

遥控模型飞机系列



# 遥控喷气模型飞机

YAKONG PENQI  
MOXING FEIJI RUMEN

## 入门

王骁雄/编著



航空工业出版社

遥控模型飞机系列

# 遥控喷气模型飞机入门

王骁雄 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,详细介绍了遥控喷气式模型飞机及像真喷气式模型飞机的基本构造、制作工艺、材料、发动机工作原理等。同时结合实际的一些事例,针对喷气式模型飞机的选购、组装、调试、试飞,到后续模型飞机的日常维护,注意事项以及喷气式发动机的保养和维修等进行了生动细致的讲解。本书以图文并茂的形式,简洁易懂的语言为喷气式模型飞机的入门爱好者提供实用的入门教材。

本书适合对模型飞机已有一定了解,并想尝试喷气式模型飞机的爱好者参阅。

## 图书在版编目(C I P)数据

遥控喷气模型飞机入门/王骁雄编著.--北京:  
航空工业出版社,2017.4  
(遥控模型飞机系列)  
ISBN 978-7-5165-1180-0

I. ①遥… II. ①王… III. ①遥控飞行—模型飞机(  
航空模型运动) IV. ①G875.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第042922号

## 遥控喷气模型飞机入门 Yaokong Penqi Moxing Feiji 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

全国各地新华书店经售

2017年4月第1版

2017年4月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:7.5

字数:175千字

印数:1—5000

定价:36.00元

## 作者自述

我第一次看到航空模型还是在中学时玩四驱车的时候，在参加一次由中国科技馆举办的四驱车比赛时偶然看到了航模飞机，包括线操纵模型飞机、遥控固定翼模型飞机，还有当时很稀少的燃油遥控直升机。第一次见到这些模型时真是大开眼界，无比羡慕，幻想自己也能拥有。那次比赛之后我满脑子想的都是航空模型，课余时间和假期都在搜集关于航空模型的资料和知识，自己也购买了一些入门价格比较便宜的套材开始制作。因为是零基础制作出来的飞机，又没有安装和调试的经验，所以模型飞机有各种各样的问题，最终都是以失败或者坠毁告终。毕业后有了自己的空间，开始弥补这些不足，也找到了相关的几家模型店，只要有时间就一定会去看，更重要的是在这里可以向遇到的前辈请教自己的问题，慢慢地通过自己长时间积累的知识和实际飞行的经验，对螺旋桨固定翼模型飞机和遥控直升机模型有了一定的基础。

大学期间自己学的是计算机专业，但由于对航模的痴迷，毕业后便找了与航模有关的工作，工作期间接触到了在航空模型领域中的顶尖级类别——喷气式模型飞机。刚看到这类模型飞机时完全傻了眼，因为之前从未了解过，只在杂志上看过极少的相关介绍，也都是国外参考案例。因技术相差甚远，价格又非常昂贵，所以国内的爱好者极少，是让绝大多数爱好者望尘莫及的航模。但是越难也越激发了我的兴趣，利用一切可以学习的机会去恶补这类模型飞机的知识，也利用工作条件得以实际装配，调试并试飞喷气式模型飞机，通过一段时间的积累经验，了解到这类飞机因自身质量偏大，所以完全靠发动机推力实现飞行，相比螺旋桨飞机其效率不明显。并且由于内部电子设备安装复杂，装配过多的舵机所带来的线路繁多，不容易调试等原因造成事故率相当高。如起落架无法正常收放，线路太多不能稳定地保持供电，发动机推力突然下降导致模型飞机推力不足而失速等事故，这些都是我在刚开始接触时常发生也亲身经历过的，代价很大，损失惨重。

随着近些年喷气式发动机价格的降低，以及锂聚合物电池技术的革新、大功率无刷电机的普及和电动导风扇的应用，大多数爱好者也开始接受并选择喷气式模型飞机，但大部分爱好者也面临因装机和飞行经验不足而造成损失的问题。一个机会让我认识了吕涛老师，并给我这个机会编写一本面向喷气模型飞机爱好者的入门书

# 作者自述。

籍，把自己的亲身经历，多年积累的经验和教训以图文并茂的方式更直接更简单易懂地呈现给广大爱好者，让更多的爱好者可以通过这本书丰富自己的认知，少走弯路，更多地去享受喷气式模型飞机所带来的特有震撼。



图1 作者亲自组装调试的喷气式模型飞机

本文的介绍也耗费了大量精力，在此要特别感谢台湾喷气式模型飞机前辈 skymaster 公司林耀庭先生，台湾 KINGTECH 涡轮喷气发动机主理人王冠智先生，中山领航模型谭先生以及北京鑫翔科模型，北京宏晟宇飞模型的支持！

由于本书中主要以个人经验介绍，也存在不同角度看问题的结果不同，难免会有不足，欢迎爱好者共同探讨，批评指正，希望通过大家的共同努力让更多的爱好者得到帮助，从而推动国内航模运动的发展！



录

CONTENTS

## 第一章 喷气式模型飞机简介

- 一、简单了解喷气式模型飞机..... 1
- 二、喷气式模型飞机的分类..... 3
- 三、喷气式模型飞机的控制舵面..... 12
- 四、基本飞行原理..... 15

## 第二章 喷气式模型飞机

- 一、喷气式遥控飞机的级别..... 18
- 二、如何选择成品喷气模型飞机..... 19
- 三、组装一架喷气式遥控飞机..... 22

## 第三章 涡轮喷气式发动机

- 一、喷气式模型飞机发动机的种类..... 49
- 二、涡轮喷气发动机的结构组成与原理..... 55
- 三、如何选择与购买一台涡轮喷气式发动机..... 56
- 四、涡轮喷气式发动机的使用与调整..... 56
- 五、涡轮喷气式发动机的燃料..... 65
- 六、起动涡轮喷气式发动机的注意事项..... 66

## 第四章 喷气式模型飞机的遥控设备

- 一、如何选购一台适合的遥控器.....67
- 二、遥控器上各个通道的开关设置.....69
- 三、遥控设备使用注意事项.....71

## 第五章 喷气式模型飞机的试飞

- 一、飞行场地的选择.....73
- 二、喷气式模型飞机外场飞行所需器材.....73
- 三、喷气式模型飞机的飞行技术.....76
- 四、喷气式模型飞机的花式特技飞行.....82
- 五、喷气式模型飞机的比赛规则（电动泡沫的涵道飞机除外）.....84

## 第六章 喷气式模型飞机的保养与维护

- 一、模型飞机的日常存放与常规保养.....94
- 二、喷气式模型飞机坠机事故处理.....95

## 第七章 喷气式模型飞机鉴赏

- 一、单发像真模型飞机.....98
- 二、双发像真模型飞机.....102
- 三、喷气式滑翔机.....103
- 四、大型多发像真模型飞机.....104
- 五、自制像真喷气模型飞机实例.....105



# 第一章

## 喷气式模型飞机简介

### 一、简单了解喷气式模型飞机

航空模型是一种有尺寸和重量限制的雏型航空器。航空模型运动是以放飞、操纵自制的航空模型进行竞赛和创纪录飞行的一项航空运动。这项运动有助于培养人们对航空事业的兴趣，普及航空知识和技术，培养航空人才，发展智力，增进身体健康。航空模型运动不仅是一项单纯的竞技运动，而且包含着丰富的工程技术理论和制作内容。在世界航空技术的发展过程中，不少人都曾利用航空模型进行探索和试验。

我们国家的航空模型运动也有较久的历史，最早可以追溯到1920年，在美国的中国留学生桂铭新研究制造的航空模型，在美国航空协会举办的一次比赛中，以飞行高度400 m、留空时间68 s的成绩获得第1名。1949年以后，航空模型运动得到了迅速的发展，到1956年，开展活动的城市已发展到近百个。有29个省、市、自治区建立了地方航空模型俱乐部，负责指导本省、市、自治区的航模运动。

从1980年开始，装载涵道发动机的喷气式模型飞机风行了全世界各地20年，原本仿真喷气式遥控模型飞机是涵道发动机的天下，但自从1988年出现了第一架试飞成功的遥控喷气式模型飞机后，遥控模型飞机终于进入了涡轮喷气发动机的时代。直到1993年，法国JPX公司推出了一款涡轮喷气式发动机，

才使得喷气式模型飞机的玩家逐渐增多，但因为价格昂贵等原因一直无法普及。

近年来，由于生产涡轮喷气式发动机的厂商和配套模型飞机的生产厂家的增加与价格的相对下降，以及发动机的ECU控制系统更方便的配套使用，和简易的起动方式增加了爱好者对燃油喷气式发动机的向往。但因为比螺旋桨模型飞机入门的门槛高，给刚接触喷气式模型飞机的爱好者带来了不少问题。

#### （一）喷气式模型飞机属于玩具吗？ 到哪里购买

首先要说明的是喷气式模型飞机都要归属于航空模型领域，近几年由于无人机在民用和商用领域的广泛使用。玩具，航空模型和无人机一直是很难划分出明显的区别，三者的界限越来越模糊。

目前我们国家对于航模的定义为：航空模型要在视距内，视距距离不超过500 m。也就是说人站在这个地方看航空器，这个距离不超过500 m，相对高度不超过120 m。它是一种重于空气，有尺寸限制的，带有或不带有动力装置的，不能载人的航空器，并且在视距内飞行的就叫航空模型，航空模型根据尺寸大小也分高端和低端。玩具则是体型较小（见图1-1，图1-2），重量比较轻，材质大多是泡沫或者塑料等材料，动力一般都是电动机，遥控器可带也可不带的。而且这类

玩具飞机飞得并不是很高，控制的距离也相对较近，所以喷气式模型飞机不是玩具，根据其自身重量和尺寸的要求，算是比较高端专业级的航空模型了。

喷气式模型飞机结构比较复杂，选购和装配要询问有相关经验的店主，所以建议爱好者应该到遥控模型专营店选购。



图 1-1 玩具直升机



图 1-2 玩具直升机

## （二）操纵喷气式模型飞机飞行需要持有相关证件吗

近几年随着无人机产业的快速发展，也因此出现过一些干扰航班，伤人损物的事件，相关部门制定的法律法规逐渐完善，给无人机驾驶人员推出了无人机驾驶执照（见图 1-3），这个证件主要针对利用无人机从事商业或者民用飞行的操作人员。遥控模型驾照也在不同地区航管中心制定的规则下陆续

推出（见图 1-4），面向全国航模爱好者，爱好者可以咨询当地航管中心或者遥控模型专营店。爱好者没有取得模型驾照时也不是不能飞行，只要到放飞模型的专用场地就可以飞行航模。



图 1-3 无人机驾驶执照



图 1-4 航空模型飞行员执照

## （三）喷气式模型飞机都是什么材料制作的

喷气式模型飞机因为自身重量大，飞行速度快等原因，对模型飞机的强度要求很高，大多都是采用玻璃纤维材料制作，局部会由碳纤维加强。也有些厂家选用劳伦蜂窝材料生产喷气模型飞机，这样的材料相比木质结构不易变形，不易老化，不会开胶，防止因强度低，疲劳飞行等原因造成的空中解体等危险情况发生。

#### （四）没有任何模型飞机的飞行基础能否直接飞喷气式模型飞机呢

如果爱好者想飞喷气式模型飞机，则必须要有螺旋桨模型飞机的操纵经验才可以，零基础爱好者直接飞喷气机是非常危险的，喷气式模型飞机的速度要比普通螺旋桨模型飞机快，对于反应和控制要求更高，所以要具备一定基础才可以尝试飞喷气式模型飞机。

#### （五）喷气式模型飞机能飞多远？多高？多快

专业遥控模型飞机是有世界纪录的，最大直接飞行距离是455.23 km，最大留空时间是33 h 39 min 15 s，最大飞行高度是8208 m，最大飞行速度是343.92 km/h，还有的模型飞机飞越了大西洋，这些飞行纪录都是在技术限定的情况下实现的。一般的喷气式模型飞机爱好者操作自己的模型飞机时都会在视距范围内飞行，通常是在长度为800~1000 m、高度300 m以下这个范围内，飞行速度一般在90~180 km/h，留空时间在10 min以内。

#### （六）喷气式模型飞机比螺旋桨模型飞机操纵难度大吗

为什么飞喷气式模型飞机的爱好者少？我跟大部分爱好者的想法一样，首要原因是高昂的价格制约，其次就是怕摔，而且大部分爱好者认为喷气式模型飞机操作难度很大很容易坠毁。这么昂贵的飞机说摔就摔了对于爱好者来说是悲痛的，但根据我本身的接触和经历，认为这是误区。

大多数想飞喷气式模型飞机的爱好者都会具备一定的飞行基础后才会选择喷气式模

型飞机，喷气式模型飞机的种类也较多，选择一架适合自己入门的机型对于爱好者成功试飞的信心有至关重要的影响。只要选择好适合的机型，合适的场地条件，在有经验的店家或爱好者陪同下试飞就好。

#### （七）喷气式模型飞机容易损坏吗？喷气式发动机摔得坏吗？摔坏了还能维修吗

由于一些爱好者前期飞行过于紧张，自己装配存在问题或者飞熟练后进行一些高难度特技动作的挑战等原因，都会给模型飞机带来危险，坠机也同样会发生。喷气式模型飞机在起飞或者降落阶段造成的意外属于小的磕碰，一般都是可以修复的，如果是高空失控或者挑战特技动作时失误造成的坠机基本就是毁灭性的了，机体基本无法修复，严重的还会起火燃烧。

如果是很严重的坠机事故发动机也会摔坏，甚至是烧毁，运气好发动机损伤不大的话还可以返厂维修。但即使是发动机严重损坏了爱好者也不必过于担心，有些发动机厂家为了推动喷气式模型飞机的普及而推出了相关再次购买的优惠措施，降低爱好者的成本，让爱好者从悲痛中找回信心！

## 二、喷气式模型飞机的分类

喷气式模型飞机主要是以真飞机缩小比例制作的，基本都是以战斗机为主，不过近几年也随着厂家与研发人员的创新发展出更多类型的飞机，观赏与运动性都很不错。

### （一）涡喷运动机

这类飞机基本没有真机存在，气动外形

也没有像真机那么复杂，很容易上手，类似螺旋桨类模型飞机里的F3A。这类飞机因为好飞，也被大多数爱好者选为入门机型。

### 1. 6 kg级涡喷运动机

6 kg涡喷运动机这个级别一般翼展尺寸为1.5~1.7 m，机长尺寸一般在1.6~1.8 m，设计成这个尺寸是考虑了方便携带，即使是空间不是很大的私家车也可以方便携带至外场飞行（见图1-5）。



图1-5 6 kg级别涡喷运动机

### 2. 10 kg级涡喷运动机

10 kg的涡喷运动机就要大一些了，一般翼展尺寸在2~2.2 m，机长尺寸在1.9~2.3 m，这个尺寸的运动机虽然看着比6 kg级别的没大多少，但飞起来后稳定性和抗风性要好一些，动力的储备也富裕一些，具备一定经验的中级爱好者甚至可以飞出一些有难度的特技动作（见图1-6）。



图1-6 10 kg级别VIPER运动机

### 3. 17 kg级涡喷运动机

17 kg这个级别在运动机里暂时属于最大级别了，一般翼展长度2.8~3 m，飞机长2.4~2.6 m，这个级别的飞机因尺寸较大，基本都是发烧级玩家的最爱，国外发烧级玩家甚至还有装30 kgf推力的发动机来获得更大的推力，体验更高难度的特技动作（见图1-7）。



图1-7 17 kg级别Avanti xxl

运动机一般在外形上都呈流线型，脚架的位置也根据机型不同而设计不同。以飞行性能较好的Avanti xxl为例，脚架的位置可以代表大部分运动机的特性，主起落架固定在模型飞机的主机翼上（见图1-8~图1-10）。



图1-8 收起的起落架

① 1 kgf=9.8 N。

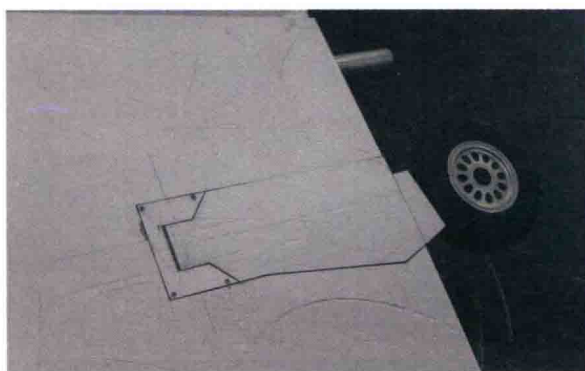


图 1-9 拆卸机翼后的起落架

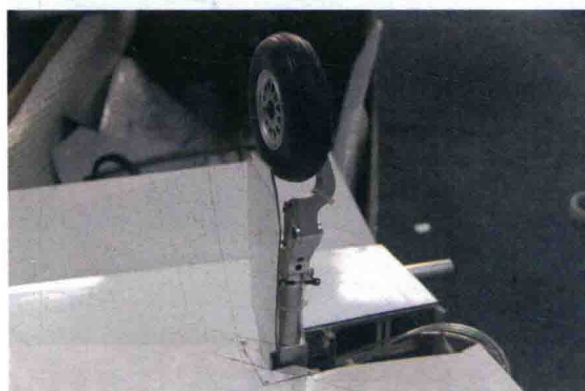


图 1-10 起落架展开的样子

这样节省了占用机身的空间，给内部安装发动机、电子设备，甚至更高级的拉烟系统等装置提供了更多空间。运动机之所以容易上手还取决于其出色的稳定性，这与厂家经验丰富的设计师密切相关，更大面积的垂直尾翼设计给飞机带来更好的安定性（见图 1-11）。



图 1-11 运动机的垂直尾翼

运动机特有的设计理念，出色的飞行性能在经验丰富的爱好者的精准操控下演绎空中芭蕾般的视觉享受（见图 1-12）！如 Avanti xxl 运动机的各种华丽的动作（见图 1-13 ~ 图 1-15）。



图 1-12 Avanti xxl 运动机



图 1-13 Avanti xxl 超低空飞行



图 1-14 Avanti xxl 超低空飞行



图 1-15 Avanti xxl超低空倒飞

## (二) 涡桨模型飞机

### 1. 涡桨像真机

涡桨飞机世界比较著名的，也被厂家生产出模型飞机的当属PC-21了，模型爱好者通常也喜欢叫它“巨嘴鸟”。

PC-21是皮拉图斯公司生产的一种单涡轮螺旋桨飞机，是单翼高级教练机。自1978年以来，公司相继生产了口碑甚好的PC-7和PC-9螺旋桨基础教练机，并且占有很高的市场份额。但这家公司毫不满足，继续发扬着“人无我有，人有我精”的企业文化精神，决定开发一种满足21世纪空军需要的新一代涡桨基础教练机，这便有了PC-21。PC-21基础教练机的研发工作从1998年12月开始启动，2002年7月第一架原型机样机完成了首飞（见图1-16~图1-18）。



图 1-16 PC-21 “巨嘴鸟”（一）



图 1-17 PC-21 “巨嘴鸟”（二）



图 1-18 PC-21 “巨嘴鸟”（三）

另一款比较著名的涡桨飞机算是皮拉图斯公司生产PC-6了（见图1-19~图1-21）。



图 1-19 PC-6涡桨像真机



图 1-20 PC-6模型飞机



图1-21 PC-6解析图

这款飞机也被模型厂家制作出成品模型出售，极好的稳定性和负重能力也被广大爱好者选择，爱好者也称之为“搬运工”。

PC-6无与伦比的短距离起降性能是其重要能力之一，它的机动灵活性使之能够完成其他机型所不能完成的任务。通过低压轮胎，双卡钳盘式制动器和具有高减振效果的起落架，使得PC-6在恶劣条件下也可以发挥其出众的能力。其还具有高适用生存能力，由于其上单翼和螺旋桨的离地距离大，PC-6比常规前三点（起落架）构型的飞机遭受恶劣跑道的损坏小很多。

PC-6可以在任何条件、任何气候、边远地区及高海拔地区正常起降，包括各种未经平整的、短距离的沙石草地跑道。PC-6的机舱容量超过 $3\text{ m}^3$ 、有效载荷总计超过 $1000\text{ kg}$ ，并因此享有盛誉。飞机两侧的大型滑动门使

得货物装卸更为方便。如果仍需额外空间，可以快速卸掉旅客席、放到机舱后的另一个座位存放处。标准舱口可以不需要任何设计变更，即可实现大范围监视平台的功用。

塞斯纳208涡桨飞机也是很有名的一款飞机（见图1-22、图1-23），可惜目前这款机型还没有被模型工厂生产出成品模型飞机，不过也有经验丰富、动手能力强的模型爱好者亲自动手将普通螺旋桨模型飞机改制成涡桨模型飞机的案例。



图1-22 塞斯纳208涡桨飞机

①  $1\text{ hp}=746\text{ W}$ 。



图 1-23 军用塞斯纳208涡桨飞机

## 2. 涡桨运动机

这款飞机是螺旋桨模型飞机的 F3A 机型（见图 1-24 ~ 图 1-27），现在模型厂家专门为 K45TP 涡桨发动机专门设计生产了这款涡桨 F3A 运动机，无论是在性能上，还是在声音、视觉上都是一种全新的体验！



图 1-26 正面姿态



图 1-27 改装完成的样子



图 1-24 KINGTECH K-45TP 涡桨发动机专用 F3A 机型



图 1-25 专为涡桨发动机设计的安装方式

## （三）军用像真机

这类飞机最常见，也是各大厂商开发最多的机型，外观细节完全按照真机缩小比例制作，完全可以以假乱真。以下为几款常见的像真模型飞机。

### 1. F-104

F-104“星”是美国洛克希德-马丁公司研制的超声速轻型战斗机。机长 16.65 m，翼展 6.68 m，机高 4.11 m，机上装有一台 J79-GE-11A 涡轮喷气发动机，最大推力 4540 kgf<sup>①</sup>（加力状态 7170 kgf），最大飞行速度为  $Ma=2.2$ 。1958 年开始装备部队、因航程短、载弹量小没能成为美国空军的主力战斗机。这款飞机最有特点的就是它的主机翼前缘非常薄，薄到什么程度呢？据说在地面停着的时候，机翼前缘需要加特殊的保护套，否则地勤人员不小心头碰到机翼前缘很

① 1 kgf=9.8 N。

有可能严重受伤！如图1-28~图1-30所示为F-104“星”、图1-31所示为F-104的三面图。



图1-28 F-104 (一)



图1-29 F-104 (二)



图1-30 F-104 (三)

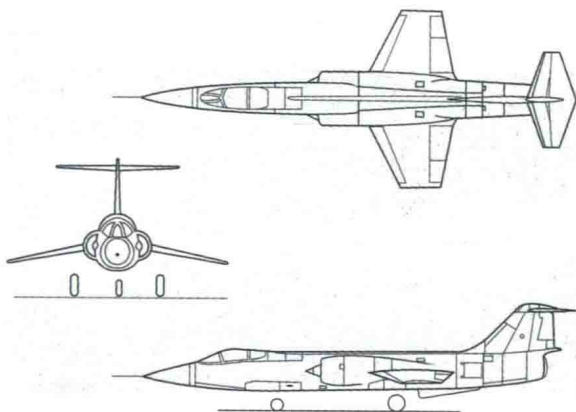


图1-31 F-104战斗机三面图

## 2. A-4“天鹰”攻击机

A-4“天鹰”攻击机（英语：A-4 Skyhawk）是道格拉斯公司所设计一种攻击机，原型机为A-4D，最初被设计用来作为美国海军航空母舰之舰载机。于1954年首次飞行，至今已过50载，在越南战争中扮演着关键的角色，亦参加过福克兰战争、赎罪日战争，目前在世界各地仅剩数百架A-4攻击机正在服役（见图1-32~图1-34）。



图1-32 A-4“天鹰”攻击机像真模型飞机（一）



图1-33 A-4“天鹰”攻击机像真模型飞机（二）



图1-34 迷彩配色的A-4“天鹰”攻击机

### 3. F-86

F-86 是美国原北美航空公司研制的美国第一种后掠翼喷气式战斗机（见图 1-35），翼展 11.90 m，机长 11.45 m，机高 4.50 m，最大速度 960 km/h（高度 10700 m），实用升限 15000 m。是美国的第一代喷气式战斗机的代表，是美国、北约集团及日本在 20 世纪 50 年代使用最多的战斗机，美国和其他一些国家共生产了 11400 架左右。1949 年 5 月开始装备部队，曾在朝鲜战场上与苏联的第一代喷气式战斗机米格-15 战斗机进行过较量，结果 F-86 稍逊一筹，败下阵来。



图 1-35 F-86 “佩刀”像真机

### 4. F-16 “战隼”

F-16 “战隼”是美国通用动力公司为美国空军研制的单发单座轻型战斗机，主要用于空战，也可用于近距空中支援，是美国空军的主力机种之一。F-16 喷气式模型飞机被绝大多数喷气爱好者所选择，高度像真的外形，不俗的飞行性能也征服了不少发烧级玩家，算是喷气模型飞机中服役较多的一款机型。（见图 1-36、图 1-37）。



图 1-36 F-16 像真机（一）



图 1-37 F-16 像真机（二）

## （四）多发动机像真机

这种模型飞机都配有两台或者两台以上的发动机，国外也有装配四台发动机甚至八台发动机的涡喷模型飞机，是相对发烧级别的飞机，也是涡喷发烧友梦寐以求的机型，其外观、声音、飞行姿态都很震撼。以下为几种常见的多发动机像真机。

### 1. 波音 747（见图 1-38）



图 1-38 波音 747 像真机