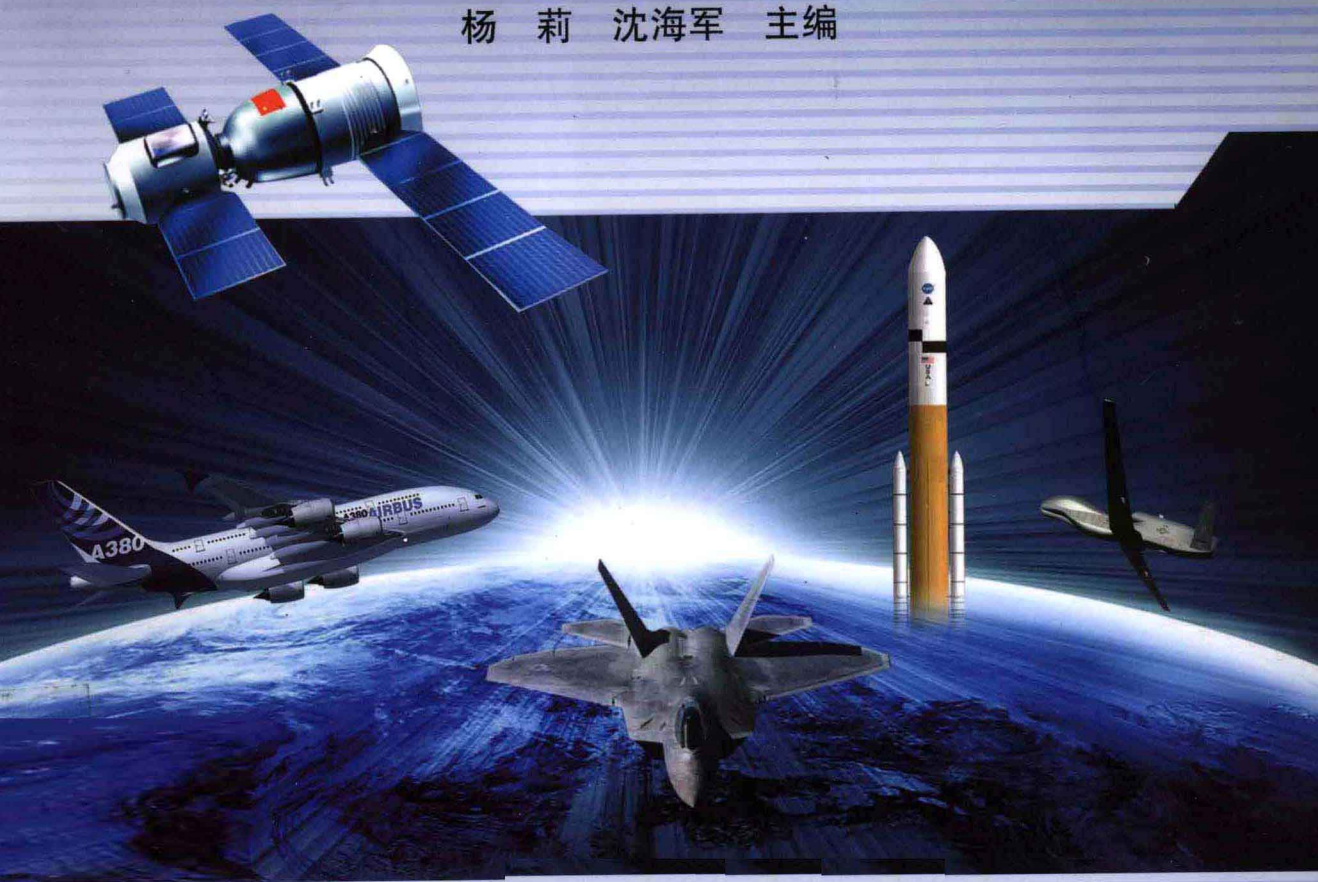


# 航空航天概论

杨莉 沈海军 主编



航空工业出版社

# 航空航天概论

杨 莉 沈海军 主编

航空工业出版社  
北 京

## 内 容 提 要

航空航天技术是现代科学技术中最有影响的高新技术之一。近年来发展迅速,对世界各国的政治、经济、军事以及人类生活各方面影响巨大。本书作为航空航天院校低年级学生的入门教材,使学生初步了解航空航天领域所涉及学科的基本知识、基本原理及其发展概况,了解航空航天技术对社会产生的作用和影响,了解自己所学专业与航空航天技术之间的相互关系,为今后各专业课的学习打下基础。本书叙述由浅入深、简明扼要、内容丰富、图文并茂。

本书是航空航天院校低年级教材,也可供相关专业教学参考及航空航天爱好者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

航空航天概论/杨莉,沈海军主编. --北京:航空工业出版社,2011.8

ISBN 978-7-80243-792-0

I. ①航… II. ①杨… ②沈… III. ①航空—高等学校—教材 ②航天—高等学校—教材 IV. ①V2②V4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第143967号

## 航空航天概论

Hangkong Hangtian Gailun

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话:010-64815615 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2011年8月第1版

2011年8月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:13.75

字数:283千字

印数:1-2000

定价:30.00元

# 前 言

航空航天技术是一门高度综合的科学技术，经过 100 多年的发展，对世界各国的政治、经济、军事以及人类生活各方面都产生了广泛而深远的影响。中国 3 次太空载人飞行获得了圆满成功，“嫦娥工程”第一阶段的对月探索，增强了我国对更加广阔的空间领域展开前瞻性的研究。为满足当今国际、国内航空航天形势的快速发展需要，编写本教材。

全书共分 7 章。第 1 章简要介绍人类的飞行梦想，从古代的飞行之梦到现代自由翱翔太空，人类经历了艰难的探索历程；第 2 章介绍了飞行器的概况，主要包括飞行器的分类、主要性能和数据；第 3 章介绍了飞行原理，主要包括飞行环境、飞机的飞行原理、直升机的飞行原理和航天器的飞行原理；第 4 章介绍了飞行器的基本结构，主要包括飞机、直升机和航天器的基本结构；第 5 章介绍了飞行器的动力系统，主要包括活塞式发动机、空气喷气发动机和火箭发动机的原理及其构成部分；第 6 章介绍了飞行系统，主要包括飞机飞行操纵系统、飞行控制系统、飞机液压系统、飞机燃油系统和生命保障系统；第 7 章介绍了飞行器机载设备，主要包括飞行仪表、导航设备、通信设备和雷达系统。

在本书编写过程中，得到同济大学航空航天与力学学院的领导及许多同事的大力支持，李军老师参与了部分章节的编写，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不当之处，敬请读者不吝赐正，提出宝贵意见，以便改进提高。

编者

2011 年 3 月

# 目 录

<b>第1章 飞行梦想</b> .....	( 1 )
1.1 上古传说 .....	( 1 )
1.1.1 嫦娥奔月 .....	( 1 )
1.1.2 舜 .....	( 1 )
1.1.3 王莽飞人 .....	( 2 )
1.1.4 敦煌飞天 .....	( 2 )
1.1.5 伊卡洛斯 .....	( 3 )
1.2 神奇的古中国飞行器械 .....	( 3 )
1.2.1 奇肱飞车 .....	( 3 )
1.2.2 木鸟 .....	( 4 )
1.2.3 风筝 .....	( 5 )
1.2.4 竹蜻蜓 .....	( 5 )
1.2.5 松脂灯 .....	( 5 )
1.2.6 火箭 .....	( 6 )
1.3 艰难探索 .....	( 7 )
1.3.1 仿鸟飞行 .....	( 7 )
1.3.2 飘飞升空 .....	( 8 )
1.3.3 等待破晓 .....	( 10 )
1.3.4 梦想成真 .....	( 13 )
1.4 飞向太空 .....	( 16 )
1.4.1 现代火箭的诞生 .....	( 16 )
1.4.2 卫星升空 .....	( 18 )
1.4.3 遨游太空 .....	( 18 )
1.4.4 成功登月 .....	( 19 )
1.4.5 “神舟”载人 .....	( 19 )
1.4.6 “嫦娥工程” .....	( 21 )
习题 .....	( 22 )

<b>第2章 飞行器的概况</b> .....	( 23 )
2.1 飞行器的分类 .....	( 23 )
2.1.1 航空器 .....	( 23 )
2.1.2 航天器 .....	( 26 )
2.1.3 近空间飞行器 .....	( 29 )
2.1.4 火箭和导弹 .....	( 35 )
2.2 飞机的分类 .....	( 37 )
2.2.1 按用途分类 .....	( 37 )
2.2.2 按构造分类 .....	( 52 )
2.2.3 按重量分类 .....	( 52 )
2.3 飞机的飞行性能 .....	( 53 )
2.3.1 飞机的基本飞行性能 .....	( 53 )
2.3.2 飞机的起飞和着陆性能 .....	( 56 )
2.3.3 飞机的机动飞行性能 .....	( 59 )
2.4 飞机的主要数据 .....	( 61 )
2.4.1 飞机的主要尺寸数据 .....	( 61 )
2.4.2 飞机的重量数据 .....	( 62 )
习题 .....	( 63 )
<b>第3章 飞行器飞行原理</b> .....	( 64 )
3.1 飞行环境 .....	( 64 )
3.1.1 大气飞行环境 .....	( 64 )
3.1.2 空间飞行环境 .....	( 66 )
3.1.3 近空间飞行环境 .....	( 68 )
3.2 气体流动的基本规律 .....	( 69 )
3.2.1 相对运动原理 .....	( 69 )
3.2.2 气体流动的连续性原理 .....	( 70 )
3.2.3 伯努利定理 .....	( 71 )
3.2.4 低速、高速气流的流动特点 .....	( 72 )
3.3 飞机的飞行原理 .....	( 73 )
3.3.1 机翼的外形参数 .....	( 74 )
3.3.2 飞机的升力 .....	( 77 )
3.3.3 飞机的阻力 .....	( 82 )
3.3.4 升力和阻力之间的关系 .....	( 87 )
3.3.5 高速飞行的特点 .....	( 90 )
3.3.6 飞机的平衡、稳定和操纵 .....	( 100 )

---

---

3.4 直升机的飞行原理 .....	(109)
3.5 航天器的飞行原理 .....	(111)
3.5.1 开普勒定律 .....	(112)
3.5.2 宇宙速度 .....	(113)
3.5.3 惯性坐标系及轨道的概念 .....	(115)
3.5.4 特殊轨道 .....	(116)
习题 .....	(117)
<b>第4章 飞行器的基本结构 .....</b>	<b>(119)</b>
4.1 飞机的基本结构 .....	(119)
4.1.1 机翼的基本构造 .....	(120)
4.1.2 机身的基本构造 .....	(123)
4.1.3 尾翼的基本构造 .....	(125)
4.1.4 起落装置的基本构造 .....	(126)
4.2 直升机的基本结构 .....	(128)
4.2.1 机身 .....	(129)
4.2.2 旋翼 .....	(130)
4.2.3 动力装置 .....	(130)
4.2.4 起落装置 .....	(130)
4.2.5 操纵系统 .....	(130)
4.2.6 尾桨 .....	(131)
4.3 航天器的基本结构 .....	(131)
4.3.1 卫星结构 .....	(131)
4.3.2 载人飞船的基本结构 .....	(132)
4.3.3 航天飞机的基本结构 .....	(134)
4.3.4 空间站 .....	(136)
习题 .....	(139)
<b>第5章 飞行器的动力系统 .....</b>	<b>(141)</b>
5.1 发动机的分类 .....	(141)
5.1.1 按发动机是否吸入空气进行工作分类 .....	(141)
5.1.2 按产生推进动力的原理分类 .....	(142)
5.2 活塞式航空发动机 .....	(142)
5.2.1 活塞式航空发动机的主要构件 .....	(142)
5.2.2 活塞式航空发动机的工作原理 .....	(144)
5.2.3 螺旋桨 .....	(145)

5.2.4	活塞式航空发动机的主要性能参数 .....	(146)
5.3	空气喷气发动机 .....	(147)
5.3.1	喷气发动机的原理 .....	(147)
5.3.2	涡喷发动机 .....	(147)
5.3.3	涡桨发动机 .....	(154)
5.3.4	涡扇发动机 .....	(155)
5.3.5	涡轴发动机 .....	(157)
5.3.6	涡轮桨扇发动机与推力矢量技术 .....	(157)
5.3.7	冲压喷气式发动机与脉动喷气式发动机 .....	(159)
5.4	火箭发动机 .....	(160)
5.4.1	固体火箭发动机 .....	(160)
5.4.2	液体火箭发动机 .....	(161)
5.4.3	其他能源的火箭发动机 .....	(163)
	习题 .....	(165)
<b>第6章</b>	<b>飞行系统简介 .....</b>	<b>(166)</b>
6.1	飞行操纵系统 .....	(166)
6.1.1	中央操纵机构 .....	(166)
6.1.2	传动系统 .....	(167)
6.1.3	辅助操纵系统 .....	(170)
6.2	飞行控制系统 .....	(170)
6.2.1	自动驾驶仪 .....	(171)
6.2.2	电传操纵 .....	(171)
6.3	飞机液压系统 .....	(172)
6.3.1	液压传动原理 .....	(173)
6.3.2	液压系统的组成 .....	(173)
6.4	飞机燃油系统 .....	(176)
6.4.1	燃油系统的组成 .....	(176)
6.4.2	加油与放油 .....	(177)
6.5	生命保障系统 .....	(178)
6.5.1	座舱环境控制系统 .....	(178)
6.5.2	应急救生系统 .....	(182)
	习题 .....	(187)
<b>第7章</b>	<b>飞行器机载设备 .....</b>	<b>(189)</b>
7.1	飞行器仪表 .....	(189)



---

---

7.1.1	气压式高度表 .....	(189)
7.1.2	速度表 .....	(190)
7.1.3	大气数据系统 .....	(191)
7.1.4	航空地平仪 .....	(192)
7.1.5	航向陀螺仪 .....	(193)
7.1.6	电子飞行仪表系统 .....	(193)
7.1.7	发动机指示与机组告警系统 .....	(196)
7.2	导航设备 .....	(196)
7.2.1	无线电导航系统 .....	(196)
7.2.2	惯性导航系统 .....	(199)
7.2.3	卫星导航系统 .....	(199)
7.3	通信系统 .....	(201)
7.3.1	甚高频通信系统 .....	(201)
7.3.2	高频通信系统 .....	(201)
7.3.3	选择呼叫系统 .....	(202)
7.3.4	声频综合系统 .....	(202)
7.3.5	卫星通信系统 .....	(203)
7.4	雷达系统 .....	(204)
	习题 .....	(205)
	<b>参考文献</b> .....	<b>(207)</b>

# 第1章

# 飞行梦想

天，深远莫测，令人神往。世界上几乎所有的地方都流传着关于天的传说，记载着对天的遐想，憧憬着一个个飞行之梦。然而，人类的飞天梦想却经历了漫长的历程才得以实现。从远古的梦幻到中国西汉末年的风筝，其间经历了数千载；从风筝到18世纪热气球载人升空，岁月流逝了18个世纪；从热气球再到20世纪初莱特兄弟造出第一架有动力、可操纵、能持续飞行的飞机，时光流过了120个春秋；从飞机到遨游太空的宇宙飞船，又经过了58个寒暑……

日复一日，年复一年，朝朝暮暮了，世世代代，人类锲而不舍的追求、不屈不挠的奋争，终于为自己插上了智慧的翅膀，赢得了在蓝天翱翔的自由。

## 1.1 上古传说

古往今来，遥望星空，人类做了多少飞天之梦。我们的祖先凭着丰富的想象力，编织了一个又一个美丽的传说和神话。

### 1.1.1 嫦娥奔月

西汉刘安的《淮南子·览冥训》和晋朝干宝的《搜神记》里说，后羿从西王母处求得“不死之药”，两人分吃，可以长生不老；一人独吃，可以升空飞天。谁知后羿的妻子嫦娥偷着一个人独吃了药，结果她就不由自主地飞升起来，一直飞到月宫才停下来。从此她就在冷冷清清的广寒宫里，苦守了几千年，再也不能回到人间。这就是广为流传的嫦娥奔月的神话。

### 1.1.2 舜

在4000多年以前，相传舜当过39年的全国领袖。舜又叫大舜、虞舜。舜的父亲瞽叟不喜欢舜，常常想暗害他。舜年轻的时候，在家里务农。有一天，瞽叟叫舜爬到一个很高的粮仓顶上去干活，等舜上去之后，瞽叟抽去梯子，又在粮仓下偷偷放了一把火，想把他烧死。舜正在干活，忽然发现了浓烟，又见火苗蹿了



图 1-1 嫦娥奔月

上来。他想从高处往下跳，因为太高，怕被摔死，但是如果不跳，准会烧死。他在心慌意乱之中，顺手抓了两个放在旁边的大斗笠，一闭眼睛，就跳了下来。奇迹发生了，舜竟然平安着地，一点儿也没有摔伤。这个故事在司马迁的《史记·五帝本纪第一》上有记载：“使舜上涂廩，瞽叟从下纵火焚廩。舜乃以两笠自杆而下，去得不死。”



图 1-2 舜

### 1.1.3 王莽飞人

相传西汉末年的王莽时代（公元 9 ~ 23 年），王莽当了皇帝，想加强武力，去扩大疆土，就招募有本事的能人。有一个人自己说能够飞行，一日千里。王莽叫他当众试验。他在自己身上用大鸟翎做成两个翅膀，又在身上粘了一身鸟毛，并且还装了机关。他飞行了几百步才掉下来。这是东汉班固在《前汉书·王莽传》中记载的：“……取大鸟翻为两翼，头与身皆著毛，通引环纽，飞数百步堕……”

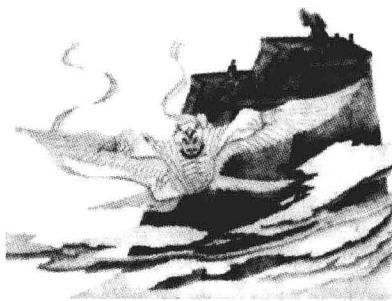


图 1-3 王莽飞人

### 1.1.4 敦煌飞天

甘肃敦煌莫高窟，是我国的艺术宝库。在石窟的壁画里，画着很多灵活生动的“飞天”，如图 1-4 所示。还有隋朝的壁画，画着长了翅膀的“羽人”。这些都是古人升空愿望在艺术上的反映。

### 1.1.5 伊卡洛斯

像鸟一样在天空翱翔是人类共同的理想，古代各国都曾流传过类似的传说和神话。在古希腊神话中，建筑师代达洛斯与儿子伊卡洛斯，为了逃出米诺斯国王在克里特岛上所设的迷宫，用蜡和羽毛为自己制作了能飞翔的翅膀。能够像鸟和神一样自由飞翔使年轻的伊卡洛斯欣喜若狂，他忘记了父亲的劝告，越飞越高，竟然梦见驾着马车奔行于天空的太阳神正在向他微笑，如图1-5所示。最终因蜡被太阳所熔化，父子俩不幸摔死在汪洋中。



图1-4 敦煌飞天



图1-5 伊卡洛斯

此外，在中国的传说中，还有羲和驭日、鹊桥相会；肖史和弄玉乘龙驾凤双双成仙飞上天穹；《西游记》中一个筋斗可飞十万八千里的孙悟空；《封神演义》中两肋生肉翅，在空中飞行有风雷之声的雷震子以及脚踏风火轮的哪吒；等等。古希腊神话中墨丘利带翅的凉鞋；古代斯堪的纳维亚传说中韦兰铁匠的飞行马甲；阿拉伯神话中的波斯飞毯；等等。关于飞行的神话、传说不胜枚举。

## 1.2 神奇的古中国飞行器械

中国是世界文明的发源地之一，古代的中国人民为了实现飞上蓝天的梦想，凭着他们的勤劳和智慧，发明了风筝、火箭、孔明灯、竹蜻蜓等能飞的器械。而这些能飞的器械就是现代飞行器的始祖或雏形。

### 1.2.1 奇肱飞车

黄帝以后，著名的帝王有尧、舜、禹，随后的朝代是夏、商、周。商朝（公元前1711~公元前1066年）第一个君主是汤，又叫商汤或成汤。商汤在位的时候，中国西面有一个奇肱国。这国里的人，虽然只有一只胳膊，可是心灵手巧，

造出了飞车，能顺风飞得很远，可以一日万里。有一年，一奇肱人乘着西风，驾飞车飞到中国的豫州。商汤知道了，就派人把奇肱人好好地招待供养，另外怕老百姓见到飞车，就把飞车破坏了。过了10年，商汤派人按照飞车的原样，另外造了一架飞车，乘着东风，让奇肱人驾着飞车飞回去了。

《山海经·海外西经》里有一段奇肱飞车的记载：“其人，善为机巧，以取百禽能作飞车，从风远行……”

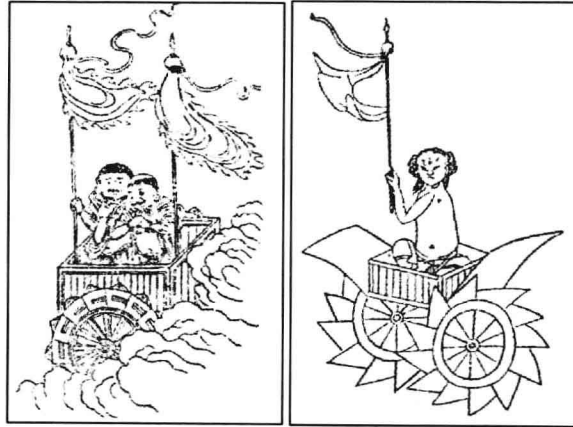


图 1-6 奇肱飞车

### 1.2.2 木鸟

中国古人在很早的时候就开始制作木鸟，古书中称木鸟为木鸢、鹊、鸢等名。据古书记载，战国时期，公输班、墨子曾用木材和竹子制成木鸟，纵飞上天。《韩非子·外储说左上》上有“墨子为木鸢，三年而成，蜚一日而败。弟子曰：‘先生之巧，至能使木鸢飞’”。《墨子·鲁问》上称“公输子削竹木为鹊，成而飞之，三日不下。公输子自以为至巧。墨子谓公输子曰：‘子之为鹊也，不如匠之为车辖。’”此外，还有东汉科学家张衡制作木鸟的事，南朝宋范晔在《后汉书·张衡传》记载有“木雕犹能独飞”。宋朝李坊等人编的《太平御览》中还有“《文士传》曰：张衡尝作木鸟，假以羽翮，腹中施机，能飞数里”。唐代苏鄂的《杜阳杂编》有“飞龙卫士韩志和，本倭国人也。善雕木作鸢、鹤、鸭、鹊之状，饮啄动静与真无异。以关戾置于腹内，发之，则凌云奋飞，可高三丈，至一二百步外，方始却下”。

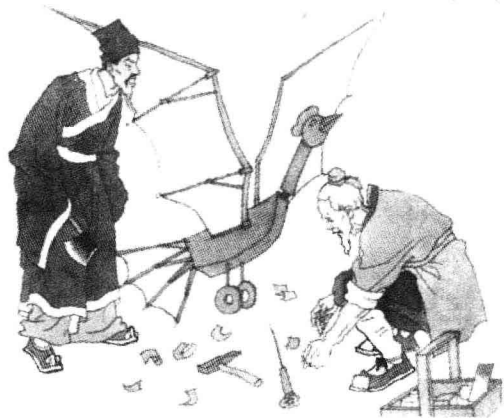


图 1-7 木鸟

### 1.2.3 风筝

美国国家航空航天博物馆中陈列着世界上最早的飞行器——中国的风筝和火箭。

风筝又名风鸢、纸鸢或鹞子，是一种极普通的玩具。相传公元前 202 年，汉楚相争时期，韩信曾做风筝，让张良乘坐而“楚歌云上”，楚军因思乡厌战而亡。唐朝赵昕的《息灯鹞文》说“我闻淮阴巧制，事启汉邦。楚歌云上，或曰子房。”说的就是这事。而宋朝高承的《事物纪原》说韩信曾利用风筝测量距离，是风筝最早用来为军事服务的记载。明代的《古今事物考》中也记载了韩信用风筝测量未央宫距离一事，在西方《世界航空史话》中亦有记载。可见风筝早在公元纪年之前就已经在中国出现。7 世纪风筝开始传入朝鲜，8 世纪传入日本，14 世纪传入欧洲，以后又传入美洲和世界其他地方。中国是风筝的故乡，每年大量的风筝爱好者携带风筝到中国来参加风筝比赛。

### 1.2.4 竹蜻蜓

用竹或木削成带扭曲状的薄片，在中间装一根立轴，用双手急搓能使其快速旋转而飞升，这便是中国民间广泛流传的玩具竹蜻蜓，如图 1-8 所示。如果把它横放便是螺旋桨。竹蜻蜓大约在 18 世纪传入欧洲，被称为“中国陀螺”。西欧和俄国学者曾加以研究和试验，竹蜻蜓旋转而飞升的原理与现代直升机相同，因此，竹蜻蜓被认为是直升机的雏形。

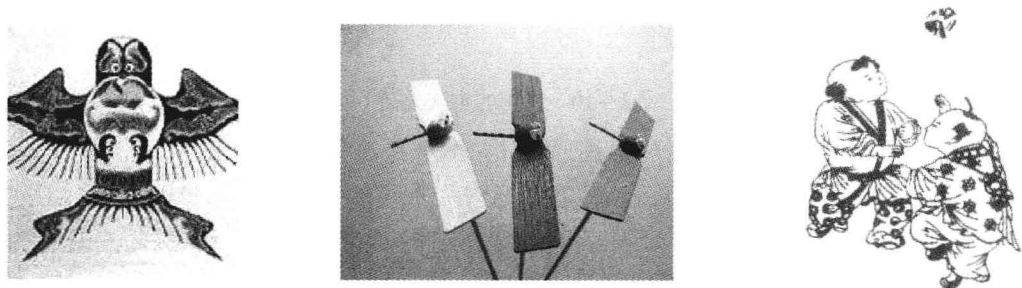


图 1-8 风筝和竹蜻蜓

### 1.2.5 松脂灯

相传在五代时，莘七娘随夫人入闽作战，曾以竹篾制成长方形灯架，外蒙以纸，底盘上燃以松脂油，当灯内充满热气即扶摇直上，用作军中信号，这就是松脂灯。后人为了纪念七娘，又名七娘灯。七娘的故事在《全闽诗话》中有记载。松脂灯靠热气浮升的原理，与航空热气球升空原理完全相同，但比世界上公认的第一个热空气球——法国蒙哥尔费热气球要早 800 多年。



图 1-9 莘七娘松脂灯

### 1.2.6 火箭

火药是中国最伟大的发明之一，首先用火药制成火箭并用于战争的也是中国。三国时期，诸葛亮伐魏“一出岐山”攻打陈仓时，陈仓守将郝昭就曾用弓箭射出的火箭，反击蜀兵攻城用的云梯，使诸葛亮不能取胜。南宋末年（公元1279年以前）出现了利用反作用力原理喷气推进的火箭；元朝（1271~1368年）火箭已广泛用于战争；明朝（1368~1644年）时火箭的威力和品种已有很大发展，明朝名将戚继光所使用的火箭“可去三百步，中者人马皆倒，不独穿而已”，使倭寇闻风丧胆。



图 1-10 中国的古代火箭

明朝，火药武器迅速发展，出现了许多种火箭武器。茅元仪在天启元年（1621年）写成的《武备志》一书里，记录了种类繁多性能各异的火箭武器，其中类似喷气飞机的“神火飞鸦”、有两级推进的“火龙出水”和能自控返回的“飞空砂筒”最为典型。三四百年前的这些武器当然可以认为是现代飞弹和航天器的始祖。

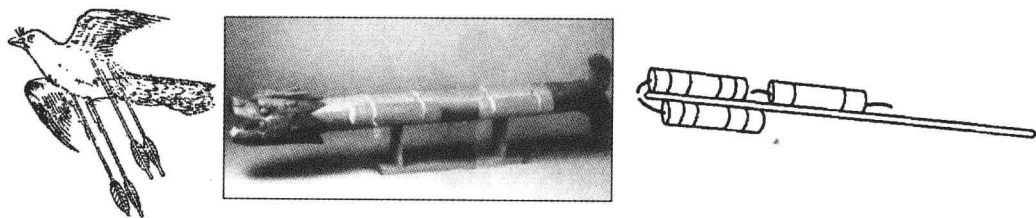


图 1-11 “神火飞鸦”、“火龙出水”和“飞空砂筒”

## 1.3 艰难探索

人类虽然并未生就一双翅膀，但为实现飞上蓝天这一崇高的理想，凭着智慧和执著的追求，付出了艰辛的努力，经历了从幻想到实施飞行漫长的探索过程，最终完成了自由飞行。

### 1.3.1 仿鸟飞行

古人向往飞行，认为只有长了翅膀的东西才能飞行。人要想飞，就应该学习鸟的样子，长出两只翅膀。也正因为有了这种想法，各国才产生出许多人长翅膀会飞的童话和传说来。

而人身上是长不出翅膀来的。要向鸟类学习飞行，只有在人身上装一对人造的翅膀，或是人为造出一个会飞的鸟来。公输班、墨子、张衡制造木鸟和王莽时代装上大翅膀的飞行都是为了实现这一理想而向鸟类学习的结果。

谁都知道，鸟类飞行时，必须上下扇动两只翅膀。这种飞行叫扑翼飞行，能作扑翼飞行的人造机械叫做扑翼机。对扑翼飞行表现最为显著的要算中世纪欧洲的飞行先驱。

意大利文艺复兴巨匠达·芬奇，他是画家、学者，也是航空科学先驱。1487年，达·芬奇应用解剖学和数理方面的知识观察分析鸟类翅膀的运动，推论出是空气流过鸟的翅膀才能产生升力，体现了气流与物体发生相对运动而产生升力的思想，而且他发现气流流过的速度越快，产生的升力也就越大。达·芬奇的著作有《论鸟的飞行》，并绘制了大量有关飞行研究的草图，许多图符合空气动力学原理，反映出他认识到空气密度和重心位置对飞行器的重要影响。但他的研究成果并未公诸于世，直到19世纪后期才发现，对航空的发展未能起到应有的推动作用。

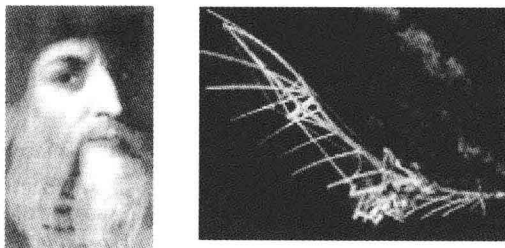


图1-12 达·芬奇和他的扑翼机

1503年，意大利学者丹蒂在佩鲁贾试图用自制的翼飞行，他雄心勃勃地计划飞往法国，结果坠地摔断了腿骨。

17世纪，土耳其人赫扎芬·塞莱也做了一双翅膀，从博斯普鲁斯海岸加拉



塔的一座塔上跳下来，据说飞了好几千米，最后安全地降落在附近的司库台市的市场上。这是有记载的最好飞行成绩。

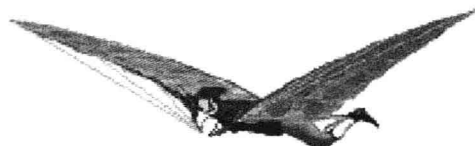


图 1-13 塞莱扑翼飞行

1673 年，法国的一个锁匠贝尼埃，巧妙地制造了一个飞行十字架的“体力扑翼机”的飞行器，进行了飞行试验，他的设想比过去的“插翅而飞”又前进了一步。

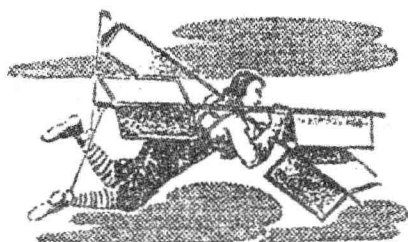


图 1-14 贝尼埃飞行十字架



图 1-15 20 世纪初的扑翼飞行

1789 年，日本有一个名叫幸吉的裱糊匠，按照鸽子的体重和羽翼长度的比例，为自己制造了一套翅膀，套在胸前，靠体力扇动飞行。

1860 年，意大利人博雷利在《运动的动物》一书中阐明了人体机能的局限性，指出人离开机器的帮助不可能支持自己的体重，此后人力扑翼的飞行尝试逐渐减少。

### 1.3.2 飘飞升空

由于扑翼飞行的失败，人们开始转向轻于空气的飞行器的研究，出现了气球和飞艇等飞行器。

#### 1.3.2.1 热气球

中国早在五代时期就使用过原始的热气球——松脂灯，历史上还出现过各种轻于空气飞行器的其他设想和尝试，但世界公认首次制造成功轻于空气的航空器——气球的是法国人蒙哥尔费兄弟。

1783 年 9 月 19 日，蒙哥尔费兄弟在巴黎作表演，气球载着鸡、鸭、羊各一只，在空中飘行 8min，被公认为世界上第一个热气球。1783 年 10 月 15 日，法国的罗齐尔乘蒙哥尔费兄弟发明的热气球上升到 26m，飞行约 4.5min，是公认的人类第一次升空，但这一次是系留气球升空。1783 年 11 月 21 日，罗齐尔和达尔