

# 基于核心素养培育的 STEM 教学设计

## ——广外实验中学 STEM 教育实验案例集

闵家顺 ○ 主编

袁 杰 郑 旖等 ○ 编

编 委：袁 杰 郑 旖 刘继良 陆启新 陈敦平 刘结平 黎思德  
邝锦堂 刘 佳 任 颀 王 敏 杨沃明 李慧婷



世界图书出版公司  
广州·上海·西安·北京

# 前言一

广东外语外贸大学实验中学（原广州市第二外国语学校）（以下简称广外实验中学）是一所“年轻”的老学校，是白云区与广东外语外贸大学合作重点打造的区属公办完全中学。学校历史可追溯到1956年，1968年更名为广州市第七十七中学；2003年更名为广州市培英中学太和校区；2013年5月，在原址成立广州市第二外国语学校；2019年5月，正式更名为广东外语外贸大学实验中学。近年来，学校曾被评为广州市特色学校（高中阶段、义务教育阶段）等十多种荣誉称号，2018年5月，学校通过了广州市示范性普通高中的认定，同年学校还被区教育局评为“四模一电”科技特色学校。

学校自创办以来，坚持打造鲜明的外语特色，以信雅达特色课程和“一主两辅”课程体系为抓手，以立德树人为教育的根本任务，形成了具有学校品牌特征的信雅达教育。广外实验中学在外语特色建设、课程建设、课堂教学改革、科技活动、智慧校园建设、德育主题活动等方面形成了自己的特色，并在白云区，乃至广州市起到了明显的示范和引领作用。

学校的根本任务是实施课程，除国家课程和地方课程之外，还开设了多门校本课程，构成了独有的“一主两辅”课程体系。“一主”指的是国家课程和地方课程；“两辅”指两类校本课程体系，即外语特色课程和科技活动课程。外语特色课程现开设有国际学科课程、西餐文化活动课程、“一带一路”专题课程、外语歌唱大赛、外语主持人大赛、西方文化节、模拟联合社团等。科技活动课程现开设有航天航空模型课程、建筑模型课程、无线电测向课程、机器人课程、创客课程等。

“一主两辅”课程体系，让我们明确了学校的发展方向，即除发挥学校的外语优势之外，还要大力培养科技创新人才。

学校最早的科技活动社团是机器人社团，组建于2015年，那时候规模小，取得的成绩也非常有限。2016年9月，在学校的大力推动下，在青年科学技术协会领导的帮助下，学校先后成立了无线电测向社团、航模社团、建模社团。2016年底开始参加省市各项科技比赛，在短短的三年时间内，取得了全国一等奖13项、全国二等奖12项、全国三等奖22项，省一等奖23项、省二等奖15项、省三等奖26项，市、区级一、二、三等奖若干项。



学校科技创新活动的开展，为我校开展 STEM 教育项目奠定了基础。本书是我们实施 STEM 教育过程中的一种思考。经过近一年的摸索，我校逐渐形成撰写 STEM 教材编写及教学案例编写的模式，STEM 教材编写模式为学习目标、材料及工具、问题提出、科学原理、制作或设计、设备调整或活动调整、修正后的设备或活动、活动评价、活动总结九个部分。这些模式充分体现了 STEM 教育的科学性、技术性、跨学科性、融合性等特点，是科技创新的必要元素。

我校实施 STEM 教学主要有以下几种形式：

### 1. 课堂教学

充分利用综合实践课、通用技术课、自然科学相关学科（数学、物理、化学、生物等）开展 STEM 教学，课堂讲解科学知识、集中解决技术问题，课后由学生合作（或独立）完成项目的成品，即利用课内与课外相结合的形式来实施 STEM 教育。

在物理教学中实施 STEM 教育，如制作反应时间尺、过山车模型等。在生物课堂中实施 STEM 教育，如观鸟活动、植物识别活动等。

### 2. 利用社团开展 STEM 教育

目前学校开设了相关的科技活动社团，即创意机器人社团、无人机社团、无线电测向社团、航空模型社团、航海模型社团、车辆模型社团、建筑模型社团。借助这些社团开展 STEM 教育，如机器人社团是利用每周一节课的学习时间来进行的，在学习初期，利用中午学生的休息时间进行科学知识的讲授，学生也可以在这个时间完成设计工作。

### 3. 利用校本课程组织开展 STEM 教育

我校的校本课程，每周一节课，由学生自由报读，计入学分。部分 STEM 教育以校本课程的形式开展。

我校还积极探索 STEM 教育的评价指标，撰写了如下的评价指标：

#### 1. 参与活动积极性的评价

项目的开展，有赖于学生的参与；项目开展得是否顺利，取决于学生参与活动的积极性与主动性高或低。因此，这方面的评价是活动的一个起始评价，对后续活动的开展有着至关重要的作用。

#### 2. 项目或活动的知识性评价

本部分的评价重在衡量学生对学科知识的接受情况，将所学知识与生活实际相联系的能力。

#### 3. 提出问题能力的评价

提出问题的能力是新课程标准对学生的要求，学生能否提出问题、提出问题的品质好坏都能反映学生的学习能力高低。

#### 4. 工程设计能力的评价

STEM 教育有别于科技活动的一个关键因素即为培养了学生的工程设计能力。它体现在对产品或活动过程的一个设计上。

#### 5. 解决问题的能力的评价

解决问题的能力评析分为三个部分：面对问题的态度（正向态度、了解问题）、处理问题的方式（执行实现、评估结果）、问题解决的品质（批判创造）。

#### 6. 应用数学解决问题的能力评价

在开展 STEM 教育活动中，学生利用数学知识解决问题的能力也是评价考核的一个关键点。

#### 7. 跨学科综合能力的评价

对一个作品或一个活动整体完成情况的考核，如果在各个方面表现得突出，那么可以赋予较好的评价。

对以上因素均可有一个赋分的机制。

实施 STEM 教育，激发了学生进行科学探究的积极性，开阔了教师的视野，主要表现在：

##### 1. 一部分同学的科技才能充分得到了发挥

我校智能机器人开发小组开发了智能取纸机、智能果蔬打包机、智能沏茶机等，从设计、制作到调试，充分显示了中学生可挖掘的潜力。

##### 2. 开发了同学们的科学思维

我校生物科开展了植物识别活动及观鸟活动，通过活动发展了学生的科学思维。

我校的物理科开展了反应时间尺制作、过山车模型制作等活动，将科学知识与社会实践相结合，激发了他们参与社会的情感。

##### 3. 学校老师有了跨学科的综合思维

通过开展 STEM 教育，老师们会重新审视自己原来的学科教学，当经历了跨学科的教学后，便会用跨学科综合思维来考虑问题，会在教学过程中自觉或不自觉地把自的学科和其他学科建立起联系。因此，STEM 教育下的教学环节同样会促进老师的学科教学。

综上所述，我校通过开展 STEM 教育取得了一定的成绩，我们将再接再厉，进一步打造 STEM 教育特色，开发更多的 STEM 教育案例，发展学生的科学思维。

闵家顺  
2020 年 1 月

## 前言二

今天的世界正处于新一轮科技与产业革命的重要时期，科技创新引领着社会的发展与变革，全社会对科技创新人才的需求与日俱增，如何培养创新型人才成为未来教育改革的重要议题。在这一大背景下，提倡多学科融合、注重创新精神和实践能力培养的STEM教育正在引发社会关注和获得社会认同。STEM教育融合了科学（science）、技术（technology）、工程（engineering）和数学（mathematics）四门学科的基础知识和思维方法，通过跨学科融合，改变了课程结构过于强调学科本位、科目过多、缺乏整合的现状，设置综合课程，适应学生个性化发展的需求，体现课程结构的均衡性、综合性和选择性，加强课程内容与学生生活，以及现代社会和科技发展的联系，关注学生的学习兴趣和经验，激发学生学习的动机与兴趣，促进学生多元智力的发展。

学校在开展STEM教育实践中，迫切需要的是STEM教育案例。目前国内已出版的STEM教育案例大多数都是针对小学阶段，针对中学阶段的STEM教育案例还比较少。本书是STEM教育研究团队在一年多STEM教育实验过程中，从生活视野和设计思维出发，通过创设学科融合的问题解决场景，引导学生创造性地开展有深度的“做中学”活动，探索、归纳出STEM教育案例的模式，即①学习目标；②材料及工具；③问题提出；④科学原理；⑤制作或设计；⑥设备调整或活动调整；⑦修正后的设备或活动；⑧活动评价；⑨活动总结。这充分体现了STEM教育的科学性、技术性、跨学科性和融合性特点，符合STEM教育过程中教与学的规律。

本书收录了24个既有趣又吸引人的各种各样主题的STEM教育案例，涉及物理、生物、数学、科学和工程等知识。当学生亲自动手制作出智能沏茶机器人、智能取纸机、语音识别机器人、蛙形抓捕机器人、迷你遥控喷水消防车、智能创药煲、智能报警器、游艇水上足球赛、橡筋动力直升机、无动力纸飞机、无线电测向机、大气压实验仪器等后，他们便享受到探索与发现客观世界的快乐。这个过程中所体现出的科学知识也就变得更为显而易见，从中学到并掌握的知识也最为牢固。当学生最终找出解决问题的方法或有新的发现时，我们能够看到洋溢在他们脸上的兴奋、喜悦之情。这是一个崇尚科技创新的时代。

本书得到了广东省基础教育信息化融合创新示范培育推广项目“STEM理念下的创造式学习”（项目号：123，粤教基函〔2018〕167号）的支持。

梁斌

2020年1月20日

# 目 录

## 教材篇

迷你遥控喷水消防机器人——Arduino学习篇 / 郑 旖	3
简易搬运机器人——Arduino学习篇 / 郑 旖	9
“蛤蛤”蛙形抓捕机器人——Arduino学习篇 / 郑 旖	14
创药煲——Arduino学习篇 / 郑 旖	18
沏茶机器人——Arduino学习篇 / 郑 旖	23
我的学习小伙伴“bear”——语音识别篇 / 郑 旖	28
智能取纸机——人脸识别篇 / 郑 旖	32
智能蔬果称重计价打包机——物体识别篇(一) / 郑 旖	36
道路清洁分类机器人——物体识别篇(二) / 郑 旖	40
发射卫星积木机器人的拼搭与调试 / 王 敏	44
智能家居的设计与制作——以会报警的建筑模型为例 / 刘 佳	54
无动力纸飞机的制作与飞行 / 袁 杰	62
纸质弹射滑翔机的制作与飞行 / 袁 杰	67
“天鸥”橡筋动力直升机的制作与飞行 / 刘结平	71
载重纸飞机的制作与飞行 / 邝锦堂	76
四轴飞行器的安装与飞行 / 陆启新	81
手势控制四轴飞行器的制作与飞行 / 任 娟	85
新“自由”号遥控游艇的制作与航行 / 黎思德	91
大气压强实验教具创新设计 / 陆启新	98
无线电测向机的原理与训练 / 陈敦平	102
无线电测向机的制作与调试 / 陈敦平	109
校园鸟类的观察 / 杨沃明	115
植物识别 / 李慧婷	120
反应时间尺的制作 / 袁 杰	127



## 案例篇

迷你遥控喷水消防机器人——Arduino学习篇教学案例 / 郑 旖 .....	132
简易搬运机器人——Arduino学习篇教学案例 / 郑 旖 .....	135
“蛤蛤”蛙形抓捕机器人——Arduino学习篇教学案例 / 郑 旖 .....	138
创药煲——Arduino学习篇教学案例 / 郑 旖 .....	141
沏茶机器人——Arduino学习篇教学案例 / 郑 旖 .....	144
我的学习小伙伴“bear”——语音识别篇教学案例 / 郑 旖 .....	147
智能取纸机——人脸识别篇教学案例 / 郑 旖 .....	150
智能蔬果称重计价打包机——物体识别篇（一）教学案例 / 郑 旖 .....	153
道路清洁分类机器人——物体识别篇（二）教学案例 / 郑 旖 .....	156
发射卫星积木机器人的拼搭与调试教学案例 / 王 敏 .....	159
智能家居的设计与制作教学案例	
——以会报警的建筑模型为例 / 刘 佳 .....	165
无动力纸飞机的制作与飞行教学案例 / 袁 杰 .....	171
纸质弹射滑翔机的制作与飞行教学案例 / 袁 杰 .....	175
“天鸥”橡筋动力直升机的制作与飞行教学案例 / 刘结平 .....	179
载重纸飞机的制作与飞行教学案例 / 邝锦堂 .....	184
四轴飞行器的安装与飞行教学案例 / 陆启新 .....	192
手势控制四轴飞行器的制作与飞行教学案例 / 任 娟 .....	203
新“自由”号遥控游艇水上足球赛教学案例 / 黎思德 .....	207
大气压强实验教具创新设计教学案例 / 陆启新 .....	213
无线电测向训练教学案例 / 陈敦平 .....	217
无线电测向机的制作与调试教学案例 / 陈敦平 .....	222
校园鸟类观察计划的制订教学案例 / 杨沃明 .....	227
植物标本的采集与制作教学案例 / 李慧婷 .....	232
反应时间尺制作教学案例 / 袁 杰 .....	239
后 记 .....	242

---

# 教 材 篇

---



# 迷你遥控喷水消防机器人

## ——Arduino 学习篇

郑 旖

### 一、学习目标

- (1) 认识 Arduino UNO 开发板的结构；
- (2) 学习使用 Arduino IDE 编写程序；
- (3) 学习使用 L298N 电机驱动模块，驱动直流减速电机运动；
- (4) 学习使用通过蓝牙模块，让 Arduino 开发板接收手机蓝牙 spp 串口通信工具发送的信号；
- (5) 学习组装及调试机器人。

### 二、材料及工具

Arduino UNO 开发板、塑料饭盒、塑料纸巾盒、蓝牙模块、L298N 电机驱动模块、低压水泵、直流减速电机、发光二极管、车轮、万向轮、电源、杜邦线、3D 打印机专用的 PLA 材料等。

### 三、问题提出

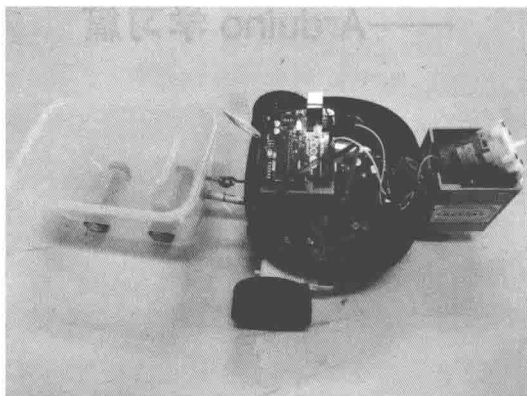
在生活中，我们经常会看到发生火灾时因环境恶劣，消防员不幸牺牲的新闻。在本次项目中，我们的想法是设计一台迷你遥控喷水消防机器人代替在恶劣环境工作的消防员。

### 四、工作原理

我们制作的机器人如图所示，使用 Arduino UNO 开发板作为主控板，通过 Arduino IDE 编写程序，让 Arduino 开发板接收手机蓝牙 spp 串口通信工具发送的信号实现控制机器人运动、喷水及照明的功能；通过蓝牙模块让 Arduino 接收手机蓝牙 spp 串口通信



工具发送的信号；通过 L298N 电机驱动模块让 Arduino 控制车轮及低压水泵的启动及关闭；通过手机蓝牙 spp 串口通信工具，我们可以遥控机器人前进后退左右转动，还能遥控机器人照明及喷水。



## 五、运行程序示例

```
char getstr;
int pin1=5;
int pin2=6;
int pin3=9;
int pin4=10;
int led1=2;
int led2=4;
int in1=8;
int in2=12;
void Lblink()
{
  digitalWrite(led1,HIGH);
}
void Rblink()
{
  digitalWrite(led2,HIGH);
}
void Lclose()
{
  digitalWrite(led1,LOW);
}
void Rclose()
{
  digitalWrite(led2,LOW);
}
void Water()
{
  digitalWrite(in1,HIGH);
  digitalWrite(in2,LOW);
}
void Dry()
{
  digitalWrite(in1,LOW);
  digitalWrite(in2,LOW);
}
void Forward()
```

```
{
    digitalWrite(pin1,HIGH);
    digitalWrite(pin2,LOW);
    digitalWrite(pin3,HIGH);
    digitalWrite(pin4,LOW);
}
void Right()
{
    digitalWrite(pin1,LOW);
    digitalWrite(pin2,HIGH);
    digitalWrite(pin3,HIGH);
    digitalWrite(pin4,LOW);
}
void Left()
{
    digitalWrite(pin1,HIGH);
    digitalWrite(pin2,LOW);
    digitalWrite(pin3,LOW);
    digitalWrite(pin4,HIGH);
}
void Back()
{
    digitalWrite(pin1,LOW);
    digitalWrite(pin2,HIGH);
    digitalWrite(pin3,LOW);
    digitalWrite(pin4,HIGH);
}
void Stop()
{
    digitalWrite(pin1,LOW);
    digitalWrite(pin2,LOW);
    digitalWrite(pin3,LOW);
```

```
    digitalWrite(pin4,LOW);
}
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(pin1,OUTPUT);
    pinMode(pin2,OUTPUT);
    pinMode(pin3,OUTPUT);
    pinMode(pin4,OUTPUT);
    pinMode(led1,OUTPUT);
    pinMode(led2,OUTPUT);
    pinMode(in1,OUTPUT);
    pinMode(in2,OUTPUT);
    digitalWrite(pin1,LOW);
    digitalWrite(pin2,LOW);
    digitalWrite(pin3,LOW);
    digitalWrite(pin4,LOW);
    digitalWrite(in1,LOW);
    digitalWrite(in2,LOW);
}
void loop()
{
    getstr=Serial.read();
    if(getstr=='f')
    {
        Serial.println("Forward!");
        Forward();
    }
    else if(getstr=='b')
    {
        Serial.println("Back!");
        Back();
```



```
}  
else if(getstr=='l')  
{  
    Serial.println("Left!");  
    Left();  
}  
else if(getstr=='r')  
{  
    Serial.println("Right!");  
    Right();  
}  
else if(getstr=='s')  
{  
    Serial.println("Stop!");  
    Stop();  
}  
else if(getstr=='o')  
{  
    Serial.println("Lblink!");  
    Lblink();  
}  
else if(getstr=='k')  
{  
    Serial.println("Rblink!");  
    Rblink();  
}  
else if(getstr=='c')  
{  
    Serial.println("Lclose!");  
    Lclose();  
}  
else if(getstr=='e')  
{  
    Serial.println("Rclose!");  
    Rclose();  
}  
else if(getstr=='w')  
{  
    Serial.println("Water!");  
    Water();  
}  
else if(getstr=='d')  
{  
    Serial.println("Dry!");  
    Dry();  
}  
}
```

## 六、机器人的制作

### 1. 功能设计

鼓励学生通过上网搜索确定制作的机器人需要具备的功能，及查找需要用到的传感器等。

### 2. 结构设计

根据功能及要用到的传感器的大小，通过草图形式绘制机器人的整体结构，再通过 SolidWorks 3D 建模软件（已学习基础操作的前提）设计要用到的内部零部件。

### 3. 零部件及外壳组装

辅导学生学习使用电动螺丝刀、手电钻等工具，并辅导学生将零部件及外壳进行组装。

### 4. 程序编写

辅导学生学习使用 Arduino IDE 编写程序，实现通过 L298N 电机驱动模块驱动直流减速电机运动；实现 Arduino 开发板接收手机蓝牙 spp 串口通信工具发送的信号；学会使用 Arduino IDE 的串口监视器查看蓝牙模块接收到的手机发送的信号。

### 5. 调试及修改

鼓励学生自主调试机器人，并做好调试记录，对出现的问题进行分析及思考，通过小组讨论及网络搜索等方式，寻找解决方案。在寻找解决方案的过程中，教师给予学生必要的纠正及帮助。

### 6. 演示成果

学生演示制作的迷你遥控喷水消防机器人，并介绍机器人的工作原理、需要改进的地方及未来前景等。

## 七、活动评价

### 1. 创新点评价

评分标准：

创新点高（市场上没有）：3分；创新点较高（市场上有，比市场上的产品在功能或结构上有较大的改进）：2分；创新点低（市场上有，比市场上的产品在功能或结构上只做了一点的修改）：1分；没有创新点（跟市场上现有的产品功能一致，结构相似度高）：0分

评价人：\_\_\_\_\_ 分数：\_\_\_\_\_

### 2. 制作完成度评价

评价次数	评价人	结构完成情况	功能完成情况	备注



## 八、活动总结

(1) 通过学习, 学生们了解了 Arduino UNO 开发板的结构, 掌握了使用 Arduino IDE 编写程序实现通过 L298N 电机驱动模块驱动直流减速电机运动, 掌握了通过蓝牙模块让 Arduino 开发板接收手机蓝牙 spp 串口通信工具发送的信号。

(2) 通过活动, 学生们体验了亲自设计、组装及调试机器人, 学会了自主寻找解决问题的方法。

# 简易搬运机器人

## ——Arduino 学习篇

郑 旖

### 一、学习目标

- (1) 认识 Arduino Nano 开发板的结构；
- (2) 学习使用 Arduino IDE 编写程序；
- (3) 学习使用红外传感器实现巡线功能；
- (4) 学习使用压力传感器称量物体的重量；
- (5) 学习组装及调试机器人。

### 二、材料及工具

Arduino Nano 开发板、红外传感器、HX711 压力传感器、L298N 电机驱动模块、减速电机、车轮、万向轮、电池盒、塑料盖、黑色胶带、发光二极管、杜邦线、3D 打印机专用的 PLA 材料等。

### 三、问题提出

随着科技的发展，人们生活水平的不断提高，机器人在这里扮演着重要的角色。在本次项目中，我们的想法是设计一台可以搬运物品到指定位置的机器人——为医院分发药品、为工厂运输材料等，以弥补人手不足的缺点。

### 四、工作原理

我们制作的机器人如图 1 所示，使用 Arduino Nano 开发板作为主控板，通过 Arduino IDE 编写程序，让小车实现自动搬运物品到指定位置的功能；利用红外传感器通过检测黑色胶带和地板颜色产生的高低电位信号来实现巡线功能。为了让小车实现物品

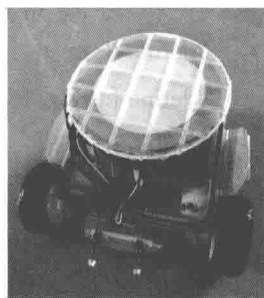


图 1

达到一定重量后能自动启动的功能，我们通过 HX711 压力传感器来实现。为了让小车能搬运物品到指定位置，我们设计了如图 2 所示的巡线模式。例如当病房需要药品或物品的时候，只需电话通知药房或储物室的医务人员，医务人员确定好每间病房的送货时间，病房里的人只需在送货时间将病房门口前的巡线板翻转，换成转入病房的线路，便可以让机器人自动把药品或物品送进病房。

我们制作的简易搬运机器人，操作方便，送货效率高，可以弥补人手不足的缺点。

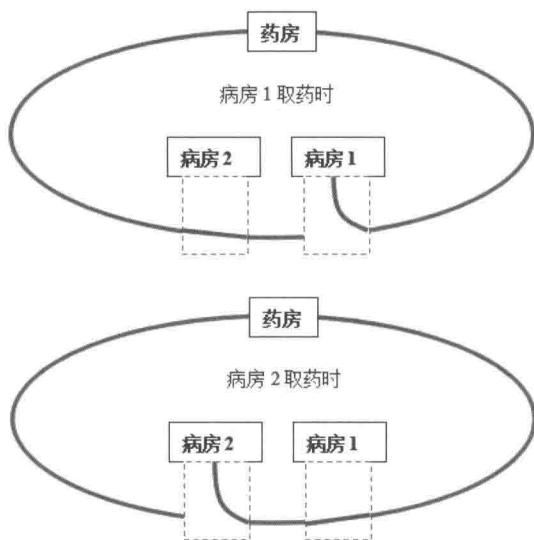


图 2

## 五、运行程序示例

```
// Hx711. DOUT - pin #A2
// Hx711. SCK - pin #A3
#include <Hx711. h>
Hx711 scale(A2, A3);
#define Lgray 3
#define Rgray 4
#define Lled 5
#define Rled 6
#define Ldirection 7
#define Rdirection 8
#define Lspeed 9
```

```
#define Rspeed 10
void moveForward()
{
    digitalWrite(Rdirection,0);
    digitalWrite(Ldirection,0);
    analogWrite(Rspeed,100);
    analogWrite(Lspeed,100);
}
void Stop()
{
    digitalWrite(Rdirection,0);
```