

第1章

飞天之梦——航空的前世今生



1.1 飞天幻想

当你仰望天空的时候,是不是非常羡慕天上的鸟儿,是不是梦想着可以像鸟儿一样翱翔于天地之间(图 1.1)? 古代的人们看到鸟儿在天空飞翔,也同样萌生了人若是像鸟儿一样,长一对上下扇动的翅膀该多好,那样人们也可以像鸟儿一样飞行了。就算是人没有长翅膀,如果能借助什么神奇法术、仙丹妙药,或者辅助器械飞行在蓝天白云之间也是人生美事之一了。

虽然古人没有亲口告诉我们他们的想法,但是,我们可以从世界多地考古的许多文物中,或是典籍文字记载中,或是传说、故事、壁画中,了解到人们自古以来就有着飞天的梦想。

比如,在世界各地丰富多彩的传说、壁画、故事里,腾空驾雾的神灵,或是仙丹妙药,或是神奇法术等都出现过,这些都是古代人们对飞天梦想的直接表达。在历史长河中,流传古代飞行神话传说的国家和地区以中国、古希腊、埃及、印度及阿拉伯地区最为著名,也流传最广。任何一个国家,其民族中所崇拜的神灵大都会展翅飞翔,比如我国嫦娥奔月的神话故事、孙悟空腾云驾雾,世界名著《一千零一夜》中的飞天地毯、普罗米修斯飞天盗火、古希腊的小天使等。

这些传说、故事、小说、话本中的飞天情节都不是真实发生过的,可这些情节都在不同程度地表达人们原始的飞天梦想。远古时期的飞天梦,多是寄托在无限神秘的神灵身上。在那个时代,科学技术正处于启蒙阶段,还没有展现出它的力量,人们在无法借助科技手段实现飞行的情况下,只能借助这种方式进行表达。这些飞行神话传说不仅扩展了古代人们的视野,丰富了人类社会文化,也孕育了近代航空的萌芽。

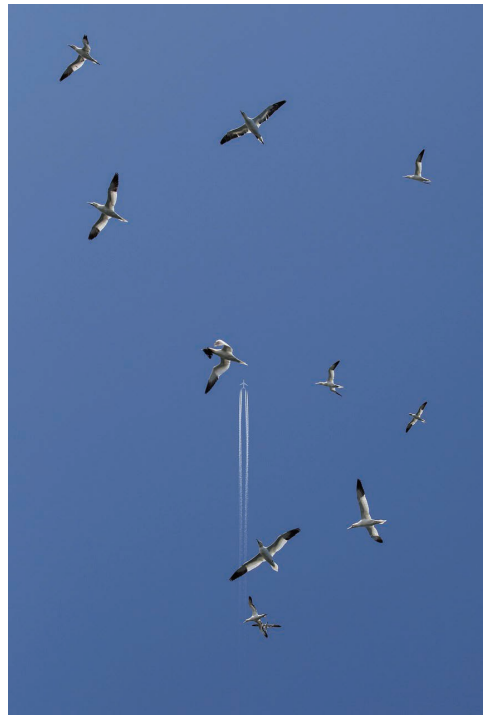


图 1.1 展翅飞翔的鸟儿
(Adrian Kirby 摄)

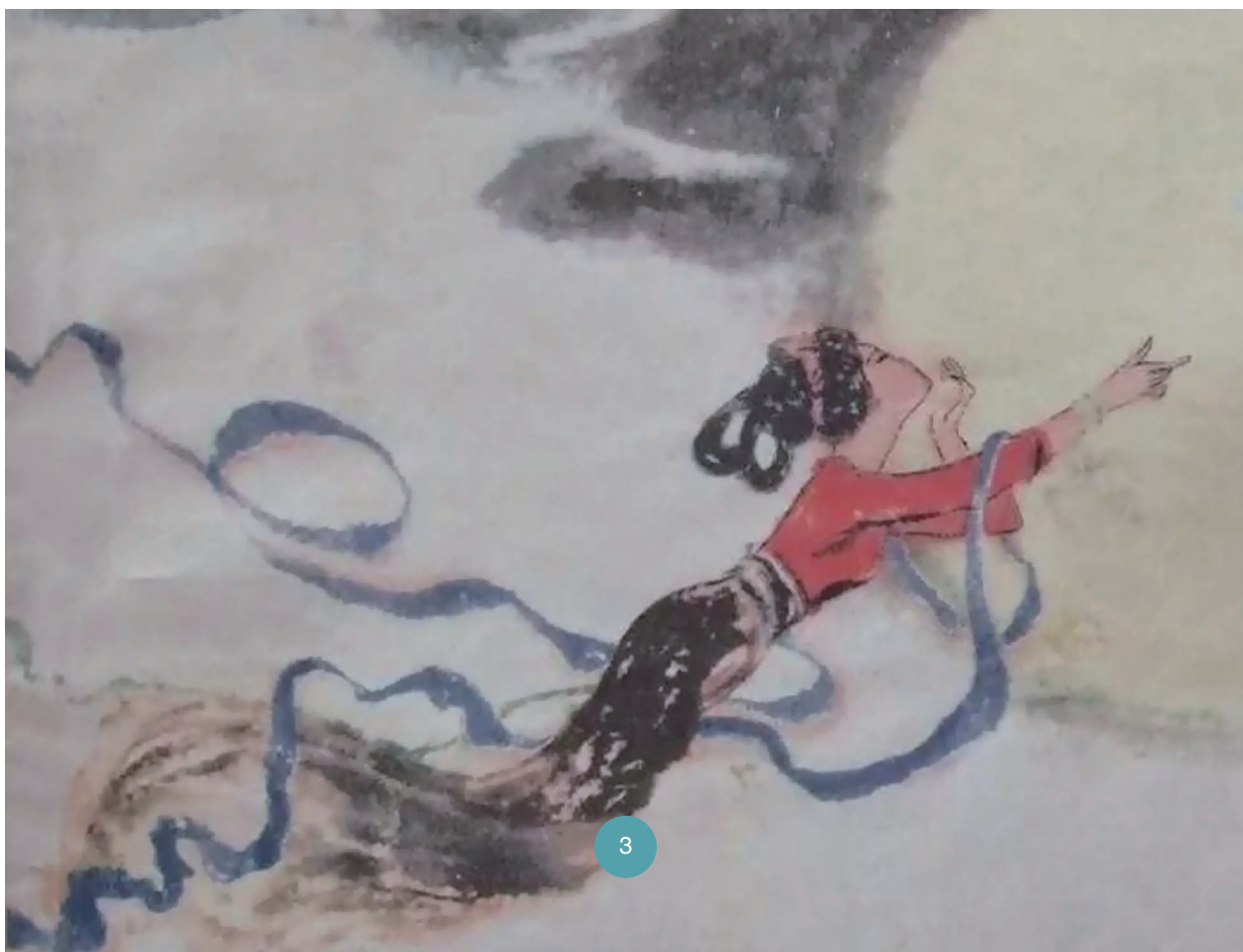
1.1.1 东方故事

1. 嫦娥奔月

嫦娥奔月的故事,相信大家应该都听说过,据说,月亮上有个宫殿叫广寒宫,广寒宫里住着嫦娥和一只玉兔,宫外种满了桂花树,还有一个叫吴刚的樵夫经常在广寒宫外砍树。人们不禁会产生疑问,月亮上真的有嫦娥吗?

其实,嫦娥奔月(图 1.2)的故事早在我国西汉时期就已经流传了。在西汉刘安的《淮南子·览冥训》和晋朝干宝的《搜神记》里都有记载,传说射下九个太阳的大英雄后羿从西王母处求得了“不死之药”。有一天,后羿的妻子嫦娥独自吃了药,结果她便飞了起来,一直飞到月宫(广寒宫)才停下来。从此,她便独自守在冷冷清清的广寒宫数千年,远离了人间。传说,每逢农历八月十五,她就会走出广寒宫,遥望人间,因此每个月农历十五的月亮才会又亮又圆。嫦娥的形象早在两千年前就出现在长沙马王堆汉墓的帛画上,画中嫦娥乘坐飞龙飘然奔月。这个美丽的传说反映了中国古代人们对月球的一种朦胧认识,也可以说是人类对登月最初的向往。

图 1.2 嫦娥奔月(吴冰玉 绘)



2. 舜帝逃生

相传在四千多年以前的上古时期，有一个和尧齐名的人——舜，他当过39年的全国领袖。在司马迁的《史记·五帝本纪》中曾经写到，舜的父亲瞽叟(gǔ sǒu)因为不喜欢舜而常常想暗害他。有一天，瞽叟想到一个主意，他让舜爬到一个很高的粮仓顶上去干活。舜上去之后，瞽叟就把梯子拿走，还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，此时火苗已经烧到了脚底下。他无计可施试图从高处跳下来，可是粮仓太高了，担心跳下去之后会被摔死，假如不跳，也是死路一条。万分焦急之中，他抓住身旁的两个大斗笠，纵身一跃，就跳了下来(图1.3)。落地后的舜竟然毫发无损。



图 1.3 舜帝逃生

舜的大斗笠起到了降落伞的作用，也可以看作现代降落伞的雏形。当然，舜帝的大斗笠肯定不能负担起一个人的重量，这只是一个故事而已，大家在生活中可千万不要模仿。

3. 敦煌飞天

飞天是佛教中一种会飞的神。在中国古代的艺术宝库莫高窟里，有很多精美的壁画，其中出现最多的当属飞天(图1.4)。据统计，在敦煌的550多个石窟里，共有4000余身飞天，她们都是清一色的少女，体形苗条，面部丰满，神态潇洒，她们身披长巾飘带，奏乐、散花、飞舞，千姿百态，灵活生动，气象万千。还有隋朝的壁画，画着长了翅膀的“羽人”。这些都可以看作古代人们飞天梦想在艺术上的表达。

中国古代关于飞行的故事不胜枚举，《庄子》记载有列子御风的故事(图1.5)。列子姓列，名御寇，传说他有乘风而行的本领，能在空中飘浮半月之

久,让许多人心生羡慕。据典故记载,列子并不知道自己的身体倚靠着什么,也不知道自己的双足踩在哪里,只感到自己能随风飘荡,或东或西,像轻盈的树叶一样,不知到底是他乘风而飞,还是风乘他而游荡。列子生前御风而行逍遥游,终得成仙升天,给后人留下了八卦御风台。八卦御风台在郑州东二十里铺南高岗上,为一八角形高台,上绘八卦图,旁有列子塑像。郑州人将此景谓之“卦台仙境”,列入郑州八景。



图 1.4 敦煌飞天壁画

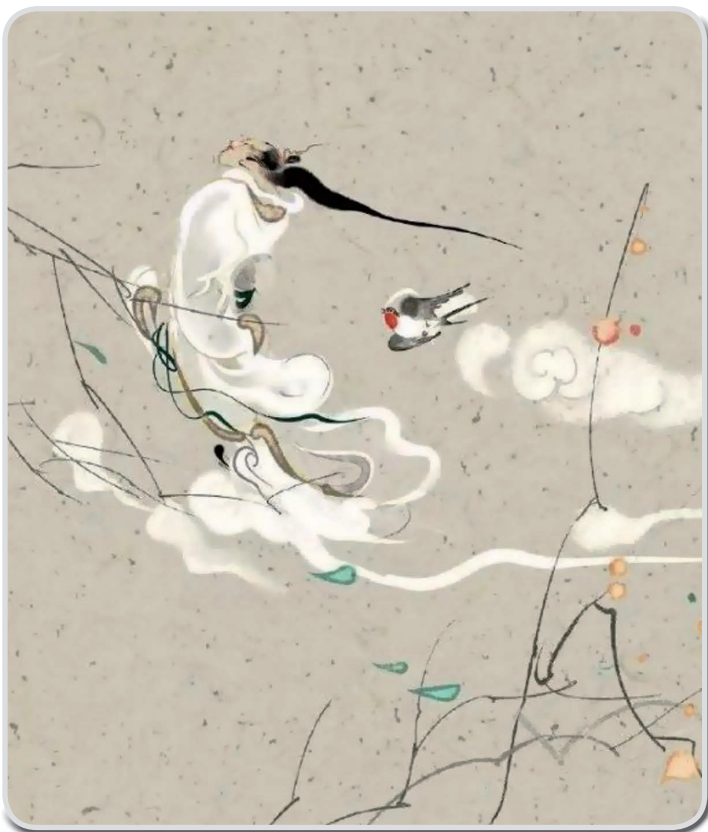


图 1.5 列子御风飞行

1.1.2 西方神话

1. 飞人石雕

在古代,不仅东方人向往飞行,西方人也如此。他们认为翅膀是能够飞行的先决条件,必须像鸟儿一样长着两个翅膀才能飞上天空。古代欧洲有挥舞着翅膀的飞人石雕,如图 1.6 所示是古埃及青铜浮雕画:展开双翅的伊西斯女神(或奈芙缇丝女神)。埃及神话中也有类似的场景。



图 1.6 飞人石雕(藏于卢浮宫)

2. 代达罗斯父子

在古希腊,民间还流传着代达罗斯父子(图 1.7)飞向太阳的神话。相传古建筑师代达罗斯和儿子伊卡洛斯被国王囚禁在地中海克里特岛上。他们渴望逃离这个苦难的地方,但又没有船只。代达罗斯望见天上远飞的海鸟,启发了灵感。于是,他和儿子伊卡洛斯就开始收集岛上飞鸟的羽毛,并将羽毛编织成两对翅膀,用蜂蜡将它们粘住。父子两人各自在背上装上一对翅膀,然后便乘风飞了起来。他们升空翱翔,穿过海洋,越飞越高,越飞越远。但年轻的伊卡洛斯好奇好胜,继续向上飞行,一直飞到太阳附近,不料太阳的高温很快使粘住羽毛的蜂蜡融化了,翅膀也烧着了,伊卡洛斯失去双翅,掉到大海里淹死了。这个充满诗情画意的悲剧故事,反映了人类想要遨游天空、征服太阳的壮志豪情,也暗示着飞向天空面临着很多风险和挑战。

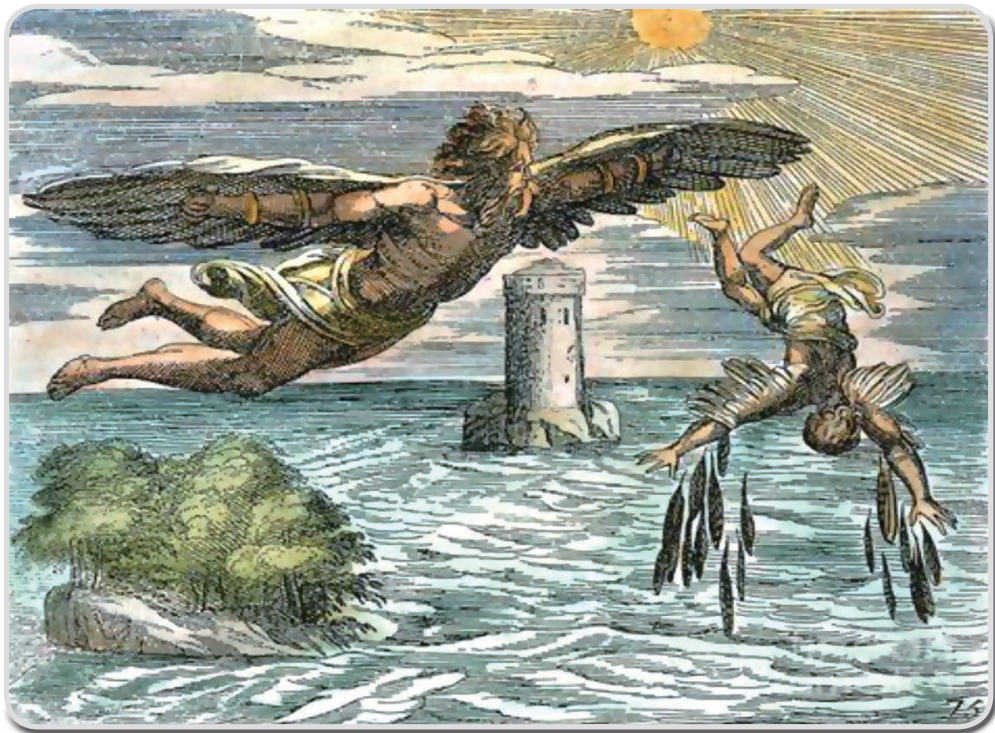


图 1.7 代达罗斯父子 (Fine Art America)

3. 战车飞行

在古希腊神话中还有战车飞行的故事。相传法厄同是太阳神阿波罗的儿子。他从母亲那里得知赫利奥斯是他的父亲,便去恳求父亲给他一个能说明他身份的证据。赫利奥斯发誓满足儿子的任何愿望。不料法厄同提出了驾驭太阳神战车的请求,赫利奥斯只得应允。法厄同跳上太阳神战车后,神马立刻飞奔起来(图 1.8)。神马察觉到战车比平时轻得多,便横冲直撞,很快偏离了轨道,开始贴近地面飞驰。法厄同惊慌失措,不知该怎样去驾驭它们,战车忽高忽低,最后飞到地面引发大火。云层浓烟滚滚,山巅也燃起了火苗,山林田野一片狼藉,连寒冷的高加索山都着起火来。整个利比亚干得成了沙漠,也就是现在的撒哈拉大沙漠。



图 1.8 法厄同驾驶太阳神战车(《名画之谜:希腊神话篇》)

法厄同惹了大祸,使世界陷入一片混乱。宙斯大怒,为了拯救人类对准法厄同放出雷电。法厄同立即从车上栽了下来,浑身是火,燃烧着掉进埃里斯达诺斯河。

1.2 探索实践

古代中国人民创造了许多飞行工具,其中很多都是现代飞行器的雏形。中国古代的风筝被誉为世界最早的飞行器。

1.2.1 飞人传说

据西汉《淮南子》记载,鲁班(公输般)和墨子都曾经制作过会飞的木鸟,关于“飞人”和“飞车”的记载也多次在史书上出现。最早的记录可追溯到西汉末年。班固的《汉书》记载,在王莽时期曾经有个能工巧匠,利用鸟的羽毛和翅膀制作了一件披风并进行了飞行表演。他把制作出的披风捆在身上,随后登上一座高塔,随着王莽的一声令下,工匠纵身一跃,凭借披风的力量,在空中滑翔了几十米,可惜最后由于披风结构原因,摔在了地上,工匠也受了重伤。这可以说是有记录以来人类第一次尝试飞行的活动。

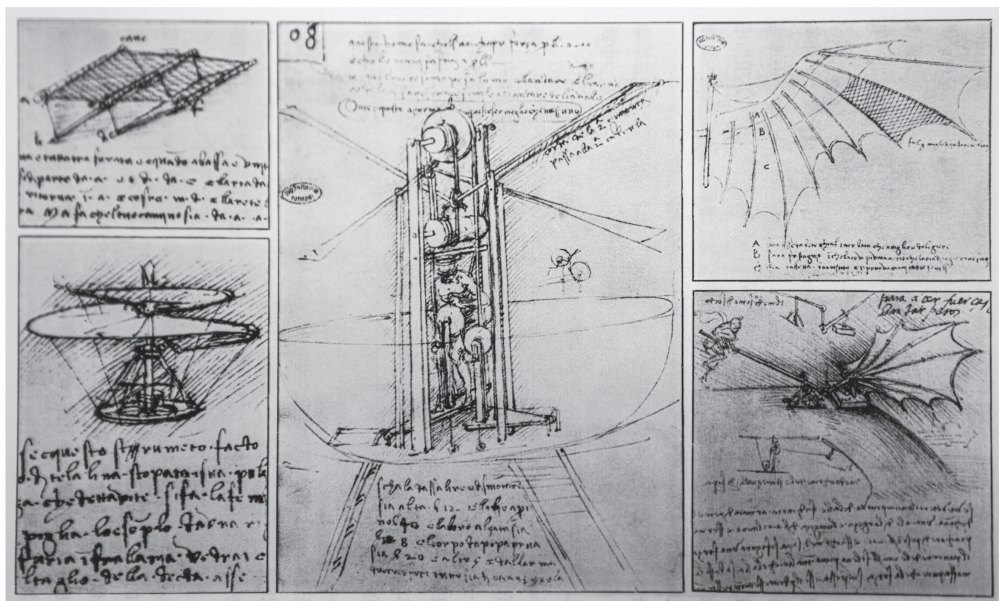
时间来到公元 1010 年,英国有一个名叫艾莫的教徒也进行了飞人试验。他同样制作了一副由鸟的羽毛织成的翅膀,不同的是,他将翅膀绑在了自己的胳膊和腿上,从教堂的顶端飞身而下,在空中滑翔了上百米,即将落地时,迎面吹来的狂风将他脚上的翅膀吹断了,坠落到地面后,艾莫也跌断了双腿。

传奇画家达·芬奇(Leonardo da Vinci, 1452—1519 年),也就是名画《蒙娜丽莎》的作者,他也曾设计过让人能够飞上天空的翅膀(图 1.9),类似于现在的扑翼机,不过这个设计仅仅是个草图,达·芬奇并没有真正尝试通过它飞上蓝天。

1.2.2 万户飞行

600 多年前,我国明朝的士大夫万户也曾尝试过飞天活动(图 1.10)。他将 47 个自制的火箭绑在椅子上。他坐在椅子上,手里攥紧风筝线,想凭借火

箭的推力和风筝上升的力量飞上天空。但不幸的是,这次试验是一次失败的悲剧。万户的生命最终殒落在了点燃火箭后的巨响中。从史料看,万户是世界上第一个利用火箭向太空搏击的英雄,科学家将月球上的一座环形火山命名为“万户山”,以此纪念这位世界飞天始祖。此后,陆续还有很多人也尝试过飞天,但都以悲剧告终。



左上:单向阀式翅膀;左下:直升机;中图:四翼飞行器,靠人力驱动;
右上:人工翼结构图;右下:扑翼试验。

图 1.9 达·芬奇飞行器设计草图 (藏于法兰西学会)



图 1.10 万户飞行 (基姆《火箭和喷气发动机》)

时间来到 17 世纪 80 年代,科学家们提出,人类想利用翅膀飞行的想法是

无法实现的,并解释了其中的科学道理,这种试验才逐渐减少。以当时的科技水平,人们还不能够理解人的身体不是流线型等很多因素导致人类不适合飞行。有研究数据表明,人类心脏的重量约占体重的 0.5%,而蜂鸟的心脏重量则占体重的 22%。人的正常脉搏每分钟约 70 次,即使剧烈运动时一般也小于 200 次,而麻雀飞行时的心跳每分钟高达 800 余次。假如人想要和鸟儿一样飞行,为了容纳飞行所需要的心脏和肌肉,需要至少 1.8 米宽的胸膛,才能带动沉重而又非流线型的身体飞行。

从现代科学的角度看来,想通过翅膀飞上天空的试验是不现实的,但正是由于他们勇敢的尝试,人类才会在飞天领域不断取得新进展。同时,这些尝试也从侧面反映了人类征服天空的梦想注定不能依靠肌体的力量,而是要靠大脑的智慧去实现。

作为四大文明古国之一的中国,历史上相继出现了风筝、火箭、孔明灯、竹蜻蜓等许多飞行相关的发明与创造,对现代航空器的发展起到了开创性的启示与推动作用,可以说,我们的祖先为航空事业的发展贡献了古老的中国智慧。

1.2.3 风筝

村 居

草长莺飞二月天,拂堤杨柳醉春烟。

儿童散学归来早,忙趁东风放纸鸢。

七言绝句《村居》是我们耳熟能详的一首诗,出自清代诗人高鼎(1828—1880年)之手。诗中描绘的纸鸢指的就是风筝(图 1.11)。大家应该都放过风筝吧?你想过风筝是谁发明的吗?它能够飞上天空的科学道理又是什么呢?其实,作为最原始的飞行器,风筝之所以能够飞上天,和现代飞机的飞行原理是一样的,都是利用空气动力学原理。



图 1.11 放风筝水墨画(丰子恺)

2400多年前,中国古代有个伟大思想家墨子(约公元前468—前376年),他非常喜欢探索,而且还常常幻想自己变成一只雄鹰飞上天空。后来,墨子通过缜密的构思之后制作了一只木鸟(图1.12),并且经过反复试验,木鸟飞起来了,可并不能飞很远的距离。后来墨子在试验中不断改进木鸟的结构,通过挖去木鸟身体中的木料,只留下一张像丝绸一样薄的“鸟壳”。改进后的木鸟又一次飞了起来,轻盈而优雅。墨子制作的木鸟,也可以看作最早的风筝雏形。

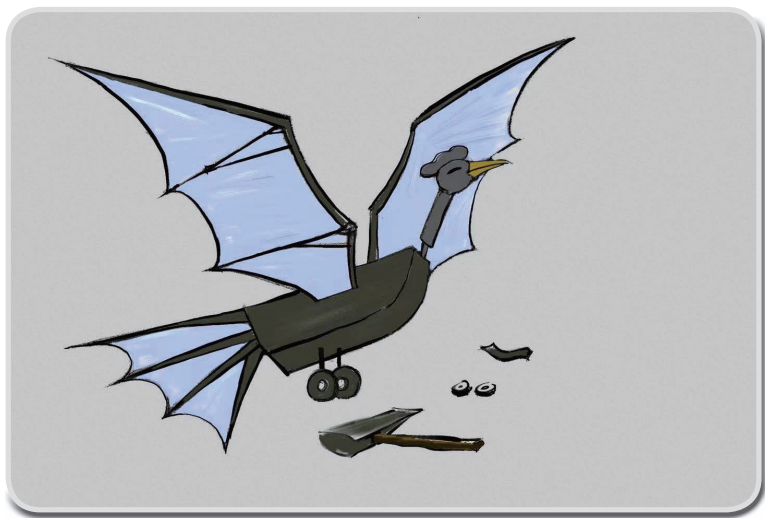


图 1.12 墨子制作木鸟

墨子有一名学生叫鲁班,也是中国建筑和木匠的鼻祖。鲁班动手能力强,心灵手巧,他曾经按照墨子的构想,通过复杂的工序将竹子制作成喜鹊的样子,制作出来的“木鹊”能在空中飞翔三天三夜才落下来^①。据说,后来“木鹊”在军事活动中得到了应用,承担过侦察敌情的作用,发挥的功能与现在的军事卫星类似。

中国的风筝已有两千多年的历史,是我国传统工艺品之一。唐代以前,风筝一般被看作用于测量、通信等军事功能的工具。宋代高承《事物纪原纸鸢》中记载:韩信曾利用风筝测量未央宫,打算趁刘邦不在家挖地道进入宫内。关于风筝的发明人,还有一种传说,在汉朝初期,在刘邦和项羽的垓下之战中,大将军韩信设计制造了一支很大的风筝,让身材轻巧的张良坐着风筝飞上天空(图1.13),在楚军上方高唱楚歌,使歌声传送到远处的楚营里,这便是历史

^① 《墨子·鲁问篇》记载:公输子削竹木以为鹊,成而飞之,三日不下,公输子自以为至巧。

上著名的“四面楚歌”。当然这只是传说,还没有证据证明风筝可以载人飞上天空。



图 1.13 古代风筝应用 (《事物纪原》)

东汉以后,随着造纸业的发展,纸糊风筝逐渐多了起来,也就是纸鸢的由来。因为制作简单、价格便宜,纸糊风筝也从少数人手里逐渐走进了寻常百姓家,成为孩子们非常喜爱的娱乐玩具,一直到现在,放风筝还是孩子们重要的娱乐活动之一。风筝之都山东潍坊每年都举办国际风筝节。那么风筝这个名字又是怎么来的呢?在五代时期,亳(bó)州刺史李邕通过设计,在纸鸢的头部加装了竹哨,纸鸢在天上飞,竹哨也跟着响动,发出类似古筝一样的声音,由此得名风筝。这种“风筝”的设计沿用至今,我们放飞这种装了竹哨的风筝就会发出悦耳的声音,如图 1.14 所示。

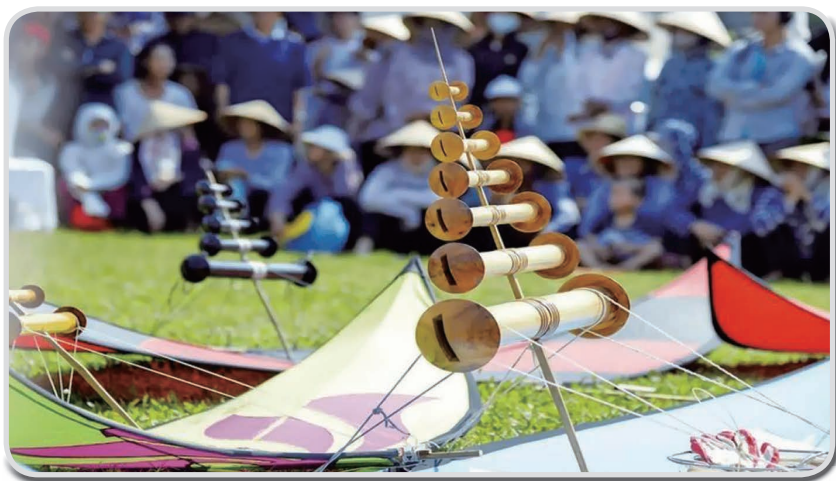


图 1.14 竹哨风筝 (越南广宁省传媒中心 摄)

唐代以后,风筝的军事功能逐渐消失,变成一项娱乐活动。北宋年间,放风筝的娱乐活动得到广泛普及。北宋宰相寇准所写的诗《纸鸢》:“碧落秋方静,腾空力尚微,清风如可托,终共白云飞。”就描绘了风筝。到了明代,著名的诗书画家徐渭写下了十余首关于风筝的题画诗。清代开始,中国风筝进入大发展时期,每到清明时节,人们便会结伴去郊外放风筝。

在航空器的分类中,风筝属于重于空气的飞行器,它是利用空气动力升空的原始飞行器,其飞行原理和现代飞机相似。14世纪传入欧洲的风筝,对飞机的发明产生了重要影响,可以说是现代飞机的鼻祖。

1.2.4 竹蜻蜓

竹蜻蜓是中国古代关于飞行器的又一项重要发明。它的结构是在一张薄的长竹片两端对称各削一斜面,竹片中央置一圆孔,圆孔内安装一个竹柄或木柄。玩时,用双手夹住竹柄,双手一搓然后放手,竹蜻蜓便会飞上天空。它被普遍视为现代旋翼机的雏形和直升机的最原始形态。

相比风筝,竹蜻蜓的历史更为久远,可以上溯到公元前1500年前商朝边境民族奇肱(gōng)人的飞车。《山海经》里对奇肱国有这样的记载:“奇肱之国在其北,其人一臂三目,有阴有阳,乘文马。有鸟焉,两头,赤黄色,在其旁。”在这个部族里,人们都长着三只眼,只有一条胳膊,而又极为机巧,善于制造飞车,能够乘风远行。另外,张华在《博物志》中记载,奇肱国在玉门关外四万里,商汤时,奇肱国人驾着飞车飞到了豫州境内,飞车被商部落的首领汤毁坏,并且封锁消息,秘不示人。十年后,奇肱国人另外造了一架飞车(图1.15),当东风刮起的时候,便乘风回到了奇肱国。



注:《山海经》版画插画,一个奇肱国人坐在风车上。版画绘于17世纪,现藏于卡纳瓦雷博物馆。

图 1.15 奇肱国飞车
(《人类飞翔史》)

如今看来,奇肱人的相貌更接近外星生命,他们所操控的飞车,也不像是商汤时代的技术,飞车或许是一种超越了当时人们认知的飞行器。当然,以上只是神话,奇肱国和一臂三目的奇肱人,也被理解为海外方国,是遥不可及的神秘国度。

晋朝学者葛洪在《抱朴子》中曾记述了这种飞车的原理,“或用枣心木为飞车,以牛革结环剑,以引其机;或存念作五蛇六龙三牛,交罡而乘之,上升四十里”,这种飞车的原理,与现在为人熟知的竹蜻蜓相似,这大概是文字方面关于竹蜻蜓的最早记载。竹蜻蜓作为结构简易、操作简单的玩具,曾让西方传教士惊叹不已,在他们眼中竹蜻蜓又被叫作“中国螺旋”或“飞螺旋”(图 1.16)。竹蜻蜓在 18 世纪传到欧洲,被称为“中国陀螺”。西方的一幅圣母圣子像中就曾出现过竹蜻蜓的形象。



图 1.16 竹蜻蜓

达·芬奇除了设计帮助人飞行的翅膀,也曾经设计过直升机。意大利人在米兰图书馆发现了达·芬奇在 1475 年画的一张关于直升机的想象图。据说达·芬奇的设计灵感也是受到竹蜻蜓的启发而来的。

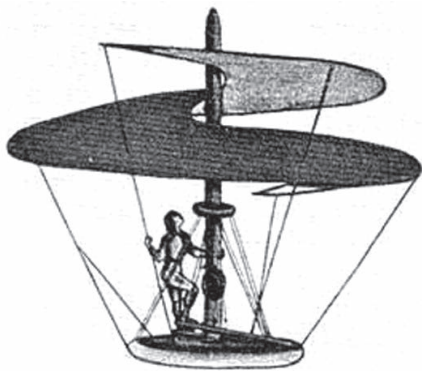


图 1.17 达·芬奇设计的直升机复制品(《人类飞翔史》)

达·芬奇所设想的直升机是由巨大螺旋体组成的,材料为上浆亚麻布,形状类似一个巨大的螺丝钉。旋转的动力是弹簧所提供的,在螺旋体达到一定转速时,整个机体就会升空。驾驶员站在底盘上,通过拉动机身上的钢丝绳来改变飞行方向(图 1.17)。当然,现在看来,达·芬奇的直升机是难以实现飞行梦想的。

英国人乔治·凯利(George Cayley, 1773—1857 年)被誉为“航空之父”,他终生痴迷于竹蜻蜓,也受到过竹蜻蜓的启发。他的第一项航空研究就是在 1796 年仿制和改造了“竹蜻蜓”,并由

此悟出螺旋桨的部分原理。他的这项研究和其中的原理对飞机研制成功起到了重要的作用,并为西方的设计师研制直升机奠定了基础。

1.2.5 孔明灯

在很久以前,中国人就已经把灯笼“玩”上了天。典型的就是三国时期诸葛亮(字孔明)发明的“天灯”,又被称作飞灯、孔明灯(图 1.18)。

孔明灯由灯罩与支架组成,灯罩多为圆筒形或长方形,一般采用竹片编制而成,开口朝下,灯罩外多用薄白纸或绵纸覆盖。底部的支架以竹篾(bì)搭成,支架中间绑上一块沾有煤油或花生油的粗布或纸。放飞前先将油点燃,燃料燃烧使周围空气温度升高,灯内空气膨胀,密度减小,从而排出灯中原有空气,使自身重力变小,空气产生浮力把它托了起来,放手后整个灯会缓缓升空。孔明灯实际上是热气球的前身,它的升空原理和热气球是完全一致的。



图 1.18 孔明灯(《人类飞翔史》)

1.3 飞上蓝天

1.3.1 热气球

世界公认的人类正式飞向蓝天,是从法国航空先驱蒙哥尔费兄弟(Mungo's brother, 1740—1810年)^①通过热气球将人们送上天空开始的。他们也被认为是热气球的真正发明者。蒙哥尔费兄弟原本是造纸工人,当他们看到碎纸片在篝火上飞舞时,于是便产生了利用热空气制造飞行器的念

^① J.M. 蒙哥尔费, 1740年8月26日生于阿尔代什省维达隆莱昂纳内,是哥哥, 1810年6月26日卒于埃罗省巴拉吕克莱班斯。J.E. 蒙哥尔费, 1745年1月7日生于阿尔代什省维达隆莱昂纳内,是弟弟, 1799年8月2日卒于塞尔维耶尔。两人最大功绩在于研制出世界上第一个热空气气球。



图 1.19 热气球升空试验
(《人类飞翔史》)

头。法国国王路易十六特别邀请他们到巴黎制作热气球,并要求他们在凡尔赛宫进行表演。

1783年9月19日,蒙哥尔费兄弟制成了一只高17米、直径12.5米的热气球,并首次进行了装载动物升空试验(图1.19),吊舱里面装了公鸡、鸭子和绵羊各一只,气球在空中飞行了8分钟并安全降落,这次飞行为热气球载人飞行树立了信心。同年11月21日,蒙哥尔费兄弟在巴黎市中心用热气球装载两名法国青年升空飞行。气球升空1000米,飞行25分钟、10千米,创造了人类历史上的第一次载人飞行,实现了几千年来人类飞向天空的伟大梦想,这次飞行比莱特兄弟的第一次飞机载人飞行早了120年。

1.3.2 飞艇

热气球虽然简单、可靠,但是其可操纵性差,难以控制。人们又开始研究试验怎么更好地让热气球可控,于是飞艇也就应运而生了。作为热气球的进一步发展的新成果,载人飞艇的升空,也加速了更先进飞行器的研究发展。与热气球相比,虽然同属轻于空气的航空器,飞艇的最大优势和不同是可实现有动力的、可控制的飞行。

19世纪中期,蒸汽机、内燃机、电动机的相继发明,为飞艇动力的改进创造了条件。1852年9月24日,法国人亨利·吉法尔(Henri Giffard, 1825—1882年)制造了历史上第一艘动力驱动飞艇(图1.20),并驾驶它从巴黎飞到特拉普,飞行了近27千米。飞艇上安装了一台重160千克、功率为2.2千瓦的蒸汽机作动力,可以带动飞艇以每小时9.4千米的速度前进,创造了人类历史上飞艇第一次成功载人飞行。比飞机早半个世纪,比直升机早近100年。

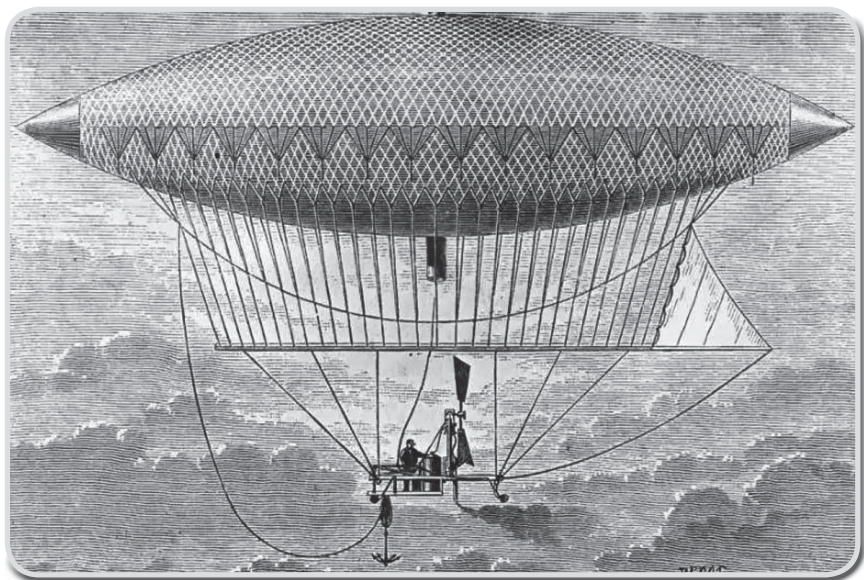


图 1.20 第一艘动力驱动飞艇（《人类飞翔史》）

在飞艇发展史上,德国的齐柏林 (Zeppelin, 1838—1917 年) 功不可没,他是硬式飞艇的发明者,被后人称为“飞艇之父”。他发明的硬式飞艇在不同领域都发挥了很大的作用,尤其在军事领域,其由于装载量大、侦察性好等特点被广泛运用在后来的空战中。后来,世界各国开始模仿制造,期间也诞生了众多大型硬式飞艇。

从 19 世纪 50 年代到 20 世纪 30 年代,是飞艇的第一次辉煌期。1937 年 3 月,当时最大的飞艇德国的“兴登堡”号在美国新泽西州赫斯特湖航空港着陆时,突然在离地面 100 米左右的空中发生爆炸 (图 1.21),整个艇身瞬间被烈火包围,事故造成 30 多人遇难。经过调查,爆炸主要是由于可燃的氢气泄漏被点燃造成的。从那以后,更为安全的氦气逐步取代了易燃易爆的氢气作为飞艇的浮升气体。

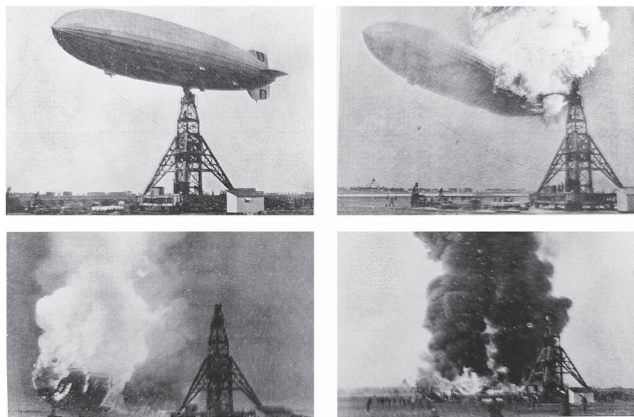


图 1.21 “兴登堡”号爆炸（《人类飞翔史》）

由于这个时期飞机已经出现并逐渐广泛使用,再加上此重大灾难及期间的若干类似事故,导致飞艇在此后几十年间消沉不振,逐渐完成了“热气球—飞艇—飞机”的历史更迭进程,人类社会开始逐步进入飞机称霸天空的年代。

但是，20世纪70年代后，新技术的发展及民用的大量需求，再加上其可直升、无须动力悬停、长时间留空、大载荷能力、低能耗、低噪声、低空安全度高等诸多优点，使得飞艇重新崛起，成为世界多国竞相发展的高新技术之一。

1.3.3 滑翔机

气球和飞艇在帮助人类完成升空梦想的同时，也逐渐显现出一些短板和不足，比如飞行速度低、操控不精准等，还不能很好地满足人们对飞得更快、更舒适的需求。而且，轻于空气的飞行器在帮助人类完成飞行梦想上有其天然的局限性。因此，航空科学家很快开始把研究重点转移到对滑翔机和飞机的研究上去了。

滑翔机就是与飞机外形相似，无动力装置，靠固定翼产生升力进行飞行的航空器。乔治·凯利被公认为是飞机和滑翔机的重要创始人。他为重于空气的航空器创立了必要的飞行原理，而在他之前，航空只是“在公众眼中接近于荒谬可笑的行为”。大约在1801年，凯利从风筝和鸟的飞行中领悟出了滑翔飞行的原理，并在1809年试制出一架滑翔机，这架滑翔机曾经把他带到几米高的空中，如图1.22所示。



图 1.22 滑翔机和乔治·凯利（《人类飞翔史》）

最早的可操纵滑翔机是德国人李林达尔（Otto Lilienthal, 1848—1896年）发明的（图1.23），他是世界公认的“滑翔机之父”。18世纪90年代，他设计了多种类型的滑翔机，主要分为单翼机和多翼机。李林达尔还通过实验和分

析实验数据,创造性地提出了“曲面机翼比平面机翼升力大”的观点,解决了升力问题,为后来飞机的成功发明奠定了坚实的基础。他的著作《鸟类飞行是航空的基础》更是经典之作,以至于很多后来的飞行探索者,以及第一架飞机的发明者莱特兄弟,都曾从李林达尔的研究中获得了宝贵经验。

随着技术水平的提高,现代滑翔机的性能和应用范围不断拓展。比如,空客公司研制的 Perlan II 滑翔机翼展 56.08 米,重 816.5 千克,可载一人,配有增压座舱,试飞高度已达到 23100 米。



图 1.23 李林达尔和他设计的曲面滑翔机 (《人类飞翔史》)

1.3.4 飞机

滑翔机依然无法实现可持续的载人飞行,而且操纵性受到很大限制,需要人们继续寻求更好的解决方案。另外,到 20 世纪初,限制飞机发明的升力问题、操纵问题和动力问题都已经得到解决,飞机面世已经是呼之欲出。

飞机是人类在 20 世纪所取得的最伟大科学技术成就之一,曾与电视和计算机并列为 20 世纪对人类影响最大的三大发明。

法国人认为世界上最早的飞机是由法国人克雷芒·阿德尔 (Clément Ader, 1841—1925 年) 发明的,1890 年 10 月 9 日在法国试飞成功。

巴西人认为,飞机是巴西人阿尔贝托·桑托斯·杜蒙特 (Alberto Santos-Dumont, 1873—1932 年) 发明的 (图 1.24),1906 年 11 月 12 日,桑托斯·杜蒙特的“14bis”飞机成功地飞至 60 米高空,是世界上第一次成功的

动力飞行,之前的飞行并没有达到真正意义上“飞”的标准。

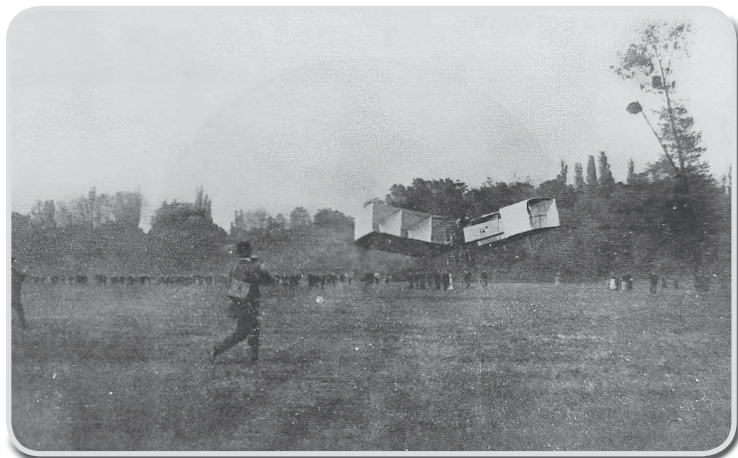


图 1.24 阿尔贝托·桑托斯·杜蒙特发明的飞机（《人类飞翔史》）

目前,人们公认的飞机发明者是美国人莱特兄弟 (Wilbur Wright, 1867—1912 年; Orville Wright, 1871—1948 年)。1903 年 12 月 17 日,他们发明的世界上第一架真正意义上的飞机“飞行者 1 号”在美国试飞成功,留空时间仅 12 秒 (图 1.25)。同一天,又进行了两次试飞,创造了空中持续飞行 59 秒的成绩,并且飞行了 260 米的距离。这是人类历史上第一次可完全自主操控、机体重于空气、飞行期间持续不落地的飞行。莱特兄弟发明的飞机正式开启了飞机发展的新纪元,标志着世界航空时代正式拉开帷幕。

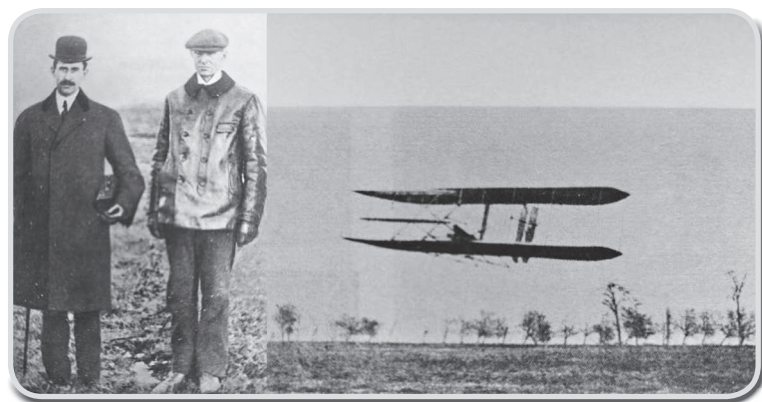


图 1.25 莱特兄弟和他们的“飞行者 1 号”（《人类飞翔史》）

“中国航空之父”则是旅美华侨冯如。莱特兄弟飞机飞行成功后,冯如深受影响,立志从事飞机制造。1909 年 9 月 21 日,他在美国设计制造了中国人的第一架飞机“冯如一号”(图 1.26),并亲自驾驶它飞上了蓝天,实现了中国人的首次载人动力飞行。他为报效祖国,带着亲自制造的飞机回国,投身革命,

领导了中国第一支革命飞机队。1912年，冯如在广州燕塘飞行表演中因飞机失事牺牲，遗体安葬在广州黄花岗烈士陵园。为表彰冯如的功绩，他被追授陆军少将军衔，并立碑纪念，被尊为“中国始创飞行大家”。

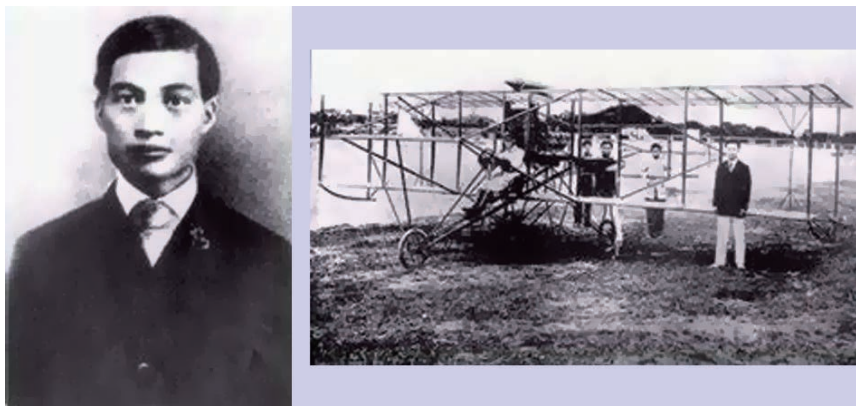


图 1.26 冯如和“冯如一号”飞机（《旧金山考察家报》）

1903年以来的100多年，根据飞机动力装置的不同，可以将飞机的发展历程划分为两个重要的时代，即活塞时代和喷气时代。

1.4 活塞时代

活塞时代指的是1900年初至1940年中后期这段时间，这一时期的飞机主要采用活塞发动机。该时期又分为初期发展阶段、体系形成阶段和发展巅峰阶段三部分。

1.4.1 初期发展阶段

莱特兄弟在发明飞机之后，于1909年创建了世界上第一家飞机制造企业——莱特公司，并通过推销等方式迅速获得了美国军方的订单，这标志着航空工业的诞生。

紧随莱特公司之后，欧美国家迅速出现了其他一些飞机制造企业。由于莱特公司创建后，莱特兄弟将大部分精力用于保护其“发明飞机”这一专利上，导致莱特公司在技术上远落后于其竞争对手，最终经过种种波折，逐渐淡出。在这一时期，飞机制造业的规模一般都比较小，大部分近似于作坊，但不可否认，它们都无一例外地为世界飞机制造业发展进程奠定了基石。这些企业中

有的一路发展延续到现在,有的经过整合兼并而不断壮大,当然更多的则消失在历史的时间轴上。

1.4.2 体系形成阶段

第一次世界大战(以下简称一战)的爆发给人类带来了深重的灾难,但是同时也为军用航空工业提供了历史上第一次大发展的机遇。这一时期全世界飞机制造商达到了 200 余家,航空发动机厂商则达到了 80 余家,战争期间生产的飞机和发动机数量更是多达 20 余万台套。欧洲大陆是一战的主战场,得益于这次战争对飞机这一新型武器的巨大需求量,欧洲参战国全力发展航空制造业,并且一度领先于美国。

此外,值得一提的是,美国航空工业在该时期发展相对滞缓,除了上述所说原因,还有一个原因是莱特兄弟向有关部门提出了飞机专利诉讼,从而阻碍了美国航空工业的先驱们在该时期取得重要发展。一战后期,一些著名的飞机制造企业已经逐渐在市场上站稳了脚跟,与此同时苏联也着手建立独立的飞机设计局,并且开始建设专业化航空工业制造厂。

但是随着战争结束,军方订单的锐减使得飞机制造业深受打击,加之大量退役的廉价军用飞机充斥市场,使得大部分飞机制造企业无法有效出售新的产品,大部分企业从此倒闭,一部分企业从此停止了飞机业务,只有少部分企业通过转型转产谋求多元化发展勉强度过了危机,波音公司就是其中一例。战后的波音为度过危机,曾经一度转型生产化妆台、柜台、家具等产品,借助这些产品获得的利润维持生存并坚持进行飞机的研制,波音公司的这种窘况在其研制波音 40/40A 型邮政飞机并获美国政府订单后得以缓解。

20 世纪 30 年代,世界飞机制造业基本形成了美、苏、欧、日四大体系,随着第二次世界大战(以下简称二战)的逼近,这些飞机制造企业纷纷转而为战争研发新型军用飞机,这一时期的许多产品都在不久后的二战中成为主力机型。

1.4.3 发展巅峰阶段

二战规模的空前绝后使各参战国理所当然产生了巨大的军事需求,极大

地刺激了世界航空工业的第二次大发展,航空工业借此机会实现了进一步发展和持续性扩张。二战时期空军成为各国高度重视的全新军种,参战飞机数量之大、种类之多,是一战所不能企及的。此外,由于航空工业体系初具规模,飞机性能得到了很大的提升,产量更是实现了前所未有的增长:全世界飞机总产量约 100 万架,在参战国中,英、美等盟国共生产了 40 余万架,苏、德两国各生产了约 11 万架,二战简直可以被称为“活塞飞机的黄金时代”,这期间出现了军用航空史上许多经典的歼击机和轰炸机,如图 1.27 所示。

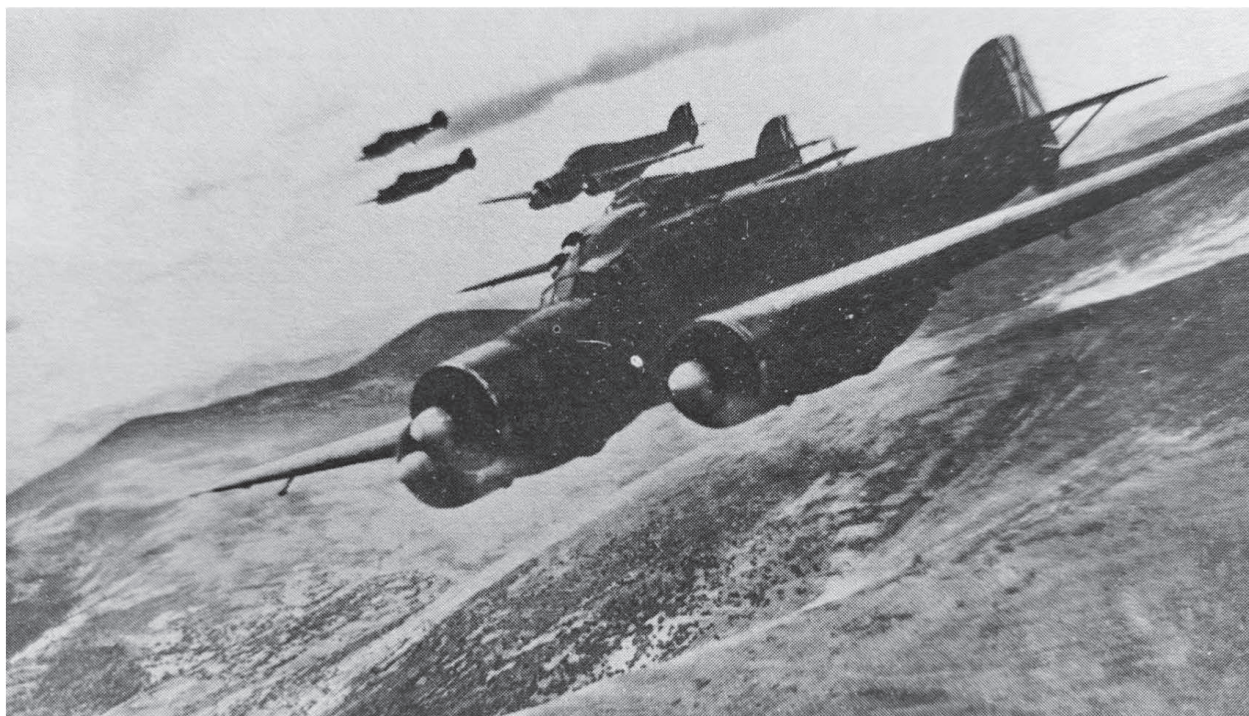


图 1.27 二战飞机编队 (《人类飞翔史》)

这一时期,民用航空业也有了一个飞跃式的发展,那就是波音 80 的出现。波音 80 是美国首架专为提供定期民航服务而设计的客机,同时也是现今商用飞机的先驱,该机可以负载 3 名机组人员、18 名乘客、408 千克货物,最高时速可达 222 千米/小时,航程为 740 千米。

1938 年 12 月,波音 307 客机(图 1.28)首航,这是世界上第一种投入使用增压客舱的客运飞机,也是首架安排飞航工程师(Flight Engineer, F/E)随航负责技术性工作,以便让飞行员专心飞行的客机。



图 1.28 波音 307 客机（《中国民航报》）

1939 年，泛美航空使用波音 314 客机（图 1.29）开通了纽约到英国南安普顿的航线，至此乘坐商业航班环球飞行已经成为可能。



图 1.29 波音 314 客机（《生活》杂志）

不过这个时期转瞬即逝——两个多月后，二战爆发了，各国的航空运输业很快都被转入军事用途。

1.5 喷气时代

喷气时代指的是二战末期以后至今这段时间，这一时期的飞机主要采用喷气式发动机。该时期又分为初期发展阶段、技术突破阶段和发展成熟阶段三部分。

1.5.1 初期发展阶段

喷气飞机最典型的特征是装备了喷气式发动机。公认的喷气发动机的发明人有两个,一个是英国的弗兰克·惠特尔 (Frank Whittle, 1907—1996年),另一个是德国的汉斯·冯·奥海因 (Hans von Ohain, 1911—1998年),两人是在互相不知道的情况下独立发明了喷气式发动机。

在一战中,童年的惠特尔亲眼看到歼击机的空中格斗,从那时起对空战产生了浓厚兴趣。后来在皇家空军学院学习期间,他就发现驱动螺旋桨的活塞式发动机满足不了飞机高空高速飞行的需要,并在毕业论文中提出了新型推进系统涡轮喷气发动机的工作原理。1930年1月,惠特尔通过不断设计和试验,最终获得了涡轮喷气式发动机的专利。1937年4月,由他领导研制的双面离心式压气机、10个单管燃烧室的燃气涡轮喷气发动机在试车台上运转成功,转速达到了11750转/分,发出推力545千克(5340牛顿),该发动机从设计、制造到运转成功,仅花了不到两年的时间。

1933年,德国的奥海因取得物理学和空气动力学的博士学位后,到一个航空类的研究机构工作,他构思了“有引擎,就不需要螺旋桨”的理念。1935年,他的离心/轴流式涡喷发动机获得专利。1937年3月,奥海因等人设计的第一种涡喷发动机HeS-3B在德国运转成功,最大推力约500千克。1939年8月,德国He178喷气式验证机首飞,最大飞行速度为700千米/小时。

早期喷气式歼击机还处于初级发展阶段,其稳定性和飞行操控性还不够好,再加上产量小,尤其是推重比小、功耗高,飞机的航程和作战半径小等因素,与当时最先进的活塞式歼击机相比,还有很大差距,因而,在一段时期内并没有能够改变活塞式歼击机一统天下的局面。

二战后期,更实用的喷气式飞机出现,但是依旧没能在战场上发挥巨大的作用。

喷气式飞机从20世纪50年代逐渐开始走上坡路。1950年,朝鲜战争爆发,喷气式歼击机被大规模地应用在战场上,中国人民志愿军空军使用苏联的米格-15歼击机,美国空军使用F-80、F-84、F-86歼击机,都是当时世界上

最先进的机型,如图 1.30 所示。喷气式歼击机在朝鲜战争中表现出空战的压倒性优势,受到世界各国的高度关注。



图 1.30 米格-15 和 F-86 歼击机 (KCNO 摄)

二战期间,绝大部分歼击机的最大速度不会超过 700 千米/小时,飞行高度都在 10000 米以下,而 F-84、F-86、米格-15、“猎人”“标枪”“神秘”等型喷气式歼击机的最大平飞速度均超过了 1000 千米/小时。少数机型,如 F-86、米格-17 等,还可以做出超音速飞行,上述飞机多数都可以升至 15000 米的高度。

1.5.2 技术突破阶段

随着航空技术的不断进步,在飞机飞得越来越快的过程中,遇到了第一个问题:音障。音障又称声障,指的是大展弦比的直机翼飞机,在飞行速度接近声速时,会出现阻力剧增、操纵性能变差和自发栽头的现象,飞行速度也不能再提高,因此,人们曾以为声速是飞机速度不可逾越的障碍,所有才有音障这个名字。

活塞发动机时代,飞机从没有实现过超音速飞行,一方面受制于活塞发动机的功率限制,另一方面受制于螺旋桨的转速达到一定值时产生的激波。喷

气式发动机的研制成功则解决了这两个问题,同时打破了活塞式发动机和螺旋桨给飞机高速飞行带来的桎梏,其强大的推力使歼击机速度突破了音障的限制。

飞机进入了超声速飞行时代始于 1947 年 10 月 14 日,美国 X-1 研究机由 B-29 携带起飞,在飞行员耶格尔的驾驶下首次突破了音障(图 1.31)。



图 1.31 歼击机突破音障的瞬间(中国军网)

20 世纪 50 年代出现了第一代超音速歼击机,飞行速度普遍达到 1.4 倍声速以上,其典型代表是美国的 F-100 和苏联的米格-19。

喷气式飞机初期取得了骄人的成绩,但是,一方面它仍然在机载设备和武器系统以及超音速飞行中表现一般,还存在升限、加速性和爬升率不高,航程与作战半径不大等缺点。另一方面,依靠大推力提高飞行速度时进行有效操纵是非常困难的,更难以进行空战任务。要使歼击机真正有效地突破音障进行超声速飞行,必须在增加发动机推力的同时,采取能有效地降低跨声速阻力的各种气动措施,比如采用加装后掠翼或进行面积律设计等措施。

在喷气发动机研制成功和后掠翼、面积律等基本航空理论研究获得突破以后,歼击机飞得越来越快,越来越多的超音速歼击机相继问世,飞行速度为

2 倍声速,也称为 2 马赫^①的歼击机在美、苏两国空军部队陆续服役。

随着飞行速度的不断提高,飞机又遇到了难题:热障^②。当飞机飞行速度达到 2 马赫时,机身温度就会升高至 100℃ 以上,某些部位可能高达 200℃。当速度进一步达到 3 马赫时飞机的某些部位温度可能会升至 500℃,这时飞机上的金属蒙皮被加热成暗红色乃至熔化烧毁。而随着温度的升高,飞机结构的强度和刚度不断降低,人员和机载设备也难以正常工作。飞机与空气的摩擦热成为主要问题,即热障问题。而飞机外表面使用耐高温材料是解决热障问题的主要方法之一。20 世纪 60 年代,美国的 SR-71“黑鸟”高速侦察机,就是通过使用大量先进的耐高温材料成功克服了隔热问题,也使得飞机的速度大幅提升至 3 马赫以上。

1.5.3 发展成熟阶段

喷气式发动机在军事领域被广泛应用之后,也被探索性地应用到了民用飞机上,民用飞机进入了发展新纪元。

1950 年,世界上第一种涡轮螺旋桨民航飞机——英国的“子爵”号(图 1.32)投入使用,但“子爵”号是靠螺旋桨产生推进力的,由于受到螺旋桨转速的限制,飞机速度只能达到活塞式飞机水平,无法将喷气式飞机的优势完全发挥出来。

1952 年,英国德·哈维兰公司研制了世界上第一架装备涡轮喷气发动机的民航飞机“彗星”号,其巡航速度有了明显的提升,超过 750 千米/小时,在全世界引发了广泛关注,曾经的社会上流人士都以乘坐“彗星”号为荣。遗憾的是,一年内投入航线的 9 架“彗星”号客机,先后有 3 架以几乎完全相同的方式在空中解体,产生了恶劣影响。

① 马赫是奥地利物理学家恩斯特·马赫(Ernst Mach, 1838—1916 年)的名字。马赫数是速度与音速的比值,音速在不同高度、温度与大气密度等状态下具有不同数值,所以马赫数只是一个相对值,并不表示固定的速度值。

② 热障是指飞行器的速度发展到超过一定马赫数时,因高速气流引起表面加热(气动加热)而遇到的障碍。



图 1.32 英国的“子爵”号客机

事故调查证明罪魁祸首是矩形的客舱舷窗。在发现“彗星”号的舷窗问题以后,飞机设计师们不断对客机的舷窗升级,最终确定了两种方案:圆形或椭圆形。圆形或椭圆形舷窗有着独特的优势(图 1.33),被以后广泛采用。不同于方形的舷窗(图 1.34),它们能将所受压力比较均匀地分散到四周,因而整体能够承受更大的压力,保证窗户不易破裂。



图 1.33 飞机的椭圆形舷窗



图 1.34 飞机方形舷窗示例 (《美国有线电视新闻网》)

苏联的军用航空工业较民用更为发达,其中 1956 年正式投入航线运营的图-104 客机,是图波列夫设计局以图-16 (中国仿制型称轰-6) 为基础改进而来的。

法国也研制出一款短程喷气式客机——“快帆”号,它的特点在于率先设计并将两台涡轮喷气发动机置于后机身两侧。

尽管多个国家都采用了喷气式民航客机,但在 20 世纪 50 年代,美国的波音 707 (图 1.35) 无疑是最成功的喷气式民航客机。波音 707 的前身是 KC-135 空中加油机,经美国空军同意研制改装而来。1954 年波音 707 原型机首飞,四年后正式在航线中发挥作用,并且市场反响较好,很快也成为美国总统的专机“空军一号”。与此同时,道格拉斯公司也紧随其后研发了喷气式客机 DC-8,该机于 1958 年首飞,1959 年正式投入运营。



图 1.35 波音 707 客机 (Basair 摄)

20 世纪 60 年代以后,随着经济和科技的迅速发展,航空市场越来越受到重视且竞争越发激烈,美国、苏联、欧洲纷纷研发了新型干线飞机、支线飞机、通用飞机,加拿大、巴西也开始在民用飞机产业中发力,世界民航业展现出百花齐放的景象。其中比较有代表性的当属美国的波音 737、波音 747、DC-10,苏联的图-154、伊尔-62,英国的“三叉戟”,空中客车公司的 A300 等。颇受争议,且性能优越的由英法两国联合研制的“协和号”超音速客机(图 1.36),更是在一段时期内首屈一指。



图 1.36 “协和号”超音速客机

20 世纪 70 年代,随着主动控制技术和大推重比的涡轮风扇发动机的研发应用,第三代歼击机开始出现,如美国的 F-15、F-16、F-18 歼击机,苏联的米格-29、苏-27 歼击机等。

20 世纪 90 年代,随着先进综合航空电子系统和推重比为 10 的一级涡扇发动机的研发应用,具有隐身能力优越、超声速巡航、过失速机动和超视距攻击能力的喷气式飞机开始出现。

从 21 世纪开始,航空飞行器在进行了一场巨大的变革后,飞机制造材料从纯铝合金材质逐渐转变为复合材料。生产和设计的优化,从波音 777 开始,随着计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 和仿真软件的进步,开发新飞机不需要再制作模型验证,直接从计算机上生成图纸,进而进行生产,以至开发难度大幅降低、可靠性加强。全新机翼的设计提高了飞机的经济型和舒适性,能更好地降低湍流阻力。随着现代电子信息技术的不断进步和逐渐引入,现代航电系统 (图 1.37) 的功能与性能日益完善,逐步改变了以老式飞机的简单座舱仪表为主要形式的布局,发展成为一个集控制、显示、探测、通信和网络技术于一体的高度复杂系统。



图 1.37 现代航电系统

本章小结

本章共包括飞天幻想、探索实践、飞上蓝天、活塞时代和喷气时代五部分内容,主要介绍航空发展的前世今生,阐述从古至今人类对“飞天”的不断探索与追求。首先通过东方和西方的飞天童话介绍了航空的发展历史,然后通过万户飞行的故事阐述了人类为飞行而进行的各种实践和探索,解释了人类本身无法依靠翅膀飞行的原因;活塞时代和喷气时代则重点介绍了航空发展历史上两个重要的时期及其特点。

思考题

1. 我国古代的人们是怎么表达“飞天”梦想的?你觉着对世界航空的发展贡献了哪些中国智慧?
2. 万户飞行为什么失败了?你认为怎么样改进可以成功呢?
3. 请分析从世界上第一架飞机诞生到现在的一百多年时间里,飞机发生了哪些重要的变化?
4. 二战时期性能最好的活塞式飞机有哪些?
5. 喷气式飞机和活塞式飞机各自有哪些优缺点?