

王希季院士文集

中國宇航出版社

王希季院士文集

 中国宇航出版社
· 北京 ·

ISBN 7-80218-034-1



9 787802 180345 >

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

王希季院士文集 / 王希季著. —北京:中国宇航出版社,2006.3

ISBN 7-80218-034-1

I.王... II.王... III.①王希季-文集②航天-文集 IV.V4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 152550 号

责任编辑 艾小军

责任校对 王妍

责任印制 任连福

装帧设计 03 工舍

出版
发行 **中国宇航出版社**

地址 北京市阜成路 8 号 邮编 100830
(010)68768548

网址 www.caphbook.com / www.caphbook.com.cn

经销 新华书店

发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)
(010)68768541 (010)68767294(传真)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑

(010)68371105 (010)62529336

承印 北京中新伟业印刷有限公司印刷

版次 2006 年 3 月第 1 版

2006 年 3 月第 1 次印刷

规格 787×1092

开本 1/16

印张 20.25

字数 502 千字 彩插 4 面

书号 ISBN 7-80218-034-1

定价 98.00 元

本书如有印装质量问题,可与发行部调换



王希季——1921年7月生，云南省大理人，白族。1958年加入中国共产党。中国空间技术研究院研究员、中国科学院院士、国际宇航科学院院士。

1942年西南联合大学机械系毕业。1949年美国弗吉尼亚理工学院动力及燃料专业毕业，获科学硕士学位。1950年回国，先后在大连工学院、上海交通大学、上海科技大学任副教授和教授。1958年任上海机电设计院总工程师。1977年后，历任北京空间机电研究所所长，中国空间技术研究院副院长、科技委主任，航天工业部总工程师。

中国空间技术领域的开拓者之一，有多项功绩载入航天史册：负责开发了中国第一枚液体燃料探空火箭，担任型号负责人研制了中国18种探空火箭中的12种；倡导并参加发展了火箭探空和回收两项新技术学科；创造性地把探空火箭技术和导弹技术结合起来，提出我国第一枚卫星运载火箭的技术方案，并主持完成了长征一号火箭初样阶段的工作；作为我国第一颗返回式卫星的总设计师，负责制定出立足国内技术和工业基础而又能达到国际先进水平的研制方案，使中国成为世界上仅有的掌握此项高技术的三个国家之一；领导过载人航天的预先研究，力主中国发展载人航天从载人飞船起步，为以后的中国载人航天发展起到了推动作用；在国内率先提出“开拓天疆，建设空间基础设施，利用太空资源为人类造福”。

1982年荣立航天工业部一等功；1985年和1990年两次获国家科技进步特等奖，1996年获国家科技进步一等奖，1987年获国家科技进步二等奖；1995年获何梁何利基金科学与技术进步奖；1999年获国家“两弹一星”功勋奖章。



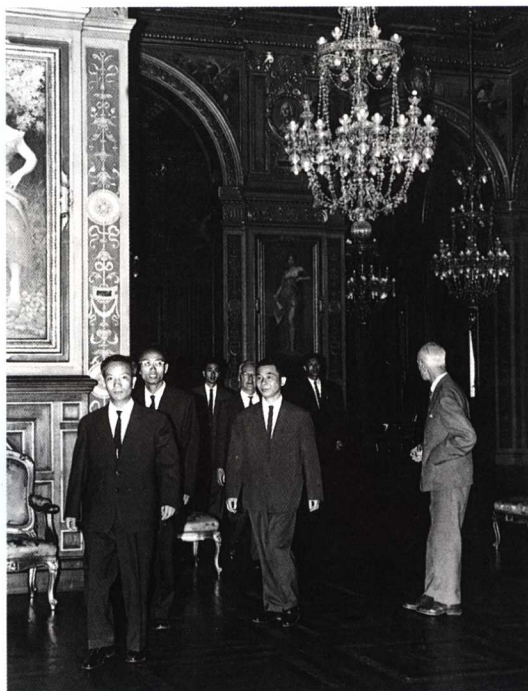
▲ 1999年9月18日，江泽民主席为王希季院士授“两弹一星”功勋奖章



▲ 1999年9月18日，授勋仪式结束后，（左起）屠守锷、杨嘉墀、黄纬禄、任新民、王希季、孙家栋等六位“两弹一星”功勋奖章获得者合影



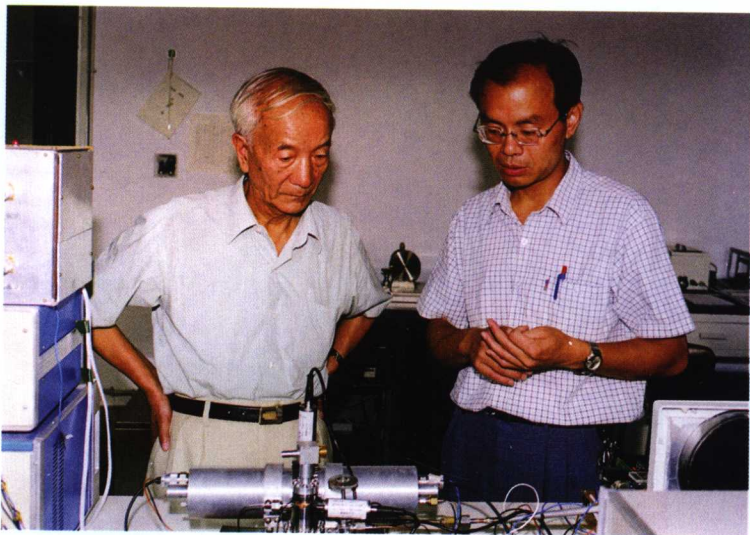
◀ 1949 年，在美国弗吉尼亚理工学院



▶ 1966 年，率空间科学代表团拜访巴黎市长



▲ 1996 年，王希季院士检查返回式卫星舱内状态



◀ 1998年，王希季院士到510所了解斯特林制冷装置研制情况



◀ 1999年，神舟5号飞船发射成功后，王希季院士与杨利伟及部分航天员合影



◀ 2001年，王希季院士80寿辰时与夫人合影

序

《王希季院士文集》的出版是我国航天界非常值得庆贺的一件事。王希季院士是“两弹一星”功勋奖章获得者,是我国航天(空间)技术主要开拓者之一。他在火箭探空、航天运载火箭、返回式遥感卫星、载人飞船和现代小卫星等工程领域中做出了突出的贡献。

他曾担任多种航天型号的总设计师,对我国航天事业的发展有很多独到的见解。他在工程实践中重视总结经验,认真分析我国航天事业的持续发展问题,提出了很多很好的具体建议,并且在不同场合宣传他的观点,以取得领导和群众的理解与支持,从而取得实效。这本文集精选了王希季院士 23 年间(1981~2003 年)发表的部分论著,按内容分为 8 个专题,即运载火箭技术、空间资源、航天器返回技术、微重力、工程设计、载人航天、航天技术和空间基础设施。

他首次明确提出在“空间”这个人类的第四环境中有着极其丰富的资源,发展航天技术就能够发现、开发和利用空间资源造福人类。要想完全自动化地充分开发、利用空间资源几乎是做不到的,因此需要人在空间场所参与,这为发展载人航天提供了一个重要依据。

他与人合作在 1994 年和 1997 年相继出版的《工程设计学》和《卫星设计学》中,提出了工程项目设计应遵循“先高(高层次)后低(低层次)、先外(外部环境)后内(工程项目本身)”的客观规律,应把求得整体功能最优化作为主要目标等设计原则,都是具有创新性和极大参考价值的见解。

他根据国内外航天技术发展状况和趋势,于 1999 年正式提出了航天技术体系的新概念,把航天技术分解为航天器进驻空间的技术、航天功能运用技术、航天防护技术和航天攻击技术四大部分。其中航天器进驻空间是航天技术的基础技术,航天功能运用技术是实现航天技术任务的技术(现阶段主要是航天信息应用技术)。这些新概念是对航天技术作为一个复杂的大系统的内涵更确切的认识,有利于推进我国航天技术的协调发展。

在文集最后讨论了我国空间基础设施,他描绘了我国空间基础设施一个清晰的蓝图,提出了建设的原则,避免发展烟囱式结构。空间基础设施的建设能大大促进天地一体化的空间信息产业的发展,更好地促进我国社会经济发展和更好地保障我国国防安全。

神舟 6 号载人飞船的圆满成功标志着我国在发展载人航天技术、进行有人参与的空间试验活动方面取得了又一个具有里程碑意义的重大胜利。我国的航天事业正面临着新的机遇和巨大的挑战。我们航天人更要贯彻胡锦涛总书记在庆祝神舟 6 号飞船载人飞行圆满成功大会上重要讲话的精神,为中国的航天事业再立新功。此时《王希季院士文集》的出版发行,对我们

航天人来说更有其特殊意义。从他的文章中可以看出他结合工程实践不断自主创新的精神,他的文章观点新颖,论据充分,值得我们好好学习。如果您能认真翻阅全书,一定会从王希季院士的自主创新思想中受到很多启发,从而引发各种新的思想概念和具体的工作途径,为走我们独立自主的中国式航天事业发展道路努力创新。

我再一次祝贺《王希季院士文集》的出版,希望它能为我们广大的航天人所欢迎,对众多的科技工作者有所裨益。

庄逢甘

2005年12月26日

目 录

运载火箭技术

国外卫星运载火箭评述·····	3
阿金纳通用末级与照相侦察卫星·····	17

空间资源

论空间资源·····	25
空间资源及其利用开发·····	31
空间资源的开发·····	43
从空间资源开发展望空间技术的发展·····	89

航天器返回技术

航天器进入与返回技术概论·····	95
返回技术和返回式航天器的发展·····	113
中国返回式航天器发展途径探讨·····	118

微重力

空间微重力资源·····	129
空间微重力试验·····	132
中国返回式卫星的搭载任务——空间材料科学试验·····	136
开拓空间微重力科学实验的新领域·····	141

工程设计

工程设计学绪论·····	155
工程设计程序·····	160
卫星设计学绪论·····	179
卫星设计的性质和特点·····	185
卫星的设计要求·····	197

载人航天

为什么要发展载人航天·····	213
中国为什么要发展载人航天·····	215
重复使用的并不都是经济的·····	219
国外载人航天发展情况·····	223
载人空间站概念·····	237
空间站发展的探讨·····	241
载人航天器轨道运行段的救生问题·····	250
空间站的安全与救生·····	255

关于发展载人航天的讨论·····	262
选择中国载人航天发展目标的讨论·····	269
中国载人航天工程的外部设计·····	278
航天技术	
PROSPECT FOR CHINA'S SPACE ACTIVITIES ·····	289
中国运用应用卫星体系问题·····	298
21 世纪的航天技术 ·····	303
空间基础设施	
建设我国的空间基础设施·····	311
把开发利用天疆作为国策 加快我国空间基础设施建设·····	314

运载火箭技术

国外卫星运载火箭评述*

1 前言

火箭原是我国古代的伟大发明,但直到 20 世纪初,火箭的原理方与航天的概念结合起来并建立起科学的基础。

德国人把探空火箭的技术应用于军事领域,曾于 1942 年研制出第一枚自动控制的 A-4 现代火箭,并将它改装成 V-2 导弹用于第二次世界大战。战后,苏、美两国在 V-2 导弹的基础上竞相发展中远程弹道导弹,并在导弹的基础上发展了卫星运载火箭,两国分别于 1957 年 10 月和 1958 年 1 月成功地发射了各自的第一颗人造卫星。

20 多年来,世界上大约发射成功 2 300 多枚运载火箭,并把 2 400 多个有效载荷送入多种轨道,其规模、成就和耗费之巨大,由此可见。到目前为止,世界上用于发射卫星的都是一次使用的运载火箭。

20 世纪 70 年代,美国开始研制多次重复使用的空间运输系统(航天飞机)。这种空间运输系统把运载火箭与空间飞行器结合成一体,预计 1982 年投入使用。航天飞机经济上的目的在于降低卫星的发射成本。美国希望在航天飞机正式投入使用后,卫星发射费用能降到每千克几百美元。而一次使用型运载火箭的发射费用,一般每千克要几千美元。有人从这点出发认为一旦航天飞机得以应用,一次使用的运载火箭将会退出历史舞台。这种结论可能过于简单。这是因为一个强大的技术领域不会因某个项目被某一国突破而一时全面改观。在相当时期内,运载火箭仍将沿着它自己的道路,结合不同地区和国家的具体情况而发展。很可能航天飞机的出现反而会促进一次使用的运载火箭向更高水平发展。最近,欧空局阿里安运载火箭研制成功,美国一些本来已有停滞倾向的运载火箭,如德尔它 3920,现在又有了新的发展势头。这些事实都说明,技术上的发展往往不是简单的互相排斥或代替,更普遍的倒是相互促进。

2 国外卫星运载火箭发展概况

空间技术发展的初期,要突破的主要问题是掌握卫星发射技术和探索空间技术的应用。为了抢时间,苏、美两国都采用将远程导弹修改和在中程导弹上加一级的办法来组成运载火箭。随着空间技术的发展,卫星应用范围的扩大,对运载火箭提出了许多新要求。再用上述办法来组成运载火箭,在技术、可靠性和经济性上都已不能适应。因此,卫星运载火箭逐步走上了利用导弹的技术但按空间技术的要求而发展的道路。

分析国外情况后可看出,发展空间技术对运载火箭大致有如下要求:

1) 型号要配套。为了适应空间飞行器种类和用途日益增多的情况,需要具有小、中、大不

* 本文发表于《国外导弹与宇航》,1981 年第 1 期((总第 33 期))。

同运载能力的运载火箭。

2) 运载能力不断提高。空间飞行器进入应用和高级探测阶段后,其功能日益扩大,内容日益复杂;因此,运载火箭的运载能力有不断增大的趋势。

3) 适应性强。由于新的空间飞行器不断出现,同种空间飞行器也不断地更新换代,就是相同用途的卫星对运载火箭也往往有不同的要求。所以除了对为数不多的一些类型的卫星进行小批量生产外,其余的卫星几乎都是单件生产的。与空间飞行器相比,运载火箭的研制工作量更大,研制周期更长,因此运载火箭不可能与卫星——相对地发展,只能是具有尽可能大的适应性,亦即通用性。它应在一定范围内作不大的调整后,就能适应多种空间飞行器的要求。

4) 不断降低成本。空间飞行器单价(即每千克有效载荷的费用)的不断下降,这是空间技术迅速发展的重要前提。所以运载火箭的单价一定要不断下降,其可靠性也要不断提高。

5) 扩大末级的功用。在技术上可行的条件下,要求尽可能地利用末级作为空间飞行器的组成部分。这样一方面扩大了运载火箭的功能,使火箭与卫星结合起来;另一方面也减轻了飞行器的负担,可以把一部分功能、器件或舱段托付给与空间飞行器同时入轨的末级火箭,这在经济、技术上都有很大好处。

回顾国外运载火箭的发展情况,大致可以说,满足上述五个方面要求的运载火箭,一般都具有较好的服务能力和竞争能力,并成为骨干运载火箭。例如:美国的侦察兵、德尔它和大力神Ⅲ运载火箭系列;苏联的联盟号(A-2)、宇宙号(C-1)和质子号(D-1)运载火箭系列。世界上大多数卫星都是由这几种运载火箭系列发射的。

国外运载火箭的发展途径大致可归纳如下:

1) 利用导弹改型作为助推级,专门研制适应性强的通用末级。

美国主要发展了三个通用末级,即德尔它固体燃料末级,阿金纳常规液体燃料通用末级和人马座低温液体燃料通用末级。阿金纳通用末级在其 325 次(至 1974 年底)发射中,曾有 278 次作为卫星组成部分入轨。美国在研制通用末级方面取得了很大的成功和收益。

2) 助推级挖潜改型,使之与末级组合后成为级间比、气动外形和能量利用都更为合理的运载火箭,提高了运载能力。比较明显的例子有德尔它运载火箭、A 火箭系列和 N 火箭。

3) 为了增大运载能力,往往在基本火箭的助推级的周围,附加一些发动机——进行横向捆绑,美国的德尔它火箭,大力神ⅢC,D,E 火箭,日本的 N 火箭都是横向捆绑固体助推器的例子。苏联则采用捆绑液体火箭发动机的形式,如东方号和联盟号火箭。

利用横向捆绑不同数目的发动机,使助推级推力可在一个大得多的范围内变化,从而大大提高了运载火箭的通用性。例如:德尔它运载火箭系列,可以不捆绑助推器,也可以捆绑 3 个、6 个和 9 个助推器,把 45~930 kg 的卫星送入同步轨道,其运载能力的适应性很宽,而研制费用又大为节省。

运载能力的提高,还可以通过采用高比推力的低温液体燃料(液氢和液氧)末级来实现。如美国的人马座、欧空局阿里安的末级火箭和日本正在研制的为 H 系列运载火箭用的液氢液氧级等。

4) 专门研制的运载火箭。世界上有一些著名的运载火箭是专门研制的。如美国为登月探险而研制的土星系列巨型火箭;发射小型有效载荷用的侦察兵火箭;苏联为发射重型地球卫星研制的质子号(D 系列)火箭;日本的 M 和 N 系列火箭;法国的钻石火箭、英国的黑雁火箭以

及西欧的欧罗巴火箭和阿里安火箭。

3 当前使用的运载火箭

当前国外使用的运载火箭主要有:美国的侦察兵、德尔它 2914 和 3914、宇宙神 F、宇宙神-阿金纳 D、宇宙神-半人马座、大力神ⅢC、大力神ⅢD、大力神ⅢB/阿金纳、大力神ⅢE/半人马座等(分属于 4 个系列 10 种型号);苏联的 A-2、C-1、D-1-E、F-1-m(分属 4 个系列 4 种型号);日本的 N-1 和 M-3H/M-3S;还有欧空局正在试射的阿里安火箭等 17 种型号(见表 1)。

侦察兵全固体运载火箭是一种廉价、可靠、多用途的小型运载火箭,迄今已发射了 100 多次,成功率达 95% 以上,并曾创造过连续发射成功 37 次的记录。1960 年以来侦察兵经过不断改进,性能有了很大的提高,近地轨道的运载能力从 60 kg 增加到 180 kg,有效容积从 0.5 m³ 增至 1.01 m³。

德尔它运载火箭是应用范围很广的中型运载火箭。德尔它具有廉价、可靠、多用途的特点。迄今发射过 150 多次,发射成功率达 90% 以上,它既能适应 45~930 kg 的地球同步轨道的发射,也能适应 270~2 000 kg 的近地轨道的发射。经济性也较好,就近地轨道而言,每千克有效载荷的发射费用已从 11 000 美元降到 3 500 美元左右。

自 1959 年 11 月以来,宇宙神运载火箭系列先后发展了 A、B、D、E 和 F 等型号;常用的末级有阿金纳 A 型, B 型, D 型, 艾布尔, 博纳 II 和半人马座。现仍在使用的只有宇宙神 F、宇宙神-阿金纳 D 和宇宙神-半人马座等。宇宙神运载火箭曾用于再入飞行器、轨道飞行器、水星飞船、月球轨道器、水手、轨道太阳观测卫星、轨道地球物理观测卫星、国际通信卫星 IV 号、勘探者、先驱者等的发射任务。宇宙神是美国航宇局和国防部的一种较大型的多用途运载火箭,自 1965 年以后,发射成功率在 90% 以上。宇宙神-半人马座可把 6 500 kg 的有效载荷送入近地轨道,把 1 800 kg 载荷送入转移轨道,或把 590 kg 的载荷送到地球逃逸轨道。

大力神运载火箭系列,包括用于双子座飞船的大力神 II 改型和用作美空军的军用(侦察、预警、通信)计划和航宇局外行星探测计划的大力神 III 系列,即 III A(试验型号), III B(加阿金纳上面级), III C, III D, III M(1969 年取消), III E(加半人马座)。目前正在使用的只有大力神 III B, III C, III D 和 III E 四种型号。大力神 III E/半人马座可把 17 000 kg 的有效载荷送入近地轨道,把 6 800 kg 的载荷送入转移轨道,把 4 000 kg 的载荷送入地球逃逸轨道。大力神 III E 曾发射过太阳探测器、海盗、旅行者外行星探测器等。大力神 III E 的运载能力替补了昂贵的土星 IB 运载火箭。大力神 III D 主要用于发射重型大鸟侦察卫星。大力神 III C 多用于国际通信、导弹预警、核爆炸探测等任务。大力神 III B 多发射秘密军事侦察卫星。

苏联仍在使用的运载火箭,主要有 A-2、C-1、D-1 和 F-1 型。A-1 和 B-1 仅偶尔使用,基本上已被 A-2 和 C-1 所代替。

上升号和联盟号载人飞船、进步号运货飞船以及宇宙号系列中的第二代侦察卫星、均使用 A-2 运载火箭。A-2 火箭可将 7 500 kg 的有效载荷送入近地轨道。

苏联的 C-1 运载火箭是由短剑导弹(SS-5)作助推级,上面加一个具有再启动能力的末级火箭组成。它是苏联发射数量最多、使用范围最广的一种中型运载工具。自 1964 年 8 月首次使用以来,迄今 C-1 火箭发射总数已达 170 多次,仅次于雷神-德尔它系列和 A 系列火箭。C-1 火箭发射的有效载荷大部分是军用卫星,其中包括军事通信、中继、导航、测地、电子

表 1 国外当前使用的运载火箭

名 称	国 家	动力装置		推进剂	推力/ (kg·g)	直径/m (不含捆 绑火箭)	长度/m (不含有 效载荷)	起飞 质量/ kg	有效载荷/kg	
		级	发动机						绕地 轨道	逃逸 轨道
侦察兵	美 国	1	1×UTC 阿尔格 3A	固体	48 900 g	1.13	22.9	21 400	250 ⁽¹⁾	30
		2	1×聚硫 TX-354-3	固体	28 000 g					
		3	1×赫克利斯 X259-B4	固体	12 700 g					
		4	1×聚硫牵牛星 3	固体	2 580 g					
德尔它 3914	美 国	1	1×洛克达因 RS-27	液氧/煤油 RJ-1	93 000 g	2.44	22.4	190 000	930 ⁽²⁾	634
		1	9×聚硫 TX526-2(捆绑)	固体	348 000 g	1.0	11.2			
		2	1×TRW TR201	四氧化二氮 / 肼 - 偏二甲肼	4 460 g	2.44	5.89			
		3	1×聚硫 TE364-4	固体	6 800 g	0.98	2.3			
德尔它 2914	美 国	1	1×洛克达因 RS-27	液氧/煤油 RJ-1	93 000 g	2.44	22.4	133 000	700 ⁽²⁾	480
		1	9×聚硫 TX354-5(捆绑)	固体	212 000 g	0.76	7.20			
		2	1×TRW TR201	四氧化二氮 / 肼 - 偏二甲肼	4 466 g	2.44	5.89			
		3	1×聚硫 TE364-4	固体	6 800 g	0.98	2.3			
宇宙神 F	美 国	1/2	2×洛克达因 LR-89-NA5	液氧/煤油 RP-1	150 000 g	3.05		120 000	600 ⁽¹⁾	
		1	1×洛克达因 LR-105-NA5	液氧/煤油 RP-1	25 800 g					
宇宙神 - 阿金 纳 D	美 国	1/2	2×洛克达因 LR-89-NA5	液氧/煤油 RP-1	150 000 g	3.05		120 000	3 700 ⁽¹⁾	
		1	1×洛克达因 LR-105-NA5	液氧/煤油 RP-1	25 800 g				1 220 ⁽³⁾	
		2	1×贝尔 8096	红烟硝酸/偏二甲肼	7 250 g	1.5	7.1 (通用未级)	6 810 (通用未级)		