小学机器人学
系列教材

Aerial Robot

空中机器人

韩力群　张 力　何晨光　张欣欣　王 戈　编写

中国民主法制出版社
2016年·北京

图书在版编目（CIP）数据

空中机器人 / 韩力群等编写 . —北京：中国民主法制出版社，2016. 6

小学机器人学系列教材

ISBN 978-7-5162-1037-6

Ⅰ. ①空… Ⅱ. ①韩… Ⅲ. ①机器人 – 小学 – 教材 Ⅳ. ①G624. 581

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 249335 号

图书出品人：刘海涛
责 任 编 辑：邵 力

书 名 / 空中机器人
作 者 / 韩力群 张 力 何晨光 张欣欣 王 戈 编写

出 版 · 发 行 / 中国民主法制出版社
地 址 / 北京市丰台区玉林里 7 号（100069）
电 话 / 63055259（总编室） 63057714（发行部）
传 真 / 63055259
http：//www. npcpub. com
E-mail：mzfz@ npcpub. com
开 本 / 16 开 880 毫米 ×1230 毫米
印 张 / 6. 75 **字 数** / 123 千字
版 本 / 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷
印 刷 / 北京中科印刷有限公司

书 号 / ISBN 978-7-5162-1037-6
定 价 / 35. 00 元
出版声明 / 版权所有，侵权必究。

（如有缺页或倒装，本社负责退换）

序

为全面落实党的十八届三中全会关于“强化体育课和课外锻炼”的要求，扎实推进学校体育的改革创新，教育部体育卫生与艺术教育司依托相关高校成立了足球、篮球、排球、体操、游泳、田径和中华武术等七个项目联盟，以及体育教育、体育教学和机器人教育等三个综合性教学改革联盟。联盟的组织形式是以专业院校为龙头，组织专家进行教学研究，提出教学改革方案、制定教学指南，并团结带动若干所高中、初中和小学进行教学、训练和比赛的综合试点工作，取得经验后逐步在所有学校进行推广。

新世纪以来，全球进入空前的创新密集和产业振兴时代。世界各国纷纷将发展教育、开发人力资源作为重大国家战略，人才竞争空前激烈。机器人素质教育是体育与教育的有机结合，以全面提高学生的基本素质为根本目的，主张充分开发智慧潜能与个性的全面发展，重视心理素质、创新和创造能力的培养。全国学校体育机器人联盟（以下简称联盟）依据《中华人民共和国教育法》和《全国学校体育机器人联盟章程》的有关规定，对联盟成员单位进行管理和促进机器人教育教学的规范、广泛、深入开展，整合、优化全国机器人教育资源，创建各级各类学校机器人教育教学统筹联动的运行机制，形成推动普及机器人教育和人才培养的强大合力，实现基于机器人运动的素质教育资源共享、优势互补、互惠互利、相互促进、整体提升。遵循教育规律和机器人运动项目特点，围绕青少年体育教学、课外活动、成果展示及师资培养、培训等方面进行系统研究，并积极组织实施，大力提高学校体育工作科学化水平，旨在提高全民族素质。

由全国学校体育联盟机器人工作委员会教材编审部编写的小学、中学机器人学系列教材，重视人的思想道德素质、能力培养、个性发展、身体健康和心理健康教育，融合了素质教育的基本特点。小学、中学机器人学系列教材以全面提高人的基本素质为根本目的，尊重人的主体性和主动精神，以人的性格为基础，注重开发人的智慧潜能，注重形成以人的健全个性为根本特征的教育，把握了广大学生的兴趣爱好、动手动脑能力和理论联系实践、实践创造理论的能力。

小学、中学机器人学系列教材的出版发行，实现了《全国学校体育机器人联盟章程》

中规定的组织联盟成员单位对机器人教学、实践和竞赛进行顶层设计，开发课程资源，开展各类机器人竞赛活动，进行学习成果认证和学分互认，共建基于机器人运动的素质教育课程学分银行，为全国大中小学生提供丰富多彩的机器人学习资源和学习服务，建立良好的学习氛围。同时，实现了积极推进机器人运动专兼职教师队伍发展和业务培训，打造专业骨干队伍；建立各省市机器人教育专家资源库，为各地机器人运动教学与培训工作提供专业服务。

2014 年 6 月 9 日，习近平总书记在中国科学院第十七次院士大会、中国工程院第十二次院士大会上郑重提出：“机器人革命”有望成为第三次工业革命的一个切入点和重要增长点，将影响全球制造业格局，而且我国将成为全球最大的机器人市场。国际机器人联合会预测，“机器人革命”将创造数万亿美元的市场。由于大数据、云计算、移动互联网等新一代信息技术同机器人技术相互融合步伐加快，3D 打印、人工智能迅猛发展，制造机器人的软硬件技术日趋成熟，成本不断降低，性能不断提升，军用无人机、自动驾驶汽车、家政服务机器人已经成为现实，有的人工智能机器人已具有相当程度的自主思维和学习能力。国际上有舆论认为，机器人是制造业皇冠顶端的明珠，其研发、制造、应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。机器人主要制造商和国家纷纷加紧布局，抢占技术和市场制高点。看到这里，我就在想，我国将成为机器人的最大市场，但我们的技术和制造能力能不能应对这场竞争？我们不仅要把我国机器人水平提高上去，而且要尽可能多地占领市场。这样的新技术新领域还很多，我们要审时度势、全盘考虑、抓紧谋划、扎实推进。

习近平总书记的话语重心长，发人深思。审时度势需要人才，全盘考虑需要人才，抓紧谋划需要人才，扎实推进更需要人才。教育的目的是培养人才，只有培养德智体美全面发展的人才，打造大批一流的人才，才能加快实现发展方式的转变，提升发展的质量，为国家发展和民族振兴奠定坚实的人才基础。小学、中学机器人学系列教材的出版，以及由此在中小学开展的机器人实践活动，将是最最基础性的工作，值得鼓励和大力支持。

教育部体育卫生与艺术教育司司长　王登峰

2015 年 10 月

目 录

第一单元 空中机器人 …… 1
模块一 无人机——空中机器人的主力军 …… 1
（一）什么是无人机 …… 1
（二）空中杀手——军事领域的无人机 …… 2
（三）会飞的工具——民用领域的无人机 …… 2
（四）庞大的无人机家族 …… 3
（五）无人机的优缺点 …… 4
模块二 多旋翼无人机与固定翼无人机 …… 5
（一）“灵活能干”的多旋翼无人机 …… 5
（二）“高大上”的固定翼无人机 …… 5
模块三 无人机的控制方式与基本结构 …… 8
（一）无人机怎么“开” …… 8
（二）多旋翼无人机的基本结构 …… 9
想一想 …… 12
第二单元 体验无人机 …… 13
模块一 无人机飞行体验 …… 13
（一）了解基本飞行知识——飞机的起飞与着陆 …… 13
（二）在仿真平台上“开”飞机 …… 14

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

（三）四旋翼无人机基本操控训练 …… 15
模块二　无人机的自由度 …… 15
（一）什么是物体的自由度 …… 15
（二）飞机有几个自由度 …… 15
想一想 …… 19
练一练 …… 19
算一算 …… 19

第三单元　无人机的“神经与耳目”——通信与导航系统 …… 21
模块一　通信系统 …… 21
（一）古代的通信 …… 22
（二）早期的有线通信 …… 24
（三）现代的无线通信 …… 26
（四）无人机的通信系统 …… 33
模块二　导航技术与导航系统 …… 38
（一）什么是导航技术 …… 38
（二）导航技术的发展 …… 39
（三）常见的导航系统 …… 41
模块三　赫赫有名的全球四大卫星定位系统 …… 44
（一）美国 GPS 卫星定位系统 …… 45
（二）俄罗斯“格洛纳斯”卫星定位系统 …… 47
（三）欧盟“伽利略”卫星定位系统 …… 48
（四）中国“北斗”卫星定位系统 …… 49
想一想 …… 53
练一练 …… 53

第四单元 无人机的“大脑”——飞行控制与任务载荷控制 …… 57
模块一 无人机的飞行控制系统 …… 57
（一）初识无人机飞控系统 …… 57
（二）解剖无人机飞控系统 …… 58
（三）飞控系统的基本功能 …… 63
模块二 无人机的遥控 …… 64
（一）遥控的种类与设备 …… 64
（二）无人机遥控系统的基本功能 …… 67
模块三 无人机的任务载荷控制 …… 68
（一）航拍无人机的任务载荷 …… 68
（二）植保无人机的任务载荷 …… 68
（三）资源勘查无人机的任务载荷 …… 70
（四）通信中继无人机的任务载荷 …… 71
想一想 …… 71
练一练 …… 71

第五单元 无人机的“心脏”——动力系统 …… 73
模块一 形形色色的无人机动力系统 …… 73
（一）油动系统 …… 73
（二）电动系统 …… 74
（三）固态氧化物燃料电池 …… 74
（四）太阳能 …… 75
（五）混合动力系统 …… 76
模块二 多旋翼无人机动力系统的“三剑客” …… 77
（一）无刷直流电机 …… 77
（二）电子调速器 …… 79

（三）动力锂电池 …… 80
模块三　如何选择电子调速器、无刷直流电机和动力电池 …… 81
（一）电子调速器的参数和选择 …… 81
（二）无刷直流电机的参数和选择 …… 82
（三）动力电池的参数和选择 …… 83
（四）电池–电调–电机的搭配原则 …… 84
想一想 …… 85
算一算 …… 86

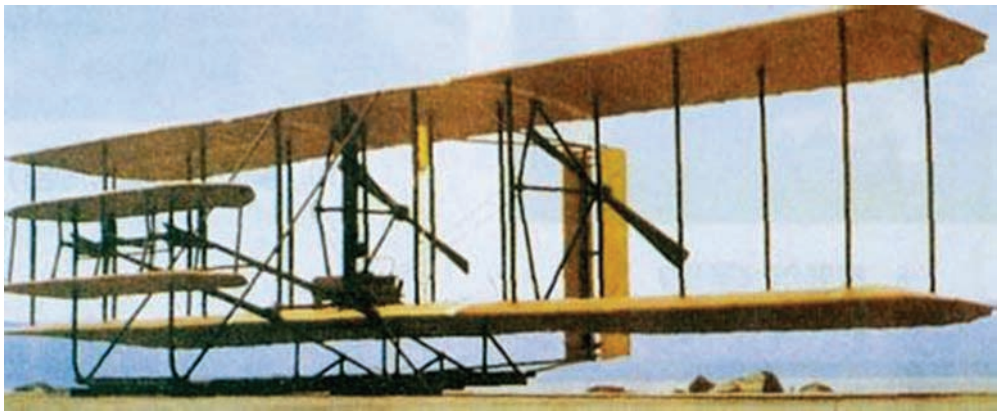
第六单元　无人机综合实践 …… 87
模块一　无人机航拍 …… 87
（一）多旋翼无人机航拍实践 …… 88
（二）参加无人机航拍竞赛 …… 89
想一想 …… 90
练一练 …… 91
模块二　飞机模拟座舱 …… 91
（一）了解飞机座舱 …… 91
（二）体验飞行过程 …… 93
（三）飞行中紧急情况处理任务 …… 93
想一想 …… 94

附录　小学数学常用公式 …… 95

第一单元　空中机器人

模块一　无人机——空中机器人的主力军

1903 年，美国的莱特兄弟制造出第一架载人飞行的飞机——“飞行者Ⅰ号”，为全世界的飞机发展做出了重大的贡献。



莱特兄弟制造的飞机

（一）什么是无人机

早在 1910 年，美国俄亥俄州的年轻军事工程师查尔斯·科特林就建议使用没有人驾驶的飞行器。他用钟表机械装置控制飞机，使其在预定地点抛掉机翼，并像炸弹一样落向敌人。他设计和试验了几个模型，其中比较著名的有“科特林空中鱼雷”和“科特林虫子”。

就这样，人类开启了空中机器人发明创造的新篇章。

20 世纪 20 年代，出现了一种训练用的靶机，它可以在无人驾驶的条件下完成复杂的空中飞行任务。人们将这种由无线电遥控设备操纵的、或者由自身控制装置操纵的无人驾驶飞行器，简称为“无人机”。我们常说的“空中机器人”主要就是指无人机。

（二）空中杀手——军事领域的无人机

无人机最早主要用于军事领域。

第二次世界大战期间，美国海军为了对德国潜艇基地进行打击，使用了由 B–17 轰炸机改装的遥控舰载机。美国的“火蜂”系列无人机是那个时代产量最大的无人机。在越南战争、海湾战争乃至北约空袭南斯拉夫的过程中，无人机都被频繁地用于执行军事任务。无人机的突出战绩，令各国军事高层对它刮目相看。

以色列“侦察兵”无人机

20 世纪 70 年代以后，以色列军事专家、科学家和设计师们对无人驾驶技术装备的发展做出了突出贡献，从而使以色列在世界无人机的研制和军事应用领域成为佼佼者。1982 年，在黎巴嫩战争时期，以色列的“侦察兵”无人机在陆军和空军的服役中担任侦察兵，进行情报搜集、跟踪和通信，立下不少功劳。

（三）会飞的工具——民用领域的无人机

近年来，无人机正逐步走进人们的日常工作和生活，在公共安全、城市管理、抢险救灾、农业、地质、气象、电力、航拍、测绘等行业都能看到无人机的身影。

俗话说，“站得高，看得远”。在航拍领域，无人机摄影有着独特的优势。我们熟悉的电视节目《爸爸去哪儿》、《舌尖上的中国》，都是采用无人机协助拍摄的。

近两年，国内外的快递业务都启动了无人机快递计划。2015 年夏天在上海举办的中国国际数码互动娱乐展览会上，有观众在展会现场用支付宝点比萨外卖，等来的“外卖小哥”就是一架无人机。

城市规划与管理

影视航拍

消防救援

农业植保

交通监管

电力巡线

（四）庞大的无人机家族

无人机家族体系庞大，分支众多。例如，无人直升机、无人飞艇、无人伞翼机、扑翼式微型无人机、固定翼无人机、多旋翼无人机等。而我们经常见到的是固定翼无人机和多旋翼无人机。

无人直升机

无人飞艇

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

无人伞翼机

扑翼式微型无人机

固定翼无人机

多旋翼无人机

（五）无人机的优缺点

因为不需要飞行人员，所以无人机最大的优点是保障了人的生命安全。无人机不需要人员生存保障系统和应急救生系统等，大大地减轻了飞机重量，检修和维护简单，制造成本、训练费用和维护费用都比较低。由于无人机能够定点起飞和降落，对起降场地的条件要求不高。

与载人飞机相比，无人机的尺寸较小，速度较慢，抗风和气流能力较差，在大风天气中难以保持平稳的飞行姿态。当有强信号干扰时，会造成无人机与地面工作站失去联系。一旦出现电子设备失灵情况，对无人机以及机载设备将是致命的。

随着现代自动化技术、计算机技术、机器人技术等高新科技水平的不断提高，无人机的质量和功能会不断改进，其应用范围与领域也会越来越广。

模块二　多旋翼无人机与固定翼无人机

（一）“灵活能干”的多旋翼无人机

多旋翼无人机也称为多轴飞行器。从图中可以看出，多旋翼无人机的每个“翅膀”（即飞行器的轴）上都有一个像风车一样高速旋转的螺旋桨，称为“旋翼”，无人机就是用它们来产生升力的。多旋翼无人机通常有 3 个以上的旋翼，常见的多旋翼无人机有三旋翼、四旋翼、六旋翼和八旋翼无人机等。多旋翼无人机能胜任的工作很多，被广泛用于短距离影视航拍、安全监控、农业植保、电力巡线等领域。

三旋翼无人机

四旋翼无人机

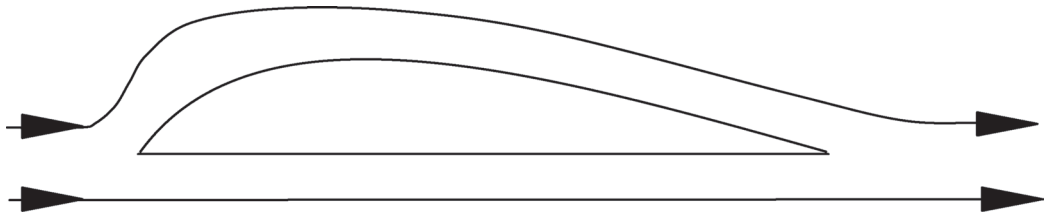
六旋翼无人机

八旋翼无人机

（二）“高大上”的固定翼无人机

固定翼无人机，顾名思义，其“翅膀”是固定的，它们的样子与我们常见的民航飞机相似，但“个头”要小得多。固定翼无人机的升力主要来自于它的机翼。机翼的

截面形状，下面为平面，上面为曲面。飞行时，气流从机翼的前缘开始分为上下两部分，到后缘汇合，由于上方气流比下方气流通过的路程长，因此上方气流比下方气流的流速大。根据“伯努利效应”，下方气流的压强将大于上方气流的压强，从而使机翼获得向上的升力。



机翼截面示意图

知识库：伯努利效应

- 气体和液体可以流动，因此都称为“流体”。
- 1726 年，科学家丹尼尔·伯努利发现，流体的流速（v）越大，压强（p）越小；流速越小，压强越大。流速与压强的关系可表示为：$p+p\times v^2=$ 常数。

固定翼无人机是类型最多、应用最广泛的无人机。目前，微型化的无人机只有手掌大小，长航时无人机的体积一般比较大，续航时间在 10 小时以上，能同时搭载多种传感器。

固定翼无人机的起飞有滑行、弹射、车载、火箭助推和飞机投放等方式，降落有滑行、伞降和撞网等方式。起飞和降落都需要比较空旷的场地，滑行起降还需要跑道。

由于固定翼无人机的飞行速度、续航能力和抗风能力都比旋翼无人机强，在林地和草地监测、矿山资源监测、海洋环境监测、城乡结合部的土地利用监测以及水利、电力等领域的应用中表现出色。

世界闻名的固定翼无人机明星都来自军事领域，如美国的“全球鹰”无人机、“猎

鹰”高超音速无人机、“捕食者”无人机，英国的“雷电之神”无人机，法国的“神经元”无人隐身攻击机，以色列的“哈比”无人机、“苍鹭”无人机，等等。近年来，中国研制的“风刃”和“暗箭”无人机已引起世界关注。

军用无人机大致可以发挥三种作用。一是侦察监视。无人机可以深入敌后上百公里甚至更远，配置在高、中、低空。通过扫描式侦察，为大规模军事行动提供重要的战略决策和战役指挥情报。二是电子干扰。无人机可以飞临敌方上空，通过机载设备发射电磁波、施放干扰箔条等，对敌方防空雷达、火控雷达和预警系统等电子设备实施干扰，以欺骗方式掩护己方飞机突防和对地攻击。三是火力摧毁。除了反辐射无人机可以对敌方雷达等电磁设备进行火力摧毁外，攻击无人机、察打一体无人机等也能对敌方实施有效的火力摧毁。

美国“全球鹰”无人机

美国“捕食者”无人机

英国“雷电之神”无人机

法国“神经元”无人隐身攻击机

以色列“苍鹭”无人机

知识库：压强、大气压强和升力

- 物理学中把垂直压在物体表面上的力叫做压力。物体的单位面积上受到的压力的大小叫做压强。
- 大气压强是指地球上某个位置的空气产生的压强。地球表面的空气受到重力作用，并具有流动性，由此而产生了大气压强。在同一位置各个方向的大气压强相等，且方向是垂直于物体表面的。
- 升力就是一种向上的推力。地球引力对飞机施加向下的拉力，而升力在下面托着飞机的机翼，从而使飞机摆脱地球引力，保持在空中飞行，这就是飞机飞起来的原因。飞机的升力是通过机身上下的气流压强差产生的。

模块三　无人机的控制方式与基本结构

（一）无人机怎么“开”

“开”无人机有两种方式：半自主控制方式（遥控）和全自主控制方式（程控）。

在半自主控制方式下，无人机的自动驾驶仪能够保持飞机的姿态稳定，但其飞行仍然需要地面人员通过遥控器进行操控。在这种控制方式下，飞行员在地面上用遥控器“开”飞机。无人机类似于航模。

在全自主控制方式下，无人机的自动驾驶仪就像真正的飞行员一样，能够自主完成无人机从一个航路点到另一个航路点的位置控制以及自动起降等任务。在这种控制方式下，无人机的自动驾驶仪是根据程序执行“开”飞机的任务，而地面人员进行的是任务规划。

与其他类别的无人机相比，多旋翼无人机不需要跑道便可以垂直起降，起飞后可在空中悬停，操控既简单又灵活。我们小学生在学校接触的都是遥控的多旋翼无人机，所以只要认真训练也能用遥控器“开”飞机！

（二）多旋翼无人机的基本结构

如果想了解多旋翼无人机的基本结构，最好在网店上买一个四旋翼无人机 DIY 套件，自己亲自动手制作一架多旋翼无人机。

打开四旋翼无人机 DIY 套件的包装，你会发现原来小小的无人机并不算太复杂。它的“身体”是由五部分组成的：1 个四轴机身架（简称机架）、4 个无刷电机、4 个电子调速器（简称电调）、2 对螺旋桨（又称桨叶）和 1 个四轴飞行控制板（简称飞控板）。此外，还要配备电池、遥控器和充电器等。

1. 机　架

多旋翼无人机的机架是整个飞行系统的飞行载体。一般使用强度高而重量轻的材料制成，如碳纤维。

四轴机架

2. 电　机

无人机的动力是由电机提供的。电机分为有刷电机和无刷电机两大类，无刷电机结构简单而且耐用，所以多旋翼无人机都采用无刷电机。我们给电机提供的输入电流

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com