

◎乐正伟 著



亚音速飞机

低碳飞行探索

YAYINSU FEIJI DITAN FEIXING TANSUO

湖北科学技术出版社

◎乐正伟 著

亚音速飞机

低碳飞行探索

YAYINSU FEIJI DITAN FEIXING TANSUO

湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

亚音速飞机低碳飞行探索/乐正伟著. —武汉:湖北科学技术出版社, 2012. 9

ISBN 978-7-5352-5179-4

I. ①亚… II. ①乐… III. ①亚音速飞机—节能—研究 IV. ①V271.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 205642 号

责任编辑: 高诚毅

封面设计: 喻 杨

出版发行: 湖北科学技术出版社

电话: 027-87679468

地 址: 武汉市雄楚大街 268 号

邮编: 430070

(湖北出版文化城 B 座 13-14 层)

网 址: <http://www.hbstp.com.cn>

印 刷: 武汉中科兴业印务有限公司

邮编: 430071

850 × 1168 1/32 4 印张

80 千字

2012 年 9 月第 1 版

2012 年 9 月第 1 次印刷

定价: 36.00 元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

序 言

温家宝总理在中国科学院第十六次院士大会和中国工程院第十一次院士大会上题为《积极迎接新科技革命的曙光和挑战》的讲话中说：“学术研究要鼓励争鸣，因为只有争鸣，才能激发批判思维的产生。批判思维是现代社会不可缺少的精神状态，是一种独立思考精神，它不迷信任何权威，只尊重真理和规律；不盲目接受任何一种观念和经验，而是经过认真的比较和分析，根据当时与当地的实际，取其有用的成分，除其过时或不适宜的部分。批判思维是创造的基础，没有批判，不可能有创造。”用温总理的上述观点来看《亚音速飞机低碳飞行探索》这本书，相信读者一定会受到许多有益的启迪。

比如，搞亚音速飞机低碳飞行的发明，要在空气动力学方面作出自己的贡献，但现实中让你无法超越的障碍就是：使用单位要求发明者能够提供风洞试验和装机飞行试验的相关数据，借以证明你的发明确定是科学可靠。这对使用单位本属无可厚非，但对作为工薪阶层的个体发明者，确实有极

大的困难。

是等看自己的发明被打入冷宫,从此一蹶不振,心灰意冷;还是坚定信念,持之以恒,不懈追求?本书给出了回答。毫无疑问,凭借自己微薄的经济力量,虽远不能侈望取得风洞试验和装机飞行试验的成功,但凭借自己掌握的专业理论,却可以有力地证明翼梢引射器的发明无可争议的科学性、可靠性、实用性和巨大的开发价值。这本书生动详实地证明了这一点。

科学的发展,往往是要以实验为基础,并在实验中取得突破才能实现的。但是,当理论受到局限时,在旧理论指导下实验做的再多,也不能使大飞机的发展从旧质转变到新质,不对旧的阻碍前进的非科学的理论进行彻底的批判和揭露,并使之公之于众,科技革命的舆论就不会形成,所谓“世界制造业之皇冠”的大飞机工业就不可能跨出大翼展伴高油耗的障碍,大飞机工业就不能前进!

大展弦比机翼科技走到今天,自然有它许多光辉灿烂的方面,是需要我们加以肯定并继承和发扬的,但这不影响对它的阻碍科技发展的方面进行科技革新;因为只有如此,才能使我们巩固已经继承的成果,达到去伪存真,取其精华的目的。

当前,世界经济正进入金融危机时期,面对这种情况,温总理在讲话中指出:“历史经验表明,经济最困难的时期,往

往也是技术和产业革命酝酿的关键时期，而科学发明和技术创新，又为经济发展开辟出新的领域，推动社会发生革命性的变化。正是科技上的重大突破和创新，推动经济重新恢复平衡并提升到更高的水平。谁能在科技创新方面占据优势，谁就能够掌握发展的主动权，率先复苏并走向繁荣。面对这场国际金融危机，各国正在进行抢占制高点的竞赛，全球将进入空前的创新密集和产业振兴时代。”而大飞机产业，如2007年1月10日环球时报中《造大飞机意味什么》一文所说：“生产大飞机的过程涉及多个学科，包括空气动力学、材料学、航空电子学等，另外，从工业基础来看，大飞机产业涉及化工、电子、冶金等部门，被称为‘现代工业之花’。因此，大飞机能够体现一个国家总体的实力。”从某种意义上说，大飞机产业对科技、经济、技术、加工等行业的带动，甚至要超过航天产业，因此，大飞机产业是引领我国走向光辉未来的引擎。尤其是低碳飞行的大飞机产业，就更是能够为我们掌握发展主动权，提供新增长的重要引擎了。从这个意义上说，本书所揭示的内容以及本书的出版，无疑是给这种新引擎的孕育生长并健康出世，注入了恰逢其时的宝贵的活力。

特别令人欣喜的是，从本书所揭示的内容可知，在亚音速大飞机低碳飞行的科学研究方面，我国不仅不比西方航空强国差，甚至在关键性创新方面使他们望尘莫及。西方赖以

骄傲于世的大展弦比机翼科技产业,虽为他们带来空前的繁荣和双寡头垄断的巨额利润,但这种名噪一时的航空科技毕竟是步入夕阳状态的旧质的科技,其明显的标志就是,在绿色环保节能减排方面,不仅在今天远不能与翼梢引射器科技相比,就是在其有限的生命里程里,尽其努力都无法与之比肩。

其实,由大展弦比机翼科技到翼梢引射器科技,仅只一步之遥,但虽近在咫尺,却犹远隔万里。所谓近在咫尺,就是说,以大展弦比机翼科技推行方当下具备的条件,只要下决心引进翼梢引射器科技,即可很快使亚音速飞机实现低碳巡航;但若拒绝这样做,继续按老路走,想达到同样的目标,就会面临前景渺茫的漫漫长途。大展弦比机翼科技的推行者应该能够想到这一层面。

然而,从本书所揭示的内容看,大展弦比机翼理论虽然明明是患有痼疾的理论,但该理论却讳疾忌医,用形而上学的观点把毛病隐蔽起来,并将人们的注意力转移到效费比极低的大展弦比的努力上。例如,把翼梢涡流说成是“永不可灭”的流动,把诱导阻力说成是“升致阻力”,是“必须付出的升力的代价”等等,就是一种典型的形而上学的将毛病隐形的妙法,其妙处就在于根本不让你感到它的毛病之所在,甚至没有医治这种毛病的一丝一毫的想法。

正是因为这个负面因素的制约,使许许多多改革航空现

状的奇思妙想与大展弦比机翼科技无缘；一批又一批很有才气的航空专门家，因创造性受到理论的局限，终生在大的诱导阻力和小的效费比之间徘徊而不能前进。

这使我记起雷墨先生在纪念中国航空工业创建 60 周年前写的题为“航空工业，世界强国的基石”^①的文章，他在文章中说：“从二战后的经济、科技发展历史来看，美国可以容忍汽车、造船、电子、化工、材料等单个领域被日本甚至韩国超越，也能容忍高铁技术被中国超越，但绝不会容忍在航空领域有挑战者。

对于美国这样的国际政治战略大师来说，这种‘不容忍’背后绝对有深谋远虑。从军事角度看，美国军事实力独步天下，是以绝对领先的航空工业为后盾，美国近年来几次局部战争中表现出的空中优势已经证明这一点。从科技角度看，国民经济中很少有哪个行业能具有航空工业这样高的关联度。日本曾作过一次技术扩散案例分析，发现 60% 的技术源于航空工业。2002 年成立的‘美国航空航天产业未来委员会’曾指出，‘发展航空航天技术过去是现在是将来也是我们国家安全战略的重点’”。

雷墨先生在这里是想告诉大家：第一，美国是极为重视航空技术的国度，所以他们有绝对领先的航空科技，独步天

① 该文刊载于 2011 年 4 月 16 日《环球时报》国际论坛。

下的军事实力；第二，中国要效仿美国，发展自己强大的航空工业。但是，如上所述，美国的国力赖以依靠的航空科技之先进程度，只是相对的，并不是绝对的。曾经取得的胜利在于力，未曾取得的胜利赖于理。大展弦比机翼理论虽然曾经一直很辉煌，但由于翼梢引射器科技的出现，将使它辉煌不再。看来虽不能责怪美国政府对航空科技重视不够，只能怪他们的理论科学家缺乏前瞻性眼光，以致造成航空理论研究的重大空白；但由此致使美国政府和国会受到批评，他们对航空科技空有高度重视而无深谋远虑的创新计划，对技术失误也无查庸问责的能力。

可以想见的是，当本书出版之后，低碳飞机产业必将逐渐形成，人们对大展弦比机翼理论先进性的质疑必将迅速生长，未来世界航展上追逐现有知名品牌客机、运输机的风头必将大为减弱，直至装有翼梢引射器的低碳飞机一旦问世，势必迫使西方大展弦比机翼科技产业内的开明之士，要求引进翼梢引射器科技，借以振兴产业经济，进而复苏西方经济的声浪将急骤高涨！

有感于这方面科学发展的必然趋势，谨借小诗一首以抒之：

世界潮流，浩浩荡荡，
顺之则昌，逆之则亡。^①
绿色环保，民生大计，
低碳飞行，满怀希望。
百年梦想，迎风起航，
翼梢减阻，谱写华章。
引射技术，引领潮流，
科学兴国，神州变样。

作 者

2012. 8. 3

^① 孙中山先生题诗，见于张磊、张莘著《孙中山传》，人民出版社，2011年10月

目 录

一、引言	1
二、问题的提出	11
三、有限翼展机翼与翼型的比较	22
四、飞机翼梢引射器的工作原理	39
五、翼梢引射器与诱导阻力的克服	65
六、安装翼梢引射器后的效益分析	77
七、Y-8 飞机的改进设想	88
附录 A 等熵流特性(经典)	91
附录 B 可压缩流函数表	100
附录 C 中国航空工业第一集团公司给作者的回信 ...	102
附录 D 中国科协学会服务中心给作者的回信一	104
附录 E 中国科协学会服务中心给作者的回信二	105
后记	107
参考文献	114

一、引 言

大飞机产业涉及化工、电子、冶金等部门,被称为“现代工业之花”;而能够低碳飞行的大飞机,则更是如同金字塔的顶尖,难以一睹它的光华。

回忆上世纪我国航空制造业还较落后的年代,作为一个中国人,我虽然不在航空制造业之位,但心中却经常想着我们中国的大飞机,想着如何为造好我国的飞机做出自己的贡献,蓄着这个心愿,我首先如获至宝地在新华书店买到一本关于航空航天的“中国大百科全书”,借以对航空科技进行全面的初步了解,希望找出我认为可以效力并能做出贡献的方面,正当我浏览厚厚的词典中所列各个词语时,第 541 页“翼梢小翼”词条中“飞机的诱导阻力约占巡航阻力的 40%,降低诱导阻力对提高巡航经济性具有重要意义”这一排字,一下子便抓住了我的心,并赫然醒目地印入我的眼球,使我顿时惊愕地想到:占巡航阻力的 40%,好家伙,这是何等了得!

自那以后,我开始收集空气动力学方面浩繁的资料,有些还看不懂的便暂时放下,找可以看懂的看,时间长了,诱导

阻力的概念就在脑中形成了。各种减小诱导阻力的方案也在脑中逐步清晰了,经过长时期的调查研究,我开始认为,目前比较时髦的“翼梢小翼”虽有一定的减阻效果,但治标不能治本,而要治本,则必须阻断翼梢处上下翼面气流的沟通,从而使翼梢涡流归于消失,再进一步研究,发现能在技术上保障这一任务完成的,理应首推由渐缩形喷管、吸气管兼气体混合室以及渐扩形扩压管组成的“翼梢引射器”。已有的知识告诉我:亚音速气流进入渐缩形喷管后,气流会加速,且流速越快,气流压力越低,这样用渐缩形喷管借助飞行速度加速喷流形成的负压,即可将翼梢外由下向上翻卷的气流截断,并将其吸入、引射,使之排到翼尾,从而使翼梢涡流还未形成便行将消失,使有限翼展机翼上的三维流动格局破天荒发生根本的改变。由此,也就可以根本解决诱导阻力问题。

事情果真是这样的吗?要知道翼梢涡流是一种被称为永不可灭的流动啊!由翼梢涡流引起的诱导阻力,怎么可能那么容易解决呢?

北京航空航天大学教授李成智先生在他的《驭气乘风——空气动力学与航空工业》一书中说:“如果机翼翼展无限长,则不存在诱导阻力。在实际的有限翼展情况下,展弦比越大,诱导阻力越小,但是,大翼展会带来重量大,结构强度低,其他阻力大的缺点,其他各种机翼设计方法都不能解决小展弦比带来的诱导阻力大的问题。实验表明,飞机诱导阻力约

占巡航阻力的 40%，降低诱导阻力对提高巡航经济性具有重要意义，而增大展弦比又有一定的限度，为了克服这些难以协调的矛盾，必须另寻新途径解决诱导阻力。”对此，有人会问：为什么是这样呢？一言以蔽之曰：因为只有无限长机翼上的空气流动才是二维流动，而有限长机翼上的空气流动都是三维流动，与二维流动不同，迄今为止的三维流动必然产生翼尖涡流和由此形成的诱导阻力：一切维持这种三维流动而求根本解决诱导阻力之举，无异于舍本求末，隔靴搔痒。

早在 1897 年，英国科学家兰彻斯特对现代机翼空气动力学曾作过奠基性的贡献。他发现一切有限翼展机翼上的空气流动都是三维流动，只有无限翼展机翼上的空气流动才是二维流动，二维的流动不存诱导阻力。库塔和儒可夫斯基以及空气动力学的集大成者普朗特，虽然在兰彻斯特的基础上作了进一步的发展，但他们都把翼梢涡流（见图 1.1）和由此引起的诱导阻力看作是升力的代价，是升致阻力，是不可回避的，并且是与升力的平方成正比，与翼展的平方成反比的，传承这些理论，直到今天，已逾百年。以致有限翼展机翼



图 1.1 翼尖涡流示意图

上的三维流动格局至今在世界上依然如故,没有根本改变。

客观地说:有限翼展机翼上的三维流动格局,在没有人
为施力干预的情况下,的确是必然的,不可避免的;然而随着
时间的推移,人们似乎意识到人为施力干预的力量。但是至
今让我们看到的人为施力干预的尝试,只不过是向外远伸翼
梢,并把翼梢折叠起来,借以被动阻挡翼梢涡流以减轻其害
的“翼梢小翼”。即使航空成就在世界上名列前茅的波音空
客,在这方面的尝试也不过如此。显然,这种尝试充其量不
过是变相的翼展的延长,据说只能节能 20%,没有多大效果,
治标而不能治本,谈不上涉及实质的治本之道。

据说:这类人为施力干预的努力,很早就已经开始了。

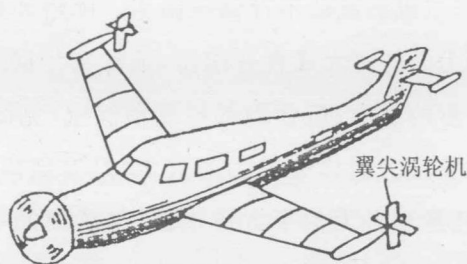


图 1.2 翼尖涡流机示意图

美国工程师克劳德·帕特森曾设计过“翼尖涡轮机”。^①

^① “翼尖涡轮机”见《科学技术辞典·物理》第 351 页,1991 年 10 月第一次印刷。

如图 1.2 所示,它有四个垂直的叶片,在翼尖涡流的驱动下旋转。据说它“不但降低了飞行阻力,还可用来发电或带动液压泵,压气机和空气泵,在波音 747 宽体客机上安装翼尖涡轮机还可获得 300 千瓦功率的能量,以支持机上电子设施的用电。”

同上述“翼尖涡轮机”相似,我国空军某研究单位研制的“翼尖涡轮”,如图 1.3 所示,这种“翼尖涡轮”可使平均阻力系数下降 6%,在有利巡航迎角范围内,可使全机升阻比提高 5%~15%以上。^①

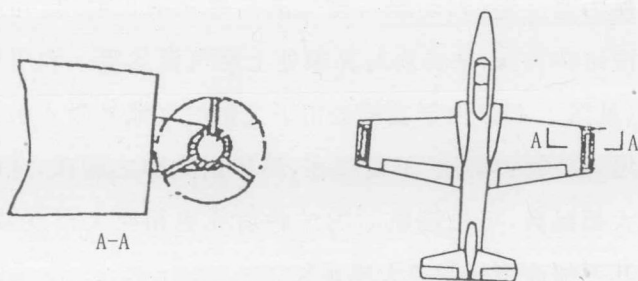


图 1.3

然而,经过长期的探索,实际应用中应用较普遍的还是“翼梢小翼”。设计这种装置的基本思路是用来阻挡和分散翼尖涡流的方法,减少其对机翼的有害干扰,降低由它造成

^① 变害为利的“翼尖涡轮”见《国际航空》杂志 1996 年 9 月刊第 17 页。

的诱导阻力。“中国大百科全书”《航空航天》第 541 页记载：“风洞试验和飞行试验结果表明，翼梢小翼能使全机诱导阻力减小 20%~35%，相当于升阻比提高 7%”。

与以上所有这些旨在减小翼尖涡流的有害影响而设计制造的装置不同，在亚音速飞行的条件下，《翼梢引射器》不是通过一个挡板去阻挡或分隔翼尖涡流，也不是利用安装在翼尖处的叶轮机去吸收或消耗翼尖涡流的能量，甚至用于发电。它是借助设于翼尖前缘的渐缩形喷管在飞机飞行时给予不可逃遁的空气分子巨大冲压能的同时，随即将这些压力能转换为速度能（即动能），使气流高速从喷口射出，并在喷口周围维持负压，来实现对翼梢处上翻气流的吸入和引射效果的（见图 1.4）。由于翼梢处由下上翻的气流被吸入引射排到翼尾，则“翼尖涡流”不复存在，诱导阻力随之骤减，升阻比随之大幅提高，飞机巡航时的油料消耗也相应大幅度减少，因而其不加油飞行距离大幅延长。

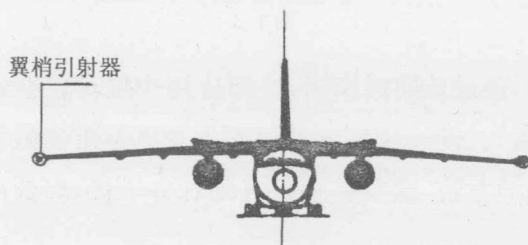


图 1.4