



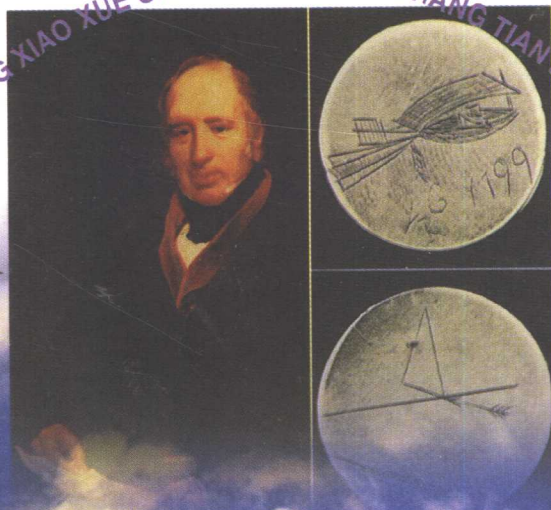
总顾问 费孝通 总主编 季羨林 副总主编 柳斌
中华万有文库



中小学生航空航天知识

飞行的科学

ZHONG XIAO XUE SHENG HANG KONG HANG TIAN ZHI SHI



北京科学技术出版社
中国社会出版社

中华万有文库

总 顾 问 费孝通
总 主 编 季羨林
副总主编 柳 斌

科普卷·中小学生航空航天知识

飞行的科学

《中小学生航空航天知识》编委会

主 编	王 冈	曹振国			
副主编	邓 翔	胡向阳	向 英		
编 委	王 冈	曹振国	邓 翔	胡向阳	
	王辅忠	项 华	赵文博	王 希	
	王 靖	齐小平	齐旭强	李 巍	
	张富民	杨邵豫	向 英		

北京科学技术出版社
中 国 社 会 出 版 社

中 华 万 有 文 库

图书在版编目 (CIP) 数据

中小學生航空航天知識/季羨林總主編.-北京:北京
科學技術出版社, 1997. 10 (中華萬有文庫·科普卷)

ISBN 7-5304-1868-8

I. 中… II. 季… III. ①航空-基本知識-青少年讀物
②航天-基本知識-青少年讀物 IV. V-49

中國版本圖書館 CIP 數據核字(97)第 23747 號

科普卷·中小學生航空航天知識

飛行的科學

主編 王 岡 曹振國

北京科學技術出版社 出版
中 國 社 會 出 版 社

北京印刷一廠印刷 新華書店經銷

787×1092 1/32 5.125 印張 106 千字
1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月第 1 次印刷
印數: 1—10000 冊

ISBN 7-5304-1868-8/Z·923

定價: 144.00 元(全套 24 冊)單冊定價: 6.00 元

中华万有文库

总 顾 问 费孝通

总 主 编 季羨林

副总主编 柳 斌

《中华万有文库》编辑委员会

主 任： 刘国林

秘书长： 魏庆余 和 龚

委 员：（按姓氏笔画为序）

王 斌	王寿彭	王晓东	白建新
任德山	刘国林	刘福源	刘振华
杨学军	李桂福	吴修书	宋士忠
张 丽	张进发	张其友	张荣华
张彦民	张晓秦	张敬德	罗林平
封兆才	和 龚	金瑞英	郑春江
单 瑛	侯 玲	胡建华	袁 钟
贾 斌	章宏伟	常汝吉	彭松建
韩永言	葛 君	鞠建泰	魏庆余

《中华万有文库》

总序言

本世纪初叶，商务印书馆王云五先生得到胡适之、蔡元培、吴稚晖、杨杏佛、张菊生等 30 余位知名学者、社会贤达鼎力相助，编纂出版了《万有文库》丛书。是书行世，对于开拓知识视野，营造读书风气，影响甚巨，声名斐然，遗响至今不绝。

1 千多年以前，南朝学者钟嵘在《诗品》中以“照烛三才，晖丽万有”来指说天地人间的广博万物。今天，我们全国各地的数十家出版发行单位与数千名作者以高度的历史责任感，联袂推出《中华万有文库》，并向社会各界读者，特别是青少年读者做出承诺：传播万物百科知识，营造益智成功文库。

我们之所以沿用《万有文库》旧名，并非意图掠美。首先，表明一个信念：承继中国出版界重视文化积累、造福社会、传播知识的优秀传统，为前贤旧事翻演新曲，把旧时代里已经非常出色事情在新时代里再做出个锦上添花。其次，表明我们这套丛书体系与内容的鲜明特点。经过反复论证，我们决定针对中小学生正在提倡素质教育的需要和农村、厂矿、部队基层青年在提高基本技能的同时还要提高文化与科学修养的广泛需要，以当代社会科学与自然科学的基础知识为基本立足点，编纂一套相当于基层小型图书馆应该具备的图书品种数量与知识含量的百科知识丛书。万有的本意是万物，百科知识是人类从自然界万物与社会万象之中得到的最重要的收获，而为表示新旧区别，丛书之名冠以中华。这就是我们这套丛书的缘

起与名称的由来。

《中华万有文库》基本按照学科划分卷次，各卷之下按照内容分为若干辑，每一辑大体相当于学科的2级分支，各卷辑次不等；各辑子目以类相从，每辑10至100种不等，每种约10数万字，全书总计300余辑3000余种。《中华万有文库》不仅有传统学科的基本知识，而且注意吸收与介绍相关交叉学科、新兴学科知识；不仅强调学科知识的基础性与系统性，而且注重针对读者的年龄特点、知识结构与阅读兴趣而保持通俗性和趣味性；不仅着眼于帮助读者提高文化素质与科学修养，而且还注重帮助读者提高劳动技能和社会生存能力。

每个时代中的最大图书读者群是10至20岁左右的青少年。每个时代深远影响的图书，是那些满足社会需要，具有时代特点，在最大读者群中启蒙混沌、传播知识、陶冶情操、树立信念的优秀图书。我们相信，只要我们扎扎实实地做下去，经过几个以至更多的暑寒更迭，将会有数以百万计的青少年读者通过《中华万有文库》获取知识，开阔眼界，《中华万有文库》将在他们成长的道路上留下明显的痕迹，伴随他们一同走向未来，抵达成功的彼岸。

海阔凭鱼跃，天空任鸟飞，凭借知识力量，竞取成功，争得自由。在现代社会中，没有人拒绝为获取知识而读书，这是《中华万有文库》编纂者送给每位读者的忠告。追求完美固然是我们的愿望，但世间只有相对完善，《中华万有文库》卷帙庞大，子目繁多，难免萧兰并擷，珉玉杂陈。这些不如人意之处，尚盼大家幸以教之。我们虚心以待。是为序。

《中华万有文库》编委会

目 录

大气与飞行	(1)
大气层——飞行的媒体	(1)
气球与飞艇的飞行	(2)
飞机的艰难诞生	(4)
鸟类飞行与风筝腾空的启示	(8)
现代飞机的主要部分	(8)
鸟类的飞行原理	(10)
风筝腾空的原理	(12)
鸟和飞机的飞行结构之比较	(16)
飞机的发展道路	(19)
流动空气的性质	(22)
空气的流动过程	(23)
流体的速度和压强的关系	(25)
飞机升空的奥秘	(29)
举力与气流速度的关系	(33)
举力与气流密度的关系	(34)
举力与机翼的翼面积的关系	(35)
举力与冲角的关系	(35)
飞机的飞行知识	(37)
飞行高度与速度的变化方法	(37)
飞机起降宜逆风	(39)

飞机的飞行阻力及其对策	(41)
飞行摩擦阻力	(41)
飞行压差阻力	(42)
飞行诱导阻力	(47)
减少机翼降低阻力	(49)
机体成流线性减少阻力	(50)
减小表面摩擦阻力的方法	(51)
飞机的受力与平衡	(54)
平飞时的受力与平衡	(54)
爬升、下滑和俯冲的受力与平衡	(54)
尾翼的作用	(56)
副翼的作用	(59)
全翼无尾飞机的平衡	(59)
各式各样的机翼	(62)
机翼的形状对飞行性能的影响	(62)
提高升力的多层机翼	(65)
提高机动性的单翼机	(66)
辉煌的悬臂式	(68)
三角翼及其变种	(70)
掠翼飞机	(72)
前掠翼飞机	(73)
后掠翼飞机	(76)
变后掠翼飞机	(79)
斜机翼飞机	(81)
X 机翼飞机	(83)
飞行颤振的原因与防止	(86)

飞机上振动的类型	(86)
耦合和颤振	(87)
防止颤振的方法	(88)
音障及其防止	(90)
音 速	(90)
亚音速和超音速的划分	(92)
激波的产生与波阻	(94)
向音速的关口迈进	(96)
超音速飞机的外形	(97)
高速飞行的又一道关口——“热障”	(99)
跨音速面积律	(101)
超临界翼型	(102)
超音速飞机的翼型	(103)
机翼的平面形状、起飞降落问题	(107)
飞机的平衡、稳定飞行和操纵	(111)
超音速飞行对居民的影响	(113)
会旋转的机翼——螺旋桨的性能	(115)
变距桨和恒速桨	(118)
反桨和顺桨	(120)
共轴双层桨	(122)
飞机的操纵	(124)
飞机的操纵机构	(124)
飞机失速的危害	(126)
飞机失速的处置	(129)
现代战斗机的设计	(133)
机翼配置的变化	(133)

戰鬥機的增升裝置.....	(135)
戰鬥機的潔靜的氣動外形.....	(137)
戰鬥機的全動平尾.....	(139)
戰鬥機水平尾翼的位置.....	(140)
戰鬥機的滾轉操縱.....	(142)
戰鬥機的慣性耦合.....	(143)
戰鬥機的双垂尾和腹鰭.....	(146)
戰鬥機的自動增穩系統.....	(147)
失速與螺旋.....	(149)
戰鬥機的超機動能力.....	(150)

大气与飞行

大气层——飞行的媒体

飞机在空中飞行，如果没有大气就飞不起来，我们可以形象地认为正是大气把飞机“托举”起来飞离地面。另一方面，大气也阻碍飞机的运动，一般来说，飞机飞得越快，所受到的阻力越大。只有深入地了解大气的动力学性质才能研制出更舒适飞得更快的飞机。

我们周围的大气，有人说很象海洋，这只是一种比喻，并不确切。我们知道，海底的水和海面的水，其密度基本上是一样的；而大气层则不同，越到上空，空气就越稀薄，逐渐过渡到接近真空。

大气层的厚度，一般地说有三四百千米，并可划分为四五层。

空气稠密的底层叫做对流层，这层里大气有上下对流，雷和雨等现象都发生在这一层里。这一层的厚度，在赤道上空约为16~18千米，在两极约为7~10千米，在中纬度地带约为11千米。这一层并不厚，只占大气层总厚度的1/30左右，但空气的质量却占总大气质量的3/4。在这一层里，大气的温度随高度上升而下降，每升高一千米，温度下降6.5℃。现在的飞机虽然可以飞高到30千米以上，但中短程的民航机仍以在对流层中飞行为主。

对流层以上到 32 千米为止，叫平流层，大气只有水平方向的流动。这一层中的空气质量约占总大气质量的 $\frac{1}{4}$ ，大气的温度几乎不随高度而变，温度约为 -56°C 。这一层里没有雷、雨等干扰，是飞机飞行的好地方，远程客机一般都在平流层中飞行。

平流层以上，依次是中间层，高温层和外层空间；这些层中，空气极为稀薄，其空气只占总大气质量的 $\frac{1}{3000}$ 。高温层以上是人造地球卫星活动的场所。

气球与飞艇的飞行

人们在生活实践中知道，热空气比空气轻，热气会自动上升。利用空气的这种性质，就可以做成能升空的气球。我国民间有一种玩具叫“孔明灯”，那是一种用薄纸糊成的球形灯罩，上端不开孔，底下有一个竹篾的架子，在架上的纸盘（一般用不易燃的纸）中放一些易燃的东西，点燃后，热气就能使整个纸球升空。使纸球（物体）上升的这个力，叫做空气的浮力，也叫空气静力。

描述空气浮力的物理定律是阿基米德原理。这条原理告诉我们，任何物体在空气中都会得到空气的浮力，浮力的大小等于该物体所排除的air的重量。物体在空气中能不能浮起来，那就要看同样大的体积，是物体的重量大，还是air的重量大；或者说，是物体重还是同体积的air重。一般物体比起air来总是要重得多，不仅浮不起来，连浮力的作用都不会觉察到。如一个体重 65 千克的人，他的体积约为 0.07 立方米，而地面上的air每立方米约重 1.225 千克，则这个人受到air的浮力只有 0.086 千克力（1 千克力 = 9.8 牛顿，

下同)，只是体重的千分之一左右，当然不会有浮力的感觉。

将比空气还轻的气体密封起来，做成气球，就能浮在空中，甚至还可以带人载物。物体在空气中上浮和在水中浮起，有一点是不同的：在水中，凡是比水轻的物体必定要浮到水面，而在空气中，原来比空气轻的物体它上升到一定的高度就会停止；因为大气的密度随高度而下降，总会有一个高度，在那里空气的浮力等于物体重量。

人类飞行的理想，是从气球开始实现的。初期的气球不能操纵，任凭风的摆布。

怎样使气球能随人的意志移动？最初的办法是“划船”——以大而长的扇子作“桨”，用人力来划进。约 70 年后，才出现了一个装有 2.2 千瓦蒸汽机的气球，用蒸汽机带动一个螺旋桨产生推进力，达到每小时 10 千米的飞行速度。没有前进速度，我们没法用舵来操纵方向，正象浮在水面上不动的船无法用舵来操纵一样。有了前进速度就可以用舵来操纵方向。从此，人类开始了有动力的可操纵的飞行。

有了动力之后，前进速度大大的提高，阻力很大的圆形气球就不适应了，于是出现了飞艇。飞艇与气球除外形不同之外，飞艇的尾部还安上了操纵方向用的竖舵和防止前后翻转的水平尾翼。

同样功率的内燃机比蒸汽机轻得多，更适于飞艇使用，内燃机出现后，就被广泛地用来做飞艇的动力。随着内燃机功率的增大，飞艇的速度也越来越快。随着速度的加快，软气囊会变形，人们便设计出半硬式和全硬式的飞艇。硬式飞艇用铝做骨架，自然要沉重些，但艇身可以做得很大，仍能得到足够的浮力。硬式飞艇的容积，最大曾做到 20 万立方米（长 248 米，最大处的直径 41.2 米），它的总浮力约有 245 吨，

能載重 84 噸，速度曾達 135 千米/小時。

20 世紀初期，飛艇曾盛行過一時，當時歐洲有到美洲的飛艇定期客運班次，1926 年有人用飛艇從歐洲飛越北極到達美洲。第一次世界大戰中，有些國家曾用它來進行偵察和執行轟炸任務。

但是，由於飛艇不靈活、造價貴、需要龐大的機庫，而且安全性也差，在航空運輸上已被淘汰；目前僅用在一些特殊的場合，如高空探察及山區運輸木材下山等；還有，戰時在海面上監視敵方潛艇活動也有它的獨到之處。

飛機的艱難誕生

19 世紀末和 20 世紀初，隨著蒸氣機的發明，出現了研制飛機的高潮。雖然蒸氣機的功率遠遠超過人力，但當時的蒸氣機還相當笨重。許多飛機裝上蒸氣機後只能在地面上跑一段路，並不能離地飛起來。另外，由於缺乏實踐，常常單純模仿鳥的外形。這些新發明的飛機，有的象老鷹，有的象蝙蝠。甚至螺旋槳也是羽毛形的。所有這些飛機的空氣動力性能很差，根本飛不起來。

另一些人設計的飛機稍微好一些，拿俄國人莫扎依斯基 1882 年製成的飛機來看，這架飛機的外形和現代飛機多少有些相似，有機翼、尾翼、螺旋槳和起落架等。但是，它最多只能算做飛機的雛形。它的機翼是兩塊方形的大平板，三個螺旋槳中的兩個嵌在大平板中間，螺旋槳由沉重的蒸氣機來帶動。試驗結果，這架飛機只能在地面跳動几下。看來，莫扎依斯基的飛機最大的缺點是沒有吸收當時已經出現的翼型理論，也就是說，機翼表面應該具有一定的彎曲度，不應該

是平板一块。

1893年英国机关枪的发明者马克西姆造了一架大飞机，这架飞机很有气派，长度44米，翼展31米多，装上一台220千瓦的大蒸气机，带动两个直径3米的螺旋桨。飞机的总重量达到3600多千克。马克西姆造了两条木轨道，让飞机在上面滑跑。试验了几次，都在半途上出了事故。最后一次试飞中，飞机歪歪扭扭驰过了300米，被迫停了车，试验就这样结束了。

马克西姆为什么失败了呢？原来他只重视实验，看不起航空理论，他做了许多科学实验纠正了前人的错误认识，这是好的方面。但他却片面地认为空气动力学和数学理论计算都是空谈，单纯搞实验，结果成了盲目的实践家。他的飞机的重量和尺寸都超过了后来的轰炸机，但发动机功率还不到这些飞机的一半，难怪飞不起来。

差不多同时，莱特兄弟也在进行研究。

1903年，莱特兄弟已经改进和试验了第三架滑翔机，初步掌握了稳定和操纵的规律。这架滑翔机可以飞越180多米的距离，每次留空时间超过60秒。莱特兄弟没有上过大学，但他们很重视通过书本学习航空理论知识，经常向学者请教和索取资料。另一方面也注意亲身实验，自己建立了小型风洞。哥哥威尔伯·莱特说过：“若谁想绝对安全，那就坐在墙头看鸟飞好了；如果谁想飞行，那就得动手造一个机器在实际试验中去熟悉它。”他们计算过，李林达三年中滑翔两千次，留空时间总共才五个小时，他们通过放风筝、滑翔和实验，“飞行”时间大大超过了李林达。于是，他们信心百倍地开始制造带动力装置的飞机。

那时，汽车内燃机刚发明不久，也很笨重。汽车公司的

老板不愿意冒险制造航空发动机。莱特兄弟只好自己动手，在自行车技师泰勒的帮助下，花了六个星期的时间制出一台 8.8 千瓦的活塞式发动机，重量竟有 77 千克。这台发动机用链条带动两个推进式螺旋桨，装到飞机上。为了尽可能减少飞机的重量，设计者动了不少脑筋。

机身骨架和机翼全部用又轻又牢的枞木和桉木制成，螺旋桨也是枞木的。具有弯曲翼型的机翼蒙着薄薄的没有漂白过的棉布。莱特兄弟放弃了起落架和机轮，把机身下部做成滑橇来滑行，这样又节省了不少重量。最后计算一下，全架飞机不到 280 千克。这架飞机上驾驶员也是俯伏着的，这既增加了飞机的稳定性，又可减少阻力。经过一个冬天的紧张劳动，这架长度 6.5 米，翼展 12.3 米的飞机终于试制成功了。他们的第一号飞机被送到了试飞场。

1903 年 12 月 17 日，第一号飞机开始试飞，第一次由弟弟奥维尔·莱特驾驶，在 12 秒钟内飞行了 36 米远。成绩不够理想，但总算飞起来了。再接再厉，继续试飞。第四次由哥哥威尔伯·莱特驾驶，在 59 秒钟内飞行了 260 米。这就是后来得到公认的飞机第一次自由飞行纪录。莱特的飞机和现代飞机外形最大的差别，是莱特飞机的前面有一对小翼，也就是水平尾翼移到了机首，它起着升降舵和水平安定面的作用，可以增加稳定性。主翼的翼角是柔软的，能由绳索牵引而收卷起来，它的作用和后来飞机的副翼相似，用于倾侧操纵。机尾上安装了两只垂直尾翼。这样，莱特的飞机成为一架听从人们意志能操纵的飞机了，它可以绕三个轴线改变航向。

在动力方面，莱特兄弟用活塞式发动机代替了笨重的蒸气机，这是一个很大的进步，也是他们取得成功的重要原因。

几千年来，人类幻想冲破地球的束缚，自由飞翔云中，不少的航空先驱者为了这一理想献出了生命。到了二十世纪初，随着人类对航空科学的逐步了解，重于空气的飞行器——飞机终于研制成功了。

在莱特兄弟创造出第一架飞机的同一时期，先后都有人独立地制造过类似的飞机，其中一些由于某些缺点未加改进而前功尽弃，例如前面介绍的阿代尔的蝙蝠形飞机和马克西姆的大飞机；另一些也取得了成功，只是时间稍晚一些，例如曾驾驶飞艇到大饭店就餐的杜蒙，在1906年也制造出一架飞机，在巴黎飞行了25米。

莱特兄弟的成功，是由于他们具有刻苦钻研的精神和虚心学习的态度，终于走在同代人的前面，对科学事业做出了较大的贡献。第一架飞机成功后，他们毫不松劲，不断地探索和改进飞机，多次到世界各地作飞行表演，传播航空的种子。莱特兄弟被誉为航空的奠基者。