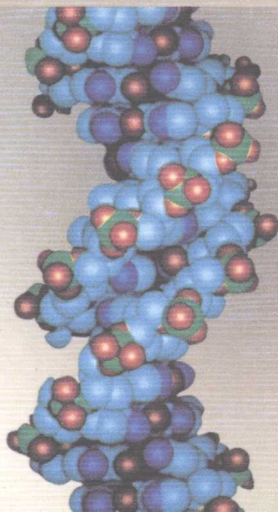




创建飞机生命密码

(力学在航空中的奇妙地位)



高等教育出版社
Higher Education Press

■ 大众力学丛书

创建飞机生命密码

(力学在航空中的奇妙地位)

乐卫松 著



高等教育出版社
Higher Education Press

图书在版编目(CIP)数据

创建飞机生命密码:力学在航空中的奇妙地位/乐卫
松著. —北京:高等教育出版社, 2008. 9

ISBN 978 - 7 - 04 - 024754 - 1

I. 创… II. 乐… III. 飞机 - 飞行力学 - 青年读物
IV. V212.1 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 114634 号

策划编辑 王 超 责任编辑 葛 心 封面设计 赵 阳
责任绘图 尹 莉 版式设计 陆瑞红 责任校对 杨凤玲
责任印制 尤 静

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	北京铭成印刷有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	880 × 1230 1/32	版 次	2008 年 9 月第 1 版
印 张	5.625	印 次	2008 年 9 月第 1 次印刷
字 数	140 000	定 价	15.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24754 - 00

中国力学学会《大众力学丛书》编辑委员会

陈立群 戴世强⁺ 刘延柱 苗天德 余振苏

隋允康 王振东 武际可* 叶志明 张若京

仲 政 朱克勤 朱照宣

(注：后加*者为主任委员，后加⁺者为副主任委员)

中国力学学会《大众力学丛书》

总 序

科学除了推动社会生产发展外，最重要的社会功能就是破除迷信、战胜愚昧、拓宽人类的视野。随着我国国民经济日新月异的发展，广大人民群众渴望掌握科学知识的热情不断高涨，所以，普及科学知识，传播科学思想，倡导科学方法，弘扬科学精神，提高国民科学素质一直是科学工作者和教育工作者长期的任务。

科学不是少数人的事业，科学必须是广大人民参与的事业。而唤起广大人民的科学意识的主要手段，除了普及义务教育之外就是加强科学普及。力学是自然科学中最重要的一个基础学科，也是与工程建设联系最密切的一个学科。力学知识的普及在各种科学知识的普及中起着最为基础的作用。人们只有对力学有一定程度的理解，才能够深入理解其他门类的科学知识。我国近代力学事业的奠基人周培源、钱学森、钱伟长、郭永怀先生和其他前辈力学家非常重视力学科普工作，并且身体力行，有过不少著述，但是，近年来，与其他兄弟学科（如数学、物理学等）相比，无论从力量投入还是从科普著述的产出看来，力学科普工作显得相对落后，国内广大群众对力学的内涵及在国民经济发展中的重大作用缺乏有深度的了解。有鉴于此，中国力学学会决心采取各种措施，大力推进力学科普工作。除了继续办好现有的力学科普夏令营、周培源力学竞赛等活动以外，还将举办力学科普工作大会，并推出力学科普丛书。2007年，中国力学学会常务理事会决定组成《大众力学丛书》编辑委员会，计划集中出版一批有关力学的科普著作，把它们集结为

《大众力学丛书》，希望在我国科普事业的大军中团结国内力学界人士做出更有效的贡献。

这套丛书的作者是一批颇有学术造诣的资深力学家和相关领域的专家学者。丛书的内容将涵盖力学学科中的所有二级学科：动力学与控制、固体力学、流体力学、工程力学以及交叉性边缘学科。所涉及的力学应用范围将包括：航空、航天、航运、海洋工程、水利工程、石油工程、机械工程、土木工程、化学工程、交通运输工程、生物医药工程、体育工程等等。大到宇宙、星系，小到细胞、粒子，远至古代文物，近至家长里短，深奥到卫星原理和星系演化，优雅到诗画欣赏，只要其中涉及力学，就会有相应的话题。本丛书将以图文并茂的版面形式，生动鲜明的叙述方式，深入浅出、引人入胜地把艰深的力学原理和内在规律介绍给最广大范围的普通读者。这套丛书的主要读者对象是大学生和中学生以及有中学以上文化程度的各个领域的人士。我们相信它们对广大教师和研究人員也会有参考价值。我们欢迎力学界和其他各界的教师、研究人員以及对科普有兴趣的作者踊跃撰稿或提出选题建议，也欢迎对国外优秀科普著作的翻译。

丛书编委会对高等教育出版社的大力支持表示深切的感谢。出版社领导从一开始就非常关注这套丛书的选题、组稿、编辑和出版，派出了精兵强将从事相关工作，从而保证了本丛书以优质的形式亮相于国内科普丛书之林。

中国力学学会《大众力学丛书》编辑委员会

2008年4月

序 言

Preface

大众
力学
丛书

当我们看到飞机翱翔在蓝天时，心里会升起种种疑问：这样的庞然大物是怎样上天的？它们为什么能在乱云飞渡之中平稳飞行？它们为什么能高速驰骋于万里云天？它们为什么在频繁的起降运行中不散架子？……如果把飞机比作人，我们会问：它们为什么有如此俊俏的外貌？为什么它们多姿多彩、神态各异？它们有什么样的皮肤和骨架？它们的心脏（发动机）为什么如此强有力？飞机的长寿秘诀在哪里？总而言之，创建飞机生命的密码何在？科学家和工程师们为此付出了多少艰辛的劳动？力学在创建飞机生命的密码中发挥了多大的作用？

翻开这本薄薄的书吧！我们可以从中轻松地得到上面这些问题的答案。

《创建飞机生命密码》是一本有趣的力学科普读物。与常见的科普书不同，作者虚构了两个人物——虚心好学的大学生剑青和充满好奇心的中学生夏雯，为了探寻航空的奥秘，他们认真读书，四处求教，深入思考，逐渐懂得了创建飞机生命的密码，了解了力学在航空事业发展中的不可或缺的作用。航空界业者的循循善诱，使他们大大地长了见识；读者跟随他们足迹也窥见了有关飞机的秘密。

由于这是一本力学科普读物，作者扣住力学在航空发展的作用这一主题，浅显生动地娓娓道来，不经意间涵盖了力学的几乎所有分支学科：流体力学、固体力学和一般力学（动力学与控制）。大体说来，前半本书主要涉及流体力学（空气动力学），告诉读者升力怎样产生（也就是说，飞机怎样上天），航行中的飞机要承受哪些气动力，怎样产生足够的推力，人类怎样突破“音障”等深层次的原理；而后半本书主要讲述固体力学和一般力学（弹性力学、气动弹性、结构力学、飞行力学、振动力学等）的作用，阐释飞机飞行的轨迹、总体架构及其稳定性、部件材料的疲劳损伤断裂、颤振和抖振的产生和预防、优质复合材料的使用等。全书涉及了许多深奥的力学知识及其应用，但读来相当容易而有兴味。

本书作者是航空界的资深专家，从事航空教学、科研、型号设计已近半个世纪，他深深热爱航空事业，所带领的不少学生已成为业内的领导和业务骨干。他全过程地参加了我国第一架大型客机——“运十”的设计、试验、制造、试飞过程，因此，就能得心应手地描述设计和制造飞机的种种诀窍。他以十年的深刻感受，深知必须掌握、运用力学知识，才能创造自己的飞机，才能真切掌握飞机的根底，才能拥有自己的知识产权，才能掌握自己飞机的生命；他确信中华民族完全能掌握自己大飞机的知识产权。正是在这种信念驱动下，他以古稀之年，夙兴夜寐，精心构思创作了这一力学科普著作。这种精神令人钦佩。

不久前，我国已正式做出决策，将设计制造有自主知识产权的大飞机，相应的公司已然成立。这给我国航空业的迅猛发展创造了新的契机，也为我国力学工作者开辟了更大的用武之地，这本书的推出可谓正当其时。

最后，用本书的结束语的最后一段话做小结：“青年朋友们，天高任鸟飞，海阔凭鱼跃，创建飞机生命密码是一个极为广阔的舞台，充分发挥你们的聪明才智，趁年轻，打下扎实的基础，厉

序言

兵秣马，艰苦奋斗，在这个舞台上大显身手吧。”

戴世强

于上海市应用数学和力学研究所

2008年6月

大众
力学
丛书

前言

Preface

大众
力学
丛书

中国已进入自主发展航空的时代，力学将在其中起着极其重要、奇妙的作用。力学是既古老又时新的大学科，拥有众多的分支，而且还在不断的发展中；航空只有一百多年的历史，不过它的迅猛发展使它理所当然地成了工业之花，也成了国力的标志。要用短短的篇幅介绍力学与航空的关联确乎困难。为了使广大青年费时不多就能对此领域有所了解，且不涉及深奥的数学推演及理论阐述，做到读来不觉枯燥无味，作者虚构了一组人物（其中有专家、教授、总设计师、航空“粉丝”等），并设计了情景访谈对话。贯穿的人物是两个航空“粉丝”，一个大学生，一个高中生，他们针对自己有兴趣的题目，深入到学校、设计研究所、工厂、实验室，寻求专家的指点，努力探索航空的奥秘，掌握创建飞机的生命密码，穷究其中的知识产权之类的问题，以这种方式对力学、航空及两者之间的关联做蕴涵一定专业内容的科普介绍。本书将涉及力学几乎全部的分支学科——流体力学、固体力学和一般力学（即动力学与控制），介绍它们应用于飞机设计、制造和运行时的方方面面，阐释力学对航空发展的重要作用以及航空对力学发展的促进作用。

这是一本写给高中生、大学低年级学生阅读的通俗的、又是

专业的小册子，也可供对航空有兴趣的、各界人士浏览。读者可以通读全书，也可以挑选感兴趣的段落阅读。

我在此深切感谢同济大学仲政教授建议我为青年人写这样一本科普读物，使我感到又回到年轻时期，谢谢上海市应用数学和力学研究所戴世强教授为本书撰写序言，谢谢北京大学武际可教授欣然动笔为第十三部分书写深入浅出、生动有趣的内容，为本书增辉。我要衷心感谢仲政、戴世强两位教授通阅全文，提出了很好的建议，根据他们的意见对原文做了修订。

本书的内容选自相关的教材、公开发表的国内外的航空与相关资料以及本人的文章。文中如有不妥之处敬请指教。

编者

2008年3月

大众
力学
丛书

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

Contents

- 1 国家的意志 / 1
- 2 民众的期盼 / 5
- 3 访丰总设计师 / 8
- 4 谁能把我拎起来
——升力从哪里来 / 15
- 5 看飞机飞上天 / 26
- 6 大迎角飞行
——访总体气动专家 / 33
- 7 看特技飞行表演 / 39
- 8 探索飞行力学 / 49

9	经济性与伦学 ——再访飞机设计研究所 / 60
10	飞机的心脏 / 68
11	飞机的骨架 / 75
12	飞机的乐谱 ——载荷谱 / 90
13	力的路径 / 95
14	飞机会散架子吗? / 102
15	坐在客舱看变形的机翼 / 115
16	一根弦和机翼 ——气动弹性力学 / 120
17	连接细节中的疲劳损伤 / 128
18	塑性材料的裂纹扩展 / 135
19	出现裂纹还能工作吗? / 142
20	复合材料的优秀力学性能 / 148
21	施工中的力学 / 159
	结束语 再谈飞机生命密码 / 161

“嗨！你注意了吗？近来关于飞机的新闻真多呀！”夏雯向剑青喊道。夏雯是个爱好航空、好问的高中女生。个子中等，有对明亮的黑眼睛。她正在家里复习功课，休息时上上网看看新闻，收集各种各样的飞机资料，刚从电视、报纸、网上搜索到国家决定造大飞机的决定(图1-1)以及一大堆关于农民要造飞机的消息，心中又兴奋、又疑惑，为什么我们已经会建造军、民用



图1-1 国家决定造大飞机

飞机，媒体却对民众要乘坐的大大小的飞机发布那么多新闻。

“是呀！你看国家领导、专家，在人代会上非常认真的研究，决定要造中国自己的大飞机。这个决定反映了民族的愿望、国家的意志，是要在当代实现的、有历史意义的大工程。”剑青随即回答。他是航空学院飞机设计专业力学班的学生，被女生视为又聪明、又帅的高个子男生，是夏雯的邻居。这天是星期日，回家看爸爸妈妈，也兼着帮助夏雯准备高考。剑青问夏雯：“你注意没有，有趣的是欧洲空客的超大型飞机 A380，也飞来我国做飞行展示，接着将会有波音的 B787 会进入中国的航线呢。”

“为什么会出现这种事情？”夏雯问。

“一点不奇怪，过去我们向空客、波音买了那么多飞机，现在我们要自己造了，岂不是影响他们的市场吗？我们要自己造，他们就要急，很正常的，对吗？”剑青答道。

“噢，原来这样。哎，我们不是造过叫……什么麦道飞机吗，算不算自己的大飞机？听老人们说我们还造过叫……什么 708 的飞机，很大的飞机。算不算呢？”一连串的问题，从夏雯口中抛出来。

“学院的杨教授告诉我们，有的算，有的不算。”剑青沉着地说。

没等剑青说完，夏雯就嚷起来：“什么意思？”

“嗨，别那么急。”剑青笑了，“是有那么点别扭，教授若不给我们解释，一下子是搞不懂的。”

剑青笑着说：“教授说两种飞机都是上海飞机制造厂造的，但来历大大不同。麦道飞机是国内组装的美国飞机，要得到美国联邦航空署（FAA）认可颁发的生产许可证延伸认可证书，工厂才可收到麦道公司发出的部件，生产才能进行。生产一定数量后，允许部分零部件按麦道公司的图纸技术条件在国内制造，组装成机，由美国联邦航空署（FAA）监督、签发适航证后交付使用。但不允许我国的技术人员更改他们的图纸、技术标准。因此说上海

飞机制造厂只是一个美国飞机的加工工厂，产品的知识产权属于麦道公司。”看了看夏雯：“这些话非常专业，你能听明白吗？”夏雯摇摇头说：“似懂非懂。”

剑青说：“谈到 708，你可能容易明白。”喝了口茶又说：“708，是指这项工程的代号，因为国家下达研制任务的时间是在 1970 年 8 月。实际上飞机型号的正式名称是运十或写成 Y-10（图 1-2），它是地地道道的中国飞机。”

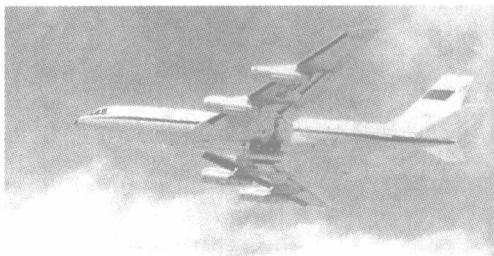


图 1-2 运十(708)

他看看瞪着大眼睛的夏雯，停顿一下：“你知道吗，有趣的事发生了，20 世纪 60 年代，美国波音公司大力推出了一架世界著名的四发喷气式旅客机，叫波音 707（图 1-3）。而我们的代号是 708。”剑青看着夏雯：“人们会怎么想，习惯的思维方式，是……你说说看？”夏雯：“707，708，那个年代会想 708 是按



图 1-3 波音 707