国家教材委员会专家委员会审核通过
2019

普通高中教科书

TONGYONG JISHU

通用技术

选择性必修10

科技人文融合创新专题

广东教育出版社
广东科技出版社

普通高中教科书

通用技术

选择性必修10
科技人文融合创新专题

主　　编　刘琼发

广东教育出版社
广东科技出版社
·广 州·

图书在版编目（CIP）数据

通用技术．选择性必修10：科技人文融合创新专题／刘琼发主编．—广州：广东教育出版社：广东科技出版社，2021.6（2021.12重印）

普通高中教科书

ISBN 978-7-5548-4131-0

Ⅰ.①通… Ⅱ.①刘… Ⅲ.①通用技术—高中—教材 Ⅳ.①G634.931

中国版本图书馆CIP数据核字（2021）第114291号

编 写 单 位：广东教育出版社　广东科技出版社
主　　编：刘琼发
副 主 编：李　榕　周卫星　朱美健　席春玲
本 册 主 编：徐　明
本册副主编：李鲋瑞　刘海峰

出 版 人：朱文清
责 任 编 辑：林　雁
责 任 技 编：许伟斌
装 帧 设 计：友间文化

通用技术　选择性必修10　科技人文融合创新专题
TONGYONG JISHU XUANZEXING BIXIU 10 KEJI RENWEN RONGHE CHUANGXIN ZHUANTI

广东教育出版社
广东科技出版社　出版

（广州市环市东路472号12-15楼）
邮政编码：510075
网址：http://www.gjs.cn
广东新华发行集团股份有限公司经销
广州市彩源印刷有限公司
（广州市黄埔区百合3路8号 邮政编码：510700）
890毫米×1240毫米　16开本　6印张　132 000字
2021年6月第1版　2021年12月第2次印刷
ISBN 978-7-5548-4131-0
定价：7.36元
批准文号：粤发改价格〔2017〕434号　举报电话：12315
著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究
如有印装质量或内容质量问题，请与我社联系调换
质量监督电话：020-87613102　邮箱：gjs-quality@nfcb.com.cn
购书咨询电话：020-87772438

前　言

本教材的编写以《普通高中通用技术课程标准（2017年版）》（以下简称《标准》）为依据，以全面贯彻落实《标准》所倡导的以提高学生的技术素养和创新能力为目标。本模块的核心价值在于多学科知识的综合运用，科技人文融合创新项目的实施以兴趣、问题、活动等为中心。充分结合数学、物理、化学、生物、历史、地理、人文、人文、艺术等学科知识，适当利用信息技术，注意在教学中融入爱国主义教育和革命传统教育，在内容的编排上，尽量为学生设计合理的知识框架和学习线索，力求做到知识体系清晰，重点突出。

教材编写上以案例或项目引入，介绍从事科技人文融合创新项目活动的基础条件，工具、材料、图样、工艺、技术参数等技术要素，以及性能需求、生命周期、标杆分析和反求工程等工程问题分析方法在科技人文融合创新项目活动的独特作用。以技术与工程问题为牵引，经历科技人文融合创新项目活动全过程。以项目实践为指引，设计科技人文融合创新项目专题实践内容，包括桥梁、交通工具、航空器、医疗器械、矿山工程等项目主题，经历科技人文融合创新项目活动过程。通过这些实践活动，了解技术与工程项目所蕴含的科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等因素，并通过比较、权衡等方法剖析科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等因素间的制约关系和通约特性。

科技人文融合创新基于案例，综合运用科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会

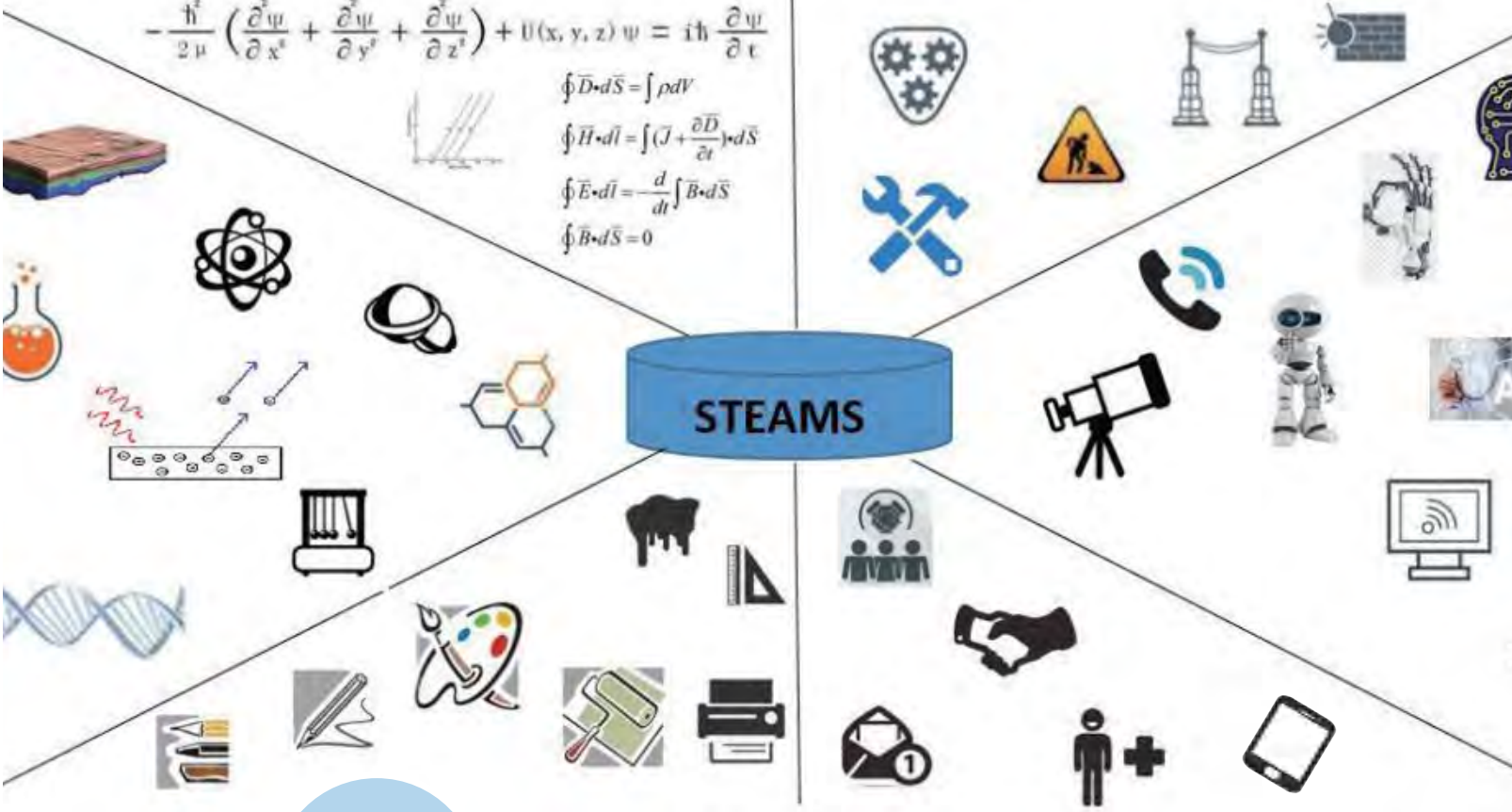
等学科的知识、方法和技能，以专题学习和项目学习的方式进行问题解决与科技创新。教材注重对学生科学态度、价值观的引导和培养。从学生的发展和社会的需要出发，结合技术学科综合性、技术性、实践性强的特点，突出了技术思想、技术方法和技术实践能力和创新能力的培养，旨在帮助学生形成学科融合的视野，使学生能综合运用多学科知识、方法，系统地分析和解决现实中科学技术与工程问题，发展工程思维，提高创新能力，发展综合素养。

通过本模块的学习，学生能理解科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会之间的紧密联系和科技人文融合创新的重要性，能在技术和工程问题解决过程中综合运用科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等的知识和方法；初步掌握具体领域的相关科学原理及其应用、数学知识及其应用、材料及其加工、模型制作及其工艺等基本知识与基本技能，初步形成在具体领域中运用结构与功能、权衡与优化、设计与创新等技术思想与方法的能力，提高设计创新能力；形成系统与工程思维，培养团队意识和合作能力，树立投身我国科技创新伟大事业的人生理想。

目 录

第一章　科技人文融合创新概述 ……01
第一节　认识STEAMS ……02
一、STEAMS的概念 ……02
二、STEAMS的发展历程 ……03
三、知识创新 ……05
四、多学科融合创新 ……07
第二节　科技人文融合创新项目与分析 ……11
一、科技人文融合创新项目 ……11
二、项目的生命周期 ……12
三、标杆分析 ……14
四、反求工程 ……16
第三节　科技人文融合创新项目实践的一般过程 ……18
一、项目实施构思过程 ……19
二、不同技术解决方案 ……22
三、项目技术测试与计算 ……23
本章回顾与评价 ……27

第二章　科技人文融合创新专题实践 ……28
第一节　桥梁 ……29
一、早期桥梁的结构 ……30
二、桥梁的发展 ……31
三、桥梁的设计与制作 ……33
四、桥梁设计竞赛 ……35
第二节　交通工具 ……37
一、日新月异的新能源汽车 ……37
二、交通工具系统的构成 ……38
三、新能源在交通工具上的应用 ……40
四、新能源小车设计与制作 ……41
第三节　航空器 ……52
一、飞行器的发展史 ……52
二、航空器的飞行原理 ……55
三、航空器的设计与制作 ……60
四、创新设计与拓展实践 ……62
第四节　医疗器械 ……66
一、常见的医疗器械 ……67
二、人体生理指标测量传感器 ……67
三、医疗器械的设计与开发过程 ……69
四、脉搏检测仪设计与制作 ……69
第五节　矿山工程 ……78
一、地面工程 ……79
二、地下工程 ……80
三、地面工程与地下工程的协同性 ……81
四、煤气泄漏报警器设计与制作 ……81
本章回顾与评价 ……88



第一章 科技人文融合创新概述

在科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会之间存在着一种相互支撑、相互补充、共同发展的关系。如果要更好了解它们，尤其是它们之间的关系，就不能独立地看其中某个部分，只有在交互中、在相互的碰撞中，才能实现深层次的理解和认识它们。

科技人文融合创新，有别于传统的单学科、重书本知识的教育方式，是更加重实践的多学科的学习。

第一节 认识STEAMS

学习目标

- 理解STEAMS的概念，掌握STEAMS的结构分析。
- 了解国际上STS、STEM、STEM+理念的发展历程。
- 理解学习领域融合对知识创新的意义。
- 体会多学科融合创新的重要性。

一、STEAMS的概念

STEAMS是科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）、人文和艺术（Arts）、数学（Mathematics）、社会（Society）的合称，其核心是跨学科的融合。

案例

活塞式内燃机汽车（图1-1）是一个将化学能转化为机械能的过程，通过气缸活塞来实现能量的转化，这个应用就是“科学”的应用；工厂加工气缸和活塞等零部件，是一个“技术”的过程；汽车有许多零部件，将它们组合成一辆汽车，这个过程称为“工程”；有的汽车外观设计得很漂亮，深受人们的喜爱，这就有“艺术”的因素；汽车重心的高低、风阻等，对汽车运动过程中的安全性、可靠性是有影响的，要经过严密的计算，这就应用了“数学”；汽车成为一种交通工具，方便人们的出行或者成为运输工具，提高了人们的生活质量，推动了社会的发展，同时产生交通拥堵、环境污染，这就产生了“社会”问题。

图1-1 活塞式内燃机汽车

讨论

在汽车的设计中如果忽略STEAMS中的某一要素，你认为会产生什么影响？

分析

表1-1列出了汽车的某些元素，分析其作用，在空格里填写STEAMS中的某一字母（可加中文标注）。

表1-1　分析汽车的某些元素与STEAMS的关系

元　　素	属于STEAMS中的哪一项
油箱加油口盖内侧贴有轮胎充气气压的值	
车标	
精密齿轮	
挡风玻璃上贴的环保标志	
除雾原理	
师傅给汽车加装倒车雷达	
驾驶座位前后高低可以调节	

思考

汽车生产企业需要哪些人才？平常我们应该关注和学习哪些知识以适应未来的职业发展？

二、STEAMS的发展历程

STEAMS经历了以下4个发展阶段：STS→STEM→STEAM→STEAMS。

阅读

STS：

STS是科学（Science）、技术（Technology）、社会（Society）的合称。它探讨和揭示科学、技术和社会三者之间的复杂关系，研究科学、技术对社会产生的正负效应。其目的是改变科学和技术分离，科学、技术和社会脱节的状态，使科学、技术更好地造福于人类。

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质的公民，它要求教育面向公众，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，都要考虑社会效应，并能为科技发展带来的不良后果承担社会责任。

STS研究和STS教育始于20世纪60—70年代西方发达国家，当时科学技术迅速发展，带来了经济发展、社会繁荣、人们生活水平提高，但与科学技术发展有关的重大社会问题（如环境、生态、人口、能源、资源等）也随之不断出现。为了解决这些问题，STS研究和STS教育应运而生。STS研究和STS教育的产生是社会发展的需要。

我国在20世纪80年代中期引进了有关STS教育的理论，并对大学、中小学STS教育进行了理论和实践的研究。

STEM：

STEM代表科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）、数学（Mathematics）。STEM教育就是科学、技术、工程、数学的教育。欧美一些发达国家政府STEM计划是一项鼓励学生主修科学、技术、工程和数学（STEM）领域的计划，并不断加大科学、技术、工程和数学教育的投入，培养学生的科学素养。

STEAM：

STEAM代表科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）、人文和艺术（Arts）、数学（Mathematics）。STEAM教育就是集科学、技术、工程、人文、艺术、数学多学科融合的综合教育。

STEAM是从STEM教育计划演变而来的，STEM是由发达国家政府主导的一项教育计划，旨在打破学科疆域，通过对学科素养的综合应用解决实际问题，同时培养综合性的人才。

STEAM与STEM相比，只是比STEM计划多加了一项人文艺术，相对来说，STEAM比STEM注重的元素更加多元化，要求的学科能力更丰富多样。

STEAMS：

STEAMS就是在STEAM的基础上增加社会（Society）的一项内容，强调不要忽视社会效果，为科技发展带来的不良后果承担社会责任。STEAMS教育的核心主张跨学科的融合，形成学科综合的视野，能综合运用科学、技术、工程、艺术、数学、社会的知识、方法和基本技能，形成系统的方法论和工程思维，提高创新能力。

讨论

（1）你认为STEAMS还可能怎样发展？

（2）结合本校所开设的课程（包括校本课程），讨论在STEAMS教育中，各学科所属元素。

案例

张先生打电话联系一家工厂，请工厂给他加工一个零件。工厂联系人听了他的表述后，请他使用QQ交流。张先生不愿意，希望在电话里说清楚他的意图。联系人说，在电话里是很难说清楚的，最好用图来表达，用QQ可以截图。这位张先生说，他不会截图。联系人说："对不起，我们没办法为您提供准确的服务！"

分析

张先生的知识结构里缺少什么素养？我们在平时的学习当中要注意什么问题？

三、知识创新

知识创新是指通过科学研究，包括基础研究和应用研究，获得新的基础科学和技术科学知识的过程。知识创新的目的是追求新发现、探索新规律、创立新学说、创造新方法、积累新知识。知识创新是技术创新的基础，是新技术和新发明的源泉，是促进科技进步和经济增长的革命性力量。知识创新为人类认识世界、改造世界提供新理论和新方法，为人类文明进步和社会发展提供不竭动力。

讨论

（1）近期有哪些新的知识是过去没有的？这些知识是怎样产生的？

（2）图1-2是人类思维思想自我循环原理示意图，简述人类知识体系是如何形成和发展的？学习领域融合对知识创新有什么意义？

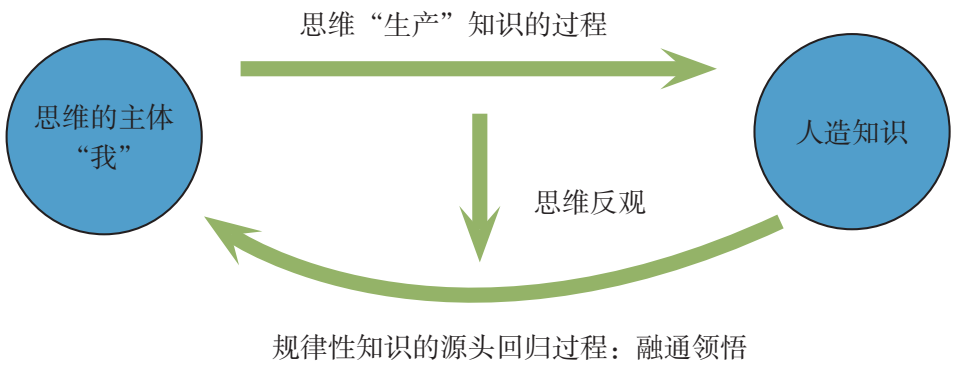
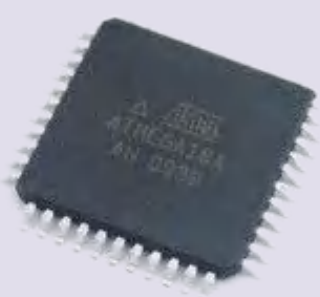


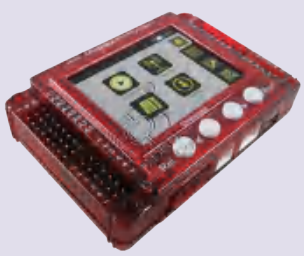
图1-2　人类思维思想自我循环原理示意

案例

机器人制作是中小学科技创新教育中常见的活动（图1-3），我们国家每年各地都有举行中小学机器人竞赛。竞赛中用到的机器人套件，常常有一个称为“RCU”的模块，是机器人的“大脑”。其核心是一块称为“单片机”的集成电路，这种集成电路与一般集成电路不同，它的引脚（简称IO口）的输入输出功能是可以通过编写程序的方式来改变的，而通常的集成电路的引脚功能在出厂时就已经固定。“单片机”编程一般用汇编语言或者C语言，往往涉及比较深奥的计算机知识，这些知识对中小学生来说是比较难掌握的。为了解决这个问题，专家设计了图形化编程软件，把各种功能的程序集合成各种模块，通过模块化的图形连接，就可以快速设计出单片机的程序，满足中小学生编程的需求，也由此衍生出相应的课程。



单片机



RCU

图形化编程软件

机器人活动教材

图1-3 机器人制作

讨论

（1）为什么说机器人图形化编程软件是知识创新的成果？这种创新有什么意义？

（2）你认为机器人技术融合了哪些方面的知识？

四、多学科融合创新

多学科融合创新要注意学科间的相互联系，不但要重视和提升动手实践能力，而且要不断提高创新意识。

延伸阅读

发明故事：Nanoleaf Bloom，一种不需要调光器的可调光灯泡

小小的灯泡可以创新吗？朱嘉钧、Tom Rodinger、闫思成（图1-4）这3名来自多伦多大学的毕业生的发明让人眼前一亮。

2001年，他们结识于多伦多大学工业设计系。三人曾一起在学校的太阳能车队的研发团队工作，用绿色科技改变世界的共同梦想使他们走到一起。

图1-4　Nanoleaf Bloom的发明人

考虑到市面上的照明产品，没有任何一款能够将能源利用的效率最优化。他们决定以重新发明灯泡的方式为世界带来一道璀璨的光！很快他们共同创办了Nanoleaf照明公司。之所以选择Nanoleaf的名称，是因为这个词结合了科技与绿色。2010年初，他们放弃了原本待遇丰厚的工作，来到世界LED产业的中心——深圳，开始全职开发产品原型。

为了解决灯泡能耗问题，一年时间里，他们为了封装技术，跑遍了深圳200多家封装厂，因为好的封装是LED灯降低能耗的基础。一家LED公司被他们的产品设计理念打动，决定把最先进的封装生产线独家用于Nanoleaf。终于，他们成功研制出“全世界最省电的纳米LED灯泡”“史上第一款不需要调光器的可调光灯泡”——Nanoleaf Bloom（图1-5）。

图1-5 Nanoleaf Bloom

看到Nanoleaf Bloom的第一眼惊艳感就扑面而来。完美的几何形状，棱角分明，果然和普通灯泡不一样。

不过，这些都不是重点，它真正的创新之处是，Nanoleaf Bloom是全球第一款不需要调光器的可调光灯泡。使用普通的开关就能随意调节灯光亮度，用家里最传统的电灯开关也可以，不用连接App，也无须购买任何额外的配件。

为了实现这一功能，设计师在灯泡里加入一块特制专利芯片，它可以直接从任何传统开关截取信号。正常打开开关，光线就会从最暗逐渐变亮，到合适的光线强度，快速按动两次开关即可将亮度锁定，再快速按动两次开关就会从最亮逐渐变暗，到合适的亮度后，相同操作即可将亮度锁定，最亮的时候，它的亮度相当于75W的灯泡甚至更亮，但耗电却不超过10W。光调得越暗，就越省电（图1-6）。

Nanoleaf Bloom还自带夜灯模式，开启后只有5%的亮度，能耗仅为0.5W，这个亮度当夜灯最适合不过了。只要快速按动电源开关三下，就能迅速切换到夜灯模式。除此之外，Nanoleaf Bloom在节能和耐用方面的表现，同样令人惊艳。它比普通LED灯泡省电88%；而且为了让灯泡更加坚固，开发团队采用了一种叫PCB印刷版的材料作灯体，经由折叠，灯泡形成了11面体，比传统的玻璃灯泡更加耐用，且不易打碎。

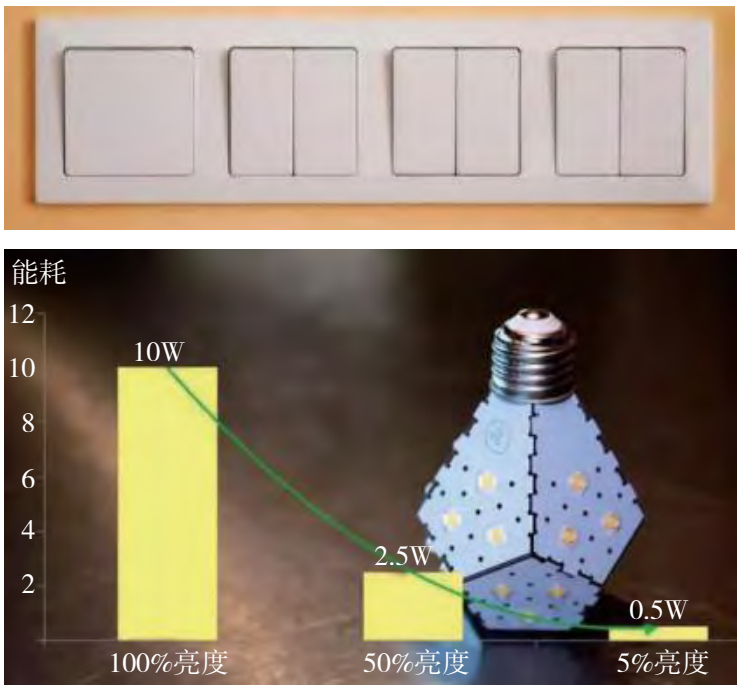


图1-6　Nanoleaf Bloom可调节亮度模式

Nanoleaf Bloom灯泡有11面，每面镶嵌了3颗LED节能灯珠，通过这33颗灯珠，灯泡每瓦可输出120lm的光通量。这样的设计还可以让灯泡更有效地散热，即使在灯最亮的时候，用手直接抓握也不会感觉发烫。

2013年1月，Nanoleaf Bloom上线Kickstarter后随即获得了全球81个国家5 764人的支持，众筹金额瞬间达到27万美元，远超当初目标的10倍。2013年11月，李嘉诚亲自与3位创始人面谈，然后就决定投资了！Nanoleaf还获得了2015年SEAD全球环保节能奖章和大名鼎鼎的德国红点设计奖。

讨论

（1）Nanoleaf Bloom融合了哪些知识和技术？

（2）Nanoleaf Bloom有哪些创新的地方？

（3）你认为怎样才能提高自己的创新意识？朱嘉钧、Tom Rodinger、闫思成有哪些值得你学习的地方？

习　　题

（1）上网搜索本省20年来的高考模式，你认为这些模式对培养人才分别有什么利与弊？

（2）手机与人们的生活息息相关，分析手机所包含的科技人文融合创新要素，用字母填写下表。

现　象	科技人文融合创新要素
手机形状与外观	
通信采用无线电传输	
各部件紧密的结构	
内藏天线的长短决定了最佳的无线电发射与接收的最佳状态	
外壳印刷精美的文字	
手机收到诈骗信息	

（3）科技人文融合对知识创新有什么意义？

第二节　科技人文融合创新项目与分析

学习目标

- 了解科技人文融合创新项目和项目活动。
- 掌握科技人文融合创新项目的分析方法。
- 了解项目的生命周期。
- 了解标杆分析和反求工程。

一、科技人文融合创新项目

1. 什么是科技人文融合创新项目?

科技人文融合创新项目是指融合了科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）、人文和艺术（Arts）、数学（Mathematics）、社会（Society）诸要素的项目。

2. 什么是科技人文融合创新项目活动?

科技人文融合创新项目活动就是科技人文融合创新项目的实践过程，包括分析技术与工程项目所蕴含的科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等因素，通过比较、权衡等方法剖析科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等因素间的制约关系和通约特性。

制约关系：在项目实践活动的过程中，总会遇到很多制约的因素，比如工艺、材料、知识储备、技术支持等，会制约项目实践的进行，需要我们在活动的过程中，想办法解决这类矛盾。

通约特性：通约的提法可能源自数学，最直观的理解是：6可分解成 2×3，9可以分解成 3×3，6和9有一个共同的3的元素作为通约。通约特性指的是事物之间的共性。共性是对事物进行有效分类的基础。在项目实践过程中可以找到很多具有共同特性的元素，比如标准件、计量标准、工艺方法、原理、通用的元器件及工具等。

实例

制作一盏创意节能台灯

高二（1）班几位同学准备参加一年一度的通用技术制作比赛，按通知要求，比赛的内容是制作一盏创意节能台灯。制作一盏有创意的节能台灯，就是一个项目任务。怎样完成这个项目任务呢？这几位同学开了一个讨论会，明确了这个项目的关键点：①节能。②有创意。接着他们就开始思考：什么光源最节能？通过互联网搜索、图书馆资料查阅，他们发现，白炽灯泡、小日光灯

管、节能灯、LED灯都适合做台灯。查阅它们的发光原理、辅助电路、光视效能、发光效率，如表1-2所示。

表1-2　光源指标对比

光源				
名称	白炽灯	日光灯管	节能灯	LED灯
发光原理	灯丝电热发光	紫外线激发荧光粉发光	紫外线激发荧光粉发光	半导体材料发光
辅助电路	无	镇流器（外置）	电子镇流器（内置）	电子恒流电源（内置）
光视效能	15lm/W	50lm/W	50lm/W	90~110lm/W
发光效率	15%	50%	50%	90%

可以看出，LED灯发光效率最高，因此选用LED灯做光源符合节能的要求。下一步他们思考：台灯怎么做才最有创意？他们认为：外观、结构、支撑方式等都是可以创新的地方，还可以从人文与艺术的角度去思考其设计。

讨论

（1）案例中高二（1）班的几个同学制作台灯就是一个项目，这个项目的性能需求是什么？如果说是一个科技人文融合创新项目，请你分析一下这个项目在什么地方分别蕴含科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等因素？

（2）你认为这个案例中所涉及的科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等因素之间有什么制约关系和通约特性？

（3）你认为从事科技人文融合创新项目活动应该具备什么基础条件？

二、项目的生命周期

项目的生命周期是描述项目从开始到结束所经历的各个阶段。

项目的生命周期一般的划分是将项目分为识别需求、提出解决方案、执行项目、结束项目4个阶段。实际工作中根据不同领域或不同方法再进行具体的划分。在项目生命周期运行过程中的不同阶段里，由不同的组织、个人和资源扮演着主要角色。

项目生命周期确定了项目的开端和结束。例如，当一个组织看到了一次机遇，它通常会做一次可行性研究，以便决定是否应该就此设立一个项目。对项目生命周期的设定会明确这次可行性研究是否应该作为项目的第一个阶段，还是作为一个独立的项目。

项目生命周期的设定也决定了在项目结束时应该包括或不包括哪些过渡措施。通过这种方式，我们可以利用项目生命周期设定来将项目和执行组织的连续性操作连接起来。项目的整个生命周期由项目的各个阶段构成，每个项目阶段都以一个或一个以上的工作成果的完成为标志。

案例

深 中 通 道

2015年国家发展改革委员会正式批复同意建设深圳至中山跨江通道（深中通道）（图1-7）。

深中通道是连接广东省深圳市和中山市的大桥，是世界级超大的“桥、岛、隧、地下互通”集群工程，路线起于广深沿江高速机场互通立交，与深圳侧连接线对接，向西跨越珠江口，在中山市翠亨新区马鞍岛上岸，终于横门互通，全长24千米。

深圳及中山日益逢勃的经济发展迫切需要一条更快捷的通道，以方便两地居民在经济、物流等各方面的紧密合作，建设深圳、中山、南沙等地的互通工程将加快缩小中山及粤西地区与深圳、粤港澳经济发展的差距，为承接粤港澳大湾区的产业转移打造交通大动脉。深中通道通车后，将成为连接珠江东西岸的重要通道，从中山快速直达深圳，通勤时间由以往2小时缩减为30分钟。这除了大大减轻虎门大桥的交通压力外，更彻底改变粤西方向湛江、茂名、阳江民众出入深圳必经虎门的交通瓶颈。

2016年12月，深中通道跨海工程西人工岛正式开建；2017年12月，项目东人工岛工程正式开工；2018年9月，桥梁工程建设进入全面实施阶段。预计2024年建成通车。深中通道节省粤西地区民众出行时间，并将粤西融入粤港澳大湾区同步发展。

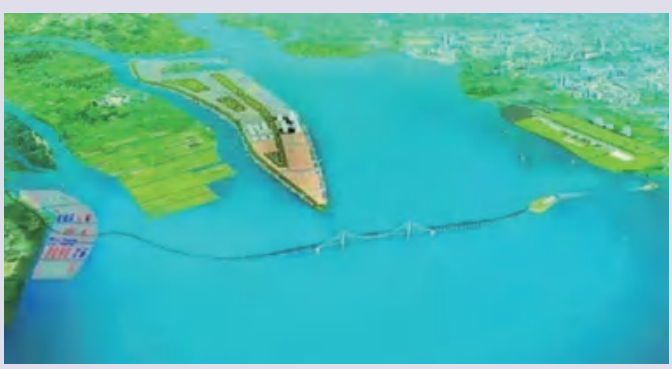


图1-7　深中通道

讨论

（1）深中通道项目的生命周期是多长？项目是如何诞生的？

（2）请填写表1-3。

表1-3 深中通道项目阶段的时间节点

要　素	时 间 节 点
识别需求	
提出解决方案	
执行项目	
结束项目	

三、标杆分析

标杆分析（Benchmarking）是用来衡量组织的流程、活动是否达到了最佳实践水平的系统管理工具。

标杆分析流程包括：确定内容、选择目标、收集分析数据、确定行动目标、实施计划和跟踪结果。

（1）确定要进行标杆分析的具体内容。

（2）选择目标：确定了进行标杆分析的项目后，就要选择具体的分析对象。通常竞争对手和行业领先企业是分析的首选对象。

（3）收集分析数据。包括本企业的情况和被标杆的企业（可以是竞争对手，也可以是非竞争对手）的情况。分析数据必须建立在充分了解本公司目前的状况以及被标杆的企业状况的基础之上，数据必须主要是针对企业的经营过程和活动，而不仅仅是针对经营结果。

（4）确定行动目标。找到差距后进一步要做的是确定缩短差距的行动目标和应采取的行动措施，这些目标和措施必须融合到企业的经营计划中。

（5）实施计划和跟踪结果。标杆分析是发现不足，改进经营并达到最佳效果的一种有效手段，整个过程必须包括定期衡量评估达到目标的程度。如果没有达到目标，就需修正行动措施。

实例

美孚石油公司的标杆管理

由洛克菲勒一手建立的石油王国在美国大地上屹立了超过150年的光景，除了洛克菲勒本人的才能之外，还有赖于公司的管理制度。

当美孚石油公司（图1-8）将一支著名的比赛队伍和一个优雅的酒店先后作为标杆实施标杆管理时，美孚石油公司的一些主管心中充满了疑问。美孚石油公司开始进行标杆管理之初，从它的行业跳出来，到与它所在的公司完全不同的行业公司里去，以至于人们认为他们是疯子。

图1-8　美孚石油公司

1992年，美孚石油公司向4 000多名客户询问他们的需要，其结果令公司很惊奇。只有20%的人关心价格，而80%的人关心的都是服务。他们一而再，再而三地要求三件事情：他们需要乐于助人的加油站服务人员，他们希望能够得到快捷的服务，他们希望自己对美孚的忠诚能得到一些认可。而调查得出的实际结果是：客户基本上都不满意加油站的服务。因此，美孚石油公司着手考虑如何才能使加油变成一次愉快的体验，成为一个顾客会记住的经历。

于是美孚石油公司成立了三支团队，运用标杆管理来改变客户不满意的情况。

微笑团队将提供优异客户服务而著称的公司作为标杆；速度团队将能够快速完成服务而著称的公司作为标杆；安抚团队将致力于客户忠诚而著称的公司作为标杆。

美孚石油公司在经过标杆管理之后，他们的顾客一到加油站，迎接他的是服务员真诚的微笑与问候。所有服务员都穿着整洁的制服，打着领带，配有电子头套耳机，以便能及时地将顾客的需求传递到便利店的出纳那里。希望得到快速服务的顾客可以开进站外的特设通道中，只需要几分钟，就可以完成洗车和收费的全部流程。这样做的结果是：加油站的平均年收入增长了10%。

讨论

（1）美孚石油公司的标杆管理对你要进行的科技人文融合创新项目活动有什么启发？

（2）在“制作一盏创意节能台灯”的案例中，你认为高二（1）班的几位同学组成的团队，在哪些方面运用了标杆分析？

（3）你认为标杆分析在科技人文融合创新项目活动中有什么独特作用？

四、反求工程

反求工程（Reverse Engineering，RE），也称逆向工程、反向工程，是指用一定的测量手段对实物或模型进行测量，根据测量数据，通过三维几何建模方法重构实物的CAD模型的过程，是一个从样品生成产品数字化信息模型，并在此基础上进行产品设计开发及生产的全过程。

阅读

反求工程这一术语起源于20世纪60年代，但对它从工程的广泛性去研究，从反求的科学性进行深化还是从20世纪90年代初开始。反求工程类似于反向推理，属于逆向思维体系。它以社会方法学为指导，以现代设计理论、方法、技术为基础，运用各种专业人员的工程设计经验、知识和创新思维，对已有的产品进行解剖、分析、重构和再创造，在工程设计领域，它具有独特的内涵，可以说是对设计的设计。

反求工程技术是测量技术、数据处理技术、图形处理技术和加工技术相结合的一门综合性技术。随着计算机技术的飞速发展和上述单元技术的逐渐成熟，近年来在新产品设计开发中得到愈来愈多的应用，因为在产品开发过程中需要以实物（样件）作为设计依据参考模型或作为最终验证依据时尤其需要应用该项技术，所以在汽车、摩托车的外形覆盖件和内装饰件的设计、家电产品外形设计、艺术品复制等领域对反求工程技术的应用需求尤为迫切。

反求工程是将数据采集设备获取的实物样件表面或表面及内腔数据，输入专门的数据处理软件或带有数据处理能力的三维CAD软件进行处理和三维重构，在计算机上复现实物样件的几何形状，并在此基础上进行原样复制、修改或重设计，该方法主要用于对难以精确表达的曲面形状或未知设计方法的构件形状进行三维重构和再设计。

讨论

反求工程问题分析方法在科技人文融合创新项目活动中有什么独特作用？

习　　题

（1）下面右栏是小张同学参加太阳能动力小车设计比赛的一些活动内容，左栏是本节涉及的一些名词，请用直线把你认为可以关联的名词和内容连起来：

工具	在太阳下车速要求大于20cm/s
材料	太阳能板、轻质木板、螺丝螺母、轮子、电动机、做轮轴的铁线、橡胶圈、传动轮、导线、油漆
图样	
工艺	电烙铁、焊锡、松香、手电钻、钻头、钳子、螺丝刀、剪刀、锯子、刀片、502胶水、铅笔、铁锤、胶布、3D打印机、万用表
技术参数	
性能需求	
生命周期	太阳能电池板在光照下产生电能
标杆分析	上网搜索太阳能小车，参考他人的制作
反求工程	完工时间
科学	用CAD软件设计结构图
技术	看中一款玩具车的车厢，用3D打印把它再造出来
工程	把各配件组装起来
艺术	给车体喷漆，使得外观看上去更美观
数学	根据电机的实际转速计算好主动轮和从动轮的直径
社会	减少噪声

（2）请你写一份设计和制作太阳能小车的项目计划书。

第三节 科技人文融合创新项目实践的一般过程

学习目标

- 了解科技人文融合创新项目实践的一般过程。
- 掌握科技人文融合创新项目活动全过程的方案制订。

一个产品的研发，从创意设想到变成可以使用的商品，往往要考虑科学、技术、工程、艺术、数学、社会（STEAMS）等因素，经历一定的过程。

案例

小刘同学的学校离家比较远，好在他爸爸上班的地方也在学校附近，因此每天都是爸爸开车接送小刘同学上学、放学。尽管这样，小刘同学还是经常迟到，原因就是堵车（图1-9），而堵车的最大原因往往是前方有交通事故。

一天早上，小刘坐在爸爸的车里往窗外看，看着蜗牛般前行的车流，还混杂着各种噪音、汽车排出的尾气，还有灰蒙蒙的天空。小刘想，现在汽车这种交通工具，是不是要进行创新了呢？

图1-9 堵车

基于这个想法，小刘到了学校，立即召集他的创新小团队，开始对这方面的问题进行讨论。

经过讨论，创新小团队明确了这一次的项目任务：研发一种新型的小汽车，要求这

种小汽车没有尾气、噪音很低、使用清洁能源，具有一定的智能，可以避免交通事故的发生。由于学校的研究场地和设备设施等条件限制，同学们的知识储备也很有限，研发一种新型汽车是不可能的，但制作一个模型，来表达这种创新的思想，是可行的。

创新小团队成员经过一个多月的思考，形成了下面的方案：①小汽车的噪音很低。②能源用电能，采用创新的获取电能的方式。③小汽车对前后左右车距、障碍物距离自动识别，距离过近发出报警。④通过无线遥控来开启和关闭小车的演示功能。

分析

项目可行性：充分利用学校现有的工具、仪器、器材、设备。车辆模型可以动手制作、3D打印、采购改装等。智能控制部分可以充分利用学校现有的机器人套件、传感器、控制电路板、编程系统等，缺少的器材可以到电子市场采购或者网购；知识储备不足可以请老师帮助，还可以求助学校周边社会机构 、企业、工厂，获取帮助。

一、项目实施构思过程

1. 小车的能源、动力可行性方案（图1-10）

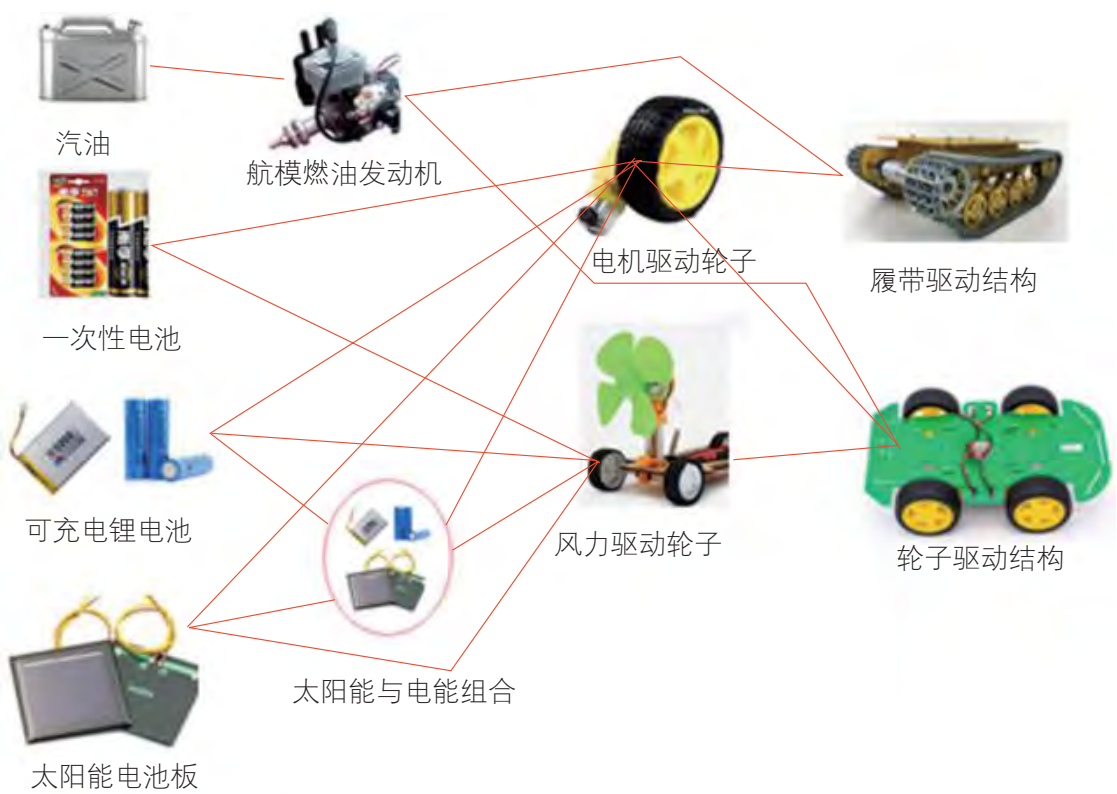


图1-10　能源、动力可行性方案

2. 动力能源

通过航模燃油发动机可以实现小车的动力来源，但其尾气污染环境，这种方案可以排除；一次性电池驱动电机，没有尾气污染，但不可再生，废旧电池也会污染环境，这种方案可以排除；可充电锂电池驱动电机，但需要解决充电问题；太阳能电池板发电易受天气环境影响，如果与充电电池组合，是较为理想的方式。还有没有其他的供电方式呢？比如在路面下埋入一些感应线圈，当汽车通过时实现无线充电。

3. 传动机构

要确定在展示时，制作的小车模型以多大的速度运动最合理？根据这个速度，结合在额定的电池电压下电动机的转速、轮子的直径，来计算传动齿轮的转速比（图1–11）。

能不能省去复杂的传动机构，电能直接驱动一个风扇，利用风力的反作用力来推动小车呢？如图1–12所示。

图1–11　传动齿轮

图1–12　风力小车

这个方案需要实验测试，多大功率情况下，风力可以推动小车在要求的速度下运动。如果真实的汽车采用这种方案，风力是否会对后面的汽车、行人带来影响呢？会不会产生很大的噪音呢？

4. 车体结构（图1–13）

小车以模型展示为目的，采用什么样的车体结构，多大的体积呢？动手制作、3D打印，还是购买成品来改装呢？

可以用体积比较大的遥控仿真玩具小汽车来改装，利用里面原有的电动机和转向控制电路，再把本项目所需的模块组件加装上去；还可以用上原有的遥控装置，展示时通过遥控来开启演示。

小车的体积应该由小车可容纳的零部件来决定，体积过小组装困难，体积过大展示时不方便。

图1-13　车体结构参考

5. 障碍物识别

项目要求小车对前后左右车距或者障碍物自动识别，距离过近发出声光报警。可以用Arduino和超声测距组件来实现（图1-14）。把超声测距传感器安装在车的前后左右来检测小车与其他障碍物的距离，当距离过小时发声模块和发光模块发出声光报警。

图1-14　Arduino和超声测距模块、电机模块

（提示：Arduino是比较常用的电子控制系统，是通过编程来实现控制的，相关知识可以参加相关的培训或者购买相关的书籍阅读掌握。超声测距模块的原理是：有两个压电陶瓷喇叭，一个产生超声波，一个接收超声波，根据声波反射回来的时间和声音的速度来计算距离，这个组件是用Arduino编程来控制和计算的。）

声光报警采用发声模块和发光模块，如图1-15所示。

图1-15　发声模块和发光模块

6. 无线遥控

由于项目的目标是通过一个小车模型的演示来表达创新的思想，演示的开启和关闭可以通过无线遥控来实现，遥控小车的运动、转向和停止。可以采购315M的无线遥控模块组件，如图1-16所示。

图1-16　无线遥控组件

二、不同技术解决方案

小刘和他的创新小团队，按照上面的构思，通过比较和评估同一问题的不同技术解决方案，终于制作出他们想要的模型：

（1）模型的内部框架和外壳采用遥控仿真玩具小汽车来改装，之所以这样选择，是考虑模型的仿真度和美观的需要，而且小车自带遥控，可以控制速度、转弯和停止，降低了制作难度，提高了制作效率；

（2）小车的前后左右安装了4个超声测距模块，来探测4个方向的距离，当障碍物进

入一定距离范围后，小车发出声光报警，有效防止汽车在行驶的过程中剐蹭事故的发生。

（3）模型车的动力采用锂电池供电，充电采用地面感应式充电，摆脱电动汽车充电桩的束缚，解决太阳能易受天气影响的局限，实现了利用清洁能源的项目需求。

这个模型，充分表达了项目的创新思想，如图1–17所示。

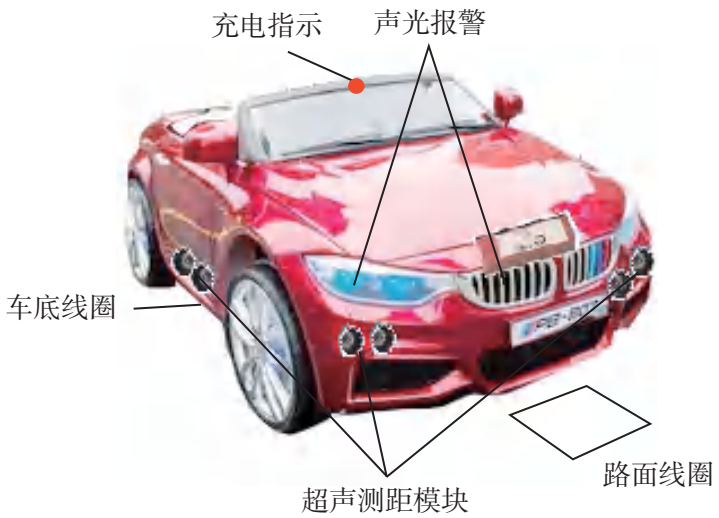


图1–17　小车模型外观

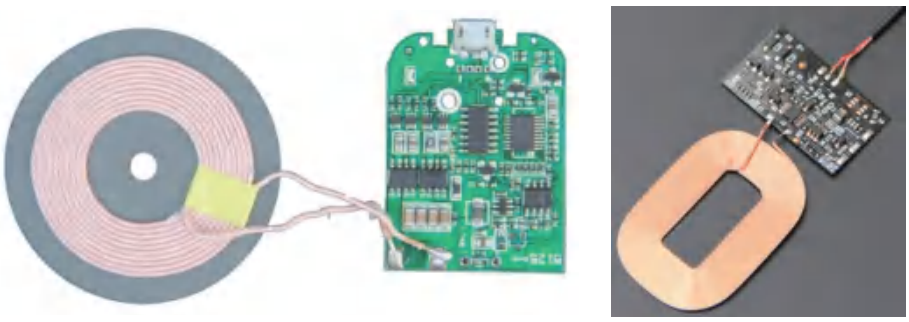
三、项目技术测试与计算

在项目的实施过程中，小刘和他的团队采用了如下的一些技术方案，进行了一些技术测试、数学计算。

1. 电源方案

用充电宝（图1–18）代替小车电池，通过网购得到用于手机无线充电的无线充电模块，将充电模块的发射端安装在路面的下面，接收端安装在小车底部，连接充电宝进行充电，实现小车在运动过程中的无线充电（图1–19）。充电状态用发光模块的灯光指示。

图1–18　充电宝代替小车电池



藏于路面下的充电发射模块　　安装在车底的充电接收模块

图1-19　小车充电模块

2. 机械传动机构的计算

小车在工作时一般工作速度设定为20cm/s，电动机在5V电压下的转速是120r/min，轮子的直径是20cm，怎么组合变速齿轮呢？团队成员利用物理和数学知识进行了计算。

3. 超声测距调试

设定报警距离为30cm，当距离≤30cm时发出声光报警。怎么确定起控值呢？打开Arduino的串口监视器，观察距离与数据的关系， 当实际距离为30cm时，串口监视器的数据作为起控值。

4. 噪音测试

分析噪音的来源，主要来自马达、齿轮传动、轮子与路面产生的声音，解决办法是用隔音材料把马达、齿轮传动部分包裹起来，路面用橡胶铺设。用手机软件测量噪音，噪音小于30dB为合格。

5. 线路系统（图1-20）

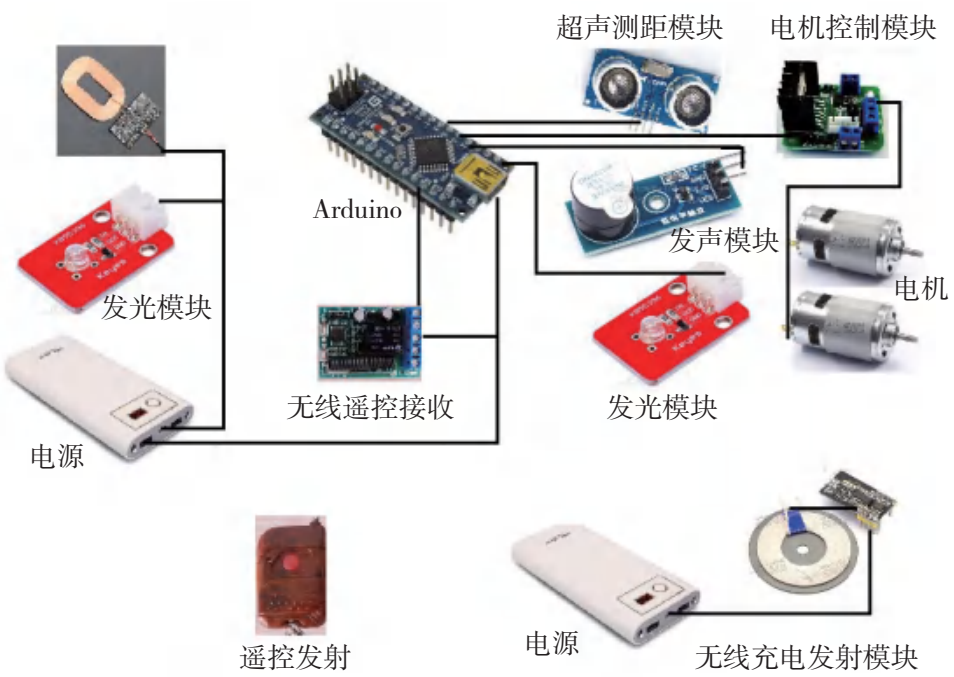


图1-20　小车线路系统

6. 整机试运行

用橡胶铺设一条环形测试道路（图1-21），道路的一半底部放置了无线充电发射线圈（红色部分），另一半没有放置（黑色部分），用于充电运行状态检测和对比。在道路旁边放置了一些障碍物，用来测试小车靠近障碍物时有无声光报警。小刘的团队在展示现场进行了测试：按下遥控器的出发键，小车约以20cm/s的速度运动，通过遥控器的方向键，控制小车的运行轨迹，看到当小车在红色路段时，小车上的充电指示灯亮起，在黑色路段指示灯熄灭，说明充电正常；调整障碍物的位置，当小车靠近障碍物，距离在30cm以内时，声光报警；用手机软件测试噪音，在30dB以下。测试表明项目达到预定指标，项目成功完成。

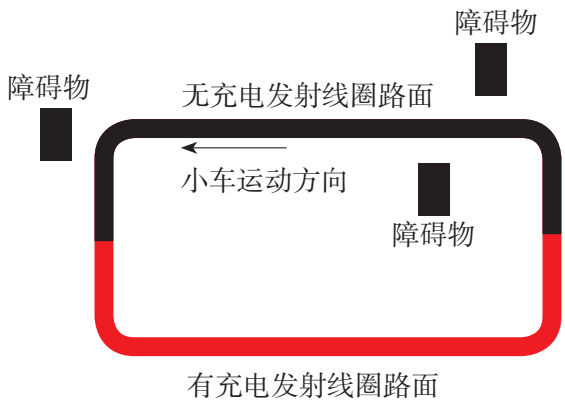


图1-21　环形测试道路

阅读

科技人文融合创新项目实践的一般过程

（1）提出并明确需解决的技术与工程问题，并就问题解决中所蕴含的科学与数学问题进行提取与分析，设计和选用适当工具来收集、记录、分析信息与数据。

（2）应用科学、技术、工程和数学的知识与方法并系统考虑人文、艺术、社会因素，提出解决问题的综合方案。

（3）制作并使用工程模型进行测试，生成数据解释和预测现象。

（4）依据科学证据、技术实验结论，完善解决方案。以科学观点、经验证据、逻辑论证的相关因素，比较和评估同一问题的不同技术解决方案。

讨论

（1）根据上面的阅读材料，请找出技术方案中哪些情节分别对应阅读材料中的哪些过程？填写表1-4。

表1-4　科技人文融合创新实践过程

科技人文融合创新项目实践过程	案例中的内容
解决什么技术与工程问题？	制作一个汽车模型，来表达创新的思想：没有尾气、噪音很低、使用清洁能源、体积很小、具有一定的智能，可以避免交通事故的发生。
提取与分析了哪些科学与数学问题？	
选用了什么工具来收集、记录、分析信息与数据？	
应用了哪些科学、技术、工程和数学知识与方法？	
考虑了哪些人文、艺术、社会因素？提出了哪些解决问题的综合方案？	
进行了哪些测试？生成了哪些数据？解释和预测了哪些现象？	
依据了哪些科学证据、技术实验结论，来完善解决方案的？	
以哪些科学观点、经验证据、逻辑论证，比较和评估了问题的不同技术解决方案？	

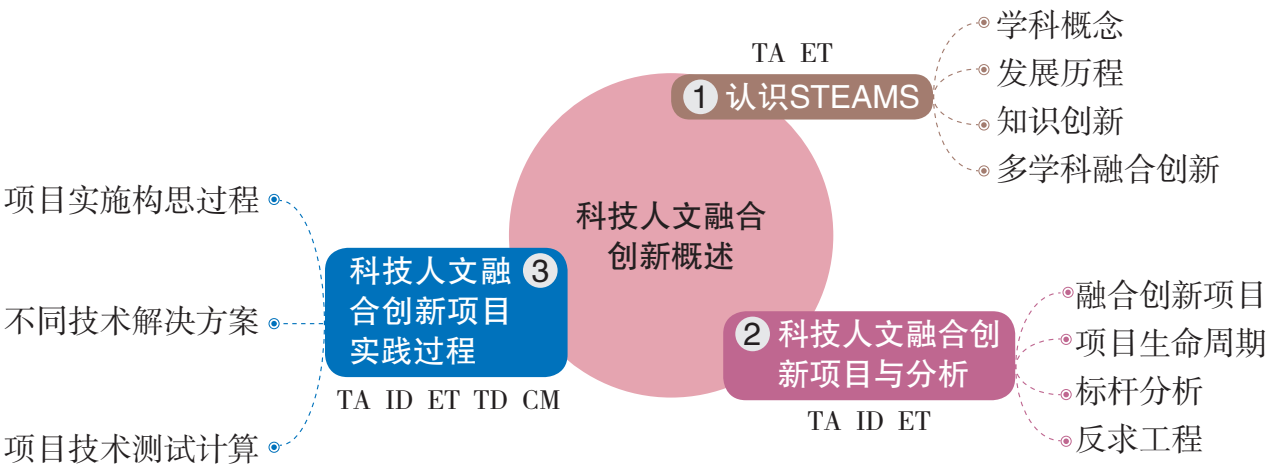
习　　题

（1）尝试组建一个小团队，把新能源小车项目做出来。

（2）你还可以设计一个怎样的项目，让新能源小车项目解决人们在学习、生活或者工作中所遇到的问题？请设计该项目的技术方案，并体现科技人文融合创新项目要素。

本章回顾与评价

一、学习内容梳理



说明：TA——技术意识，ID——创新设计，ET——工程思维，TD——图样表达，CM——物化能力

二、学习评价

评价内容	评价方式		
	自评	互评	师评
STEAMS主张跨学科的融合，理解STEAMS的要素及发展历程			
理解学习领域融合对知识创新的意义			
掌握科技人文融合创新项目的分析方法			
理解科技人文融合创新项目活动及项目的生命周期、标杆分析、反求工程			
了解科技人文融合创新项目实践的一般过程			
掌握科技人文融合创新项目活动全过程的方案制订			
说明：A——优秀，B——良好，C——合格，D——待改进			

通过本章的学习，你的技术意识和工程思维、创新设计能力得到了哪些发展？

第二章 科技人文融合创新专题实践

科技人文融合创新项目活动以技术与工程问题为牵引，提出并明确需解决的技术与工程问题，提取和分析其中所蕴含的科学与数学原理；设计和选用适当工具来收集、记录、分析信息与数据；应用科学、技术、工程和数学知识与方法，系统考虑人文艺术、社会因素，提出解决问题的综合方案；制作并使用工程模型进行测试、生成数据，解释和预测现象；依据科学证据、技术试验结论，完善解决方案；以科学观点、经验证据、逻辑论证的相关因素，比较和评估同一问题的不同技术解决方案。

桥梁、交通工具、航空器、医疗器械、矿山工程是当今社会生活的重要领域，这些领域里的技术与工程活动，需要跨学科的视野，需要系统的方法论和工程思维，需要综合运用科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等学科的知识、方法和基本技能。通过典型科技人文融合创新项目的案例分析和团队合作实践，促进团队成员对结构设计、电子控制、编程等技术的掌握及工程实施能力的提高，提升参与社会创新活动的能力。

第一节　桥梁

学习目标

- 理解桥梁建筑与文化、社会、人文、艺术的关系。
- 掌握桥梁建筑材料、结构等主要的技术和工程知识。
- 动手设计制作桥梁模型，测试桥梁模型承重，探究桥梁设计所蕴含的科学问题，了解渗透科学、技术、工程、数学等要素的环节。

建于公元605—617年的赵州桥（又名安济桥），是中国石拱桥的杰出代表。

由著名匠师李春设计和建造的赵州桥，全长37.4m，在当时可算是世界上最长的石拱桥。大拱上面的道路平缓，便于车马上下。大拱的两肩上，各有两个小拱。既节约了石料，又减轻了桥身的重量，还便于排洪。同时，全桥结构匀称，拱上加拱，桥身更美观，桥两边的石栏石板雕刻花纹古朴美观，唐朝的张鹭说，远望安济桥犹如“初月出云，长虹引涧”。

赵州桥是凝聚了劳动人民智慧结晶的标志性建筑，谱写了中国桥梁建造的辉煌篇章。

图2-1　赵州桥

桥梁的由来可以追溯到人类诞生时期，桥梁与人类是共同发展的，桥梁的历史就是人类存在的历史。在远古，原始人在追逐猎物时，经过小河流，原始人就会用树干搭在两岸过河，这就是桥梁的由来，所以说桥梁的历史就是人类的发展史、进步史。

思考

（1）什么叫桥梁，桥梁在我国交通发展上起到了哪些作用？

（2）桥梁的社会用途有哪些？

一、早期桥梁的结构

古代桥梁一般是用木、石材料建造的，并按建桥材料把桥分为石桥和木桥（图2–2）。

图2–2　木桥

木桥构造简单，易于施工，造型漂亮，自然环保的木桥一直不断改进，沿用至今。

程阳风雨桥又叫永济桥、盘龙桥（图2–3），位于广西壮族自治区柳州市三江县城古宜镇，是目前保存最好、规模最大的风雨桥，是侗乡人民智慧的结晶，也是中国木建筑中的艺术珍品。

程阳风雨桥横跨林溪河，为木石结构大桥及石墩木结构楼阁式建筑，主要由木料和石料建成，建于1912年，桥长64.4m，宽3.4m，高10.6m。

程阳风雨桥是建筑的集大成者，集桥、廊、亭三者于一身，在中外建筑史上独具风格。整座桥梁不用一钉一铆，大小条木，凿木相吻，以榫衔接。全部结构，斜穿直套，纵横交错，却一丝不差。墩台上建有5座塔式桥亭和19间桥廊，亭廊相连，浑然一体，十分雄伟壮观。桥的两旁镶着栏杆，好似一条长廊。桥中有5个多角塔形亭子，飞檐高翘，犹如羽翼舒展；桥的壁柱、瓦檐、雕花刻画，富丽堂皇。整座桥俊美壮观，气象浑厚，仿佛一道灿烂的彩虹。

图2–3　程阳风雨桥（广西）

二、桥梁的发展

1. 钢铁桥梁

随着工业革命的发展，开始由铸铁造桥，过渡到钢材造桥。19世纪70年代又开始用钢筋混凝土造桥。

金门大桥（Golden Gate Bridge）（图2-4），位于美国旧金山金门海峡之上，是世界著名的桥梁之一，也是近代桥梁工程的一项奇迹。

金门大桥于1933年1月始建，1937年5月首次建成通车，历时4年。桥身全长约1 900m，桥塔高227m，每根钢索重6 412t，由27 000根钢丝绞成。共使用10万多吨钢材，耗资达3 550万美元建成。大桥的建成极大便利了人们的工作和生活，有力推动了美国经济的发展。

图2-4　金门大桥（美国旧金山）

2. 钢筋混凝土桥梁

现代桥梁按建桥材料可分为预应力钢筋混凝土桥、钢筋混凝土桥、钢桥和斜拉桥（图2-5）。

20世纪以来，人们在宽阔的河流、宽深的峡谷上建桥；在大城市建造立交桥；在海湾、海峡修建特大跨度桥梁；在海岛与大陆之间修建长桥。

图2-5　斜拉桥

桥梁修建的需求大增，也促进了建桥技术的发展，引用新材料、新工艺、新桥式，不断提高技术水平，对桥梁结构进行更精确的数值分析，采用更精确的结构试验进行验证，以使桥梁建设的经济效益不断提高，桥梁的强度也不断加强，安全性也越来越高。

桥梁工程始终是在生产发展与各类科学技术进步的综合影响下，遵循实用、安全、稳固、美观、经济的原则，不断地向前发展。

港珠澳大桥（图2-6）是连接香港、珠海、澳门的超大型跨海通道，全长55km，其中主体工程“海中桥隧”长35.578km，海底隧道长约6.75km，是世界最长的跨海大桥，设计的通车时速100~120km。

图2-6　港珠澳大桥

作为中国建设史上里程最长、投资最多、施工难度最大的跨海桥梁项目，港珠澳大桥受到海内外广泛关注。港珠澳大桥沉管隧道是全球最长的公路沉管隧道和全球唯一的深埋沉管隧道，生产和安装技术有一系列的创新，为世界海底隧道工程技术提供了独特的样本和宝贵的经验。

大桥的建设经过严格的环境保护评估，既要保护海洋生物多样性，又要保证船舶航路在任何水文条件下正常航行，还要保证邻近香港机场的飞机起降飞行安全。

港珠澳大桥是国家高速公路网中G4-京港澳高速以及G94-珠三角环线高速的部分路段，连接了世界最具活力的经济区，快速通道的建成对香港、澳门、珠海三地经济社会一体化意义重大而又深远。

讨论

通过了解桥梁的发展历史和桥梁的建设古今变化，能否归纳在桥梁的建设中，是如何体现科技人文融合创新的？

三、桥梁的设计与制作

设计稳固、结实、实用、美观、环保的桥梁，不仅取决于结构的设计，材料的选择，桥基的稳固，还要受环境的影响，地质条件、水文变化都是制约的因素，更要考虑社会用途，车辆流量，承载重量，工程预算等因素，因而，建设一座桥梁必须要进行多方面、多学科的综合科学考察评估。

常见桥梁有框架结构，也有壳体、实体的结构。而大型桥梁一般采用框架结构，不仅节省了材料，还大量减少了自身的重量，如港珠澳大桥；中小型桥梁一般采用壳体结构，可将桥顶的承载力分散传递到桥墩的各个部位，如赵州桥；小型桥梁多是采用实体结构，结构简单。

框架结构外形各异，有条形，有拱形，也有其他形状，其受力大小和特点是不同的。

情景导学

为了迎接学校科技节的桥梁结构模型设计赛，小洪和同学们组成研究学习小组，结合所学知识，进一步研究结构受力与设计制作的关系，分别用同等量的桐木条（便于比较）做方案一和方案二的试验，深入了解影响结构的受力因素及制作的技术。同时，还要进行桥梁造型设计制作的研究，探究桥梁设计与社会、人文、艺术的结合，参加桥梁模型创意设计赛。

探索实践

试验一

设计制作一个平直的桥梁（图2-7），结构不限，所用材料为长1 000mm、宽3mm、高3mm的桐木条25根，快干胶水。桥梁用指定的材料和尺寸，设计制作桥梁模型，测试承重，比较分析科技人文融合创新的要素是如何体现的。

要求：

（1）桥梁模型的跨度≥380mm。

（2）桥梁模型的总长度=500mm。

（3）桥面宽度为80mm。

（4）进行承重测试，直到桥梁压倒垮塌，并记录承重的质量。

（最后秤码承重≤5s时，结构损坏的为失败，不计入成绩。）

（5）测试模式为桥梁中间直接承压，受力面为长100mm、宽80mm。

图2-7　平直的桥梁模型

（6）测试桥墩之间相距 380mm。

试验二

设计制作一个拱形的桥梁（图2-8）。所用材料为长1 000mm、宽3mm、高3mm的桐木条25根，快干胶水。测试承重，比较分析桥梁结构如何体现科技人文融合创新的要素。

要求：

（1）桥梁模型的跨度≥380mm。

（2）桥梁模型的总长度=500mm。

（3）桥面宽度=80mm。

（4）进行承重测试，直到桥梁压倒垮塌，并记录承重的质量。

（最后秤码承重≤5s时，结构损坏的为失败，不计入成绩。）

（5）测试模式为桥梁中间直接承压，受力面为长100mm、宽80mm。

（6）测试桥墩之间相距 380mm。

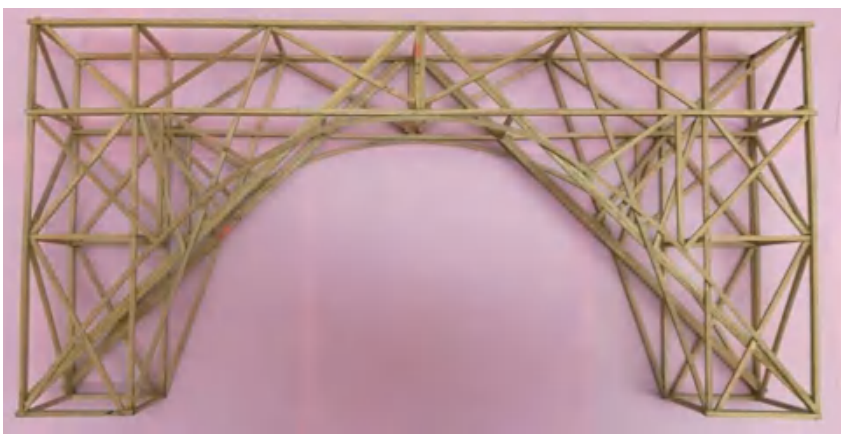


图2-8 拱形的桥梁模型

思考

设计制作两种不同结构的桥梁，经测试后，根据试验现象，请你分析：

（1）桥梁受力大小与什么有关？

（2）影响桥梁受力的因素有哪些？

探究

小洪和伙伴们经过两种方案的试验比较分析（表2-1），决定综合考虑，从系统的工程思维出发，寻找一个结合两者优点的合理的结构方案，来迎接学校的科技节桥梁结构竞赛。

表2-1　两种方案的试验分析比较

结　构	结构特点	承重断裂处
条形	结构密集	在桥的两边部分
拱形	结构松散	在桥的中间部分

讨论

想想看，这个结合两者优点的结构是怎样的呢？

四、桥梁设计竞赛

竞赛项目：

使用提供的指定材料，设计制作一个桥梁模型，具体规格和示例，如图2-9所示。

（1）用长1 000mm、宽3mm、高3mm的桐木条，指定胶水，粘合成符合图2-9所示规格的桥梁模型，桥梁的结构形式不限，不能用其他任何材料。

（2）木条总数量为30根的长1 000mm、宽3mm、高3mm，胶水共两盒。

（3）各木条不能加入或涂上任何颜料及其他物料。

（4）桥梁模型的跨度≥380mm。

（5）桥梁模型的总长度=500mm。

（6）桥梁模型的承托高度=150mm。

（7）桥面宽度=80mm。

（8）桥底中央空间≥100mm（高）×380mm（宽）。

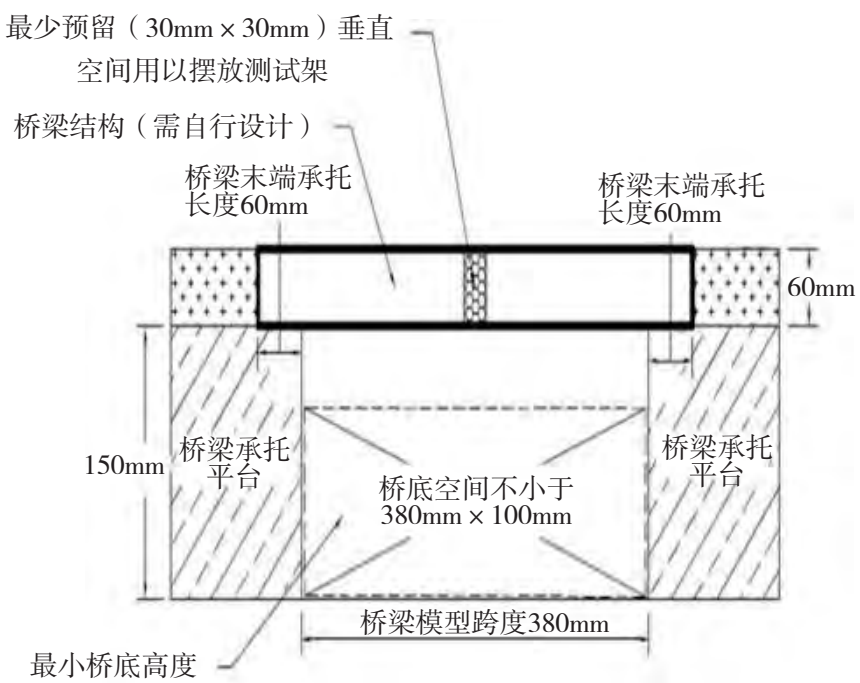


图2-9　桥梁模型示意

（9）桥面中央需要预留一个面积为30mm × 30mm之垂直空间。

（10）桥梁模型总重量不得超过90g。

（11）桥梁的测试模式为桥梁中间直接承压，受力面为100mm × 100mm方块，由2名同学测试。（最后杠铃片承重≤5s时，结构损坏的为失败，不计入成绩。）

（12）注意安全，遵守规则。

a. 首先，戴上防护眼镜。

b. 要注意安全，杠铃片要轻拿轻放，小心砸脚及伤到其他人。

c. 先放大的再放小的杠铃片，然后交替叠放。

d. 测试完毕后要整理现场，不整理者取消所得成绩。

（13）竞赛通过比重（即：比重=承重 / 桥梁总质量）来排名，比重高者为胜。

习　　题

桥梁模型创意设计赛要求：

根据现场所提供的材料（A4纸10张、3mm的桐木条30根、线及胶水若干）和工具，设计搭建创意桥梁模型，桥梁必须跨越一条80cm宽的“河流”。建成后的桥梁模型还将承受移动载重300g小车的考验。最后，将从设计创意、模型制作和载重能力三个方面评分。

（每个小队由3~5人组成）

第二节　交通工具

学习目标

- 了解新能源交通工具在节约能源、环境保护、推进社会可持续发展中的作用以及未来发展趋势。
- 掌握Arduino开源硬件的应用方法，掌握Arduino开源硬件的图形化编程方法。
- 通过新能源概念小车的创新设计实践，进一步了解汽车等交通工具的基本结构、工作原理及设计方法。

交通工具是现代人的生活中不可缺少的一部分。随着科学技术的进步和顺应社会发展的需要，新能源汽车（图2-10）走进了我们的生活，成为商用的交通工具，在节约能源、保护生态环境方面发挥出重要作用。绿水青山就是金山银山，我国在促进经济快速稳定发展的过程中，一定要注意环境保护。

图2-10　走进生活的新能源汽车

思考

（1）人类交通发展史上，交通工具有哪些？

（2）能源利用上有哪些，对社会发展有的利弊？

一、日新月异的新能源汽车

新能源汽车不再通过油料的燃烧来提供动力，而是主要利用电池供电，通过专用电机

图2-11　新能源汽车的基本结构

驱动车轮的运转。图2-11是展出的新能源汽车的主要结构，可以看出传统汽车的很多重要系统在新能源汽车上都不再需要。

新能源汽车已经没有了发动机，车身前后各搭载有电动机，通过对前后轮分别进行数字化独立控制，实现了在各种路况下的全方位牵引力控制。传统全轮驱动汽车通过复杂的机械联动装置，将动力通过单一发动机分配至四个车轮。而新能源汽车可以通过双电机同时为前轮和后轮提供动力，更加高效。图2-12是新能源汽车的总体结构示意图，新能源汽车由车身、底盘和电池系统组成，底盘结构大大简化，电池总成替代了传统的发动机及油路系统。

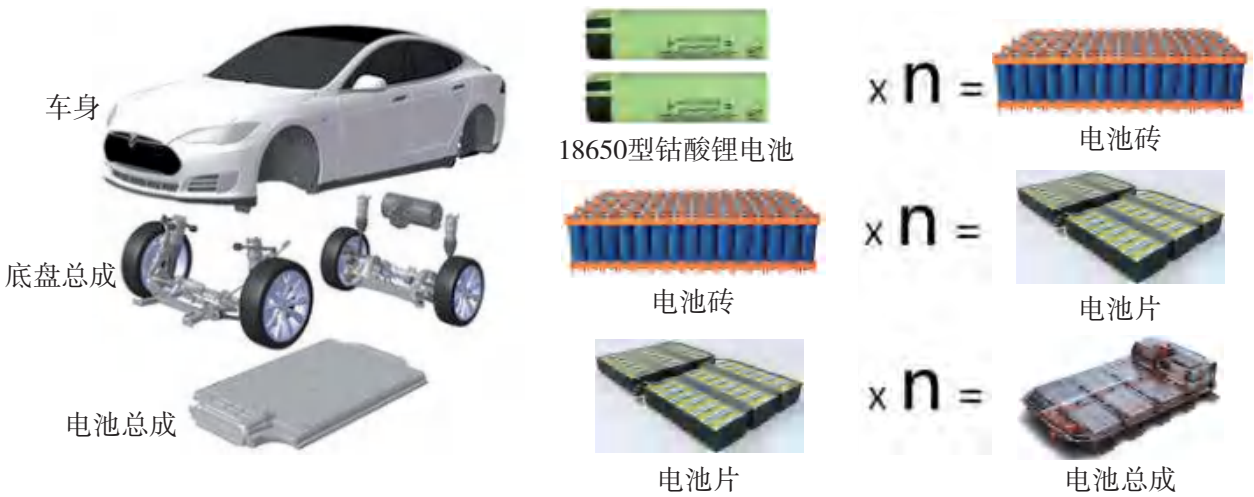


图2-12　新能源汽车的总体结构

思考

（1）相对于传统汽车，新能源汽车的总体结构发生了重大革新。没有了发动机和变速箱，新能源汽车如何对车轮进行驱动？

（2）新能源汽车如何进行前进、后退、加速减速等运动控制？

（3）转向控制也是汽车需要的基本功能，传统汽车差速器结构十分复杂，新能源汽车没有了差速器，如何实现差速转弯功能？

讨论

新能源汽车以电池供电，以电动机驱动车轮，通过数字化技术进行运动控制。自动化、智能化技术在新能源汽车中具有广阔的应用前景，如何利用传感器、智能硬件、编程等信息技术提升新能源汽车的智能化程度，既方便驾驶又保障安全？

二、交通工具系统的构成

1. 传统汽车的结构与工作原理

汽车是由动力驱动的、具有4个或以上的车轮的非轨道承载车。通常，汽车由发动

机、底盘、车身、转向系统、悬挂系统、电气设备等部分组成，如图2–13所示。

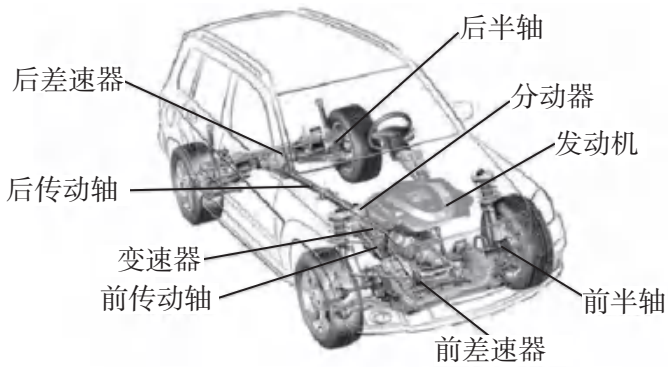


图2–13　四轮驱动汽车结构

汽车底盘的作用是支承、安装发动机及其各部件、总成，形成汽车的整体造型，并接受发动机的动力，使汽车产生运动并按驾驶员的操控而正常行驶的部件。汽车底盘由传动系、行驶系、转向系和制动系四部分组成。

传动系就是发动机与驱动轮之间的动力传递装置，负责保证汽车行驶所必需的牵引力、车速以及协调各种变化的能力，包括离合器、变速器、万向传动、主减速器、差速器等部分。

行驶系的作用是接受发动机经传动系传来的转矩，通过驱动轮与路面间的附着作用，产生路面对汽车的牵引力，包括车架、车桥、悬架和车轮等部分。

转向系用来保持或者改变汽车行驶方向的机构，包括转向操纵机构、转向器、转化传动机构等。制动系是汽车装设的全部制动和减速系统的总称，包括制动器、制动传动装置以及防抱死装置。

2. 差速器及其工作原理

（1）汽车的差速控制原理（图2–14）。

汽车在转弯时，车轮做的是圆弧的运动，那么外侧车轮的转速必然要高于内侧车轮的转速，存在一定的速度差，在驱动轮上会造成相互干涉的现象。非驱动轮左右两侧的轮子

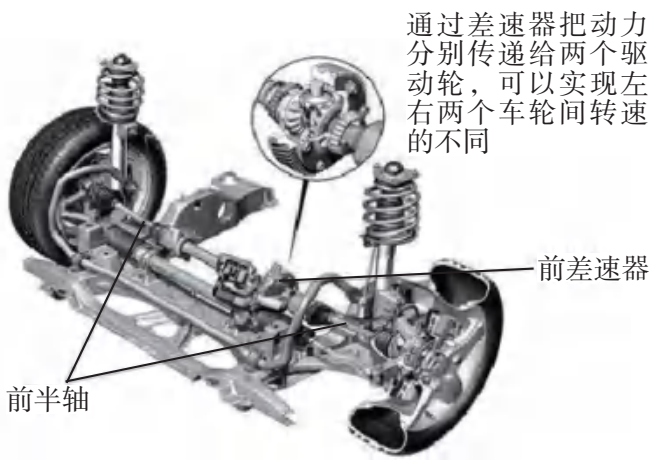


图2–14　前差速器的位置及构成

是相互独立的，互不干涉。

驱动轮如果直接通过一根轴刚性连接的话，两侧轮子的转速必然会相同。那么在过弯时，内外两侧车轮就会发生干涉的现象，会导致汽车转弯困难，所以现在汽车的驱动桥上都会安装差速器。

（2）差速器的工作原理。

差速器是如何工作的？同学们可以先找一辆手拖车去体验一下。图2-15是一辆常见的双轮手拖车，在学校或者住宅区里都可以看到。我们双手用力同时拉动，手拖车就会前行。如果我们单手拉动手拖车的一个车把，就会发现手拖车在转弯。

图2-15　双轮车拖车

汽车转向的工作原理与此类似。当汽车转弯时，内侧轮和外侧轮存在转速差（外侧轮转速比内侧轮高），如果驱动轮没有差速器的调节，会导致内侧轮发生“制动”现象。如果在传动轴上安装差速器，驱动轮内外侧的转速差可以有差速器来均衡，从而避免了转弯“制动”的现象。

三、新能源在交通工具上的应用

1. 交通工具使用的能源类型

任何交通工具都需要消耗能源来提供动力，不同交通工具所消耗的能源类型也各有不同。

汽车等道路机动交通工具使用的能源类型包括汽油、柴油、电力、压缩天然气、液化石油气、燃料电池、甲醇、乙醇、乙醇汽油等。铁路机车方面，先后有蒸汽机车、内燃机车和电力机车等类型，分别采用煤炭、燃油(主要是柴油)、电力作为驱动能源。高铁、磁悬浮列车是采用电力作为驱动能源。民用航空领域，主要交通工具是各种民用飞行器，以航空煤油为燃料。水路运输领域，各种船舶所使用的能源主要是柴油、重油、汽油、电力等。大型水面船舰也有采用核能作为动力来源。

随着科技的发展，新能源汽车开始走进人们的生活，采用太阳能等更清洁、高效的能源驱动的汽车已在研发阶段，节能环保型机动车将会成为发展趋势。

2. 新能源汽车与节能技术

能源是人类赖以生存和发展的基础。统计数据显示，交通运输业已成为能源消费特别

是石油消费增长最快的行业领域，全国汽油消费量的90%和柴油消费量的50%被各种道路交通工具所消耗，而且随着机动车数量的快速增长，车用燃油消费量将会不断增加。

这些快速增长的以传统石油为燃料的汽车，在为人们提供便捷、舒适交通服务的同时，也增加了国民经济对化石能源的依赖，加重了大气污染。发展新能源汽车和节能技术能够缓解石油短缺造成的矛盾、降低环境污染，是实现汽车产业健康可持续发展的必由之路。

世界各国已把发展新能源汽车提升至国家战略高度。新能源汽车有燃料电池汽车、混合电动汽车、纯电动汽车等类型，还有处于研发阶段的氢动力汽车和太阳能汽车。纯电动汽车以车载电源为动力，利用电力驱动及控制装置来完成行驶功能，其电力驱动及控制装置是由电源、驱动电动机和电动机的调速控制系统等组成。起步较早，但仍未产业化的氢动力汽车是一种真正实现零排放的交通工具，排放出的是纯净水，具有无污染、零排放、储量丰富等优势。氢具有很高的能量密度，释放的能量足以使汽车发动机运转，而且氢与氧气在燃料电池中发生化学反应只生成水，没有造成污染。尚处研发阶段的太阳能汽车利用太阳能来驱动，实现碳的零排放，引起了很多国家的关注，投入重金进行研究。

讨论

交通工具消耗了大量的能源，对人类的生存环境和社会发展产生了挑战，节约能源是人们必须直面的问题。节能对环境、社会具有重要意义，思考和讨论如下问题：

（1）新一代的交通工具开始使用哪些类型的能源？从技术难度、成本价格、安全便利、社会影响等方面分析，说明未来交通工具发展的趋势是什么？

（2）氢动力汽车的研究起步较早，为什么仍未走进人们的生活？

（3）太阳能汽车的前景如何？存在哪些困难？

（4）新能源汽车中，纯电动汽车的优势体现在哪些方面？还有哪些不足？

四、新能源小车设计与制作

新能源汽车和无人驾驶汽车代表着现代交通工具的发展方向，即高能电池供电、结构简化、操作智能、网络控制等。参考目前新能源汽车的基本结构、工作原理及控制技术，设计并动手实现自己的概念小车。

1. 任务要求

（1）通过按键控制电机的正反转，编程实现小车的前进和后退、启动和停止功能。

（2）利用电位器调节电机的转速，编程实现小车的加速和减速功能。

（3）编程设计左转、右转功能，实现小车的差速转弯控制。

（4）可根据学校的情况进行拓展，模拟：利用LED灯指示小车运动状态，前进时绿灯亮，后退时红灯亮；利用超声波传感器模拟倒车雷达功能。

2. 器材准备

（1）Arduino控制器（图2-16）。

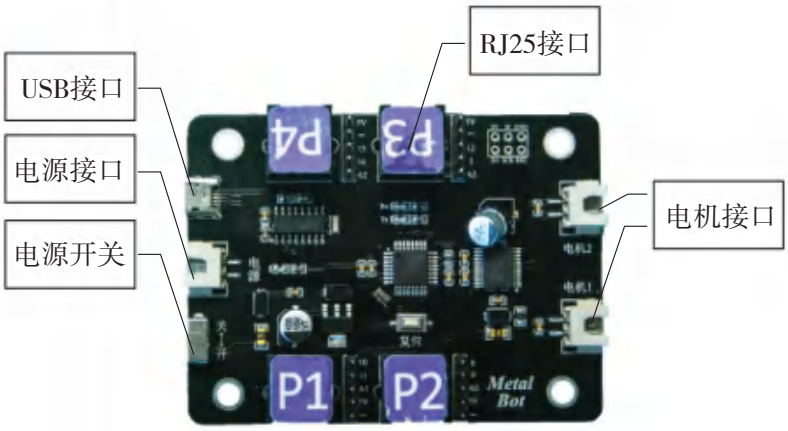


图2-16 Arduino控制器

图2-16所示Arduino控制器上集成了2路直流电机功率驱动电路，其电机接口可以直接驱动3.7V、9V、12V等多种直流调速电机，便于小车、机器人等应用系统的设计。Arduino控制板上不仅以排针方式提供AVR芯片的输入及输出引脚，还以RJ25接口的形式提供4路独立的接口。4路RJ25接口可以做输入，也可以做输出，通过编程来设定。这样，应用起来既灵活方便，又能保证工程性，便于小车、机器人等运动系统的稳定性能。

（2）实验用按键及电位器（图2-17）。

按键也称轻触开关，是一种电子开关，依靠内部金属簧片的受力变化来实现通断。使用时，当向开关方向施加压力，开关就闭合接通，当撤销压力时开关即断开。电位器是可变电阻器的一种，主要用来调节电压和电流的大小，它由一个电阻体和一个转动或滑动系统组成。电阻体有两个固定端，通过手动调节转轴或滑柄，改变动触点在电阻体上的位置，就改变了动触点与任一个固定端之间的电阻值，从而改变了电压与电流的大小。电位器具有滑动变阻和分压的功能，常常用来控制音量大小、灯的亮度以及电机的转速等。

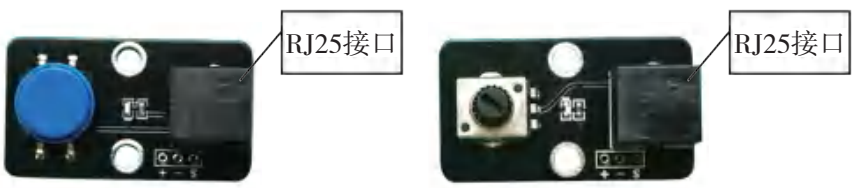


图2-17 按键及电位器

（3）直流电机（图2-18）。

图2-18　直流电机

直流电机将直流电能转换为转子轴上输出的机械能，实现能量转动功能。新能源小车需要使用一对12V直流调速电机。

（4）可充电锂电池（图2-19）。

图2-19　可充电锂电池

18650型锂电池容量大、寿命长、安全性能突出、毒物污染少，常用在笔记本电脑的电池中作为电芯使用。18650型锂电池单节容量达1 200～3 600mAh，新能源汽车中也采用这种电池作为最基本的动力单元，通过串联和并联形成锂电池组模块。新能源小车需要使用一对3.6V的18650型锂电池和配套的电池盒。

3. 设计与实践

活动一：新能源小车的运动控制

（1）活动内容。

- 学习图形化编程技术，掌握电机的编程控制方法。
- 通过Arduino图形化编程，实现小车的启动和停止功能。
- 通过按键控制电机的正反转，编程实现小车的前进和后退控制。
- 利用电位器调节电机的转速，编程实现小车的加速和减速功能。
- 编程设计左转、右转功能，实现小车的差速转弯控制。

（2）图形化编程过程（图2-20）。

图2-20　图形化编程

将Arduino控制板与电脑相连，通过以下步骤实现运动小车程序的编程和上传：

第一步，进入图形化编程工具，编写图形化程序。

第二步，编译图形化程序。

第三步，确认Arduino控制器硬件通过MicroUSB线与电脑相连接，打开Arduino控制器工作开关。

第四步，选择对应的COM口。

第五步，上传程序。

（3）小车的启动和停止控制（图2-21）。

图2-21　小车启动和停止的图形化编程代码

（4）小车的前进与后退控制。

模仿驾驶员的操作，借助一个按键来控制电机的正反转，搭建图2-22所示的电路系统，使用一对12V直流电机，按键连接在Arduino控制器的P3口，通过2节18650型锂电池供电。

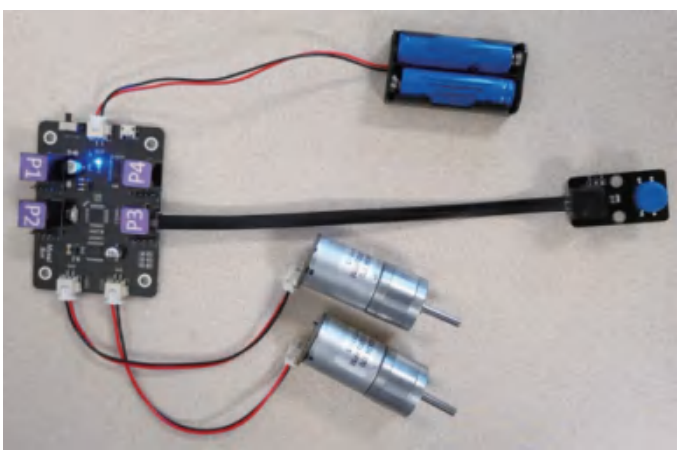


图2-22　按键控制小车前进与后退的应用系统

上述系统的图形化编程代码参考如图2-23所示。

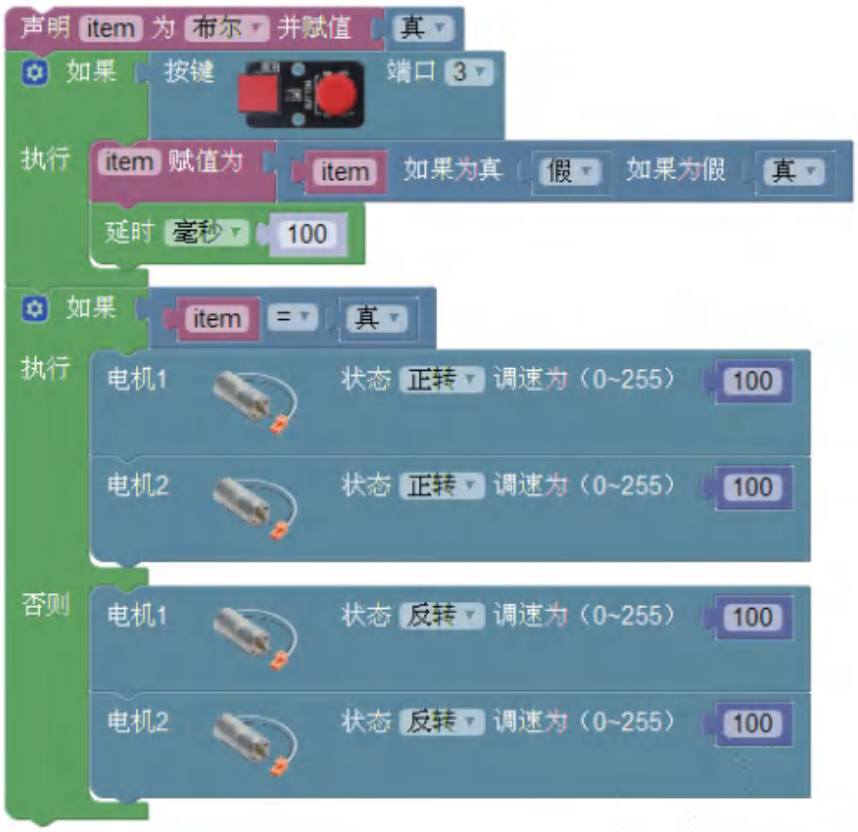


图2-23　小车前进与后退的图形化编程代码

（5）小车的加速和减速控制。

模仿踩油门操作，借助一个电位器来控制电机的转速，搭建图2-24所示的电路系统，使用一对12V直流电机，电位器连接在Arduino控制器的P4口，通过2节18650型锂电池供电。也可以将按键连接在Arduino控制器的P3口，用来控制电机的转动状态。

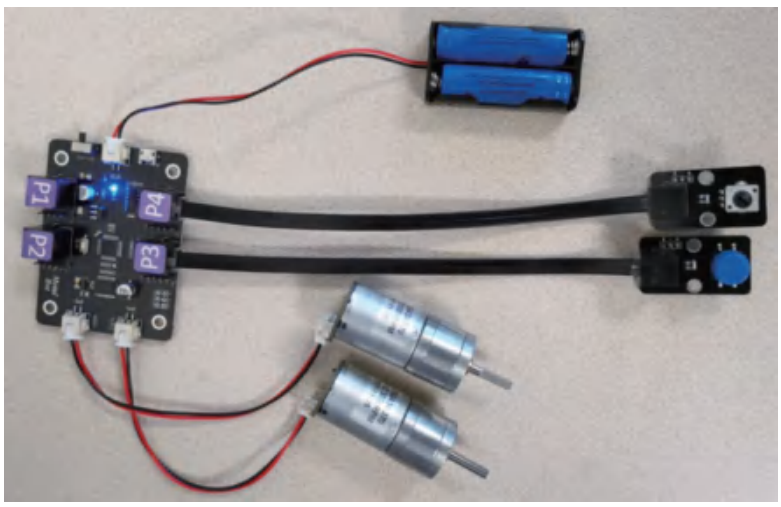


图2-24　利用电位器控制小车运动速度的应用系统

上述系统的图形化编程代码参考如图2–25所示。

图2–25　小车加速与减速的图形化编程代码

（6）小车的转向控制（图2–26）。

为便于观察电机的运动情况，方便程序调试，可以利用小金属结构件搭建一个车架，将电机固定在支架上。同时，安装好Arduino控制系统以及电池供电系统，就可以观察电机的运动情况。若进一步在电机的转轴上安装轮毂，就可以放在地面实际运动。

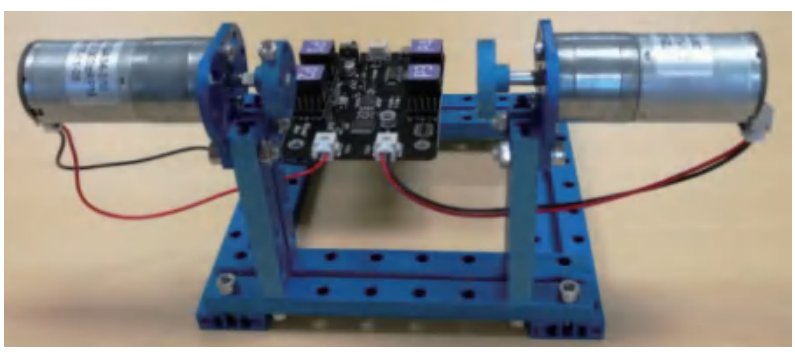


图2–26　小车的转向控制应用系统

通过给左右两个电机设置不同的转速，就可以实现差速转弯控制。图2–27给出的编程案例中，通过让一个电机转动，另一个电机停止，实现了小车高速电机方向往低速电机方向转弯的驱动。

图2-27　小车转向控制的图形化编程代码

活动二：拓展实践——新能源小车的搭建与实现

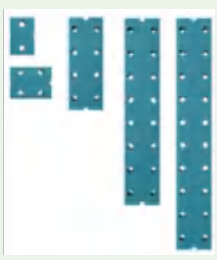
（1）活动内容。

·掌握新能源小车的工程实施过程，包括机械结构搭建、控制系统设计、编程、试验及调试等全部过程。

·根据学校情况进行任务拓展，模拟：利用LED灯指示小车运动状态，前进时绿灯亮，后退时红灯亮；利用超声波传感器模拟倒车雷达功能；利用红外传感器巡道模拟自动驾驶功能。

（2）结构件选取（表2-2）。

表2-2　结构件的选取

双孔梁	同步带轮	电机支架	六角螺丝	履带与履带连接轴	法兰轴承	拉花金属轴套与藏头螺丝	传动固定盘	六角铜柱	
								单头六角铜柱	双通六角铜柱
									

（3）小车结构搭建（图2-28）。

新能源小车的结构搭建主要分为车架搭建、电机安装、轮毂安装、电子模块安装等环节，使用铝合金材质的金属梁，使用螺丝进行固定。搭建过程比较简便，只需要掌握起子等工具的使用方法。

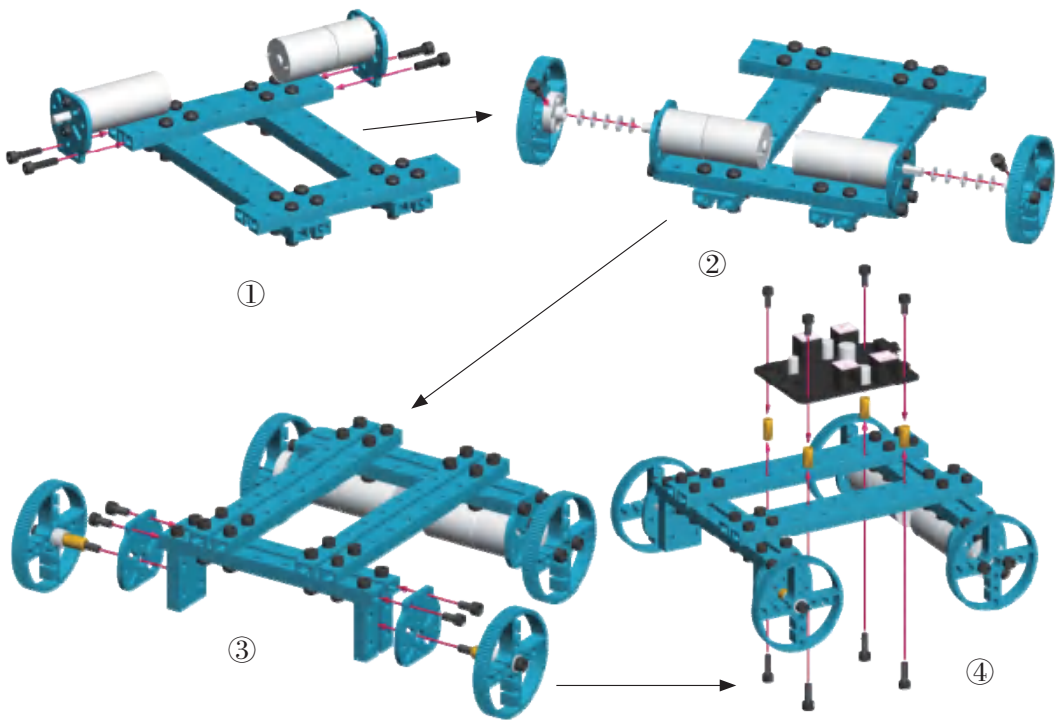


图2-28　新能源小车结构搭建步骤

图2-29是完成了全部结构搭建的小车，由于金属轮毂在运动中抓地性能不好，在前后轮之间增加了履带。有条件的同学可以利用SolidWorks等三维建模软件对小车的车身结构进行三维建模设计，并利用Ansys等结构分析软件对所设计的机械结构进行力学和动力学仿真分析，了解机械结构各部分的受力及承载情况。

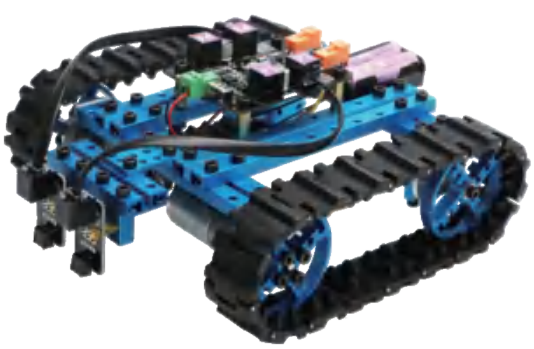


图2-29　搭建好的新能源小车

（4）电子控制系统设计（图2-30）。

可以直接将活动一、活动二中已经实现的控制功能移植到图2-28的小车中，观察小车的运动情况，完善及修改程序。有条件的同学可以选择更多的传感器模块，设计更多的自动化或智能化功能。比如，可以利用超声波传感器设计倒车雷达，或利用红外传感器设计自动巡道功能等。

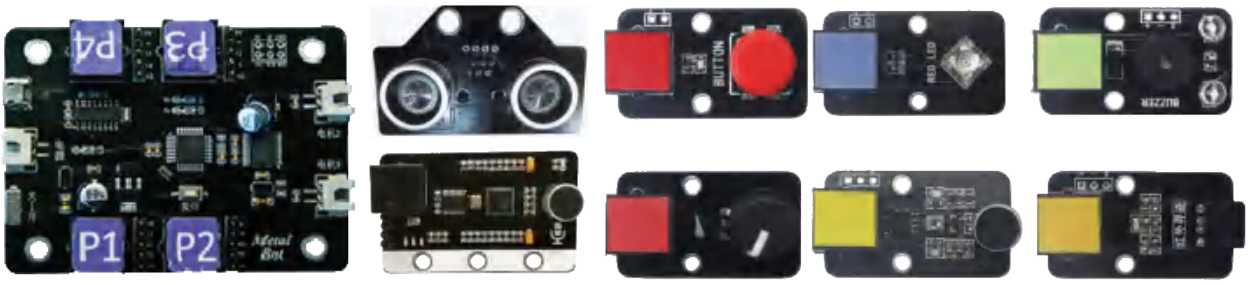


图2-30　电子控制系统

（5）图形化编程（图2-31）。

图2-31　控制系统图形化编程

4. 调试与检测

编写图形化程序，上传到Arduino控制板后，进行功能检测、系统调试及性能优化过程：

（1）观察电机的运动是否与预期一致，观察按键、电位器模块是否正常发挥作用。如果出现与设计要求不符的情况，需要检查程序设计是否正确。

（2）观察系统运行性能是否稳定，操作是否可控。如果出现与设计要求不符的情况，需要检查程序设计是否正确或者是否需要优化程序。

（3）在确认程序编写正确合理的情况下，如果系统还存在问题，则更换电子模块再进行测试。

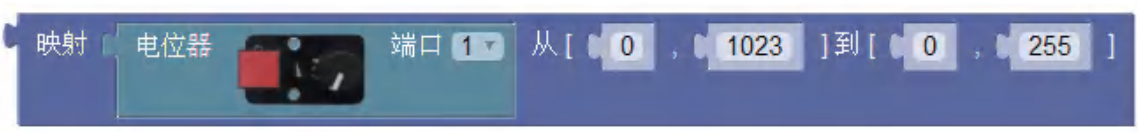
（4）机械结构部分则要观察装置是否妨碍电机前后及转向运动，连接是否稳定。遇到问题，需要进行调节，重新装配。

思考与分析

（1）结合物理电路知识进行思考，为什么电子控制系统的编程中往往会设计一个元器件的初始化设置模块？

（2）利用数学知识，分析以下逻辑运算的含义。体会按键循环操作后，逻辑变量取值的变化情况。

（3）利用数学知识，分析以下数学运算的含义。体会调节电位器后，传递到驱动电机的数据量的变化情况。



（4）为什么按键、电位器、电机等电子器件的编程设计中需要设置一定的延时？它起什么作用？

习　　题

通过本节课程的实践活动，应该学会交通工具的设计除了考虑功能和性能外，还需要特别关注节约能源、保护生态环境、推动社会和谐发展等方面，推动新能源技术的应用。请进一步思考并回答以下问题。

（1）交通工具的设计中的哪些环节与科学有关，那些环节与技术、工程有相关？

（2）交通工具的设计与艺术有关吗？不结合艺术而设计的交通工具将会怎样？

（3）交通工具的设计与数学有关吗？

（4）当前新能源技术还有哪些不足？交通工具的设计为什么要特别考虑与环境、社会之间的关系？

第三节 航空器

学习目标

- 了解常见航空器种类及发展，理解航空器中包含的科技人文融合创新的各要素。
- 理解空气动力学原理。
- 了解无人机的工作原理及制作要求。
- 设计并动手制作一个航空模型，了解航空飞行器的原理，以及蕴含的科技人文融合创新的科学、技术、工程、数学等要素。

一、飞行器的发展史

1. 认识飞行器

飞行器（flight vehicle）是由人类制造、能飞离地面、在空间飞行并由人来控制的在大气层内或大气层外空间（太空）飞行的器械飞行物。在大气层内飞行的称为航空器，在太空飞行的称为航天器。

飞行器分为五类：航空器、航天器、火箭、导弹和制导武器。

其中航空器包括气球、滑翔机、飞艇、飞机（图2-32）、直升机等。它们靠空气的静浮力或空气相对运动产生的空气动力升空飞行。航空器的分类见图2-33。

图2-32 飞机

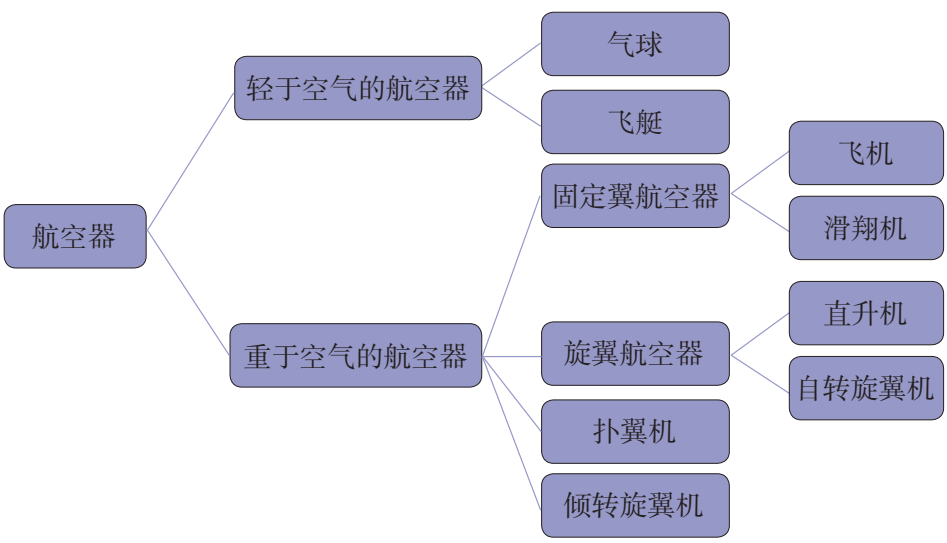


图2-33 航空器的分类

航天器（图2–34）包括人造地球卫星、载人飞船、空间探测器、航天飞机等。它们在运载火箭的推动下获得必要的速度进入太空，然后在引力作用下完成轨道运动。

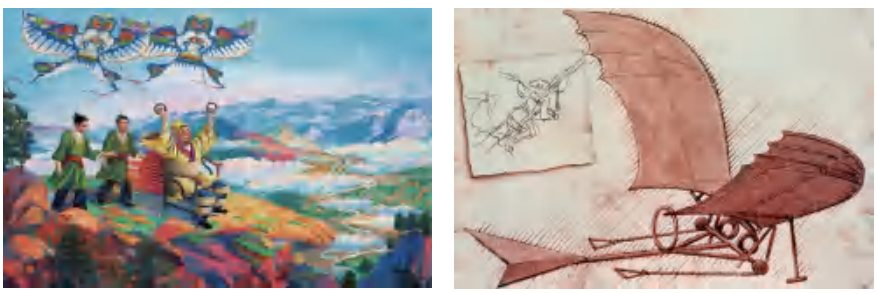
图2–34　航天器

如今，我国的神舟飞船，载人航天事业成果辉煌。我国是世界上第三个把航天员送入太空的国家，天舟货运飞船为太空站顺利运行提供补给，天宫二号空间实验室完成了太空试验，现正进行的嫦娥工程，将把飞船发射到月球。

2. 人类飞天梦

人类很早就有像鸟类一样在空中飞行的梦想。在古代，人们就发明了很多飞行器（图2–35），如中国有孔明灯和风筝自古传承至今，古希腊有阿尔希塔斯所制造的机械鸽。明朝的万户飞行器也是值得称赞的，它的设计是将几十支火药火箭绑在椅子上，手拿风筝进行飞行的飞行器。世界上最早的飞行器是中国发明的风筝。15世纪，意大利的达·芬奇也曾在草图上设计过飞行器。

风筝　　孔明灯　　古老飞行器



万户飞行器　　达·芬奇飞行器

图2–35　古代飞行器

1903年12月17日，美国莱特兄弟利用自行设计制作的飞机（图2–36），实现人类第一次持续性的、有动力可操控的飞行，诞生了现代航空器。

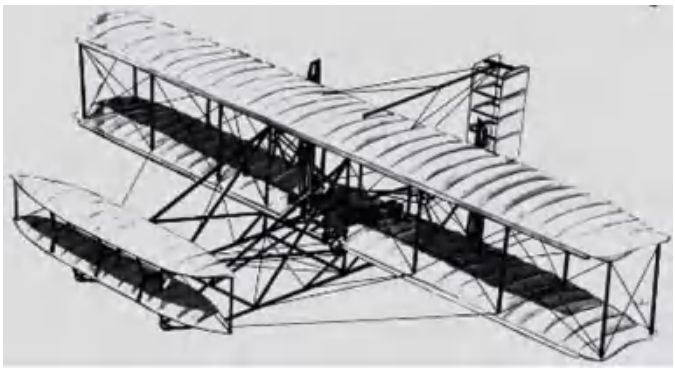


图2–36　莱特兄弟制造的第一架飞机——“飞行者1号”

3. 航空器的发展

航空器的应用非常广泛，可用于客运、货运及农业、渔业、林业、气象、探矿、空中测量和空中摄影，还可用于军事等方面。

◆固定翼飞机的发展

20世纪以前，气球飞行成功，飞艇的兴盛与衰退，飞机处于探索时期。

20世纪40年代前，飞机首次试飞成功，第一次世界大战及第二次世界大战军用飞机大量使用，建立民用航空，处于活塞发动机飞机时代。

20世纪40年代至今，首架喷气式飞机诞生，喷气式飞机普遍用于军事、民用，处于喷气式飞机时代。

我国C919大型喷气式客机（图2–37），是中国首款按照最新国际适航标准，与国际合作研制的干线民用飞机，具有自主知识产权，将参与世界民航市场竞争的大型客机。

图2–37　我国自行研制的大型喷气式客机C919

◆直升机的发展

人类梦想的飞行方式是原地腾空而起，既能自由飞翔又能悬停于空中，并且随意实现定点着陆。但由于直升机技术的复杂性和发动机性能不佳，它的成功飞行比飞机迟了30多年。

20世纪初为直升机发展的探索期，多种试验性机型相继问世。到20世纪30年代末期，第二次世界大战促使直升机发展由探索期进入实用期，直升机开始投入生产。20世纪的后半期，直升机应用领域不断扩展，生产数量迅速增加。

◆滑翔机的发展

滑翔机的出现要早于飞机，为飞机的成功研制提供了必要的技术储备。

◆四轴飞行器的发展

四轴飞行器是微型飞行器的一种，也称无人机。最初是由航空模型爱好者自发制作，香港科技大学的汪滔自主研发了飞行控制器后，使得无人机实现了智能化和便利操控，成为向大众普及的技术及娱乐产品；汪滔的无人机走向了世界，成为全球畅销的中国技术产品。无人机现正广泛应用于航拍、监控、救援、植物保护，也用于娱乐、快递等行业。

思考

（1）你认为无人机在军事和国民经济建设中有哪些用途？

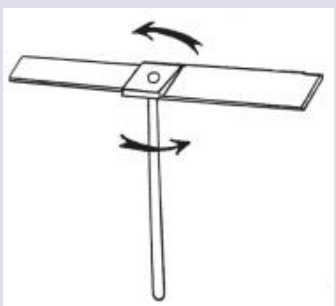
（2）对无人机还要进行哪些改进？使它对社会产生更大的影响？

二、航空器的飞行原理

案例

设计并制作竹蜻蜓。分别制作两个不同翼型曲面的竹蜻蜓（即二个不同的翼型弯曲度或弯曲弧面，或一个是平面翼型，一个是弯曲弧面翼型）（图2-38）。然后，用同样的力去旋转竹蜻蜓，观察两个不同翼型的竹蜻蜓的飞行情况、升力大小。

弯曲弧面翼型



平面翼型

图2-38　竹蜻蜓

思考

（1）为什么两个不同旋转翼型曲面的竹蜻蜓升力会不一样？

（2）竹蜻蜓的升力大小与什么有关？

（一）伯努利原理

流速越快，流体产生的压强就越小（图2–39）。

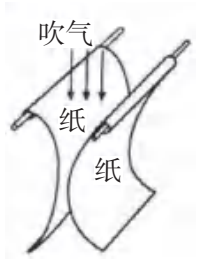


图2–39　伯努利原理实验

（二）航空器升空原理

1. 固定翼飞行原理（图2–40）

在飞机机翼的上方空气流速较快，空气对飞机向下的压强P_2较小，压力也较小；在飞机翼的下方空气流速较慢，空气对飞机向上的压强P_1较大，压力也较大。

飞机就是靠空气对飞机机翼的向上和向下的压力差升空的。

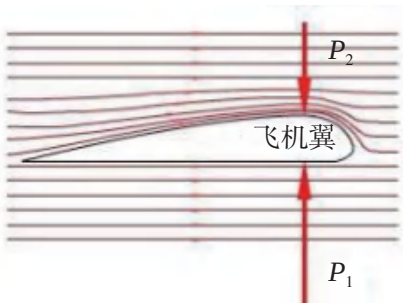


图2–40　固定翼飞行原理

飞机的机翼就是通过前端上表面凸起和后端的缩窄来分流空气，使机翼上表面空气流速高于机翼下表面空气流速而产生压力差（图2–41）。

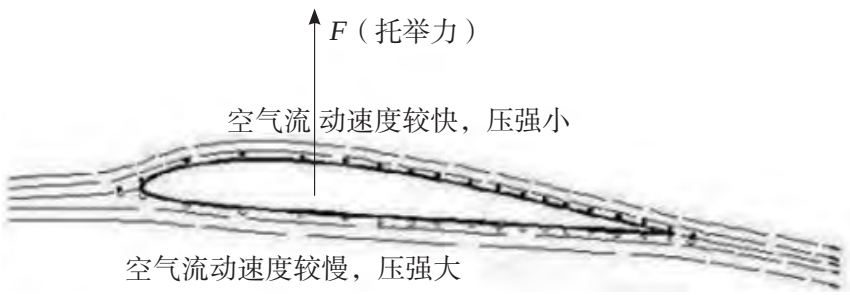


图2–41　机翼上下表面空气流动示意

2. 航空器飞行原理

◆空气中运动的物体

当空气和物体迎面相对时，该物体四周的气流形态取决于物体本身的形态和流动速

度，一道稳定的气流可汇成一组连续的、流畅的、几乎平行的线条，这种线条称为流线。因此，世人称某些物体呈现流线型即表明它的形状可以使周围的空气很平滑地流过（图2–42）。

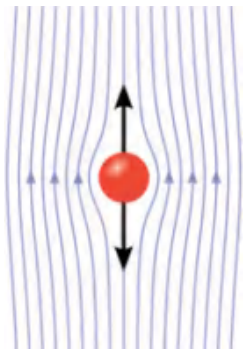


图2–42　飞行物的层流模型

◆空气动力学的应用

空气动力学在飞行器设计上的实际应用（图2–43），其主要研究空气动力的两个分力（升力和阻力）及其受到的影响。

物体在空气中运动的线路称作相对风。气体动力在相对风的方向垂直产生的分力就是升力，而与相对风平行但反方向运动的分力就是阻力，即试图将物体向后拉，阻碍前进的力。阻力部分来自于升力，部分源于物体形状和表面摩擦力。

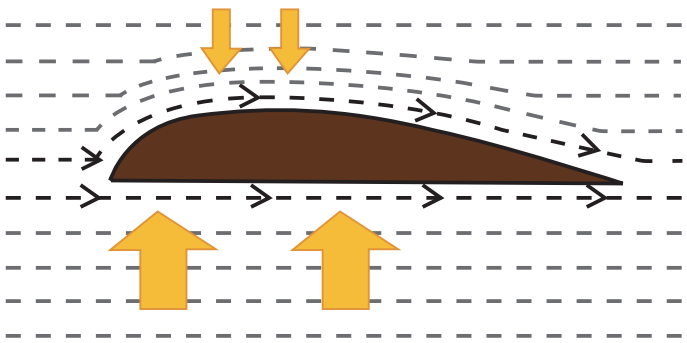


图2–43　空气动力学的应用

形状对称的物体如按照对称轴对准相对风而水平运动时，就不会有升力，仅有部分阻力。如对称轴与相对风呈现一定的角度，就会同时产生升力和阻力，共同构成合力（图2–44）。

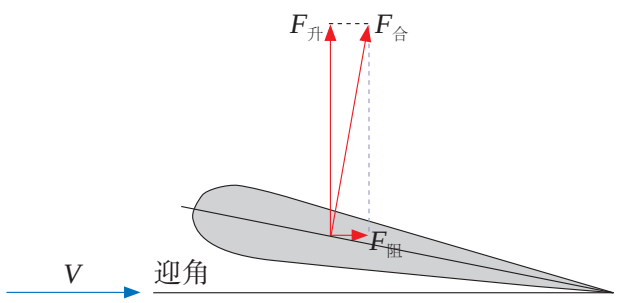


图2–44　升力和阻力构成合力

一个飞行器按照三根轴可以有三种自由运动——侧向、纵向及垂直（图2–45），而运动也分为移动和转动，所以飞行器运动会有6个自由度。

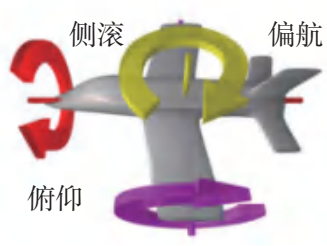


图2–45　三个轴向旋转运动

飞行器在侧向轴上转动就称为俯仰；飞行器沿着垂直轴的转动称作偏航，右转偏航就是正向偏航；飞行器于纵向轴

的转动即为侧滚。

3. 无人机的飞行原理

旋翼无人机之所以能飞，是因为旋翼旋转后会产生升力，如竹蜻蜓一样。

当四旋翼无人机4个螺旋桨的升力之和等于飞机总重量时，飞机的升力与重力相平衡，飞机就可以悬停在空中了。

根据牛顿第三定律，旋翼在旋转的同时，也会同时向电机施加一个反作用力（反扭矩），促使电机向反方向旋转，这也是为什么现在的直升机都会带一个“小尾巴”，在水平方向上施加一个力，去抵消这种反作用力，保持直升机机身的稳定。

而四旋翼飞行器上，它的螺旋桨也会产生这样的力，所以为了避免旋翼机自旋，四旋翼飞机的4个螺旋桨中，相邻的两个螺旋桨旋转方向是相反的。

图2-46　四旋翼飞行器螺旋桨旋转方式

如图2-46所示，三角形红箭头表示飞机的机头朝向，螺旋桨M_1、M_3为逆时针旋转，螺旋桨M_2、M_4为顺时针旋转。

当飞行时，M_2、M_4所产生的逆时针反作用力（反扭矩）和M_1、M_3产生的顺时针反作用力（反扭矩）相抵消，飞机机身就可以保持稳定，不会自转了。

多轴飞机的前后左右飞行或是旋转飞行，也都是靠多个螺旋桨的转速控制来实现的：

▶垂直升降

4个螺旋桨同时加速旋转，升力加大，飞机就会上升；4个螺旋桨同时降低转速，飞机也就下降了。

▶原地旋转（表2-3，图2-47）

表2-3　原地旋转时螺旋桨转向与转速的情况

电机	转向	转速	飞行姿态	转向	飞行姿态
M_1	逆时针	↓	逆时针旋转	↑	顺时针旋转
M_3	逆时针	↓		↑	
M_2	顺时针	↑		↓	
M_4	顺时针	↑		↓	

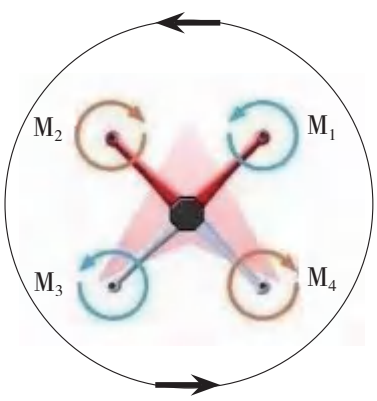


图2-47　原地旋转

M_1、M_3两个电机均逆时针旋转，转速降低；M_2、M_4两个电机均顺时针旋转，转速增加。由于反扭矩影响，飞机就会产生逆时针方向的旋转。

►水平移动

◇前进（图2–48）与后退（表2–4）

表2–4　前进与后退时螺旋桨转向与转速的情况

电机	转向	转速	飞行姿态	转向	飞行姿态
M_1	逆时针	↓	向前倾斜（前进）	↑	向后倾斜（后退）
M_3	逆时针	↑		↓	
M_2	顺时针	↓		↑	
M_4	顺时针	↑		↓	

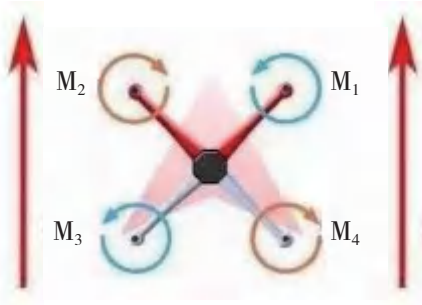


图2–48　前进

当四旋翼飞行器需要按照三角箭头方向前进时，M_3、M_4 电机螺旋桨会提高转速，同时M_1、M_2电机螺旋桨降低转速，由于飞机后部的升力大于飞机前部，飞机的姿态会向前倾斜。

倾斜时的侧面平视如图2–49所示，这时螺旋桨产生的升力除了在竖直方向上抵消飞行器重力外，还在水平方向上有一个分力，这个分力就让飞行器有了水平方向上的加速度，飞行器也因此能向前飞行。

图2–49　倾斜时的侧面平视

相反，当M_1、M_2电机加速，M_3、M_4电机减速时，飞行器就会向后倾斜，从而向后飞行。

◇向右飞行与向左飞行（表2–5）

表2–5　向左与向右飞行时螺旋桨转向与转速的情况

电机	转向	转速	飞行姿态	转向	飞行姿态
M_1	逆时针	↑	向左倾斜（左飞）	↓	向右倾斜（右飞）
M_3	逆时针	↓		↑	
M_2	顺时针	↓		↑	
M_4	顺时针	↑		↓	

当M_1、M_4电机加速，M_2、M_3电机减速时，飞机向左倾斜，从而向左飞行；当M_2、M_3电机加速，M_1、M_4电机减速时，飞机向右倾斜，从而向右飞行。

思考

如果要四旋翼飞行器做原地翻滚一周，如何控制4个电机的旋转来实现呢？

三、航空器的设计与制作

1. 制作泡沫模型飞机

设计制作泡沫模型飞机（图2–50），分别调试飞机机翼上的副翼及水平尾翼、垂直尾翼的不同角度，以观察、体验飞机的飞行姿态。

图2–50　泡沫模型飞机

认识模型飞机的部件（图2–51），按照要求制作模型飞机。

（1）制作步骤：机身—主翼台—尾翼台—尾钩—主机翼—水平尾翼—垂直尾翼—螺旋桨—美化贴纸—动力橡筋。

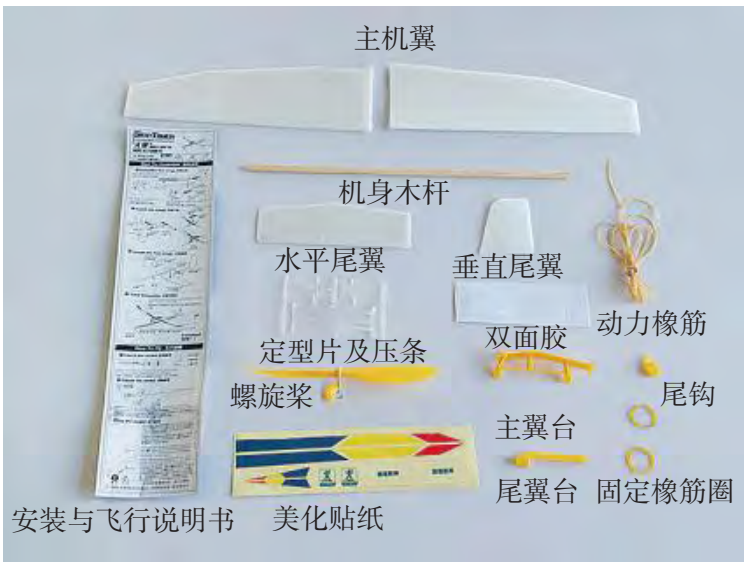


图2–51　泡沫模型飞机的部件

（2）检查调试。

（3）试飞复调。

（4）飞行观察并体验。

思考

小颜和同学们一起动手成功地制作了模型飞机，他不仅学会了制作飞行器，也掌握了控制飞行器飞行的技巧。于是，小颜向大家提问：

（1）飞机的上升与下降与飞机的哪部分有关？

（2）飞机的左转弯与右转弯又与飞机的哪部分有关？

（3）机翼的作用是什么？副翼又起什么作用？

2. 设计制作无人机

小颜学会制作固定翼模型飞机，又看到更具现代科技含量的无人机后，很想尝试一下。于是，小颜拉上同学又去找来器材，动手设计制作无人机。学校大楼顶上建有小花园，能否用无人机往花园中的鱼池投放鱼饵呢？这样不就免去人工每天爬楼上去喂鱼了？于是，小颜他们开始了研究、设计制作。

（1）设计制作吊舱。按图2-52所示图纸设计好吊舱，并把吊舱装到无人机上（图2-53）。

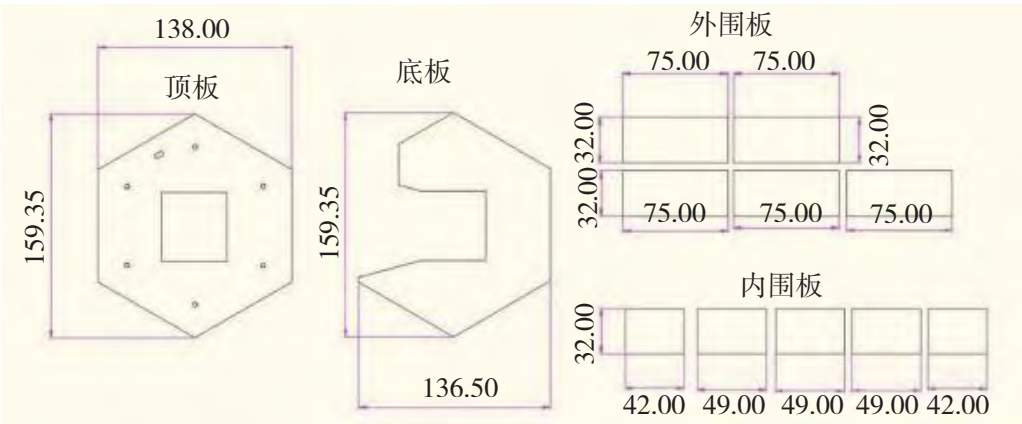


图2-52　吊舱设计图纸

图2-53　设计制作吊舱并安装

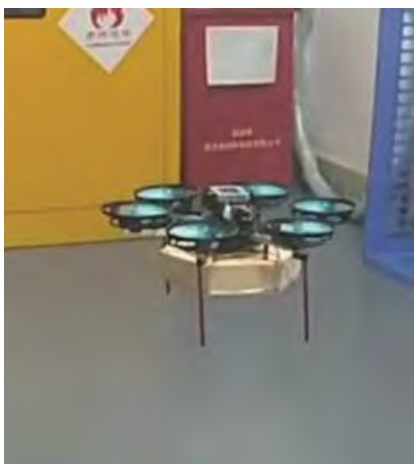
（2）遥控舵机控制吊舱开关安装（图2-54）。

图2-54　遥控舵机控制吊舱开关安装

（3）无人机在飞行中打开吊舱试验（图2–55）。

无人机吊舱开关关上

无人机吊舱开关打开



无人机空中飞行

无人机飞行中打开吊舱门

图2–55　无人机飞行中打开吊舱试验

思考

（1）小颜和同学们的创新设计，实现了无人机在飞行中控制吊舱舱门的打开，完成了投放鱼饵的任务，这对你有什么启发呢？

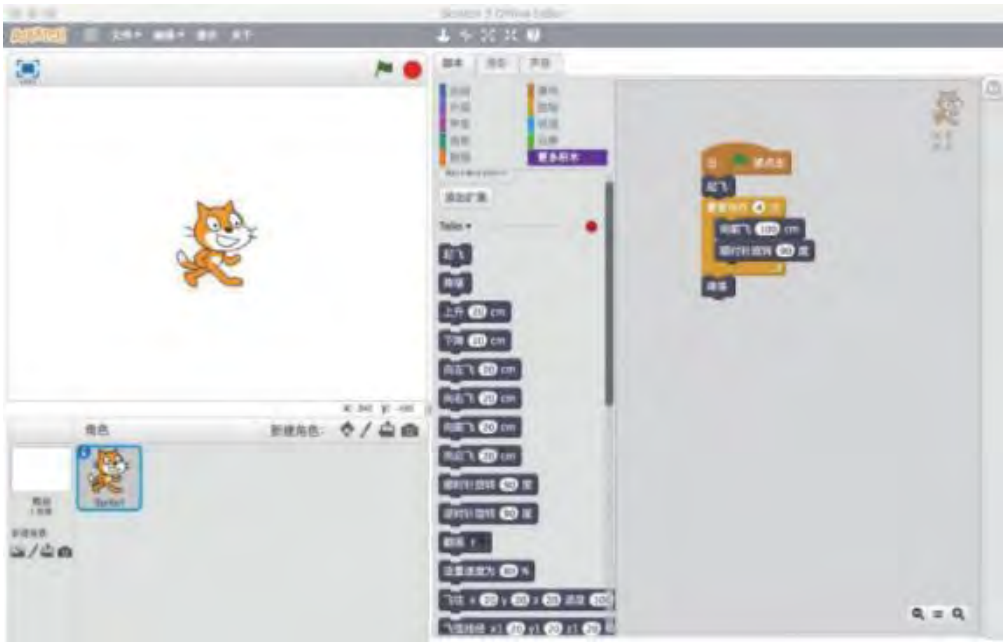
（2）你能否也设计一个与无人机相关的创新项目？

四、创新设计与拓展实践

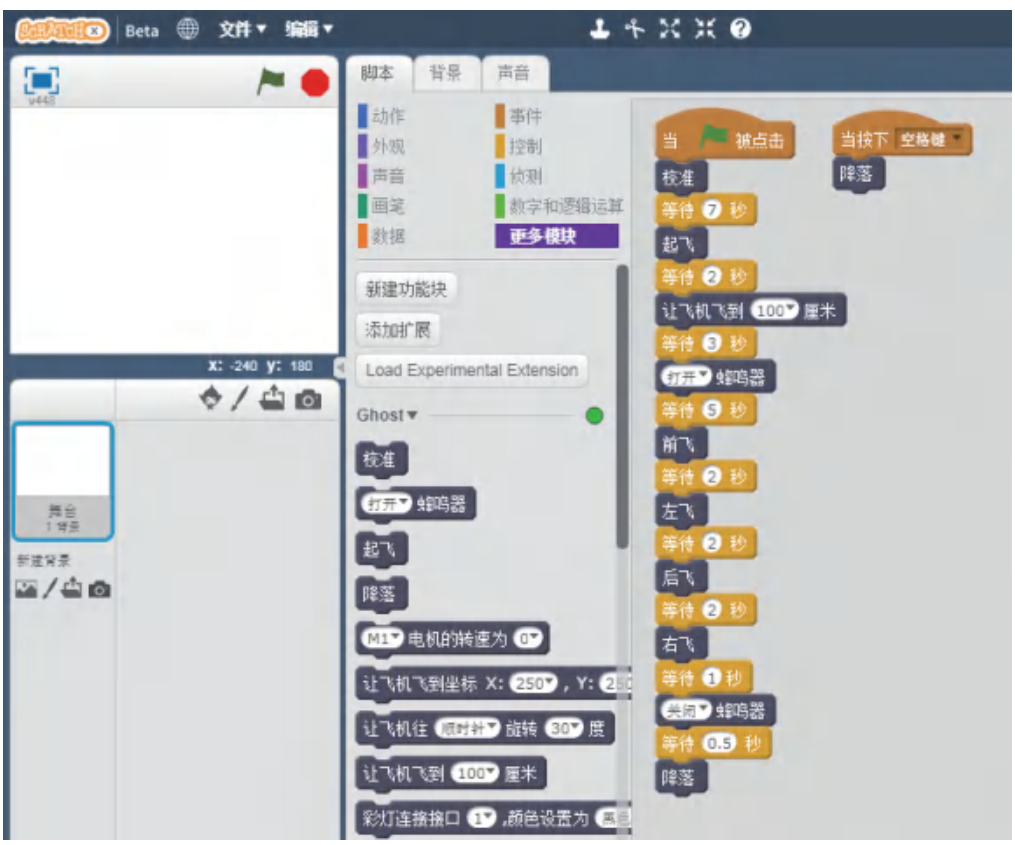
在了解无人机飞行原理，学会使用无人机的基础上，利用无人机的特点进行创新实践活动。如何开发无人机执行专项任务，以替代人们的出行监控、高空作业、宣传等？例如，选择利用无人机的开发模块功能，编程控制，使无人机进行自动定点任务作业；利用无人机的悬停功能，设计实现悬挂宣传条幅，释放救援装置、器材等。

1. 单机飞行控制设计

（1）让无人机自动在空中画一个正方形，然后降落。在电脑上编写程序，设计自动飞行路线及完成任务（图2–56）。



让无人机在空中画一个正方形，然后降落



无人机在空中先鸣叫提示后，开始画一个正方形，完成后，关闭声音，然后降落

图2-56　自动飞行路线编程

2. 多机编队的基本方法

（1）试验器件：电脑1台，性能优良的无人机若干架，路由器1个，Marker若干个

（2）实验步骤。

● WiFi连接

将电脑，路由器和无人机之间相互连接；电脑需要安装跟python相关的电脑环境。

设置路由器的WiFi账号和密码。

且每一架无人机都“记住”它要连接的路由器的账号和密码，对无人机进行一定的配置。

● 摆放小marker

在本次编队任务中，是使用jump指令来控制无人机的运动。

比如说：jump 50 40 30 60 0 m1 m2

指令的解释：现在地面上有两个marker，一个是marker1，另一个是marker2，现在初始的条件是无人机在视野内能看到marker1的情况下飞行。当指令开始执行时，无人机首先会飞到marker1的正上方，接着，无人机会以60cm/s的速度飞往marker1的坐标系下的坐标点（50，40，30）当无人机飞往（50，40，30）这个坐标后，无人机会用摄像头去找marker2，找到marker之后，他会自己移动到m2的正上方，并与marker2的“火箭头”呈0度的夹角。

综上，在本次编队任务中，如果决定使用4个marker和4架无人机来进行编队，则挑选4个marker的ID分别为1、2、3、4，并让这4个marker排列成一个矩形，方向呈顺时针方向，如图2–57所示。

图2–57　marker摆放图解

● 摆放无人机

将4架无人机通过程序进行编号，分别为1、2、3、4。然后就可以将无人机按照编号分别放在marker1、marker2、marker3和marker4上，飞机的正前方与marker的火箭头的方向要一致。

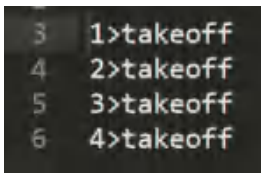
● 运行程序

通过Python可以在电脑运行多机编队的程序（图2–58）。

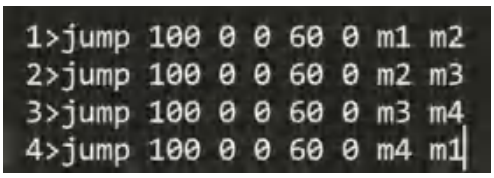
当程序运行时，电脑首先会通过路由器寻找无人机，实际上只要无人机一连上路由器，电脑就可以立刻找到这架无人机，所以电脑实际上是在等待所有4架无人机都连上路由器。

当找到4架无人机的时候，每一架无人机都会向电脑发送反馈信号。电脑会收集并记录收到的反馈信号的数量，一旦满足数量要求，电脑就会启动正式的编队指令了。

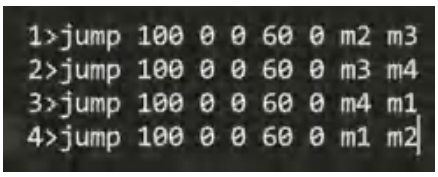
无人机首先会进行所有无人机电量的检测，如果有其中一架无人机的电量不满足要求，程序就会自动退出。4架无人机完成一次简单的多机编队任务。



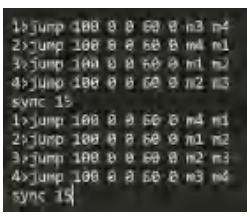
①起飞指令



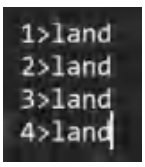
②运动控制指令第1步（1号无人机从marker1的正方“跳”到marker2的正上方，依次执行）



③运动控制指令第2步（对程序中marker的ID进行调整）



④运动控制指令第3步和第4步（对每一次所有无人机进行一次控制之后所需完成的一个同步命令）



⑤降落指令（对无人机发送land指令，就可以让无人机都降落）

图2-58　运行程序

探究实践

在手机APP上完成编写程序（图2-59），设计无人机自动飞行路线及任务。

图2-59　在手机APP上编程

在手机APP上编程，让无人机在空中作一次水平的正方形飞行，然后降落。

思考

利用编程实现自动控制无人机，可以完成什么任务？还可以如何创新设计？

习　　题

小颜和同学们接到学校的任务，学校要举行运动会，要求配合运动会入场式，在运动场上用无人机悬挂宣传条幅，并沿操场水平飞行一圈，再沿运动场的对角交叉飞行1次。然后，无人机飞至主席台前，鸣笛并释放彩纸。请你帮助小颜他们完成任务，设计控制无人机的程序及机电装置。

第四节 医疗器械

学习目标

- 了解生活中常见医疗器械的分类，理解医疗器械的重要价值。
- 掌握Arduino开源硬件的应用方法，掌握Arduino开源硬件的图形化编程方法。
- 了解常见医疗器械的系统构成与设计方法及涉及的科学、技术和工程知识。
- 通过脉搏检测仪的设计实践，经历科技人文融合创新项目活动过程，体验应用结构、电子、控制、系统以及相关科学知识来设计某种医疗器械的实践过程和基本方法。

春秋战国时期，扁鹊总结前人经验，提出“望、闻、问、切”四诊合参的方法，成为中医诊断和治疗的基础（图2-60）。中医药学凝聚着深邃的哲学智慧和中华民族几千年的健康养生理念及其实践经验，是中国古代文化的瑰宝，也是打开中华文明宝库的钥匙。

图2-60 中医切诊

中医通过把脉判断病人的疾病，需要中医有丰富的经验。中医通过“望、闻、问、切”判断病人疾病的技能不是每个人都可以掌握的，需要有丰富的临床经验。西医采用听筒、CT、B超等方法采集病人的生理信息。

思考

（1）传统中医知识启发我们，能不能利用现代技术来代替中医的“望、闻、问、切”呢？

（2）可不可以把脉搏的跳动通过图形、光电指示的方式直观显示出来，让普通人也可以掌握中医的诊断技术呢？

一、常见的医疗器械

医疗器械是指单独或者组合使用于人体的仪器、设备、器具、体外诊断试剂及校准物、材料以及其他类似或者相关的物品，包括所配套的计算机软件（图2-61）。其用于人体体表及体内的作用不是用药理学、免疫学或者代谢的手段获得，但是可能有这些手段参与并起一定的辅助作用。医疗器械的使用主要达到以下预期目的：

（1）对疾病的诊断、预防、监护、治疗或者缓解。

（2）对损伤的诊断、监护、治疗、缓解或者功能补偿。

（3）对解剖、生理结构或者生理过程的研究、检验、替代、调节。

（4）对生命的支持或者维持。

（5）通过对来自人体的样本进行检查，为医疗或者诊断目的提供信息。

图2-61　常见的医疗器械

医疗器械涉及医药、机械、电子、材料等多个行业，是一个多学科交叉、知识密集、资金密集的高技术产业。而高新技术医疗设备的基本特征是数字化、智能化和计算机化，是多学科、跨领域的现代高技术的结晶。

医疗器械涉及治疗、护理、保健、康复等多方面，常见的类型一般有：家庭保健器材、家庭保健按摩产品、家庭医疗康复设备、家庭护理设备、医院常用医疗器械、综合运用新材料以及传感、智能电子、信息处理、互联网等新科技的新一代医疗器械。

二、人体生理指标测量传感器

1. 重要人体生理指标测量

心率是指正常人安静状态下每分钟心跳的次数，一般为60～100次/min，可因年龄、性别或其他生理因素产生个体差异。心率是心脏收缩舒张活动次数的统计，脉搏是外周的血管受到心脏收缩活动时，血液对血管的冲击次数的统计。一般情况下，心率和脉搏应该

是一致的。当患有心脏疾病时，会出现心率和脉搏不一致的情况。

血氧饱和度是血液中被氧结合的氧合血红蛋白的容量占全部可结合的血红蛋白容量的百分比，即血液中血氧的浓度，它是呼吸循环的重要生理参数。呼吸急促还可以由慢性阻塞性肺疾病等多种因素导致。肺气肿、慢性支气管炎和慢性阻塞性肺疾病会阻碍足够氧气到达血液，导致血氧饱和度大幅降低。另外，在高原地区运动会出现血氧饱和度降低的情况，学习或劳动中容易感到疲劳也可能身体中血氧饱和度偏低了。因此，及时检测人体血氧饱和度非常重要。

传统的血氧饱和度测量方法要借助人体采血和电化学分析，在临床医疗以及个人保健中应用都不方便。针对这些实际问题，近年出现了测量血氧饱和度及脉搏的光电容积法。其基本原理是利用人体组织在血管搏动过程中，会造成组织透光率的变化，据此进行脉搏和血氧饱和度测量。光源一般采用对动脉血中氧合血红蛋白和血红蛋白有选择性的特定波长的发光二极管（一般选用波长为660nm附近的红光和900nm附近的红外光）。当光束透过人体外周血管，由于动脉搏动充血容积变化导致组织透光率变化，此时由光电传感器接收经人体组织反射的光线，转变为电信号并将其放大输出。由于脉搏是随心脏的搏动而周期性变化的信号，动脉血管容积也周期性变化，因此光电变换器输出的电信号变化周期就是脉搏。

2. 心率血氧传感器

心率血氧传感器集成了脉搏血氧仪和心率检测功能的传感器模块，传感器内部集成两个LED灯、一个光电探测器以及信号处理器，可于人体手指、耳垂、手腕等处测量脉搏、血氧等生理参数。图2–62是以开源硬件形式提供的心率血氧传感器模块，成本低，结构尺寸便于重新设计。采用光电容积法测量心率和血氧指标，开始应用于家庭保健、健身辅助设备、医疗监控设备、可穿戴设备中。

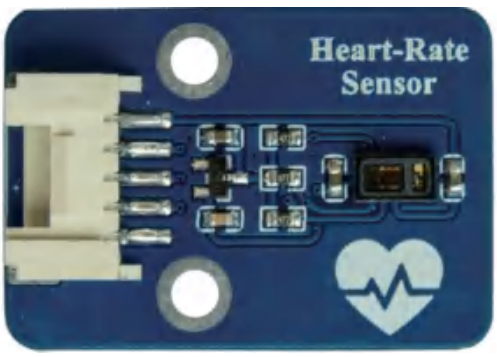


图2–62　心率血氧传感器模块

3. 红外非接触式温度传感器

红外非接触式温度传感器内部集成红外感应热电堆探测器芯片和信号处理专用集成芯片，具有系统管理总线和脉宽调制PWM两种数据输出方式，能够测量环境温度和物体表面温度。图2–63是以开源硬件形式提供的红外非接触式温度传感器，测量精度比较高，便于家庭保健、医疗监控设备中快速测量人体温度。传感器的测温范围为：–70 ℃~ 380 ℃，分辨率：0.01℃。

图2-63　红外测温传感器模块

三、医疗器械的设计与开发过程

医疗器械的设计和开发流程与一般的产品或项目的实施过程有类似之处，如图2-64所示。

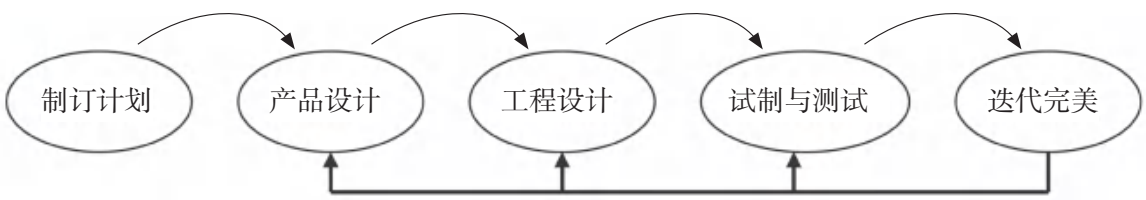


图2-64　产品设计及开发过程

不同的是，医疗器械关系到人们的健康和生命安全，需要严格保证其安全性和有效性，因此，计划、设计、生产和试用过程的每一个阶段都必须严谨和规范。

四、脉搏检测仪设计与制作

1. 制作目标

这个项目采用超亮红外（IR）LED和光敏晶体管来探测手指的脉搏，作出脉搏随时间变化的曲线，并且让一个红色LED随着脉搏闪动。

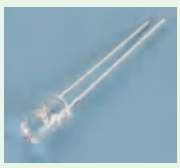
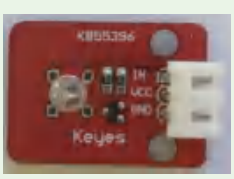
2. 器材准备

本项目将使用到的元器件及电子模块如表2-6所示。

表2-6　脉搏检测仪元器件及电子模块

编号	元器件及模块名称	电子元件图片
Arduino	Arduino学习板	

续表

编号	元器件及模块名称	电子元件图片
D_1	直径5mm红色LED、脉搏指示灯	
D_2	直径5mm红外LED，发射波长940nm	
R_1	56R 1/4W	
R_2	270R 1/4W	
R_3	390R 1/4W	
T	红外光敏三极管，波长940nm	
M_1	脉搏跳动采集模块 （降低制作难度可选用此模块）	
M_2	发光模块 （降低制作难度可选用模块）	

3. 工作原理

电路原理：本项目的电路原理如图2–65所示。

脉搏监视器是这样工作的：红外发光LED在手指的一面，光敏三极管在手指的另一面，光敏三极管T用来接收红外发光D_1发射的光通量。当血压脉动时，光通量发生变化，光敏三极管的电阻会发生微小的变化。通过这个变化，来检测脉搏的跳动，控制一个LED灯D_2，让D_2随着脉搏的跳动而闪烁，作出脉搏随时间变化的曲线。

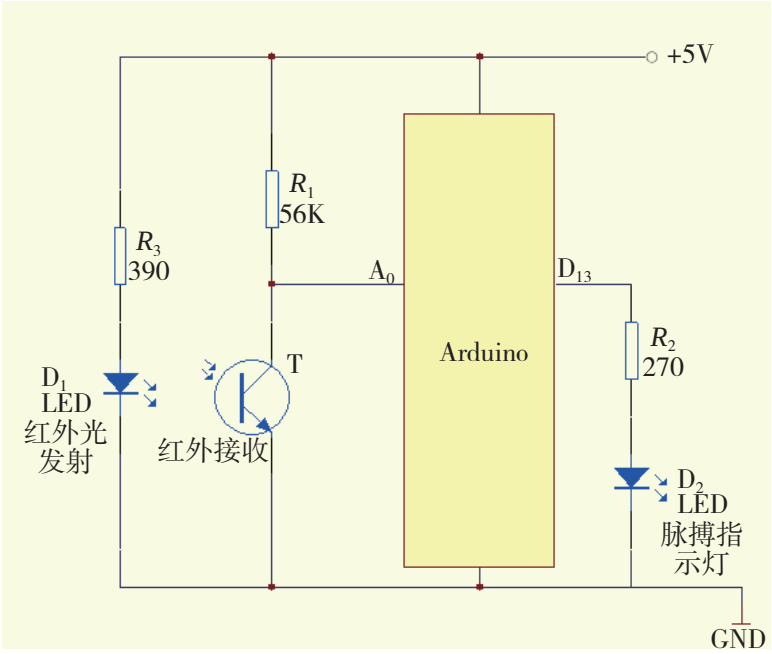


图2-65　脉搏检测仪电路设计

因为D_1发出的红外光通过手指后大部分被吸收，我们选择了一个阻值较大的电阻R_1，以便光敏三极管T足够灵敏。可以通过实验来选择这个电阻用哪个阻值可以得到最佳的结果。

4. 制作技巧

（1）遮光指套：因为灯光大多是以50Hz波动的，会给微弱的心跳信号带来干扰，所以要尽可能屏蔽进入光敏三极管的杂散光。因此，我们制作一个黑色的指套把外来的光线隔离。指套内部只有D_1发出的光，并且T只接收到D_1发出的光。怎么制作这个指套？可以参考图2-66。请同学们根据这个原理开动脑筋，做出实用的遮光结构。

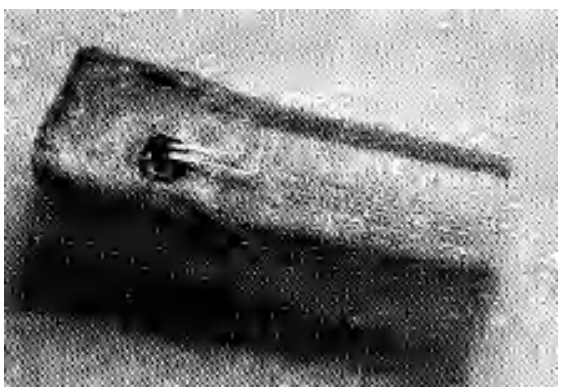


图2-66　指套

（2）电路模块：为了使制作更简单，我们可以使用两个电路模块。

①脉搏跳动采集模块：脉搏跳动采集模块的电路原理图如图2-67所示。

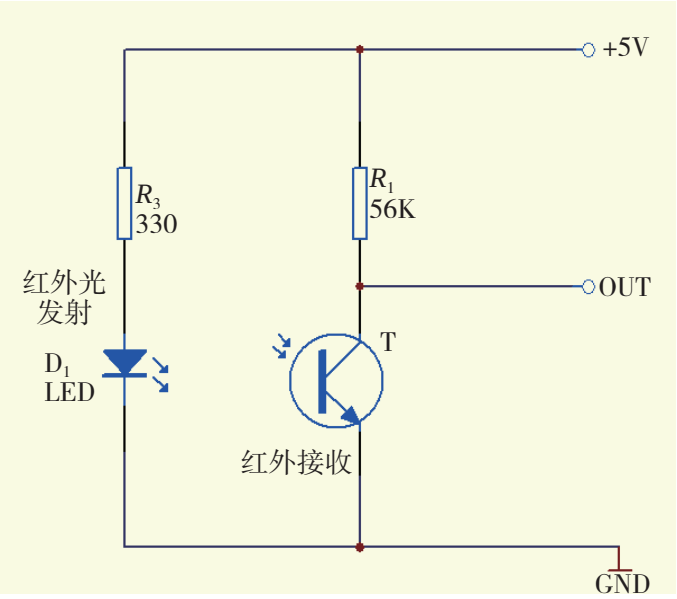


图2-67　脉搏跳动采集模块的电路原理

脉搏跳动采集模块的引脚（图2-68）。

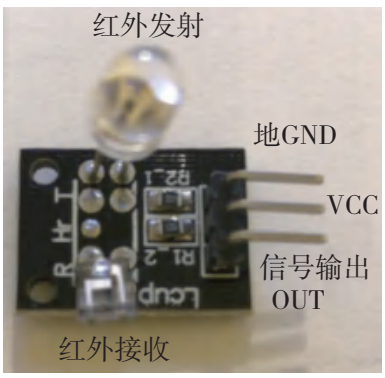


图2-68　脉搏跳动采集模块

测量时手指放在红外发射与红外接收之间，同学们可以设计一个指套，遮住外来的光线，避免受到干扰。红外发射LED的顶部相当于凸透镜，有聚焦作用，红外光从顶部射出，所以我们要适当弯折一下红外发射LED，让它对准红外接收T，并且调节适当宽度，可以让手指伸进去，让手指在两者之间，红外光透过手指，被T接收到。

②发光模块：发光模块的电路原理如图2-69所示。

发光模块的引脚（图2-70）。

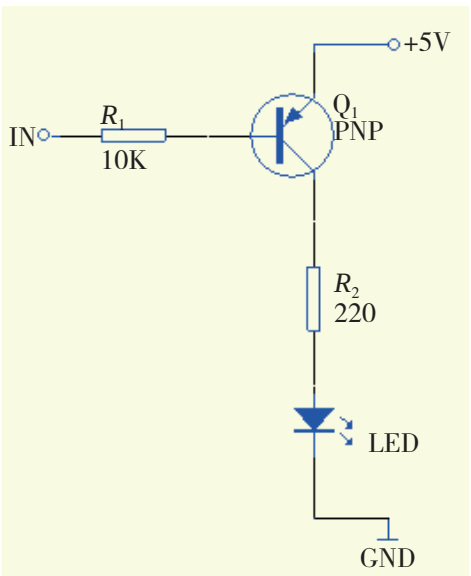


图2-69　发光模块的电路原理

图2-70　发光模块

（3）脉搏跳动采集模块、发光模块与Arduino电路板连接（图2-71）。

脉搏跳动采集模块接线方法：模块“GND”接Arduino“G”或者“GND”、模块“VCC”接Arduino的“V”或者“5V”、模块“OUT”接Arduino“A0”（也可以选择其他模拟I/O口，设置程序时要相应变化）。

发光模块与Arduino电路板连接方法：模块“GND”接Arduino“G”或者“GND”、模块“VCC”接Arduino的“V”或者“5V”、模块“IN”接Arduino“D13”（也可以选择其他数字I/O口，设置程序时要相应变化）。

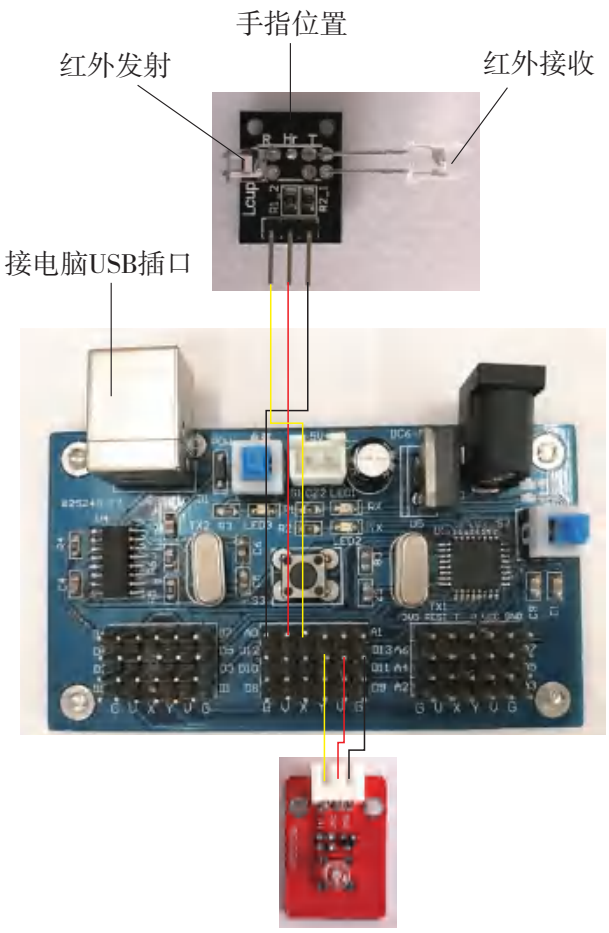


图2-71　脉搏检测系统连接示意

Arduino产品很多，但标记是相同的，仔细辨认不要接错即可，图2-72是两种不同产品接线方式。

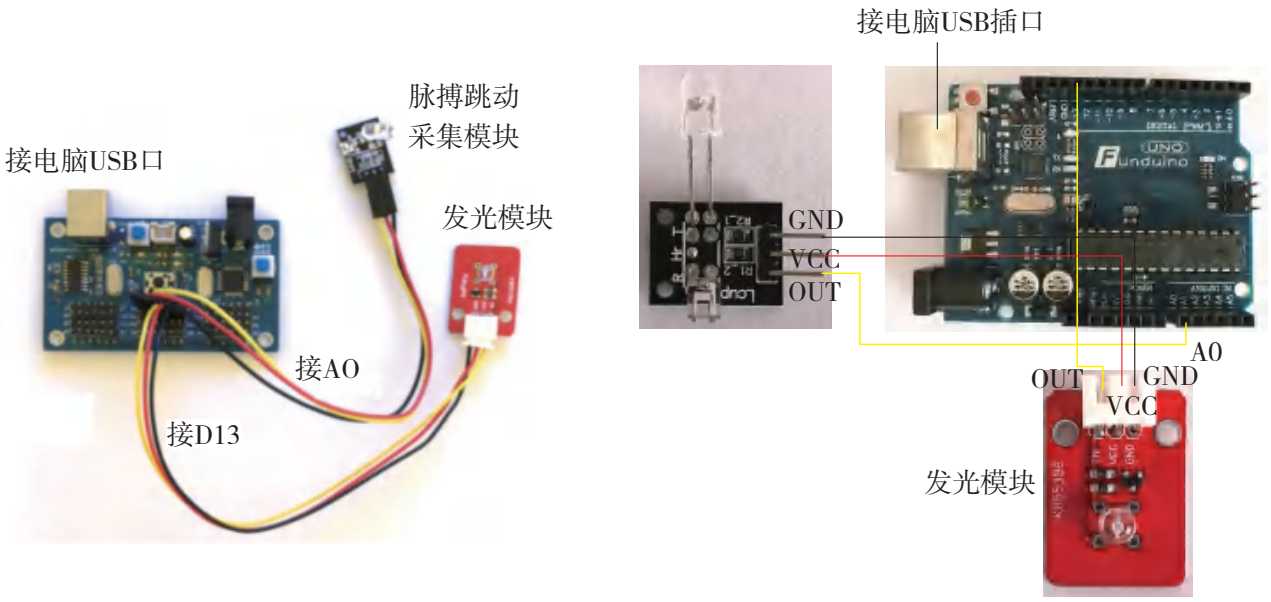


图2-72　两种不同产品的生产线示意

（4）编程：每100ms采集一次数据，如果大于数据平均值，LED发光模块发光，否则不发光。图2-73中t为变量，714为平均值。

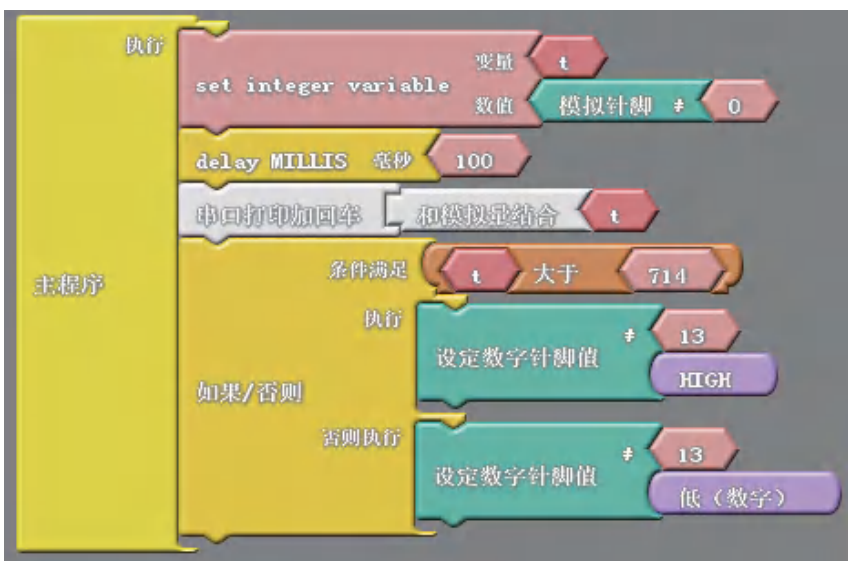


图2-73　脉搏检测的图形化编程

（5）测试：上述程序上传后，打开串口监视器，将手指置于脉搏跳动采集模块的红外发射与接收之间，先用一块黑布遮住外来光线，可以看到每100ms出现一个数据。这个数据是红外接收到的红外光的强度，该强度随脉搏而变化。

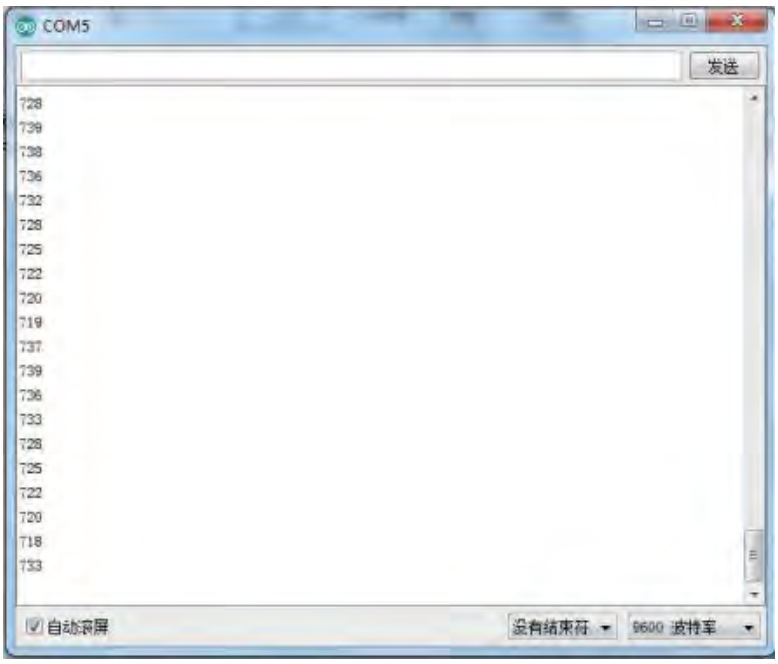


图2-74　采集数据样本

	A	B
31	721	
32	728	
33	739	
34	738	
35	736	
36	732	
37	728	
38	725	
39	722	
40	720	
41	719	
42	737	
43	739	
44	736	
45	733	
46	728	
47	725	
48	722	
49	720	
50	718	
51	733	
52		
53		

图2-75　串口监视器中的数据

几秒钟后，关掉电路板的电源（如果电路板上没有电源开关就拔掉USB数据线），停止测试，选择串口监视器中的全部数据（图2-75），按Ctrl+C复制，粘贴到Excel等工具中。

选择数据，点击插入，先“带平滑线和散点标记的散点图”，可以得到如图2-76所示脉搏随时间变化的曲线，每一点的时间间隔是100ms。

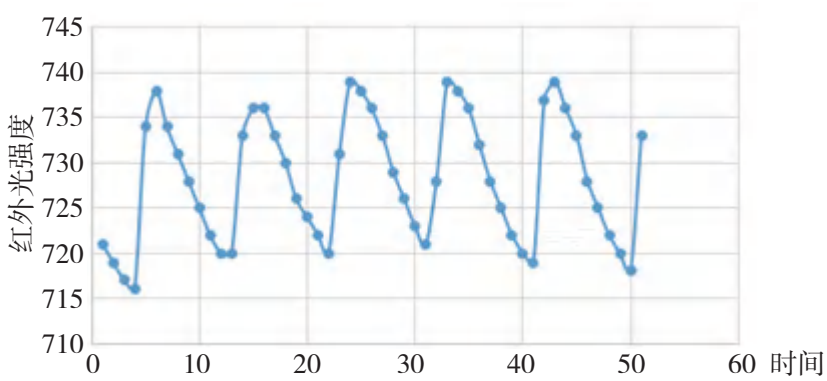


图2-76　红外强度随时间变化的样本分析

根据以上脉搏随时间变化的曲线，利用总体特征数估计的方法求出平均值：

$$\overline{X}=\frac{x_1+x_2+\cdots+x_n}{n}$$

在Excel求出数据的平均值，在程序中修改平均值，重新上传程序，就可以看到发光模块的指示灯随脉搏闪烁。手指的位置如果改变了，平均值也会改变，所以在实验的过程

中应该始终保持手指的位置不变。如果发光模块不闪烁，也可以适当调整一下手指的位置，直到发光模块均匀闪烁为止。

思考

（1）通过分立元件搭建的检测系统与通过电子模块设计的系统相比，在工程、调试、性能、成本等方面有哪些优劣？

（2）进一步分析采样实验数据，讨论以样本平均值作为检测阈值是否最好？基于数学统计知识，还有哪些特征数估计方法可以用来确定检测阈值？

5. 项目拓展

本实验也可以用声音检测模块来代替脉搏跳动采集模块，方法相同，同学们可以试一试。还可以加上发声模块，让脉搏每跳动一下发出“滴”一声。声音检测模块和发声模块见图2–77。

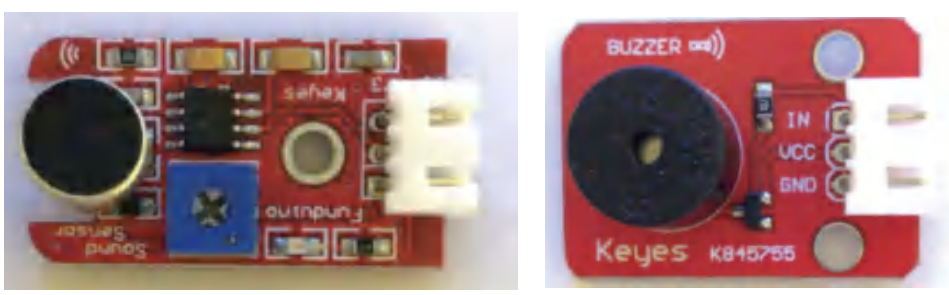


图2–77　声音检测模块和发声模块

思考

（1）怎么编程、怎么连接线路来实现我们的项目目标？

（2）用麦克风检测与红外透光检测有什么不同，你认为哪一种方法更能准确判断患者的疾病？

习　　题

通过本节课程的实践活动，应该体会到医疗器械的设计除了考虑功能和性能外，还需要特别关注人们的健康和生命安全，需要严格保证其安全性和有效性。请进一步思考及回答以下问题：

（1）通过上网、阅读、查找资料等方式，了解脉搏的跳动与疾病的关系。

（2）进一步了解人体的其他常见生理指标与疾病的关系，了解这些相关生理指标的检测方法，有哪些相对成熟的检测器件可以使用？

（3）分析这个实践活动，哪些环节经历了科技人文融合创新的哪些过程，填写下表。

科技人文融合创新元素	项目环节
科学	脉搏的跳动与疾病的关联的科学原理
技术	
工程	
人文	
艺术	
数学	
社会	

（4）结合本次实践活动，讨论物理、数学等知识在医疗器械设计过程中发挥怎样的作用？

第五节 矿山工程

学习目标

- 了解矿山工程的基本设计内容、相关技术及其协同性。
- 掌握Arduino开源硬件的应用方法，掌握Arduino开源硬件的图形化编程方法。
- 以煤气泄漏报警器设计为例，了解矿山工程项目设计中涉及的科学、技术和工程知识。

我们有时看到矿井（特别是煤矿）爆炸（图2-78）造成人身伤亡或者家庭煤气泄漏发生火灾的新闻。爆炸的原因多数是可燃性气体（比如瓦斯）燃烧引起的。触发煤矿瓦斯爆炸的基本条件：一是瓦斯浓度在5%~16%；二是出现一定的引火温度，有人吸烟或者电路系统产生电火花等情况导致。

图2-78 矿井爆炸现场

党和国家一直要求“要始终把人民生命安全放在首位”。除了加强安全管理，及时准确的检测预报也是有效的防犯手段。如果我们能够预报可燃性气体的浓度，就可以避免灾难的发生。

思考

矿山安全问题启发我们，能否利用可燃气检测传感器实时检测井下工作环境中的空气状况，然后及时发出警报呢？

矿山工程就是以矿产资源为基础，在矿山进行资源开采作业的工程技术学。矿山工程可分为地面工程和地下工程两部分：地面工程主要包括矿用机械设备及设施，如选厂、井塔、卷扬机、压风机、通风机等；地下工程包括井巷工程、硐室工程及部分安装工程（图2-79）。

矿山工程设计包括设计范围（给定矿区范围、拐点坐标、勘探线及开采深度）、设计规模、服务年限及工作制度、矿山开拓、采矿方法、矿井提升、矿井通风、矿山供排水、矿岩运输、压气、供配电、通讯及信号、矿区总平面布置、矿山基建、工程概算等内容。

图2-79　矿山工程设计总体效果

一、地面工程

矿山地面工程指根据矿山生产、管理和生活的需要，在地面设计修建的各类建筑物、构筑物以及其他必需的设施设备，如选矿厂、井塔、卷扬机、压风机、通风机等。

1. 选矿厂

矿山工业场地选址及设计首先要从矿区地形地貌、自然条件、周边环境、地质灾害影响、井口及工业场地的地质条件和采取的安全对策措施等方面进行安全可靠性分析，还需要对井口及工业场地标高与当地历史最高洪水位的关系进行说明，对井口位置及井口设施、工业场地内主要建（构）筑物与开采错动界线的安全距离进行安全可靠性分析。

2. 井塔

井塔是矿井工业场地内的重要塔式工业建筑物，其目的是为了适应随着开采深度的增加带来需要提升矿物容积大量增加的需求，而在井口处建造起多绳摩擦的提升系统。

井塔在矿山生产期间用于提升矿物、矸石、设备和人员，井塔的外部结构和形状的设计要考虑到防风、保温的需要。井塔建在立井井口，其结构为多层钢筋混凝土结构，一般由提升机大厅、塔身和基础三部分组成，形成一座直立的高耸空间结构，多绳摩擦式提升机安装在其上部。

3. 卷扬机

卷扬机是指用卷筒缠绕钢丝绳或链条提升或牵引重物的轻小型起重设备，又称绞车。卷扬机可以垂直提升、水平或倾斜拽引重物，分为手动卷扬机、电动卷扬机及液压卷扬机三种，主要运用于建筑、水利工程、林业、矿山、码头等的物料升降或平拖。

矿山系统是以电动卷扬机为主。卷扬机可单独使用，也可作起重、筑路和矿井提升等机械中的组成部件，因操作简单、绕绳量大、移置方便而广泛应用。

4. 压风机和通风机

压风机一般用在电动设备的动力提供上，将空气压缩成具备一定压力的气体，该气体连接到气动设备上，使之工作运转，如供井下风镐、风泵等气动设备。压风机又称空压机，即空气压缩机。

通风机按用途可分为三种：主扇用于全矿井或矿井某一翼的通风，又叫主通风机。辅扇用于矿井通风网路中分支风路调节起风量，是协助主通风机工作的。局扇用于矿井无贯穿风流没有打通的巷道的局部地点通风。

二、地下工程

矿山过程中，地下工程包括井巷工程、硐室工程及部分安装工程。井巷工程设计又包括井筒装备设计、排水系统设计等。

1. 井巷工程

井巷工程的任务是在地下建筑所需的空间结构，并保持其稳定性，它需要通过破岩开挖，穿过和进入岩石与土这类地质体中，并保持开挖空间的稳定性。所以，井巷工程的破岩开挖和维持稳定，首先涉及岩石与土这类介质的物理与力学性质。同时，井巷围岩未定需要采用多种多样的人工支护手段，如常见到的棚式支架、金属支架、混凝土支架、料石或混凝土砌碹及锚喷支护等。这些不同的支护结构都是由建筑材料制造的，为了合理地使用支护结构，需要了解和掌握各种构成井巷工程支护的常用建筑材料的特性。

2. 硐室工程

硐室是指为某种专门用途在井下开凿和建造的断面较大或长度较短的空间构筑物，也指空间三个轴线长度相差不大且又不直通地面的地下巷道，如绞车房、变电所、煤仓等。

硐室是一种未直通地表出口的、横断面较大而长度较短的水平坑道，其作用是安装各种设备、机器，存放材料和工具，或作其他专门用途，如机修房、炸药库、休息室等。

硐室对安全生产意义重大，避险硐室是指当灾害发生人员无法撤出时，为防止有毒、有害气体的侵袭而设立的避难场所。现代矿山的建设要求加快强制推行井下救生舱、避险硐室、井下人员定位和通信联络、监测监控系统等先进适用的技术装备，按规定期限完成。图2-80是现代化矿山工程中的硐室设计方案，不仅考虑了设备安装、工具存放等需

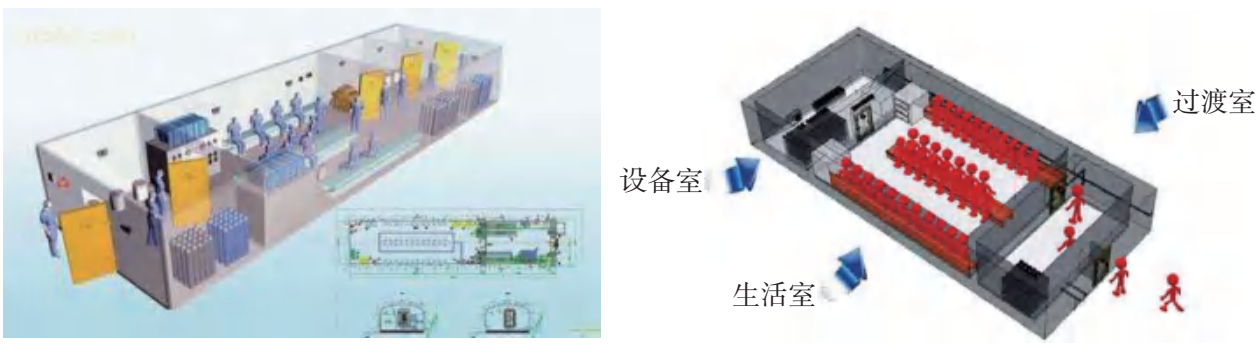


图2-80　现代化的硐室设计方案

求，还重点考虑了安全生产的要求。

三、地面工程与地下工程的协同性

随着人们环保意识的加强，人们逐渐认识到地下工程开挖与环境协调的重要性，地下工程开挖与环境相协调是当今可持续发展战略的主题之一。

建立与地面环境协调的地下工程开挖的决策和设计系统，以指导地面沉降控制和损害防护工程的实施，达到地下工程开挖对岩土体、地表和地面建筑物、构筑物的损害最小，确保地下工程开挖与地面环境之间的协调关系达到最优化，从而实现地下工程开挖与地面环境的协调。

四、煤气泄漏报警器设计与制作

1. 制作目标

项目采用MQ-5液化气检测模块，当浓度超标时，蜂鸣器发出报警声，并启动一个小风扇模拟排出可燃性气体。

2. 器材准备

本项目所使用的元器件及电子模块如表2-7所示：

表2-7　煤气泄漏报警器元器件及电子模块

编号	元器件及设备	说　　明
1	Arduino学习板	
2	MQ-5液化气检测模块	
3	发声模块	

续表

编号	元器件及设备	说　明
4	5V小风扇（CPU散热风扇）	
5	打火机，在不燃烧的情况下产生可燃性气体，触动报警器	

3. 设计与实践

（1）工作原理：气体检测模块（图2-81）对煤气、液化气、烟雾十分敏感，它的工作电压为5V。它有两个输出端，D0为数字输出端，在正常情况下输出5V电平，当气体浓度达到一定值（该值可以调节，即灵敏度调节），输出电平变为零；A0是模拟输出端，其输出电压随气体浓度而变化，浓度越高输出电压越高，电压的变化范围是0～4V，可以用Arduino进行判断和报警等控制。

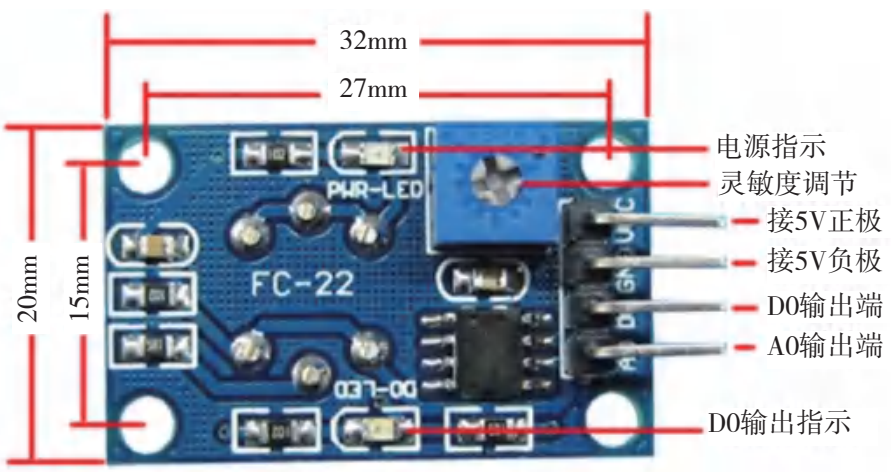


图2-81　气体检测模块接线示意

（2）数字控制应用实验：利用MQ-5液化气检测模块的D0数字输出接口，设计实验电路，连接方法如图2-82所示。

液化气检测模块5V正极引脚接Arduino的5V口“V”、负极引脚接Arduino的GND，液化气检测模块D0接Arduino的数字I/O口D13；发声模块接“IN”引脚接Arduino的数字I/O口D11，“VCC”接Arduino的电源正“V”，“GND”接Arduino的电源地“G”；小风扇红线接Arduino的数字I/O口D12，黑线接Arduino电源地“G”。

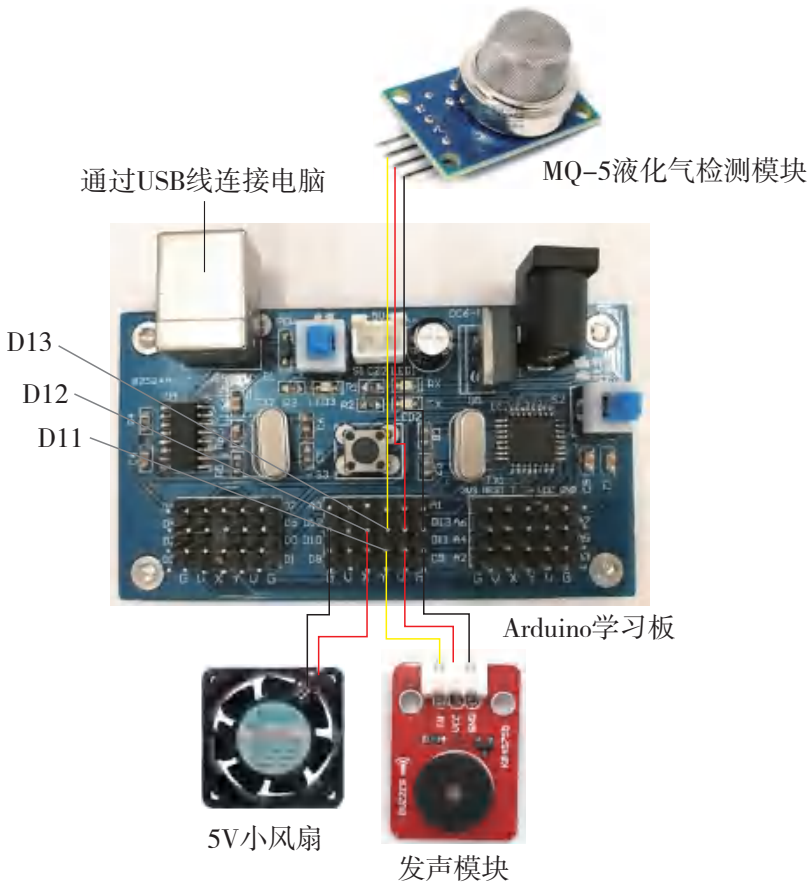


图2-82　数字控制应用实验液化气检测模块接口示意

电路原理如图2-83所示。

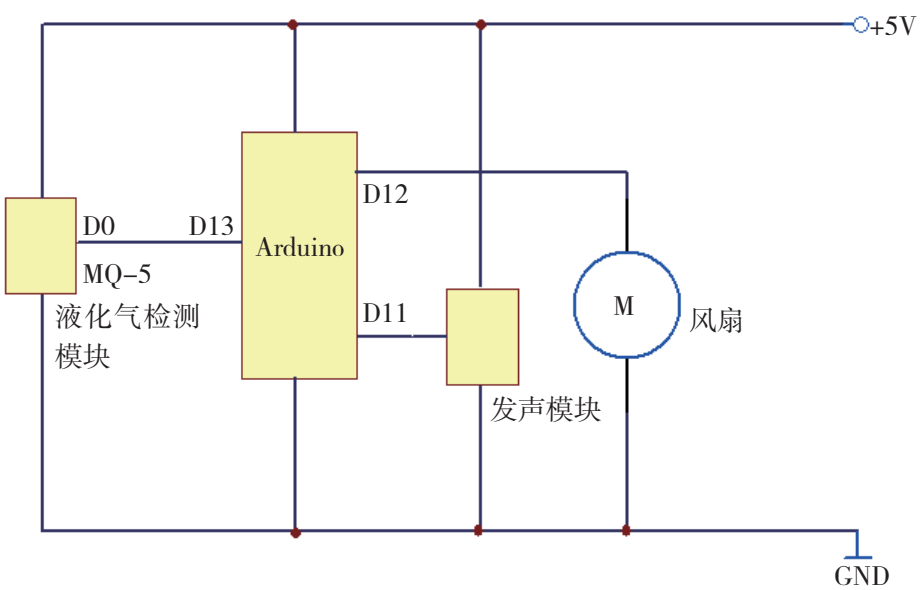


图2-83　数字控制应用试验电路原理

Arduino编程如图2-84所示。试验：按下打火机，吹灭火焰，靠近液化气检测模块，可以听到发声模块发出“嘀嘀”的声音，并且小风扇转动，排走可燃性气体。关闭打火

图2-84　数字控制应用试验图形化编程

机气源，报警随之消失，小风扇停止转动。需要提示的是：传感器通电后，需要预热20s左右，测量的数据才稳定，所以应该在通电20s后再实验。传感器发热属于正常现象，因为内部有电热丝，如果烫手就不正常了。

（3）模拟控制应用实验：利用MQ-5液化气检测模块的A0数字输出接口，设计实验电路，连接方法如2-85所示。

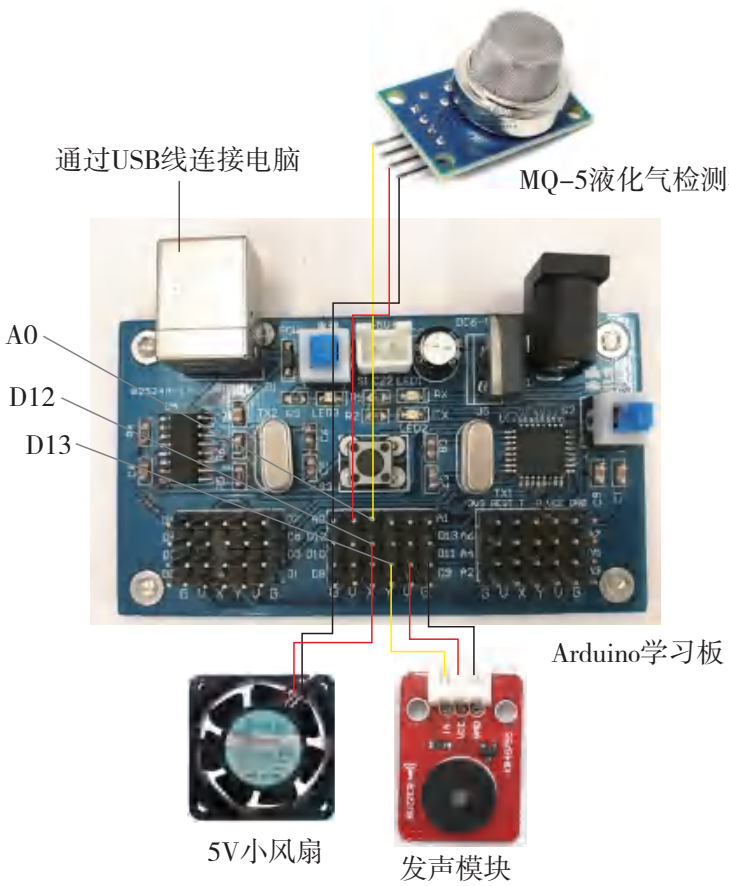


图2-85　模拟控制应用实验液化气检测模块接口示意

液化气检测模块5V正极引脚接Arduino的5V口“V”、负极引脚接Arduino的GND，液化气检测模块A0接Arduino的模拟I/O口A0；发声模块接“IN”引脚接Arduino的数字I/O口D11，“VCC”接Arduino的电源正“V”，“GND”接Arduino的电源地“G”；小风扇红线接Arduino的数字I/O口D12，黑线接Arduino电源地“G”。

电路原理如图2-86所示。

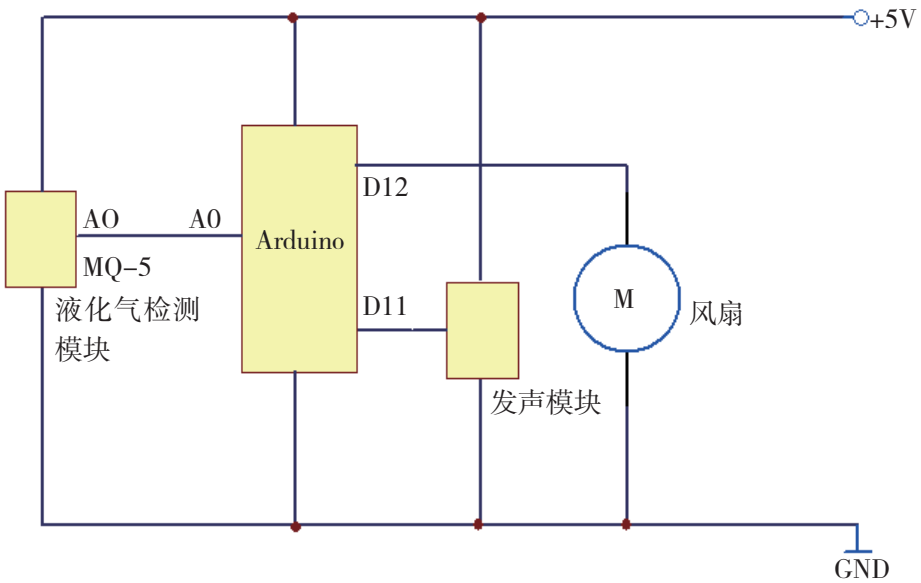


图2-86　模拟控制应用实验电路原理

Arduino编程，如图2-87所示。

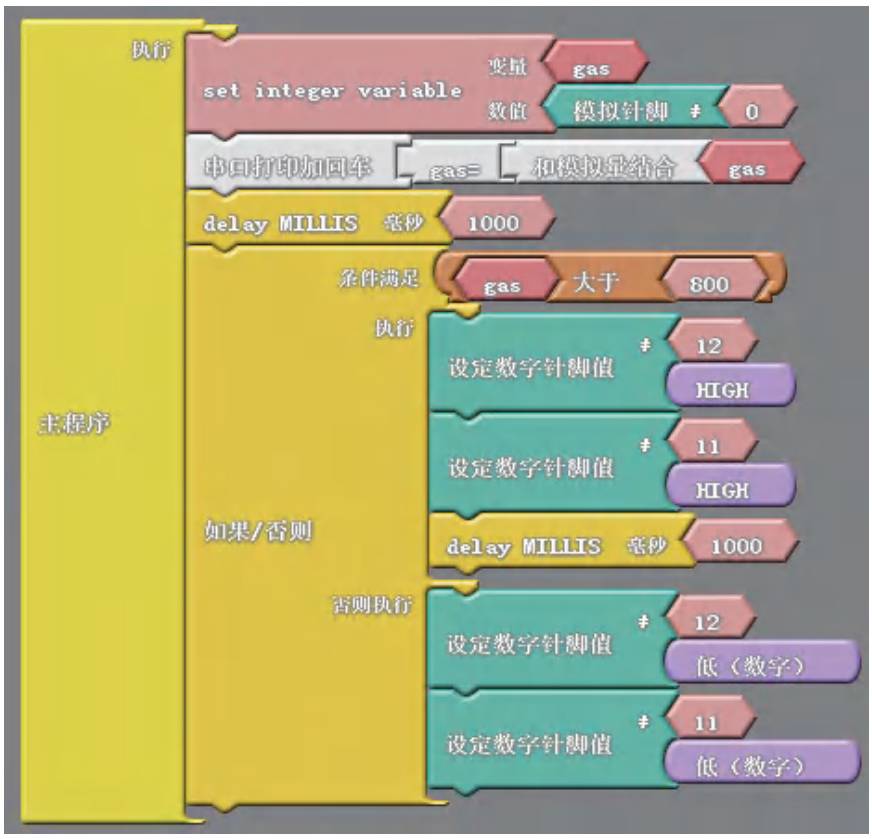


图2-87　模拟控制应用实验图形化编程

试验：打开串口监视器，按下打火机，吹灭火焰，靠近液化气检测模块，可以看到数据在变化（图2-88）。根据数据情况，设定一个临界值，在程序里修改这个临界值（图2-84设置的临界值为800），当气体浓度大于临界值时，可以听到发声模块发出“嘀嘀”

的声音，并且小风扇转动。关闭打火机气源，报警随之消失，小风扇停止转动。同样也应该在通电20s后再实验。

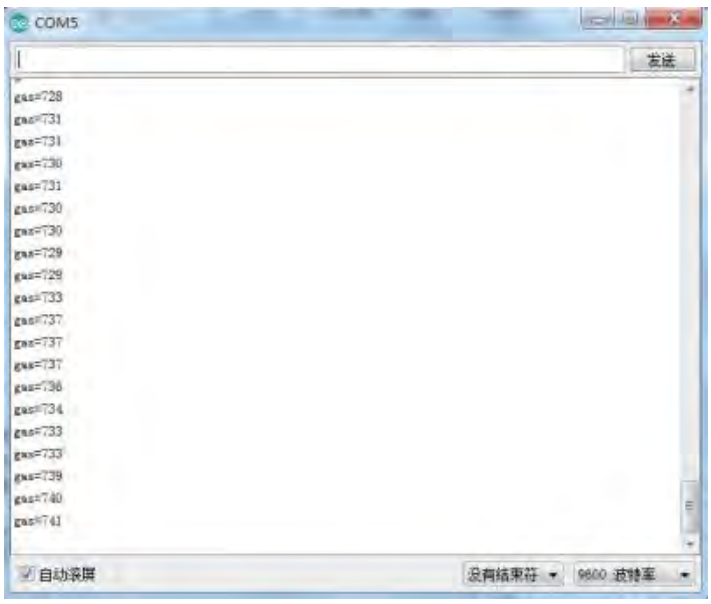
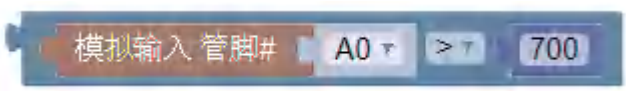


图2-88　采集传感器的数据

思考

（1）结合物理中的电路知识进行思考，为什么电子控制系统的编程中往往会设计一个元器件的初始化设置模块？

（2）利用数学知识，分析以下逻辑运算的含义。体会MQ-5液化气检测模块开始工作后，什么情况下逻辑条件将得到满足。



探究

（1）进一步分析采样实验数据，讨论以样本平均值作为检测阈值是否最好？基于数学统计知识，还有哪些特征数估计方法可以用来确定检测阈值？

（2）Arduino应用系统中，如何采集模拟输入物理量？又是如何采集数字输入数据？

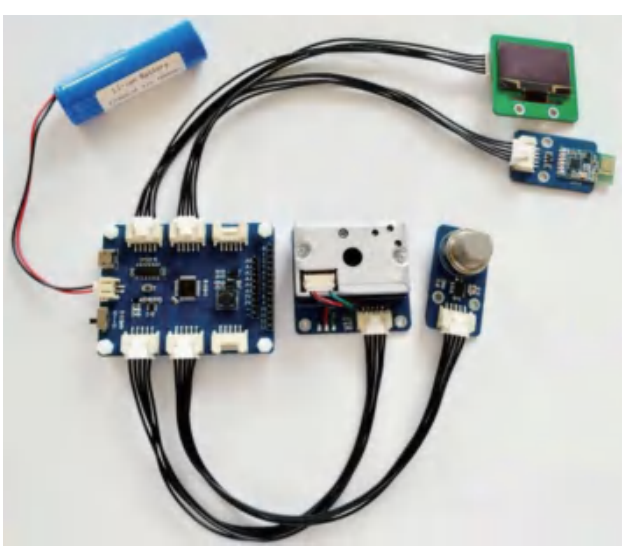
习　　题

（1）矿山工程项目实践活动中哪些环节经历了科技人文融合创新的哪些过程？填写下表：

科技人文融合创新元素	项 目 环 节
科学	可燃性气体对传感器里的特殊材料的影响，引起材料导电率的变化
技术	
工程	
人文	
艺术	
数学	
社会	

（2）有的人在停车的情况下开着空调在车内睡觉，结果因为一氧化碳中毒身亡，你有什么办法解决这个问题？给出你的方案。

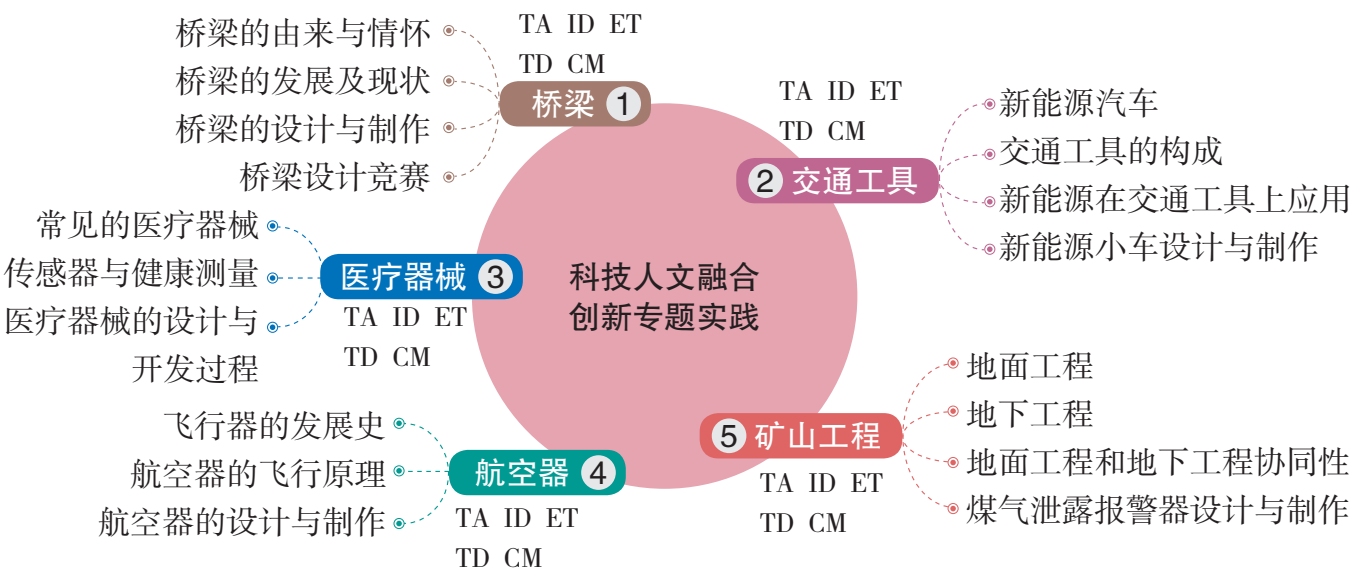
（3）通过上网、阅读、查找资料等方式，了解还有哪些气体检测传感器？购买一些传感器，将其拆解，看看内部的结构，了解它的工作原理。



（4）右图是实际推广应用的Arduino空气综合监控系统，它使用了高灵敏度的可燃气检测传感器和空气质量传感器，利用液晶显示器实时显示空气质量状况，利用无线网络报告预警信息。讨论这样的设计是否适合井巷、硐室等矿山生产环境的使用？

本章回顾与评价

一、学习内容梳理



说明：TA——技术意识，ID——创新设计，ET——工程思维，TD——图样表达，CM——物化能力

二、学习评价

评价内容	评价方式		
	自评	互评	师评
能够从社会生活中发现实际问题，运用科技人文融合创新的方法提出解决问题的方案			
对结构设计、电子控制、编程等技术方法的掌握程度			
设计、制作模型或应用原型的工程实施能力			
能够综合运用科学、技术、工程、人文、艺术、数学、社会等知识进行项目实践			
具有团队意识，愿意与人合作			
说明：A——优秀，B——良好，C——合格，D——待改进			

通过本章的科技人文融合创新项目实践，你的系统设计、技术运用、工程实施能力得到了哪些发展？

绿色印刷产品

批准文号：粤发改价格〔2017〕434号　举报电话：12315

ISBN 978-7-5548-4131-0

定价：7.36元

YOUJ
365优教
大学生共享家教联盟

致力于用榜样的力量提升学生成绩的共享家教平台

中国家庭教育学会荣誉会员单位

985/211大学生

1对1上门辅导

找家教就像叫“代驾”一样简单

家长们都在偷偷用的家教预约神器

记得拍照留存哦

扫码关注 预约上门

关注送200元优惠券

小初高全科辅导

学霸云集任您挑

学历真实可担保

与优秀大学生同行，激发孩子无限潜能

微信搜索公众号：365优教网

咨询热线：4000—711—365

YOUJ优教

既是找老师，更是找榜样

家教老师全国招募中