

·书评·

未来大型航天器的基础： 空间可折叠机构

自1957年前苏联发射第1颗人造卫星以来,人类进入太空已经超过半个世纪。从最初的发射人造卫星发展到今天的空间站建造、天地往返飞行、月球及行星探测等,航天科技的发展一日千里。值得注意的是,现代航天器越来越大型化,国际空间站的长度达到了110 m,总质量超过400 t,其上共有8个大型太阳能电池阵,每个长度达到34 m;美国的地球三维地形观测任务从航天飞机上伸出60 m的支撑臂来支撑雷达天线,通过雷达干涉成像获得了精确的三维地形;卫星的星载雷达天线的尺寸也越来越大,为了接收到几万千米以外的雷达信号,往往需要雷达天线的口径达到几十米甚至上百米,美国因拥有星载大口径天线技术而使其卫星通信、导航、太空侦查技术处于全球霸主地位。

未来航天领域还将需要更大、更轻的太空结构。比如科学家设想在太空建造大规模太阳能发电站,通过微波或激光能量传输将电能输送到地面,解决地球能源危机问题。但是发电功率为1 GW的太空电站需要太阳能电池阵的长度要达到1 km以上,远远大于现有的人造太空结构。为了建造太空超大型结构体,需要将结构体分成许多个模块单元,每个模块单元长度大约100 m,在发射时折叠成一个很小的体积,将这些模块单元分次发射,在太空进行展开然后进行对接和组装,最终构成超大型太空结构体。大型结构体在发射时进行折叠,在太空能够自动展开,这一类结构体称为空间可折叠结构。这种结构一般由杆、索、关节等组成,展开后构成空间桁架结构,其结构形式复杂多变,有花瓣形、伞形、腰鼓形等多种形式,堪称太空中的“人造艺术品”。通过合理巧妙的设计,在太空失重环境下其展开体积与折叠体积之比可达到几十倍甚至上百倍,折叠体积比远远大于地面上的机构。

我国近年来航天事业获得飞速发展,载人航天与探月工程任务进展顺利,实现了太空行走与太空交汇对接、月球软着陆探测,彰显了我国的航天实力。目前,我国正在实施高分辨率对地观测、

空间站建设、大容量远距离通信等重大航天任务,这些航天任务都离不开大型可折叠结构体。中国航天科技集团所属的第五研究院和第八研究院在可折叠机构关键技术与工程应用方面做了大量工作,但是我国在大型可折叠空间机构技术方面与发达国家还有一定的差距。尤其值得指出的是,空间折叠机构通常是由一系列基本可折叠单元按照机构组成原理连接而成的空间多闭环机构,这类机构存在大量过约束,具有多构态、变拓扑、运动学奇异等特殊特性,传统机构学理论与方法很难适用。国内外在空间折叠机构设计方面缺乏系统的设计理论与方法。哈尔滨工业大学教授邓宗全近年来带领科研团队挑战空间大型折叠机构基础理论与设计方法难题,取得了具有原创性的研究成果,并撰写出版了学术专著《空间折叠机构设计》。

该专著力求从大型空间折叠机构的组成原理出发,提出大型空间折叠机构创新设计方法,系统地阐述大型空间折叠机构的数学描述方法、模块化扩展、性能评价与优化、驱动控制、刚化锁定等基本理论问题,填补了国内在空间折叠机构设计方面的理论空白。它的出版恰逢其时,对于提高我国空间折叠机构设计水平、满足航天型号工程任务的应用需求以及推动机构学的发展,都具有重要意义。

作者在专著中对研究成果进行了认真的梳理和归纳总结,具有条理清晰、可读性强的特点。专著内容注重基础理论与实践的结合,既有围绕国际学术前沿问题所开展的基础理论创新——基于图论、旋量和李群等工具对空间折叠机构的分析描述与构型创新设计,又有紧密结合航天任务需求的具体实践验证——空间折叠机构样机的地面模拟试验、精度测试、动力学试验等,是国内首部系统论述空间折叠机构设计理论与方法的学术专著。它还密切结合国防现代化和武器装备现代化对空间折叠机构的需求,提出了空间大型伸展臂、抛物面天线折叠机构的设计方法,研制出原理样机并进行了相关试验研究,突破了展开驱动、



邓宗全 著。哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2013年6月第1版,定价:80.00元。

重复锁定、动力学建模等空间折叠机构设计的多项关键技术,为我国大型空间折叠机构的研制提供了重要的工程经验和技 术支持。对于提高我国空间折叠机构的设计水平、满足航天型号工程任务的应用需求以及推动机构学的发展,具有重要的战略意义和应用价值。对于广大机构学学者和从事空间折叠机构研发的技术人员极具参考价值。目前,《空间折叠机构设计》一书已入选“十二五”国家重点图书出版规划项目、黑龙江省2013年度精品图书出版工程。

此外,书中给出了大型可折叠机构的大量设计实例,融合了设计者的奇思妙想和创新发明,可让读者体会到空间展开机构的奇妙与魅力,引导更多的航天科技爱好者从事这一领域的研究。因此,该专著也可作为广大青少年的课外读物,激发青少年对我国航天事业的热爱和兴趣。书中介绍的折叠机构设计方法甚至可帮助青少年朋友设计出一些新颖的折叠机构,通过自己动手制作各种折叠机构模型,增强对机构折叠与展开原理的深入理解,这对于培养广大青少年的创新思维、提高他们的动手实践能力具有十分重要的意义。本书希望通过带给有志于从事航天事业者一些理论和方法的启迪,引领他们关注甚至在未来创造出更高水平的太空超大型结构,为我国空间站建设、太空电站建造、深空探测、载人登月登火等重大航天计划做出贡献。

文/丁希伦

作者简介 北京航空航天大学机器人研究所,教授。

栏目主持人 尹传红,电子信箱:asimov@126.com。

(责任编辑 李娜)