

# 空间实验室技术综述及发展战略

何 宇 杨 宏 白明生

(中国空间技术研究院载人航天总体部)

**摘 要** 空间实验室是一种可进行多项载人航天科学实验的飞行器。迄今为止,国际宇航界研制的空间实验室可分为两大类:一类是具有自主在轨运行支持功能,可独立完成任务;另一类是在其它航天器的支持下完成任务。发展空间实验室是掌握空间站技术的必经之路,我国正在开展空间实验室研制工作。分析国际空间实验室的发展规律,阐述我国空间实验室的发展思路以及目前的研制进展情况。

**关键词** 载人航天 空间实验室 目标飞行器 天宫一号

**中图分类号** V423.4<sup>+1</sup> **文献标识码** A **文章编号** 1674-5825 (2009) 03-0010-09

## 1 前 言

根据我国载人航天“三步走”的发展战略方针,2004 年底启动我国载人航天第二步任务,任务重点是突破航天员出舱活动和航天器交会对接等关键技术。2006 年,按照第二步任务要求,为掌握交会对接技术、开展空间技术和应用试验,同时为空间站奠定技术基础,载人航天工程总体决定成立空间实验室系统,系统总体单位是中国航天科技集团公司所属中国空间技术研究院。自此,我国载人航天工程增加到了八个系统,意味着中国的载人航天工程开始向建立中国的空间站,实现航天员长期驻留太空的目标迈进。

通过介绍国际空间实验室和我国空间实验室的建设情况,阐述我国空间实验室系统的建设目的、功能、研制技术途径、应用效益,以及当前的研制进展情况,以期加深读者对空间实验室的了解,进一步关注和支持我国空间实验室的研制建设。

## 2 空间实验室概念的研究

空间实验室是一种可执行多项载人航天科学试验的飞行器。迄今为止,国际宇航界出现过多个空间

实验室。通过功能分析,可分为两大类,一类是具有自主在轨运行支持功能,在天地往返运输器的配合下,在一段时间内多批次乘组执行多项科学实验的载人航天器。属于此类的航天器包括苏联的“礼炮”-1 (SALUT-1)到“礼炮”-5 (SALUT-5),美国的“天空实验室”。它们都配置了推进、电源、通信与跟踪、数据管理、热控、GNC、环境控制与生命保障等分系统,提供航天器的平台功能。但是在某些文献中,它们也被称为“空间站”,图 1 是“礼炮”-1 号空间实验室,与之准备对接的是“联盟”号飞船。

另一类是在其它航天器的支持下,在一段时间

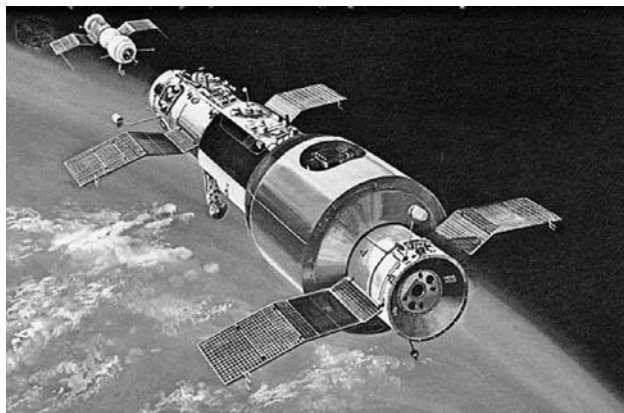


图 1 “礼炮”-1 空间实验室

来稿日期:2009-05-8

作者简介:何宇,(1971.11—),男,硕士,高级工程师,载人航天工程空间实验室系统副总设计师,主要从事载人航天器总体设计工作。

内单乘组或多乘组进行多项科学实验的载人航天器。这类航天器平台分系统未配置全,由其它航天器搭载或作为大型空间站的一个空间段开展在轨科学实验,同时需要其它航天器为其提供能源、热控、环境控制与生命保障等。属于此类的航天器包括欧洲的“空间实验室”(SPACELAB)、“哥伦布”舱、日本的“希望”号实验舱(KIBO)。其中“空间实验室”由航天飞机搭载执行任务,“哥伦布”舱和“希望”号实验舱作为国际空间站(ISS)的实验舱。图 2 和图 3 分别为欧洲“哥伦布舱”和日本的“希望”号实验舱。



图 2 哥伦布舱外型图

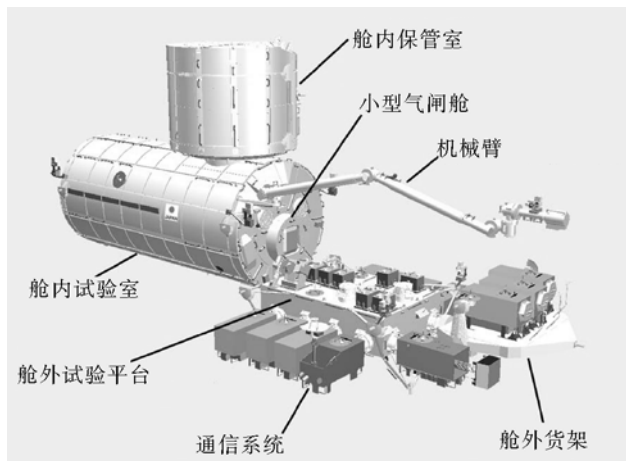


图 3 “希望”号实验舱

关于空间实验室,目前还没有统一明确的定义和类别划分,难点之一在于与“空间站”的概念界定,“礼炮”、“天空实验室”、“哥伦布舱”都曾被作为“空间站”(space station)和“空间实验室”(spacelab);难点之二在于与“实验舱”的概念界定,诸如“哥伦布舱”、“希望”号这类不具备自主支持飞行能力的空间段飞

行器,在各类文献中也曾被称为“空间实验室”(space lab)和“实验舱”(experimental module)。为了便于全面阐述和分析其发展战略,本文将曾被作为“实验舱”的飞行器也统称为“空间实验室”。

根据我们的认识,空间实验室是试验性的空间站,以突破和验证空间站关键技术为主要任务目标,以“短期有人照料、长期无人值守”为主要工作模式,具有相对较短寿命(1 年左右)的低轨道中小型载人航天器。空间实验室一般具有如下主要特性:

- (1) 通过一次性携带的物资,可实现少批量、短时间航天员在轨驻留,不支持长期载人;
- (2) 一般没有在轨补给和补加功能,寿命较短;
- (3) 规模小,不具有可扩展性;
- (4) 只能进行空间站关键技术的验证试验,可开展有限的空间应用。

从任务目标、功能、基本指标等方面看,空间实验室与空间站均存在较大差异。表 1 是比较结果。

其中,空间实验室与空间站根本的区别在于在轨补给能力。空间实验室在天地往返运输器比如苏/俄的“联盟”系列飞船和美国的航天飞机的配合下,具备一定的在轨补给能力,可以进行食品、饮水等消耗品的补加;空间站拥有比空间实验室更多的对接口,在一个对接口停靠载人飞船或航天飞机的状态下,可以通过另一个对接口接受货运飞船的补给,补给的内容除食品、饮水外,还包括推进剂,推进剂是延长空间站在轨寿命的决定性因素,利用货运飞船进行推进剂补加功能也是载人飞船或航天飞机所不具备的。

此外,空间站配置了能源、姿态和轨道控制、热控、环境控制与生命保障、测控与通信、数据管理等平台分系统,具备独立在轨运行的能力;空间实验室则不一定配置平台分系统,如欧洲的“空间实验室”,其安装在美国“哥伦比亚”号航天飞机的货舱内,由航天飞机搭载飞行,向其提供能源、姿态与轨道控制、环境控制与生命保障、回收与着陆等功能;“哥伦布舱”、“希望”号等空间实验室也是类似情况,主要是作为一个空间段对接在国际空间站上,开展有关大气物理、地球观测、天文、太阳物理、太空等离子物理、医学、生物学和冶金等实验和观测,是名副其实的空间“实验室”。

表 2 以美国的“天空实验室”、欧洲的“空间实验

表 1 “空间实验室”与空间站比较

序号	项目名称	空间实验室	空间站
(1)	设计主导思想	短期有人照料、环境适宜生活、工作,并研究长期驻留的技术。	支持长期驻留,配置长期支持生活的设施,以航天员为主导开展驻留期间的工作。
(2)	主要任务	验证空间站技术。	空间应用为主,可开展各类空间技术试验。
(3)	工作模式	长期自主飞行,短期有人照料	长期有人照料。
(4)	规模	单舱,只有 1 个对接口,原则上不可扩展。	多舱段,至少 2 个对接口,可扩展。
(5)	在轨寿命	1 年左右。	5~10 年或更长。
(6)	在轨驻留时间	短期,航天员一次在轨驻留时间一般小于 60 天。	长期,100 天以上。
(7)	运输系统	一般没有专用的货物运输系统,发射时带足燃料。	具有配套的运输能力,可定期完成燃料及消耗品的补充。
(8)	航天器修理维护	原则上只作试验项目。	例行工作。
(9)	空间应用	有限	可通过增加和更换,实现大规模、多项目的空间应用。

表 2 “天空实验室”、“空间实验室”和“礼炮”-7 空间站功能比较

		“天空实验室”(美国)	“空间实验室”(欧洲)	“礼炮”-7(苏联)
规模		1 个对接口	无对接口	2 个对接口
在轨寿命		6 年	飞行 10 天	9 年
驻留能力		最长驻留几十天		一次驻留百天以上
分系统配置	结构	配置	配置	配置
	热控	配置	与航天飞机完成热交换	配置
	姿态和轨道控制	由“阿波罗”飞船对接后进行轨道调整	无	配置
	通信与跟踪	配置	无	配置
	数据管理	配置	配置	配置
	电源	配置	由航天飞机供电	配置
	环境控制与生命保障	配置	由航天飞机供氧气,自带氮气	配置
	舱外活动	配置	配置	配置
	居住设施	配置	无	配置

室”和苏联的“礼炮”-7 空间站为例作比较,说明两种飞行器的功能异同点。

### 3 国际空间实验室的发展

从 20 世纪 70 年代苏联发射第一艘空间实验室“礼炮”-1 开始,世界各国选择了不同的发展空间实验室的道路,一种是苏联和美国模式,在冷战思维和军备竞赛的历史条件下,它们都选择了独立自主的发展方向,建造了可自主在轨运行的空间实验室;另一种是欧洲和日本模式,在国际合作思想的指导下,建造了空间段形式的空间实验室,由航天飞机搭载

或与空间站对接实现在轨运行。

下面分别介绍世界各国空间实验室的发展情况。

#### 3.1 苏联/俄罗斯

苏/俄首先通过载人飞船突破载人飞行技术,然后开展空间站的研制工作。在完成了首次载人航天飞行后,苏联的载人航天飞行计划加快了发展步伐,非常迅速地由单一的短期飞行过渡到航天员长期停留在轨道上。苏联航天工作者建造了“礼炮”号系列空间实验室,能长期保证乘组的生命活动及工作。“礼炮”计划从 1971 年到 1982 年,包括发射了 9 艘单模块的空间实验室(后期升级为空间站),用于开

展对人长期在轨生活以及其它生物、天文领域进行长期试验研究,验证地面的设计结果。

苏/俄空间实验室(站)的发展大致可分为三个阶段:

第一阶段为实验型空间实验室,包括“礼炮”-1~“礼炮”-5。其中“礼炮”-1 为军民两用,“礼炮”-2、3、5 为军用,“礼炮”-4 基本为民用。“礼炮”-1 于 1971 年 4 月 19 日发射。这个时期的“礼炮”由轨道舱、服务舱和对接舱组成,总长约 12.5m,最大直径 4m,总重约 18~19t,可居住 6 名航天员。装有各种试验设备、照相摄影设备和科学实验设备。只有一个对接口,可与“联盟”号载人飞船对接。图 4、图 5 是几艘“礼炮”空间实验室图片。

第二阶段为实用空间站,包括“礼炮”-6 和礼炮-7,与“礼炮”-1~5 根本性的区别是有 2 个对接口,可以同时与两艘飞船对接。“礼炮”-6 的总质量 19824kg,有效载荷 1500kg。“礼炮”-6 和 7 号在轨期间各用了 12 艘货运飞船向两个空间站供应了约 5.5t 的货物(含推进剂),从而提高了载人航天器的在轨寿命。“礼炮”-6 驻站人数 33 人次,驻站时间

676 天,“礼炮”-7 驻站人数 26 人,驻站时间 815 天。苏联在“礼炮”-6 和 7 号上进行了大量的对地观测、材料加工、生命科学、天文学和地球物理学等方面的研究和实验。并有几十名航天员进入其中,开展了多次舱外活动。

第三阶段大型空间站,即“和平”号空间站及其空间复合体(Mir)。“和平”号空间站于 1986 年 2 月 20 日发射,是世界上第一个采用多模块积木式构形的长久性空间站。图 6 是“和平”号空间站照片。

需要指出的是,俄罗斯在当今世界载人航天领域取得的技术领先地位,与建造和发射“礼炮”空间实验室密切相关。通过研制“礼炮”系列,苏联航天工作者获得了大量研制空间站核心舱的经验,例如在“礼炮”-4 和“礼炮”-5 开展了有关流体回路试验,验证了热控和液体补加相关功能的设计技术。通过“礼炮”号的研制成功,其技术能力由设计基本的单对接口空间实验室提升为可设计复杂的多对接口的空间站,并沿用至今。例如,迄今最大最著名的“和平”号空间站和国际空间站,其核心舱分别用的就是“礼炮”计划的最后两个产品 DOS-7 和 DOS-8。图 7 是

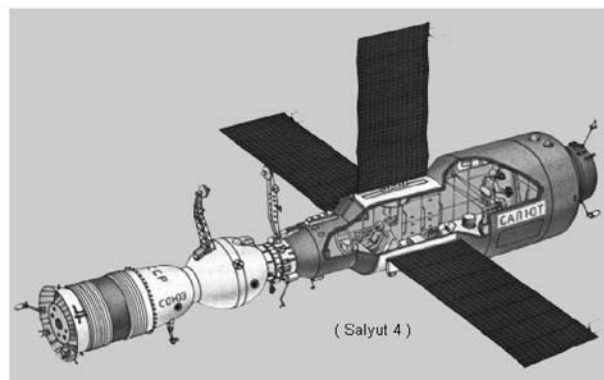
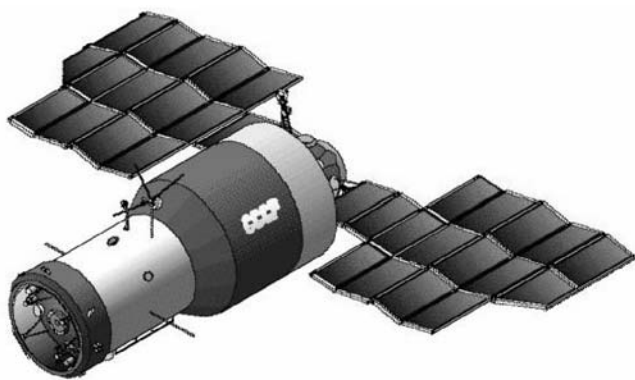


图 4 “礼炮”-3(左)和“礼炮”-4(与联盟飞船对接状态)(右)



图 5 “礼炮”-6(左)和“礼炮”-7(右)空间站

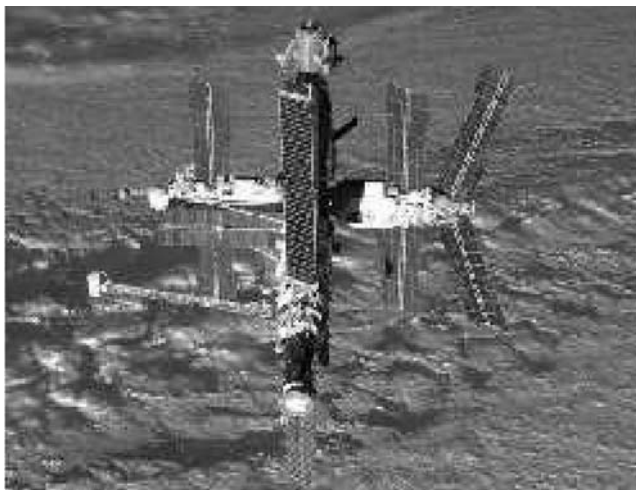


图 6 “和平”号空间站(1996 年拍摄)



图 7 国际空间站的核心舱 DOS-8

国际空间站核心舱 DOS-8 的外形:

### 3.2 美国

美国发展空间实验室(站)与苏联不同,其注重先进性,但欠缺连续性和继承性。

美国首先研制了“天空实验室”,于 1973 年 5 月 14 日发射,它有两个目的:一是作为未来空间站计划的过渡环节,带有试验性质,二是进行科学实验。

这个空间实验室全长 36m,最大直径 6.7m,总重 77.5t,由轨道舱、过渡舱和对接舱组成,可提供 360m<sup>3</sup>的工作场所。在 1973 年 5 月 25 日至 1974 年 2 月 8 日先后有 3 批乘员组进入,共载人飞行 171 天。在载人飞行期间,航天员进行了 270 多项生物医学、空间物理、天文观测、资源勘探和工艺技术等试验,并研究了人在空间活动的各种现象。图 8 是“天空实验室”的图片。

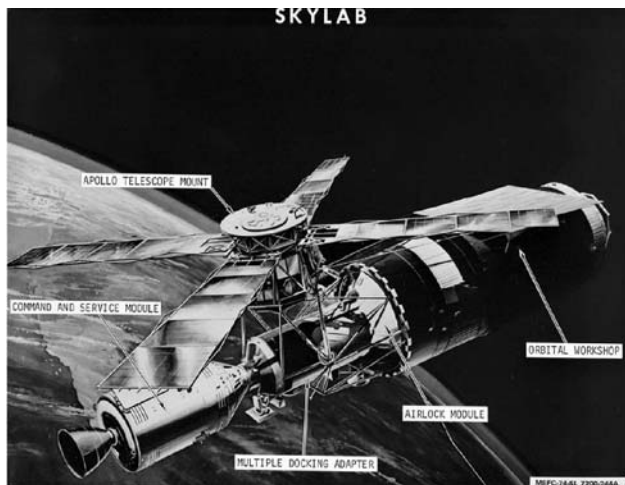


图 8 美国的“天空实验室”

之后,美国为体现航天技术的先进性和降低发射费用,转向发展航天飞机,并在 1984 年开始提出建设空间站的构想,代表美国挑战苏联的一种形式,并作为人类在月球和火星上建立殖民地的中转站,但由于其技术跨度太大,技术储备不够而不得不多次调整计划和规模。1993 年最终演变为必须大量应用俄罗斯航天技术的有 16 国参加的国际空间站。

### 3.3 欧洲

欧洲采用化整为零、分布实施的模式建设空间实验室,但由于其技术发展没有系统性,许多方面依赖美国,因而没有能力独立发展自己的载人航天和空间站技术;但通过国际合作的方式也获取了一部分进展。欧洲建造的空间实验室包括“空间实验室”和“哥伦布舱”。

“空间实验室”由压力舱、多个 U 性台架(相当于非密封舱段和暴露平台)、连接压力舱和航天飞机轨道器的通道三种标准构件组成,采用了模块化设计方案。压力舱又包括核心舱和实验舱,分别为直径 4.06m,长 2.7m。核心舱安装相关生命保障系统和数据处理设备,设有对外观察窗口,实验舱安装各种科学仪器,顶部有气闸舱,用于舱外活动。“空间实验室”飞行时搭载在美国哥伦比亚号航天飞机货舱内,入轨后 1~4 名有效载荷专家由轨道器的乘员舱进入,进行实验。研究的领域包括对地观测、天文观测、生命科学研究、生物医学试验、工业技术研究等。图 9 是“空间实验室”外形图。

“哥伦布舱”作为国际空间站的重要组件,是欧洲航天局参与空间站建设的象征之一,是欧洲载人

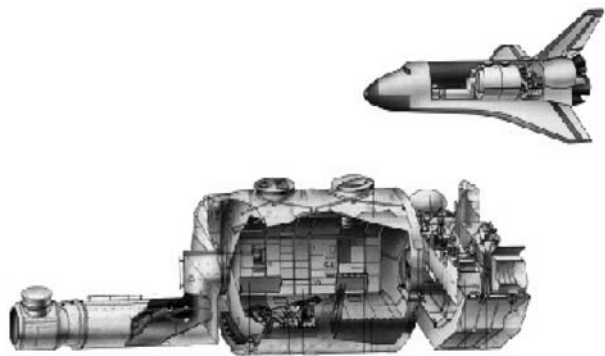


图 9 欧洲的“空间实验室”

航天飞行计划的关键。于 2008 年 2 月 7 日由美国航天飞机“阿特兰蒂斯”搭载升空,并于 11 日与国际空间站对接。

“哥伦布舱”长 6.8m,直径 4.4m,发射重量 12000kg(含 2500kg 有效载荷),配置了配电单元、热控和热交换系统、通风设备、便携式呼吸器、仪表照明系统、摄像设备等。其功能包括生物试验、流体物理试验、生命科学、天体物理试验、对地观测试验等。图 10 是“哥伦布舱”剖视图。



图 10 “哥伦布舱”剖视图

### 3.4 日本

日本的发展模式与欧盟相近,不具备独立研制和发射载人航天器的能力。“希望”号是日本建造的第一个空间轨道载人设施。

“希望”号实验舱最多可容纳 4 人。它由舱内保管室、舱内实验室、舱外实验平台、舱外集装架、机械臂和通信系统 6 大部分组成。舱内保管室主要作为保管仓库使用,室内有实验设备、维修工具、实验材料以及万一仪器出现故障时供替换的设备。舱内实验室外径 4.4m,内径 4.2m,长 11.2m,航天员可以身穿普通衣服在实验室内工作。舱外实验平台可利用宇

宙微重力、高真空等特殊条件进行地球观测、通信、材料实验等研究。舱外集装架是向舱外实验平台运送以及回收实验设备的过渡平台。航天员可在舱内实验室里利用监视器,通过操纵台控制机械臂工作。

2008 年 3 月 11 日“希望”号空间实验室的舱内保管室随美国“奋进”号航天飞机运输到国际空间站。同年 6 月和 2009 年 3 月,舱内实验室和部分舱外实验平台设备也由航天飞机运抵国际空间站并完成了在轨组装,2009 年全部建造完毕后,“希望”号可能将成为国际空间站最大的实验舱,将拥有流体物理实验装置、溶液和蛋白质结晶生成装置、细胞培养装置、X 射线监视装置等约 20 种实验设备,科学家可以利用微重力、宇宙辐射、丰富的太阳能等宇宙空间的特殊条件,进行各种科学研究。

### 3.5 小结

通过本章的内容,可以看出俄、美、欧洲和日本在发展长期载人飞行的空间站方面具有各自特点。

(1)前苏联强调目标明确,循序渐进,重点突破核心舱技术

前苏联于 20 世纪 60 年代末开始把发展空间站作为未来航天计划发展的核心和一项国策。苏联始终认为,只有利用空间站发展长期载人在轨技术,才能实现充分开发和利用空间资源,完成卫星所不能完成的任务。建造近地空间站也是载人登月和载人火星探测的必要基础步骤。苏联采取了慎重稳妥、循序渐进的策略,选择以发展核心舱技术为重点,每一步发展都最大限度地利用已有成熟技术,结果在空间站领域技高一筹。

(2)美国突出先进性,选择了跳跃式发展

美国虽然在载人航天投入了大量资金,也取得了显著的技术进步,但由于政策缺乏连贯性,“阿波罗”载人飞船、“天空实验室”等项目都未与空间站计划直接联系,之后又转向发展航天飞机。没有完全验证大型空间站的核心舱技术,以至于后来研制自由号空间站时,暴露出技术准备不足,方案一变再变,不断简化,几乎中途夭折。最后还是利用苏联解体的机会,通过与俄罗斯的合作,大量借助和采用俄罗斯空间站的经验和技术,特别是核心舱技术,才转危为安,开始了“国际空间站”的建造。

(3)欧洲和日本通过国际合作实现有限的技术发展

欧洲和日本长期与美国合作,在航天飞机和国际空间站的支持下开展了在轨科学试验,获得了一定的技术成果,同时,其发展计划也一定程度受到美国航天形势的掣肘。

## 4 我国空间实验室的建设

### 4.1 我国载人航天规划简介

根据中央 1992 年 9 月确定的我国载人航天“三步走”发展战略方针,经过十余年的不懈奋斗,2005 年 10 月我国神舟六号载人飞行任务取得了圆满成功,标志着第一步任务目标已顺利完成。载人航天一期工程,成功掌握了设计和研制高可靠载人航天飞行器技术、轨道控制技术、空间载人环境控制及生命保障技术,为实施第二步工程奠定了坚实的基础。

2004 年 12 月,中央批准启动我国载人航天第二步任务,并明确第二步任务重点放在航天器交会对接和航天员空间活动等重大技术突破上。

载人航天工程总体组织确定了我国载人航天二期工程第一阶段主要任务目标为:

(1) 实施航天员出舱活动,突破航天员出舱活动技术;

(2) 实施航天器交会对接试验,突破和掌握载人航天器交会对接技术;

(3) 开展有效的空间应用和空间科学技术试验;

(4) 为工程的进一步发展创造基本条件。

神舟七号飞船于 2008 年 9 月 25 日发射,2008 年 9 月 28 日回收,承载 3 名航天员,突破了出舱活动技术。

为进一步掌握交会对接技术、开展空间技术和应用试验、为空间站奠定技术基础,工程总体决定成立空间实验室系统,其主要任务有以下三项任务:

(1) 研制目标飞行器,参与交会对接试验;为航天员的在轨工作、生活提供必要的条件,并保证航天员安全;为开展空间应用、空间科学实验与技术试验提供基本条件。

(2) 开展空间实验室关键技术攻关和先期研制工作,为载人航天后续发展积累经验。

(3) 根据工程的进展,开展空间站实施方案的论证。

### 4.2 我国发展空间实验室的基本思路

空间实验室工程以突破空间站技术为主要目标,在充分借鉴工程第一步任务技术成果基础上,其设计的指导思想为:

(1) 明确目标、充分验证

以突破及验证未来空间站技术为主要目标,在型号设计中突出我国载人航天技术发展的整体思路和分步实施途径,通过空间实验室工程进行系统验证,可以减少整个工程研制的工作量、最大限度的发挥空间实验室的效益,也可降低整个工程风险。

(2) 充分继承、注重创新

充分继承载人航天工程第一步任务的技术成果和管理经验以及 863 研究成果和相关的延伸技术,并借鉴国际载人航天的成功经验,可有效降低技术实施风险,缩短研制的周期及投入。

注重创新是实现我国载人航天实现跨越式发展的需要,在载人航天发展途径上我们应坚持中国特色、技术进步和系统优化,走自己的路,跨越式发展,尽快缩短与航天大国的差距。

(3) 以人为本、安全可靠

设计中应始终贯彻“以人为本”的方针,加强系统的风险分析和措施设计,加强工效学和医学分析设计,加强地面充分的试验验证,为航天员提供舒适、安全、可靠的工作和居住环境。

(4) 规模适度、兼顾应用

考虑到我国的经济承受能力、运载火箭的发展、可能的空间站发展规模及未来天地往返运输能力,研制规模应当适度。在完成技术验证试验的同时,应兼顾空间应用技术试验,以提高经济效益。

### 4.3 我国空间实验室应具备的基本功能和任务

为完成基本任务,我国的空间实验室应具备以下三类功能:自主飞行及试验支持功能、交会对接功能、航天员驻留技术支持功能。其中,自主飞行及试验支持功能包括了自主供电、测控通信、热控、环境控制与生命保障、轨道与姿态控制,并具有一定的空间防护能力;交会对接功能包括了轨道相位调整、姿态保持、交会对接、支持组合体管理;航天员驻留技术支持功能包括了工作和生活空间支持、医学和工效学支持、生活保障支持、出舱活动支持等功能。

根据工程总体的要求,空间实验室系统目前正

在开展天宫一号目标飞行器的研制工作。目标飞行器是为了满足我国载人航天第二步第一阶段任务要求而研制的新型载人航天器,它既是配合神舟载人运输飞船进行交会对接试验的目标飞行器,又是我国空间实验室的雏形。

其任务要求为:

- (1) 作为交会对接目标,参与交会对接技术试验。
- (2) 为航天员的在轨工作、生活提供必要的条件,并保证航天员安全。
- (3) 为开展空间应用、空间科学实验与技术试

验提供基本条件。

(4) 初步建立能够在轨长期可靠运行的载人空间试验平台,为建造空间站积累经验。

天宫一号目标飞行器由实验舱和资源舱组成,实验舱是密封舱,支持 3 名航天员工作和休息,实验舱后锥段与资源舱是非密封环境,安装相关设备,包括太阳翼、发动机等。实验舱前端框安装 1 个对接机构,完成交会对接任务。目标飞行器构型见图 11。

为了给空间站进行技术积累,目标飞行器采用

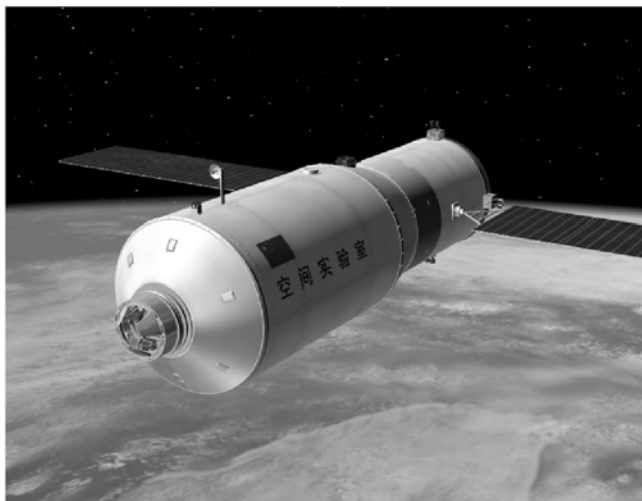
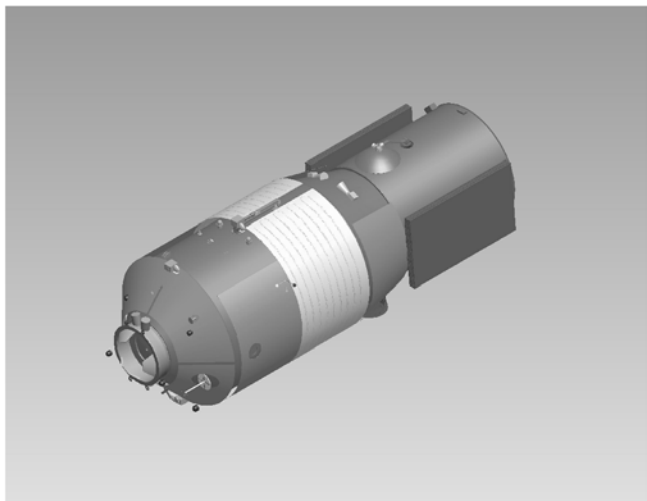


图 11 “天宫一号”目标飞行器(左图为太阳翼收拢状态)

了某些新技术,分别通过平台应用和空间技术试验验证。

目标飞行器在酒泉卫星发射场由长征运载火箭发射,在寿命周期内与载人运输飞船进行多次交会对接,对接后航天员进入目标飞行器工作和生活,期间组合体的轨道和姿态由目标飞行器控制,在寿命末期目标飞行器实施主动离轨控制,安全返回大气层销毁。

天宫一号目标飞行器的研制是我国载人航天工程的一大跨越,开拓了低轨长寿命载人飞行的领域,其先进性主要体现于高度的集成性。与国际上其它空间实验室相比较,天宫一号具有自主在轨飞行的能力,其重量低于 9t,但部分功能和设计指标已经达到了国际 20t 级空间实验室的水平。为了实现设计目标,我们采用了一系列新技术,新工艺,实现了电子设备的多功能化和小型化。通过天宫一号目标飞行器的飞行试验,既支持了交会对接任务,又为空间站部分关键技术进行了先期试验验证,通过较小的

代价,达到了一次任务多方受益的效果,体现了中国特色。

## 5 结束语

综合分析国外空间实验室发展历程和成功经验,我们收获了对制定我国空间实验室发展策略有益的启迪,我们应以突破空间站关键技术为目标,在继承已有载人飞船成熟技术的基础上,循序渐进,大胆创新,建立拥有自主知识产权的空间实验室。

17 年来我国载人航天领域取得的成就表明,我国载人航天发展战略是正确的,神舟七号载人航天飞行任务的成功吹响了第二步任务起航的号角,我国空间实验室发展的技术途径已经明确。目前,空间实验室系统正在为天宫一号目标飞行器的发射做着扎实而艰苦的工作,相信通过天宫一号目标飞行器的研制,我们将向着中国人长期驻留太空的目标迈出坚实的一步。

◇



## 参 考 文 献

- [1] 范剑峰.空间站工程概论.黑龙江:哈尔滨工业大学出版社,1990
- [2] 空间实验室和空间站.国外载人航天情报研究.2003
- [3] 基谢列夫等.跨越千年-世界航天回顾与展望.西安:西安电子科技大学出版社,2007
- [4] COLUMBUS LAB: [http://www.esa.int/esaHS/ESAAYIOVMOC\\_iss\\_0.html](http://www.esa.int/esaHS/ESAAYIOVMOC_iss_0.html)
- [5] KIBO: [http://www.jaxa.jp/projects/iss\\_human/kibo/index\\_e.html](http://www.jaxa.jp/projects/iss_human/kibo/index_e.html)
- [6] Salyut: <http://en.wikipedia.org/wiki/Salyut>
- [7] Skylab: <http://en.wikipedia.org/wiki/Skylab>
- [8] Spacelab: <http://en.wikipedia.org/wiki/Spacelab>

## Spacelab technology summary and development stratagem

HE Yu YANG Hong BAI Mingsheng  
(China Academy of Space Technology)

**Abstract:** Spacelab is a kind of space vehicle which can execute multipurpose manned space science experiments. At present, there are two kinds spacelab in international space exploration field. One has the ability to implement missions in orbit independently, the other needs another spacecraft's support. Spacelab technology is important to the development of space station, which is also under developing by our country now. This paper presents approaches during international spacelab development, and illuminates our conceptions and schedule of spacelab development for the next step .

**Key words:** manned spaceflight, spacelab, target spacecraft, Tiangong-1

.....  
(上接第 4 页)

## Study on Ground Thermal Test Method for Manned Spacecraft

FAN Hanlin HUANG Jiarong  
(Beijing Institute of Spacecraft System Engineering, China)

**Abstract:** There are many bigish differences in thermal control mode between manned spacecraft and normal satellites, especially active fluid loop technology and the pressured cabin environment due to man loading make the emphasis of ground thermal test validation changed. Due to of ground gravity existence, the effect of nature convection on test results should be restrained as less as possible when the ground thermal tests are carried out for those sealed cabins in which there exists convection heat transfer, in order that test results can really represent the fact flight data. Moreover, the development direction for future manned spacecrafts will be towards large scale, module blocking, docking and assembly on orbit, therefor how to make design validation for these vehicles will also become a problem needed to be resolved. So in this paper, a study on these situations is carried through, and a primary scheme is presented.

**Key words:** manned spacecraft, thermal control, test