

控模型飞机系列

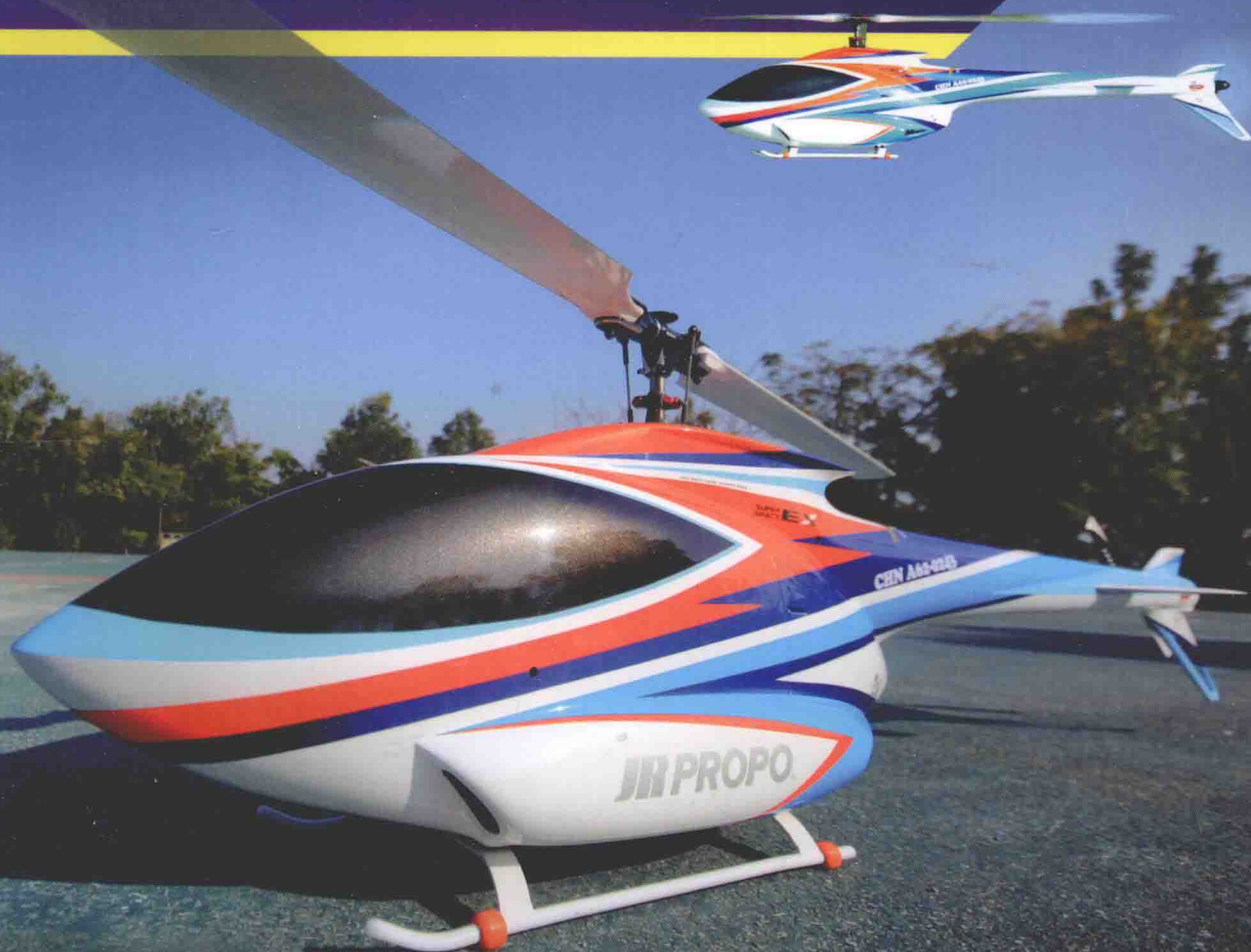
中航传媒
CHINA AVIATION MEDIA



遥控模型直升机入门

YAKONG MOXING
ZHISHENGJI RUMEN

戴琛/编著



航空工业出版社

遥控模型飞机系列

遥控模型直升机入门

戴 琛 编著

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书作为《遥控模型飞机系列》之一,对遥控模型直升机的操控、维护和保养进行了细致的介绍。本书图文并茂,作者精选了数百幅图片,力求将直升机类模型的各个细节、操作流程形象地展示,方便模型直升机爱好者了解相关知识。此书作为入门的遥控模型实操读物,适合刚接触模型直升机的读者,也可供其他类型的航模爱好者借鉴参考。

图书在版编目(CIP)数据

遥控模型直升机入门 / 戴琛编著. — 北京: 航空工业出版社, 2016.7

(遥控模型飞机系列)

ISBN 978-7-5165-1036-0

I. ①遥… II. ①戴… III. ①模型式直升机—基本知识 IV. ①V278

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 152304 号

遥控模型直升机入门 Yaokong Moxing Zhishengji Rumen

航空工业出版社出版发行
(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

中国电影出版社印刷厂印刷

2016 年 7 月第 1 版

开本: 787×1092 1/16

印数: 1—5000

印张: 9.25

全国各地新华书店经售

2016 年 7 月第 1 次印刷

字数: 216 千字

定价: 36.00 元

我 1982 年出生于甘肃省兰州市，祖籍安徽芜湖。自幼受父亲影响喜欢上了航空模型，4 岁开始在父亲的指导下完成各类静态模型的组装以及独立完成手工制作（如图 1 所示为小时候制作的静态模型）。10 岁那年，独立完成了初级橡筋动力模型飞机套材的组装，那也是我玩模型飞机生涯中第一架能飞的航空模型。当我看着自己制作的模型飞机飞上蓝天的那一刹那，就深深地喜欢上了这项运动，一发不可收拾。从此就开始阅读各类能和模型沾边的书籍、杂志，并开始了解模型飞机的类型划分、专业名称术语、制作方法等一系列的专业知识。

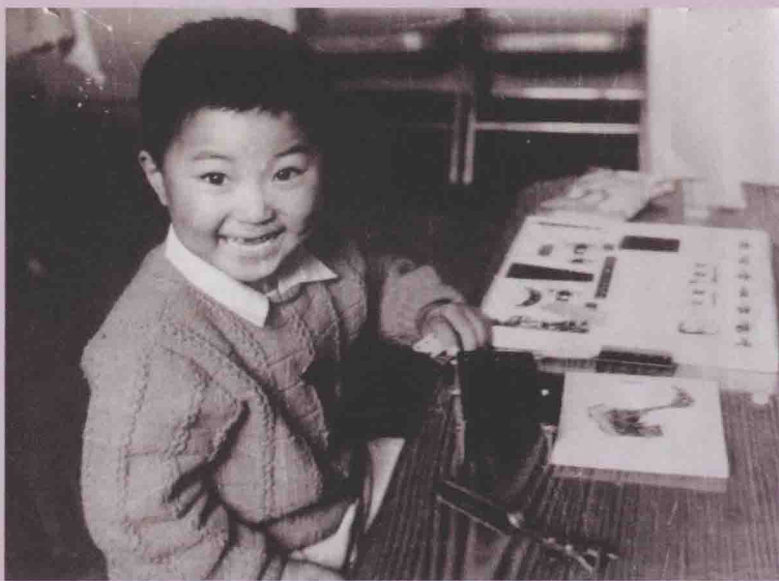


图 1 小时候制作的静态模型

由于当时兰州很少有航空模型的比赛，为了实现自己参赛的梦想，我在 1994 年参加了在兰州举办的“爱我中华”全国青少年北洋水师舰模大赛。当时我制作的模型在外观和航行两个赛段都取得了满分成绩，最终获得当年的最高奖项“特等奖”，夺得了甘肃省赛区的冠军。之后几年的课余时间我几乎是奔走在模型商店、少年宫以及模型俱乐部之间，和高手们交流、学习模型知识以及操作技能。当时的遥控模型对于一个工薪阶层的家庭来说几近“奢侈品”的范畴，所以只能看着别人飞，连摸的机会都很少。条件的限制并没有阻碍我

对航空模型的热爱，1997年我按照《航空模型》杂志提供的图样独立完成制作P2B-2二级线操纵模型飞机，并在父母的资助下购买了第一台国产CS 2.5 cm³电热式发动机，1999年独立完成P3A-2二级无线电遥控特技模型飞机的设计与制作，并在专业航模运动员也是我当时的指导老师——代勇的帮助下完成该模型试飞及调整工作。随后我在当年国内唯一的专业期刊杂志上发表文章《浅谈初学者制作P3A-2及飞行训练》。由于高中的课业繁重，因此没有太多的时间来更加深入地学习相关知识、制作模型，我只能在极有限的时间内来看看杂志过过瘾，我当时的梦想就是能够考入北京航空航天大学学习，但是因为诸多原因最终没能如愿，阴差阳错地进入了沈阳航空航天大学电子工程系（简称沈航）。

进入大学后我即刻加入学校航模协会（如图2所示为我们当时航模协会部分成员），向老师、师兄们系统地学习与航空模型有关的知识，自己动手设计、制作了大量的固定翼模型飞机（如图3所示为协会会员自己设计制作的初级练习机）。2002年，在父母的资助下我购买了第一台模型直升机套材——HIROBO SHUTTLE ZTS 30级油动遥控直升机，成为沈航历史上第一个飞遥控直升机模型的学生（如图4所示为我的第一架直升机）。由于身边没有飞过遥控直升机的人，在组装、调试以及试飞过程中遇到了很多困难，最终全凭自己的摸索一一解决。随后带着训练架（初学模型直升机飞行，保证飞行安全的一种辅助器材）开始了长达半年的基本功训练（如图5所示为安装有训练架的模型



图2 当时航模协会部分成员



图3 会员自己设计制作的初级练习机

直升机），而陪伴我度过枯燥训练的仅是一台五通道固定翼遥控设备和一个没有锁尾功能的陀螺仪。在此期间我不断地给《航空模型》杂志投稿赚取稿费，平时也从生活费里省出一些钱积攒起来用于升级器材。2003年再次在父母的资助下购买了JR X378七通道直升机遥控器、FUTABA GY-401锁尾双感度陀螺仪以及HIROBO SHUTTLE SCEADU 50级油动直升机，从此我的飞行生涯迈上了一个新的台阶。那个年代飞遥控直升机的爱好者比较少，再加上消息比较闭塞，很少能有和高手交流学习的机会，所以飞行水平几乎是停滞不前。



图4 我的第一架直升机



图5 安装有训练架的模型直升机

2005年大学毕业，我放弃了留在北京的机会、放弃了国企稳定的工作，一人南下来到了珠海，进入了亚洲最大的遥控模型生产厂——珠海星宇模型实业有限公司（现已更名为珠海星宇航空技术有限公司）电子研发部工作，在这里继续对模型以及周边电子产品生产工艺的学习与深造。工作后有了自己的收入，就开始将自己的这个爱好疯狂地进行到底。而这些年也是器材升级、技术提高最快的时间。2014年，告别赛场20年后，我第一次走上全国航空航天模型锦标赛F3C-P项目的赛场，取得了个人第五、团体冠军的成绩。这也是我第一次和国内高手、国家队教练等人进行面对面的交流，学习到了很多飞行技术和经验，也了解了以前自己单打独斗时的训练误区。2015年再次走上全国锦标赛的赛场并参加了F3C国际级遥控直升机特技飞行项目的比赛，取得个人第六、团体冠军的成绩，并在赛场参加了国家首次“遥控模型飞行员飞行执照”考试，取得了直升机二级（高级）飞行执照（如图6所示

为获奖证书及遥控模型飞行执照),成为国家首批具备商飞资格的持证飞行员。同年9月参加国家体育总局航管中心举办的“全国遥控模型飞行员飞行执照考核委任代表”培训班,顺利通过考核并取得了遥控模型飞行员飞行执照考核中级委任代表。



图6 获奖证书及遥控模型飞行执照

国内关于航空模型的专业期刊、书籍并不是很多,国外的期刊杂志因缺少专业翻译,再加上诸多航模爱好者的外语水平一般,对专有名词很难理解到位,导致很多爱好者很难找到自己想要的那本书。本书综合以往刊出的文章,充分考虑读者的意见和需求,并弥补以往书籍的一些不足,经过筛选和截取把初学者真正需要的内容保留下来,并以图文并茂的形式展现给广大读者。书中部分内容可能会显得有些过时,但是我认为这些知识也是初学者有必要了解及掌握的,因此也将其做简要陈述和介绍。为了让广大读者能够直观地接触到当

下流行的模型器材，很多朋友及模型厂商对本书的编写都给予了很大的支持，在此特别感谢日本 JR PROPO 青岛分公司、青岛畅翔航空科技有限公司、深圳市好盈科技有限公司、深圳市蓝东明科技有限公司以及广州佰事达模型、上海皓翌模型为本书插图拍摄提供的器材。

由于个人能力有限，看待问题的观点也会有所不同，书中难免存在不足，欢迎读者朋友批评指正（可发邮件至 aerohobby_82@sohu.com），在此也希望通过大家的努力，能让本书成为遥控模型直升机初学者入门的一本教材。同时希望本书的出版能为推动航空模型运动发展贡献一份力量，这也是本人的愿望与职责所在。



目

录

CONTENTS

第一章

奇妙的飞行器——直升机

一、直升机飞行的特点	1
二、直升机旋翼的工作原理	1
三、直升机旋翼的操纵	2
四、直升机的气动结构及布局	4

第二章

遥控模型直升机

一、遥控模型直升机分类和级别	5
二、遥控模型直升机常用术语	7
三、如何选择、购买商品模型直升机	12
四、商品遥控模型直升机的组装	15

第三章

模型直升机动力系统

一、模型直升机动力系统的组成及分类	27
二、电动模型直升机动力系统	28
三、油动模型直升机动力系统	32
四、模型直升机旋翼的选择	34

第四章 模型直升机用电子设备

一、模型直升机用电子设备的组成	37
二、如何选择购买遥控设备	37
三、如何选择舵机	38
四、如何选择陀螺仪	39
五、遥控设备使用常识	40
六、具有高级嵌入式操作系统的遥控设备	42

第五章 遥控模型直升机周边设备及工具

一、组装需要的工具	43
二、润滑脂及胶水	44
三、测量工具	45
四、起动工具	45

第六章 遥控模型直升机的操纵与飞行

一、遥控模型直升机控制原理	47
二、遥控模型直升机基本飞行项目	47
三、飞行场地的选择	48
四、起飞前的安全检查与注意事项	49
五、遥控模型直升机调整及飞行参数设定	51
六、遥控模型直升机飞行前的准备	86
七、首次飞行的注意事项	87

八、遥控模型直升机基本功训练	87
九、遥控模型直升机基本特技动作飞行	92

第七章

F3C 器材选择、参数设置与训练方法

一、直升机的选择	95
二、F3C 日常训练	115

第八章

国际航联 FAI 直升机项目 F3C 动作图

一、FAI F3C 2016 P 组动作详解 (见图 8-1)	121
二、FAI F3C 2016 F 组动作图 (见图 8-2)	123
三、FAI F3C 2014—2015 P 组动作图 (见图 8-3)	126
四、FAI F3C 2014—2015 F 组动作图 (见图 8-4)	128
五、FAI F3N 2016 规定动作图 (见图 8-5、图 8-6、图 8-7、图 8-8)	130
六、FAI F3N 2016 自选动作图 (见图 8-9、图 8-10)	134



直升机主要由机体和升力（含主旋翼和尾旋翼）、动力、传动三大系统以及机载飞行设备等组成。旋翼一般由涡轮轴发动机或活塞式发动机通过由传动轴及减速器等组成的机械传动系统来驱动，也可由桨尖喷气产生的反作用力来驱动。如图 1-1 所示为我国自主研发的武直 10 武装直升机。



图 1-1 中国武直 10 武装直升机

与固定翼飞机相比，直升机在外形上与飞行原理上都有所不同。一般来讲它没有固定的机翼和尾翼，主要靠旋翼旋转来产生气动力。这里所说的气动力既包括使机体悬停和上升的升力，也包括使机体向前后左右各个方向运动的驱动力。直升机旋翼的桨叶截面和固定翼机翼类似，桨叶平面呈细长形状，相当于一个大展弦比的梯形或异形的机翼，当它以一定迎角、速度与空气产生相对运动时，就产生了气动力。如图 1-2 所示为直升机顶端巨大的旋翼。

一、直升机飞行的特点

- (1) 垂直起降，对起降场地要求较低。
- (2) 能够在空中悬停。即使直升机的发



图 1-2 直升机顶端巨大的旋翼

动机空中停车时，驾驶员仍可通过操纵旋翼桨距变化使其完成自旋着陆。

(3) 可以沿任意方向飞行，但飞行速度较低，航程相对也比较短。

二、直升机旋翼的工作原理

直升机旋翼绕主轴旋转时，每个叶片发挥的作用等同于固定翼飞机的机翼。旋翼的截面形状（见图 1-3）也和固定翼飞机机翼的翼型相同。

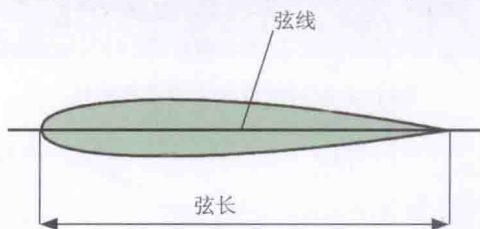


图 1-3 直升机旋翼的截面形状

翼型弦线与垂直于桨毂的旋转轴平面（又称旋翼旋转平面）之间的夹角称为桨叶的安装角，即旋翼的迎角，也就是我们常说的桨距。各片桨叶桨距的平均值称为旋翼的总距。飞行员通过直升机的操纵系统可以改变

旋翼的总距和各片桨叶的桨距，从而操控直升机执行各种飞行动作。根据不同类型的直升机以及不同条件的飞行要求，总距的变化范围为 $2^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 。

气流与翼弦之间的夹角即为该截面的迎角。显然，沿半径方向每段叶片上产生的空气动力在主轴方向上的分力将提供悬停时需要的升力。

旋翼旋转时会产生一个反扭力矩，使直升机机身向旋翼旋转的反方向旋转，为了克服飞行时产生的反扭力矩，直升机的设计衍生出多种不同的结构形式，如单旋翼（如图 1-4 所示为中国武直 9 单旋翼直升机）、共轴双旋翼（如图 1-5 所示为俄罗斯卡 -50 共轴双旋翼直升机）、横列双旋翼（如图 1-6 所示为卡 -22 横列双旋翼直升机）、纵列双旋翼（如图 1-7 所示为 H47 纵列双旋翼直升机）、多旋翼（如图 1-8 所示为世界第一架电动多旋翼直升机）等。



图 1-4 中国武直 9 单旋翼直升机



图 1-5 俄罗斯卡 -50 共轴双旋翼直升机



图 1-6 卡 -22 横列双旋翼直升机



图 1-7 CH-47 纵列双旋翼直升机



图 1-8 世界第一架电动多旋翼直升机

对于最常见的单旋翼式，需要靠尾桨（又称尾旋翼）旋转产生的拉力来平衡主旋翼的反作用力矩来保持机头的方向。操纵改变尾桨的桨距，使尾桨拉力变大或变小，从而改变平衡力矩的大小，实现直升机机头转向（转弯）操纵。

三、直升机旋翼的操纵

直升机的飞行控制与固定翼飞机的飞行

控制不同，直升机的飞行控制是通过直升机旋翼的旋转平面倾斜产生各个方向的分力实现的。直升机的控制可分为升降控制、偏航控制、横侧控制和俯仰控制等，而控制方式都是通过旋翼来实现的。具体来说，就是通过倾斜盘带动旋翼平面朝相应的方向倾斜，升力在该方向上产生水平分力，从而达到控制飞行方向的目的。

直升机旋翼旋转产生升力，随着旋翼转速的增加，升力逐渐增大。当升力超过重力时，直升机即垂直上升；当升力与重力平衡，则悬停于空中（见图 1-9）；当升力小于重力，则垂直下降。



图 1-9 直升机悬停

旋翼桨叶在旋转时所产生的拉力以及克服阻力产生的阻力矩大小，不仅取决于旋翼的转速，而且取决于桨叶的桨距。从原理上讲，调整转速和桨距都可以调整拉力的大小。但是旋翼转速取决于发动机（涡轮轴发动机或活塞式发动机）的输出转速，而发动机在某个转速区域内，工作效率会有一个最高点。因此，直升机一般都采用发动机定转速输出，旋翼拉力的改变主要靠调整桨距来实现。桨距变化的同时会引起阻力的变化，所以，在调整桨距的同时还要调整发动机油门输出进行相应补偿，从而保证发动机的转

速输出。

直升机的平飞依靠旋翼平面倾斜，升力所产生的水平分力来实现。例如前飞时，需升降舵操纵杆向前推，使倾斜盘向前倾斜带动旋翼各桨叶的桨距做周期性变化，从而改变旋翼的拉力方向，使旋翼平面前倾，产生向前的拉力，拉动直升机前进（见图 1-10）。其他水平方向的运动也类似。



图 1-10 直升机前飞

直升机的方向是靠尾桨控制的。想要使直升机改变方向，须改变尾桨的桨距，使尾桨拉力变大或变小，从而改变平衡力矩的大小，实现机头转向的操纵（见图 1-11）。

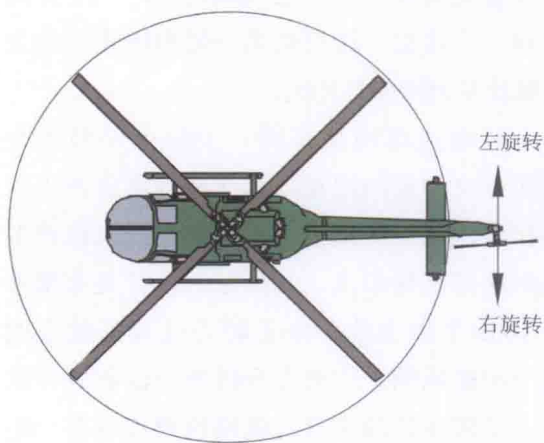


图 1-11 直升机转向

四、直升机的气动结构及布局

前文提到直升机旋翼旋转产生了升力的同时，空气对旋翼的反作用也形成了一个与旋翼旋转方向相反的作用力矩，使直升机的机体反向旋转，这就是所谓的直升机反扭力矩及力矩平衡问题。

较早致力于力矩和力矩平衡问题研究的是德国人贝纳恩 (B. R. Beenal) 和阿赫班奇 (Achenbach)。他们两人分别于 1897 年和 1874 年提出安装一个尾桨来平衡直升机旋翼产生的反向力矩的方案。通过安装尾桨产生的平衡力矩抵消主旋翼的反扭力矩，保证直升机的机头平衡。这实际上就是后期发展成熟的单桨式直升机气动结构的萌芽。此后，许多直升机设计者都持续研究并试图用其他方法解决反扭力矩的问题。比如，运用两个或更多的旋翼来克服反扭力矩，其原理是使这些旋翼以相反的方向旋转，这样各自的反扭力矩彼此抵消以保证直升机的力矩平衡。

单桨式后来成为实用直升机的主要形式。这种形式最早出现于 1874 年，由设计师阿赫班奇设计。这架蒸汽机驱动的直升机包含一个升力旋翼和一个推进式螺旋桨，一个方向舵和一个尾桨。这也是第一架用尾桨平衡主旋翼反扭力矩的直升机。

共轴式结构是在同一个轴上安装两个旋转方向相反的旋翼，这样两旋翼所产生的反扭力矩就彼此抵消了。早期直升机也曾多采用这种结构形式，其最早的设计是布莱特于 1859 年做出的。由于动力以及其他方面的一些原因，这架直升机最终没能进行试飞。早期在共轴式直升机结构设计取得一定成功的设计师是美国人埃米尔·贝林纳 (E.

Beliner)。1909 年他设计的直升机安装了两台独立发动机通过复杂的传动机构与旋翼相连，通过倾斜整个旋翼及部分机身来达到方向的控制，这架直升机成功地进行了三次飞行。

纵列式结构是通过沿机体前后排列的两个旋向相反的旋翼，来抵消旋翼彼此之间产生的反扭力矩。1907 年，法国人泡特·科努 (P. Comu) 设计并制造出一架外形结构与纵列式结构非常相似的直升机，并成功地进行了试飞，但这种结构设计在早期发展的直升机中没有得到大范围采用，主要原因是机身长，重心变化范围大，稳定性差。

横列式结构是通过沿机体横向左右排列的两个旋转方向相反的旋翼来克服直升机的反扭力矩。这种结构的直升机最早出现在 1908 年至 1909 年间，是由美国人贝林纳设计并制造。它将两个旋翼并排安装在机翼两端，通过倾斜整个旋翼及部分机身实现飞行控制。同样，这种结构形式后来也因为一些原因而较少采用。

一般采用三个及以上螺旋桨或旋翼的直升机称为多旋翼直升机。早在 1845 年，法国设计师孔萨斯设计的多旋翼直升机就是这种飞行器代表。但是由于飞行控制系统的复杂性、可靠性以及效率问题，这种气动布局的直升机没有得到广泛应用。时至今日，随着科学技术的发展以及飞行控制系统的不断完善，多旋翼结构已经广泛应用于无人驾驶飞行器，而多旋翼载人直升机也逐步出现。

第二章 遥控模型直升机

遥控模型直升机种类繁多，但并不是所有的种类都适合初学者练习飞行。模型直升机和固定翼飞机有所不同，从基础的训练型到竞技型，结构设计和气动布局的差异并不是很大，主要差别体现在材料、加工精度、电子设备配置以及后期的安装、参数调整。选择一款合适的模型直升机以及正确的安装调整，不仅可以帮助初学者快速入门，还可以为今后的飞行奠定良好的技术基础。入门级遥控模型直升机（见图 2-1）具有稳定性好、操纵柔和、抗风性适中等特点。



图 2-1 入门级遥控模型直升机

一、遥控模型直升机分类和级别

遥控模型直升机按照其动力系统的类别可以分为电动直升机和油动直升机两大类，其中电动直升机以直流电动机为动力来源，而油动直升机则以模型专用甲醇发动机（见图 2-2）、汽油机（见图 2-3）或涡轮轴发动机（见图 2-4）为动力来源。



图 2-2 甲醇动力遥控模型直升机



图 2-3 汽油动力遥控模型直升机



图 2-4 涡轮轴动力遥控模型直升机

遥控模型直升机根据外观尺寸、重量^①和

^①本书“重量”是质量 (mass) 概念，单位为千克 (kg)。

动力系统的大小可分为若干级别。其中以燃油发动机为动力的模型直升机以发动机汽缸容积大小来划分级别，表 2-1 中为油动直升机的分级情况。如图 2-5 所示为 90 级油动遥控模型直升机。

表 2-1 油动直升机分级

油动直升机级别	使用发动机级别
30 级模型直升机	30 ~ 37 级甲醇发动机
50 级模型直升机	50 ~ 56 级甲醇发动机
60 级模型直升机	60 ~ 61 级甲醇发动机
90 级模型直升机	90 ~ 120 级甲醇发动机
260 级模型直升机	26 cm ³ 汽油发动机

而以电动机为动力的模型直升机则以电动机大小以及旋翼的长度来划分级别，如表 2-2 所示。如图 2-6 所示，为 700 级电动遥控模型直升机。

表 2-2 电动直升机分级

电动直升机级别 / 级	使用旋翼长度 /mm
450 级电动模型直升机	325 ~ 360
500 级电动模型直升机	425 ~ 460
550 级电动模型直升机	520 ~ 550
600 级电动模型直升机	600 ~ 650
700 级电动模型直升机	690 ~ 730
800 级电动模型直升机	740 ~ 810



图 2-5 90 级油动遥控模型直升机