



普通高中教科书  
通用技术  
选择性必修



科技人文融合创新专题



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5349-9645-0



9 787534 996450 >

定价：6.63 元



普通高中教科书

# 通用技术

## 科技人文融合创新专题

河南省基础教育教学研究室 组编  
河南科学技术出版社

普通高中教科书  
通用技术  
选择性必修

科技人文融合创新专题



河南科学技术出版社

河南科学技术出版社

普通高中教科书

# 通用技术

## 科技人文融合创新专题

河南省基础教育教学研究室  
河南科学技术出版社 组编

河南科学技术出版社  
· 郑州 ·

总主编：傅水根  
本册主编：焦宝丛 刘秀丰  
核心编者：高 勇 王泽民  
责任编辑：慕慧鸽  
美术编辑：张 伟  
责任校对：朱 超

普通高中教科书·通用技术（选择性必修）  
科技人文融合创新专题  
高中二年级

河南省基础教育教学研究室 组编  
河南科学技术出版社

★

河南科学技术出版社出版发行  
（郑州市郑东新区祥盛街27号）  
邮政编码：450016 电话：（0371）65737028  
河南日报报业集团有限公司彩印厂印刷  
全国新华书店经销

★

开本：890mm×1 240mm 1/16 印张：5.75 字数：150千字  
2020年3月第1版 2020年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5349-9645-0  
定价：6.63元

著作权所有，请勿擅用本书制作各类出版物，违者必究  
如发现印、装质量问题，影响阅读，请与出版社联系调换  
电话：（0371）65788609 65721407

# 前言

尊敬的老师们，亲爱的同学们：

你们好！

新版的“通用技术”系列教材与大家见面了。这套新教材是在习近平新时代中国特色社会主义思想 and 社会主义核心价值观指导下，遵循教育部 2017 年新颁布的课程标准编写的。

高中阶段为什么要开设通用技术课程呢？

通用技术是与专业技术有所区别的技术，在当代技术体系中较为基础，在日常生活与生产中应用较为普遍。通用技术课程以立德树人、提高学生的技术学科核心素养为主旨，是一门来自生活与生产、面向全体学生、立足实践、注重创新、体现综合、科学技术与人文相统一的课程，着眼于培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。

纵观我国科技的发展，从群钻的发明，到人工合成牛胰岛素，再到治疗疟疾的青蒿素，以及为世界粮食安全做出重大贡献的超级水稻，都说明我们中国人在科技领域开始走在世界的前列。要使我们由制造大国转变为制造强国，为中华民族的振兴和世界的繁荣做出更大的贡献，我们的基础教育和高等教育还需要深化改革，以培养出更多高素质、强能力和富于创造性的年轻一代。

当前，我国社会主义建设进入新时代。应用本套教材，我们将深刻理解技术，初识并感受设计的魅力，体验设计的创造乐趣；我们将认识设计中采用的 CAD/CAM 等软件和图样表达技术，在物化过程中采用的车工、铣工、钳工等常规制造工艺技术，先进的数控加工技术、激光雕刻技术、三维打印技术、机器人技术、无人机技术和智能家居技术等，会接触到互联网、大数据、云计算、物联网、人工智能和绿色生态技术。从难以忘怀的学习和历练中，同学们会受到创新意识、工程思维、工程素养和工匠精神的感染与熏陶，提高服务国家和人民的社会责任感，增强勇于探索的创新精神和解决复杂问题的能力。

通过情景导入、思维导图和设计任务引领，本教材充分展现“做中学”与“学中做”这一教育改革理念。这里的“学”是在核心素养指导下，亲身经历将创意转化为设计的过程，培养学生在实践基础上的动手能力、实践能力或物化能力；而其中的“做”，就是“设计结合实践”。这种“做”不是盲目的，而是在完成具体项目的复杂过程中，以学生为中心，以教师为主导，体现出团队的合作与交流，旨在实

现从思维创意到设计，再到产品物化的不间断、系统、完整的迭代与优化。在学生的亲身经历和体验中，既有丰富、活跃、探究式的深度学习与能力转化过程，也有进一步思考与挖掘技术背后隐含的设计思想、思维方法和价值观等问题。

学生亲身经历的、与“项目”或“任务”密切关联的实践活动，在人才培养中具有非常重要的多种转化功能，即将知识转化为能力，将潜力转化为实力，将自疑转化为自信，将历练转化为素质，将聪明转化为智慧。那么，如何实现这些转化呢？那就是在实践中观察，在观察中思考，在思考中领悟，在领悟中成长。

本教材将“技术意识、工程思维、创新设计、图样表达、物化能力”这一核心素养贯穿始终，力求在实践中做到：符合现代科技发展的实际情况；体现学科交叉与融合的时代特征；与丰富的生活紧密联系，结构合理，满足学生多样化发展的需要；立足融合科学、工程、数学、技术、人文和社会的视野，体现劳动教育，突出创新精神、创新思维、实践能力和工程素养的培养。

在科技日新月异的今天，具备良好的核心素养、知识视野、实践能力和创新思维，是未来攻坚克难，成为国家栋梁的必备基础。我们会发现，身边到处充满着技术与设计的应用，到处展现着创造与发明的魅力，到处都有新时代青年施展才华的舞台。

本分册将“科技与人文融合创新教育”作为教育理念，强调学科间的交叉融合和学生跨学科思维模式的培养，注重以项目学习、项目实践来驱动学生自主探究、合作学习，使学生在学中做、在做中学；与丰富的生活紧密联系，用实际案例引出科学、技术、工程、艺术、数学、社会等多学科融合对创新的重要意义，以期激发学生的学习兴趣、增强对知识方法、技能的理解，从而完善其知识结构和思维方式，培养其创新思维和创造能力，促进学生全面而有个性地发展。

尽管本套教材的编者付出了极大努力，但囿于编者水平，仍会存在不足甚至错误之处，恳请广大师生在教与学的过程中，运用批判性思维方法，积极思考，发现问题，提出宝贵意见，以便在修订时加以改进与完善。

编者

2019年3月

# 目 录

<b>第一章 科技人文融合创新概述</b> .....	1
第一节 学科融合对知识创新的意义 .....	2
一、科学、技术、人文的内涵和旨趣 .....	3
二、科学与技术的一体化 .....	6
三、科技与人文融合的意义 .....	8
第二节 知识融合创新教育的发展历程 .....	10
一、科学、技术、社会教育 .....	11
二、科学、技术、工程、数学教育 .....	12
三、STEM+ 教育 .....	14
四、项目学习的兴起 .....	16
<b>第二章 桥梁工程</b> .....	19
第一节 桥梁科技与人文 .....	20
一、桥梁与人类的关系 .....	20
二、桥梁的产生与发展 .....	22
三、现代桥梁的分类 .....	25
第二节 桥梁设计应考虑的主要因素 .....	31
一、桥梁的基本组成 .....	32
二、桁架结构及其分类 .....	32
三、现代桥梁设计中应考虑的主要因素 .....	39
第三节 桥梁探究 .....	43
一、桥梁工程中的 STEAM .....	43
二、桥梁建模软件 .....	49
<b>第三章 无人机工程</b> .....	52
第一节 无人机与人类的关系 .....	53
一、无人机的应用与发展历程 .....	53
二、无人机的发展史及分类 .....	57

第二节 四旋翼飞行器设计 .....	61
一、四旋翼飞行器的飞行原理 .....	61
二、四旋翼飞行器的组成 .....	68
三、四旋翼飞行器的设计制作 .....	72
四、四旋翼飞行器的飞行实践 .....	76
第三节 无人机航拍和制作全景图片的技术初探 .....	78
一、利用无人机航拍全景互动图片 .....	78
二、无人机航拍和制作全景图片技术 .....	79
<b>附录 部分中英文词汇对照表 .....</b>	<b>84</b>

# 第一章

## 科技人文融合创新概述

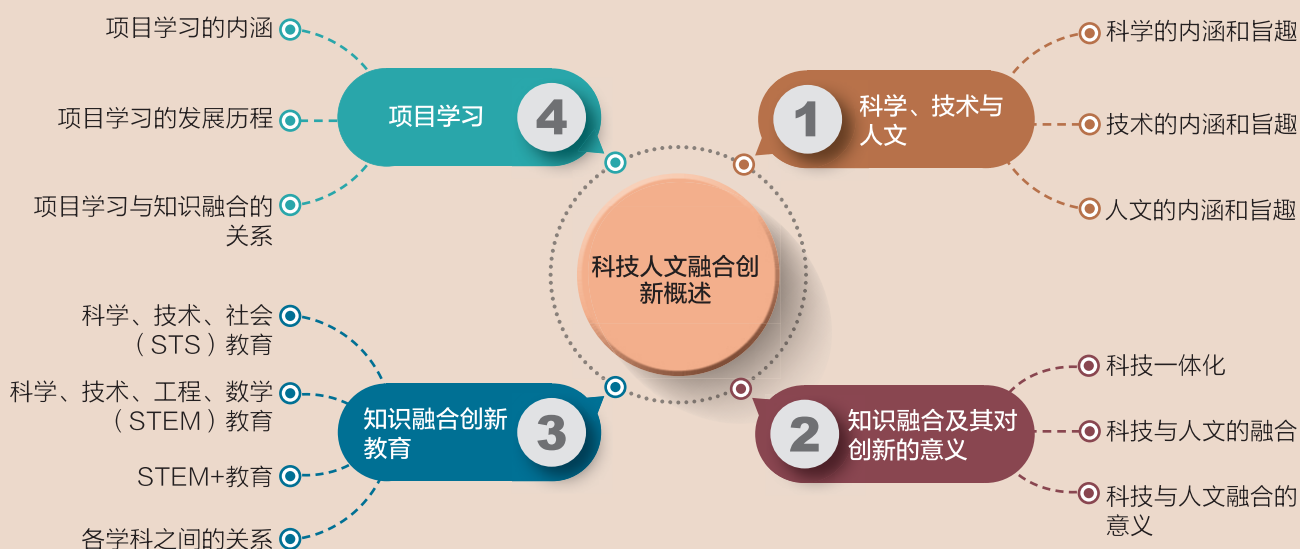
### 导 言

人类社会的发展在很大程度上得益于科学技术的发展与进步，从最基本的衣食住行到更高层次的精神追求，无不闪耀着科技进步的光环。科学技术为人类社会带来了生产力、生存环境、精神文明等多方面的变革，促进了社会各个领域的全面进步。但是，我们也看到：工业革命以来，人类采取控制和掠夺的方式，以惊人的速度消耗着全球自然资源，排放了大量自然界无法降解的废弃物，打破了全球生态系统的自然循环和平衡，造成了日益严重的生态危机，威胁着人类的生存和发展。

科技改变生活，科技源于生活，其背后彰显的是科技与人文精神之间的密切关系。在人类社会发展的进程中，科学技术与人文精神一直是相互交织、取长补短的，共同造就了人类的现代文明。很多科学技术的辉煌成就，都闪耀着人文精神的光芒。例如古埃及的金字塔，我国的万里长城和京杭大运河，欧洲的大教堂等，这些都是当时人类文明进步和科技成就高度结合的完美体现。因此，我们必须正确理解科技与人文的关系，注重以人为本，实现科技与人文的高度融合，促进人与自然、社会的和谐发展。

本章将学习学科交叉融合对知识创新的意义，了解学科融合教育的发展历程，掌握知识融合创新方法。

### 思维导图





## 第一节 学科融合对知识创新的意义



### 学习目标

1. 认识科学、技术、人文的内涵及主要旨趣。
2. 理解科学、技术、人文之间的关系，知识融合的意义。

科技在经济及综合国力增长中的作用越来越突出，随着高新技术革命和全球范围的产业结构调整，当今世界科技正呈现新的发展态势和特征，孕育着新一轮科技革命。原始性创新的地位日益突出，重大创新更多地出现在学科交叉领域，大数据科学成为新的科研范式，科技与经济、教育、文化、社会等的联系日益紧密，人类可持续发展的重大问题成为全球科技创新的焦点。一些重要科学问题与关键技术发生革命性突破的先兆已显，大数据浪潮、信息技术和制造业的融合，以及能源、材料、生物等领域的技术突破，将催生新的产业，引发产业革命性变革。



### 阅读材料

#### 阿尔法围棋

阿尔法围棋（AlphaGo）是第一个击败人类职业围棋选手、第一个战胜围棋世界冠军的人工智能机器人，由谷歌（Google）旗下DeepMind公司戴密斯·哈萨比斯领衔的团队开发，其主要工作原理是“深度学习”。

其主要成绩：

1. 2016年3月，与围棋世界冠军、职业九段棋手李世石对决，成绩4：1（图1.1）。

2. 以“大师”（Master）为注册账号，在网上与中国、日本和韩国数十位围棋高手进行快棋对决，连续60局无一败绩。

3. 2017年5月，与排名世界第一的世界围棋冠军柯洁对战，成绩3：0。



图 1.1 AlphaGo 与李世石对弈

2017年10月，DeepMind公司公布了使用新的强化学习算法、具有自我对弈自学成才的阿尔法围棋新版程序，代号AlphaGo Zero。

以人工智能为例，人工智能的快速发展与深度推广应用正在影响和改变我们的思维方式和传统观念。从当前科技发展的形势来看，人工智能正在朝着我们可预料和不可预料的方向飞速发展，并正在深度影响人类社会：人工智能在科技和工程中的应用，会使一些人失去介入信息处理活动（如规划、诊断、理解和决策等）的机会，甚至不得不改变自己的工作方式，不得不了解和适应与智能机器人相处的社会结构。我们不禁担心：机器人和人工智能的其他制品是否会威胁到我们的安全，甚至有朝一日，人工智能机器人的智能会超过人类的智慧和控制，使人类沦为智能机器和智能系统的“奴隶”……

科学的现象和规律是我们发现的，技术是我们发明的，科学技术将带我们走向何方？全球的智者们观点不一，众说纷纭。我们知道，传承人类文明和知识、促进社会进步、创造美好生活，靠的是教育。教育指引我们前进的方向，提高我们生活的质量，教育只有将科学技术与人文相互融合，互为支撑，才能成为文明演进、社会进步的正向力量。本节我们将进一步探究科学、技术、人文的内涵和旨趣，并认识其间的关系。

## 一、科学、技术、人文的内涵和旨趣

### （一）科学的内涵和旨趣

现有资料对“科学”的解释多是从知识体系的视角出发，综合起来，我们可以认为：科学是人对客观世界的认识，是反映客观事实和规律的知识体系，也是一种永无止境的探索活动和事业。科学的内涵表现在四个方面：科学知识、科学思想、科学方法和科学精神。



#### 小贴士

《辞海》对“科学”的解释：运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质和规律的知识体系。社会意识形式之一。

《现代汉语词典》对“科学”的解释：反映自然、社会、思维等的客观规律的分科的知识体系。

我们进一步探究科学的旨趣。旨趣意为宗旨、要旨、大意。科学的旨趣是认识世界，获取知识，对世界做出解释和预言。科学活动是一种解释性活动，要求具有精确性、条理性和可预言性，科学活动最直接的成果是产生科学知识。从事科学活动的人有一种不懈求

索的精神。其根源是：在科学的认知旨趣背后是好奇取向和求真思维，即人们有一种抑制不住的冲动——揭示自然的奥秘。



### 探究与交流

科学知识起源于人们的好奇心。好奇心，是推动人类进步的动力。牛顿因对苹果下落产生好奇，发现了万有引力的存在；爱因斯坦在经典力学的基础上，进一步探究，发现了相对论；达尔文热衷于观察动物的习性和特点，提出了进化论，为人类了解世界提供了广阔的视野。

请同学们想一想，你们因为好奇有什么新发现呢？

## （二）技术的内涵和旨趣

技术是为满足人类自身的需要，在实践活动中根据实践经验或科学原理所创造或发明的各种手段，以及经验、方法、技能、技巧等。技术是科学知识在生产实践过程中的运用，是人类在认识、改变与适应世界的过程中积累起来的经验、方法、技巧、工艺和能力的总和，是物化的生产力。技术表现的形态有生产工具、仪器、工艺流程等，是直接的生产力。



### 小贴士

“技术”（technology）意为技能或工艺。这个词最早出现时，仅指各种应用工艺。我国古代史学家司马迁在《史记·货殖列传》中记述：医方诸食技术之人，焦神极能，为重糈也。此处“技术”，意为“技艺方术”。直到宋代之前，中国的技术水平曾长期处于世界的前列。到20世纪初，技术的含义逐渐扩大，涉及工具、机器及其使用方法。

技术的基本旨趣在于控制自然过程和创造设计人工过程。技术在于发明，技术活动产生人工制品。技术体现了人对自然的能动关系，在控制和设计思想的指导下，人类将各种自然的力量从天然的状态中调动出来，使它们成为人类控制和设计的对象。



### 活动延伸

高技术（High Technology，简称Hi-tech）的概念是一个历史的、动态的、发展的概念。目前，国际上对高技术比较权威的定义是：高技术是建立在现代自然科学理论和最新的工艺技术基础上，处于当代科学技术前沿，能够为当代社会带来巨

大经济、社会和环境效益的知识密集、技术密集技术。

当前，高技术领域主要涉及电子信息技术、生物与新医药技术、航空航天技术、新材料技术、高技术服务业、新能源及节能技术、资源与环境技术、高新技术改造传统产业等八大领域。

世界各国（尤其是发达国家）极其重视发展高技术，换个角度思考，国家之间的竞争就是高技术的竞争。

请同学们上网查一查高技术，摘取感兴趣的话题，一起分享自己的认识与理解。

### （三）人文的内涵和旨趣

何为“人文”？人文就是人类文化中的先进部分和核心部分，即先进的价值观及其规范。

“人文”一词具有多重意义，它可以指一种学科，也可以指一种主义和世界观，还可以指中国特有的一种思想形态。

首先，作为一种学科而言，“人文”一词指人文科学，或至少称为人文学科。主要研究：①人道或仁慈的性质或状态，慈爱或慷慨的行为或性情；②人性，人的属性；③人类；④人文学（或人文学科、人文科学）或人文学的研究。



#### 小贴士

《大英百科全书》的“人文学科”词条指出：人文学科是指那些既非自然科学也非社会科学的学科的总和。一般认为人文学科构成一种独特的知识，即关于人类价值和精神的人文主义的学科……人文学科包括如下研究范畴：现代与古典语言、语言学、文学、历史学、哲学、考古学、艺术史、艺术批评、艺术理论、艺术实践，以及具有人文学科内容和运用人文主义方法的其他社会科学。

其次，作为一种主义和世界观而言，“人文”一词指人文主义（humanism）。人文主义，强调人的教养，人的全面发展，是欧洲文艺复兴时期的一个重要思潮。

最后，作为中国思想的一种特色，“人文”一词出自中国哲学经典，特指中国各家各派哲学思想中所蕴含的一种人文精神。“人文”一词出自《易·贲卦·彖传》：刚柔交错，天文也。文明以止，人文也。观乎天文，以察时变。观乎人文，以化成天下。意思是：刚柔交错成文，这是天象。社会制度、风俗教化是人们生活的基础，是社会人文现象。观察天象，就可以察觉到时序的变化。观察社会人文现象，就可以用教化改造成就天下的人。



### 探究与交流

人的实践活动形式与内容直接影响着思维活动的各个方面，从而出现与不同实践活动相应的思维方式。如科学实践、工程实践、艺术实践分别产生出科学思维方式、工程思维方式与艺术思维方式。请同学们查阅资料填写表1.1。

表 1.1 人类实践活动对比分析表

活动类别	任务	目的	本质
科学实践	研究和发现事物	发现、探索、追求真理	认识创新
技术实践			
工程实践			
艺术实践	创造艺术作品	展现美感	创造美
数学实践			
人文实践			

思维与现实之间存在异中有同、同中有异的复杂关系。因此，不能笼统断定科学思维或工程思维就是科学家或工程人员的思维方式，而其他的人就不运用这些思维方式。

## 二、科学与技术的一体化

科学与技术的一体化是近代以来科学与技术发展的主要特征之一。近代以来，科学和技术的关系越来越密切，界限越来越模糊，科学与技术统称为科技。

科学技术一体化的主要特征是：科学技术化，技术科学化，并在科学和技术之间陆续诞生了许多边缘学科和交叉学科。



### 探究与交流

交叉学科是指不同学科之间相互交叉、融合、渗透而出现的新兴学科，如化学与物理学的交叉形成了物理化学和化学物理学，化学与生物学的交叉形成了生物化学和化学生物学，物理学与生物学的交叉形成了生物物理学等。这些交叉学科的不断发 展大大地推动了科学进步，学科交叉研究体现了科学向综合性发展的趋势。

请同学们上网了解一下交叉学科，在课堂上分享自己的见解。

科学技术化有两方面含义：一是指科学研究活动中包含了大量的技术活动和把技术成果作为科学的辅助部分；二是科学的发展依赖于现代技术为其提供先进的研究设备和手段，技术在科学研究中显现出前提性作用，新技术的发展促使人们认识自然的实验手段不断增加、不断提高，从而推动科学的进一步发展。技术科学化包含两层意思：一是指在技术开发活动中，科学知识成为技术活动的组成要素，技术开发具有科学探索的属性，是对科学的延伸和拓展；二是技术以科学知识为基础，技术的发展依赖于现代科学，重大技术问题的解决往往依赖于科学理论的突破。例如“中国天眼”FAST（Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope，500 m口径球面射电望远镜），是国家重大科技基础设施，也是目前世界上最大最灵敏的单口径射电望远镜，搜寻和发现脉冲星是“中国天眼”的主要科学目标之一。自落成启用以来，“中国天眼”已发现多颗脉冲星，还首次发现距地球约4 000光年的毫秒脉冲星，它是迄今为止人类发现的射电流量最弱的高能毫秒脉冲星之一。

科学与技术连成一体后，科学对技术的研究方式、发展速度及价值取向等都产生了深刻的影响。在科技一体化中，以寻求客观本质规律为目的的基础科研，一般要以技术发展的未来范围作为科研选题的主要依据，认识世界的活动明确地服务于改造与适应世界的活动。而应用研究与发展研究则根据基础科研的最新成果，主动探索新技术原理和新技术应用，使得实用技术的发展基本上摆脱了已有经验的局限，而能够广泛灵活地运用各种新技术原理，在技术开发中实现最优的技术组合。



### 阅读材料

## 科学与技术关系的发展历程

在人类历史上，科学与技术经历了几次分合。科学与技术起源于人类的社会生产实践，本来是内在统一的，但随着生产力的发展，出现了脑力劳动与体力劳动的分工，一部分人从单纯的体力劳动中分化出来，专门从事政治、宗教、艺术、哲学等活动，科学与技术从此分道扬镳（这时的自然科学仍未从自然哲学体系中分离出来，因而此处的科学不仅包括自然科学，也包括人文社会科学），科学活动由学者们承担，技术则由工匠们掌握。

在古代，科学对技术的影响甚微，技术多是凭借经验掌握和积累的，那时几乎没有以科学应用为特征的技术，而只有手艺、技能。尽管如此，技术仍有可能发展到惊人的水平，例如火药的发明，古代中国人并未了解其中的科学原理。

从15世纪下半叶近代自然科学产生以后，直到19世纪上半叶，科学的实际应用才逐步显现效能。15世纪以后，科学实验活动融入科学研究，使科学与实践的联系日益紧密，也使科学的生产功能逐渐体现出来。但是，在第二次工业革命之前，科学进步与技术创新之间的联系一直很薄弱，科学真正发挥其先导作用是在第二次工业革命后，假如没有奥斯特、法拉第等人对磁电转化规律的探讨，奥托没有提出内燃机四冲程工作原理，根本不可能掀起第二次工业革命。第二次工业革命后，科学才真正走到技术前面，成为技术创新的先导因素，正如贝尔纳在

《历史上的科学》一书中所说：自第二次工业革命以后，化学、染料、电力和公共健康方面的技术进步明显地依赖于化学、物理和生物科学的进步。

近代以来，科学与技术的关系密切，科技一体化产生。

### 三、科技与人文融合的意义

长时间以来，科学技术与人文一直被人们视为两个不同的文化领域，前者象征着理性与秩序，它的终极目标是为人们所处的纷乱复杂的世界寻求合理的规律性解释，并努力使人们能够理解和掌握它们。而人文的内涵是对人内心世界的关怀，人性的完善、和谐和全面是它的目标，自由、平等、公平、和谐是它的最高理想。

科技与人文的精神价值是相互渗透、相互支撑的。科技活动的全部过程始终贯穿着人文精神，而科技活动领域本身就是一个丰富的人文世界。但科技毕竟不是人文，科学技术像一把双刃剑！它可以为人类带来文明进步，带来物质生活的繁荣，也可以将人类引入灭亡的深渊。例如核能开发，核能发电可以解决人类的能源危机，但核武器同样能够轻易毁灭人类。人们在实践中发现，科学技术诚然可以医治身体的疾患和创伤，却解决不了精神方面的无形情绪。爱因斯坦曾说：我们切莫忘记，仅凭知识和技巧并不能给人类的生活带来幸福和尊严。由此提示我们：当科学技术大踏步前进的时候，人文科学到底应当有何作为？

科技与人文都有自己的独特作用，也有不足的一面，过于强调一方的作用，而忽略另一方，必然导致人类文明的不健康发展。只有将科技与人文融会贯通起来，人类才有光明的发展前景。首先，科学技术与人文精神的结合是追求真善美的统一，都尊重客观事实，都能透过现象看本质，有统一的基础。其次，它们之间有密不可分的关系。科学技术需要人文精神。人文精神为科学技术提供了某种终极意义和目标方面的支持，使得科学技术从技术层面进入精神、价值层面。人文精神对于真善美的追求，为科学技术注入了灵魂。人文精神的进步、思想的解放，有助于科学技术的进步。人文精神也需要科学技术，科学技术是人文精神的基础，科学技术的每一次进步，都促使人文精神的继续发展。因此，科技与人文不能割裂开来，而要统一起来。



#### 案例分析

#### 青藏铁路

青藏铁路（图1.2）是我国修建的一条连接青海省西宁市和西藏自治区拉萨市的国铁Ⅰ级铁路，是通往西藏腹地的第一条铁路，也是世界上海拔最高、线路最长的高原铁路。

青藏铁路结束了西藏没有铁路的历史，对推进青海、西藏的经济发展、促进文化交流等起到了重要作用。但在其施工建设过程中，曾面临高寒缺氧、多年冻土、

生态脆弱三大世界性难题，在破解这三大难题过程中，青藏铁路形成了其人文铁路、科技铁路和绿色铁路三大特色。

铁路建设沿线设立多层次的医疗救护站，确保施工人员能得到及时的救治。铁路沿途经过的海拔最高点为海拔5 072 m，穿越多年冻土里程550多千米，建设过程中攻克了无数由于地质条件复杂、恶劣造成的技术难题，具有重大的科技意义。青藏铁路建设还尽力保护高原上的一草一木，努力减少对野生动物、冻土的影响，对冻土采取了多种保护措施，对藏羚羊等野生动物专门设立了迁徙通道。

请分析一下，青藏铁路在哪些方面体现了人文、科技、绿色特色？



图 1.2 青藏铁路



### 活动延伸

近代以来，随着以机械力学为基础的近代科学的兴起，自然科学逐渐占据了人类思维的中心，导致了科学主义和唯科学的倾向。在对人与自然的认识上，出现了科学的霸权行为。作为人类认识自然和利用自然的主要手段，科学技术被过度强化，似乎成为无所不能的工具，造成恶劣的环境污染、生态危机、核伤害和威胁等问题，给人类的生存和发展带来了挑战。面对这种局面，当前有不少学者提出以下观点：“科技是手段，人文是归宿。”“科技是行为，人文是灵魂。”

请同学们从科技与人文融合的角度出发，阐述自己对这一现象的认识。



## 第二节 知识融合创新教育的发展历程



### 学习目标

1. 了解国际上 STS、STEM、STEM+ 教育的发展历程。
2. 理解 STS、STEM、STEM+ 教育的内涵及知识融合创新应用意义。
3. 认识项目学习的重要性。

近年来，随着全球化的发展，以网络化和智能化为特点的新科技正在逐步影响甚至改变着人类的生活，并逐渐成为各国经济和社会发展的决定性力量。世界发达国家的教育都以未来创新教育观为着眼点，以面向21世纪全球化发展所需的核心素养为导向，用跨学科融合的课程体系和思维框架体系，培养高素质、强能力和富于创造性的复合型人才。



### 阅读材料

#### “复兴号”中国标准动车组

今天，中国高铁已经成为中国面向世界的“金名片”，无论是集成技术、施工技术、装备制造技术和运营管理技术，都处于世界先进水平。“四纵四横”高速铁路线路网络已投入运营，“八纵八横”主骨架已开展建设。“复兴号”中国标准动车组（图1.3）时速350千米，技术自主可控。



图 1.3 “复兴号”中国标准动车组

从设计、研制到运营，“复兴号”立足自主创新，始终追求卓越，不断突破技术瓶颈，摸索发展方向。

“复兴号”中国标准动车组构建了体系完整、结构合理、先进科学的技术标准体系，涵盖了动车组基础通用、车体、走行装置、司机室布置及设备、牵引电气、制动及供风、列车网络标准、运用维修等多个方面，达到国际先进水平。整体设计及车体、转向架、牵引、制动、网络等关键技术都是我国自主研发的。

高速铁路是一个庞大复杂的现代化系统，它由工务工程、牵引供电、高速列

车、通信与信号、运营调度、客运服务等多个子系统组成。高速铁路技术由各子系统技术及子系统之间的耦合技术共同构成，需要大量的科技专家、工程师、设计人员、技术人员联合科研攻关技术瓶颈。

学科融合与交叉既是产生创新性成果的重要途径，也是学科发展的趋势。下面我们就来学习一下近年来兴起的一些教育模式。

## 一、科学、技术、社会教育

科学、技术、社会（STS）教育是一种将科学（Science）、技术（Technology）和社会（Society）三个方面融合在一起的综合性教育。人们发现，科学技术的迅速发展，带来了经济发达、社会繁荣、生活幸福，但也产生了重大社会问题（如生态环境问题、人口问题、能源问题等）。为了解决这些问题，STS研究和STS教育应运而生。我国对其研究和推广始于20世纪80年代中期，陆续有教育行政部门、科研单位及高校、中小学开展了相关研究和实践工作。

STS教育是科学教育改革中兴起的一种新的科学教育构想，其宗旨是培养具有科学素养的公民。它要求面向公众，面向全体；强调理解科学、技术和社会三者的关系；重视科学、技术在社会生产、人们生活中的应用；重视科学的价值取向，要求人们在从事任何科学发现、技术发明创造时，都要考虑社会效果，并能为科技发展带来的不良后果承担社会责任。



### 探究与交流

塑料（图1.4）是一种人工合成化学品，是通过单体原料加聚或缩聚反应聚合而成的高分子化合物，俗称塑料或树脂，其颜色、形体、性能可通过在合成过程中添加各种辅助材料来实现。



图 1.4 塑料

塑料因制造成本低、实用性强、色彩丰富、抗腐蚀能力强、容易成形、耐用、防水、质轻、绝缘等优点，被广泛应用于农业、工业、建筑、包装、国防尖端工业，以及人们日常生活等各个领域。

但是，塑料也因其人工合成难以自然降解性，对生态环境造成了严重的污染。

“白色污染”导致许多动物死亡的悲剧频繁发生。塑料容易燃烧，且燃烧时会产生有毒气体；塑料不易降解，有些塑料埋在地下几百年也不会腐烂；多数塑料是由石油炼制的产品制成的，而石油资源是有限的；塑料的耐热性能差，易于老化；回收利用废弃塑料时，分类十分困难，而且经济上不划算。人类正面临被自己制造的塑料垃圾危害的困扰。

请同学们从环保的角度出发，对如何正确使用和回收塑料产品提出一些合理化建议。

## 二、科学、技术、工程、数学教育

科学、技术、工程、数学（STEM）教育是结合科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）和数学（Mathematics）的跨领域综合素质教育。它包括从学前教育到博士教育所有年级水平的教育活动，也包括正式教育（课堂教育）和非正式教育（课外项目）。STEM教育是一个偏理工科的多学科交融的领域。STEM教育的各学科被称为“元学科”，STEM教育的过程不是把科学、技术、工程和数学知识进行简易叠加，而是强调将本来分散的四门学科自然融合形成新的整体。从这里也可以看出，STS教育是一个处于动态发展中的教育。

STEM是科学、技术、工程和数学互相融合的概念，在学习中要注重这4个领域间的相互关系与作用，如表1.2所示。作为具有跨学科综合实践能力的新一代创新者，需要对学科知识有一个更深层次的理解，思考要超越学科的界限，更需要在面对真实世界的具体问题时，能整合所学知识去解决实践中的现实问题。

表 1.2 STEM 教育中各学科之间的关系

领域	科学	技术	工程	数学
概念	是一种研究方法，也是基于这种方法而建立起来的知识体系 科学的首要目的是认识事物，解释事物的存在与发展原理、规律，以及相互关系的知识体系	是人类运用科学知识对自然进行合理开发与利用，以及在保护自然和与自然和谐相处中积累起来的经验、方法、技巧、工艺和能力等 技术的任务是把科学的成果应用到实际问题中去，提高工作效率或改善生活品质	是人类为满足自身需求有目的地改造、适应并顺应自然和环境的活动。工程是将科学知识和技术成果转化为现实生产力的活动，是一种有计划、有组织的生产性活动，目的在于向社会提供有用的产品	是人脑对现实对象的数量关系和空间形式的本质特征的一种反映形式，即一种数学的思维形式

续表

领域	科学	技术	工程	数学
联系	在STEM教育中,强调解决实际问题或项目实践中科学知识的获取和应用,以及科学探究的重要作用	在STEM教育中,强调解决实际问题或项目实践中创造性地应用科学方法和工具解决实际问题或产生产品	在STEM教育中,强调解决实际问题或项目实践时系统地、有计划地、有组织地综合运用科学、技术、数学的概念、原理与做法	在STEM教育中,强调解决实际问题或项目实践时进行信息分析、问题提取、统计数据、建构模型、结论推断等数学思维活动



### 探究与交流

科学、技术和工程的发展是相互联系、相互制约的,我国著名学者李伯聪教授曾提出“科学、技术、工程三元论”,即科学是基础,技术是手段,工程是应用,是一贯性的统一整体,三者不可分割。请尝试将相关的序号填入表1.3的适当位置。

表 1.3 科学、技术和工程的区别

	科学	技术	工程	可选内容
研究任务				①认识世界,揭示自然界的客观规律;解决自然界“是什么”“为什么”的问题 ②对自然界合理开发与利用的手段和方法;解决开发与利用自然界“做什么”“怎么做”的问题 ③将头脑中的观念形态的东西转化为现实,并以物的形式呈现给人们
研究目的				①实现 ②发现 ③发明
成果形式和评价标准				①遵循“策划—规划—计划—实施—测试—反馈—修正”的路线评价成败,达不到预期目标就意味失败 ②技术方案、设计图纸或专利等,具有商品性;评价利弊得失,以功利(或价值)为尺度 ③知识形态的理论或知识体系,具有公共性或共享性;评价是非正误,以真理为准绳

STEM教育理念最早是由美国政府提出的教育倡议，是为加强美国K-12（从幼儿园到12年级的教育）关于科学、技术、工程、艺术及数学的教育。最早出现在1986年美国国家科学委员会发表的《本科的科学、数学和工程教育》中的“科学、数学、工程和技术”教育纲领性建议。此后的20年里，美国出台了一系列的相关政策、法规、研究报告，例如1996年美国国家科学基金会的《塑造未来：透视科学、数学、工程和本技术本科教育》、2006年的《美国竞争力计划》、2007年的《美国创造机会以有意义地促进技术、教育和科学之卓越法》（又称作《美国竞争法》）、2011年美国国家科学院研究委员会发布的《成功的K-12阶段STEM教育：确认科学、技术、工程和数学的有效途径》、2015年的《2015年STEM教育法案》，以国家法案的形式指导STEM教育发展，动员全社会特别是企业界的力量。

中国STEM教育起步较晚，但近年来，一些研究单位、学者、中小学校在理论研究、教育实践和教育政策方面进展显著。

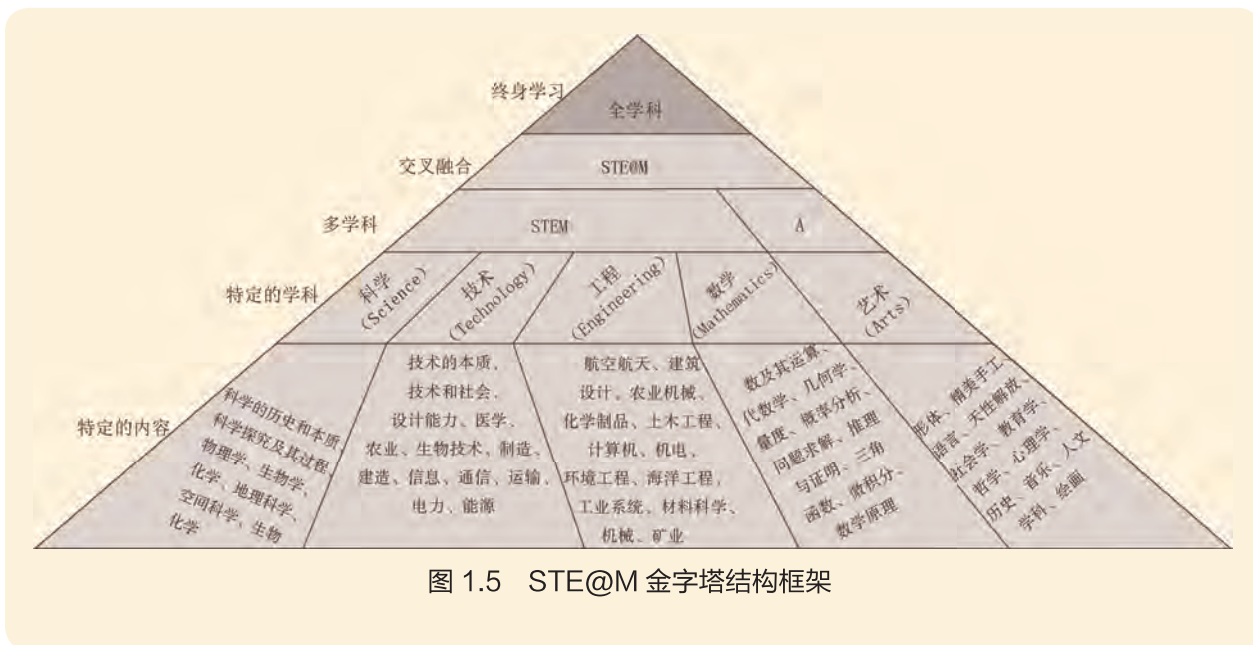
### 三、STEM+教育

在STEM教育日益普及的同时，世界各国开始认识到教育应该从分科式推向跨学科整合融合，一些“STEM+”新兴概念逐渐兴起。“STEM+”中的加号，意味着有无限可能，代表了学生科学精神和综合能力的延伸。STEM+教育强调社会价值、人文艺术、信息技术与STEM的整合，学生智力因素与非智力因素的融合，知识学习与真实世界的关联，问题学习与解决生活实际问题相结合。美国学者雅克曼在2006年首次提出将Arts（艺术）学科与STEM原有4个学科融合，形成STEAM。韩国学者金镇洙也指出A在狭义层面的意思是指美术、音乐等学科，在广义层面的意思是指美术、音乐、社会、语言等人文语言艺术。后续，有学者提出要体现阅读和写作的思维技巧，可以增加Reading/Writing元素，使其演变为STREAM；有学者提出要融入计算机科学、计算思维、调查研究、创造与革新、全球沟通、协助及其不断涌现出的知识与技能，变成STEMX；为了让STEM能持续发展，后续还有学者不断提出STEAM+、STEAMS、STEAM<sup>2</sup>等新概念，以适应STEM发展新的需求。



#### 阅读材料

雅克曼提出的STEAM金字塔结构框架（图1.5），以STEM教育为基础，解释了如何整合传统的科学、技术、工程、艺术和数学学科，以此制订课程计划。



探究与交流

请依据“STE@M金字塔结构框架”对照表1.4进行分析，在自己熟知的领域划“√”，发现自己优势；在自己感兴趣的领域划“○”，找出自己期望努力的方向。

表 1.4 “STE@M 金字塔结构框架”对照表

领域	科学 (Science)	技术 (Technology)	工程 (Engineering)	数学 (Mathematics)	艺术 (Arts)
熟悉或感兴趣的内容	科学的历史和本质 ( )	技术的本质 ( )	航空航天 ( )	数及其运算 ( )	形体 ( )
	科学探究及其过程 ( )	技术和社会 ( )	建筑设计 ( )	代数学 ( )	精美手工 ( )
	物理学 ( )	设计能力 ( )	农业机械 ( )	几何学 ( )	语言 ( )
	生物学 ( )	医学 ( )	化学制品 ( )	量度 ( )	天性解放 ( )
	化学 ( )	农业 ( )	土木工程 ( )	概率分析 ( )	社会学 ( )
	地理科学 ( )	生物技术 ( )	计算机 ( )	问题求解 ( )	教育学 ( )
	空间科学 ( )	制造 ( )	机电 ( )	推理与证明 ( )	哲学 ( )
	生物化学 ( )	建造 ( )	环境工程 ( )	三角函数 ( )	心理学 ( )
		信息 ( )	海洋工程 ( )	微积分 ( )	历史 ( )
		通信 ( )	工业系统 ( )	数学原理 ( )	音乐 ( )
	运输 ( )	材料科学 ( )		人文学科 ( )	
	电力 ( )	机械 ( )		绘画 ( )	
	能源 ( )	矿业 ( )			

## 四、项目学习的兴起

网络使人们能够快捷地获得信息，从而导致了学习方法的转移，从原来寻求过度强调记忆信息的状态，转移到需要学会获得有用信息并根据自己的观察分析来创造新的信息。机器的使用减少了人对低技能劳动力的需求，这种情况使得学习者不仅要理解概念的能力，更要有应用概念的能力。传统学习方法的优点是能让学习者一下子抓住本质、要点，缺点是学习者不能全面地了解知识的生活需求，没有发现问题并解决问题的能力，没有创新能力。学习者一旦回归复杂多变的社会，面对层出不穷的现实问题，往往束手无策，不会学以致用，更不用说去创造创新。人类社会已发展到信息时代，随着科技不断的变革，学习更重要的目的是提高综合素质、创造知识和解决实际问题，而不是单纯地拥有知识。

项目学习（图1.6），是一种创造性地解决实际问题的学习方式，现在已发展成为21世纪的学习策略之一。它帮助学习者围绕任务（问题/主题），依据情景、要求或评价标准，以小组的方式进行自主、合作、探究性地学习。项目学习以学习者为中心，以学科概念和原理为基础，学习者通过参与真实的活动项目，对复杂、真实的问题进行探究，通过收集信息、调查、研究、协作，最终解决问题或形成作品，从而建构知识，并且能在现实生活中将知识学以致用。

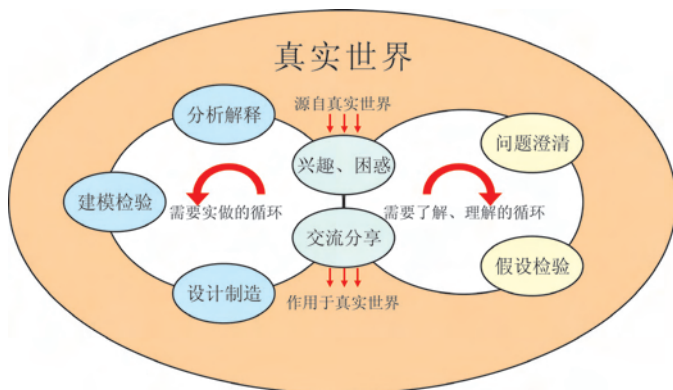


图 1.6 项目学习模型

这种方法适用的范围很广，能把真实的、有意义的、连贯的、丰富的知识和经验融合到项目中，如跨学科知识、专题文化、科技手段、国际理解与合作，等等；更能深入而全面地促进同学们理解知识内容，提高学习质量，理解解决复杂问题的方法，促进了高级认知能力的发展。



### 做中学

#### 平衡竹蜻蜓的设计与制作

大眼宝贝——蜻蜓，无脊椎动物，昆虫纲，蜻蜓目，差翅亚目昆虫的通称。蜻蜓善于飞行，有很好的平衡能力，在任何一个小树尖、草尖上都能轻松站稳（图1.7）。

下面我们就设计制作一个可以立在手指上的平衡蜻蜓。

材料与工具：一次性筷子1根、冰棒棍4根（93 mm×10 mm×2 mm）、砂纸1张、快干胶1瓶。

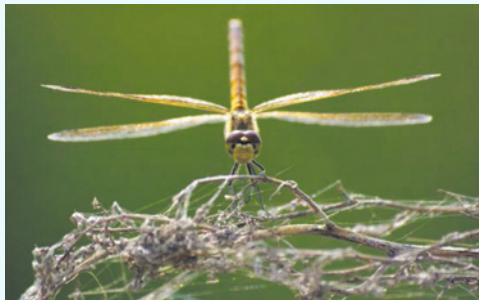


图 1.7 站立的蜻蜓

技术实践知识点：

(1) 平衡点：在力学系统里，惯性参照系内，物体受到几个力的作用，仍保持静止状态，或匀速直线运动状态，或绕轴匀速转动的状态，叫作物体处于平衡状态，简称物体的“平衡”。使物体达到平衡的点就是平衡点。

(2) 物体重心：重心，是在重力场中，物体处于任何方位时所有组成支点的重力的合力都通过的那一点。

简要制作过程：

(1) 用砂纸把冰棒棍一端磨成斜边，如图1.8所示。



图 1.8 冰棒棍磨边



图 1.9 蜻蜓尾部磨成的形状

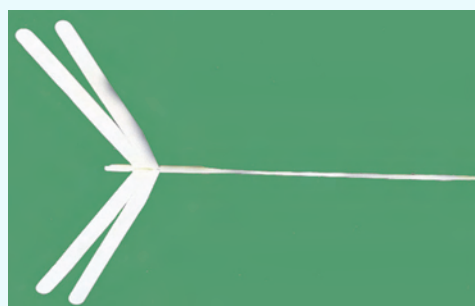


图 1.10 冰棒棍粘在蜻蜓躯干上



图 1.11 蜻蜓嘴部屹立在尖物上

(2) 用砂纸将筷子一端磨成蜻蜓尾部的形状，另一端削成锥形做蜻蜓躯干，如图1.9所示。

(3) 将冰棒棍斜边粘在蜻蜓躯干上（图1.10），注意筷子先不要折短。

(4) 逐步削剪尾部，通过调整重心使蜻蜓嘴部能屹立在尖物上（图1.11）。

(5) 可以用彩笔进行美化，画出翅脉。

(6) 把竹蜻蜓放在一个支点上，看看能不能平稳地立在上。

想一想：在实际生活中，有哪些现象应用了重心与平衡的知识？

拓展实验：尝试换一种材料制作平衡蜻蜓。根据学到的知识，制作其他玩具。



## 本章小结

当今世界的科技正呈现新的发展态势和特征，各种科技发现与发明正深度影响着我们生存的环境，给我们带来快乐，也带来烦恼。人们愈发认识到只有科技与人文融合发展，人类社会才能健康发展。

科技与人文融合的重要性在于能够充分发挥科技与人文的作用。科学技术是人文的基础，促使人文向前发展；人文为科学技术注入灵魂，使其深入到精神层面、价值层面；两者不可割裂，要统一起来。

近年来出现的学科融合与交叉学科发展趋势需要复合型人才，科技人文融合创新更需要复合型人才，因此，教育要以面向21世纪全球化发展的核心素养为导向，以跨学科融合的课程体系培养高素质、强能力和富于创造性的复合型人才。STS教育、STEM教育、STEM+教育应运而生，以培养学生在面对真实世界的具体问题时，能用所学知识去解决问题。

## 学习评价

评价内容		自我评价	小组评价	教师评价
过程评价	师生互动	听课状态		
		课堂提问		
		研讨交流		
	实践活动	项目构思		
		合作协作		
		动手实践		
结果评价	目标实现	知识理解		
		平衡竹蜻蜓的图样设计		
		平衡竹蜻蜓的实物制作		
	收获反思	实践反思		
		改进优化		

# 第二章 桥梁工程

## 导 言

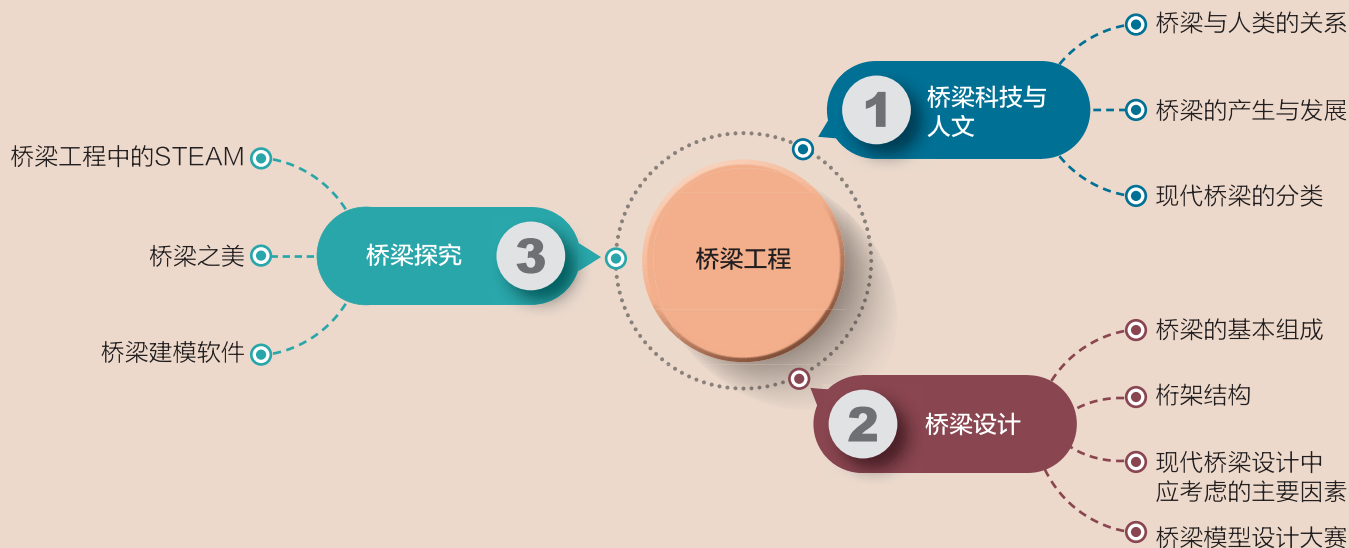
港珠澳大桥是连接香港、珠海、澳门的超大型跨海通道，全长55 km，是世界上最长的跨海大桥。建桥海域的地理环境极其复杂，不仅邻近机场，是繁忙的航道，需要面对台风，而且是珍稀保护动物中华白海豚国家级自然保护区域。

港珠澳大桥由海上桥梁、人工岛和海底隧道等共同组成，跨度巨大，能满足巨轮通航的三座斜拉桥上还分别建造了名为“中国结”“海豚”“风帆”的三个造型，蔚为壮观。

同学们想一想，建设这座桥梁都用到了什么知识与技术？

通过本章的学习，你将会对桥梁的发展史、分类、各类结构及影响现代桥梁设计的主要因素有深层次的理解。完成每一节课程内容的学习目标以后，你会在丰富自己学科知识的同时，达到提高自己的软件操作能力、动手实践能力及小组协作能力的学习效果。

## 思维导图



## 第一节 桥梁科技与人文



### 学习目标

1. 了解桥梁的发展历史。
2. 理解桥梁建筑与文化、社会的关系。
3. 了解现代桥梁的分类方法。

### 一、桥梁与人类的关系

通过前面的案例我们了解到，桥梁是道路的重要组成部分，无论是在古代、现代还是未来，都与人类的生活有着密切的关系。桥梁是人类在江、河、湖、海、山涧、不良地质或为满足交通需要而架设起的方便通行的建筑物。桥梁缩短了旅途的路程，使人类不再受河流、山涧、深谷等地形限制，能安全、快速地到达更遥远的地方。

比如，通过考古发现的位于西安市未央区的堪称“古丝绸之路第一桥”的古渭河桥遗址，是汉唐时期社会、经济、文化、外交、军事的重要通道，承载着深厚的历史文化内涵。钱塘江大桥，是中国人自行设计的第一座双层铁路公路两用桥梁，由桥梁专家茅以升设计。

桥梁是人类社会生存和发展的需要。桥梁主要通过改善交通来提高人民的生活质量，加强世界人民的联系，进而推动经济社会的发展。桥梁的产生和发展与人类各个历史阶段的社会、政治、经济、文化、科技、军事等方面的发展息息相关，它是人类历史发展和人类文明盛衰的见证，对人类的进步具有重大意义。



### 探究与交流

在全球范围内，日本、英国、澳大利亚、印度、泰国等国家的车辆是靠左行驶的，而中国、美国、俄罗斯、德国、法国等国家的车辆是靠右行驶的。请尝试在图 2.1 中设计并画出一座桥梁简图，方便从靠左行驶的地区 A 合理地到达靠右行驶的地区 B，并与同学们分享设计成果。



图 2.1 画出桥梁简图



## 阅读材料

## 奇特的左右行车道变更桥

荷兰NL建筑设计公司为了解决香港靠左行驶，而内地靠右行驶的交通行驶习惯，设计了粤港大桥（图2.2）。大桥主体是交叉螺旋的造型，如同一串珍珠横跨江面，驾驶者不用变换车道，沿着道路行驶就可以轻松完成靠左行驶与靠右行驶的交流习惯。



图 2.2 粤港大桥设计方案效果图

莲花大桥（图2.3）是一座连接澳门和珠海横琴岛的别具特色的大桥，大桥由左、右两组桥组成，双向六车道。设计师们一方面要解决由于交通规则互换导致的车辆换侧问题；另一方面又要解决珠海桥头一侧由于兴建横琴口岸联检大楼，导致桥台与联检楼的距离缩短、桥台公路下落至陆地的展线过短、车辆无法行驶的问题。



图 2.3 莲花大桥

设计师们提出的“双圆形曲线引桥立体换向方案”，不仅解决了车辆换侧的问题，也解决了珠海桥头纵向用地的问题，还使莲花大桥成为了一座具有独特造型和艺术感的建筑。两个特大的圆形曲线换向匝道桥，长1700多米，从空中俯瞰，犹如两个硕大的“9”字。

莲花大桥建成通车后，澳门驶往珠海的车辆，上桥时左行，驶下珠海端左侧匝道时就变成了右行；而珠海赴澳门的车辆，从珠海端右侧驶上匝道，到莲花大桥正桥时则变成了左行。两种交通规则，通过匝道桥得到自然、和谐的变换。

## 二、桥梁的产生与发展

历史上，随着人类科学技术的不断进步，对桥梁在载重、跨度、安全等方面提出了新的要求，推动了桥梁工程技术的发展。

古代人类建造桥梁大多是采用天然材料，如树木、自然形成的石梁或石拱、石块、藤萝，以及由泥土烧成的砖等（图2.4~图2.7）。据《诗经》记载，周文王为了娶亲，在渭水（今渭河）架设浮桥。古巴比伦王国在公元前1800年建造了多跨的木桥。古代美索不达米亚地区在公元前4世纪时建起石拱桥（拱腹为台阶式）。



图 2.4 浮桥



图 2.5 藤网桥



图 2.6 利用自然倒下的树木或经简单加工成桥



图 2.7 石拱桥

木桥早期的主要形式多为梁桥和浮桥。其优点是取材容易、重量轻、强度较高、加工及各部分连接的构造比较简单；缺点是木梁桥的跨度不大，且防火性、耐久性、承载力相对较差。石桥早期的主要形式是石拱桥和石梁桥两种。图2.7所示为石拱桥。其优点是可以就地取材，外形美观，养护简便；缺点是多为实体重型结构，跨越能力有限，石料的开采、加工、砌筑等需要的劳动力较多，工期较长。



### 探究与交流

请查阅相关资料，找出木桥和石桥的典型实例，依据上述木桥与石桥的优缺点用具体数据加以分析，并与同学们进行分享，填写表2.1。

表 2.1 木桥与石桥对比分析

桥梁类型	桥梁名称及历史	桥梁特点分析
木桥		
石桥		

近代铁和钢的生产，为桥梁提供了新的建筑材料。静力学、材料力学、梁理论、扭转理论、连续梁理论、悬臂梁理论和弹性拱理论等相关理论的建立，也为桥梁建造提供了更加科学的依据。

铁桥主要包括铸铁桥和锻铁桥。铸铁抗冲击性能差，抗拉性能也低，易断裂，适宜作拱桥建筑材料，如图2.8所示为铸铁拱桥。钢因抗拉强度大、抗冲击性能好，成为重要的造桥材料（图2.9）。钢筋混凝土桥（图2.10）采用在混凝土中放置钢筋的方法来弥补水泥抗拉性能差的缺点。

预应力钢筋混凝土桥（图2.11），用高强度钢筋和混凝土制成预应力钢筋混凝土，从而克服了钢筋混凝土易产生裂纹的缺点。预应力钢筋混凝土桥有简支梁桥、连续梁桥、悬臂梁桥、拱桥、桁架桥、刚架桥、斜拉桥等桥型。现代钢筋混凝土桥与双曲结构、桁架结构等多种结构组合，使得建造用料少、重量轻、施工简易。现代钢桥，使用强度高、韧性好、抗疲劳和耐腐蚀性能好的钢材进行建造。



图 2.8 铸铁拱桥



图 2.9 钢拱桥

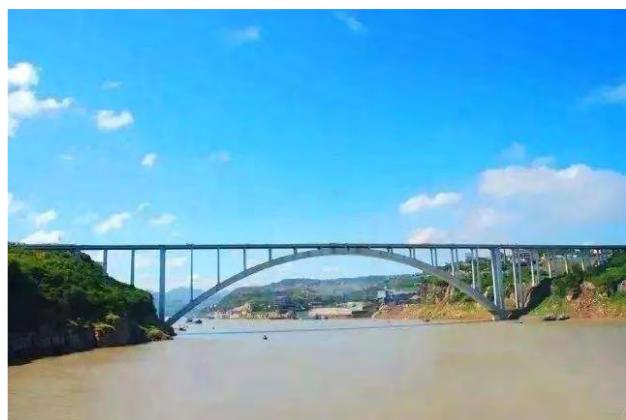


图 2.10 钢筋混凝土桥



图 2.11 预应力钢筋混凝土桥

随着社会生产力水平的不断提高，各种施工方法和工艺不断创新，未来的桥梁建设将更加注重新技术、新材料、新工艺、新设备等方面的应用。同时，施工过程中的自动控制管理和质量管理也将得到重视。



活动延伸

请根据上述“桥梁的产生与发展”中的内容，画出你设想的未来桥梁的外观简图，并与大家分享它可以解决哪些具体问题，填写表2.2。

表 2.2 未来桥梁简图及其可以解决的问题

未来桥梁简图	可以解决的问题

### 三、现代桥梁的分类

桥梁的分类方式多种多样，可以从受力特点、使用途径、跨径大小和多跨总长、车道位置、承重构件受力情况、使用年限、材料类型、跨越方式和施工方法等多种角度进行划分。

#### （一）根据受力特点分类

根据受力特点不同，可将桥划分为梁式桥、拱式桥、刚架桥、悬索桥、斜拉桥、组合体系桥等6种。

##### 1. 梁式桥

梁式桥（图2.12），是以受弯为主的主梁作为主要承重构件的桥梁。其受力特点为：在竖向荷载作用下无水平反力，其主要承重构件是梁，由于外力的作用方向与梁的轴线趋近于垂直，因此外力对主梁的弯折破坏作用特别大，故属于受弯构件。建造材料方面，需要用抗弯能力较强的钢筋混凝土或预应力混凝土等材料修建。梁式桥按受力特点，又可分为简支梁桥、连续梁桥和悬臂梁桥3种类型。



图 2.12 钱塘江大桥（梁式桥）

（1）简支梁桥（图2.13），主梁简支在墩台上，各孔独立工作，不受墩台变位影响。由于用料量比较大，一般不用于建造大跨径桥。

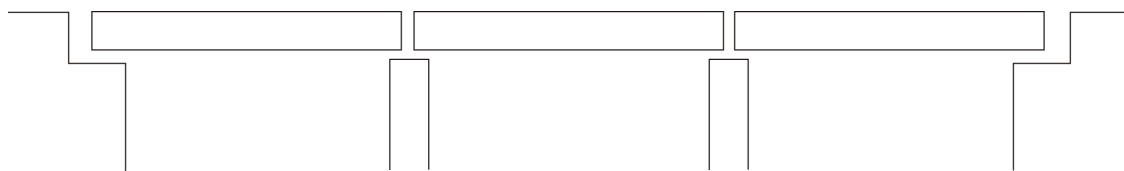


图 2.13 简支梁桥结构示意图

（2）连续梁桥（图2.14），主梁连续支承在几个桥墩上。连续梁一般用于地基条件较好、跨径较大的桥梁。



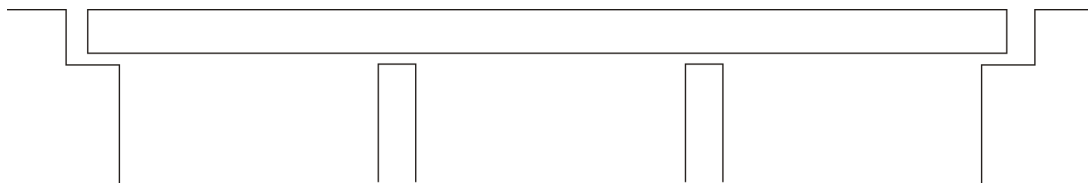


图 2.14 连续梁桥结构示意图

(3) 悬臂梁桥，又称伸臂梁桥，是将简支梁向一端或两端悬伸出短臂的桥梁。这种桥式有单悬臂梁桥（图2.15）和双悬臂梁桥（图2.16）。

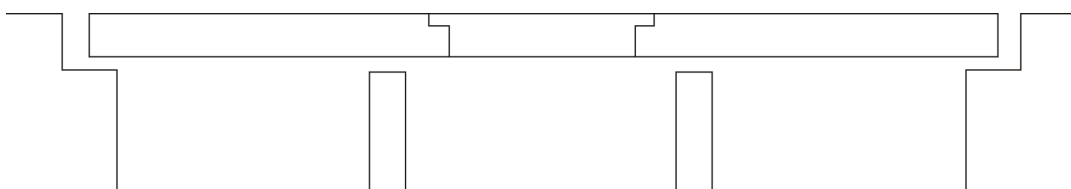


图 2.15 单悬臂梁桥结构示意图

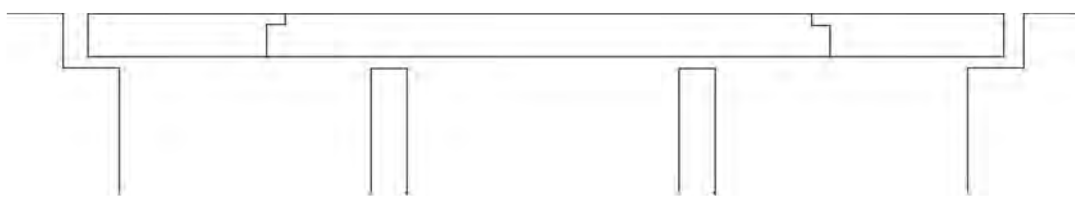


图 2.16 双悬臂梁桥结构示意图

## 2. 拱式桥

拱式桥，是以承受轴向压力为主的拱（称为主拱圈）作为主要承重构件的桥梁。其受力特点为：在竖向荷载作用下，拱的支承处会产生水平推力。水平推力使荷载在拱圈或拱肋内所产生的弯矩比同跨径的梁要小得多，而拱圈或拱肋主要是承受轴向压力，故属于受压构件。建造材料方面，通常利用抗压性能较好的圬工和钢筋混凝土等建筑材料来修建。图2.17为赵州桥，主要材料为石材。



图 2.17 赵州桥



图 2.18 安康汉江铁路桥（刚架桥）

### 3. 刚架桥

刚架桥，是一种梁与墩台刚性连接成整体结构的桥梁。其受力特点为：在竖向荷载作用下，梁部主要受弯，而在柱脚处也具有水平反力，其受力状态介于梁桥和拱桥之间。建造材料方面，主要为钢筋混凝土。图2.18所示的安康汉江铁路桥为斜腿刚架桥，图2.19~图2.21所示分别为“T”形刚架桥、连续刚架桥、斜腿刚架桥结构。

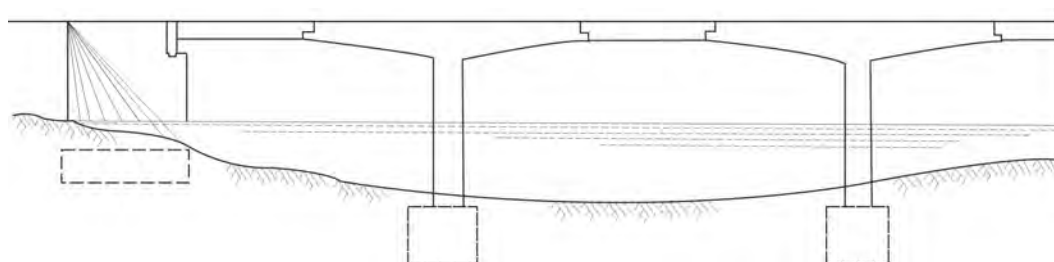


图 2.19 “T”形刚架桥结构示意图

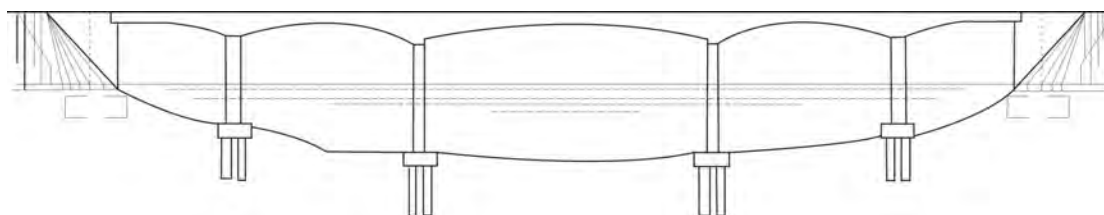


图 2.20 连续刚架桥结构示意图

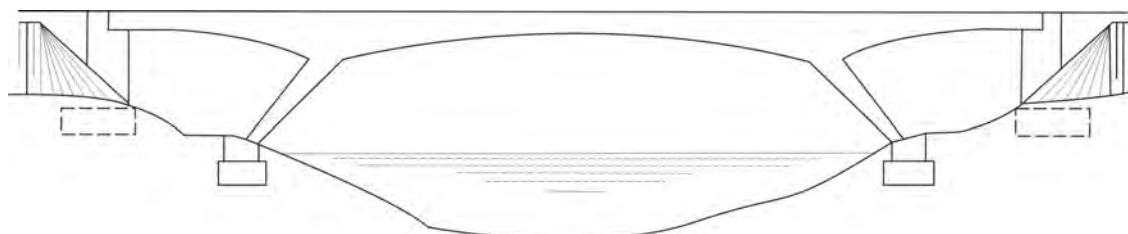


图 2.21 斜腿刚架桥结构示意图

### 4. 悬索桥

悬索桥（图2.22），又名吊桥，是以承受拉力的缆索或链索作为主要承重构件的桥梁。其受力特点为：荷载由加劲梁承受，并通过吊索将其传至主缆。主缆是主要承重结构，但其仅承受拉力。建造材料方面，因悬索桥的主要承重构件是悬索且主要承受拉力，所以一般用抗拉强度高的钢材（钢丝、钢绞线、钢缆等）建造。

### 5. 斜拉桥

斜拉桥（图2.23），是由主梁、斜向拉紧主梁的钢缆索及支承缆索的索塔等部分组成的桥梁。其受力特点为：外荷载从梁传递到索，再到索塔。桥承受的主要荷载并非桥上面的汽车或者火车，而是其自重，主要是主梁。建造材料方面，主要采用预应力钢索、混凝土和钢材建造。如图2.24~图2.26所示为斜拉桥的3种结构形式。



图 2.22 金门大桥（悬索桥）



图 2.23 苏通大桥（斜拉桥）

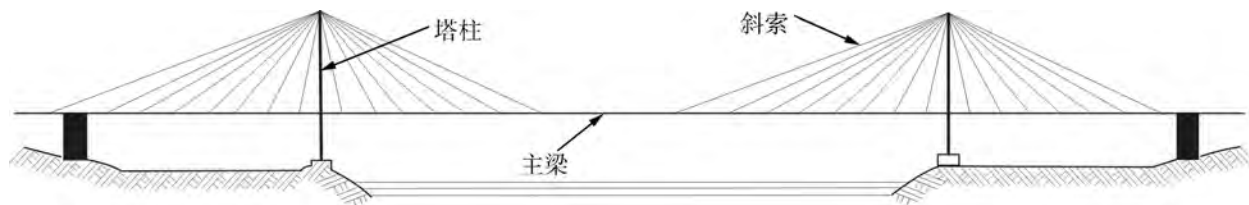


图 2.24 斜拉桥辐射式结构示意图

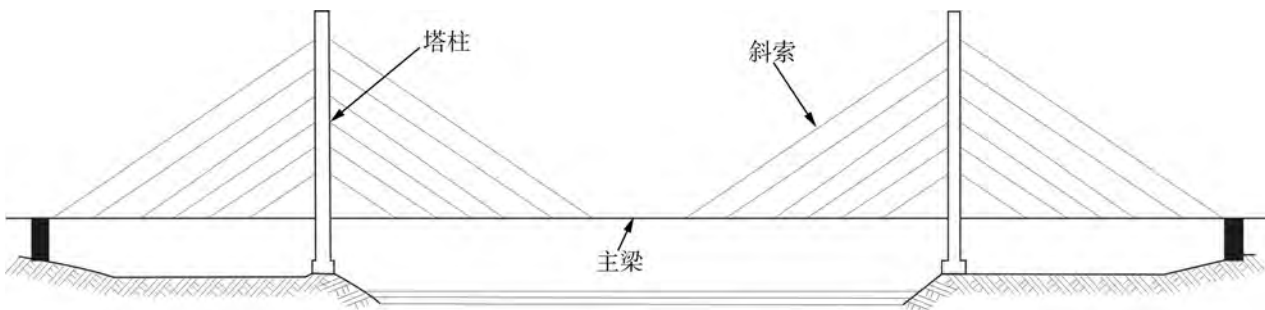


图 2.25 斜拉桥竖琴形结构示意图

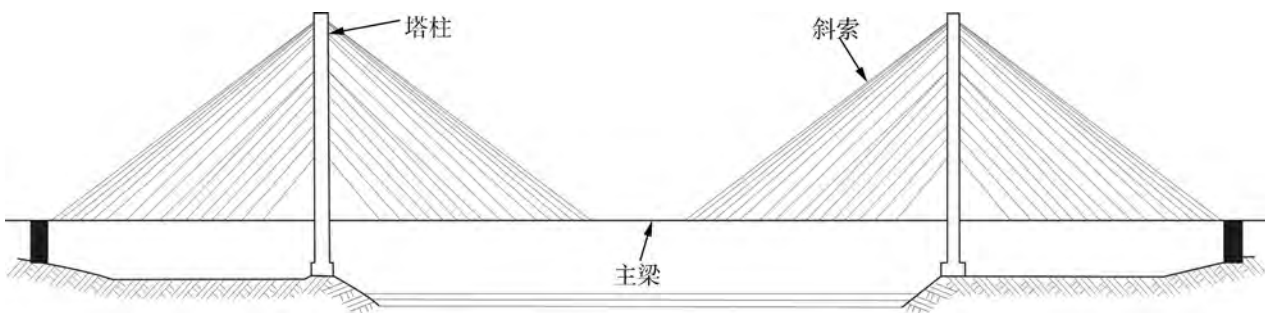


图 2.26 斜拉桥扇形结构示意图

## 6. 组合体系桥

组合体系桥（图2.27），是承重构件采用两种独立结构体系组合而成的桥梁。如拱与梁组合、梁与桁架组合、悬索与梁组合等。建筑材料方面，一般采用钢筋混凝土建造。



图 2.27 伦敦塔桥（组合体系桥）

## （二）根据使用途径分类

根据使用途径不同，可将桥划分为公路桥、铁路桥、公路铁路两用桥、农桥、人行桥、运水桥（渡槽）及其他专用桥梁（如通过各种管线等）。

## （三）根据跨径大小和多跨总长分类

根据跨径大小和多跨总长不同，可将桥划分为特大桥、大桥、中桥、小桥、涵洞5种，如表2.3所示。

表 2.3 各类桥多孔跨径与单孔跨径长度表

类别	多孔跨径总长 $L/m$	单孔跨径 $L_k/m$
特大桥	$L > 1000$	$L_k > 150$
大桥	$100 \leq L \leq 1000$	$40 \leq L_k \leq 150$
中桥	$30 < L < 100$	$20 \leq L_k < 40$
小桥	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_k < 20$
涵洞	—	$L_k < 5$

## （四）根据车道位置分类

根据车道位置不同，可将桥划分为：①上承式桥（图2.28），车道在桥跨结构上面；②中承式桥（图2.29），车道在桥跨结构中间；③下承式桥（图2.30），车道在桥跨结构下面。

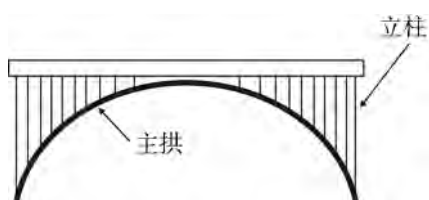


图 2.28 上承式桥结构示意图

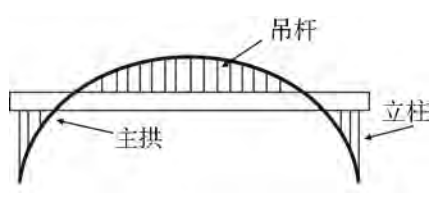


图 2.29 中承式桥结构示意图

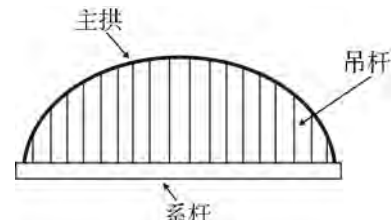


图 2.30 下承式桥结构示意图

### （五）根据使用年限分类

根据桥梁的使用年限不同，可将桥划分为永久性桥、半永久性桥、临时桥3种。

### （六）根据桥跨结构采用的材料类型分类

根据桥跨结构采用的材料类型不同，可将桥划分为：①木桥，指采用木料建造的桥梁；②钢桥，指采用钢材建造的桥梁；③圬工桥，指采用砖、石或素混凝土建造的桥梁；④钢筋混凝土桥，指采用普通钢筋混凝土建造的桥梁；⑤预应力钢筋混凝土桥，指采用预应力钢筋混凝土建造的桥梁。

### （七）根据跨越方式类型分类

根据跨越方式不同，可将桥划分为：①固定式桥梁，指一经建成后各部分构件不再拆装或移动位置的桥梁；②开启桥，指上部结构可以移动或转动的桥梁；③浮桥，指用浮箱或船只等作为水中的浮动支墩，在其上架设贯通的桥面系统以沟通两岸交通的架空桥梁；④漫水桥，又称过水桥，指洪水期间容许桥面漫水的桥梁等。

### （八）根据施工方法分类

根据施工方法不同，可将桥划分为：①整体式施工桥梁，在桥位上搭脚手架、立模板、然后现浇成为整体式的结构；②节段式，在工厂（或工场、桥头）预制成各种构件，然后运输、吊装就位、拼装成整体结构，或在桥位上采用现代先进施工方法逐段现浇而成整体结构的桥梁。



## 探究与交流

请根据表2.4中描述的桥梁特点填写对应的桥梁名称。

表 2.4 根据桥梁特点填写对应的桥梁名称

桥梁特点	对应的桥梁名称
以受弯为主的主梁作为主要承重构件的桥梁	
以承受轴向压力为主的拱作为主要承重构件的桥梁	
采用梁与墩台刚性连接成整体结构的桥梁	
主要由主梁、斜向拉紧主梁的钢缆索及支承缆索的索塔等部分组成的桥梁	
主要以承受拉力的缆索或链索作为主要承重构件的桥梁	
承重构件采用两种独立结构体系组合而成的桥梁	



## 探究与交流

悬臂梁是梁式桥中的一种经典设计结构，由于其一端为固定支座，另一端为自由端的结构特点，使其在人类的生产和生活中得到了广泛应用。请仔细分析你在生活中见到的结构，找出5种悬臂梁结构的应用，填写表2.5并在全班进行分享。

表 2.5 悬臂梁结构应用及其简图

悬臂梁结构应用举例	简图

## 第二节 桥梁设计应考虑的主要因素



## 学习目标

1. 了解桥梁的基本组成。
2. 了解桁架结构和分类。
3. 能够画出简单的桁架结构图，理解桁架结构的作用及其具体应用。
4. 了解影响现代桥梁设计的主要因素。

现实生活中，有宏大的跨海大桥、跨河大桥、跨山沟大桥，也有各类小型的景观桥；有石桥、钢桥、铁索桥、木桥、砖桥等。不同的桥梁对桥梁设计的技术要求、材料要求、功能要求、美观要求等相差很大。

在科学技术不断发展及计算机技术被广泛应用的今天，桁架结构除了在桥梁设计中

大量采用外，在机场、高铁站、展览馆、体育馆，以及大跨度的厂房等建筑中也得到了广泛的应用。

## 一、桥梁的基本组成

现代桥梁建造是一项技术复杂、施工难度大的土木工程。要设计桥梁，就要了解桥梁的基本组成，这样才有利于更好地解决桥梁设计与施工方面的种种问题。传统观点认为桥梁主要由桥跨结构、墩台基础、附属设施等部分组成。随着对大型桥梁建造的需求不断增加，越来越多先进的、复杂的结构被广泛应用，人们对桥梁品质的要求也在不断提升，桥梁组成更加系统化。现代观点认为，桥梁主要由“五大部件”与“五小部件”组成。

桥梁的“五大部件”（图2.31）由上部结构与下部结构组成，包括桥跨结构、支座、桥墩、桥台、墩台基础，主要作用是承受火车、汽车或其他运输车辆的荷载。上部结构包括：桥跨结构，是跨越障碍的主要承载结构；支座，是在桥跨结构与桥墩或桥台的支承处所设置的传递荷载的装置，支座不仅要保证传递桥跨结构预计的荷载，还要保证桥跨结构能适应温度变化或在其他因素作用下能产生一定的位移。下部结构包括：桥墩，是在河中或岸上支承两侧桥跨上部结构的建筑物；桥台，设在桥的两端，一端与路堤相接并防止路堤滑塌，另一端则支承桥跨上部结构的端部；墩台基础，是保证桥梁墩台安全并将荷载传至地基的结构。

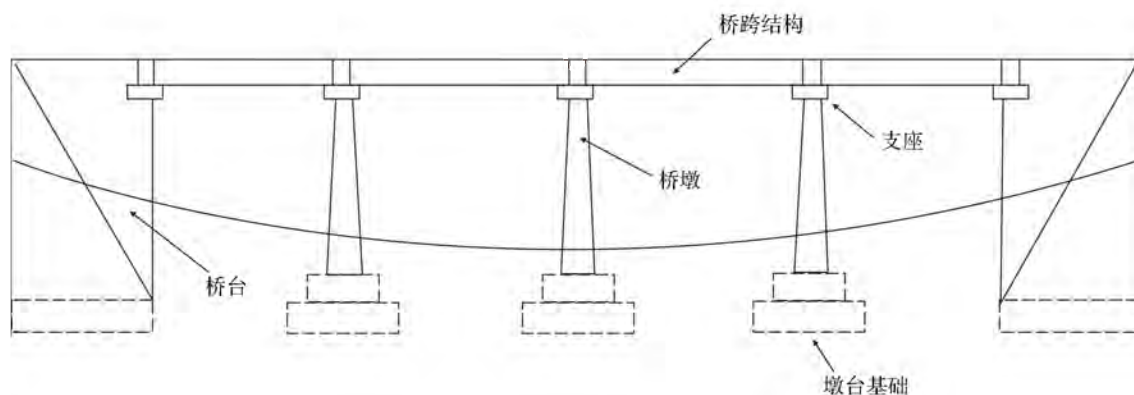


图 2.31 桥梁的“五大部件”

桥梁的“五小部件”主要指直接与桥梁服务功能有关的桥面构造部件，主要包括桥面铺装、排水防水系统、栏杆、伸缩缝及灯光照明系统。

## 二、桁架结构及其分类

在现代设计中，可选择的结构种类很多，而对于桥梁设计，则广泛采用桁（héng）架结构。桁架，可以理解为杆件彼此在两端通过焊接、铆接或螺栓连接而成的结构。桁架的优点是杆件主要承受轴向拉力或压力，可以充分利用材料的强度，节约材料，减轻结构自重和增大刚度。它是由直线形杆件组成的三角形区格集合形成的一种平面结构，一般由上（下）弦杆、竖（斜）腹杆组成，如图2.32所示。

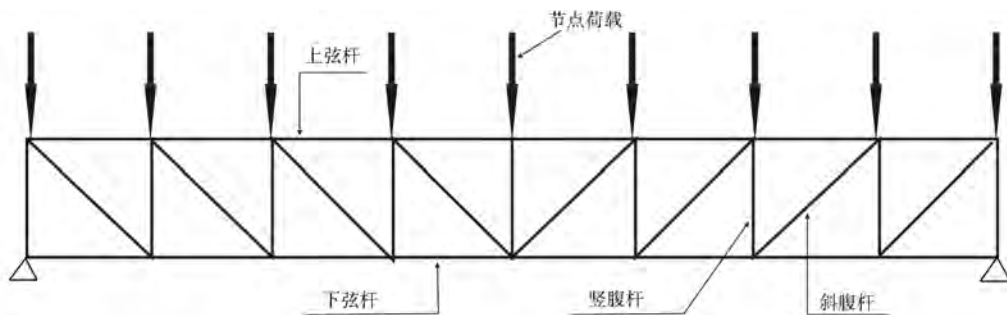


图 2.32 桁架结构示意图

可根据几何组成方式、维数、外形、受力特点不同，对桁架结构进行分类。

### (一) 根据几何组成方式分类

根据几何组成方式不同，可将桁架划分为简单桁架（图2.33和图2.34）、联合桁架（图2.35）和复杂桁架（图2.36）。

简单桁架，是在基础或一个铰结三角形上，每次用不在一条直线上的两个链杆连接一个新节点，按照这个规律组成的桁架。

联合桁架，是由简单桁架按基本组成规则构成的。

复杂桁架则是非上述两种方式组成的静定桁架。

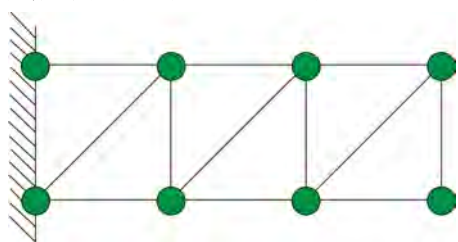


图 2.33 悬臂型简单桁架结构示意图

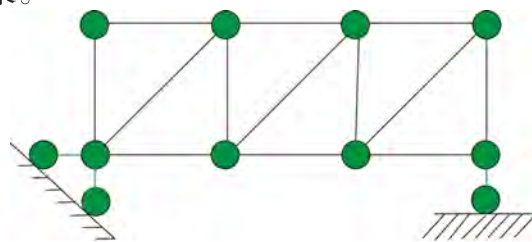


图 2.34 简支型简单桁架结构示意图

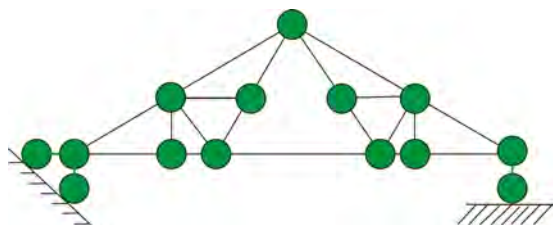


图 2.35 联合桁架结构示意图

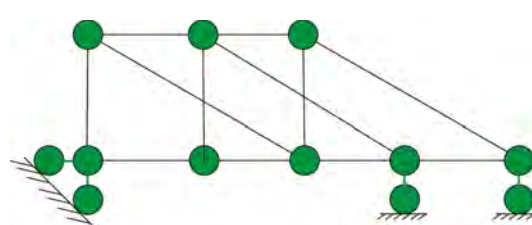


图 2.36 复杂桁架结构示意图

### (二) 根据维数分类

根据维数不同，可将桁架划分为二维桁架（图2.37）和三维桁架（图2.38）。

二维桁架，是指所有组成桁架的杆件及荷载的作用线都在同一平面内。

三维桁架，是指组成桁架的杆件不都在同一平面内。

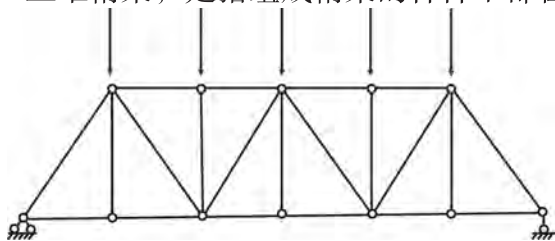


图 2.37 二维桁架结构示意图

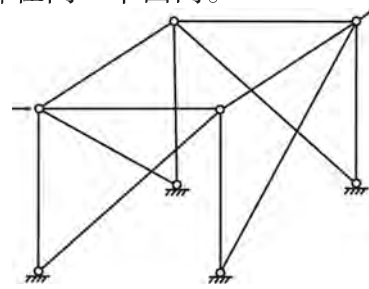


图 2.38 三维桁架结构示意图



### （三）根据外形分类

根据外形不同，可将桁架划分为三角形桁架、梯形桁架、矩形桁架、多边形桁架和空腹桁架5种类型。

#### 1. 三角形桁架

三角形桁架（图2.39）在沿跨度均匀分布的节点荷载下，上下弦杆的轴力在端点处最大，向跨中逐渐减少；竖腹杆和斜腹杆的轴力相反。三角形桁架由于弦杆内力差别较大，材料消耗不够合理，多应用于瓦屋面的屋架中。图2.40为三角形桁架静力结构分析图。

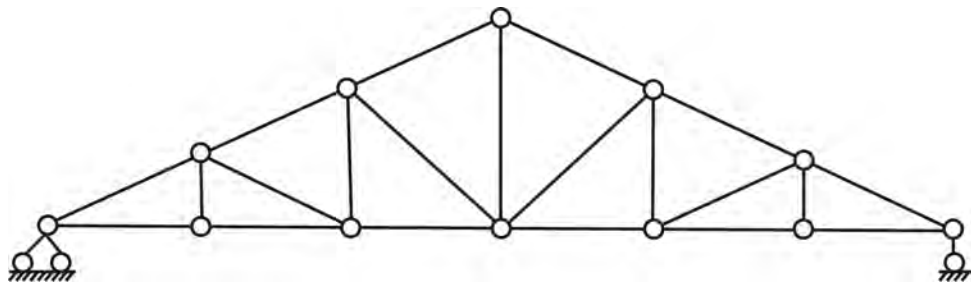


图 2.39 三角形桁架结构示意图

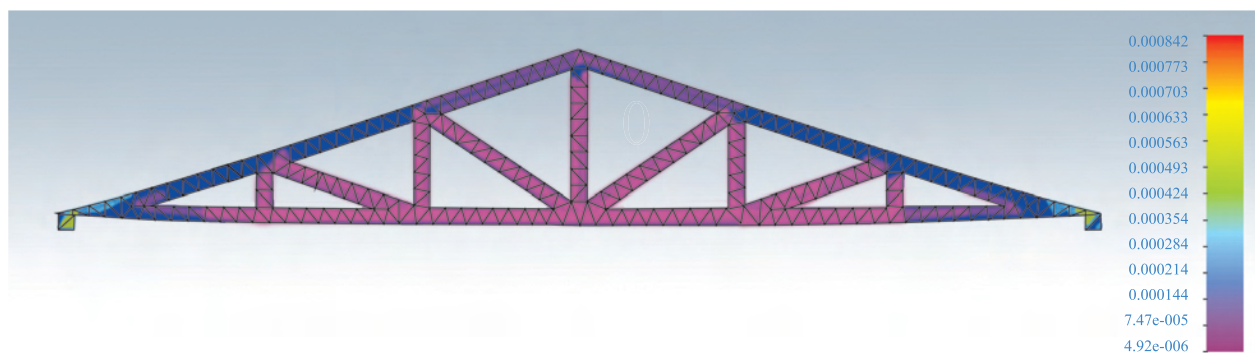


图 2.40 三角形桁架静力结构分析

#### 2. 梯形桁架

梯形桁架（图2.41）和三角形桁架相比，杆件受力情况有所改善，而且用于屋架中可以满足某些工业厂房的工艺要求。图2.42为梯形桁架静力结构分析图。

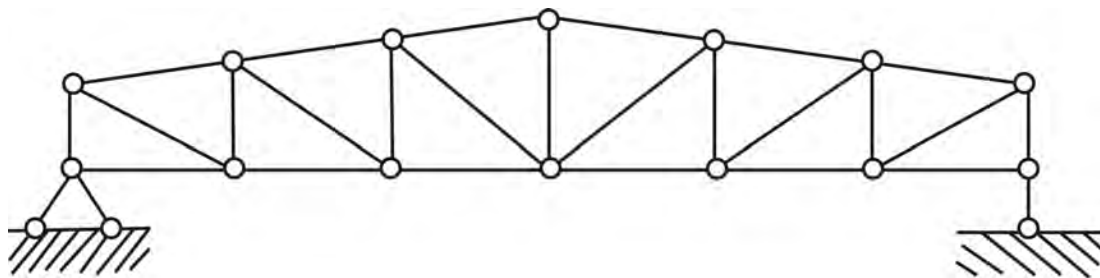


图 2.41 梯形桁架结构示意图

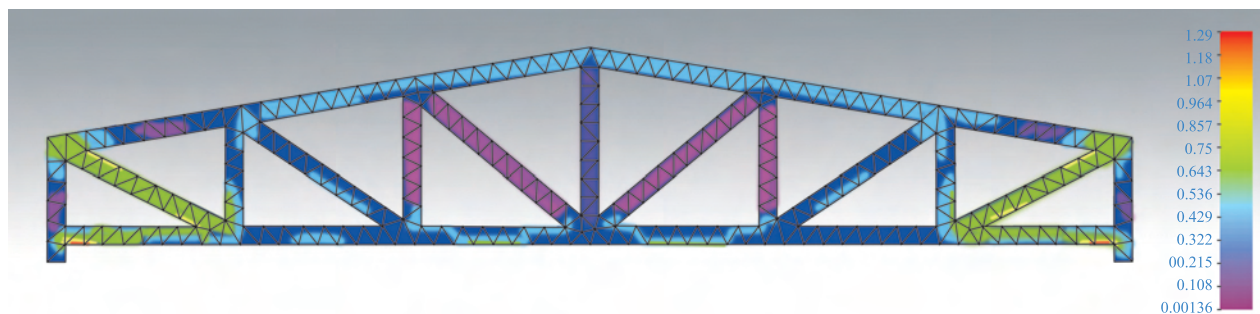


图 2.42 梯形桁架静力结构分析

### 3. 矩形桁架

矩形桁架（图2.43）高度相等，下弦各节间的内力随外荷载产生的总弯矩的变化而变化，跨中节间轴力大、靠近支座处轴力较小或为零，下弦内力变化较大。沿跨度方向竖腹杆和斜腹杆的轴力变化，在跨中小而靠近支座处较大。图2.44为矩形桁架静力结构分析图。

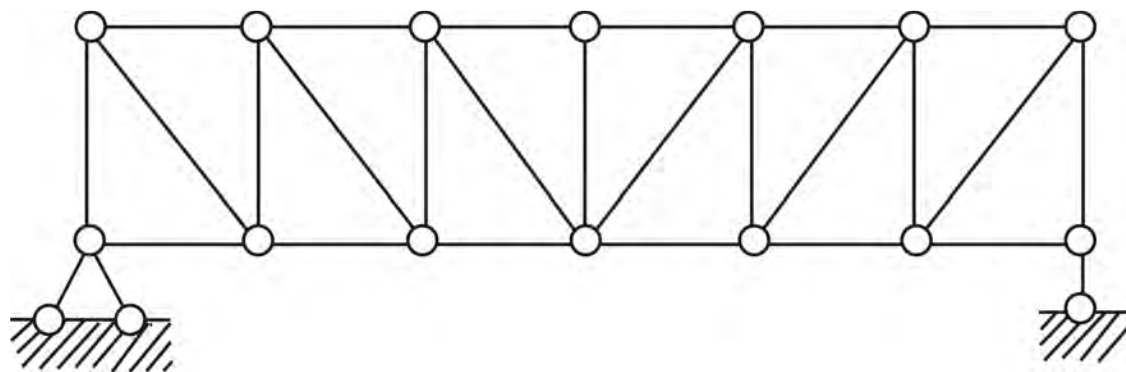


图 2.43 矩形桁架结构示意图

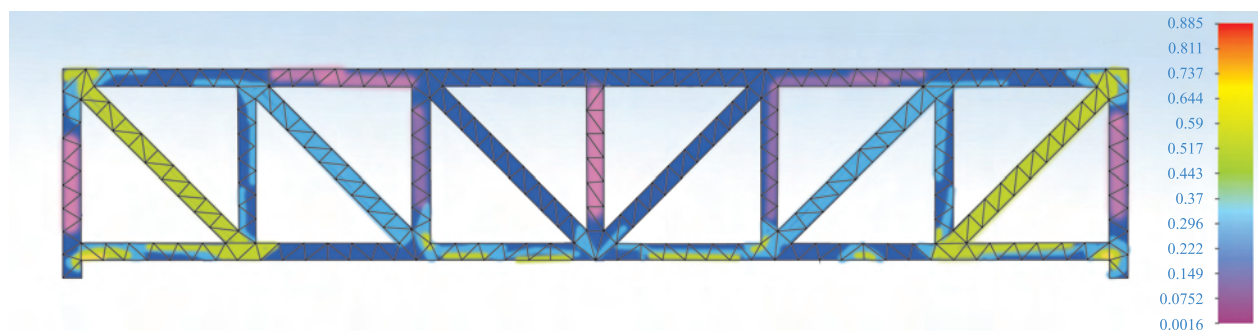


图 2.44 矩形桁架静力结构分析

### 4. 多边形桁架

多边形桁架（图2.45），也称折线形桁架。由多边形桁架静力结构分析图（图2.46）可知，多边形桁架上弦节点位于二次抛物线上，如上弦呈拱形可减少节间荷载产生的弯矩，但制造较为复杂。在均布荷载作用下，桁架上下弦轴力分布均匀，腹杆轴力较小，用料最省，是工程中常用的一种桁架形式。

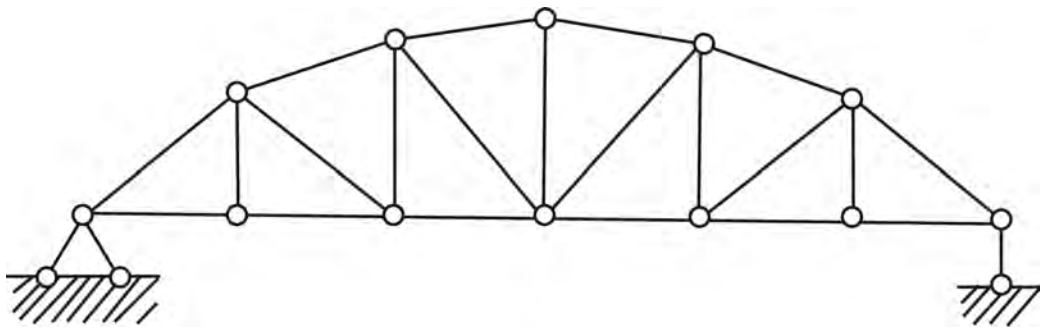


图 2.45 多边形桁架结构示意图

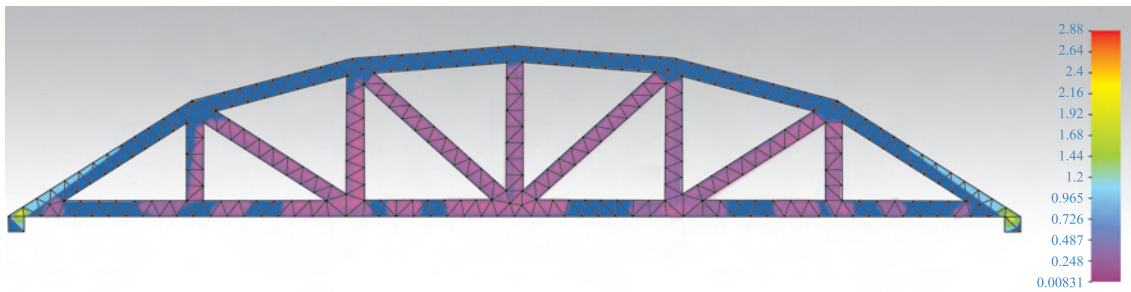


图 2.46 多边形桁架静力结构分析

### 5. 空腹桁架

空腹桁架（图2.47）基本采用多边形桁架的外形，无斜腹杆，仅以竖腹杆和上下弦相连接。杆件的轴力分布和多边形桁架相似，但在不对称荷载作用下杆端弯矩值变化较大。图2.48为空腹桁架静力结构分析图。

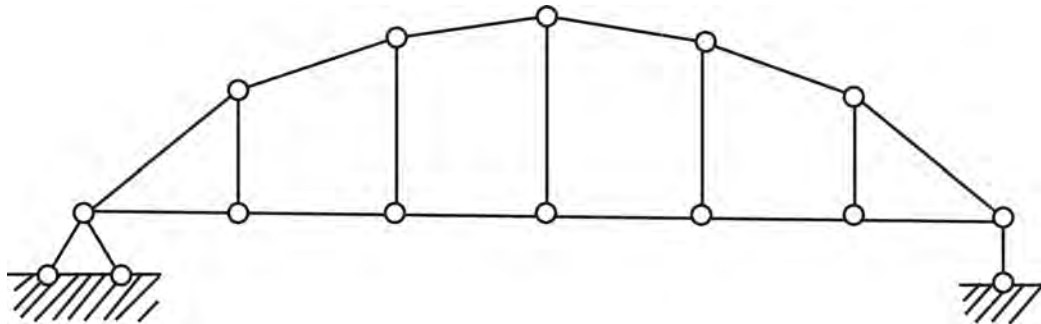


图 2.47 空腹桁架结构示意图

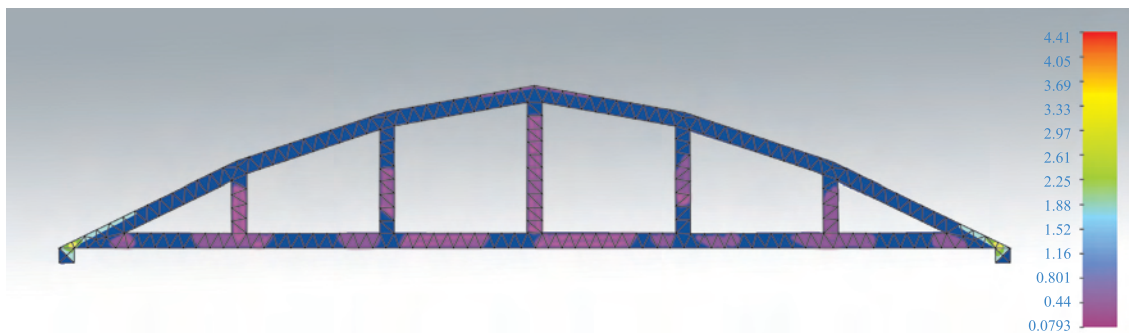


图 2.48 空腹桁架静力结构分析

#### (四) 根据受力特点分类

根据受力特点不同,可将桁架划分为梁式桁架(图2.49)和拱式桁架(图2.50)。

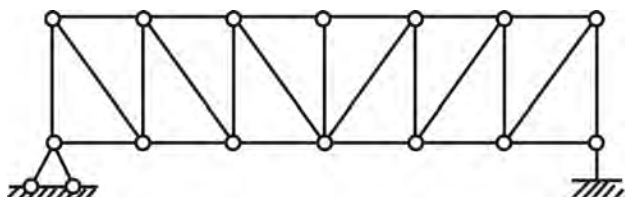


图 2.49 梁式桁架结构示意图

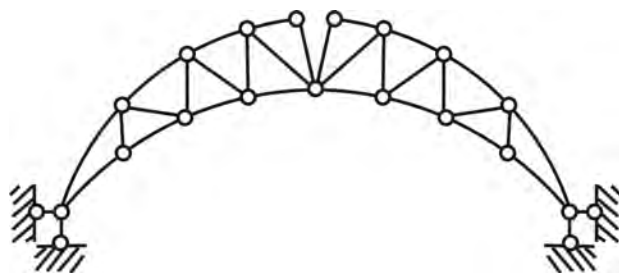


图 2.50 拱式桁架结构示意图



#### 探究与交流

**项目描述:** 同学们在上文中学习到了桁架结构的静力结构分析,了解了一些桁架结构及其受力特点的知识。请同学们自己选定上文中任意一种桁架结构进行搭建,悬挂重物进行结构承重测试并进行改进,记录改进前后的承重数据。将两组数据进行对比分析,分析桁架结构改进方案是否有效增强了选定桁架结构的承重能力,填写表2.6。

**材料:** A4纸、吸管、木条(三种材料配备可因地制宜)。

**工具:** 直角尺、铅笔、手锯、美工刀、砂纸、锉刀、502胶水、剪刀、棉线、热熔胶枪、热熔胶等。

**要求:** 从上文中任选1种或多种桁架结构,设计并制作桁架结构模型。

表 2.6 桁架结构对比分析

选定桁架结构 设计简图	
选定桁架结构 承重测试数据	
选定桁架结构 改进设计简图	
改进后桁架结构 承重测试数据	
两组桁架结构 承重测试数据 对比分析	



## 探究与交流

请回忆你见过的桁架结构都出现在哪些地方？主要起到什么作用？用简图进行描述，填写表2.7。

表 2.7 桁架结构的作用

出现地点	作用	简图



## 阅读材料

## 典型桁架结构桥梁

芜湖长江大桥（图2.51）为公路和铁路两用钢桁梁斜拉桥，铁路为Ⅰ级，双线；公路为4车道，行车道宽18 m，两侧人行道各宽1.5 m。公路在上层，铁路在下层。它于2000年9月建成通车。大桥主跨312 m。



图 2.51 芜湖长江大桥

英国的福斯桥（图2.52）跨越英格兰福斯河，是公认的铁路桥梁史上的里程碑之一。福斯桥全桥共计3个桥塔，6个伸臂，是一座弦杆用管形杆件的双伸臂梁铁路桥。因福斯河风力过大，桥梁桁架做成向内倾斜。设计者承认，这座桥的结构系统是从中国的木伸臂梁（鹊巢桥）演变而来的。第39届世界遗产大会将福斯桥列入世界遗产名录。



图 2.52 福斯桥

锡澄运河大桥（图2.53）位于沪宁高速公路江苏省境内无锡段，跨锡澄运河。该桥是在拆除原有桥梁后进行的重建，新建桥梁是下承式简支钢桁梁桥，钢桁架主桁采用带竖杆的华伦式三角腹杆体系。



图 2.53 锡澄运河大桥

### 三、现代桥梁设计中应考虑的主要因素

随着经济的不断发展与社会的不断进步，交通需求迅猛增长，桥梁数量不断增加，桥梁规模不断扩大。不同种类桥梁的建造在满足运输与交通需要的同时，又促进了经济的发展。为了最大限度保证桥梁的质量，在桥梁的最初设计阶段，应从安全、耐久、经济、美观、技术、环境保护和可持续发展等因素进行综合考虑。

### （一）安全因素

安全是桥梁设计中的首要问题，只有保证了桥梁的安全，人们的生命和财产才能够得到良好的保障。从安全角度出发，桥梁设计时应从以下几个方面进行考虑：①桥梁结构在强度、稳定性和耐久性方面应有足够的保障；②防撞栏杆应具有足够的高度和强度，人车之间应设立防护栏；③安装良好的照明设施，设立明显的交通标志；④设计合理的导流设施及防撞构筑物；⑤设计一定的防震措施，减弱风振效应。

### （二）耐久因素

世界上所有的事物都存在着使用年限的问题，如果超过了使用年限，桥梁的作用就不能得到正常的发挥。从耐久的角度出发，桥梁设计时应从以下几个方面进行考虑：①注重正确的维护保养；②桥面宽度能满足当前及规划年限内的交通流量；③通过设计，荷载时不出现过大的变形和过宽的裂缝；④桥跨结构的下方要有利于泄洪、通航或车辆和行人的通行；⑤梁的两端要便于车辆的进入和疏散；⑥考虑综合利用，方便各种管线的搭载。

### （三）经济因素

若一座桥梁的造价比其他同类型桥梁高出许多，那么这座桥即使再漂亮也是失败的。从经济角度出发，桥梁设计时应从以下几个方面进行考虑：①要遵循因地制宜、就地取材和方便施工的原则；②造价和养护费用综合最省，维修时尽可能不中断交通，或中断交通的时间最短；③桥位应选择地质、水文条件好的地点；④桥梁应建在能缩短河道两岸运距的位置。

### （四）美观因素

桥梁不仅是交通工程中的建筑物，也是美化环境的点缀品，必须精心设计、精心施工，力求在增加投资不多的条件下，取得桥梁美观的效果。从美观的角度出发，桥梁设计时应从以下几个方面进行考虑：①结构布置简练，空间比例和谐；②与周围环境相协调；③保证施工质量。

### （五）技术因素

在因地制宜的前提下，桥梁设计应尽可能采用成熟的新结构、新设备、新材料和新工艺。从技术角度出发，桥梁设计时应从以下几个方面进行考虑：①充分利用最新的科学技术成就；②努力创新；③淘汰和摒弃落后与不合理的设计思想。

### （六）环境保护和可持续发展因素

从环境保护和可持续发展的角度出发，桥梁设计时应从以下几个方面进行考虑：①从桥位选择、桥跨布置、基础方案、墩身外形、上部结构施工方法、施工组织设计等方面全面考虑环境要求；②建立环境监测保护体系，将不利影响减至最小；③考虑防止山体滑坡的技术措施和进行绿化等；④考虑当地的历史文化背景。

现代桥梁设计中应综合考虑上述各项因素对桥梁方案进行筛选，使桥梁的最终设计、施工变得更加容易，使建成后的桥梁成为同时具有安全、耐久、经济、视觉美观、创新技术与环保的统一体。



## 阅读材料

## 典型桥梁垮塌事故分析

## 1. 魁北克大桥



图 2.54 魁北克大桥

位于加拿大的圣劳伦斯河之上的魁北克大桥（图2.54）是由著名设计师库帕设计的。

魁北克大桥在建造过程中发生过两次垮塌事故。1907年，在建大桥南端的整个锚跨及悬臂跨，以及已部分完工的中间悬吊跨突然垮塌。大桥于1913年开始重建，1916年9月，桥梁中间段再次塌陷，悲剧再次发生。两次坍塌均造成了重大人员伤亡与财产损失。

## 2. 塔科马海峡大桥



图 2.55 塔科马海峡大桥

塔科马海峡大桥（图2.55）位于美国华盛顿州的塔科马海峡。大桥建成通车于1940年7月，四个月后，大桥在远低于设计风速的19 m/s（相当于八级大风）风速下发生强烈的风致振动，桥面经历了振幅不断增大的反对称扭转振动，最终导致桥面折断坠落到峡谷中。后又重建。

建议同学们分小组查找资料，分析引起这两座大桥垮塌的原因是什么？对桥梁的安全设计有什么启示？各小组就坍塌原因及就此事故进行调研所形成的设计观点进行交流与讨论。





## 桥梁模型设计大赛

**项目描述：**现有一条宽40 m的峡谷，该峡谷的两岸分别为两座城市，除了跨越这条峡谷，没有其他道路可以绕行连通两座城市，现在要求同学们分小组设计一座桥梁跨越该峡谷，设计应合理。按照1：100的比例制作桥的模型。

**材料：**A4纸、吸管、桐木条若干。

**工具：**直角尺、铅笔、手锯、美工刀、砂纸、锉刀、502胶水、钉子、羊角锤、胶带、卷尺、剪刀、棉线、胶棒、双面胶、热熔胶枪、热熔胶。

**项目要求：**从材料中任选1种或多种，设计并制作一个规定跨度至少为40 cm和宽度至少为10 cm的峡谷桥梁模型。

**作品要求：**设计作品须具备作品名称、设计方案、桥梁类型及特色说明和设计简图（结构图和部件图），及其承载能力估算和相关设计知识参考介绍。

**作品评定：**

（1）综合考虑桥梁承重（结构）、跨度、桥梁质量；参赛时将进行承受“集中荷载”的测试，参赛选手运用指定的材料在长40 cm的两跨之间建起一座桥，桥面宽度大于10 cm。作品测量成绩为：最大承重荷载质量/桥梁自身质量。

（2）造型设计。结构模型应考虑外观的精美、别致，以设计思想的新颖别致、造型美观为基本评选标准。

请将评定情况填入表2.8~表2.9中。

表 2.8 作品设计评价表

项目	分值	评分标准	得分
桥梁跨距	10	小于40 cm，得0分 40~60 cm，得6分 60~80 cm，得8分 大于80 cm，得10分	
桥梁宽度	10	小于10 cm，得0分 10~15 cm，得6分 15~18 cm，得8分 18 cm以上，得10分	
正确使用工具	5	没有工具损坏或丢失，得满分；否则扣2~5分	
设计方案是否能解释设计过程	5	能，得5分；基本能，得2.5分；不能，得0分	
是否绘制设计简图	5	有简图及基本尺寸，得5分；无简图或简图不完整，得0分	
结构布局合理	5	教师决定分值	
外形美观	5	教师决定分值	
作品设计总分：			
小组成员			

表 2.9 作品测量评价表

作品名称	桥梁类型	作品宽度/cm	桥梁自身质量/kg	最大承重荷载质量/kg
作品测量成绩=最大承重荷载质量 / 桥梁自身质量 比值小于1, 得0分				
总成绩 (作品设计总分+作品测量成绩)				

## 第三节 桥梁探究



### 学习目标

1. 了解桥梁工程与 STEAM 之间的关系。
2. 掌握三维设计软件的使用方法并制作出简单的桥梁模型。
3. 熟悉其他建模软件的使用方法。

桥梁是各个历史时期社会生产力水平的典型标志。设计建造一座桥梁，如跨海的港珠澳大桥、跨江的长江大桥、跨越峡谷的三岔河大桥、湖南湘西矮寨特大悬索桥等，需要综合考虑地形、地貌、地质特点等，要与自然环境相适应，设计风格与周围山川湖泊协调、与城市建筑风格融合。桥梁反映着各个时代思想文化与科技文化的成果。现代桥梁工程是多学科、多领域充分融合的产物。

### 一、桥梁工程中的STEAM

现代桥梁工程体现了科学、技术、工程、艺术与数学之间的相互支撑、相互补充、共同发展的关系。

#### (一) 桥梁与科学

桥梁的建造虽然属于工程，但与科学密切相关。桥梁的基本交通功能要求承重，且桥梁自身也有巨大的重量。从物理学科的角度出发，所有的桥梁都会受到压力和拉力，桥梁设计的任务就是妥善处理这些力而不会使桥梁出现弯曲或拉断。处理这些力的最佳方式是将其分散或转移：分散是指将力散布到更大的面积，避免出现某个点集中受力；转移是将力从强度较弱的区域移到专门设计的受力区域。拱桥是将力分散的很好的范例，而悬索桥

是将力转移的范例。

桥梁技术的方方面面都体现了科学知识的应用。

## （二）桥梁与技术

计算机辅助设计技术推动了设计技术的发展及其在桥梁设计中的运用，使桥梁设计有了极大的改善。在桥梁结构的设计、计算和制图过程中，设计成果借助计算机技术可以方便直接地显示在界面系统中。

桥梁建筑需要先进的技术。例如，港珠澳大桥有近百项技术专利，青藏铁路上的三岔河大桥解决了多年冻土、高原缺氧等多项技术难题，湘西矮寨的特大悬索桥也有多项技术属于世界首创。不同时代建造的桥梁工程体现了那个时代前沿的先进技术。



### 阅读材料

#### 北盘江大桥

北盘江大桥（图2.56）坐落于云南省宣威市普立乡与贵州省六盘水市水城县都格镇交界处，横跨云贵两省交界的北盘江大峡谷，全长1 341.4 m，桥面到谷底垂直高度565 m，相当于200层楼高。

北盘江大桥作为一座世界级桥梁，建设中面临五大难题：①山区大体积承台混凝土温控；②超高索塔机制砂高性能混凝土泵送；③山区超重钢锚梁整体吊装；④边跨高墩无水平力的钢桁梁顶推；⑤大跨钢桁梁斜拉桥合龙。这些难题都被我国的技术和工程团队顺利克服了。



图 2.56 北盘江大桥

## （三）桥梁与工程

工程是科学和数学的某种应用，通过这一应用，自然界物质和能源的特性能够通过各种结构、机器、产品、系统和过程，以最短的时间和精而少的人力、物力和财力成为高效、可靠且对人类有用的东西。设计一座桥梁要绘制许多图纸，主要包括：表示路线通过江河、山谷时建造桥梁的平面位置的桥位平面图，作为设计桥梁、桥台、桥墩和计算土石方量依据的桥位地质断面图，表示桥梁的形式、孔数、跨度、桥长、桥高等各主要构件相互

关系及技术说明的桥梁总体布置图，表达各个构件的形状、大小及钢筋布置情况的构件结构图等。

#### （四）桥梁与艺术

任何一座桥梁都有使用和欣赏两个方面的功能。桥梁不仅是工程设计，也是艺术创作。桥梁美学的基本观点是：在充分满足结构功能要求的同时，达到结构的外观形貌尽量完美并与周围环境相协调。如图2.57所示的美国金门大桥打破了桥梁规模与景观背景的平衡，使桥梁成为画面的重点。其面向太平洋这一浩瀚广阔的背景和深邃的海湾，形成了雄踞屹立、傲视一切的气势。金门大桥成为美国旧金山与金门湾的标志。



图 2.57 金门大桥

#### （五）桥梁与数学

在英国的剑河上有一座著名的“数学桥”（图2.58）。相传这是大数学家牛顿在剑桥大学教书时亲自设计并建造的，整个木质桥体原本未用一根钉子和螺丝固定。实际上，这座桥的建桥人是小埃塞克斯。它展示了现代钢梁桥的雏形，其桥身相邻桁架之间均构成 $11.25^\circ$ 的夹角。在18世纪，这种设计被称为几何结构，所以此桥得名“数学桥”。



图 2.58 数学桥



## 探究与交流

千百年来，桥梁早已成为人类社会生活中不可或缺的组成部分。人类用各种文学作品记录桥梁，赞美桥梁。请同学们以小组合作的方式，调查研究描写桥梁的文学作品，并与大家分享成果。比一比，看哪组同学的调查内容更加丰富，更加准确，更有内涵，填写表2.10。

表 2.10 桥梁文学作品调查记录

桥梁文学作品名称	体会与启示



## 阅读材料

## 桥梁的内在文化

在世界桥梁建筑史上，一座又一座的世界名桥以其独特的魅力受到世人称赞。其中入选第一批中国工业遗产保护名录的钱塘江大桥（图2.59）就是典型代表。

钱塘江大桥位于浙江省杭州市西湖之南，六和塔附近的钱塘江上。该桥由桥梁专家茅以升主持设计，是中国自行设计、建造的第一座双层铁路、公路两用桥，为上下双层钢结构桁梁桥，连引桥全长1453 m，主桥共有16孔，每孔为65.84 m。大桥横贯钱塘江南北，是连接沪杭甬铁路、浙赣铁路的交通要道。



图 2.59 钱塘江大桥

该桥于1934年开始动工兴建，1937年9月建成。1937年12月，茅以升正式接到了为阻断日军从浙北南下而炸桥的命令。当晚，他在书桌前写下了8个大字：“抗战必胜，此桥必复。”这一愿望终于在1946年得以实现，经修复，1953年大桥恢复使用。

钱塘江大桥建成于抗日烽火之中，它不仅在中华民族抗击外来侵略者的斗争中书写了可歌可泣的一页，也是我国桥梁建筑史上的一座里程碑。



## 阅读材料

## 桥梁之美

桥不只是架于江河湖海、高山峡谷中的通道，也是一项艺术，一种文化。感人的影片《魂断蓝桥》中的故事就是发生在英国伦敦的滑铁卢桥（图2.60）。它始建于1817年，当时是一座九孔石桥。通车时，正值英国在滑铁卢战役中大胜拿破仑两周年，遂得此名。重建后的新桥为钢筋混凝土结构。桥下五孔犹如五道彩虹首尾相连，横跨泰晤士河南北两侧，整座桥外形简朴却不失典雅。



图 2.60 滑铁卢桥

南京长江大桥（图2.61）是第一座在新中国成立后自行设计、建造的双层式铁路、公路两用桥，于1968年底全面建成通车。上层的公路桥长4 589 m，为四车道，两侧各有2.25 m宽的人行道；下层的铁路桥长6 772 m，铺有双轨，火车可同时对开。



图 2.61 南京长江大桥

里亚托桥（图2.62），又名商业桥，威尼斯有400多座桥，其中以里亚托桥最为著名。它全部用白色大理石筑成，是威尼斯的象征，也是威尼斯最重要的商业区之一。莎士比亚的名剧《威尼斯商人》就是以这里为背景的。



图 2.62 里亚托桥

风雨桥，又称花桥，亦叫福桥，为我国侗族建筑“三宝”之一，是侗族人民引以为豪的民族建筑物。风雨桥流行于湖南、湖北、贵州、广西等地，由桥、塔、亭组成，全用木料筑成，桥面铺板，两旁设栏杆、长凳，桥顶盖瓦，形成长廊式走道。塔、亭建在石桥墩上，有多层，檐角飞翘，顶有宝葫芦等装饰，被称为世界十大最不可思议的桥梁之一。因行人过往能避风雨，故得此名。图2.63所示是最典型的程阳三江风雨桥。



图 2.63 程阳三江风雨桥



## 探究与交流

请同学们组成小组，利用互联网，针对组内共同感兴趣的国内外某一所桥梁设计院校展开调研。调查该桥梁设计院校的发展历史、在桥梁领域的研究方向、取得的重要研究成果及桥梁专业学术带头人等基本情况。最终以小组为单位，依据调研的结果对该所桥梁设计院校桥梁专业的未来发展方向做出预判，并将研究成果与全班同学进行交流。

了解一些我国著名桥梁设计与工程的院校，你未来想报考哪所院校呢？

## 二、桥梁建模软件

现代桥梁工程方面常用的建模软件主要有桥梁博士、迈达斯（MIDAS）、桥梁设计师、桥梁大师、桥梁通、桥梁绘图师、桥码软件、ANSYS软件等。简单桥梁结构的设计建模，可以利用简单3D建模软件（如3D One、SketchUp、123D Design等）通过模仿专业桥梁建模软件的部分功能，尝试进行初步设计搭建。

### （一）3D One软件

3D One软件（图2.64）是一款专为中小學生开发的3D建模软件。软件界面简洁、功能强大、操作简单、易于上手，整合了常用的实体造型和草图绘制命令，简化了操作界面和工具栏，实现了三维建模和3D打印软件的直接连接。



图 2.64 3D One 软件设计的桥梁

### （二）SketchUp软件

SketchUp软件（图2.65）是一款极受欢迎并且易于使用的3D建模软件。软件面向设计方案创作过程，能够表达设计师的思想，满足即时交流的需要。



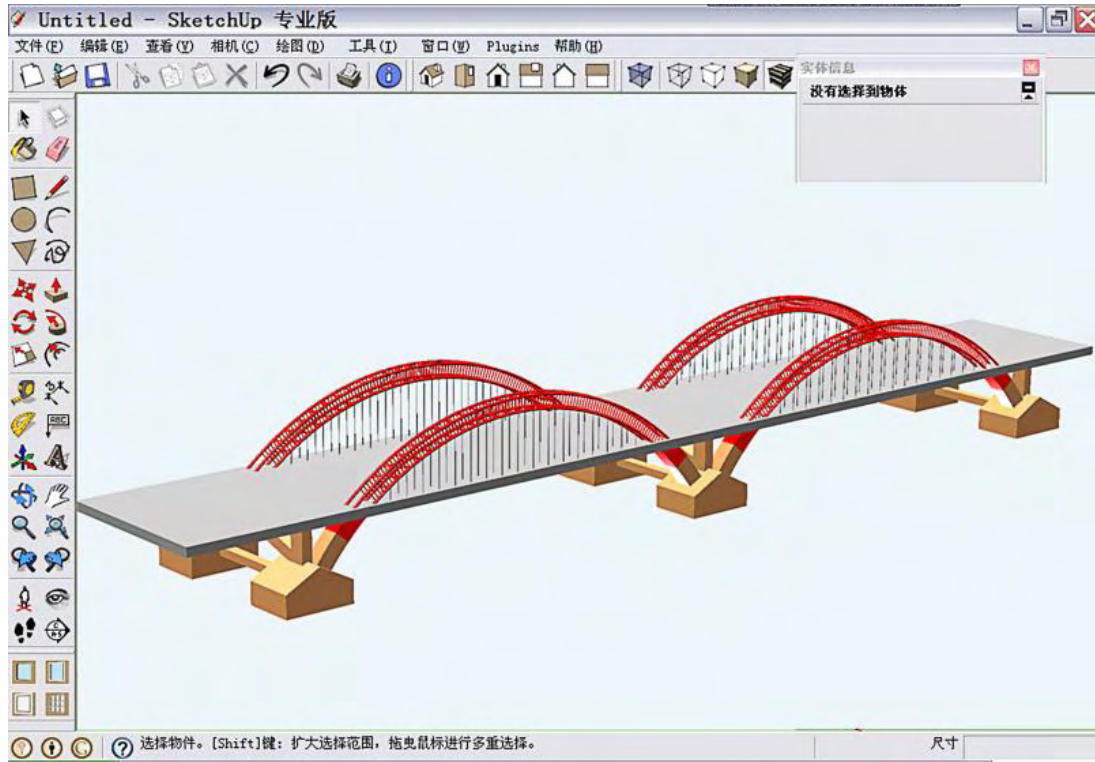


图 2.65 SketchUp 软件设计的桥梁

### (三) 123D Design软件

123D Design软件（图2.66）是一款使用简单图形来设计、创建、编辑三维模型，或者在一个已有模型上进行修改的3D建模软件。软件通过简单图形的堆砌和编辑，帮助设计者将构思转变为现实。

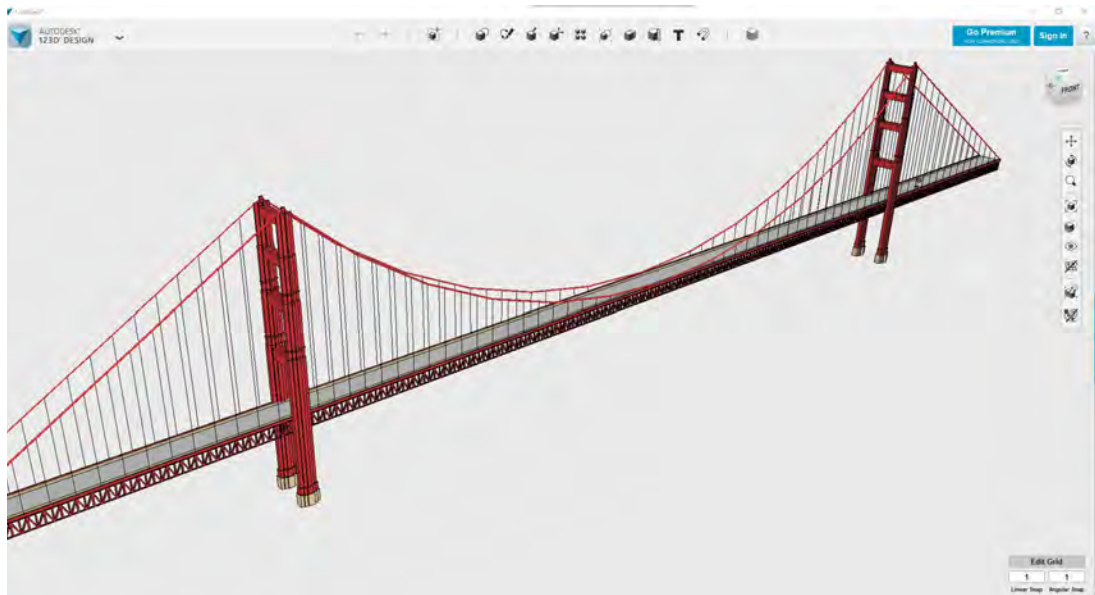


图 2.66 123D Design 软件设计的桥梁

## 本章小结

桥梁是人类社会生存和发展的需要，其产生和发展与人类各个阶段的社会、政治、经济、文化、科技、军事等方面的发展息息相关，它是人类历史发展和人类文明盛衰的见证，对人类的进步具有重大意义。

桥梁的分类方式多种多样，从受力特点划分，可分为梁式桥、拱式桥、刚架桥、悬索桥、斜拉桥、组合体系桥等6种。现代观点认为，桥梁主要由“五大部件”（桥跨结构、支座、桥墩、桥台、墩台基础）和“五小部件”（桥面铺装、排水防水系统、栏杆、伸缩缝及灯光照明系统）组成。桁架结构在现代设计中使用最为广泛。

桥梁设计中应考虑安全、耐久、经济、美观、技术与环保和可持续发展因素。现代桥梁工程体现了科学、技术、工程、艺术与数学之间的相互支撑、相互补充、共同发展。任何一座桥梁不仅是工程设计，也是艺术创作。

## 学习评价

评价内容		自我评价	小组评价	教师评价
过程评价	师生互动	听课状态		
		课堂提问		
		研讨交流		
	实践活动	项目构思		
		合作协作		
		动手实践		
结果评价	目标实现	知识理解		
		运用建模软件进行图样设计		
		桥梁模型的实物制作		
	收获反思	实践反思		
		改进优化		

# 第三章 无人机工程

## 导 言

蓝天白云，微风和煦，无人机在林区上空巡视，地面控制中心的工作人员可实时查看森林植被情况、野生动物情况；当观测到病虫害时，无人机还能喷洒药物进行防治……这是当下林业部门开展例行巡护的新科技手段。

无人机，与人们的工作、生活紧密地联系在一起！

近年来，无人机发展迅猛，因其结构简单、成本低、体积小、重量轻、携带方便、能轻易进入各种恶劣环境执行航拍取景、实时监控、地形勘探等飞行任务，被广泛应用。

## 思维导图



## 第一节 无人机与人类的关系



### 学习目标

1. 了解无人机在人类生产、生活中的应用。
2. 了解无人机的发展简史及分类。

紧急手术中，血库血存量不够又找不到血型匹配的输血对象……一边是急需用血的手术病人，一边是被堵在茫茫车流中的送血车辆……这样的情景虽然不常见，但对公众而言却也不陌生。然而不久后，这样的难题或许将被一架小小的无人机破解。

来自广东的某科技公司展示了基于数据AI+无人机配送的智慧送血流程。从接受血液云平台发出的调配指令，到无人机自动装载能够保障不同类型血液制品安全的“黑匣子”，最后根据平台给予的路径计划穿越城市（主城区内）上空，飞到急需用血的医院，整个流程可以控制在15 min以内。这就是无人机送血的运作过程，作为满足手术用血等特殊情况下的需求，使用无人机无疑是快速、安全的应急解决方案。

### 一、无人机的应用与发展历程

无人驾驶飞行器，简称无人机，是指通过无线电遥控设备或机载计算机程序控制系统进行操作的不载人飞行器。无人机的应用非常广泛，既可以用于民用和科学研究，也可以用于军事领域。在民用领域，无人机应用领域广泛，例如遥感测绘、电力巡线、环境保护、影视航拍、交通巡查、渔业监管、消防、城市规划与管理、气象探测、地图测绘、国土监察等；在军用领域，主要用于侦察和打击。

#### （一）遥感测绘

遥感技术是由遥感器、遥感平台、信息传输设备、接收装置及图像处理设备等，远距离非接触式获取目标特征信息的技术。无人机上安装了可见光照相装置、各种光谱传感器等遥感技术设备，就可对地形地貌进行遥感勘测。

##### 1. 城镇改造

随着我国城市化进程的加快，城镇改造成为城市管理方面的一个重要问题，无人机作为一种先进的测绘工具，在城市改造中可以发挥重要作用（图3.1）。通过使用传感器拍摄数



图 3.1 三江县城航拍图

据，高精度三维模型进行测算，为拆迁部门提供了精确的工程数据参考，极大地提高了规划工作的效率和科学性。

## 2. 堆体测量

矿山、火电厂、建筑工程施工过程中的土堆沙堆计量，港口码头的散装货物估算，还有粮仓里的粮堆估算，这些都离不开堆体测量技术。以前完全依赖人工使用皮尺丈量，现在主要依靠全站仪、盘煤仪、GPS等测量仪器对堆体进行测量，这些测量手段已经有了长足的进步。使用无人机测绘并建模，更是一种高效、高精度的测量方法。预设无人机航线，在作业区域上空自动作业采集数据，采集完数据后导入地理信息系统，生成三维模型数据，并据此进行空间距离、体积的测量，甚至可以进行斜面等不规则堆体面积的模拟测量，为工程建设规划和生产作业等提供精确数值参考（图3.2）。

## 3. 高速公路测绘

对高速公路这类大规模的交通基础设施进行维护改造，第一步工作就是要获取全部道路情况的清晰图像资料。传统的人工测绘耗时太长，而直升机测绘的成本又太过高昂，相比较而言，无人机则具有成本低廉、效率高、精度高等众多优势，是道路测绘的最佳选择（图3.3）。



图 3.2 建筑工程施工过程中的土堆沙堆测量



图 3.3 高速公路测绘

## （二）巡检巡查

在无人机上配置红外线、可见光摄像系统装备和GPS定位系统等装备，便可以让无人机依照人们规划的巡检路线巡航，并将拍摄的影像实时传送到地面控制中心，工作人员可以实时观测到故障情况。依靠“无人机+”，各领域正阔步迈向智能化巡检时代。它与传统人工巡检协同配合，可用于日常巡检、设备基础资料收集、故障巡视、调查取证、设备验收、勘测设计、清理异物等业务，具有迅速快捷、工作效率高、不受地域影响、巡检质量高、安全性好等优点。

### 1. 电力巡线

在电力巡线的应用上，无人机操作控制过程简单可靠、运行稳定，而且巡线速度快（复杂地形下，其巡线速度可达人工巡线速度的10倍以上）、经济性高（巡检成本为载人直升机的1/10）。图3.4所示为使用无人机进行电力巡线。



图 3.4 使用无人机进行电力巡线



图 3.5 交警用无人机巡查道路状况

## 2. 交通巡查

利用携带拍摄装置的无人机，在公路上方进行航拍，收集交通信息并对违章车辆进行拍照取证。图3.5所示为交警用无人机巡查道路状况。

## 3. 桥梁检测

传统的桥梁检测多是利用相关专用仪器对桥梁各个部位进行测量、记录和统计，在此过程中，维护人员需悬挂在桥梁下方，或从高架平台上着手检测。对于特殊结构桥梁（如斜拉桥、悬索桥、钢筋混凝土拱桥等）或者大跨高墩桥梁来说，传统的检测工具基本无法派上用场，只能回归人工检测的原始形态。人工检测作业，不仅效率低、难度大、危险系数高，而且检测精细度远远不够，而无人机技术的应用，将在很大程度上解决这一难题。无人机可通过相机、激光雷达等控制设备完成桥梁底面、柱面及横梁等结构面的拍摄取证，同时还可以进行桥梁整体的三维建模，通过模型来测算桥梁的外在结构，供专业人员分析桥梁状态，及时发现险情，可极大减轻桥梁维护人员的工作强度，提高桥梁检测维护效率，图3.6所示为使用无人机进行桥梁检测。



图 3.6 使用无人机进行桥梁检测

## （三）环境保护

无人机监测利用高分辨率影像可以就土地覆盖和利用情况、水环境及空气环境变化情况，提供定量和直观的判断依据，为环境信息一体化建设提供数据支撑，满足环境应急响应需求。与传统方式相比，无人机环境监测技术（图3.7）可以从宏观上观测空气、土壤、植被和水质状况，为环境保护提供决策依据，制定应对措施，减少污染造成的损失。无人机在环境保护领域应用前景广泛，无人机+传感器+软件平台，就是移动的电子警察，可以完成如下工作：

- （1）用于环境监测，如水污染、大气污染等环境监测。
- （2）用于环境应急，如及时查看事故现场、污染物排放情况和周围环境敏感点分布

情况。

(3) 用于生态保护，如自然保护区和饮用水源保护区等环境监控。

(4) 用于环境监察，如观测污染源分布、排放状况及项目建设情况，为环境监察提供决策依据；实时快速跟踪突发环境污染事件，捕捉违法污染源并及时取证。

#### (四) 影视航拍

无人机航拍是对传统航空摄影测量手段的有力补充，具有机动灵活、高效快速、精细准确、作业成本低、适用范围广、拍摄周期短等特点，在对小区域和飞行困难地区进行高分辨率影像快速获取方面具有明显优势。随着无人机与数码相机技术的发展，基于无人机平台的数字航拍技术已显示出其独特的优势，无人机与航空摄影相结合使得“无人机数字低空遥感”成为影视航拍的一个崭新发展方向。无人机搭载高清摄像机，在无线遥控或预先程序的控制下，根据拍摄需求，从空中进行拍摄。图3.8所示为无人机航拍雪山。



图 3.7 环保部门开展无人机监测技术培训



图 3.8 无人机航拍雪山



图 3.9 无人机正在运送包裹

#### (五) 快递配送

在山区和沙漠等人烟稀少地区，利用无人机实施小型货物直接空运到家的派送。只需将收件人的位置信息输入到无人机的控制系统，无人机便可自动设计飞行路线，夹带货物飞往目的地。图3.9所示为无人机正在运送包裹。

#### (六) 灾后救援

配置了高清摄影设备的无人机，能为救援者提供空中俯视的灾区整体图像，有关人员可快速判读灾情，指挥救援人员迅速到达施救地点。图3.10所示为无人机在进行灾情勘察。

#### (七) 侦察和打击

利用无人机，长时间地徘徊在战场上空进行高清图像的侦察，寻找机会发射导弹，已

经成为现代战场的常态。用无人机完成这些高风险工作，具有价格低廉、无人员伤亡、机动性能强等特点。图3.11为我国的“彩虹”型侦察打击无人机。



图 3.10 无人机在进行灾情勘察



图 3.11 我国的“彩虹”型侦察打击无人机

## 二、无人机的发展史及分类

### （一）国外的无人机研究发展

1910年，在莱特兄弟所取得的成功的鼓舞下，来自美国俄亥俄州的年轻军事工程师查尔斯·科特林建议使用没有人驾驶的飞行器：用钟表机械装置控制飞机，使其能在预定地点抛掉机翼并像炸弹一样落向敌人。在美国陆军的支持和资助下，他制成并试验了几个模型，取名为“科特林空中鱼雷”“科特林虫子”。

1933年，英国研制出了第一架可复用无人驾驶飞行器——“蜂王”。英国当时对3架经修复的“小仙后”双翼机（图3.12）进行了试验，从海船上对其进行无线电遥控，其中两架失事，第三架试飞成功。英国是第一个研制并试飞成功无线电遥控靶机（无人机的一种）的国家。



图 3.12 英国“小仙后”双翼机

直到20世纪80年代，世界上每一种研制成功的无人机，都是以德国的“V-1”导弹（图3.13）或“福克-沃尔夫”Fw-189飞机（图3.14）的构造思想为基础的。

后来，美国特里达因·瑞安公司生产的“火蜂”系列无人机（图3.15）成为设计独一无二、被大量生产的无人机。该系列无人机产生了多个变型：无人靶机（亚音速和超音速）、无人侦察机、无人电子对抗机、无人攻击机、多用途无人机等。美国空军、陆军和海军多年来一直在使用以BQM-34 A“火蜂”靶机为原型研制的多型无人机。





图 3.13 德国“V-1”导弹



图 3.14 德国“福克-沃尔夫” Fw-189 飞机



图 3.15 美国“火蜂”无人机



图 3.16 以色列“侦察兵”无人机

20世纪70年代以来，以色列军事专家、科学家和设计师对无人驾驶技术装备的发展做出了突出贡献，并使以色列在世界无人驾驶系统的研制和作战使用领域占有重要地位。图3.16所示为以色列“侦察兵”无人机。

20世纪80—90年代，已有许多国家的飞机制造公司从事无人机的研制与生产。西方国家中，在无人机研制与生产领域占据领先地位的是美国，最著名的有“捕食者”可复用无人机（图3.17）、世界上最大的无人机——“全球鹰”（图3.18）、“影子-200”低空无人机、“扫描鹰”小型无人机、“火力侦察兵”无人直升机。



图 3.17 美国“捕食者”可复用无人机



图 3.18 美国“全球鹰”无人机

## （二）我国的无人机研究发展

我国从20世纪60年代开始研制无人机，先后研制成功了“长空一号”无人靶机（图3.19）、无侦-5型无人侦察机等。



图 3.19 我国的“长空一号”无人靶机

近年，中国航天科技集团有限公司研制了“彩虹”系列侦察打击无人机。同时，中国航空工业集团有限公司也研制了多种军用无人机，其中有著名的“翼龙”系列无人机（图 3.20）等。



图 3.20 “翼龙”无人机

值得我们中国人骄傲的是，世界第一大民用无人机制造公司是我国的深圳市大疆创新科技有限公司。该公司创立于2006年，目前该公司生产的大疆“精灵”系列民用无人机（图3.21）在全球无人机市场占有较高份额。



图 3.21 大疆“精灵”系列无人机

### (三) 无人机的分类

由于无人机的多样性，出于不同的考量标准会有不同的分类方法，图3.22所示为我国目前常用的无人机分类方法，我国各种政策法规里面涉及的各类无人机，都是依据此分类法分类的。

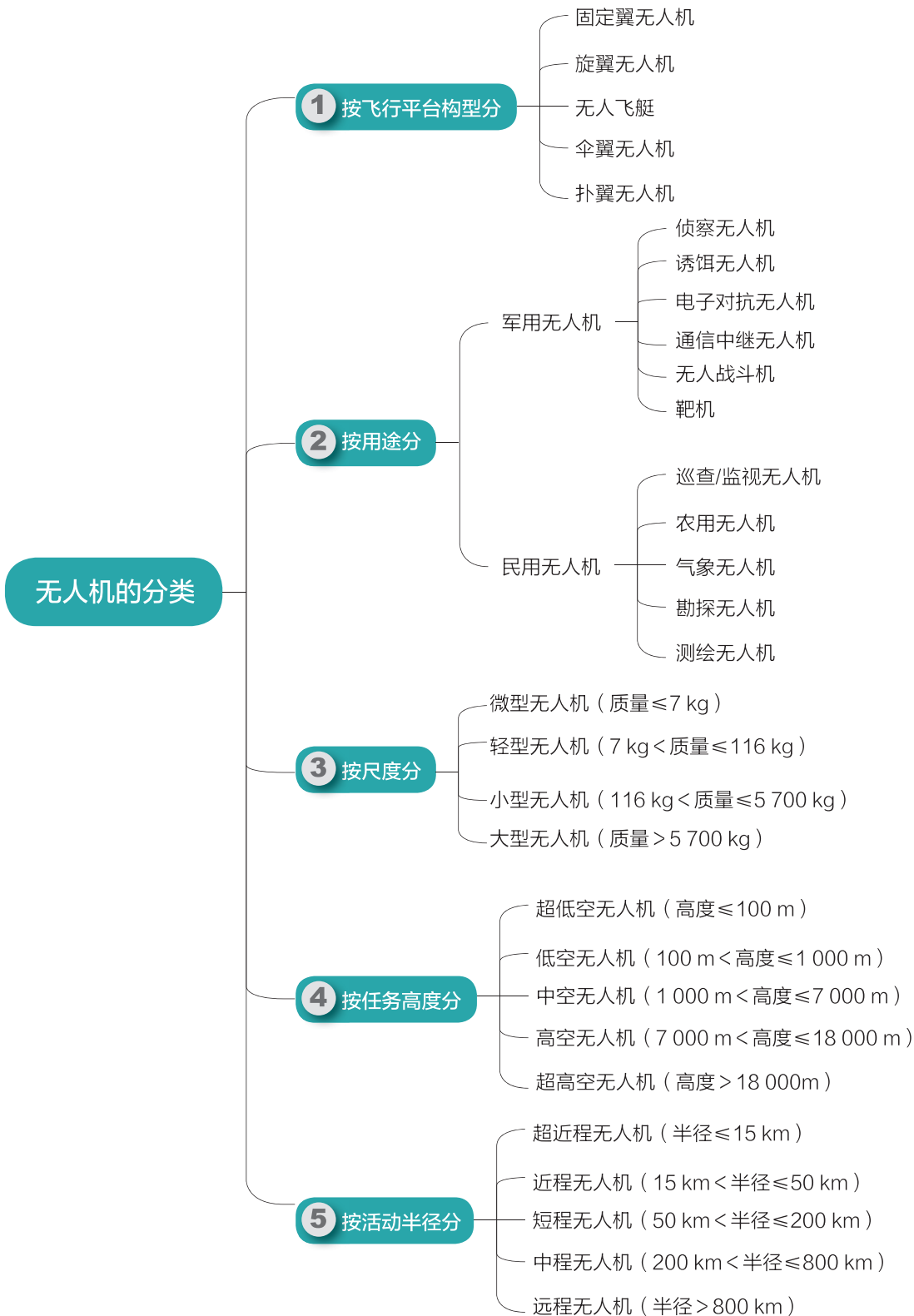


图 3.22 无人机的分类

## 第二节 四旋翼飞行器设计



### 学习目标

1. 认识四旋翼飞行器的飞行原理。
2. 认识四旋翼飞行器的组成。
3. 熟练组装和调试四旋翼飞行器。
4. 熟练操控四旋翼飞行器。

随着新型飞行控制理论、微电子技术、微机电技术、导航技术、材料及推进系统等关键技术的迅猛发展，人们解决了四旋翼飞行器的各种疑难问题。现在四旋翼飞行器已成为发展最快、研究最多的无人机。

与传统的无人机相比，四旋翼飞行器有以下几点明显优势：①体积小、重量轻、可垂直起降、可空中悬停、可翻转；②易于控制，具有很好的机动性，能够快速地进行姿态控制；③结构比较简单，成本相对较低，方便维护；④有些微小型的四旋翼飞行器可在室内飞行；⑤适用于一些比较危险的场合。

所以，不论是在军事领域还是在民用领域，四旋翼飞行器都能够得到非常广泛的应用。国内多所院校都将四旋翼飞行器研究设为航空飞行专业的入门课程，也有许多公司将四旋翼飞行器及其应用商业化。在这一背景下，我们选择四旋翼飞行器作为本节的技术实践项目很有意义。

### 一、四旋翼飞行器的飞行原理

#### （一）飞行器飞行的基本原理

当物体在空气中运动，或者空气从物体表面流过的时候，空气对物体都会产生作用力，我们把这种力叫作空气动力。

空气动力作用在物体的整个表面上。飞行器在运动时，空气既可以产生对飞行器飞行有利的力，也可以产生对飞行器飞行不利的力。升力是使飞行器克服自身重量，保持在空气中飞行的力；阻力是阻碍飞行器前进的力。为了使飞行器能够在空中飞行，就要在飞行器中安装动力装置，产生向前的拉力来克服阻力；飞行器和空气发生相对运动，产生升力来克服重力。

为了进一步讨论飞行器的升力和阻力，我们需要简单介绍一下空气动力学的几个基本原理。

#### 1. 相对性原理

在运动学中，把运动的相对性叫作相对性原理或者可逆性原理。

相对性原理对于研究飞行器的飞行是很有意义的。飞行器和空气做相对运动，无论是飞行器运动而空气静止，还是飞行器静止而空气向飞行器运动，只要相对运动速度一样，那么作用在飞行器上的空气动力就是一样的。

根据这个原理，我们做实验时，可以采用一种叫作风洞的实验设备。这种设备利用风向或其他方法在风洞中产生稳定的气流。把模型放在风洞里，进行吹风实验，就可以用来研究飞行器的空气动力问题。模型在风洞里测出的数据和模型在空气中以相同的速度飞行时测出的数据是一样的。

## 2. 连续性原理

为了描述流体的流动情况，需要引入流线的概念。流体微团流动时所经过的路径叫作流线。

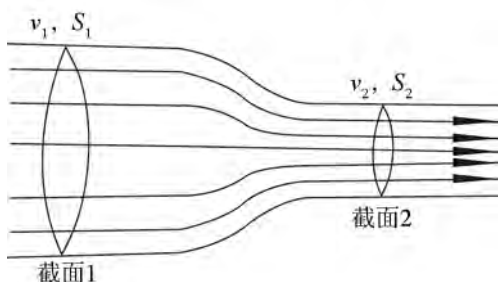


图 3.23 稳定流体流过某一通道的流线

图3.23所示为稳定流体流过某一个通道的流线。从图中可以看到，截面宽的地方流线稀，截面窄的地方流线密。由于流线只能在通道中流动，在单位时间内通过通道上任何截面的流体质量都是相等的。因此，连续性原理可以用以下公式表示：

$$\rho v S = \text{常数}$$

假设流体是不可压缩的，也就是说流体密度 $\rho$ 保持不变，截面1的面积是 $S_1$ ，截面2的面积是 $S_2$ ，通过截面1时流体速度是 $v_1$ ，通过截面2时流体速度是 $v_2$ ，于是有：

$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$

由此可以得出，截面窄、流线密的地方，流体的流速快；截面宽、流线稀的地方，流体的流速慢。通过以上分析就很能容易地解释通道窄水流快、路面窄风速大的现象了。

## 3. 伯努利原理

在一个流体系统（如气流、水流）中，流速越快，流体产生的压力越小，这就是被称为“流体力学之父”的丹尼尔·伯努利在1738年发现的伯努利原理。伯努利原理的内容是：对稳定管道中的流体而言，若流体不可压缩，忽略黏性，且与外界无能量交换，则沿管道各点的流体静压、动压和重力势能之和等于常量。伯努利原理用方程可表述为：

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = C$$

其中， $p$ 为流体中某点的压强； $v$ 为流体该点的流速； $\rho$ 为流体密度； $g$ 为重力加速度； $h$ 为该点所在高度； $C$ 是一个常量。

如图3.24所示,按照伯努利原理,图中流体速度 $v_1 < v_2 < v_3$ 。

伯努利原理是飞行器飞行原理的根据。伯努利原理在水力学和应用流体力学中有着广泛应用。需要注意的是,由于伯努利原理是由机械能守恒定律推导出的,所以它仅适用于黏性可以忽略、不可被压缩的理想流体。接下来,让我们用生活中常见的例子探究与实践伯努利原理。

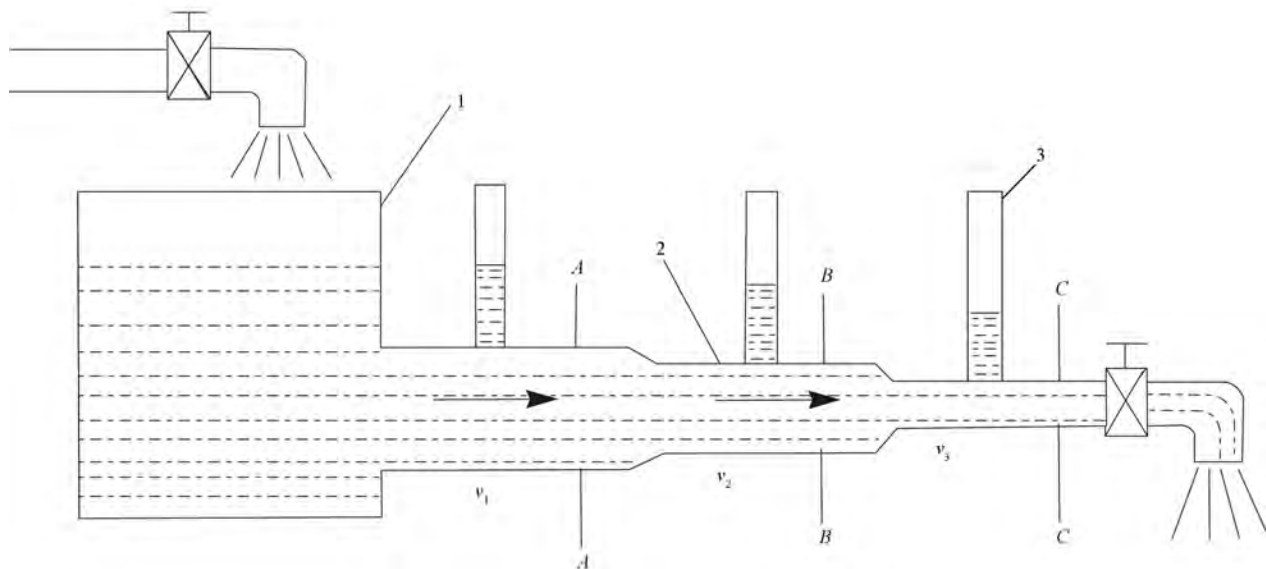


图 3.24 伯努利原理示意



### 实践与体验

两手各拿一张薄纸,使它们之间的距离为4~6cm。然后用嘴向这两张薄纸中间吹气,如图3.25所示。你会看到,这两张纸不但没有分开,反而相互靠近了,而且吹气的速度越大,两张纸就越靠近。这是为什么呢?

问题拓展:

(1) 两张纸靠近的直接原因是纸中间的空气的哪个参数减小了?

(2) 压强代表的是空气的哪种能量?

(3) 压强减小的同时,由于吹气导致空气的哪个参数变大了?

(4) 速度代表着空气的哪种能量?

(5) 速度增加的时候为什么压强减小?

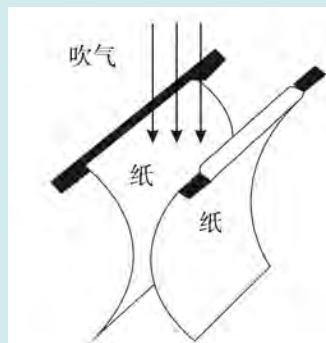


图 3.25 向两张纸中间吹气

【提示】思考势能与动能的关系,联系能量守恒定律,利用伯努利原理:①该定理是能量守恒定律在流体力学中的应用;②定义的是速度与压强的关系;③速度高的地方压强小,速度低的地方压强大,解答上述问题。



### 实践与体验

如图3.26所示，在倒置的漏斗里放一个乒乓球，用手指托住乒乓球，然后从漏斗口向下用力吹气，并将手指移开，乒乓球会掉下来吗？

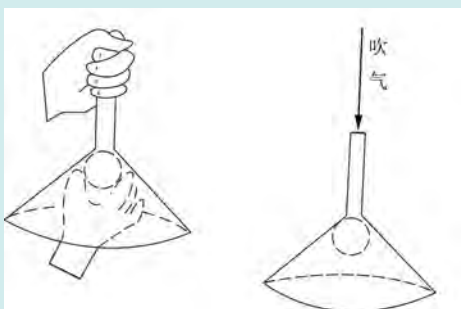


图 3.26 悬浮的乒乓球



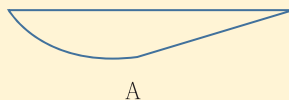
### 探究与交流

如图3.27a所示，有的跑车在车的尾部设计安装了一种导流板，它主要起什么作用？导流板横截面的形状应是3.27b中的A还是B？



a

导流板



A



B

b

图 3.27 汽车导流板

## 4. 升力

当气流迎面流过机翼时，机翼同气流方向平行，原来是一股气流，由于机翼的插入，被分成上下两股。在翼剖面前缘附近，气流开始分为上、下两股的那一点的气流速度为零，其静压值达到最大，这个点在空气动力学上称为驻点。对于上下弧面不对称的翼剖面来说，这个驻点通常是在翼剖面的下表面。在驻点处气流分岔后，上面的那股气流因要绕过前缘，所以它需要以更快的速度流过机翼上表面。如图3.28所示，由于机翼上表面拱起，使上方那股气流的通道变窄，机翼上方的气流截面 $S_2$ 要比机翼前方的气流截面 $S_1$ 小，流线比较密，所以机翼上方的气流速度 $v_2$ 大于机翼前方的气流速度 $v_1$ ；而机翼下方是平的，机翼下方的流线疏密程度几乎没有变化，所以机翼下方的气流速度和机翼前方的基本

相同。通过机翼以后，气流在后缘又重新合成一股。根据气流连续性原理和伯努利原理可以得知，机翼下表面受到向上的压力比机翼上表面受到向下的压力要大，这个压力差就是机翼产生的升力。

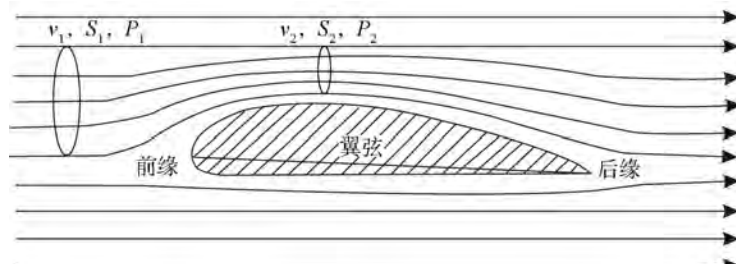


图 3.28 升力的产生

设法使机翼上部空气流速变快，静压力变小；机翼下部空气流速变慢，静压力变大。上下两面互相对力（图3.29），机翼就会被往上推，飞机就飞起来了。以前的理论认为两个相邻的空气质点同时由机翼的前端往后走，一个流经机翼的上缘，另一个流经机翼的下缘，两个质点应在机翼的后端相会合（图3.30）。经过仔细计算后发现，如按照上述理论，上缘的流速不够大，机翼应该无法产生那么大的升力，现在经风洞实验已证实，两个相邻空气的质点中，流经机翼上缘的质点会比流经机翼下缘的质点先到达后缘（图3.31），即上部空气流速快，静压力小；下部空气流速慢，静压力大，上下力差使机翼往上走，飞行器往上飞。

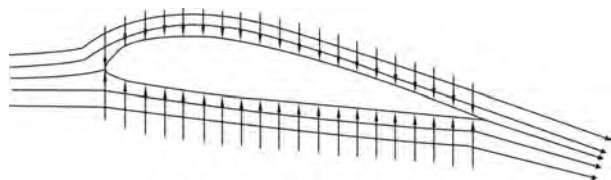


图 3.29 机翼上下两面受力

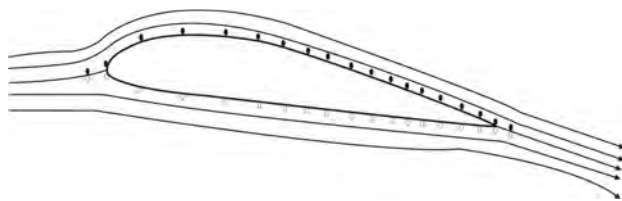


图 3.30 早期理论的气流质点流过机翼的情况

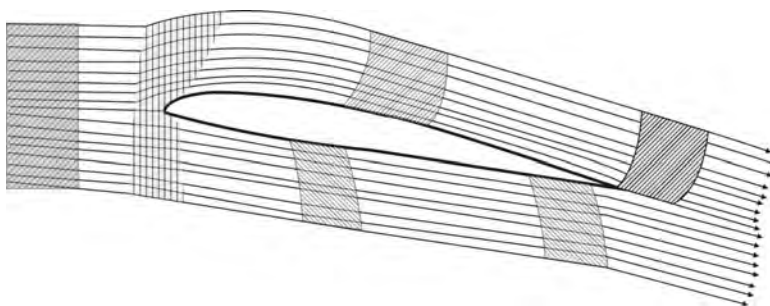


图 3.31 风洞实验得到的气流质点流过机翼的情况

升力一般采用如下公式计算：

$$Y = \frac{1}{2} C_y \rho v^2 S$$

式中 $Y$ 是机翼的升力； $\rho$ 是空气密度； $v$ 是机翼同气流的相对速度； $S$ 是机翼面积，是从机翼上部向下看的机翼的投影面积，而不是翼剖面面积，也不是整个机翼外表面面积。 $C_y$ 是升力系数，它同机翼的翼剖面形状、机翼的迎角等因素有关，它的数值用实验法求出，计算时可以从升力系数曲线中查到。



## （二）四旋翼飞行器的结构形式

四旋翼飞行器一般采用4个旋翼作为飞行的直接动力源，旋翼对称分布在机体的前后左右4个方向，4个旋翼分A、B两组，旋转方向不同，高度、结构和半径都相同。如图3.32所示，旋翼1和旋翼3逆时针旋转，旋翼2和旋翼4顺时针旋转，4个电机对称安装在飞行器的支架端，支架中间的空间安放飞行控制计算机和外部设备。

四旋翼飞行器有两种结构形式：“X”形结构（图3.33）和“十”字形结构（图3.34），这两种结构差别不大。考虑到可能会使用向前安装的视觉传感器，为了使视线不被遮挡，“X”形结构使用广泛，我们采用“X”形结构。

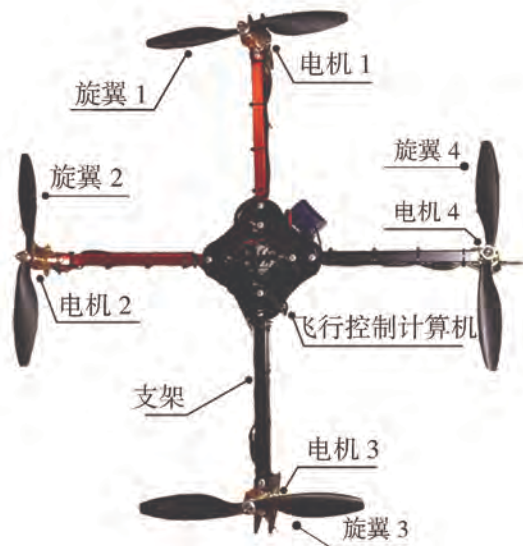


图 3.32 四旋翼飞行器的结构



图 3.33 四旋翼飞行器“X”形结构



图 3.34 四旋翼飞行器“十”字形结构

## （三）四旋翼飞行器的飞行姿态

四旋翼飞行器通过调节4个电机转速来改变旋翼转速，实现升力的变化，从而控制飞行器的姿态和位置。四旋翼飞行器是一种六自由度的垂直升降机，因有4个输入力、6个运动状态输出，所以它又是一种欠驱动系统。

四旋翼飞行器在空间上共有6个运动自由度（分别沿3个坐标轴做平移和旋转动作），这6个自由度的控制都可以通过调节不同电机的转速来实现。为更清楚地理解运动自由度与电机转速的关系，我们列出表3.1进行对比分析。须说明一下，四旋翼飞行器的电机1和电机3逆时针旋转，电机2和电机4顺时针旋转；规定沿x轴正方向运动称为向前运动，箭头在旋翼的运动平面上方表示此电机转速提高，在下方表示此电机转速下降； $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 分别对应4个电机的输入力， $G$ 表示四旋翼飞行器的重力。

表 3.1 6 个运动状态与电机转速的关系

运动状态	图示	电机转速状态	力变化关系
垂直运动	 a 垂直运动	同时增加四个电机的输出功率，总的拉力增大，离地垂直上升；反之，同时减小四个电机的输出功率，垂直下降，平衡落地，实现了沿z轴的垂直运动	上升： $F_1+F_2+F_3+F_4 > G$ 下降： $F_1+F_2+F_3+F_4 < G$ 悬停： $F_1+F_2+F_3+F_4 = G$
俯仰运动	 b 俯仰运动	电机 1 的转速上升，电机 3 的转速下降（改变量大小应相等），电机 2、电机 4 的转速保持不变，机身绕 y 轴旋转仰起；同理，电机 1 的转速下降，电机 3 的转速上升，机身绕 y 轴俯身，实现俯仰运动	机身绕 y 轴旋转仰起： $F_1 > F_3, F_2 = F_4$ （以此类推，机身绕 y 轴旋转俯身： $F_1 < F_3, F_2 = F_4$ ）
滚转运动	 c 滚转运动	电机 4 的转速上升，电机 2 的转速下降（改变量大小应相等），电机 1 和电机 3 的转速保持不变，机身绕 x 轴顺时针横滚；同理，电机 4 的转速下降，电机 2 的转速上升，机身绕 x 轴逆时针横滚，实现滚转运动	机身绕 x 轴顺时针横滚： $F_4 > F_2, F_1 = F_3$ （以此类推，机身绕 x 轴逆时针横滚： $F_4 < F_2, F_1 = F_3$ ）
偏航运动	 d 偏航运动	四旋翼飞行器偏航运动可以借助旋翼产生的反扭矩来实现。当电机 1 和电机 3 的转速上升，电机 2 和电机 4 的转速下降时，旋翼 1 和旋翼 3 对机身的反扭矩大于旋翼 2 和旋翼 4 对机身的反扭矩，机身便在富余反扭矩的作用下绕 z 轴转动，实现飞行器的偏航运动，转向与电机 1 和电机 3 的转向相反	绕 z 轴偏航运动： $F_1+F_3 > F_2+F_4$
前后运动	 e 前后运动	要想实现飞行器在水平面内前后运动，必须在水平面对飞行器施加一定的力。增加电机 3 转速，使拉力增大，相应减小电机 1 转速，使拉力减小，同时保持其他两个电机转速不变，反扭矩仍然要保持平衡。飞行器首先发生一定程度的倾斜，从而使旋翼拉力产生水平分量，因此可以实现飞行器的平稳向前运动；向后运动与向前运动相反。在图 b、图 c 中，飞行器在产生俯仰、滚转运动时也会产生沿 x、y 轴的水平运动	向前运动： $F_1 < F_3, F_2 = F_4$ （以此类推，向后运动： $F_1 > F_3, F_2 = F_4$ ）

续表

运动状态	图示	电机转速状态	力变化关系
侧向运动		由于结构对称，所以侧向飞行的工作原理与前后运动完全一样	向右运动： $F_4 > F_2, F_1 = F_3$ (以此类推，向左运动： $F_4 < F_2, F_1 = F_3$ )

## 二、四旋翼飞行器的组成

典型的小型四旋翼飞行器，一般由机架部分、主控系统 [包括电机、微控制器 (MCU)、传感器、电子调速器、电池、桨叶]、遥控系统组成。

### (一) 机架部分

机架是指四旋翼飞行器的机身，是整个飞行系统的机械载体，定义了飞行器的基本外观和大小。一般使用强度高、重量轻的材料制作机架，例如碳纤维、PA66+30GF（玻纤增强尼龙66，即尼龙66加30%玻璃纤维）等材料，图3.35和图3.36所示分别为两种材料制作的机架。



图 3.35 碳纤维机架



图 3.36 PA66+30GF 机架

### (二) 主控系统

主控系统是指飞行器主控电路，主要包括气压计、无线收发模块、陀螺仪、加速度计模块、微控制器模块和无刷电机、电子调速器等（图3.37）。

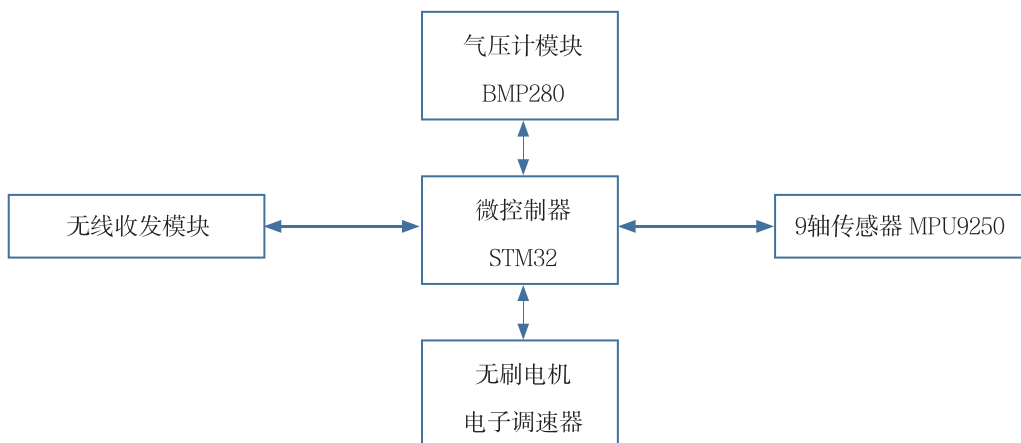


图 3.37 飞行器主控硬件框图

## 1. 电机

电机由电动机主体和驱动器组成，是一种典型的机电一体化产品。在整个飞行系统中，电机起到提供动力的作用，配合螺旋桨让飞行器在空中运动。

常用的直流电机，按结构及工作原理可以划分为无刷电机和有刷电机。无刷电机（图3.38）是航模电机的主流选择，因为它力量大而且耐用。小型的四旋翼飞行器一般选用空心杯电机（图3.39），它属于有刷电机。



图 3.38 无刷电机



图 3.39 空心杯电机

## 2. 电子调速器

电子调速器（Electronic Speed Controller，简称ESC），也称电调。在整个飞行系统中，电调用来驱动电机完成各种指令，控制电机完成规定的速度和动作等。

如图3.40所示，黑色和红色的线是电源线，红色线接电源正极，黑色线接电源负极。右边三根线和电机的三根线相连，如果转向反了，只需将其中任意两根线互换就可以了。白、红、黑3根线是和电调相连的，白色的线为信号线，红色的线为控制板提供5V供电电源，黑色的线接控制器的地线。



图 3.40 电子调速器

## 3. 桨叶

桨叶是通过自身旋转，将电机转动功率转化为动力的装置。在整个飞行系统中，桨叶主要提供飞行所需的动能。桨叶与电机的搭配主要从机架大小、能否提供足够动力这两方面进行考虑。

桨叶按材质一般可分为尼龙桨（图3.41）、碳纤维桨（图3.42）和木桨（图3.43）等。桨叶分正反桨，正桨是拉力桨，产生拉力使飞行器向前；反桨是推力桨，产生推力使飞行器向前。四旋翼飞行器的4个桨叶中，对角线方向上的两个桨叶旋转方向相同，相邻桨叶旋转方向相反。A和B代表旋转方向，用来区分正反桨。



图 3.41 尼龙桨



图 3.42 碳纤维桨



图 3.43 木桨

#### 4. 电池

电池是将化学能转化成电能的装置。在整个飞行系统中，电池作为能源储备，为整个动力系统和其他电子设备提供电力来源。目前在多旋翼飞行器上，一般采用普通锂电池（图3.44）或者智能锂电池（图3.45）等。

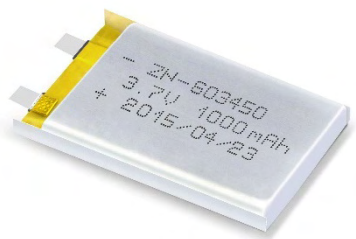


图 3.44 普通锂电池

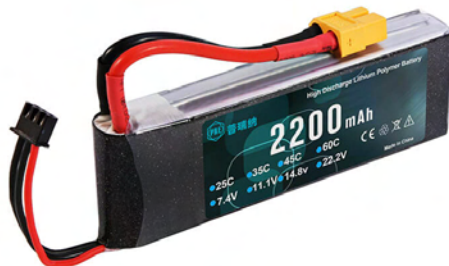


图 3.45 智能锂电池

#### 5. 姿态传感器模块

四旋翼飞行器的核心就是姿态的控制，姿态控制常用的模块有陀螺仪、加速度计、磁强计和气压计等。随着微机电系统（Micro Electro Mechanical System，简称MEMS）技术的发展，通常把陀螺仪、加速度计、磁强计集成在一个模块上，一是使用方便，二是采集的数据更加稳定。现在四旋翼飞行器姿态控制模块大部分都采用集成度较高的部件，MPU6050姿态传感器模块（图3.46）和MPU9250姿态传感器模块（图3.47）是近年来使用频率较高的两款器件，也就是常说的 6 轴传感器模块和 9 轴传感器模块。

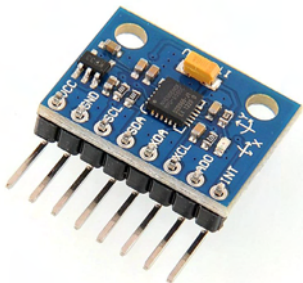


图 3.46 MPU6050 姿态传感器模块

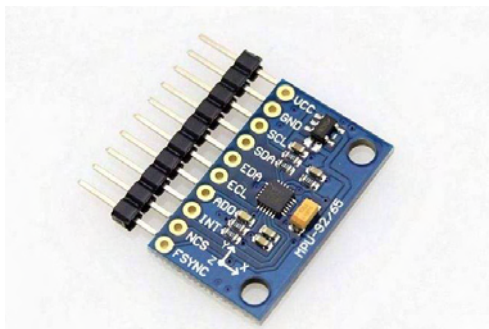


图 3.47 MPU9250 姿态传感器模块

陀螺仪是一种能用来维持方向与角速度的装置，设计原理是角动量守恒。加速度计是能将物体加速度的信息转换为电信号的传感器，加速度传感器用来测量与重力方向的夹角。磁强计又叫高斯计，可测量磁场方向和磁场强度，通过磁阻传感器测量地磁方向信息，再将所测信息转换为信号输出。气压计是一种检测装置，能感受到被测量的信息，并能将检测感受到的信息，按一定规律变换成电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。



图 3.48 STM32 系列 M3 核微控制器

## 6. 微控制器模块

四旋翼飞行器的微控制系统是指能够稳定四旋翼飞行器飞行姿态，控制飞行器自主或半自主飞行的控制系统。它是四旋翼飞行器的大脑，能够完成对飞行控制的数据采集和处理。

四旋翼飞行器的微控制器模块通常选用STM32系列M3核（图3.48）或M5核作为主控芯片。

### （三）遥控系统

遥控器模块电路，主要包括显示模块、无线收发模块、AD（analog to digital，模数转换）采集模块和微控制器模块等，其硬件框图如图3.49所示。

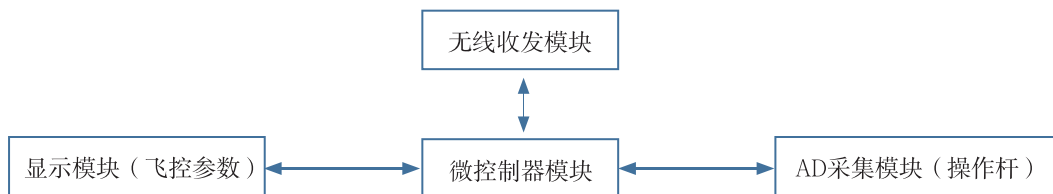


图 3.49 遥控器模块电路的基本框架

其中：

- （1）无线收发模块：用来和四旋翼飞行器进行通信，实现对飞行器的实时控制。
- （2）AD采集模块：获得操作杆数据，用来完成四旋翼飞行器的一系列动作。
- （3）显示模块：可以显示飞行器的实时参数变化情况，方便用户直观操控，实时互动。
- （4）微控制器模块：遥控器的核心。

遥控器发射机和接收机需要配对使用，不同厂商的产品一般不能兼容，因为使用的收/发芯片及协议可能不一样。

遥控器用来将操控者的手指动作转换为带有控制信息的无线电信号，并以电磁波的形式向空中发射，从而控制飞行器。除了基本功能之外，遥控器应用了先进的微控制器并配有液晶显示，可显示工作状态或设定辅助功能，如调整舵角大小、设置飞行模式、电量状态、位置信息等。如图3.50所示为一款简易遥控器的外形及各功能键名称。

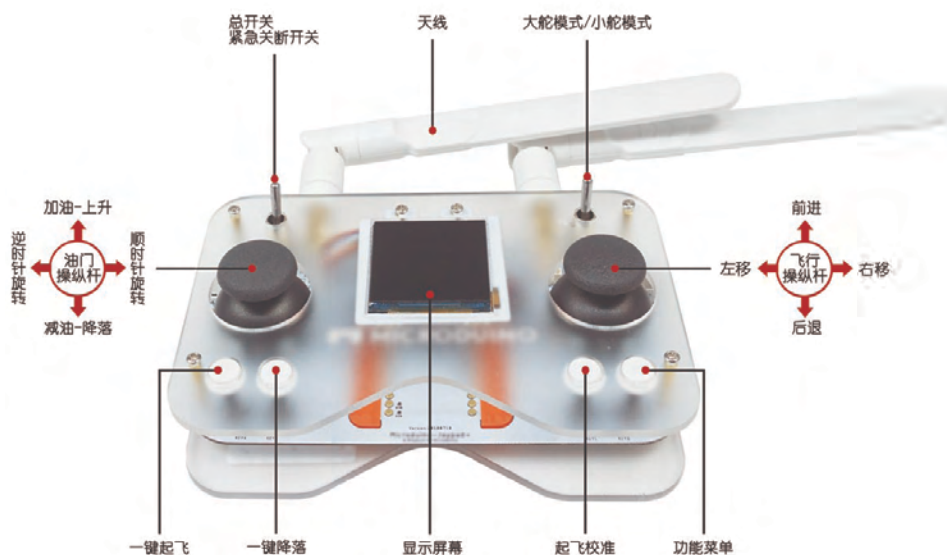


图 3.50 四旋翼飞行器的遥控器

### 三、四旋翼飞行器的设计制作

2016年，民航局出台《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》，进一步规范了民用航空使用空域范围内的民用无人驾驶航空器系统活动。无人飞行器为高风险产品，飞行时务必远离人群和障碍物，必须遵守《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》，在合法区域进行飞行。

选择一款适合室内飞行的、价格较低的微型四旋翼飞行器作为我们的设计制作器材。

#### （一）认识实践器材的各组件

图3.51所示为微型四旋翼飞行器组件。

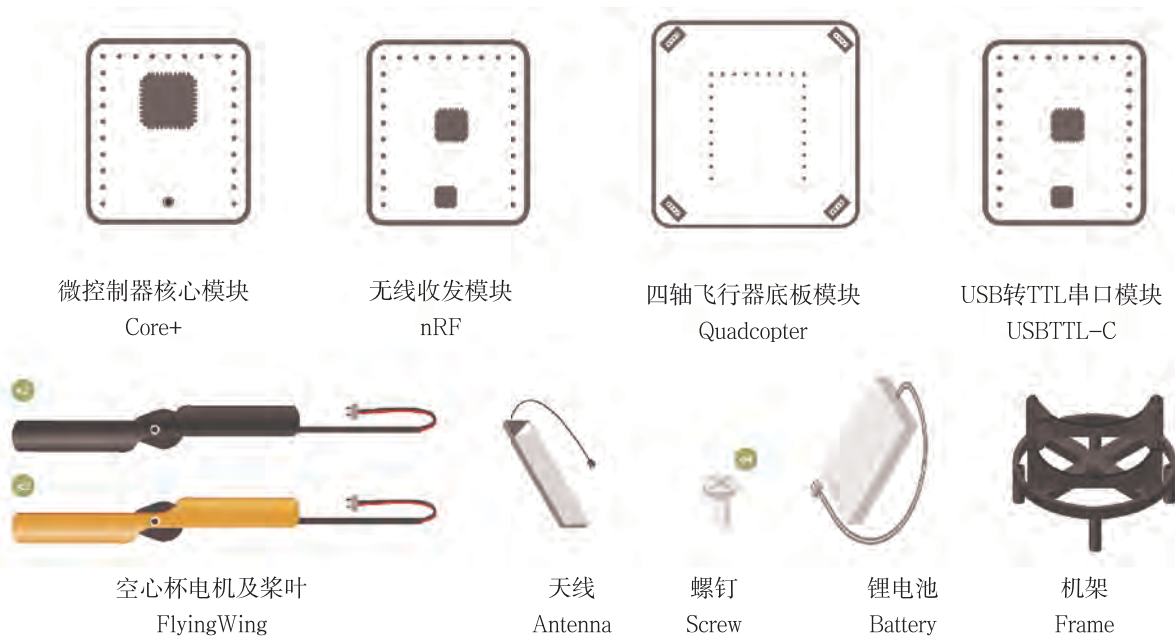


图 3.51 微型四旋翼飞行器组件

#### （二）安装机架与旋翼

将4个螺旋桨按照图示方向（图3.52）插入机架的对应接口上，请注意螺旋桨上面的字母编号，字母编号相同的两支螺旋桨必须接在对角线上。注意机架的摆放方向为电池槽横向摆放。

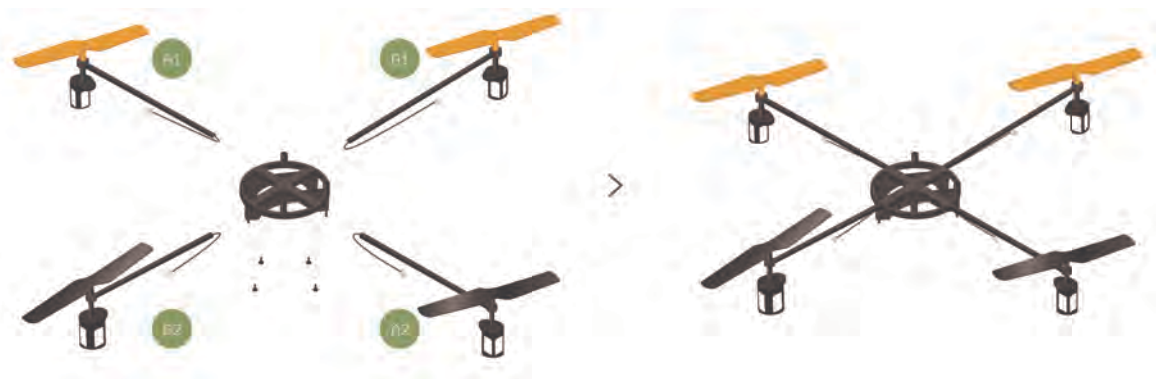


图 3.52 螺旋桨安装示意

### （三）安装电池

将电池安装到机架底部的对应位置（图3.53）。



图 3.53 电池安装示意

### （四）安装主控系统模块

将四轴飞行器底板模块放入机架顶部位置，请注意硬件上的“U”形针脚，其开口方向应该朝向两支橙色螺旋桨一侧，再将螺旋桨的接线插入底板模块对应的接口位置（图3.54）。



图 3.54 主控系统模块安装示意

### （五）安装天线

将天线接在nRF模块上，之后与Core+模块上下叠加在一起加在底板上，“U”型针脚开口方向朝两个橙色螺旋桨安装（图3.55）。

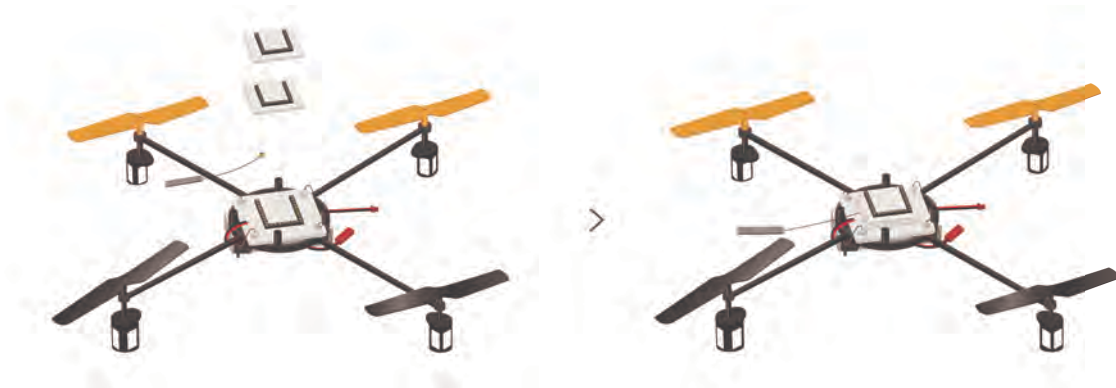


图 3.55 天线安装示意



### (六) 连接电路

将四轴飞行器底板模块的接线头和电池的连线进行连接（图3.56）。



图 3.56 电路连接示意

### (七) 固定天线

将nRF上的天线贴纸撕下来，将天线安装在机架背后的任意位置（图3.57），至此无人机组完成。

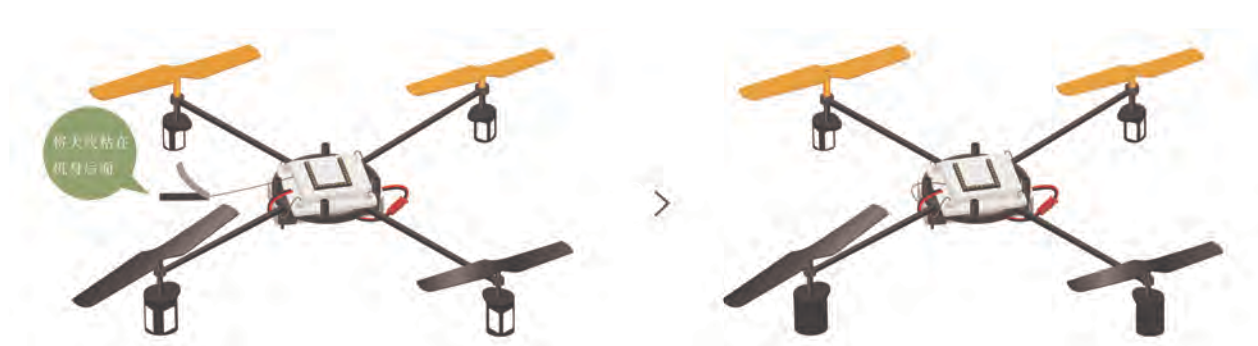


图 3.57 天线固定示意

安装时注意事项：

- (1) 两根电池线正负极不要接反了，红色线连红色线，黑色线连黑色线。
- (2) 电池线从电极臂下方连接，防止螺旋桨转动时与电池线碰撞。

### (八) 程序烧录

(1) 请先上网下载Arduino IDE程序（下载说明：登录MICRODUINO官网，单击进入“资源中心”，再单击进入“下载中心”，找到Arduino IDE即可下载安装），再上传或复制代码，以免程序出现问题。

(2) 将USBTTL-C模块取下，通过USB线与电脑连接，USBTTL-C模块上绿色灯快速闪烁一次，为连接成功，此时将Core+模块堆叠到USBTTL-C模块上，准备烧录程序。

(3) 打开Arduino IDE for Microduino环境，单击“工具”选项，在下拉菜单中选择“开发板”为:Microduino/mCookie-device（图3.58）。

(4) 在“工具”选项下拉菜单中选择“处理器”为:Microduino/mCookie-Core+(644pa)@16M, 5V（图3.59）。



图 3.58 设置开发板选项

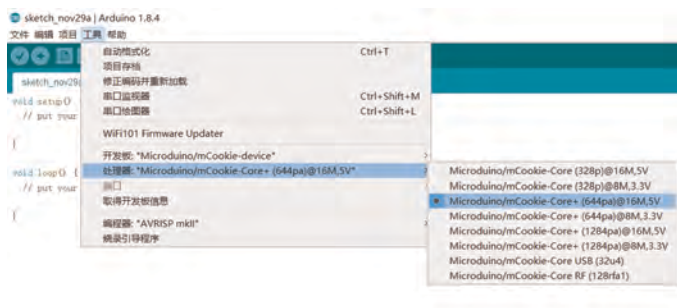


图 3.59 设置处理器选项

(5) 下载四轴控制程序MicroCoperControl.ino，下载方法：登录MICRODUINO官网，单击进入“美科学院”中的“公开课程”，找到如图3.60所示的“开源软硬件”课程部分。单击图3.60中“Microduino 创新编程”进入课程页面后，单击图3.61中“报名学习”按钮。



图 3.60 开源软硬件课程网页界面截图



图 3.61 报名学习 Microduino 创新编程课程

此时，会跳出用户登录窗口，按页面提示任选一种方式注册账户并登录。登录后单击上图中的“课时”，选择第13节课“开源四轴飞行器系统（joypad 版）——制作”并单击进入。在课程页面的最下方找到“附件下载”，并下载“四轴源码Version - 3.0.zip”文件（图3.62）。

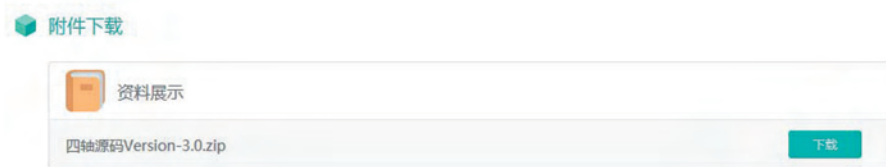


图 3.62 下载“四轴源码 Version - 3.0.zip”文件

下载后的文件是压缩文件，请将压缩文件解压备用，并记住解压文件包的位置。

(6) 打开四轴控制程序：从Arduino IDE 的菜单栏单击“文件”→“打开”，浏览到上一步的解压后的文件包处，按目录“四轴源码Version-3.0\Version-3.0\Microduino 源码\MicroCoperControl”找到“MicroCoperControl.ino”程序，将程序打开。

(7) 单击“→”按钮将四轴控制程序下载到开发板上，下载成功后，即可准备四轴飞行器飞行实践。

## 四、四旋翼飞行器的飞行实践

### (一) 校正四旋翼飞行器

(1) 四旋翼飞行器第一次起飞前，需要进行一次校准操作。请将四旋翼飞行器放置于平坦的地面上，分别开启遥控器、四旋翼飞行器，按下“校准”键，当四旋翼飞行器指示灯绿灯常亮1 s后，绿灯闪烁，表示校准成功，此后不再进行校准。

(2) 若按下“校准”按键后，蓝灯闪烁，则表示校准失败，请检查四旋翼飞行器是否放置于水平地面，以及四旋翼飞行器控制板是否水平，重新进行校准。

### (二) 遥控器操作指南

#### 1. 解锁

(1) 确保四旋翼飞行器之前进行过一次校准操作，如果已经校准过，则无须再次校准。

(2) 分别启动遥控器、飞行器，确保飞行器处于水平地面上，飞行器指示灯绿色闪烁，遥控器显示“UNLOCK”。

(3) 确认“急停开关”处于“ON”的状态，若处于“OFF”状态，则无法解锁。

(4) 同时将左摇杆向左下移动、右摇杆向右下移动，持续约1.5 s后，电机启动，遥控器显示为“GO”，表示解锁成功。

#### 2. 加锁

有两种加锁方式：

(1) 四旋翼飞行器处于任何状态时，将“急停开关”拨到“OFF”时，电机立即加锁。

(2) 当四旋翼飞行器处于地面且电机处于解锁状态时，可以通过将左摇杆向右下移动、右摇杆向左下移动的方式进行加锁操作。

#### 3. 一键起飞

当四旋翼飞行器完成解锁操作后，按下“一键起飞”键，四旋翼飞行器进行一键起飞

操作，会自动飞到约1 m的高度，一键起飞完成后，可通过遥控器进行控制。

#### 4. 一键降落

四旋翼飞行器在飞行过程中，需要降落，可按下“一键降落”键，此时四旋翼飞行器缓慢下降，当降落到地面后，电机自动关闭。

#### 5. 常规控制

四旋翼飞行器在控制过程中需要控制的动作有：上、下、左、右、前、后、左旋转和右旋转。

在操作中，左边摇杆在垂直方向上控制油门，越往上油门越大，动力越大飞得越高，在水平方向上控制飞行器在水平方向旋转。右边摇杆在垂直方向上控制前后方向移动，往上向前，往下向后，在水平方向上控制左右方向移动。

#### 6. 操作注意事项

(1) 左上边是油门控制开关，打开（拨到上面）才能进行控制，你可以摇动摇杆，观察屏幕的变化。

(2) 右边开关是精度调整开关，开关拨到上面可以最大幅度控制，否则只能小幅度控制，小幅度有助于稳定控制。

#### (三) 飞行前的注意事项

(1) 使用前请仔细阅读操作说明书并按照说明进行操作。

(2) 四旋翼飞行器为高风险产品，飞行时务必远离人群和障碍物，必须遵守《民用无人驾驶航空器系统空中交通管理办法》。

(3) 请勿将电池放在高温、受热环境。

(4) 请勿将电池反接、短路，长期不使用时请断开电池和四轴的连接。

(5) 遥控器充电时开关需拨到“OFF”处，否则充不了电。

(6) 四旋翼飞行器和遥控器出厂默认已经匹配，非特殊情况不要重置。

(7) 新手在室内飞行时建议使用默认设置飞行，室外飞行建议设置飞行速度为中速模式。

(8) 建议熟练飞行后再使用手动飞行模式。

#### (四) 飞行练习

为了更好地完成飞行训练，请根据四旋翼飞行器操控顺序填写实践总结表3.2。

表 3.2 四旋翼飞行器操控顺序及实践总结表

序号	步骤	目的	实践总结
1	注意事项阅读	认真阅读飞行注意事项，避免安全隐患	
2	飞行设定练习	熟悉相关的飞行参数设定，能根据飞行环境和飞行需要设定飞行参数	
3	起飞降落练习	起飞与降落是飞行过程中首要的操作，起飞时，加油门一定要缓慢，防止油门过大而无法控制飞行器	
4	空中悬停练习	练习悬停动作，使四旋翼飞行器在空中保持长时间的稳定飞行	
5	升降练习	简单的升降练习可以锻炼对油门的控制，让初学者学会稳定飞行	

续表

序号	步骤	目的	实践总结
6	俯仰练习	俯仰操作用于控制飞行器的前行和后退，保证飞行器正确飞行，是飞行的基本操作	
7	偏航练习	偏航练习，用于改变飞行器航线，是一个常用的基本操作	

### （五）飞行器检修及保养

飞行过程中，飞行器会遇到各种不同的情况，一旦受到剧烈冲击，应对设备进行检修及保养。主要检查机架是否歪斜，桨面是否有磨损、断裂或者明显的裂痕，电机是否歪斜，是否有异物残存，电机是否有异响，电量是否充足等。



#### 探究与交流

1. 四旋翼飞行器改造好后，进行试飞，并记录遇到的问题。
2. 请说说你的改造方式的优缺点，可以从实用性、成本、美观等因素进行说明。
3. 以上对四旋翼飞行器的改造是否对你有所启发？

## 第三节 无人机航拍和制作全景图片的技术初探



### 学习目标

1. 理解无人机拍摄全景图片的基本原理。
2. 初步掌握全景图片的合成技术。

### 一、利用无人机航拍全景互动图片

使用无人机进行全景拍摄时，要控制无人机悬停在空中的某个位置，遥控无人机依次旋转拍摄，并注意掌握取景构图的方法和技巧。在后期制作过程中，将图片导入全景图片拼接软件PTGui软件中。该软件拥有丰富的功能，用户可以自行修改和添加控制点来提高拼接的精度，拼接后的图像明暗度均一，基本上没有明显的拼接痕迹。遇到有瑕疵的图片，大多数情况下是使用photoshop图片处理软件对图片进行处理的，最后，制作完的全景图可以通过手机或电脑观看。



## 案例分析

## 北京市部分中小学全景图

北京中小学天地全景信息系统民间校际大联盟在“720云”全景VR社区上发布了30多所北京市中小学校的校园全景图（图3.63），用户在社区上浏览时，可以通过单击按钮进行学校场景的切换，全景图有背景音乐，用户可以根据个人需求，选择开启或者关闭背景音乐，并可以配合使用VR设备体验模拟VR效果。



图 3.63 北京市部分中小学校园全景图的电脑界面截图



图 3.64 功能提示及各按钮截图

用户在浏览到某个场景时，若有所感触，可以通过单击“说一说”按钮（图3.64），写出自己想与其他用户分享的文字。

同学们，在感受全景图无限魅力的同时，你觉得在全景图中还能添加哪些功能？可行性有多大呢？快与同学成立讨论小组，一起开动脑筋吧！

## 二、无人机航拍和制作全景图片技术

全景图的创建一般包括以下步骤：首先将无人机悬停空中，遥控无人机和照相机绕垂直轴线旋转，并拍摄一个照片序列；然后根据各个图片中画面有交集的部分，利用软件将各个序列图片拼接成一张全景图。一般常用的合成软件是PTGui，下面以某大学拍摄的校园全景图中一个序列的图片为例，介绍图片拼接的流程。



图 3.65 6 张某大学航拍素材图

### （一）拍摄序列图片

无人机拍摄序列照片需要保持照片与照片之间有一定的衔接度，一般用手动遥控无人机定点静止在空中60 m左右，再控制无人机的照相机进行旋转和上下无死角地拍摄，相邻的照片要有大约10%以上的重合率，拍摄6张左右。如果6张之间无法达到10%以上的重合率，可以增加至10张以上。

图3.65所示拍摄的6张照片，它们之间都有一部分的重合处。

### （二）安装使用PTGui软件

PTGui软件安装过程中，注意电脑的操作系统是多少位的，只有符合安装软件所需的系统位数才能安装成功。安装成功后，打开软件，界面如图3.66所示。

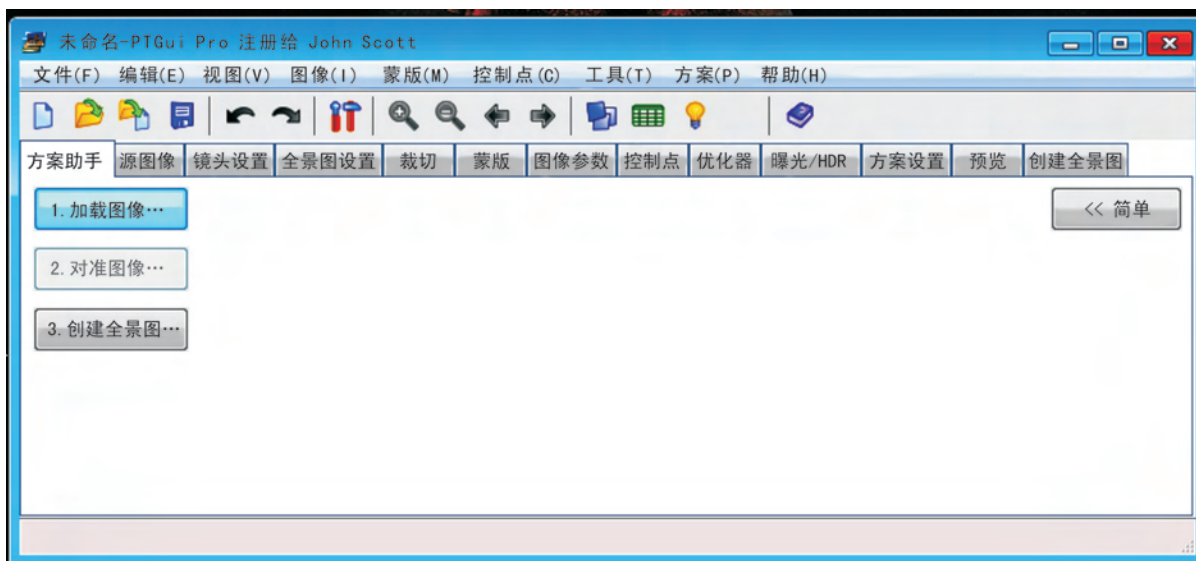


图 3.66 PTGui 界面

首先载入图片，通过单击“1.加载图像”按钮，载入需要载入的图片，载入图片后，界面如图3.67所示。



图 3.67 载入图片

如果有对接不到位的地方，通过单击“2.对准图像”按钮进行调节（图3.68），调节完毕后，单击“3.创建全景图”按钮来合成全景图。



图 3.68 调节界面

全景图生成后，在刚存储的路径中便可以找到图片，其合成的全景图如图3.69所示。观察图3.69，发现跟日常的景象不一样，这是因为全景图的查看需要指定的播放器来播放，播放器分为离线播放和在线播放。离线播放一般用一款名为“2VR”的软件来进行播放，在线播放利用在线播放平台。





图 3.69 利用 PTGui 合成的全景图

目前知名的全景图的在线播放平台有“720云”“天空之城”这两个网站。这些平台不仅可以上传全景图，还可以将拍摄的全景视频编辑合成后上传至平台内。

“720云”（图3.70），是一站式解决全景上传、分享、展示，以及创作者互动交流的平台。该平台不仅可以共享自己的作品，而且可以发起论坛，跟网友一起分享自己的经验。如果想深入了解“720云”的功能或者使上传作品的流程更快捷的话，建议同学们仔细学习“720云”的使用方法。



图 3.70 “720云”平台的主界面

“天空之城”（图3.71）是全球最大的无人机航拍影像社区，来自全世界的航拍摄影师们在这里创造并分享他们的航拍作品、航拍攻略。“天空之城”中的分类很清楚，它是通过标签功能将航拍内容进行细致分类的，使用者可以快速地找到自己想要的资源。



图 3.71 “天空之城”平台的主界面

## 本章小结

无人机应用前景非常广泛，无人机+行业应用成为无人机真正的刚需，在政府、民用、科研、军事等各领域均有大作为。依靠“无人机+”，各行业应用正阔步迈向智能化巡检时代。智能化巡检与传统人工巡检协同配合，具有迅速快捷、工作效率高、不受地域影响、巡检质量高、安全性好等优点。

四旋翼飞行器结构简单，操作易上手，可室内飞行，让那些没接触过航模的人也能够轻松完成飞行。四旋翼飞行器通过调节4个电机转速来改变旋翼转速，实现升力的变化，从而控制飞行器垂直、俯仰、滚转、偏航、前后、侧向等6个运动状态。通过本章的学习，可掌握四旋翼飞行器的组装、调试和修正，熟悉飞行器各组件的功能、安装连接、程序调试，按照一定操控顺序完成飞行实践，最终能使四旋翼飞行器平稳飞行。

基于无人机平台的数字航摄技术显示出独特的优势，航摄内容可通过全景制图软件设计出个性作品，还可支持VR模式，成为大众娱乐的一个崭新发展方向。

## 学习评价

评价内容		自我评价	小组评价	教师评价
过程评价	师生互动	听课状态		
		课堂提问		
		研讨交流		
	实践活动	项目构思		
		合作协作		
		动手实践		
结果评价	目标实现	知识理解		
		四旋翼飞行器的实物制作		
		四旋翼飞行器的飞行操控		
		无人机航拍操控		
		全景图片的制作		
	收获反思	实践反思		
		改进优化		

## 附录 部分中英文词汇对照表

磁力计	magnetometer
大气层	Air Envelop
大气分层	atmospheric subdivision
地面控制站	Ground Control Station, GCS
对流层	troposphere
多旋翼	multi-rotors
飞机	aeroplane
高度	altitude
高技术	high technology
固定翼	fixed-wing
国家航空管制	national aviation regulation
航空学	Aeronautics
加速计	accelerometer
空气静力学	Aerostatics
空气密度	air density
空中交通管制	Air Traffic Control, ATC
平流层	stratosphere
起飞和着陆	take off & landing
桥梁	bridge
气流	air flow
全球卫星定位系统	Global Positioning System, GPS
热层	thermosphere
人工智能	Artificial Intelligence, AI
射频控制	Radio Frequency Control
四轴飞行器	quadcopter
太空	aerospace
陀螺仪	gyroscope
外层	outer layer
无人驾驶飞行器	Unmanned Aerial Vehicle, UAV
无人机系统	Unmanned Aerial System, UAS
项目式学习	Project-Based Learning, PBL
旋翼	rotary-wing