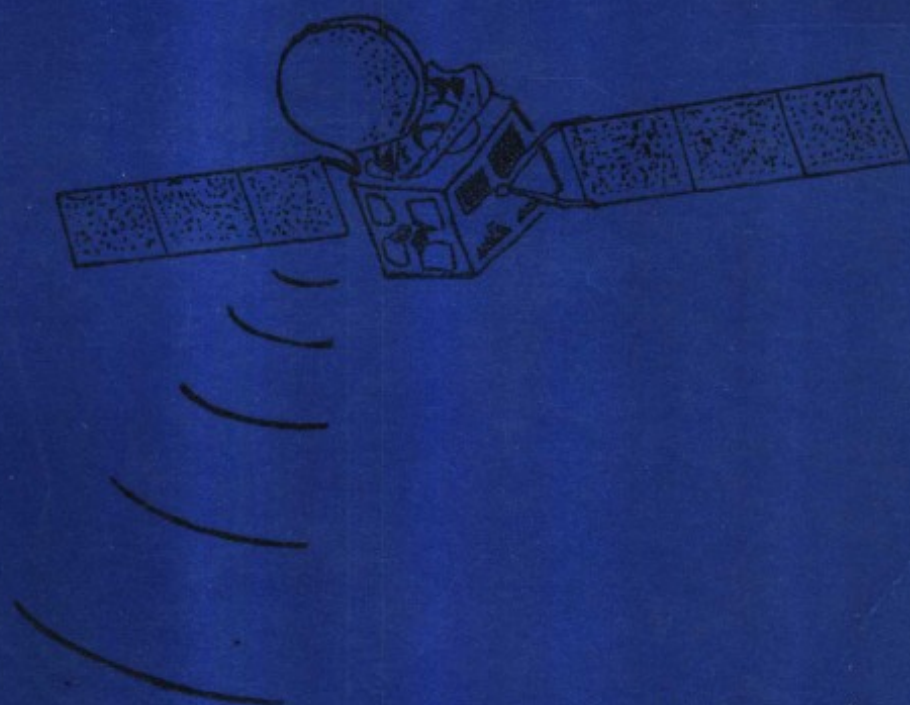


航天任务的分析与设计

SPACE MISSION ANALYSIS AND DESIGN

(下 册)



[美] James R. Wertz 编
Wiley J. Larson

航空工业出版社

特约编辑：潘科炎 陈德顺

封面设计：王九山

ISBN 7-80046-508-X/V·126

定 价：25.00元

航天任务的分析与设计

(下 册)

[美] James R. Wertz 编
Wiley J. Larson

王长龙 郭宝柱 张照炎 等译
王旭东 王宏年 王景泉

潘科炎 校

航空工业出版社

1992

(京)新登字161号

内 容 简 介

本书是航天技术领域的一部权威性著作。此书从大系统工程角度出发,将航天任务的总体设计和分析、航天器各分系统的设计、航天任务的运行管理和地面支持,以及航天任务要求的确定、后勤系统和航天系统的地位等各个技术领域有机地融为一体。书中引用的大量图表均是工程实用性极强的结论性成果,其中的曲线和数据可供航天器总体设计师和管理决策人员直接引用。

本书对航天任务总体设计和分系统设计人员、运行和管理决策人员是一部十分有用的参考书和工具书,对涉足这一领域的高等院校教师、高年级学生和研究生也有较大参考价值。

J. R. Wertz W. J. Larson

Space Mission Analysis and Design

Published by Kluwer Academic Publishers,

P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, 1991

*

航天任务的分析与设计

(下册)

[美] James R. Wertz Wiley J. Larson 编

王长龙 郭宝柱 张照炎 等译

王旭东 王宏年 王景泉

潘科炎 校

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号)

— 邮政编码: 100025 —

中国空间技术研究院印刷厂印刷

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.75

印数: 1—1 500 字数: 467 千字

ISBN 7-80046-508-X/V·126

定 价: 25.00元

前 言

航天任务的分析和设计是一项复杂的大系统工程。

本书重点放在近地轨道不载人航天任务的分析和设计上，但书中所阐明的一般原则也适用于其他航天任务的分析和设计。这是一本理论和工程实践完美结合的权威专著。它将航天任务的总体设计和分析、航天器各分系统的设计、航天任务的运行管理和地面系统的相互关系，以及航天任务要求的确定、后勤支持和航天系统的地位等各个领域从大系统工程角度有机地融为一体，可作为航天任务大系统工程实践的指导。书中，作者们尽量提供一些经验法则、经验公式，以及基于以往航天活动经验而日积月累的设计概念。

本书是由众多高级专家组成的一个作者群体共同创作的结晶。它是过去30多年航天技术领域所取得的成就和经验的总结。书中集中反映了根据这一实践经验取得的共识，它将启发航天工作者将来如何卓有成效地工作。由于航天活动实践经验的广泛性、多样性，以及不同作者对每个论题的感性和理性认识程度的差异，书中处处反映出不同作者的不同观点。我们深信，反映这种百家争鸣的观点，而不是压制个别作者的不同意见，这在学术上和工程实践上无疑是十分重要的。

我们深信本书将成为需要更加深入了解和掌握有关航天任务总体设计的有效载荷设计师和负责制定航天任务要求和技术规范的总体设计师的一本主要工具书。我们希望本书也能成为涉足这一领域的各类系统工程师的有用参考书，并希望本书的翻译出版，将进一步推动航天任务大系统总体决策、设计和管理的优化。

楊嘉墀

1992年1月

译 者 的 话

本书旨在使从事航天任务工程的设计师能“从零开始”设计一项具体的航天任务，使之满足一系列广泛的飞行任务目标。一般说来，系统设计师总要通过具体地找出影响某航天任务的若干个关键性的主导因素，并通过对飞行任务性能、系统规模、成本、计划进度和风险的折衷综合评估来确定这项航天任务的总体方案。航天任务的周期一般包括方案研究、研制、生产和部署、运营和支持这四个阶段。本书重点阐明方案研究阶段。这一阶段的目标是分析和评定航天任务的需求，提出能满足航天任务运营和终端用户要求、且经费可以承受的各种可供选择的方案。方案研究阶段又进一步分为航天任务需求分析和方案开发两部分。航天任务需求分析就是根据飞行任务的总体目标、运营方案、计划进度、全寿命成本及支撑能力、市场变化、研究需求、国家航天政策、长远航天规划、对国家安全威胁的变化、军事原则、新技术开发等一系列决策因素，提出对航天任务的潜在要求。而在方案开发阶段，航天系统研制部门必须确认系统要求，确定可供选择的方案，开发并评估系统性能、成本、计划进度、风险、支持能力、生产能力、年度投资分配等因素。在这一阶段，用户、任务运营和系统研制部门的决策者将最终评定这些方案、飞行任务初期目标以及系统要求是否符合飞行任务的总体要求。如果这项航天计划以合理的经费满足任务需求，系统要求将得以确认，计划即转入具体的研制阶段。

本书是理论和工程实践完善结合的权威专著。它既可作为航天大学本科生和研究生的教学参考书，也可作为航天技术领域的工程技术人员和管理人员的工作参考书。本书读者应具备物理学、数学和基础工程学的一般知识，但他们未必熟悉航天技术的各个领域。书中还提供了有关航天器总体设计和航天任务运营的大量有价值的补充资料。我们深信本书将成为需要更加深入了解和掌握有关航天任务总体设计的有效载荷设计师和负责制定航天任务要求和技术规范的总体设计师的一本主要工具书。

本书可以循序渐进地阅读，但其中大多章节自成体系，读者也可有选择性地浏览，需要时再参考书中其他有关章节。对某些专题抱特殊兴趣的读者，建议按如下次序阅读：

关心航天任务分析和设计的读者可阅读第1~9章和19~23章；

关心航天任务运行管理及其与地面系统相互影响的读者可阅读第1、2、4、13~16和第19章；

关心航天系统要求的确定、后勤支持和航天系统地位的读者可阅读第1~4、7、9和第18~23章。

本书通篇采用国际单位（公制）。附录B中列出了所有常用单位的换算表。所列出的换算系数和物理常数一般均给出全部有效精度，因此这些数据可以直接注入计算机程序而不必另作修正。书中引用的变量尽量采用约定俗成的常用符号。附录A中列出了坐标系、轨道参数和地球观测几何中常用的标准符号，读者在设计工作中应尽可能采用这些符号，以减少混淆和差错。第5.1节给出了航天任务分析中最常用的几种坐标系的定义。书末还专门列出了航天任务分析和设计过程中最常用的一些公式和空间物理常数。全书图文并茂，书中所引用的大量图表均是工程实用性极强的结论性成果，其中的曲线和数据可供航天器总体设计

师和运营管理决策人员直接引用。

本书是北京控制工程研究所和北京空间科技文献服务中心众多同志共同协作的成果。屠善澄教授、张国富教授和邹广瑞教授对本书的翻译出版给予热情支持和鼓励，在此深表谢意。

全书篇幅甚巨，中译本将分上下两册出版。各章的译者为：上册第1章李捷，第2章曹锡生，第3~4章安嘉欣，第5章严拱天，第6章陈义庆，第7章陈祖贵，第8章张康华，第9章陈德顺，第10章张照炎，第11章王长龙、张传军、赵宏、李智远，第12章张传军，下册第13章王景泉，第14章王旭东，第15章潘科炎，第16章郭宝柱，第17章王宏年，第18章张传军，第19章王长龙，第20章潘科炎，第21章王长龙，第22章张照炎，第23章季漫、谷春林，附录潘科炎、严拱天。全书最后由潘科炎负责译文校对定稿。王蓉芝、詹盛能等同志为本书插图植字和加工。航空工业出版社邵箭同志对本书进行了出版审订工作。还有许多同志为本书的翻译出版提供多方面的支持和帮助，在此一并致谢。

本书是在短时间内由多人共同翻译而成的，成书仓促，错误和不足之处在所难免，敬请不吝指正。

译 者

1992年1月

目 录

第13章 通信系统结构	(1)
13.1 通信系统结构	(2)
13.2 数据率	(9)
13.3 链路设计	(16)
13.4 有效载荷参数的确定	(32)
13.5 几个专题	(37)
第14章 飞行任务的运营	(44)
14.1 飞行任务运营概述	(44)
14.2 航天器运行	(46)
14.3 人员培训	(52)
14.4 制定飞行任务计划	(55)
14.5 工程支持	(58)
第15章 地面系统的设计及其规模的确定	(66)
15.1 地面系统的设计过程	(68)
15.2 地面系统的基本组成单元	(69)
15.3 典型的地面系统	(74)
15.4 建立专用系统的不同选择方案	(79)
15.5 设计考虑的关键因素	(83)
第16章 航天器的计算机系统	(86)
16.1 定义计算机系统	(90)
16.2 计算机资源的估计	(99)
16.3 研制阶段的问题	(108)
16.4 计算机系统的总装及测试	(114)
第17章 空间推进系统	(117)
17.1 火箭推进基本原理	(117)
17.2 火箭发动机类型	(121)
17.3 推进分系统的选择和参数确定	(128)
17.4 部件选择和参数确定	(130)
17.5 多级火箭	(137)
第18章 发射系统	(141)
18.1 确定和分析可接受的发射系统的结构	(143)
18.2 为航天器的设计选择发射系统	(152)
18.3 确定航天器的外形尺寸和环境条件	(153)
第19章 空间后勤和可靠性	(163)
19.1 空间后勤	(163)

19.2	空间任务方案论证阶段的可靠性	(168)
第20章	成本模型	(181)
20.1	成本分析引论	(181)
20.2	参数法成本估算过程	(186)
20.3	成本估算关系式	(188)
20.4	风险及时间因素的评估	(196)
20.5	其他问题	(199)
第21章	飞行任务设计的约束条件	(206)
21.1	法律 and 政策的制约因素	(206)
21.2	轨道碎片——一种人造的危险	(219)
第22章	低成本航天器设计	(228)
22.1	低成本空间系统的设计	(236)
22.2	小型空间系统的能力和应用	(239)
22.3	小型卫星技术在火灾卫星上的应用	(243)
22.4	从大型系统到小型系统的比例缩放问题	(245)
22.5	低成本空间系统的经济性	(246)
22.6	有关低成本空间系统的参考文献	(251)
第23章	航天器设计的国际经验	(253)
23.1	美国	(256)
23.2	苏联	(257)
23.3	欧洲	(259)
23.4	日本	(264)
23.5	其他国家及国际空间计划	(265)
附录A	标准符号	(267)
附录B	球面几何公式	(269)
附录C	单位与换算系数	(273)
附录D	宇航和天文物理常数	(282)
附录E	空间飞行公式	(287)
附录F	基本物理常数	(289)
附录G	空间飞行常数	(290)
附录H	地球卫星参数	(291)

第13章 通信系统结构

Richard S. Davies, Stanford Telecommunications Inc.

13.1 通信系统结构

根据卫星和地球站的几何关系确定的通信系统结构, 根据功能要求确定的通信系统结构, 选择通信系统结构的准则

13.2 数据率

跟踪、遥测和遥控, 数据收集, 数据中继

13.3 链路设计

链路方程式的推导, 链路设计方程、调制和编码, 大气衰减和降雨衰减, 频率选择, 链路预算

13.4 有效载荷参数的确定

13.5 几个专题

多址: 通信链路共用技术, 具有星上处理功能的有效载荷, 抗干扰技术, 加密技术, 分集技术, 光学链路

通信系统结构是指卫星和地球站在空间通信系统中的安排或结构配置, 这种通信系统结构就是在卫星和地球站之间传输信息的通信链路系统。本章讨论这种链路的配置、运营及其对系统设计的影响。关于卫星通信的更详细资料, 参见 Morgan[1989]和 Sklar[1988]的论文。

表 13-1 列出了确定通信系统结构所需要的步骤。第一步是详细确定飞行任务的目标和具体的设计要求, 用于评价和比较可供选择的系统结构。第13.1节描述各种可供选择的结构配置方案以及这些选择所依据的准则。

第二步是确定第一步所选择的各个通信链路的数据率。要做到这一步, 必须首先规定数据传输所要求的精度, 并明确是否要求星上数据处理。这一步在13.2节中描述。

第三步是设计网络中的每一条链路, 对此在13.3节中有具体说明。设计时考虑的基本要素是可供利用的无线电频谱、卫星天线波束的覆盖区以及卫星和地球站之间的路径长度。由这些要素可进一步确定卫星的天线尺寸和发射机功率, 这两项指标是对空间系统规模影响最大的投资因素。

在第13.4节中讨论第四步, 这一节将提供大量有助于读者估算卫星天线的尺寸和重量、卫星发射机的功率和重量等信息。这些参数可作为第10章中所描述的卫星设计过程和第15章中所描述的地面系统设计过程的输入数据。

表13-1 确定通信系统结构的必要步骤

步 骤	具 体 步 骤	参 考 章 节
1. 确定通信链路	A. 确定任务目标 B. 确定任务要求 C. 确定系统结构	1 4 13.1
2. 确定每条链路的数据率	A. 确定要求的精度 B. 确定采样速率、量化电平	4.2, 9.3 13.2
3. 设计每条链路	A. 选择频段 B. 选择调制方案和编码方式 C. 确定天线尺寸和波束宽度限制条件 D. 确定发射机功率限制条件 E. 估算大气衰减和降雨衰减 F. 估算接收噪声和干扰功率 G. 估算要求的天线增益和发射机功率	13.3
4. 选择有效载荷参数	A. 选择有效载荷天线构型 B. 计算天线尺寸 C. 估算天线重量 D. 估算发射机重量	13.4

13.1 通信系统结构

通信系统结构是卫星和地球站之间通过通信链路互相联络的网络。地球站一词是地面站、地面终端和地球终端的统称,包括陆地移动终端、机载和船载终端等。所有地球站和终端都涉及到相同的设备,即与卫星进行通信所要求的天线、发射机、接收机以及控制设备等。

通信链路使卫星系统具有在其各组成部分之间实现跟踪、遥测、遥控数据和业务数据传输转发的功能。图13-1给出了地球站到卫星的上行链路,卫星到地球站的下行链路以及卫星到卫星的交叉链路(亦称星间链路),这些都是支持空间系统的链路。图中没有示出在地球站与飞行任务控制中心(或用户)之间传输数据所需要增加的通信链路。例如,美国空军的卫星测控网利用国防通信卫星-Ⅲ实现各远程跟踪站和位于加利福尼亚州的卫星测控设施之间的数据中继,就属于这种情况。

在空间系统中,发射机和接收机必须处于相互的视场之内,这样使用足够高的频率(100 MHz以上),就可使电波容易穿透地球的电离层。通常,处于非地球静止轨道的卫星往往是在用户地球站的视场之外,在这种情况下,若要实现卫星和地球站之间的数据传输,还要依靠位于地球静止轨道的另一颗卫星进行数据中继。地球站到卫星的链路称为前向链路,卫星到地球站的链路称为返回链路。如图13-1所示,前向链路和返回链路都包括上行链路、下行链路以及星间链路等。

13.1.1 根据卫星和地球站的几何关系确定的通信系统结构

由卫星轨道和地球站构成的几何关系确定了基本通信系统结构,如图13-2所示。表13-2

列出了各种通信系统结构的主要优缺点。

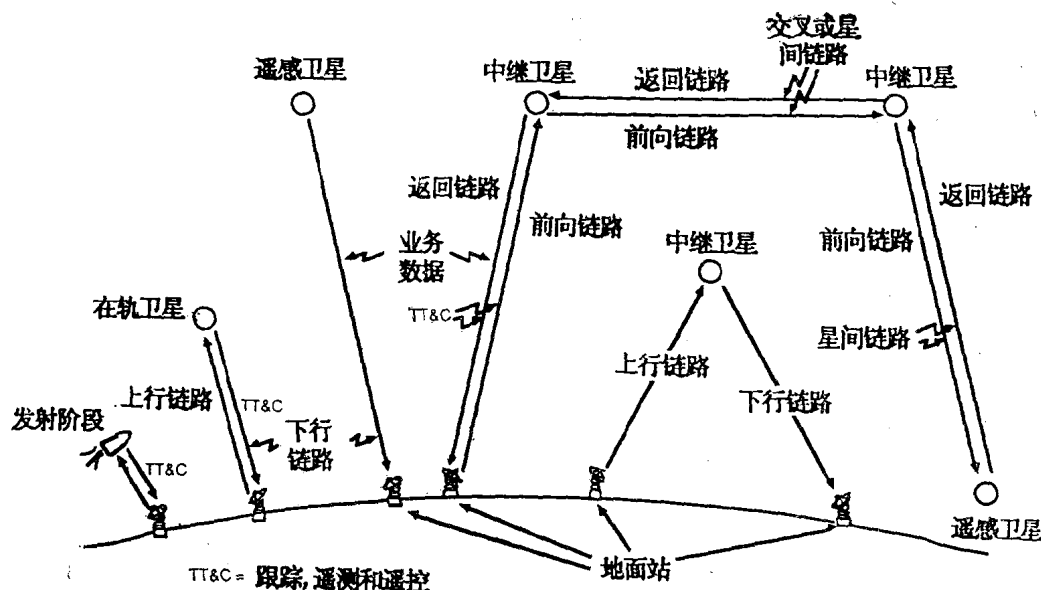


图13-1 由卫星和地球站组成、并通过通信链路互相联络的通信系统结构

存储-转发类（见图 13-2A） 用卫星进行通信中继的系统结构在 1960 年即已问世，当时美国军方发射了“信使”卫星 [Mottley, 1960]。在这个通信系统结构中，卫星在低轨道（1000km 以下）运行，它接收数据并将数据存储在存储器中。当卫星运行到接收地球站的视场之内时，卫星再发射所存储的数据。在这种系统结构中，由于只需将卫星发射到较低的轨道高度，可以使用低成本的运载火箭；同时，由于只要求用较宽的天线波束覆盖地面，可以减小卫星的天线尺寸，并可降低其稳定性要求，因此卫星成本也较低。这种卫星通常也不要求轨道位置保持。

这种系统结构的主要缺点是通信寻址时间较长，传输延时较大。为了等待卫星通过用户地球站的视场，可能需要几小时。

地球静止轨道（图13-2B） 实际上，几乎所有的通信中继卫星系统和许多气象卫星都采用这种轨道配置。在这种系统结构中，卫星位于高度为35786km、倾角接近零度的轨道上。这种轨道的轨道周期恰好与地球自转周期相等，因此从地球站看上去，卫星处于相对静止状态（参见6.1节）。由于这种结构几乎不要求天线的定向控制，因此地球站的成本通常较低。这种由地球静止轨道卫星组成的通信网与由非静止轨道（相对于地球）卫星组成的动态通信网相比较，建网、监视和控制更容易。对于这种通信系统结构，由于卫星通常处于用户地球站的视场之内，因此一般不要求从一颗卫星到另一颗卫星的链路切换。该系统结构的主要缺点是卫星不能覆盖 70° 以上的高纬度区域，卫星的发射成本也较高。此外，由于从地面到地球同步轨道的信号传播延迟大约为0.25秒，因此这种通信卫星系统有时会引起诸如回声、不符合通信规则要求等问题。

闪电型轨道（图13-2C） 苏联通常使用这种卫星覆盖北极地区。卫星位于远地点 40000 km、近地点500km、倾角 63.4° 的大椭圆轨道（参见6.1节）。为了覆盖北纬区域，卫星远地点处于北极上空。卫星的轨道周期为12小时，但由于是大椭圆轨道，因此在每个轨道周期

中，卫星在北半球上空飞行大约 8 小时。两颗或两颗以上的卫星一般处在不同的轨道面内，各轨道面的相位设计保证至少有一颗卫星始终处于全部北纬地区的视场内。遗憾的是，闪电轨道不但要求地球站要连续改变其天线指向角，而且要求卫星在出入地球站的视场时切换星间链路。

表13-2概括了各种通信系统结构的特点。

表13-2 五种典型通信系统结构的比较

通信系统结构	优点	缺点
A. 低轨道，单颗卫星的存储-转发通信	• 发射成本低 • 卫星成本低 • 采用倾斜轨道可覆盖极区	• 信息寻址时间较长，传输延迟长（长达几小时）
B. 地球静止轨道卫星系统	• 不要求卫星间的信息交换 • 通常不要求对地球站天线进行跟踪	• 发射成本高 • 卫星成本高 • 要求轨道位置保持 • 存在信号传播延迟 • 不能覆盖极区
C. “闪电”型轨道卫星系统	• 能提供极区覆盖 • 每颗卫星的发射成本较低	• 连续覆盖半球需要几颗卫星 • 要求天线定向和卫星间的链路交接 • 网络控制较复杂 • 要求轨道位置保持
D. 采用星间链路的地球静止轨道卫星系统	• 长距离通信不要求中转地球站 • 传输延迟减小 • 不需要在国外领土上建地球站 —提高安全保密性 —降低成本	• 卫星较复杂，成本较高 • 要求轨道位置保持 • 要求中继卫星，增加发射成本 • 不能覆盖极区
E. 采用星间链路的低轨道多卫星系统	• 生存能力强 —有多条通信路径 • 由于地面视场区域较小，可减小对通信干扰的敏感度 • 由于轨道高度较低，可降低发射机功率 • 每颗卫星发射成本较低 • 采用倾斜轨道可覆盖极区	• 链路的信号捕获较复杂（天线定向，频率和时间同步） • 网络动态控制复杂 • 提高链路利用率需要多颗卫星

采用星间链路的地球静止轨道卫星系统（图13-2D） 当一颗地球静止轨道卫星不在地球站的视场之中时，需用第二颗地球静止轨道卫星中转第一颗卫星与地球站之间的数据。由图13-2B可知，使用中继卫星进行信号中继要优于使用相邻两座地球站的双跳链路作为信号中继的手段，因为中继地球站通常要安装在国外领土上，不但投资高，不利于安全保密，且易遭破坏。使用卫星作为中继手段的系统结构，其明显缺点是增加了中继卫星及其星间链路，从而增加了系统的复杂程度、风险和投资。

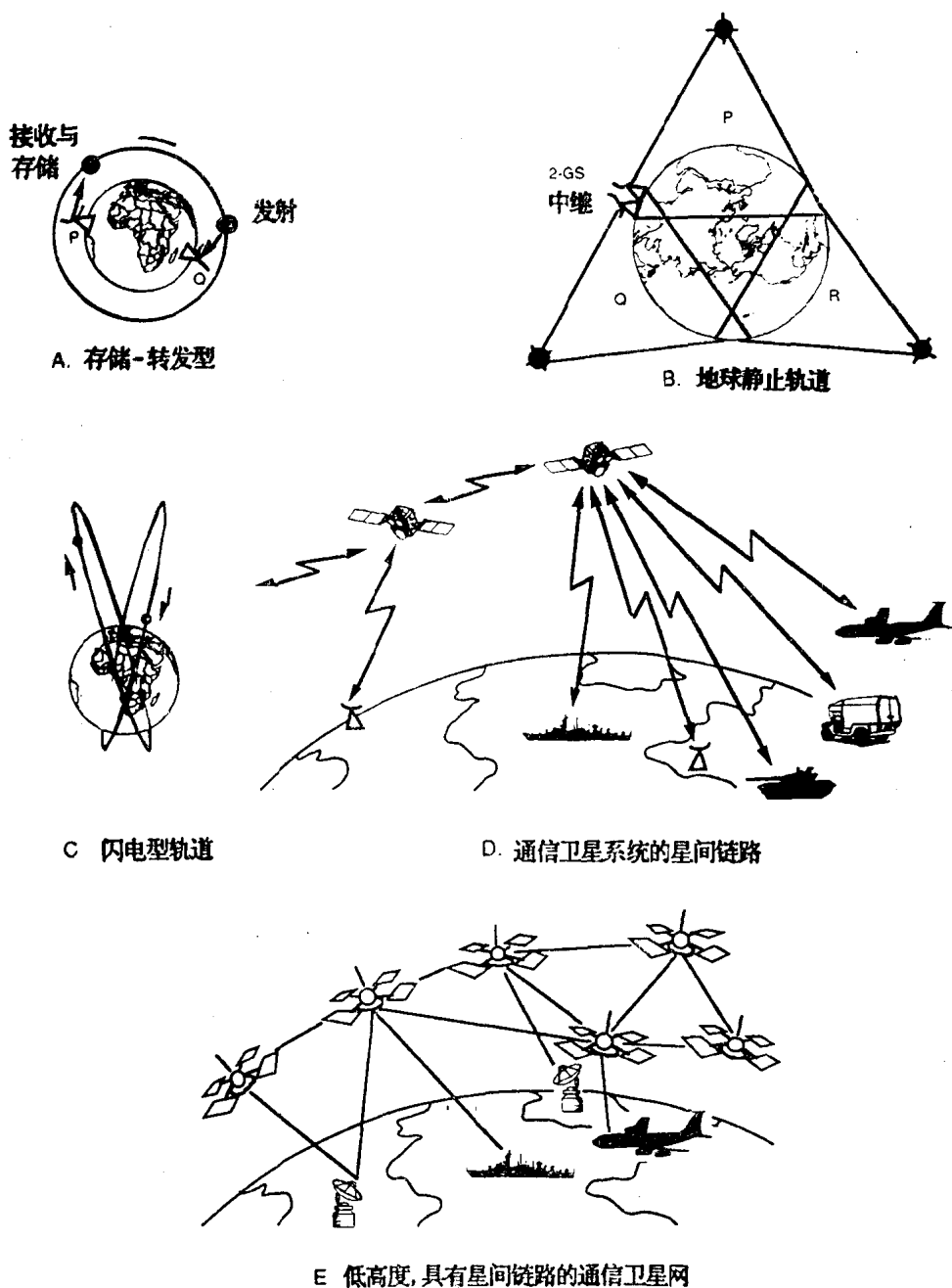


图13-2 用于满足不同任务要求的典型通信系统结构

采用星间链路的低轨道卫星系统 (图13-2E) 这种系统结构使用20颗或20颗以上的低轨道 (500~3000km) 卫星, 采用星间链路实现卫星间的通信联络。这种系统将数字信息分成包含几百甚至几千比特的若干数据包, 每个数据包含有日期、时间和信息发送目标地址的标志符, 然后以短脉冲群方式发射。根据在传输时间内卫星和地球站之间的几何关系, 数据包可能以不同传播路径到达目的地, 传播时间也不同。接收站必须对接收的数据包按正确的次序排序并重新打包, 以获得原始信息。由于有众多的选择路径可以利用, 故系统有较高的生存能力。此外, 由于一颗低轨道卫星所覆盖的地球区域较小, 故也能提高抗地面干扰的能

力。最后一点，由于地球站和卫星间的距离较短，上行链路发射机的功率较低，因此用户擅自接收信号的可能性较小。另一方面，由于卫星和地球站之间的相对运动，这种系统结构还要求复杂的网络同步和控制功能。这种卫星系统不具有位置保持功能，多颗卫星可能成群地漂移，从而使覆盖区出现空隙，造成明显的链路中断。

还有其它多种系统结构可以满足特定的任务要求。如Chapell [1987] 提出的“混合系统”，包括高、低轨道的卫星，因而兼有高低轨道卫星系统的优点。Lee [1988] 比较了向美国大陆提供区域卫星通信业务的三种系统结构。这三种系统都包括4颗地球静止轨道卫星，卫星间彼此孤立，通过地球站的双跳链路联络，或者通过星间链路互连。

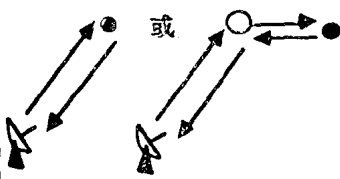
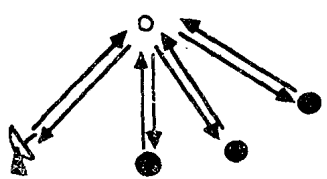
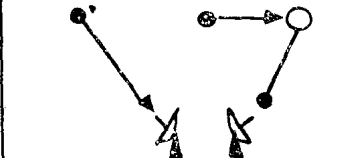
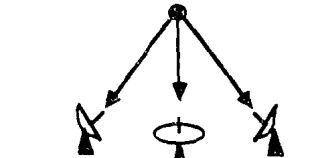
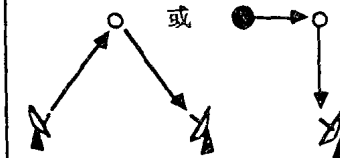
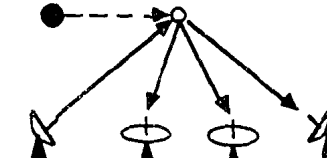
卫星功能	数据传播方式	
	点对点	广播
跟踪、遥测和遥控	 在卫星和地面站之间直接发送或通过一颗中继卫星发送TT&C数据	 一颗中继卫星可为多颗卫星提供TT&C广播业务
数据采集	 星上传感器采集数据后直接发送给单个地面站或通过中继站转发给地面站	 星上传感器采集数据后将数据转播给多个地面站
数据中继	 数据中继卫星将地面发出的数据或另一颗卫星的数据转发给某个地面站	 数据中继卫星将地面发出的数据或另一颗卫星的数据中继给多个地面站

图13-3 由所需完成的功能确定的通信系统结构 空心圆圈代表一颗中继卫星。

13.1.2 根据功能要求确定的通信系统结构

图13-3中给出了三种通信系统结构：即跟踪、遥测、遥控类；数据采集类和数据中继类。一个点到点的网络可用来向单独一个地球站提供一条链路。广播型系统结构是向位于不同区域的多个地球站同时发送数据。这种系统结构或采用宽波束卫星天线，或采用能在各个地球站间快速切换的窄波束天线，或者采用多波束天线（见13.4节）。在卫星通信应用中，卫星的网络控制系统通常是拥有千百万个用户的大型远程通信网的一个组成部分。这样，众多并非同时使用卫星通信系统的用户，利用多址技术可共用这些卫星。有关多址技术，在13.5节中描述（参见Morgan[1989]第2章）。

星上数据处理功能可能影响卫星通信系统结构。通常，一颗卫星所收集的数据通过下行链路直接发向用户。然而，为了使数据可供用户使用，经常要求对数据进行处理。如果一个通信系统包括许多地球站，则应首先在卫星上进行数据处理，然后再把数据发送出去，这样做比每个用户单独处理数据更加经济。这种处理方式通常可降低数据率，从而可节省投资（参见13.2节）。欧洲气象卫星系统就是采用星上处理技术的卫星系统，它首先对所扫描到的云图数据进行存储并格式化，然后以较低数据率将数据发向各个地球站。

地球站（含机载站、船载站）的操作人员通常通过向卫星发送指令，实时（或近实时）地控制卫星飞行。若卫星在轨道飞行期间有部分弧段不在地面控制站的视场之内，以前接收并存储在卫星上的指令就通过星上定时器控制执行。这种系统结构的优点是，可灵活改变要求，可靠性较高，并可降低复杂性，卫星的成本也较低。缺点是应付人为差错和处理地面控制设施故障的能力较低，地面控制成本特别是操作管理费用较高。

另一方面，卫星利用星上产生数据和编程决策的处理能力，本身也能控制飞行任务。采用这种工作模式可代替地面控制，系统具有较高的生存能力，较快的响应时间（可消除通信链路延迟），可避免由操作者的原因而引起的人为差错，而且还可降低地面设备和运营费用。但这种系统的应变能力或处理意外情况的能力较差，卫星本身更加复杂，成本较高，可靠性也较低。因此，即使星上采用自主控制结构，一般也要求有地球站支持，以收集卫星的数据，作为星上控制系统的备份手段。

通常，由地球站控制不载人卫星时，可以简化卫星的设计。将来，我们期待诸如位置保持等更多的功能可在卫星上完成，这样就可大大减少卫星对地球站控制系统的依赖性（参见16.1节）。

在卫星系统操作运行期间，通信链路结构可能需要重新配置，也可能需要对诸如功率、带宽等参数进行调整，以适应系统要求的变化。实现上述功能的过程称作网络控制。通信系统结构可能需要大量的控制功能（见表13-3）。像苏联“人造地球卫星”等早期的卫星系统，由于仅使用一颗卫星，卫星到地球站只有一条链路和一副宽波束天线，因而不要求这种复杂的网络控制功能。另一种情况，像美国航宇局的“高级通信技术卫星”（ACTS）[Naderi, 1988]，这一通信卫星系统采用带有解调器和切换矩阵电路的多个窄波束卫星天线，这种系统结构要求采用高级系统进行网络控制。网络控制系统可以是使用一座地球站和一颗卫星的集中式系统，也可以是使用多座地球站和多颗卫星的分布式系统。分布式配置采用分级控制方式或称为优先级控制方式，以避免通信业务冲突。这种分布式控制网络不易受单个控制部件故障的影响，网络生存能力较强（更详细的内容参见第14章）。

表 13-3 网 络 控 制 功 能

功 能	举 例
资源分配	信道、频率、带宽分配 时隙分配 数据率分配 调制和编码分配 天线波束分配 发射机功率控制 星间链路分配
链路捕获	天线指向 频率捕获 时间捕获 协议认可 密码同步
性能监视和冗余切换	频谱分析 信噪比降低（由于雨衰等） 干扰识别 故障识别 冗余切换 资源再分配
时间/频率标准	提供通用时间
遥测、遥控和跟踪	距离和距离变化率测量，遥控信号格式化、检验、执行 遥测信号的多路传输、处理和显示
位置保持	星历预报 推力控制

13.1.3 选择通信系统结构的准则

各种不同用户对选择通信系统结构的准则将赋予不同的优先权。如商业公司总是企图减少投资和风险，而军事用户则往往把获得较强的系统生存能力作为最高优先级。现将影响选择准则的主要因素说明如下：

轨道 卫星轨道决定了卫星处于地球站视场之中的时间以及是否要求建立星间链路。卫星轨道高度决定了对地球覆盖的范围，因而卫星轨道也决定了卫星两次经过某个特定地球站上空之间的时间延迟。这样，卫星的轨道型式和轨道高度又决定了对某个特定覆盖区连续覆盖所要求的卫星颗数（参见 7.2 节）。发射机功率和天线尺寸取决于卫星和地球站间的距离（参见 13.3 节）。卫星的观测时间决定了信号捕获和卫星飞行任务控制的复杂程度（参见第 14 章）。

射频频谱 首先，射频的载波频率影响卫星和地球站的发射机功率、天线尺寸、波束宽度以及对卫星的稳定性要求。这些因素反过来又影响卫星的尺寸、重量和复杂程度。载波频率也决定了为克服雨衰所要求的发射机功率（参看 13.3 节）。最后一点，使用某一配给的频