前　言

航天器结构与机构是航天器中一个较大的分系统，它对保证航天器任务的完成起到很重要的作用。随着航天器技术的发展，航天器结构技术已经比较成熟和完善；另外，随着航天器上各种运动功能的增多，航天器机构技术也日益得到关注。因此，目前迫切需要对航天器结构与机构技术进行较全面系统的总结和介绍。由于国内尚没有专门说明航天器结构与机构的书籍，本书的出版也许有助于弥补这方面的缺陷。

航天器结构与机构技术涉及的范围较广，包括设计、分析、制造、试验、环境条件、材料、可靠性等相关内容，本书仅一般性地说明上述内容，重点是阐述航天器结构与机构的设计和分析，特别是卫星结构与机构的设计和分析。在本书编写过程中，得到了航天器结构与机构设计、分析、制造和试验各方面专家的支持和帮助，书中有不少内容取材于由多位航天器结构与机构专家共同编写的《卫星结构设计与分析》一书。本书的出版也得到了中国空间技术研究院有关领导和同事们的支持和帮助，在此一并表示感谢。

本书在总结过去国内外航天器结构与机构研制经验的基础上，力求全面和准确地介绍航天器结构与机构研制的技术。但随着航天器技术的快速发展，航天器结构与机构技术在不断更新和完善，加之编者的专业水平和专业范围有限，书中难免存在不少不足和错误，敬请广大读者批评指正。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

本书主要是作为中国空间技术研究院飞行器设计专业研究生的教材，也可供从事航天器结构与机构研制的工程技术人员参考阅读，还可作为高等院校师生的教学或培训教材。

陈烈民

2005 年 1 月

目　录

第 1 章　概论 …… 1
1.1　航天器结构与机构的基本概念 …… 2
1.1.1　航天器结构的基本概念 …… 2
1.1.2　航天器机构的基本概念 …… 2
1.1.3　航天器结构和机构的关系 …… 3
1.2　航天器结构与机构的功能 …… 4
1.2.1　航天器结构的功能 …… 4
1.2.2　航天器机构的功能 …… 5
1.3　航天器结构与机构的类型 …… 7
1.3.1　航天器结构的类型 …… 7
1.3.2　航天器机构的类型 …… 10
1.4　航天器结构与机构的研制 …… 13
1.4.1　可行性论证阶段 …… 15
1.4.2　方案阶段 …… 15
1.4.3　初样阶段 …… 16
1.4.4　正样阶段 …… 19
第 2 章　航天器的环境条件和载荷 …… 20
2.1　航天器的环境条件 …… 20
2.1.1　地面环境 …… 20
2.1.2　发射环境 …… 23
2.1.3　轨道环境 …… 25
2.1.4　再入环境 …… 27
2.2　航天器的载荷 …… 28
2.2.1　载荷性质 …… 28
2.2.2　载荷来源 …… 30
2.2.3　载荷分析 …… 33
2.2.4　载荷的确定 …… 34
第 3 章　航天器结构材料 …… 38
3.1　概述 …… 38

3.1.1 结构材料的重要性 …… 38
3.1.2 空间环境对结构材料的影响 …… 39
3.1.3 对结构材料性能的要求 …… 40
3.2 金属材料 …… 42
3.2.1 铝合金 …… 42
3.2.2 镁合金 …… 44
3.2.3 钛合金 …… 45
3.2.4 金属材料的应用和发展 …… 47
3.3 复合材料 …… 50
3.3.1 复合材料的特点 …… 50
3.3.2 单向复合材料的性能 …… 52
3.3.3 层合复合材料的性能 …… 56
3.3.4 复合材料的应用和发展 …… 57
3.4 结构材料的选择 …… 60
3.4.1 材料选择原则 …… 60
3.4.2 材料性能指数 …… 61
3.4.3 复合材料与金属材料性能的比较 …… 63
第 4 章 航天器结构设计 …… 66
4.1 航天器结构设计的特点和原则 …… 66
4.1.1 设计特点 …… 66
4.1.2 设计原则 …… 67
4.2 航天器结构设计的技术要求 …… 69
4.2.1 基本要求 …… 71
4.2.2 强制要求 …… 71
4.2.3 导出要求 …… 72
4.3 航天器结构的方案设计 …… 73
4.3.1 构型设计 …… 73
4.3.2 结构设计要求的确定 …… 74
4.3.3 结构形式、材料和连接方式的选择 …… 76
4.3.4 结构的初步设计和分析 …… 79
4.3.5 结构设计方案的比较和确定 …… 79
4.4 航天器结构的详细设计 …… 81
4.4.1 结构设计参数的确定 …… 81
4.4.2 结构设计工程图样的制定 …… 83

4.4.3 相关技术文件和规范的建立 …… 84
4.5 结构强度设计 …… 84
4.5.1 结构强度准则 …… 85
4.5.2 结构强度验证 …… 89
4.6 结构优化设计 …… 92
4.6.1 优化设计的基本概念 …… 92
4.6.2 优化计算方法 …… 95
4.6.3 结构优化设计方法 …… 100
4.7 复合材料设计 …… 102
4.7.1 复合材料设计的重要意义 …… 102
4.7.2 层合复合材料性能的计算 …… 103
4.7.3 复合材料设计的方法 …… 108
4.7.4 “零膨胀系数”材料设计 …… 109
4.8 计算机辅助设计 …… 111
4.8.1 零件设计和装配 …… 112
4.8.2 工程图样的设计 …… 114
第 5 章 航天器结构力学理论基础 …… 115
5.1 结构力学理论 …… 115
5.1.1 弹性力学理论 …… 116
5.1.2 梁理论 …… 118
5.1.3 杆系理论 …… 121
5.1.4 板壳理论 …… 127
5.1.5 薄壁杆件理论 …… 134
5.1.6 复合材料结构力学理论 …… 138
5.1.7 稳定理论 …… 140
5.1.8 热弹性理论 …… 143
5.2 振动理论 …… 146
5.2.1 单自由度系统的自由振动 …… 146
5.2.2 单自由度系统的受迫振动 …… 148
5.2.3 多自由度系统的振动 …… 151
5.3 结构有限元法 …… 155
5.3.1 有限元法的基本概念 …… 155
5.3.2 有限元法分析的过程 …… 156
5.3.3 有限单元特性的确定 …… 159

需要全本请访问 www.ertongbook.com

5.3.4 有限元法基本方程 …… 161
第 6 章 航天器结构分析 …… 165
6.1 结构分析模型的建立 …… 165
6.1.1 结构理想化 …… 166
6.1.2 计算机分析模型的建立 …… 168
6.1.3 计算机分析模型的检验 …… 171
6.2 结构静力分析 …… 172
6.2.1 平衡问题分析 …… 172
6.2.2 稳定问题分析 …… 174
6.2.3 热弹性问题分析 …… 176
6.3 结构模态分析 …… 177
6.3.1 模态分析的目的和作用 …… 177
6.3.2 模态分析方法 …… 178
6.3.3 模态特征分析 …… 180
6.3.4 提高模态分析准确性的手段 …… 184
6.3.5 模态分析实例 …… 184
6.4 结构动态响应分析 …… 185
6.4.1 结构频率响应分析 …… 186
6.4.2 结构随机振动分析 …… 189
6.4.3 结构声振响应分析 …… 195
第 7 章 杆系结构 …… 200
7.1 概述 …… 200
7.1.1 杆系结构的功能 …… 200
7.1.2 杆系结构的设计要求 …… 201
7.1.3 杆系结构的形式 …… 201
7.2 杆系结构的设计和分析 …… 202
7.2.1 整体构型设计 …… 202
7.2.2 杆系结构的材料选择 …… 203
7.2.3 杆件设计 …… 204
7.2.4 接头设计 …… 205
7.2.5 杆系结构分析 …… 206
7.2.6 杆系结构的布局优化设计 …… 207
7.3 杆系结构的应用 …… 210

第 8 章 蜂窝夹层板结构 …… 215
8.1 概述 …… 215
8.1.1 蜂窝夹层板结构的功能和特点 …… 215
8.1.2 蜂窝夹层板结构的设计要求 …… 216
8.2 蜂窝夹层板的材料和规格 …… 217
8.2.1 面板 …… 217
8.2.2 蜂窝芯子 …… 218
8.2.3 胶黏剂 …… 221
8.3 蜂窝夹层板的设计和分析 …… 222
8.3.1 蜂窝夹层板的力学性能特性和破坏模式 …… 222
8.3.2 蜂窝夹层板的设计 …… 224
8.3.3 蜂窝夹层板的分析 …… 225
8.3.4 蜂窝夹层板的连接设计 …… 228
8.4 蜂窝夹层板结构的应用 …… 231
第 9 章 中心承力筒结构 …… 233
9.1 概述 …… 233
9.1.1 中心承力筒的功能和特点 …… 233
9.1.2 中心承力筒的设计要求 …… 234
9.1.3 中心承力筒的结构形式 …… 235
9.2 桁条加筋中心承力筒的设计和分析 …… 237
9.2.1 筒体设计 …… 237
9.2.2 框设计 …… 238
9.2.3 连接设计 …… 241
9.2.4 分析计算 …… 242
9.3 蜂窝夹层中心承力筒的设计和分析 …… 244
9.3.1 筒体设计 …… 244
9.3.2 连接设计 …… 245
9.3.3 分析计算 …… 247
9.4 中心承力筒结构的应用 …… 248
第 10 章 密封舱结构 …… 251
10.1 概述 …… 251
10.1.1 密封舱结构的功能 …… 251
10.1.2 密封舱结构的设计要求 …… 252

10.1.3 密封舱结构的形式 …… 252
10.2 密封舱结构设计和分析 …… 254
10.2.1 舱体结构设计 …… 254
10.2.2 舱体结构分析 …… 256
10.2.3 舱门结构设计 …… 259
10.3 密封装置设计 …… 259
10.3.1 密封机理和方法 …… 260
10.3.2 密封材料选择 …… 261
10.3.3 密封圈设计 …… 265
10.3.4 密封连接设计 …… 267
10.4 密封舱结构的应用 …… 269
第 11 章 防热结构 …… 273
11.1 概述 …… 273
11.1.1 防热结构的功能 …… 273
11.1.2 防热结构的设计要求 …… 274
11.1.3 防热结构的形式 …… 275
11.2 吸热防热结构 …… 275
11.2.1 机理和特点 …… 275
11.2.2 设计和分析 …… 277
11.2.3 防热材料 …… 278
11.3 辐射防热结构 …… 279
11.3.1 机理和特点 …… 279
11.3.2 设计和分析 …… 280
11.3.3 防热材料 …… 283
11.4 烧蚀防热结构 …… 284
11.4.1 机理和特点 …… 284
11.4.2 设计和分析 …… 285
11.4.3 防热材料 …… 288
11.5 防热结构的应用 …… 289
第 12 章 航天器机构的主要装置 …… 294
12.1 释放装置 …… 294
12.1.1 火工释放装置 …… 295
12.1.2 无火药释放装置 …… 309

12.2 展开装置 …… 312
12.2.1 铰接展开装置 …… 312
12.2.2 直线型展开装置 …… 313
12.3 分离装置 …… 321
12.3.1 弹簧和弹簧分离推杆 …… 322
12.3.2 火工分离推杆 …… 322
12.4 驱动装置 …… 323
12.4.1 电机 …… 324
12.4.2 齿轮 …… 326
第 13 章 航天器机构设计 …… 331
13.1 航天器机构设计的特点和原则 …… 331
13.1.1 设计特点 …… 331
13.1.2 设计原则 …… 332
13.2 航天器机构设计的技术要求 …… 334
13.2.1 一般设计要求 …… 334
13.2.2 力矩(力)裕度 …… 336
13.3 航天器机构设计的具体问题 …… 339
13.3.1 压紧与释放机构设计 …… 339
13.3.2 展开机构设计 …… 341
13.3.3 连接与分离机构设计 …… 345
13.3.4 指向机构设计 …… 346
13.4 航天器机构的润滑设计 …… 349
13.4.1 润滑设计的作用和要求 …… 349
13.4.2 润滑材料 …… 350
13.4.3 固体润滑膜的形成 …… 351
13.4.4 固体润滑的应用设计 …… 352
第 14 章 太阳翼机构 …… 354
14.1 太阳翼构造 …… 354
14.1.1 太阳电池阵构造 …… 354
14.1.2 太阳翼的结构和机构 …… 356
14.2 压紧与释放机构 …… 359
14.2.1 压紧装置 …… 360
14.2.2 释放装置 …… 362

14.3 展开机构 …… 363
14.3.1 板间铰链 …… 363
14.3.2 根部铰链 …… 366
14.3.3 绳索联动系统 …… 367
14.4 太阳翼展开分析 …… 370
14.4.1 展开运动分析 …… 370
14.4.2 展开锁定时的冲击载荷分析 …… 374
第 15 章 航天器连接与分离机构 …… 375
15.1 星/箭连接与分离机构 …… 375
15.1.1 爆炸螺栓式星/箭连接与分离机构 …… 376
15.1.2 包带式星/箭连接与分离机构 …… 379
15.2 飞船舱段连接与分离机构 …… 381
15.2.1 轨道舱和返回舱之间的连接与分离机构 …… 382
15.2.2 推进舱和返回舱之间的连接与分离机构 …… 384
15.2.3 返回舱防热底部的连接与分离机构 …… 384
15.3 空间对接机构 …… 386
15.3.1 用途和功能 …… 386
15.3.2 机构的类型 …… 386
15.3.3 机构的应用实例 …… 388
15.4 连接与分离机构分析 …… 391
15.4.1 连接的预紧力分析 …… 391
15.4.2 分离运动分析 …… 394
第 16 章 航天器结构与机构可靠性 …… 396
16.1 可靠性分析 …… 396
16.1.1 故障模式影响分析 …… 396
16.1.2 故障树分析 …… 398
16.2 航天器结构的可靠性预计 …… 400
16.2.1 数理统计基本知识 …… 400
16.2.2 结构可靠性设计原理 …… 402
16.2.3 结构可靠性预计方法 …… 404
16.3 航天器机构的可靠性预计 …… 405
16.3.1 机构可靠性框图的建立 …… 405
16.3.2 机构可靠性预计方法 …… 407

第 17 章 航天器结构与机构制造 …… 408
17.1 概述 …… 408
17.1.1 制造工艺的类型 …… 408
17.1.2 制造特点 …… 409
17.1.3 可生产性 …… 410
17.2 金属材料零件制造技术 …… 412
17.2.1 制造工艺方法及其选择 …… 412
17.2.2 机械加工 …… 414
17.2.3 成形 …… 417
17.2.4 铸造 …… 419
17.2.5 化铣 …… 421
17.2.6 金属结构材料的制造工艺性能 …… 422
17.2.7 设计和制造一体化 …… 425
17.3 复合材料零件制造技术 …… 426
17.3.1 复合材料制造工艺的特点 …… 426
17.3.2 材料的准备 …… 427
17.3.3 复合材料零件制造工艺方法及其选择 …… 429
17.3.4 真空袋—热压罐成型方法 …… 431
17.3.5 缠绕成型方法 …… 432
第 18 章 航天器结构与机构试验 …… 435
18.1 概述 …… 435
18.1.1 航天器结构与机构的验证 …… 435
18.1.2 试验的重要作用和特点 …… 437
18.1.3 试验的类型 …… 439
18.1.4 试验的设计 …… 443
18.2 力学环境试验 …… 444
18.2.1 静力试验 …… 444
18.2.2 振动试验 …… 447
18.2.3 声试验 …… 451
18.3 机构功能试验 …… 454
18.3.1 与机构功能有关的试验项目 …… 454
18.3.2 太阳翼展开试验 …… 456

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第1章　概　　论

航天器(Spacecraft)是指在地球大气以外宇宙空间(太空)执行探索、开发和利用太空以及地球以外天体的特定任务的飞行器,又称空间飞行器。航天器按是否载人可分为无人航天器和载人航天器。无人航天器可包括人造地球卫星、空间探测器和货运飞船;载人航天器可包括载人飞船、空间站和航天飞机等。其中,人造地球卫星系指环绕地球运行的无人航天器,简称卫星,包括各种科学卫星、技术试验卫星和应用卫星。卫星是目前人类探索、开发和利用太空的最主要的航天器,因此也是本书讨论的主要对象。

为了完成航天器的各种飞行任务,航天器除了包括直接执行特定任务的部分(航天器的有效载荷部分)以外,主要包括为保障飞行任务完成的各种分系统,例如结构与机构、热控制、电源、姿态与轨道控制、测控、数据管理、返回、生命保障等分系统。其中结构与机构分系统是航天器中一个较大的分系统,它对保证航天器任务的完成起到很重要的作用。

不同航天器的任务特点不同,它们的结构和机构也具有不同的特色,但其基本的要求、性能和研制方法有相同之处。因此,本书将一般性地讨论航天器的结构与机构以及它们的设计、分析、制造和试验验证方法,重点是说明航天器结构与机构的设计和分析,特别是卫星结构与机构的设计和分析。

本书主要讨论航天器结构与机构分系统中的结构和机构,但未涉及以下内容:①航天飞机的结构与机构;②小卫星或微小卫星结构;③尚在发展中的航天器新型结构,如智能结构、充气结构、空间装配结构等。

本章将阐述航天器结构与机构的基本概念、功能和类型,以及航天器结构与机构的研制过程,以便对航天器结构与机构有一个初步的了解,有关航天器结构与机构的设计、分析、制造、试验的详细内容将在以后各章中逐步介绍。

1.1 航天器结构与机构的基本概念

1.1.1 航天器结构的基本概念

广义地说,航天器上每个有形的零件都是结构。例如,在发射载荷作用下任何电子设备中芯片和线路均承受载荷,它们的损坏实质上是电子零件或电线焊点的结构破坏,这种破坏方式与一般的结构破坏方式是相同的。但是,由于这些"结构"太小和太复杂,已不能可靠地采用常规的结构设计和分析方法来处理,而仅能依靠试验来论证其适用性。因此,一般不把它们归入航天器"结构"的研究范畴。

简单地说,航天器结构是指为航天器提供总体构型,为各分系统仪器设备提供支撑,承受和传递载荷,并保持一定刚度和尺寸稳定性的部件或附件结构的总称。有关航天器结构的详细功能将在 1.2 节中作进一步阐述。

这里需要明确附件(Appendage)的定义,它是特指在空间伸展在航天器本体之外的部件,较典型的例子是太阳翼和可展开天线。

应该注意的是,根据上述结构概念的引申,航天器中其他分系统和有效载荷中也有自身的"结构",例如仪器设备的外壳、推进剂的贮箱等。但这些结构一般归属于相关的分系统或有效载荷,而不属于航天器结构与机构分系统,因此不在本书讨论范围之内。

应该特别注意到,航天器结构的含义可以指航天器的整体结构,也可以指各个结构部件或附件,甚至一个结构零件,在本书中它们均被泛指为结构。本书以下说明的结构功能、类型、设计要求、设计方法和分析方法,在大多数情形下对航天器整体结构或其零部件均适用,但有些内容可能仅适用于航天器整体结构,或者仅适用于结构零部件,因此需要分别对待。

1.1.2 航天器机构的基本概念

简单地说,航天器机构是指使航天器及其部件或附件完成规定动作或运动的机械组件。有关航天器机构的详细功能将在 1.2 节中作进一步阐述。

与航天器结构不同,航天器可以包括各种不同功能的机构,但没有航天器的"整体"机构;并且组成机构的零部件也不称为"机构",如果其中有些零部件也具

有独立的功能，在本书中定义为“装置”。*

近年来由于航天器功能不断增多，航天器构造日益复杂，需要采取各种机构来完成航天器的多种任务，机构已成为现代航天器中必不可少的重要组成部分。因此，目前已逐步把航天器结构分系统扩大为航天器结构与机构分系统。

并非航天器上所有机构均属于结构与机构分系统。实际上，在航天器姿控、推进、热控、返回着陆等分系统中包括许多机构，如消旋机构、动量轮、热控百叶窗、开伞机构、缓冲机构等等，一般它们均属于相应的航天器分系统。

目前尚不能非常明确地界定航天器结构与机构分系统中所属的机构范围，但大致可以认为所属的机构主要是指与航天器结构（包括航天器整体结构及其部件或附件结构）关系较密切的机构，或者基本独立于其他分系统的机构，本书内容基本上限于讨论这方面的机构。

应该特别注意的是，航天器机构的发展还远没有航天器结构那样成熟，因此在本书中，有关航天器机构的功能、类型、设计要求、设计分析方法的说明并不全面，甚至有些可能是不确切的，需要在今后航天器机构的发展过程中不断改进和完善。

1.1.3 航天器结构和机构的关系

航天器结构与机构分系统范围内的航天器结构和机构之间具有许多相互关联的性质，例如：

（1）航天器结构和机构在专业技术上属于同一范畴。结构和机构均为机械产品，在设计、制造和试验方面有许多相同之处，因此也可以把航天器结构与机构分系统合称为“航天器机械分系统”。

（2）航天器结构和机构往往为了完成一个共同的任务或实现一个共同的功能。例如，天线的结构与机构是为了把天线反射面定位在空间规定的方位上；太阳翼的结构与机构是为了把太阳电池展开和支持在规定的空间位置上。因此，这些结构与机构的设计要求、工作环境和试验条件有许多相同或相似之处。

（3）航天器结构和机构在实体上和分析模型上往往很难分离。例如，太阳翼结构与机构最终要装配成一个太阳翼整体，它们在地面试验和使用过程中已

---

* “机构”（Mechanism）与“装置”（Device）的定义并没有严格的规定。在本书中，仅为了叙述清楚和表达统一，规定“机构”由“装置”以及其他零部件组成。但在其他场合，可能“机构”与“装置”相互混用；甚至一个“装置”可以包括多种“机构”，例如，在俄罗斯航天器中，装置（устройство）可以包括各种机构（мащинизм）。

不能分开；另外，在进行力学分析时，也必须把太阳翼结构与机构处于同一分析模型中统一考虑。对于有些航天器部件，甚至结构与机构的界线很难分开，例如，可展开的大型天线反射面结构和空间充气结构，它们本身是一个结构，但同时也起到展开机构的作用。

虽然航天器结构与机构分系统中的结构和机构具有许多相同和相关联的性质，但由于航天器结构和机构的主要功能不同，对它们的具体要求不同，在设计、分析、制造和试验的原理和方法上存在许多差异，因此本书对航天器结构和机构分别进行讨论：第 4 章到第 11 章为航天器结构的构造、设计和分析；第 12 章到第 15 章为航天器机构的构造、设计和分析。

1.2　航天器结构与机构的功能

1.2.1　航天器结构的功能

确切地说，对于 1.1.1 节中定义的航天器结构与机构分系统中的航天器结构，其主要功能包括以下三个方面。

1. 承受载荷

航天器结构的最主要功能是承受载荷，即承受作用在航天器上的各种静态和动态载荷。这些载荷包括：航天器在地面操作和运输过程中产生的载荷；航天器发射过程中产生的加速度、振动、冲击和噪声载荷；航天器机构动作产生的载荷；航天器在轨运行时由于温度交变、真空状态和变轨运动产生的载荷；航天器再入大气产生的气动力和气动热以及着陆冲击载荷，等等（详细说明参见 2.2 节）。

在上述载荷下，航天器结构应该具有以下功能：

（1）航天器所有结构在以上各种载荷作用下不产生材料断裂或屈服，或者结构的失稳破坏。

（2）航天器结构（仅指航天器整体结构或主结构）满足运载火箭对航天器基频的要求，以避免在运载火箭的动态激励下产生过大的动力耦合载荷（共振现象）。

（3）航天器结构（仅指有关的结构）在上述载荷作用下不产生过大变形，例如，在发射载荷条件下，航天器结构的变形不与运载火箭的整流罩发生碰撞；在轨道温度交变条件下，结构变形造成敏感器与精度基准的位移偏差不超过允许范围。

总之，航天器结构应具有一定的强度和刚度来承受航天器的载荷，以保证航天器结构本身不发生破坏或有害变形，从而保证航天器上其他分系统和有效载荷的正常工作。

2. 安装设备

航天器结构需要为航天器上有效载荷和各个分系统的仪器设备提供安装空间和位置、安装界面和接口，以及具体的安装方式和连接件。这里的“仪器设备”泛指各种电子设备、推进剂贮箱、气瓶和管路以及天线、太阳翼等附件。有些航天器热控部件的安装也需要通过结构来实施，如预埋在航天器结构中的热管，粘贴在结构板表面上的 OSR 散热片。

对于上述设备的安装，结构应提供以下具体功能：

（1）保证安装的连接强度和刚度，使得所安装仪器设备上产生的载荷不超过容许范围。

（2）保证安装精度，使得所安装设备，如天线、光学设备等达到所需的位置精度要求。

（3）提供和改善在空间环境（如高低温、空间辐射、微流星等）下的防护能力。

3. 提供构型

航天器结构相当于整个航天器的主体骨架，因此航天器的整体结构形式基本上确定了整个航天器的构型，或者反过来说，航天器的构型基本上确定了航天器的结构形式，因此这两者是密切相关的。具体说包括以下几个方面：

（1）为整个航天器提供基本的构造。

（2）为整个航天器提供基本外部形状和尺寸大小。

（3）为整个航天器提供各种接口关系和连接形式，包括航天器与运载火箭的连接；航天器本体与展开附件的连接；以及航天器与地面操作设备的连接等。

航天器结构除了具有以上承受载荷、安装设备和提供构型三个基本功能外，有时根据特定航天器的需求，还可能具有其他特殊的功能，包括：

（1）密封。航天器的某些舱段需要密封，以保证在空间和返回地面时舱内设备或航天员的正常工作和安全，其具体功能参见第 10 章。

（2）防热。这是返回式卫星和载人航天器的特殊要求，以防止返回地面时在大气中产生高温对航天器的影响，其具体功能参见第 11 章。

1.2.2 航天器机构的功能

一般说，航天器机构的功能是：在航天器发射入轨后实现各种动作或运动，使航天器或者其部件或附件处于要求的工作状态或工作位置。

在上述航天器机构总功能的前提下，航天器上各个机构还具有不同的具体功能（这一点与航天器结构不同，航天器上各个结构的功能基本上是一致的）。目前对航天器机构具体功能的理解还没有像航天器结构那样明确和全面，因为随着航天技术的发展，特别是随着载人航天和行星探测技术的发展，航天器机构的具体功能正在不断变化和扩大。

确切地说，对于 1.1.2 节中定义的航天器结构与机构分系统中的航天器机构，其具体功能大致为以下几种：

1. 连接（压紧）

连接功能是指形成和保持航天器各部件之间、航天器本体和附件之间、航天器舱段之间或航天器与运载火箭之间的连接状态，由于连接的方式通常为把这两者压在一起，因此有时也称为“压紧”（Hold-down）。

应特别指出的是，这里的连接方式与结构的永久性连接方式（如焊接、胶接、螺接等）完全不同，它是对需要运动部件的一种“暂时”性的连接。

为了在发射载荷下，保证所有需要产生动作或运动的部件能够承受载荷，不产生非正常运动和造成过大变形或损坏，必须对它们进行连接或压紧。因此，连接是航天器机构的一个应用广泛和非常重要的功能。

2. 释放

释放* 是指解除航天器部件之间、航天器本体和附件之间、航天器舱段之间或航天器与运载火箭之间的连接或压紧状态。

释放一般在航天器入轨之后进行，释放原先连接或压紧的约束，从而为实现动作或运动提供准备条件。因此，释放功能是与上述连接功能相互联系，释放是上述连接功能的继续。同样，释放是航天器机构的一个应用广泛的重要功能。

3. 展开

展开（Deployment）是指改变附件或设备（如各种空间探测仪器）位置或形状的功能。展开仅改变附件或设备与航天器本体的相对位置；或者改变附件自身的形状，但附件或设备仍与航天器本体保持某种形式的联系。显然，为了实现展开功能，必须先完成释放功能。

由于受到运载火箭或航天器舱段容积的限制，或者地面环境条件的限制，或者由于飞行任务的需要，许多附件或设备不能在地面上达到所需的工作位置或

---

* “释放”（Release）有时也称为“解锁”（Unlocking），例如，火工锁本身的解开使舱段之间的连接释放，因此也将这种释放成为“解锁”。但大多数机构的连接方式并不是“锁”的形式，而且机构的功能是指它的作用而不是它本身的动作，因此不宜称为“解锁”。

需要全本请访问 www.ertongbook.com