

著名航天动力学专家曲广吉教授文集

航天与力学

主编 于登云

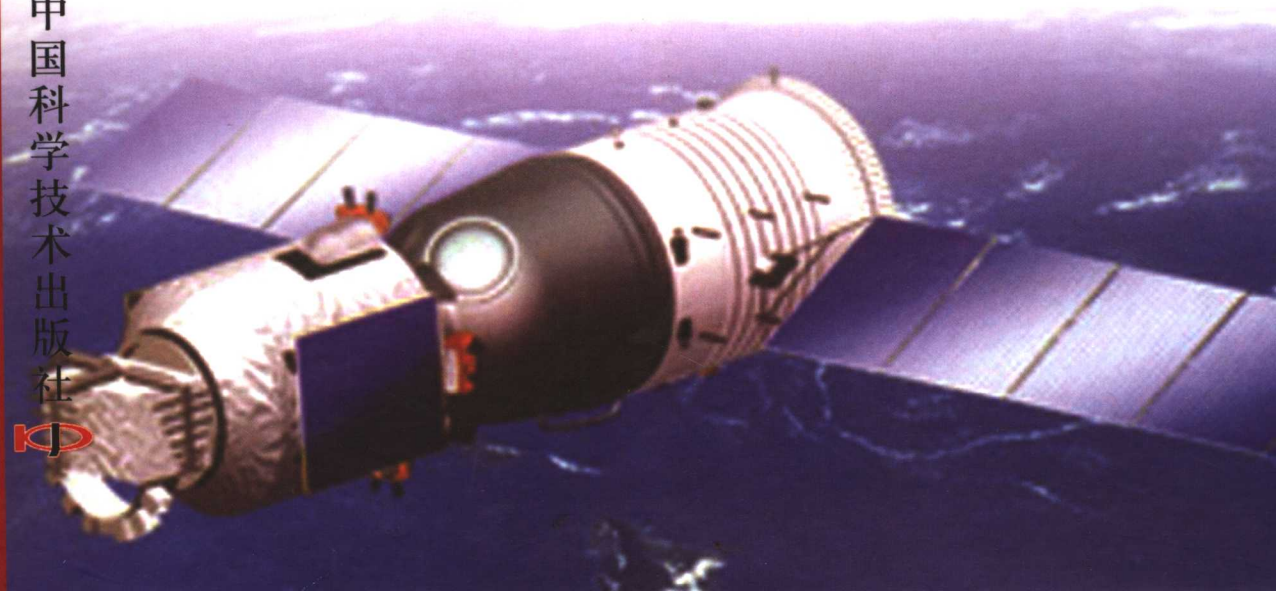
副主编

高耀南
李志
杨雷

中国科学技术出版社



ASTRONAUTICS & MECHANICS



著名航天动力学专家曲广吉教授文集

航 天 与 力 学

ASTRONAUTICS & MECHANICS

主 编 于登云

副主编 高耀南 李 志 杨 雷

中国科学技术出版社

·北 京·

图书在版编目(CIP)数据

航天与力学/于登云主编. —北京:中国科学技术出版社,2005. 10
ISBN 7-5046-4182-0

I.航... II.于... III.航天-动力学-文集 IV.V411-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 113309 号

中国科学技术出版社出版
北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081
电话:62103208 62103171
<http://www.kjpbooks.com.cn>
科学普及出版社发行部发行
北京国防印刷厂印刷

*

开本:889 毫米×1194 毫米 1/16 插页:8 印张:46.75 字数:1420 千字
2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷
印数:1—1000 册 定价:106.00 元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)



曲广吉教授



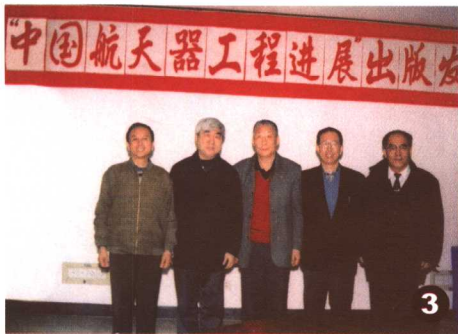
2005年4月，曲广吉教授(左三)在“东方红一号”卫星诞生地立碑纪念仪式上同孙家栋院士(左六)、闵桂荣院士(右一)、戚发轫院士(左四)、陈宜元研究员(右五)、胡其正研究员(左二)、杨长庚研究员(右二)及张福田(右六)、沈以明(左五)、沈振金(右四)、马天任(左一)、林以定(右三)高工等参加我国第一颗卫星研制的领导和专家合影。



曲广吉教授与本书主编、副主编合影。于登云(左二)：1961年生，研究员，博士生导师，五院总工程师兼总体部部长。高耀南(右二)：1958年生，研究员，硕士生导师，五院研发部副部长。李志(右一)：1966年生，研究员，硕士生导师，五院研发部副总研究员。杨雷(左一)：1965年生，高工，硕士生导师，五院总体部专业主任设计师，室主任。



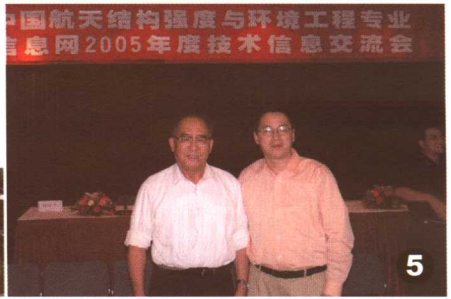
① 曲教授与五院殷礼明副院长(左一)、总体部周象亮党委书记(右一)讨论航天动力学发展和人才培养问题。② 曲教授在莫斯科和刘强副院长(左二)、彭成荣研究员(左三)、孙国江研究员(右二)、张熹高工(右一)合影。



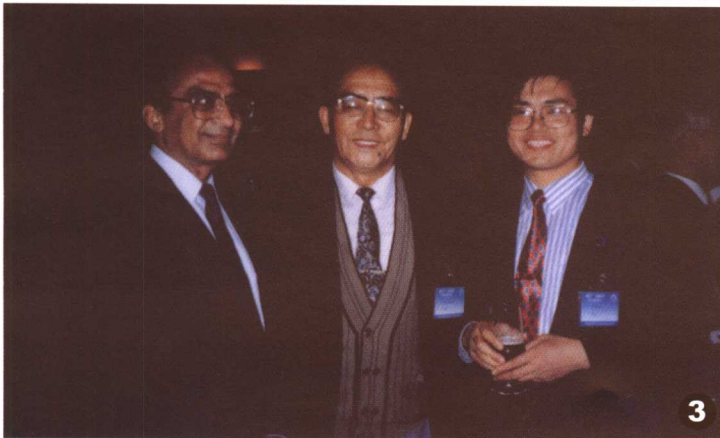
③ 2001年在《中国航天器工程进展》出版发布会上,孙家栋院士(中)和本书主编戚发轸(左二)、马世俊(右二)、彭成荣(左一)、曲广吉(右一)合影。④ 1997年在奉化总体学术会议上曲教授和缪炳祺教授合影。⑤ 1998年在黄山动力学学术会议上曲教授和胡金刚研究员在主席台上。



⑥ 2000年在上海航天局曲教授和王壮副总师(中)、娄汉文研究员(左)合影。⑦ 博士学位论文答辩委员会讨论决议。主席贾书惠;前排右起:陆元九、孙承启、胡海昌;后排右起:林华宝、张履谦、肖业伦、于登云。⑧ 2005年9月,曲教授(前排左一)在五院优秀教师颁奖会上。刘强副院长(后排右二)主持会议,袁家军院长(后排右一)讲话。

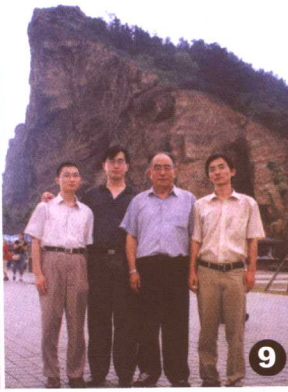


①和②1989年5月曲教授在北京怀柔主持召开我国第一届空间站动力学研讨会，来自全国40多名专家、教授、学者参加了这次学术盛会。①前排左起：邹振柱教授、杜善义院士、刘墩教授、黄文虎院士、曲广吉教授、邵成勋教授、吴瑶华教授、朱明教授、姬学军高工；后排：李志研究员（左一）、马兴瑞教授（左三）、柴洪友研究员（左四）、杨涤教授（右四）、于登云研究员（右三）、荆武兴教授（右一）、钟灿柱处长（左二）。②前排右起：杨嘉墀院士、胡海昌院士、范本尧研究员、曲广吉教授。③1997年武夷山总体学术会议上，曲教授和黄海教授合影。④1998年黄山动力学学术会议上，曲教授和黄怀德研究员（右一）、杨炳渊研究员（左一）合影。⑤2005年在乌鲁木齐会议上，曲教授和荣克林研究员合影。⑥1990年41st IAF会议上，曲教授（右一）和李芙蓉副秘书长（中）、陈世平研究员（左二）等代表团部分成员合影。⑦1998年航天总公司博士生导师考察团访问美国斯坦福大学和马里兰州大学时合影。后排右起：孙连举博导、曲广吉博导、吴宏鑫博导。⑧2001年五院总体部研发中心工作会议合影。二排左三~右三：高耀南副部长、殷礼明副院长、徐晓权副部长、曲广吉教授。



①1990年曲教授(右二)和贾书惠教授(右一)、周志成研究员(左二)在北京同美国著名航天动力学专家skelton教授(左一)合影。②1990年41st IAF会议上曲教授同美国著名控制专家bainum教授(左一)、美籍华人专家黄教授(中)合影。③1996年47th IAF会议上,曲教授和于登云研究员同加拿大著名航天动力学专家Modi教授合影。④1997年曲教授访问莫斯科时同著名航天动力学专家Kaliagin教授合影。⑤2002年,于登云部长和曲教授率团同俄罗斯专家谈判和签定技术合作合同时合影。⑥曲教授参加清华答辩会时同王照林教授(左一)、贾书惠教授(左二)等讨论动力学问题。⑦2001年在上海召开中国振动工程学会结构动力学专委会学术年会合影。前排左五~右三:曲广吉教授(副主任)、袁明武教授(主任)、郑兆昌教授、朱德懋教授、诸德超教授、王大钧教授、姚振汉教授、吕西林教授(副主任);后排:荣克林研究员(左五)、程伟教授(左一)等。





①曲教授和学生余海鹰（九三届）、曾辛（九五届）合影。②曲教授和学生杨雷（九六届）在答辩会上合影。③曲教授和学生张焯（九六届）、弟子席如青（右一）在答辩会上合影。④1999年杨芳博士学位论文答辩会合影。左起：于登云、陆元九（院士）、杨芳、胡海昌（院士）、曲广吉。⑤2002年向开恒博士后出站报告评审会合影。前排右起：王忠贵、刘强、曲广吉、向开恒、闵桂荣、肖业伦、殷礼明、谭维焯；后排右起：韩增尧、仇跃华、彭成荣、巨涛、杨维廉、王旭东、侯增琪、郭建宁。⑥2002年，朱安文博士学位论文答辩会合影。左起：朱安文、陈烈民、曲广吉、诸德超、陈德成、姚振汉、张德文、马兴瑞。⑦曲教授和动力学组部分弟子合影（2005年）。左起：于伟、郑世贵、韩增尧（博士）、曲广吉、闫军（博士）、关晓东、范晶岩。⑧曲教授和部分在读博士和在站博士后合影（2005）。右起：孙治国、袁俊刚、曲广吉、王鹏基、史纪鑫。⑨2003年大连飞行力学会议上曲教授和学生合影。左起：帅平博士（后）、郭海林博士、曲教授、徐小胜硕士。⑩1997年11月在奉化学术会议上弟子们给曲教授过生日。右起：王跃宇、程道生、张焯、吴琼、杨芳、邓甫国。



①登上巅峰(庐山)



②顶天立地(三亚)



③潜心钻研(卧室)



④童心未泯(美国公园)



⑤谈笑风生(研讨会)



⑥曲教授与大学57级校友合影(1997年)。前排左起：安秀芬、吕放、曲广吉、刘杲；后排左起：张秀仲、杜焕生、李文安、范又功、王绍水、杨楠。



⑦普兰店市史志办来访(2001年)。后排右起：崔颖、崔严、于茂植。



① 青年时期曲广吉(1957年)



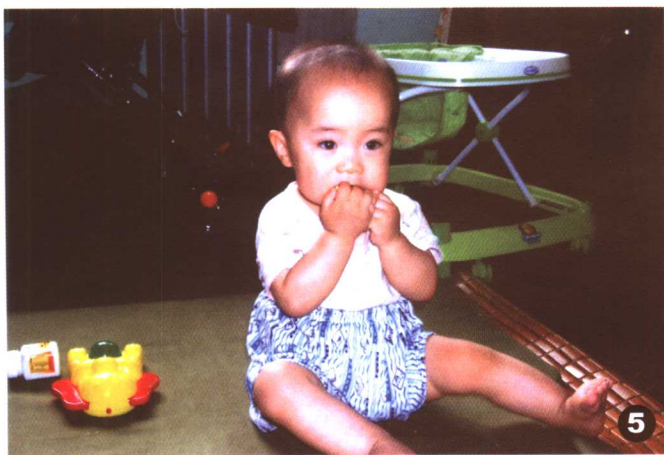
② 曲广吉和夫人邢宝祯女士合影(1960年)



③ 20世纪70年代曲教授全家福(右起: 长子曲毅、三子曲劲松、次子曲力)



④ 曲教授和老伴、儿子及儿媳林巧、孙女曲尧全家合影



⑤ 孙子韬韬(2岁)



⑥ 携夫人游玩(西双版纳)

内 容 提 要

《航天与力学》是著名航天动力学专家曲广吉教授的一部大型航天科学技术文集,共收集文章 100 篇,内容涉及航天器动力学及制导、导航与控制和航天器总体设计等航天动力学与控制领域多个学科专业的关键技术和系统工程问题,具有交叉学科多、理论难度大、专业技术性强、软件系统复杂和工程实用性好等特点。

本文集系统地反映和记录了曲广吉教授四十多年来在航天科研和人才培养方面取得的主要成就和发表的主要论文及部分研究报告,全书共分三大部分:第一部分,曲广吉教授的航天成就;第二部分,曲广吉教授的论文选编,其中包括:①曲广吉教授早期航天活动的研究报告和论文;②曲广吉教授在航天动力学领域的主要开创性研究成果;③曲广吉教授返聘后在航天领域正在开展的最新研究成果;第三部分,曲教授指导弟子完成的论文选编,其中包括:①航天器多体动力学;②柔性航天器动力学;③充液航天器动力学;④航天器飞行动力学;⑤航天器空间对接动力学;⑥航天器动力学与控制仿真;⑦航天器结构动力学与力学环境;⑧空间碎片防护工程。

本书的读者对象为从事航天动力学与控制研究和航天总体工程的研究人员、技术人员、研究生以及高等院校有关专业的教师和学生,并可作为航天领域科研院所和高等院校飞行器设计和动力学与控制专业的教学参考书。

《航天与力学》编委会

顾问	刘 强	殷礼明	周象亮	曲广吉					
主任	于登云								
副主任	高耀南	李 志	杨 雷	韩增尧					
秘书	王鹏基								
主编	于登云								
副主编	高耀南	李 志	杨 雷						
编委	于登云	高耀南	李 志	杨 雷	韩增尧	王鹏基			
	闫 军	关晓东	郭海林	周志成	白照广	陈忠贵			
	席如青	孙国江	谭春林	王跃宇	张 焯	向开恒			
	帅 平	孙治国	杨 芳	崔玉福	朱安文	史纪鑫			
	袁俊刚	刘 波	郑世贵	范晶岩	余海鹰	曾 辛			
	程道生	徐小胜	于 伟	邹元杰	耿云海	姬学军			
	李丰年	黄 海	悦玉凤	彭成荣	缪炳祺	邵成勋			
	杨 涤	曲广吉等							
编辑	王鹏基	闫 军	关晓东	郭海林					

责任编辑	崔 玲
封面设计	莱 瑞
责任印制	王 沛

序(一)

航天动力学是随着航天工程及其控制技术而发展起来的一门新兴学科,是力学学科三大分支在航天工程领域的应用和发展。航天动力学包括航天器动力学、火箭动力学和宇宙飞行动力学。尤其是航天器动力学,它是航天器设计,特别是复杂航天器设计中的一个十分重要的问题,几乎涵盖了现代力学各个分支领域,是一般力学、固体力学、流体力学、空气动力学、计算力学、实验力学以及控制理论、计算技术、仿真技术及系统工程等多学科的交叉综合。随着大型复杂航天器的发展和应用,其动力学特性也越来越复杂,这是总体方案设计、结构与机构优化和控制系统设计仿真必须解决的一项关键技术。

曲广吉教授是我国航天动力学领域的主要奠基者和开拓者之一,20世纪60年代,曲广吉教授参加了我国第一颗人造地球卫星“东方红一号”的研制,是卫星总体组成立时最早的五名成员之一。40多年以来他参加了我国多颗卫星的研制工作,从动力学与控制方面解决了一系列关键技术问题。曲广吉教授开创了我国复杂航天器动力学领域的工程应用研究,尤其自20世纪80年代初以来,他在复杂航天器的柔性动力学、多体动力学、液体晃动动力学、空间对接动力学、空间星座动力学、动力学与控制仿真、结构动力学模型修正、力学环境预示、动力学试验和空间碎片防护等学科领域获得了众多研究成果并填补了多项国内空白。曲广吉教授为我国航天事业培养了多名学生,大都成为航天战线的科研骨干。

2005年11月3日是曲广吉教授的七十岁寿辰,欣闻他的众多弟子帮他出版《航天与力学》一书,这是一件非常值得庆贺和很有意义的事。五院的老专家们为中国的航天事业创造了辉煌的业绩,此文集记录了曲广吉教授从事航天器动力学研究以来的主要成果,这是中青年科技工作者和航天事业的宝贵财富。借此机会,谨向曲广吉教授及其夫人邢宝祯同志表示祝贺,祝愿他们生活愉快,健康长寿,并为我国航天事业的进一步发展继续做出贡献!

刘培 肖明

2005年10月

序(二)

曲广吉教授在从事航天事业 43 年风雨历程中,为我国航天动力学专业技术的研究发展和工程应用做出了卓越贡献,在培养航天跨世纪人才方面同样做出了突出贡献。经他培养的学生和弟子有 40 多位,如今大部分选择留在航天系统工作,并成为各单位行政和技术领导,有些成为了专业学科带头人。比较典型并在原五〇一部广为流传的曲老师的六大弟子是:于登云,现任五院总工程师兼总体部部长;周志成,现任鑫诺卫星总指挥兼总工程师;白照广,现任五院小卫星总工程师;陈忠贵,现任二代导航卫星副总工程师;李志,现任五院副总研究师;席如青,现为美国并行计算机公司技术负责人。还有五院研发部高耀南副部长也是曲教授于十年前从高校选拔来的。应该说,他们是曲教授门下第一批高层次人才的佼佼者。第二批学生和弟子是:杨雷,现任总体部系统工程技术研究室主任;张焯,现任空间科学与深空探测总体室主持工作副主任;孙国江,现任东方红卫星公司总体设计部主任;谭春林,现任 863 专家组办公室主任;韩增尧,现任国家空间碎片专家组成员及 IADC 空间碎片防护组副组长;向开恒,现任系统工程室副主任;杨芳,现任东方红卫星公司主任设计师;还有王跃宇、崔玉福、朱安文、郭海林、关晓东、闫军、帅平等数名骨干人才如今在科技管理、型号研制、预先研究、专业学科发展等方面都发挥着重要作用。除航天系统外,另有数人出国深造,还有的成为外资企业骨干,如曾辛现为长沙威远信息技术有限公司总经理等。

教书育人,甘做伯乐。曲教授品德高尚,他把自己多年积累的专业知识和科研成果毫无保留地传授给学生和弟子,把培养航天跨世纪人才当作自己应尽的责任和义务。十几年前他曾经向五〇一部人事部门表示,希望能把自己的知识和经验传授给下一代,接好航天的班,一代胜似一代,要求每年为他多分配一些年轻技术人员,使自己在有生之年为航天事业多培养多输送一些高层次人才,为解决航天后继乏人做出应有的贡献。他是这么说的,也是这么做的,教书育人,甘做伯乐,充分体现了一位老专家的高风亮节。

严师出高徒,为人师表。曲教授对研究工作精益求精,刻苦钻研,几乎每天都要工作十几个小时,经常周六、周日不休息,忙于科研和教育工作。他那种忘我的敬业精神,严谨的工作作风,一丝不苟的工作态度,为学生和弟子们树立了良好的榜样。他经常讲要求别人做到的,自己首先要做到,起到表率作用。他不但在科研工作中对学生高标准严要求,在培养学生的品质素养方面,更教导学生如何做人,如何树立正确的人生观、价值观,引导青年献身祖国

航天事业大展宏图。他经常做学生的思想工作,分析他们的思想动向,有针对性地进行帮助和疏导,有时他还动员老伴做学生工作,关心学生的生活和家庭困难,帮他们排忧解难,从而建立了良好的师徒关系,人们称赞曲老师两口子真是一对良师益母。

无私无畏,甘为人梯。曲教授放手让年轻人大胆工作,有些研究课题让年轻人挑头,自己做助手指导,手把手教,为他们快速成才和进一步发展创造了条件。许多文章发表,科研成果报奖,他都让学生和弟子排名在前面,充分体现了曲教授淡泊名利、甘为人梯的高尚品质。

曲教授如今已年近古稀,但他在航天科研攻关和人才培养方面自始至终持之以恒,精神可嘉。欣闻下个月即是曲教授七十寿诞暨《航天与力学》出版之时,在此我们谨祝愿他身体健康、青春永驻,并殷切希望曲教授能继续为航天事业后继人才培养做出更大的贡献!

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '周', '象', and '军'. The characters are written in a fluid, cursive style.

2005年10月

编者前言

2005年11月3日是曲广吉教授的七十寿诞,作为他的弟子,我们主持编写和出版了《航天与力学》这部著名航天动力学专家曲广吉教授文集,以示对他生日的衷心祝愿,并为他在我国航天动力学领域做出的突出贡献和对学生的谆谆教诲深表钦佩与感激。

曲广吉教授是航天动力学领域的著名专家学者,是我国复杂航天器动力学工程应用研究的开创者和奠基人。作为“东方红一号”卫星总体组最早五人成员之一,曲广吉教授43年来一直奋战在航天第一线,参加了多颗卫星的预研和型号研制工作,提出并主持和开展了各类复杂航天器多种动力学问题的理论模型研究、应用软件开发、卫星工程应用和动力学试验等开创性攻关研究,获得了多项填补国内空白的理论研究和软件开发成果,取得了包括国家科技进步三等奖在内的多个国家和部级奖项。同时,作为我国航天动力学领域学科带头人和人才培养良师,自1988年以来先后招收硕士生、博士生和博士后共计19名;公开发表科技著作7部、科技论文100余篇;其中,《航天器动力学工程》是一部上百万字的理论与实践密切结合的应用理论著作,集中了曲广吉教授40多年从事航天器动力学与控制研究和应用的主要成果。曲广吉教授2001年退休返聘,现任中国空间技术研究院研究员、博士生导师、博士后专家组成员、总体部记述委员会委员和系统工程室技术顾问;并任哈尔滨工业大学和北京航空航天大学兼职教授,中国振动工程学会结构动力学专委会副主任,中国宇航学会空气动力和飞行力学专委会委员,中国管理科学研究院经济论坛常务理事等。

《航天与力学》是一部大型航天科技论文集,共收录文章100篇,内容涉及航天器动力学及制导、导航与控制 and 航天器总体设计等航天动力学与控制领域多个学科专业的关键技术和系统工程问题,具有交叉学科多、理论难度大、专业技术性强、软件系统复杂和工程实用性好等特点。本论文集系统地反映和记录了曲广吉教授四十多年来从事航天科研和人才培养取得的主要成就和发表的主要论文及部分研究报告。全书共分三部分:第一部分,曲广吉教授的航天成就。该部分由曲广吉教授的学生弟子和熟悉他的专家和记者供稿,他们用大量的事实叙述和评价了曲广吉教授在航天动力学领域和人才培养方面为我国航天事业做出的巨大贡献。第二部分,曲广吉教授的论文选编,包括:①曲广吉教授早期航天活动的研究报告和论文;②曲广吉教授在航天动力学领域的主要开创性研究成果;③曲广吉教授返聘后在航天领域正在开展的最