



新世纪航空模型运动丛书

MOXING FEIJI  
TIAOZHENG YUANLI

# 模型飞机调整原理

中国航空运动协会组织编写  
谭楚雄 编著



航空工业出版社

责任编辑：龙明灵

封面设计：王楠

## 新世纪航空模型运动丛书

《模型飞机飞行原理》

《模型飞机调整原理》

《模型飞机的翼型与机翼》

《航空模型发动机》

《简易航空模型》

《国际级自由飞航空模型》

《线操纵模型飞机》

《无线电遥控航空模型》

《电动模型飞机》

《外观航空模型》

《航天模型》

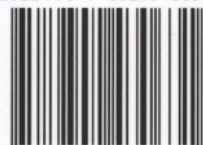
《航空模型工艺学》

《航空模型竞赛裁判工作指南》

《中国航空模型运动史》

《纸模型飞机》

ISBN 978-7-80243-063-1



9 787802 430631 >

定价：25.00 元

新世纪航空模型运动丛书

# 模型飞机调整原理

中国航空运动协会组织编写

谭楚雄 编著

航空工业出版社

北京

## 内 容 提 要

本书主要包括：飞行原理中的空气动力学、模型的平衡稳定性、稳定飞行、特技飞行、气象对飞行的影响等有关模型性能和飞行调整方面的一系列论述。它是作者多年从事航模活动实践经验的总结，其中有不少独到、新颖的见解和探讨，不但有助于解决在调整、放飞模型时出现的实际问题，还能帮助读者了解这样做的理论根据，以便举一反三地解决其他类似问题。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

模型飞机调整原理/谭楚雄编著. —北京：航空工业出版社，2007. 10

(新世纪航空模型运动丛书)

ISBN 978 - 7 - 80243 - 063 - 1

I. 模… II. 谭… III. 模型飞机 (航空模型运动) — 空气动力学 IV. G875. 301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 146413 号

### 模型飞机调整原理

Moxing Feiji Tiaozheng Yuanli

---

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 - 64978486 010 - 64919539

北京地质印刷厂印刷

2007 年 10 月第 1 版

开本：787 × 960 1/16

印数：1—3000

全国各地新华书店经售

2007 年 10 月第 1 次印刷

印张：10.25

字数：199 千字

定价：25.00 元

# 《新世纪航空模型运动丛书》 编委会

- 顾主副委  
问：顾诵芬  
任：赵明宇  
任：刘文章 毕东海  
员：（按姓氏笔画排列）  
牛安林 甘彦龙 叶树钧 朱宝鏊  
朱建成 刘鑫 李仁达 肖治垣  
吴大忠 陆钟毅 南雍 顾辰  
高歌 黄永良 程不时 谭楚雄
- 主副主  
编：毕东海  
编：谭楚雄
- 主要编写人员：（按姓氏笔画排列）  
王维忠 朱宝鏊 刘文章 寿尔康  
李仁达 李育廉 李新庄 杨焯  
余敏 张炜 查保传 阎天来  
黄云 谭楚雄

# 序

19世纪后期，人类探索航空的重点由气球转向重于空气的飞行器——飞机。由于试验飞机的复杂性和危险性，航空先驱们都是首先用不载人的模型飞机反复进行研究，摸索规律，有相当把握后才开始试制载人飞机。英国人凯利的滑翔机、美国人兰利和莱特兄弟等的飞机都是这样进行的。

1903年动力飞机试飞成功，但初期飞机的性能极差，不但速度小（不如快速汽车），而且稳定性也很不好，飞到空中危机四伏，仍然需要通过模型飞机进行研究、试验、改进和完善。载人飞行器的初步成功，使从事学习和研究飞机的队伍迅速扩大，也引起了许多人对模型飞机的兴趣。20世纪初，在发达国家开始了航空模型运动，为这些国家造就了许多航空人才和科技人才。

我国在20世纪30年代后期才出现小规模民间航空模型活动，比西方发达国家晚了20多年。当时没有常设的全国性航空模型运动机构，基层活动属自发性质，参与航空模型运动的人数不多，技术水平和模型器材都很落后，处于萌芽状态。

新中国成立以后，中央人民政府十分重视和提倡航空模型运动。1952年成立了中央国防体育俱乐部，后更名为中国人民国防体育协会，其任务是在人民群众中普及军事技术知识，进行国防教育，储备军事人才，培养国防后备力量。航空模型运动被列为首批重点国防体育项目，有组织、有计划地开展起来，其发展势头超过许多发达国家。1956年，新中国第一届航空模型竞赛在北京举行，此后，每年都举办全国性的航空模型比赛，“文革”期间中断了比赛，1978年恢复了全国比赛。

1978年，中国加入国际航空联合会，我国航空模型运动有些项目跃居世界领先地位，截至目前共有58人59次打破31项世界纪录，夺取世界冠军28个。

目前，航空模型运动是我国正式开展的99个体育运动项目之一，作为科技体育运动项目，航空模型运动具有竞技、教育、娱乐和应用等功能。

竞技功能是航空模型运动的基本功能。通过各种比赛，展现选手的竞技水平，体现“更高、更快、更强”的体育精神，向观众奉献最精彩的场面。在激烈抗争的世界赛场上，中国选手通过顽强拼搏，夺取冠军，为国争光。

对人进行全面素质的培养，是航空模型运动的教育功能。由于这项运动内涵的特殊性，即运动的参与者要自己设计和制作模型飞机；参与者的运动成绩由他操纵放飞的模型飞机的飞行表现来确定，因此决定了这项运动所独具的动手与动脑相结合、脑力与体力相结合的特点。

航空模型运动同时也是一项形象健康、积极向上的娱乐运动项目。它以其模型种类繁多、技术难度跨度大而吸引社会上不同层次、职业、年龄的爱好者参与其中。

航空模型应用于科研、生产和国防是这项运动的另一大功能。航空模型是飞机的先驱，在飞机研制中，航空模型一直是一种不可缺少的研制手段，它在航空产业的各个环节中起着重要作用。

为了贯彻中共中央、国务院《关于进一步加强和改进未成年人思想道德建设的若干意见》的精神，培养青少年科技素质和创新精神，培养热爱航空事业的后备人才，中国航空运动协会组织编撰这套《新世纪航空模型运动丛书》，丛书本身是半个世纪我国开展航空模型运动经验的积累，涵盖了航空模型运动的各个方面，既有航空模型运动的基础知识，又有帮助从事航空模型运动提高知识水平和技巧的专业读物，既介绍适合在小学生中开展活动的《纸模型飞机》，也介绍制作高级航空模型必备的《模型飞机的翼型与机翼》。丛书的作者都是多年从事航空模型运动的专家，具有丰富的教学和航空模型制作、放飞经验。本套丛书面向读者为初中以上的高级航空模型爱好者、全

国中小学航空模型课程的教学人员，从事航空模型运动的运动员、航空模型的设计人员和制造人员，以及各相关人员。

我们希望，丛书的出版，能为促进我国航空模型运动更上一层楼，帮助更多的航模爱好者步入航空科技殿堂，建设中国现代化的和谐社会发挥更大作用。

**《新世纪航空模型运动丛书》编委会**

**2007年8月**



# 前 言

航空模型是深受青少年喜爱的一项科技体育活动。新中国成立以来，在各级体委、航空运动协会、科协、航空学会和有关青少年教育机构的领导与配合下，航模活动有了很大发展，技术水平也有了很大提高。中国航模运动员多次在世界比赛中获得优异成绩，打破过不少世界纪录，为祖国争得了荣誉。很多航模爱好者已经成为我国航空界和现代化建设中的优秀人才。

航模活动的魅力在于能向充满求知创造欲望的青少年提供这样一个实践机会：通过制作和放飞航空模型，使他们既能品尝到模型飞机飞上天空时的乐趣，又能学到航空科技知识，养成动手动脑的良好习惯。

在研制和放飞航空模型时会碰到很多问题：有的模型总是飞不起来，或是飞不平稳，或是飞不高。怎样才能使它们飞好呢？这就有飞行原理方面的问题。

本书用系统的飞行原理去解释所遇到的各种问题，并介绍如何采用正确的调整方法加以解决，使模型飞得更好。书中还对一些模型飞行现象提出解释和独到的见解。例如，对模型飞行迎角和爬升的稳定性的分析，以及清晨气流原理等，都是很有价值的探讨。本书内容通俗易懂，讲解深入浅出，实践性强。为便于读者理解，配有大量插图，由黄云、陈鹏等同志绘制。

本书作者谭楚雄同志解放初期投身人民空军，1951年调到新创建的中央国防体育俱乐部航空模型运动工作组，参加了我国航空模型运动的初期建设工作，曾在几届全国航空模型干部训练班上担任飞行原理教员，编写出版了《简易模型飞机原理》一书，流传很广。谭楚雄同志有一种强烈的探索精神和刻苦钻研的毅力。他曾为了摸索清晨气流规律，日夜奔走在机场的不同地区，安插了很多温度计测试地面温度的细微变化，对照模型飞行试验，终于

总结出清晨气流和气流转换期规律的见解。可以说，这本书是一位热爱航模事业的老航模工作者奉献给广大青少年的宝贵礼物。

谭楚雄同志在工作中善于分析思考，抓住问题要点，踏实苦干，几十年如一日。后来调到北京市航空模型俱乐部担任领导工作，他坚持普及提高相结合的方针，不计较个人得失，为首都航模活动的开展和提高做出了贡献。退休以后，他仍然全身心地投入航空模型的发展和研究工作，深受航模界同志们的尊敬。为了表彰谭楚雄同志的敬业精神和对我国航空模型运动的贡献，中国航空运动协会于1998年5月授予谭楚雄同志航空模型运动最高荣誉奖；国际航空联合会1998年9月为谭楚雄同志颁发了保罗·迪桑蒂尔证书<sup>①</sup>。

黄永良

2006年10月于北京

---

<sup>①</sup> 国际航空联合会颁发，授予长期从事航空和航空运动事业并做出突出贡献的人士。

# 目 录

<b>第一章 飞行状态和力的分析</b> .....	( 1 )
一、试飞和调整 .....	( 1 )
二、平动和转动 .....	( 1 )
三、重心和三轴 .....	( 3 )
四、飞行状态的分析 .....	( 4 )
五、作用在模型飞机上的力 .....	( 5 )
<b>第二章 空气动力</b> .....	( 8 )
一、机翼合力、升力和阻力 .....	( 8 )
二、空气动力的大小 .....	( 10 )
三、压力中心 .....	( 12 )
四、机翼力矩 .....	( 13 )
五、焦点力矩 .....	( 14 )
六、平均力矩弦 .....	( 15 )
<b>第三章 平飞</b> .....	( 18 )
一、平飞的条件 .....	( 18 )
二、平飞速度 .....	( 19 )
三、平飞拉力 .....	( 20 )
四、平飞距离 .....	( 21 )
五、争取最长留空时间 .....	( 22 )
六、争取最大速度 .....	( 24 )
<b>第四章 滑翔</b> .....	( 26 )
一、滑翔原理 .....	( 26 )

二、滑翔速度 .....	( 27 )
三、滑翔角 .....	( 28 )
四、手掷滑翔 .....	( 30 )
五、手掷直线距离竞赛 .....	( 32 )
六、下沉速度 .....	( 34 )
<b>第五章 爬升 .....</b>	<b>( 37 )</b>
一、稳定爬升的条件 .....	( 37 )
二、爬升需用速度 .....	( 37 )
三、爬升率 .....	( 40 )
四、爬升拉力 .....	( 41 )
五、爬升消耗的能量 .....	( 42 )
六、爬升需用功率 .....	( 43 )
七、几种爬升姿态 .....	( 45 )
<b>第六章 俯仰平衡 .....</b>	<b>( 50 )</b>
一、俯仰力矩平衡 .....	( 50 )
二、升力力矩平衡 .....	( 51 )
三、迎角 .....	( 53 )
四、俯冲、波状飞行和迫降 .....	( 56 )
<b>第七章 俯仰稳定性 .....</b>	<b>( 59 )</b>
一、稳定性 .....	( 59 )
二、俯仰稳定性 .....	( 60 )
三、动稳定性 .....	( 61 )
四、俯仰稳定力矩 .....	( 63 )
五、俯仰稳定系数 .....	( 67 )
六、判断与调整 .....	( 69 )
<b>第八章 侧面平衡和稳定性 .....</b>	<b>( 71 )</b>
一、侧面平衡 .....	( 71 )
二、侧面稳定性 .....	( 75 )

<b>第九章 盘旋</b> .....	( 80 )
一、水平盘旋 .....	( 80 )
二、盘旋和侧滑 .....	( 82 )
三、内、外机翼速度差 .....	( 85 )
四、盘旋和迎角 .....	( 86 )
五、波状改出性能 .....	( 88 )
六、急转弯 .....	( 90 )
七、急转弯过负荷 .....	( 92 )
<b>第十章 特技飞行</b> .....	( 95 )
一、倒飞 .....	( 95 )
二、侧飞 .....	( 97 )
三、横滚 .....	( 98 )
四、筋斗 .....	( 100 )
五、螺旋 .....	( 103 )
六、垂直上升和下降 .....	( 104 )
<b>第十一章 动力装置</b> .....	( 106 )
一、螺旋桨的工作 .....	( 106 )
二、拉力力矩 .....	( 111 )
三、反作用扭矩 .....	( 113 )
四、陀螺力矩 .....	( 115 )
五、螺旋桨尾流 .....	( 116 )
<b>第十二章 风与飞行</b> .....	( 118 )
一、风与自由飞模型 .....	( 118 )
二、风与往返速度 .....	( 119 )
三、风与往返距离 .....	( 121 )
四、风速和风向 .....	( 122 )
五、风的形成和估计 .....	( 124 )
<b>第十三章 上升气流</b> .....	( 129 )
一、动力气流 .....	( 129 )
二、热力气流原理 .....	( 132 )

三、平原热气流 .....	(133)
四、水陆、山坡和锋面气流 .....	(135)
五、浮力气流 .....	(136)
六、判断气流的方法 .....	(140)
七、认识还没有结束 .....	(142)
八、在气流中滑翔 .....	(143)

## 一、试飞和调整

模型飞机（简称模型）做好后要经过试飞，这是模型活动中的重要环节。飞机不同于车船，车船调整不当，可以停下来再调。模型飞机如果调整失误，就可能摔个粉碎，前功尽弃！所以，航模爱好者调整模型时必须认真仔细，严格遵循一套科学的程序和方法。要做到这一点，就需要懂得飞行调整的原理，在理论方面下一番功夫。

飞行调整就是在试飞中判断哪些是正常的飞行姿态，哪些是不正常的飞行姿态。对不正常的飞行姿态，从力学上找到原因，采取相应的调整措施，达到模型能正常飞行的目的。所以，进行模型调整，首先要善于对飞行现象进行分析。

## 二、平动和转动

物体的运动是各式各样的，车辆行驶、鸟类飞翔、机器运转等。从表面上看，运动形式千差万别，但实质上都离不开两种基本的运动——平动和转动。

什么是平动？抽屉的拉出推进，活塞在汽缸中往复运动，火车车厢在直线轨道上移动等都属于平动，如图 1-1 (a) 所示。从定义上看，物体（这里指的物体相当于刚体）在运动中，物体内任何一条给定的直线的方向始终保持不变，这种运动则称为平动。在平动过程中物体各点的运动方向和速度都是相同的。对于平动有几点需要弄清楚：第一，不要误认为平动必须是水平的运动，车厢直线爬坡，小朋友从直线滑梯上滑下，也都是平动，如图 1-1 (b) 所示。第二，不要误认为平动必须是直线运动，在图 1-1 (c) 中，方格的运动轨迹虽是曲线，但在方格中任意画一条直线，运动过程中该直线的方向始终不变，因此方格的运动仍属于平动。车厢在水平面上转弯就不是平动，因为在转弯时，车厢内侧和外侧的速度不同，沿车箱纵向或横向作一直线，运动过程中方向改变，不具备平动的特征。

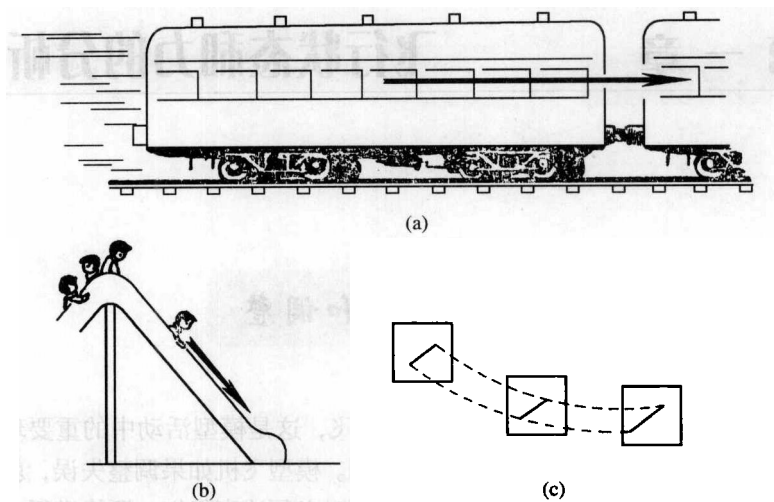


图 1-1 平动

什么是转动？电动机轴的旋转、机器上的飞轮、门窗被推开或拉合上的运动等都属于转动，如图 1-2 所示。物体进行转动时，它的整体不发生位移，物体上各点绕固定轴旋转一周后又回到原来位置，各点运动的方向和速度（线速度）一般都不相同。



图 1-2 转动

物体有没有作平动运动的同时又作转动的情况呢？有的，飞盘就是一边前进（平动）一边又快速旋转的；投掷出的手榴弹；乒乓球运动员拉出的弧旋球；地球的公转和自转等都是平动、转动同时存在的例子，如图 1-3 所示。这些运动叫做复合运动，一切复杂的运动都可以看作是平动和转动结合而成的。也就是说，一切复杂的运动都可以分解为平动和转动两种简单的运动。这样一分解，对复杂运动的分析就大大简化了。对模型飞机复杂的飞行状态进行分析，正是借助于这种分解运动的方法。



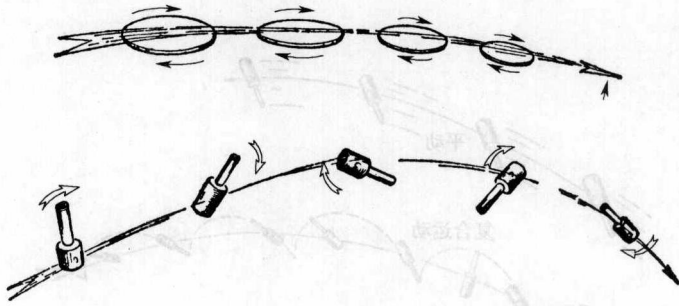


图 1-3 平动加转动

### 三、重心和三轴

研究物体的转动必然要涉及转动的中心（轴）问题。电风扇叶片、洗衣机波轮以及录音磁带或录像磁带的卷带轮等部件，都是绕着固定的轴转动。物体在空中运行时处于自由状态，没有固定的旋转轴，没有支点，那么旋转中心是怎样确定的呢？物体在空中的转动以自己的重心为旋转中心。图 1-3 中飞盘以自己的圆心为旋转中心；乒乓球以球心为旋转中心；手榴弹的旋转中心不在中间，而是在弹头一侧，这些物体的旋转中心都是它们重心的位置。所以，物体在空中自由状态下的转动也叫绕重心运动。前面提到，物体在作单纯平动时，物体内各点运动的轨迹互相平行，方向相同，速度相等。因此，物体上任一点的运动都可以代表整体的运动。平动加上转动之后，物体上各点运动的轨迹、方向和速度都不一定相同，如图 1-4 所示，只有重心的运动不因转动而发生变化（因为重心是旋转中心不参与转动，严格说应为物体的质量中心，由于我们讨论的物体不是很大，物体上各点所受重力可以看作是平行的，质心与重心重合），仍可以作为平动。所以，物体在空中的平动以自己的重心运动为代表，也叫做重心运动。

模型飞机飞行时转动的中心也是它的重心。为了对模型飞机的转动进行详细分析，把它绕重心的转动分解为绕三根假想轴的转动，如图 1-5 所示。这三根轴互相垂直，并且相交于重心。贯穿模型前后的叫做纵轴，绕纵轴的转动就是模型的滚转；贯穿模型上下的叫做竖轴，绕竖轴的转动就是模型方向的偏航；贯穿模型左右的叫做横轴，绕横轴的转动就是模型的俯仰。模型飞机可以只绕其中一根轴转动，也可以同时绕两根或三根轴转动。整架模型飞机的运动则以模型飞机重心的运动为代表。