

# 无人系统设计

课 程：软件工程专业-专业实践类交叉通识课程

学 分：3

总课时：48

课程关于飞行与控制原理的辅助参考书：

《认识飞行（第二版）》 / 《Understanding Flight, 2<sup>nd</sup>》

作者：David F. Anderson, Scott Eberhardt

译者：周尧明（2019年） / 韩莲（2011年）

北京联合出版公司2019.07 / 航空工业出版社2011.01

授课教师：王赓

课程助教及实验平台辅导支持：张源娣、邓诗羿、吴侃真、顾远飞、程佳雯、丁逸舟、  
韩亦多、周陈兴、吴泽一、黄煜萧

# 无人系统设计

课 程：软件工程专业-专业实践类交叉通识课程

## 课程前序

参考部分视频…… 推荐思考：

- 【1】 <https://www.bilibili.com/video/av932031423> （波士顿动力机器人合集/时长04:40）
- 【2】 <https://www.bilibili.com/video/BV1bL4y1z7uA/> （不断摔倒中学习成长/时长00:56）
- 【3】 <https://www.bilibili.com/video/BV1qo4y1U7wH/> （在实验室里Atlas是如何工作的/05:49）
- 【4】 <https://www.bilibili.com/video/BV1L64y1v7h9/> （波士顿动力官方解析 Atlas 控制算法/时长56:47）

# 无人系统设计

课 程：软件工程专业-专业实践类交叉通识课程

## 课程前序

参考部分视频.....

推荐思考：



- 【5】 <https://www.bilibili.com/video/BV1Kp4y1i7kw/> (阿尔法狗斗/时长03:11)
- 【6】 <https://www.bilibili.com/video/BV1i741187Nf/> DARPA“阿尔法狗斗” 试验第一轮（简介）
- 【7】 <https://www.bilibili.com/video/BV1dZ4y1c7TQ/> DARPA协同空战自主项目取得进展
- 【8】 <https://www.bilibili.com/video/BV1Hk4y127bV/> 施佬胡诌：无人机+空战AI，人工智能要消灭五代机？  
(时长12:55)
- 【09】 <https://www.163.com/dy/article/FNBARACA051284IN.html> /AI大战F-16飞行员，5:0完胜的背后意味着什么？
- 【10】 [https://mp.weixin.qq.com/s/m4n26xt8xK\\_R3rTEnwKoqw](https://mp.weixin.qq.com/s/m4n26xt8xK_R3rTEnwKoqw) (双座/时长04:31)
- 【11】 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1747284148729134991&wfr=spider&for=pc> /央视官宣双座版歼20，携3架无人机编组

## 课程主要内容

### (1) 认识飞行

- ▣ 牛顿力学（作用力与反作用力）
- ▣ 刚体转动（转矩、陀螺、进动） / 大学物理基础

### (2) 认识多种多样的无人飞行系统

- ▣ 飞行原理
- ▣ 动力技术（螺旋桨、喷气式）

### (3) 控制技术

- ▣ 飞行操纵原理（机翼、襟翼、旋翼、尾桨、自动倾斜器）
- ▣ 作动器（电动机、舵机（PWM调制））
- ▣ 传感器（电子指南针、加速度计、陀螺仪、GPS、高度计、高速相机、全景相机、……）
- ▣ 电子控制器（PID算法、飞行控制原理与算法）

## 课程主要内容

### (4) 仿真技术

- ▣ 飞行器建模（动力学、运动学）/大学物理基础、高等数学
- ▣ 软件技术（MATLAB/Simulink、Unreal Engine虚拟仿真技术）

### (5) 仿真技术实践

- ▣ 战机模拟对抗控制实验
- ▣ 基于软件技术（MATLAB/Simulink、人工智能AI技术（强化学习）、图像处理技术、计算加速技术 .....

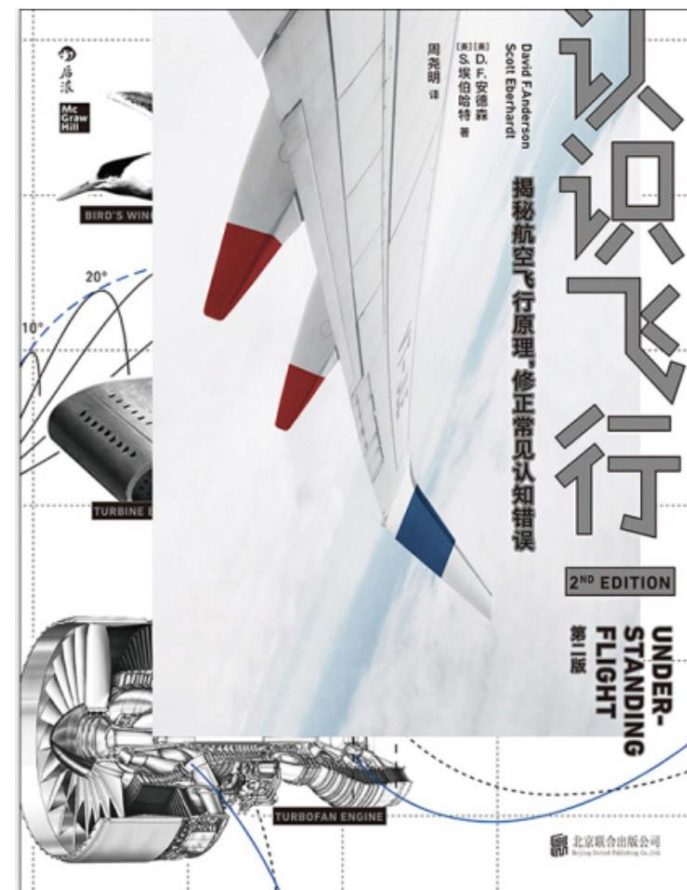
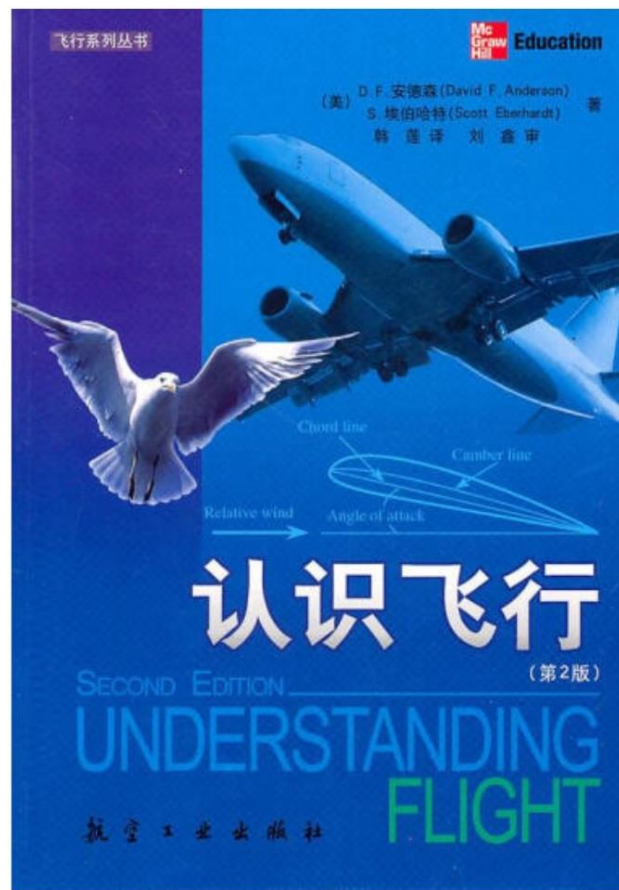
### (6) 发挥想象力和所学的自由拓展设计（理论设计/尽量据情实验验证）

### (7) 课程综合设计与答辩

# 无人系统设计

课程参考书（以下两版内容一致）：

- 《认识飞行（第二版）》  
《Understanding Flight, 2nd》  
作者：David F. Anderson,  
Scott Eberhardt  
译者：韩莲（2011年）  
出版：航空工业出版社，2011.01
- 《认识飞行（第二版）》  
《Understanding Flight, 2nd》  
作者：David F. Anderson,  
Scott Eberhardt  
译者：周尧明（2019年）  
出版：北京联合出版公司，2019.07





参考教材《认识飞行（第二版）》 / 《Understanding Flight, 2nd》

作者简介：

## 作者简介

D.F.安德森 (David F.Anderson)，私人飞行员，一生热爱飞行；拥有西雅图华盛顿大学的学位和哥伦比亚大学物理学博士学位。曾在洛斯阿拉莫斯国家实验室、瑞士日内瓦的欧洲核研究组织和费米国家加速器实验室从事高能物理工作 30 年。

S.埃伯哈特 (Scott Eberhardt)，私人飞行员，在波音商用飞机产品开发部从事高升力空气动力学工作；拥有麻省理工学院的学位和斯坦福大学航空航天博士学位。在西雅图华盛顿大学航空航天系工作 20 年后，于 2006 年加入波音公司。

参考教材《认识飞行（第二版）》 / 《Understanding Flight, 2nd》

作者简介：

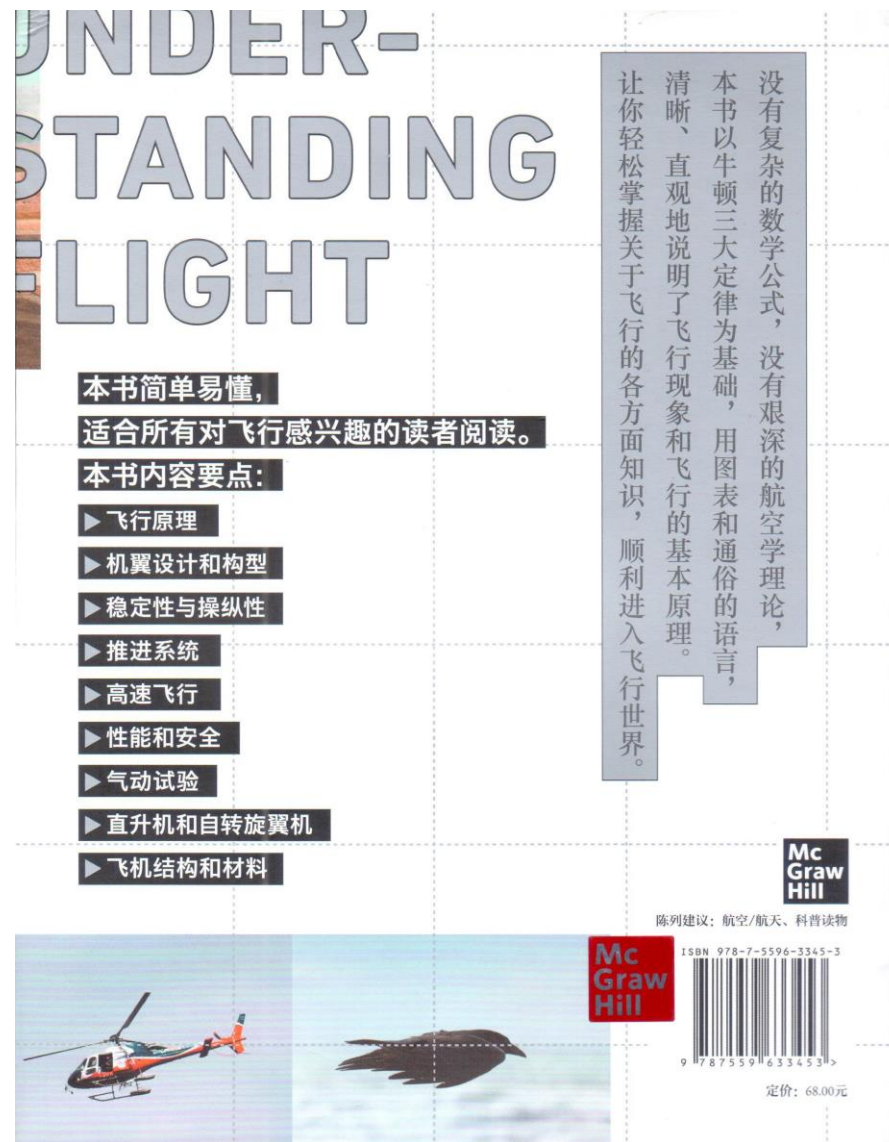
## About the Authors

**David F. Anderson** is a private pilot and a lifelong flight enthusiast. He has degrees from the University of Washington, Seattle, and a Ph.D. in physics from Columbia University. He has had a 30-year career in high-energy physics at Los Alamos National Laboratory, CERN in Geneva, Switzerland, and the Fermi National Accelerator Laboratory.

**Scott Eberhardt** is a private pilot who works in high-lift aerodynamics at Boeing Commercial Airplanes Product Development. He has degrees from MIT and a Ph.D. in aeronautics and astronautics from Stanford University. He joined Boeing in 2006 after 20 years on the faculty of the Department of Aeronautics and Astronautics at the University of Washington, Seattle.



## 参考教材（以下两版内容基本一样）：



## 无人系统设计

参考教材：《认识飞行（第二版）》  
《Understanding Flight, 2nd》

飞机必须产生足够的升力才能克服重力，升空飞行，这是飞机飞行的基本原理。然而，要对这一基本原理进行符合逻辑的解释，并不是一件简单的事。

为了使更广大的读者能够轻松理解有关飞行和飞机的各种知识，本书以牛顿三大定律为基础，解释了有关飞行的几乎所有方面的问题。

本书是初学者认识、理解飞行的一部简单的教程，适合所有对飞行感兴趣的人群阅读。

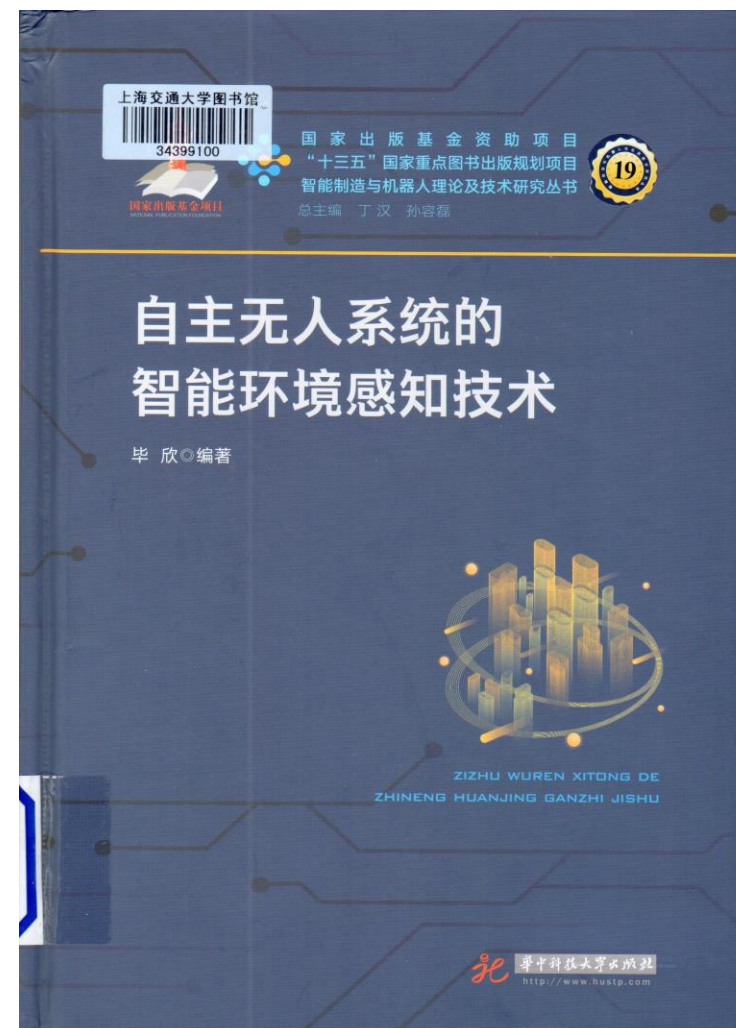
没有复杂的数学公式，没有艰深的航空学理论，本书以牛顿三大定律为基础，用图表和通俗的语言，清晰、直观地说明了飞行现象和飞行的基本原理。让你轻松掌握关于飞行的各方面知识，顺利进入飞行世界。



## 无人系统设计

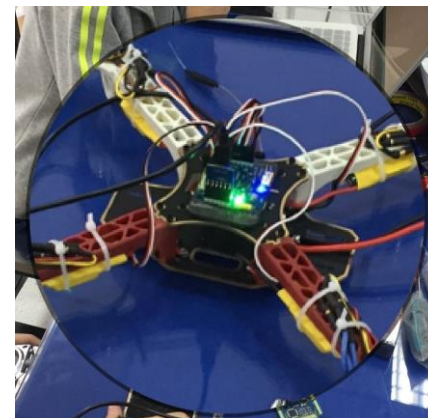
其他参考教材（原始知识索引）：

- 《**自主无人系统的智能环境感知技术**》  
作者：毕欣  
华中科技大学出版社，2020.05
- 《**无人机空气动力学与飞行原理**》  
作者：符长青  
西北工业大学出版社，2018.06
- 相关**MATLAB-Simulink**应用技术参考书
- 相关应用技术类参考书
- 《**无人机fab-lab实习手册2.0**》  
上海交通大学学生创新中心编写



## 课程实践可选可借用实物/实验套件

- 交大学生创新中心：多种型号飞行器（多旋翼）实验套件（n多套）
- 交大图书馆：大疆Tello Talent 教育版（4旋翼）（40套）



Tello Talent教育版：

内含一块电池、两套桨叶、一套桨叶保护罩、一根USB线及一套任务卡

- 1、飞行器总重量不超过87克，尺寸不超过98×92.5×41 mm。
- 2、飞行器配备红外传感器、气压计、前视及下视摄像头，支持录像拍照功能。摄像头最大分辨率不小于2592\*1936，支持720P高清录像。
- 3、飞行器具有高清720p图传，图传距离不小于100m。
- 4、飞行器具有WIFI AP模块，支持与PC端、手机移动端及路由器等多种设备连接。
- 5、飞行器支持SDK开发，支持Arduino，Micro Python编程控制，实现编程控制坐标飞行、弧线飞行、实时获取多种传感器数据等功能。
- 6、飞行器支持视觉识别配套任务卡，针对任务卡下达精准编程飞行指令。
- 7、飞行器支持多台飞行器同时连接指定路由器，通过PC编程同时控制多台飞行器进行多机编队任务。
- 8、14pin 扩展口（I2C，UART，SPI，GPIO，PWM，电源）；可编程点阵LED（IIC数据接口、自动矩阵扫描、全局亮度256级可调、单像素红蓝LED亮度256级独立可调、自动呼吸灯功能）；红外深度传感器（TOF），最大测量距离2m

# 无人系统设计 — 软院课程重点

## ■ 课程目的：

引导同学们能够基于无人系统应用研制目标，在实践中系统提升自己发现问题的能力和能够活学活用以往所学解决实际问题的综合系统能力。

## ■ 课程内容主体：

课程以无人自主飞行器（和地面服务机器人）设计为骨干，**对同学们的认知期望包括**：固定翼飞机和直升机飞行操纵原理、（地面移动服务机器人控制原理）、通信数据链技术、任务的表达与行为规划等知识表示技术、路径规划技术、传感器技术和自动控制技术等。其中，**基于视觉图像处理的环境感知技术和对象认知技术、基于专业软件工具的无人系统软件仿真技术等**，是软件工程专业同学在该课程上重点发挥和实践运用的专业技术。

## ■ 课程要求：

要求同学们在掌握无人系统设计原理的基础上，能够系统理解无人系统设计中最核心的感知与决策问题，并能结合自己所学及已有专业基础，包括牛顿力学/大学物理、高等数学等专业基础，基于MATLAB/Simulink、图像处理技术、人工智能AI技术（强化学习方法）、计算加速技术等工具和软件技术，设计实现一款自己的、满足实际现实物理条件约束的无人系统仿真控制系统。



## 课程绪论

### (1) 认识飞行

- ▣ 飞行的核心

### (2) 人类的飞行梦想和想象力

- ▣ 仿生

- ▣ 探索试验

- ▣ 技术抽象（理论）

### (3) 同学们的想象力



## 课程绪论

### (1) 认识飞行

#### ▣ 飞行的核心

怎么能飞起来？

## 认识飞行（广义的飞行）



**站在风口上，猪都能飞起来**

▣ 雷军（小米科技CEO）

## 飞行的核心 —— 足够强的力量



**有足够强的力量！**

**足够强的力量，是必需基础！**

## 飞行的核心 —— 足够强的力量



**有足够强的力量！**

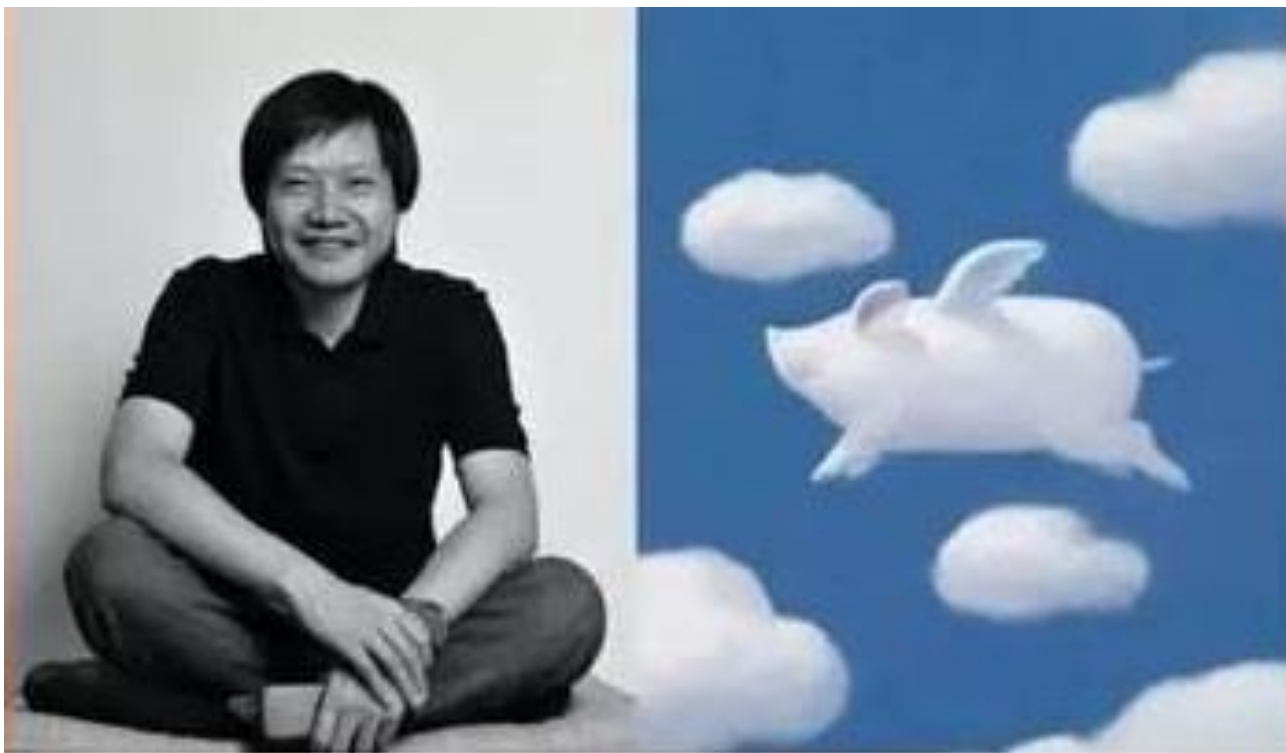
**足够强的力量，是必需基础！**



## 认识飞行（广义的飞行）

### 风口上的猪都是练过功的

雷军再谈“飞猪理论”（2015年）



## 认识飞行（广义的飞行）



一个小问题：

螺旋桨飞机的拉进式和推进式，哪种形式更容易操控？

火箭呢？

（一个钱学森的小故事）

## 后驱三轮车

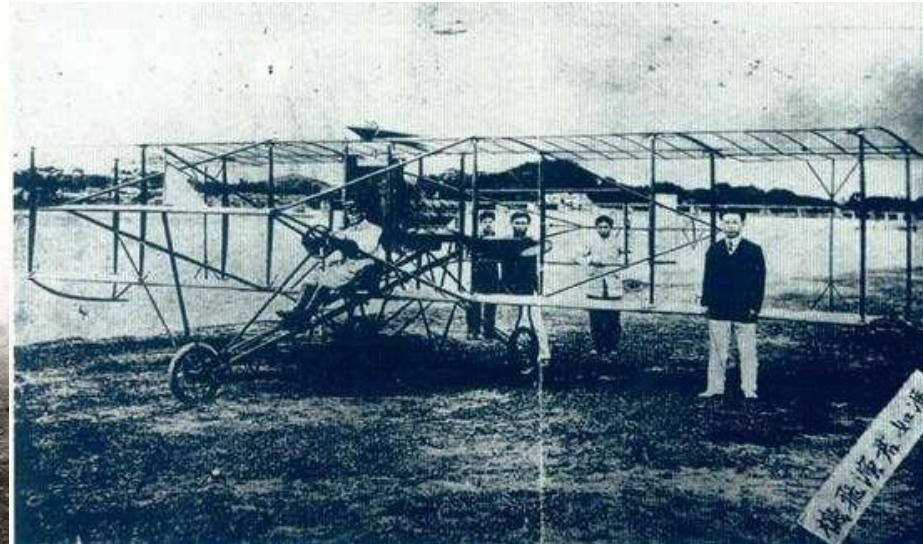


## 人类的飞行梦想和想象力 —— 仿生





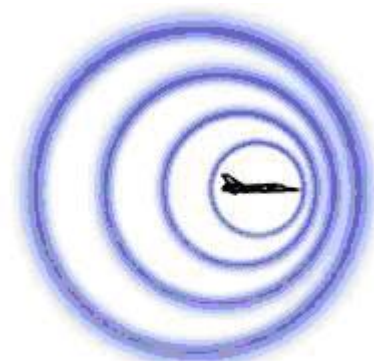
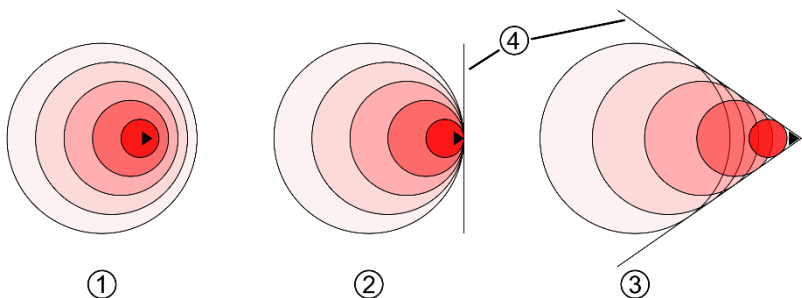
## 人类的飞行梦想和想象力 —— 探索试验



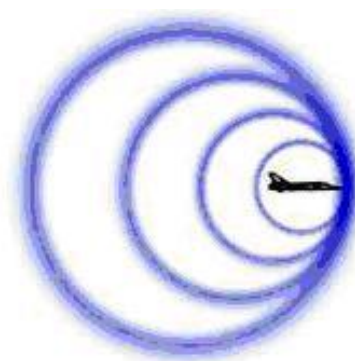


## 人类的飞行梦想和想象力 —— 探索试验

### 关于突破音障的一个小故事



亚音速飞行的波形图



音速飞行的波形图

## 人类的飞行梦想和想象力 —— 技术抽象（理论）

- 从狭义上讲，航空航天类专业包括飞行器设计与工程、飞行器动力工程、飞行器制造工程、飞行器环境与生命保障工程、探测制导与控制技术等主体学科专业。
- 无论是飞机还是航天飞行器，都是综合科学技术的结晶，涉及材料、电子通讯设备、仪器仪表、遥控遥测、导航、遥感等诸方面。
- 因此从广义上讲，材料科学与工程、电子信息工程、自动化、计算机、交通运输、质量与可靠性工程等都是航空航天技术不可或缺的学科专业。

推荐阅读：【1】<https://ishare.iask.sina.com.cn/f/13579517.html>（未来汽车=计算机装上轮子）【2】<https://baike.baidu.com/item/%E5%9F%83%E9%9A%86%C2%B7%E9%A9%AC%E6%96%AF%E5%85%8B/3776526?fromtitle=%E9%A9%AC%E6%96%AF%E5%85%8B&fromid=17200149&fr=aladdin>（马斯克）

## 同学们的想象力和联想能力



牛顿与苹果的故事（虽然不知真假）



放飞同学们的想象力和联想力

有一个现象：不知对同学们有什么启示？



打水漂漂（同学们都可以说说 🤔 ）



## 课程主要内容

### (1) 认识飞行

- ▣ 牛顿力学（作用力与反作用力）
- ▣ 刚体转动（转矩、陀螺、进动） / 大学物理基础

### (2) 认识多种多样的无人飞行系统

- ▣ 飞行原理
- ▣ 动力技术（螺旋桨、喷气式）

### (3) 控制技术

- ▣ 飞行操纵原理（机翼、襟翼、旋翼、尾桨、自动倾斜器）
- ▣ 作动器（电动机、舵机（PWM调制））
- ▣ 传感器（电子指南针、加速度计、陀螺仪、GPS、高度计、高速相机、全景相机、……）
- ▣ 电子控制器（PID算法、飞行控制原理与算法）



## 课程主要内容

### (4) 仿真技术

- ▣ 飞行器建模（动力学、运动学）/大学物理基础、高等数学
- ▣ 软件技术（MATLAB/Simulink、Unreal Engine虚拟仿真技术）

### (5) 仿真技术实践

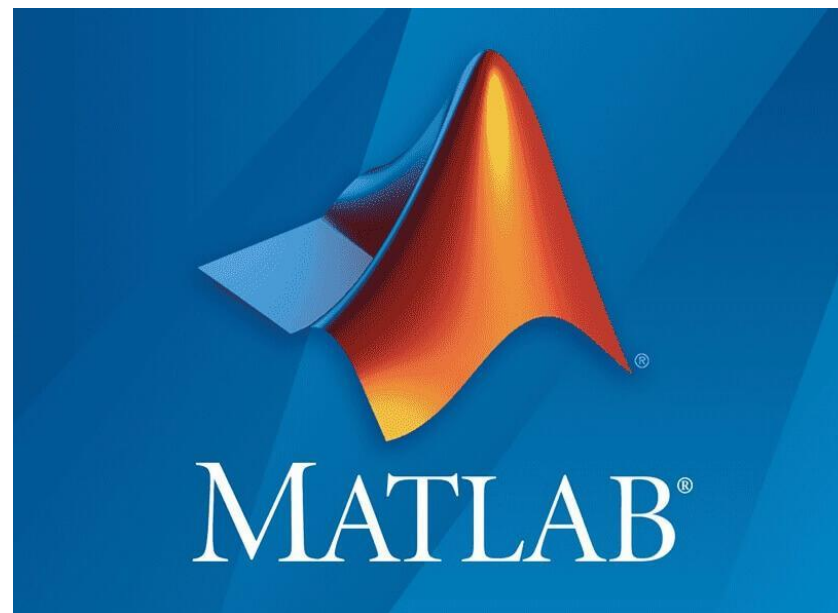
- ▣ 战机模拟对抗控制实验
- ▣ 基于软件技术（MATLAB/Simulink、人工智能AI技术（强化学习）、图像处理技术、计算加速技术 .....

### (6) 发挥想象力和所学的自由拓展设计（理论设计/尽量据情实验验证）

### (7) 课程综合设计与答辩

## 课程主要支撑软件工具

### ■ MATLAB/Simulink



### ■ UNREAL ENGINE (虚幻引擎)



# MATLAB/Simulink

- 20世纪70年代，美国新墨西哥大学计算机科学系主任Cleve Moler为了减轻学生编程的负担，用FORTRAN编写了最早的MATLAB。
- 1984年由Little、Moler、Steve Bangert合作成立的MathWorks公司正式把MATLAB推向市场。到20世纪90年代，MATLAB已成为国际控制界的标准计算软件。
- MATLAB统一了用于一维、二维与三维数值积分的函数并提升了基本数学和内插函数的性能。
- 不断推出基于数学计算解算的行业应用算法工具箱。

参考：<https://baike.baidu.com/item/MATLAB/263035>

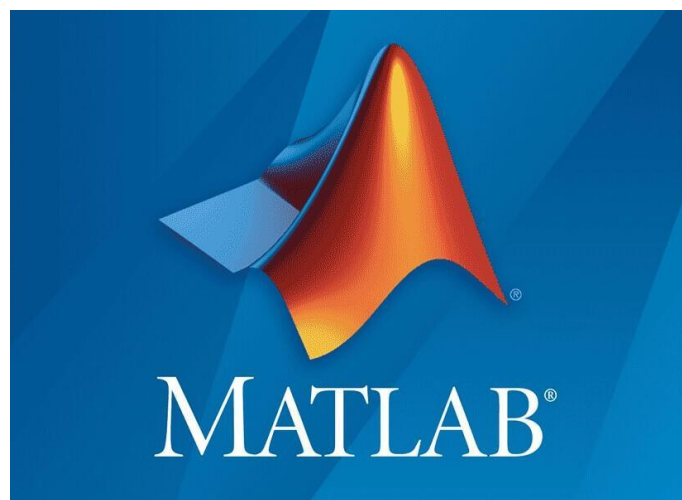
# MATLAB

- MATLAB是 matrix & laboratory 两个词的组合，意为矩阵工厂（矩阵实验室）。
- 主要面对科学计算、数据可视化以及交互式程序设计的科技计算环境。
- 它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中，为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案。
- **Simulink 是 MATLAB 的核心**
- **S函数，又是Simulink 的灵魂**



# MATLAB/Simulink软件应用技术

- Simulink 是 MATLAB 的核心



# Simulink/MATLAB

- **Simulink**是Mathworks公司推出的MATLAB中的一种可视化仿真工具。
- Simulink提供图形编辑器、可自定义的模块库以及求解器，能够进行动态系统建模和仿真。
- 它支持系统级设计、仿真、**自动代码生成**以及嵌入式系统的连续测试和验证。
- Simulink与MATLAB相集成，能够在Simulink 中将MATLAB算法融入模型，还能将仿真结果导出至 MATLAB 做进一步分析。
- Simulink应用领域包括汽车、航空、工业自动化、大型建模、复杂逻辑、物理逻辑，信号处理、图像分析等多方面。

参考：<https://baike.baidu.com/item/SIMULINK/10306793>  
(建议同学们直接阅读MATLAB/Simulink的说明和帮助文档)

## MATLAB交大授权正版下载地址:

- <https://software.sjtu.edu.cn/List/matlab/R2022> (网络中心) (注: 最新版本采用此链接)
- <https://software.sjtu.edu.cn/List/rjlb> (网络中心)
- <http://lic.si.sjtu.edu.cn/Default/soft> (学创中心)



注：建议同学们在学习中直接阅读MATLAB/Simulink的说明和帮助文档

 [产品](#) [解决方案](#) [学术](#) [支持](#) [社区](#) [活动](#) [获取 MATLAB](#)  

帮助中心  [帮助中心](#) 

 [目录](#)

[« 文档主页](#)

[类别](#)

[MATLAB 快速入门](#)

[语言基础知识](#)

[数据导入和分析](#)

[数学](#)

[图形](#)

[编程](#)

[App 构建](#)

[软件开发工具](#)

[外部语言接口](#)

[环境和设置](#)

[文档](#) [示例](#) [函数](#) [App](#) [视频](#) [问答](#)

[试用版](#) [产品更新](#)

本页翻译不是最新的。[点击此处可查看最新英文版本。](#)

## MATLAB

科学计算语言 R2022a

全世界数以百万计的工程师和科学家都在使用 MATLAB<sup>®</sup> 分析和设计改变着我们的世界的系统和产品。基于矩阵的 MATLAB 语言是世界上表示计算数学最自然的方式。可以使用内置图形轻松可视化数据和深入了解数据。欢迎您使用桌面环境进行试验、探索 and 发现。这些 MATLAB 工具和功能全部进行了严格测试，可彼此配合工作。

MATLAB 可帮助您不仅仅将自己的创意停留在桌面。您可以对大型数据集运行分析，并扩展到集群和云。MATLAB 代码可以与其他语言集成，使您能够在 Web、企业和生产系统中部署算法和应用程序。

[发行说明](#)  
[PDF 文档](#)

[MATLAB 快速入门](#)  
MATLAB 基础知识学习

[语言基础知识](#)  
语法、数组索引和操作、数据类型、运算符



注：建议同学们在学习中直接阅读MATLAB/Simulink的说明和帮助文档

产品 解决方案 学术 支持 社区 活动

获取 MATLAB 

帮助中心

搜索帮助中心

帮助中心

目录

« 文档主页

类别

Simulink 快速入门

应用领域

Simulink 环境基础知识

建模

仿真

工程管理

模块编写和仿真集成

Simulink 支持的硬件

文档 示例 函数 模块 视频 问答

试用版 产品更新

本页翻译不是最新的。 [点击此处可查看最新英文版本。](#)

Simulink

R2022a

仿真和基于模型的设计

Simulink® 是一个模块图环境，用于多域仿真以及基于模型的设计。它支持系统级设计、仿真、自动代码生成以及嵌入式系统的连续测试和验证。Simulink 提供图形编辑器、可自定义的模块库以及求解器，能够进行动态系统建模和仿真。Simulink 与 MATLAB® 相集成，这样您不仅能够在 Simulink 中将 MATLAB 算法融入模型，还能将仿真结果导出至 MATLAB 做进一步分析。

发行说明

PDF 文档

Simulink 快速入门

Simulink 基础知识学习

应用领域

说明特定功能和应用的示例模型

Simulink 环境基础知识

以交互方式或编程方式构建模块图，从模块库中选择模块

建模

设计动态系统的模型

仿真

运行模型、查看结果并验证系统行为

工程管理

创建工程、管理共享的模型组件、与源代码管理进行交互

模块编写和仿真集成

使用 MATLAB 和 C/C++ 代码扩展现有 Simulink 建模功能

Simulink 支持的硬件

支持第三方硬件，例如 Arduino® 和 Raspberry Pi™

上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

上海交通大学 软件学院 2023-02-13

37 / 40

# MATLAB/Simulink

- 简明学习资料下载链接：
- [https://ww2.mathworks.cn/help/pdf\\_doc/matlab/index.html](https://ww2.mathworks.cn/help/pdf_doc/matlab/index.html) ；  
MATLAB 的PDF文档（MATLAB入门.pdf 等PDF文档）
- <https://ww2.mathworks.cn/help/matlab/index.html> ；
- [https://ww2.mathworks.cn/help/pdf\\_doc/simulink/index.html](https://ww2.mathworks.cn/help/pdf_doc/simulink/index.html)  
Simulink 的PDF文档（**课程重点掌握Simulink**； Simulink快速入门指南.pdf 等PDF文档）
- <https://ww2.mathworks.cn/help/simulink/index.html>
- 关于强化学习及强化学习工具箱（Reinforcement Learning Toolbox）：  
<https://ww2.mathworks.cn/campaigns/offers/reinforcement-learning-with-matlab-ebook.html>  
<https://ww2.mathworks.cn/products/reinforcement-learning.html>

## Unreal Engine (3D游戏引擎)

- 一种实时3D互动内容创作和运营平台。
- 包括游戏开发、美术、建筑、汽车设计、影视在内的所有创作者，借助Unreal将创意变成现实。
- 平台提供一整套完善的软件解决方案，可用于创作、运营和变现任何实时互动的2D和3D内容。
- 支持平台包括手机、平板电脑、PC、游戏主机、增强现实和虚拟现实设备。
- 另一强劲竞争对手是Unity3D。

# Question & Answer

任何疑问和建议，请不要犹豫！

王 赓: [wgeng@sjtu.edu.cn](mailto:wgeng@sjtu.edu.cn)