安徽省百所高校百万大学生科普

创

意

创

新

大

赛

申

报

书

作品名称：（ 全方位球类发射训练平台的全自动机器人）

参赛大分类：（实体科普作品）

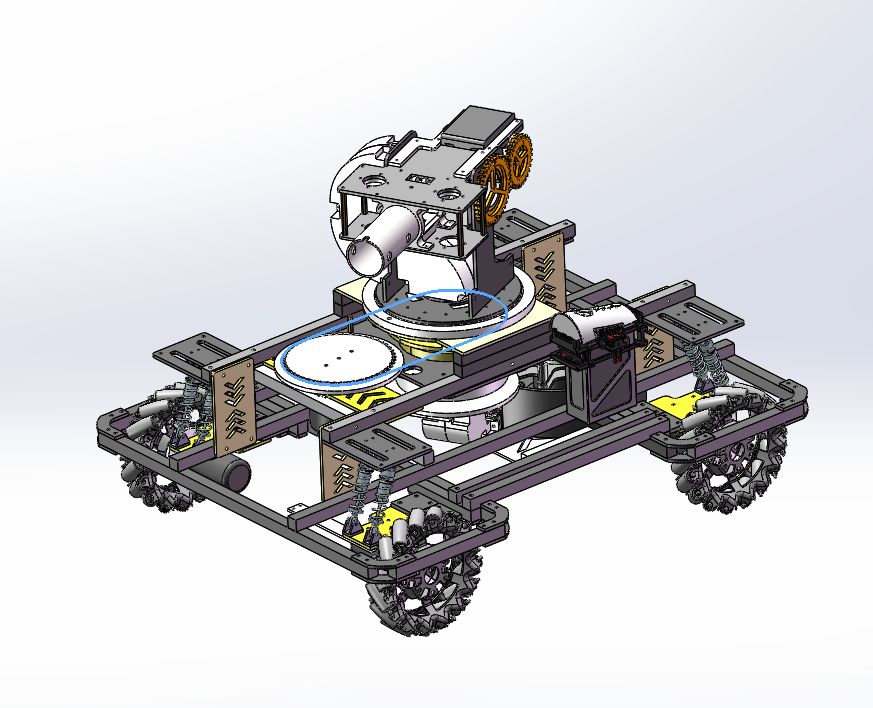
参赛子分类：（科普展教品）

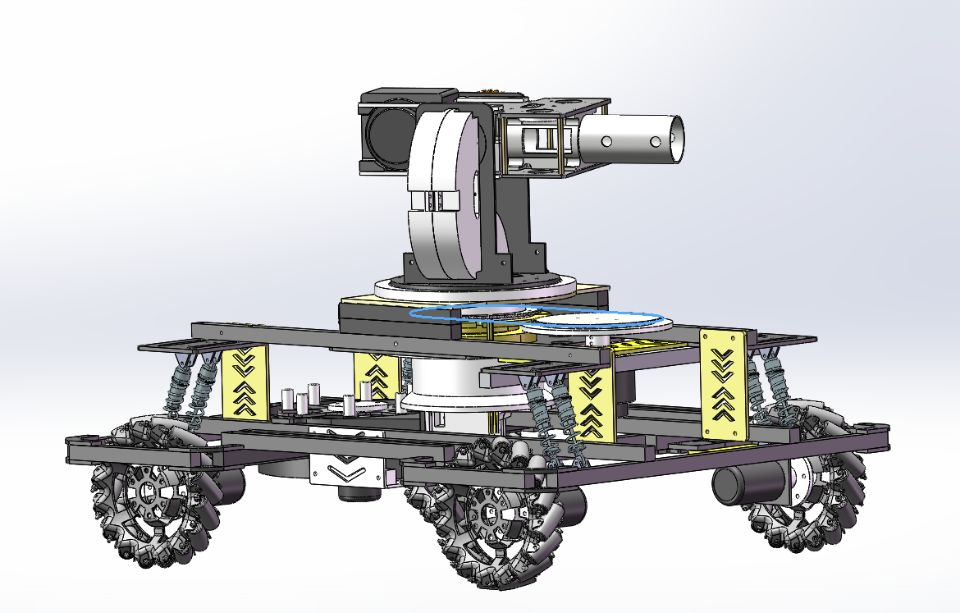
1. 作品简介

本作品当今社会，人们越来越注重对生活质量的提高，将自身的经济基础大多数投入到享受生活的环境之中，来提升自身的精神文化水平。因此运动也逐渐成为人们的首选之一，除篮球足球以外的球类运动参与度日益增大的情况下，乒乓球、羽毛球以及高尔夫球等球类运动具有参与度广，场地要求小等特点，越来越受到普通市民的喜爱，由于参与度较高，故人员运动水平存在参差不齐的现象，无法通过简单的人与人对抗有效的提高自身水平，而目前市场上的发射机大多采用定点发射或者半自动发射，自动化程度较低。而本项目的全方位球类发射的全自动机器人具有成本低，稳定性好，可控性强，适用范围广，可长时间工作等特点，因此可以用于运动员的日常训练，球馆的入门及提高培训等。全方位球类发射训练平台的全自动机器人具有成本低，稳定性好，可控性强，适用范围广，可长时间工作等特点，因此可以用于运动员的日常训练，球馆的入门及提高培训等。此球类发射训练平台可发射多种球类，如网球、乒乓球、羽毛球、高尔夫球等。具有体积小，可全方位移动，机动性较强，结构简单，易于控制，且适用于多种球类等特点。本设计主要由发射模块、电源模块、运动模块、控制模块等部分组成。发射模块负责将训练用的球发射出去；控制模块以STM32为核心，可按照用户指令，切换不同射速及射频，以及整体平台移动速度；运动模块实现全方位移动；设计最终实现远程控制切换多种训练模式。

1. 作品代表展示图

全方位球类发射训练平台的全自动机器人具有部件：面板和外壳、发射口和目标指示器、控制处理器、拨弹盘、支撑结构和底座、连接件和接口、旋转轴，这些部件的设计考虑了操作的流畅性和精确性，确保用户能够轻松地调整设备以适应不同的训练需求。

图2-1 整体外观图

图2-2 整体外观图

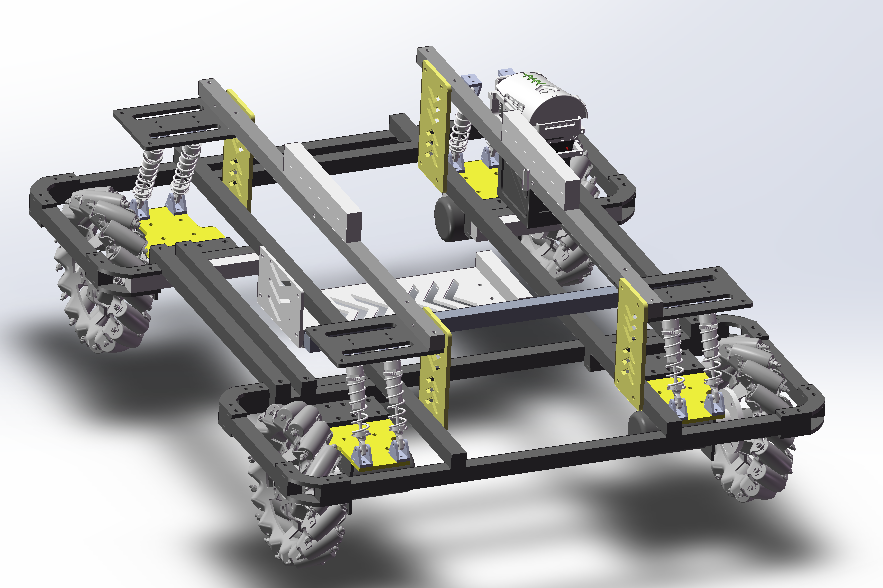


图2-3 底盘结构整体图

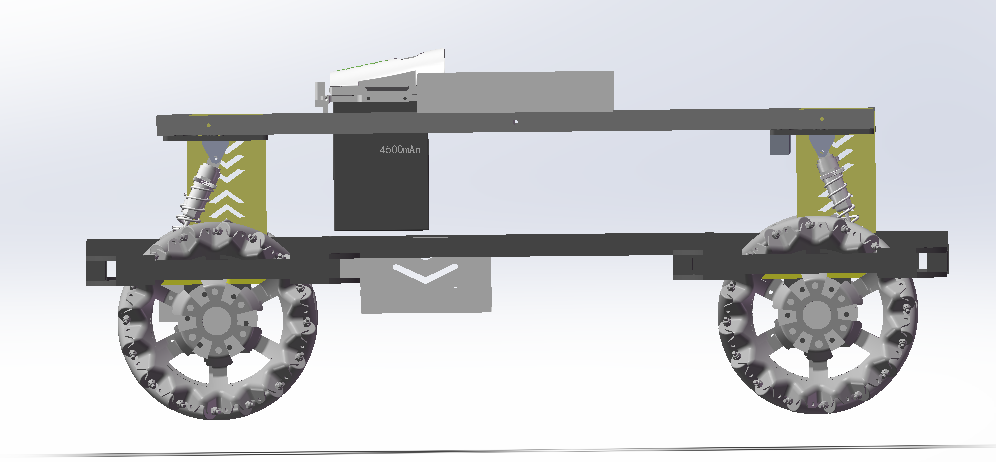


图2-4 底盘结构左视图

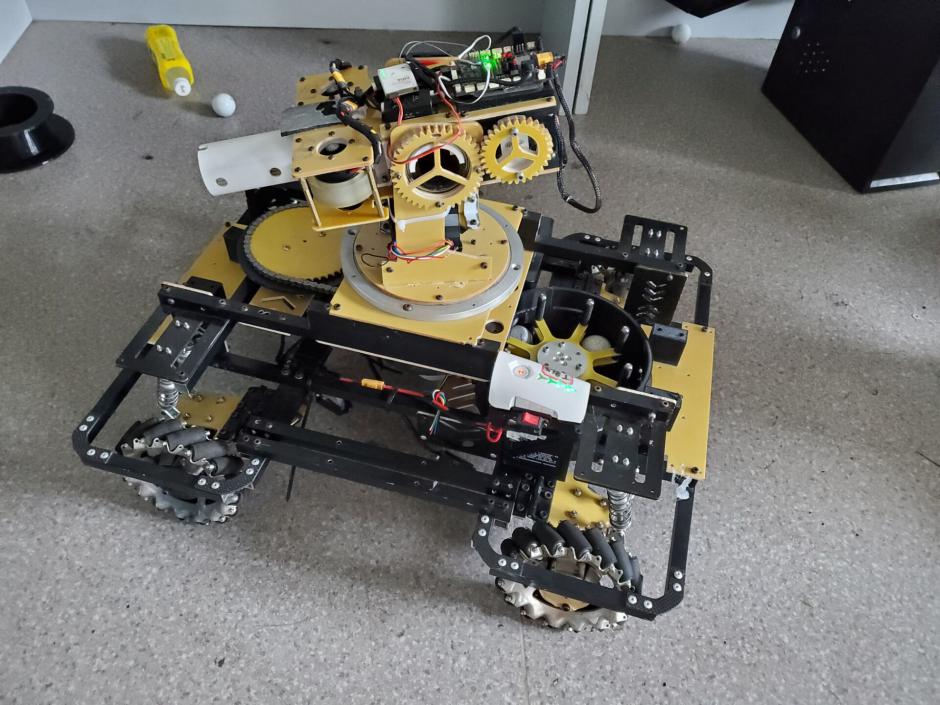


图2-5 实物展示图

1. 选题确定

我的选题是由发射模块、电源模块、运动模块、控制模块等部分组成。发射模块负责将训练用的球发射出去；控制模块以STM32为核心，可按照用户指令，切换不同射速及射频，以及整体平台移动速度；运动模块实现全方位移动；设计最终实现远程控制切换多种训练模式。

1. 科学原理及方法

## 4.1.机械结构设计原理

### 4.1.1底盘

底板结构采用四个独立式悬挂，有效减少车身受到的冲击，并增强四个麦轮的地面附着力，减小运动时车身的震动，并降低整车的重心，以更好地适应各种地面坡度。此外，每侧面两个避震器采用单一加工件相连，旨在使车身结构更加紧凑。

麦克纳姆轮技术赋予全方位运动设备独特的灵活性，实现前行、横移、斜行、旋转及其组合等多种运动方式。因此，通过采用四个麦克纳姆轮的组合，设备能够更灵活、方便地实现全方位移动功能。各机轮的方向和速度合力经过悬挂缓冲，并在支撑杆上消减。同时，支撑杆的方形结构使四个方向的力相互抵消，从而确保平台在最终合力矢量方向上自由移动，而不改变机轮自身的方向，保证运动的平稳性。

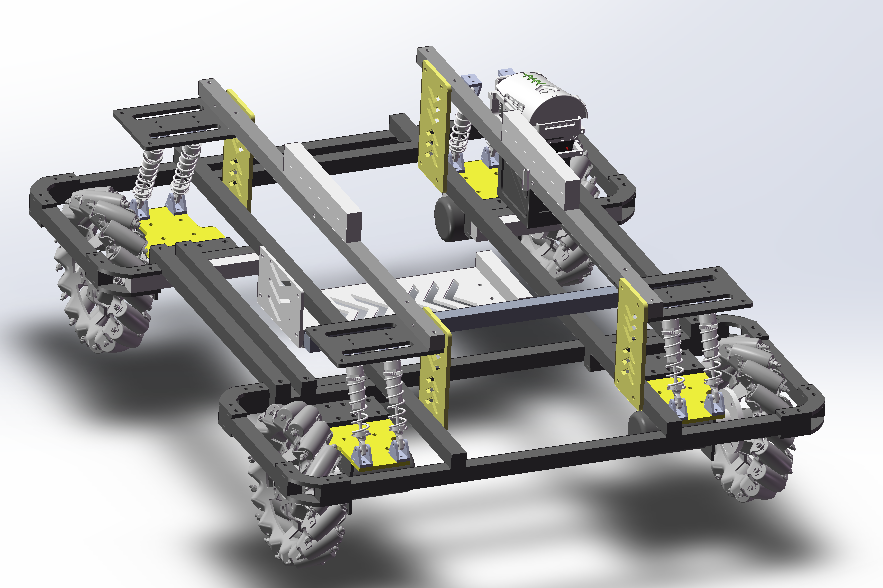


图4-1 底盘结构整体图

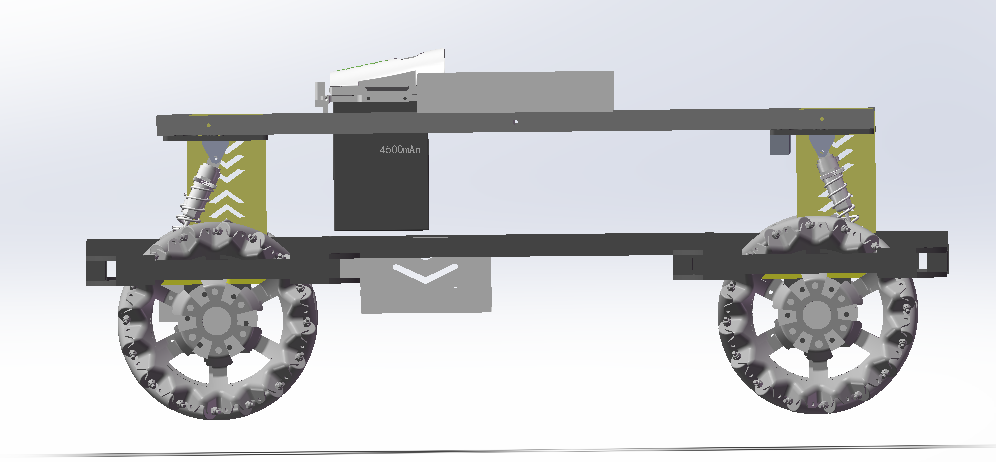


图4-2 底盘结构左视图

图4-2展示了设备核心的底板结构设计，采用了四个独立式悬挂系统，这种设计可以显著减少在运动过程中车身所受到的冲击，同时增强四个麦轮对地面的附着力。这样的悬挂系统不仅能有效降低车身震动，还有助于降低整车的重心，使其能够更好地适应各种复杂的地面坡度条件。

### 4.1.2分弹装置

分弹机构是存储高尔夫球的装置同时也是球类的运输装置。分弹盘通过电机的带动进行转动从而使球体精准的下落并通过管道输送到拨弹管道内。通过程序的调控实现分弹轮和拨弹轮的同时转动，以达到分一个拨一个发射一个的目的。经过后期测试，为了避免球容易掉落的问题，我们加装了一个储球仓并且有开关开合。

拨球轮装置由一个类八角星的3D打印件、8个3D打印件的盖帽、8个m3\*24螺丝、8个m3自锁螺母、16个外径为11的轴承组成。打印件的每一个开口弧度45度的圆，开口弧度的直径为33mm，拨球轮的中心位置距离管道底部49mm,42mm的高尔夫球距离拨球轮的最低端留有6mm的间隙，经过实际测试此距离不会出现卡球的情况。

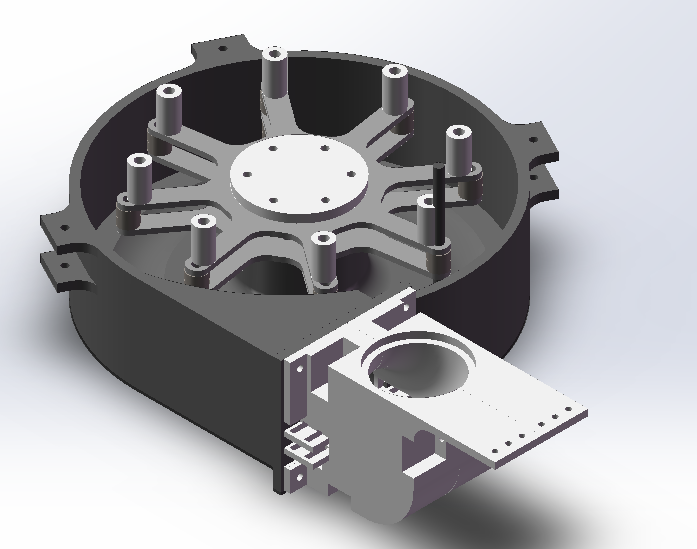


图4-3 分弹结构图1

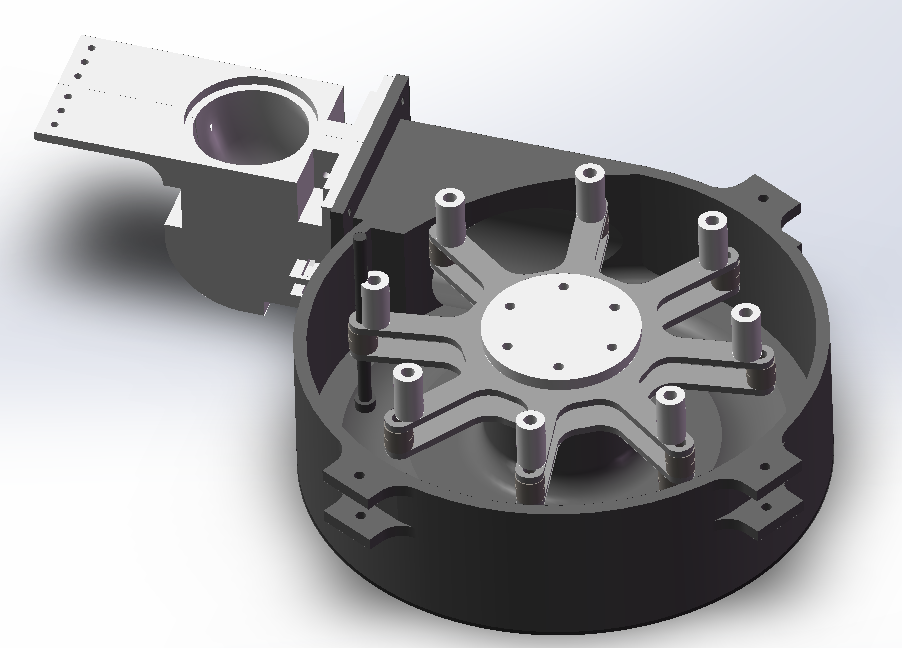


图4-4 分弹结构图2

### 4.1.3发射装置

发射机构作为核心机构主要由摩擦轮、摩擦轮电机、接收管道、摩擦管道、拨弹轮、拨弹轮电机等组成。其主要的工作情况是弹丸下落到接收管道内，通过拨弹轮的转动角度可以实现高尔夫球的不同发射方式如单发或连发。摩擦轮作为发射的动力通过高速转动带动着高尔夫球的发射。并且通过调节摩擦轮的转速可以控制发射的“弹道”。主要的结构均为3d打印。其中经过不断测试为了增加拨弹轮的强度和避免卡弹的情况出现，拨弹轮加装轴承和螺丝。发射的装置有两个摩擦轮、摩擦轮固定板和枪口组成。经过多次的实际实验证明，两个摩擦轮包胶轮的最短距离为35mm时可达到发射出完美的弹道且摩擦轮不易磨损的最佳状态。

根据机器人的功能要求发射机构作为机器人的云台，由两个电机控制“y轴”和“p轴”的转动，以及完成底盘的方向引导功能。其中Y轴是通过主从动链路进行转动。P轴通过发射机构后方的电机进行控制，为保证P轴有足够的扭力控制其转动，所以采用两个齿轮直接的啮合带动P转动，来满足P轴的旋转灵敏度。

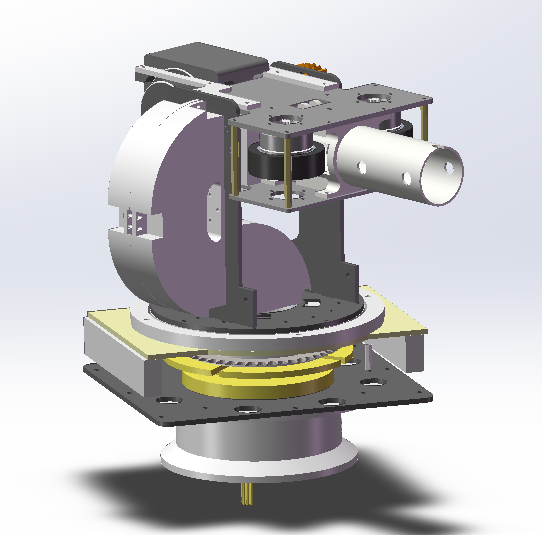


图4-5 云台左视图

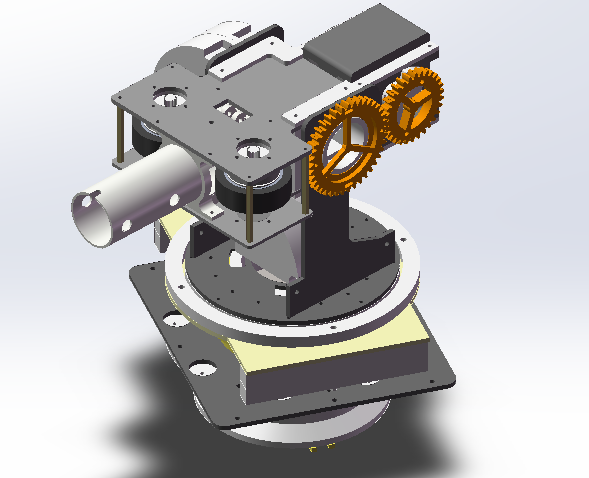


图4-6 云台右视图

### 4.1.4主从动链轮

底盘内部机械机构中有一部分为主从动链轮的设计。通过M6020控制主传动链轮运动，同时链条连接从动链轮通过滑盘的内环连接到云台下方的集电滑环，滑盘外部通过玻纤板以及杆件固定，来保证云台定位旋转的功能体现。

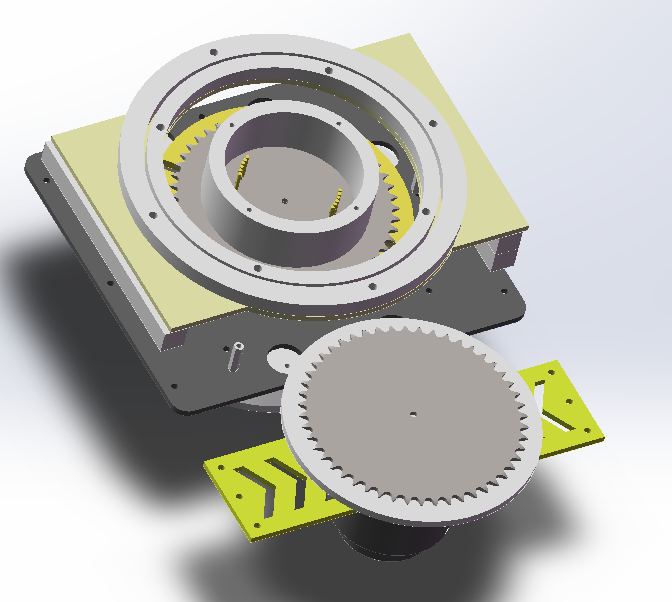


图4-7 主从动链轮及集电滑环展示

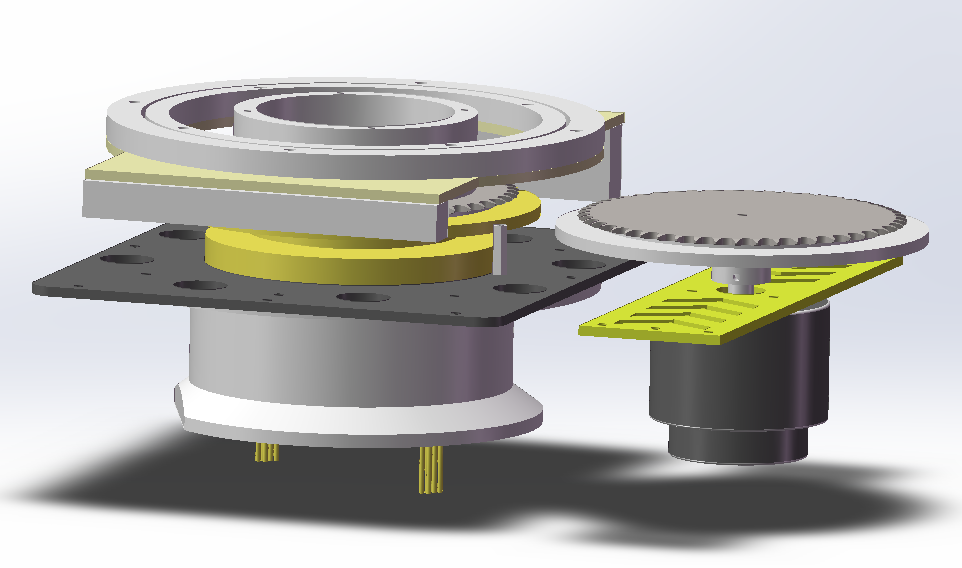


图4-8 集电滑环展示

## 4.2嵌入式控制系统设计

采用STM32F4系列处理器作为主控制器负责分析处理数据,输出电机控制信号；主要使用惯性测量单元MPU6050等传感器模块用于姿态信息的检测；使用OMRON E6B2-CWZ6C旋转编码器实现射速的闭环控制；整个软硬件系统均基于模块化设计的思想。各传感器采集到的发射平台数据都使用通用数字接口和MCU进行数据交换和通信。从而实现高速，稳定的工作。

MPU6050用于发射平台的姿态的实时调整，为了提升运行过程的可靠性，需要获取发射平台的俯仰角以及地磁角作为姿态反馈，形成闭环控制，本组发射平台选用MPU6050模块陀螺仪和地磁计采集数据，，并将所得数据传至主控芯片进行飞行姿态解算，主控芯片STM32F427通过CAN通信控制C620电调改变每个电机转速，使发射平台按照预设路线移动。

采用OMRON E6B2-CWZ6C旋转编码器实现对于发射机构的摩擦轮的转速检测，同时使用光电门检测发射速度，与程序预设的摩擦轮转速进行比较，形成闭环控制，实现发射速度的稳定。

底盘控制装置包括M3508直流无刷减速电机、集电滑环、麦克纳姆轮、方铝型材，同时加上主传动链轮，通过链条连接从动链轮通过滑盘的内环连接到云台上面，滑盘外部通过玻纤板以及杆件固定，来保证云台定位旋转的功能体现，而且在车身上加两个麦克纳姆轮通过联轴器接在M3508直流无刷减速电机上，麦克纳姆轮与底盘之间安装有悬挂，可以有良好的防震效果。运用STM32F427开发板为核心的实现控制。

### 4.2.1 M3508直流无刷减速电机

M3508直流无刷减速电机全向驱动，该电机是专为中小型移动平台打造的高性能伺服电机，可搭配C620电调实现正弦驱动，相比传统方波驱动具有更高的效率、机动性和稳定性。

### 4.2.2 C620电调

C620电调采用32位定制电机驱动芯片，使用磁场定向控制（FOC）技术，实现对电机转矩的精确控制，与M3508直流无刷减速电机搭配，组成强大的动力套件。

### 4.2.3 STM32F427开发板

STM32F427开发板是嵌入式系统开发的电路板，包括中央处理器、存储器、输入设备、输出设备、数据通路/总线和外部资源接口等一系列硬件组件。同时提供开放接口供用户使用，方便用户进行自定义，实现其他功能。

4.3本作品运用的科学方法有

精减面向制造的设计分析（DFM）是一种在产品设计阶段就考虑制造过程和成本的方法，旨在优化设计以降低生产成本，缩短产品开发周期，并提高产品质量和可靠性。通过设计团队与制造团队的紧密合作，DFM关注材料选择、加工工艺、装配方法、工具和夹具设计等方面的可制造性。

“悬挂固定安装座”精减面向制造的设计分析

以全方位球类发射训练平台的全自动机器人机械结构中应用最多的一个零件——“悬挂固定安装座”为例进行分析。

4.3.1.加工工艺

表4-9 加工工艺表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 步骤 | 特征 | 公差等级 | 要求 | 说明 |
| 毛胚 | 铝合金6061长块  25mm\*18mm\*22mm | IT13 | 外观良好 | 可以有余量 |
| 粗铣 | 粗铣内槽 | IT10 | 尺寸在要求范围内 | 留0.5mm的加工  余量 |
| 粗铣 | 粗铣外轮廓 | IT10 | 尺寸在要求范围内 | 留0.5mm的加工  余量 |
| 精铣 | 精铣内槽 | IT7 | 尺寸在要求范围内 | 达到图纸要求 |
| 精铣 | 精铣外轮廓 | IT7 | 尺寸在要求范围内 | 达到图纸要求 |
| 粗铣 | 粗铣定位孔 | IT10 | 尺寸在要求范围内 | 留0.5mm的加工  余量 |
| 精铣 | 精铣定位孔 | IT7 | 尺寸在要求范围内 | 达到图纸要求 |
| 钻孔 | 钻表面每个孔位 | IT7 | 尺寸在要求范围内 | 达到图纸要求 |
| 后处理 | 去毛刺、氧化喷砂 | IT7 | 表面好，无毛刺 | 达到图纸要求 |

4.3.2、可制造性仿真分析

对于全方位球类发射训练平台的“悬挂固定安装座”，DFM（面向制造的设计）分析是确保其设计既适合功能需求又易于制造的关键步骤。

在面向制造的设计分析（DFM）过程中，设计简化与优化是一个初步且至关重要的步骤，尤其针对“悬挂固定安装座”的设计与制造环节。通过消除不必要的复杂性和多余的设计细节，设计变得更易于制造，从而提升了生产效率。确保安装座性能和可靠性的关键因素是材料选择，所选材料必须同时具备必要的强度和耐用性，并满足成本效益要求。加工工艺的选择也是DFM分析中的关键环节，会根据安装座的具体设计特征和材料特性来确定最佳的制造方法，如CNC机械加工、焊接或冲压等。

利用仿真工具来模拟制造过程，包括折弯、切割和组装等关键步骤，这有助于评估设计的可制造性，并提前识别及解决潜在的生产问题，如材料变形、应力集中或装配困难。成本分析构成了DFM的另一个重要组成部分，它涉及对材料成本、劳动力成本以及生产过程成本的估算，目的是优化项目的预算安排。基于仿真分析的结果，可能会制作原型进行实际测试，根据测试反馈进行设计的迭代优化，以实现最佳设计方案。DFM是一个持续的改进过程，通过收集和分析生产数据及反馈信息，不断对设计和制造工艺进行精细调整和优化，以实现高效、经济的生产目标。

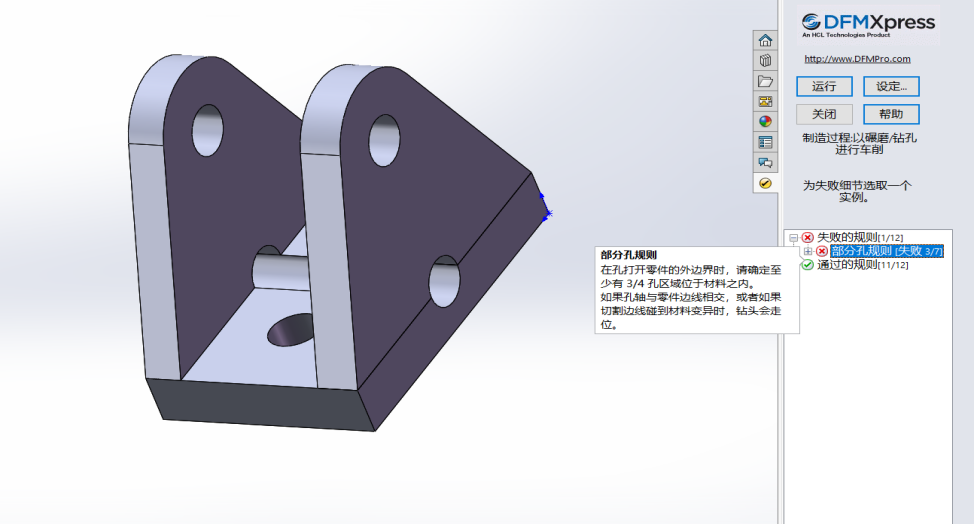


图4-10 悬挂底座设计图

4.3.3.结果分析

通过仿真分析，部分孔规则失败，下面的孔在零件凹隙内的范围不足3/4，钻头会走位，为了不影响孔的定位，可以减少粗铣内槽的尺寸，以保证孔有3/4位于材料之内。所有规则均通过，零件的可制造性强，保证了零件的可加工性与加工成本的控制。

表4-11 悬挂固定安装座前后DFM对比表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | DFM前 | DFM后 |
| 外观 |  |  |
| 改进项目 | 底面厚度3mm | 底面厚度4.2mm |
| 可制造性 | 影响孔的定位 | 孔的定位良好 |

### 4.3.4“电机固定座”精减面向制造的设计分析

此零件是一个电机的固定座，适用于工程机器人抬升及夹取方面。相比较与轮组的固定座，电机径向力相对较小，为了加工的方便可用钣金件。

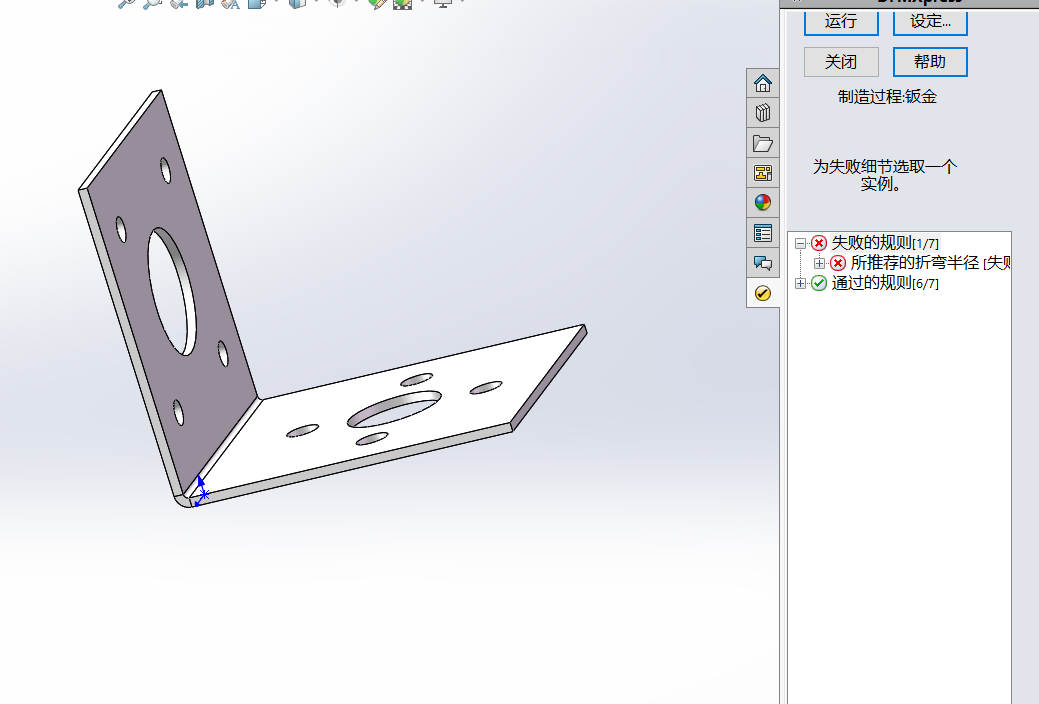


图4-12 电机固定座设计图

1. 目的和思路

本作品的创作目的全方位球类训练平台的全自动机器人可通过遥控器或电脑的控制在整个球类训练场进行全方位移动。整体设计上分为云台装置与底盘控制装置两大部分，云台装置控制整体的运动方向，且装有发射装置，用于发射球类来实现基本功能。底盘控制装置搭载的悬挂系统可让机器人适合球场的不同地形，而且装有两个主从动链轮，通过链条以及集电滑环的配合来实现云台定位旋转的创新性功能实现。整体上通过遥控器来控制云台的方向引导、底盘前进后退以及云台的发射功能，从而实现全方位的发射球类。本作品的创作思路

1.底盘装置

底盘通过四个M3508直流无刷减速电机带动整体的底盘运动，底盘采用麦克纳姆轮进行运动，之间采用悬挂连接可以有良好的防震效果，来适应全方位移动以及适应各种地形的运动。底盘与云台处采用集电滑环相连，以及主从动链轮配有链条，实现云台定位旋转的功能实现。

2.发射装置

发射装置采用两个摩擦轮将弹丸发射，同时使用遥控器控制单点发射和连续发射等模式，并且通过软件控制发射机构，来实现模拟发射轨迹的功能，同时还可以在设置好发射角度、发射速度、发射方向等条件后，进行规定程序下的连续发射，脱离遥控器的控制，来降低使用者的工作强度，从而提升工作效率。

3.云台装置

云台装置用于控制底盘的运动方向，来实现全方位的移动的基本功能，同时配合底盘处的集电滑环的以及主从链轮的设计，来实现云台定向旋转的功能需求，从而提升整体的创新性。

4.拨弹装置

拨弹装置与发射装置相连，用于储存大量弹丸，且通过拨弹盘的M3508电机的转动，将弹丸通过供弹链路送入发射机构，从而实现精准发射的功能需求。

1. 设计方案

## 6.1嵌入式控制系统设计

采用STM32F4系列处理器作为主控制器负责分析处理数据,输出电机控制信号；主要使用惯性测量单元MPU6050等传感器模块用于姿态信息的检测；使用OMRON E6B2-CWZ6C旋转编码器实现射速的闭环控制；整个软硬件系统均基于模块化设计的思想。各传感器采集到的发射平台数据都使用通用数字接口和MCU进行数据交换和通信。从而实现高速，稳定的工作。

MPU6050用于发射平台的姿态的实时调整，为了提升运行过程的可靠性，需要获取发射平台的俯仰角以及地磁角作为姿态反馈，形成闭环控制，本组发射平台选用MPU6050模块陀螺仪和地磁计采集数据，，并将所得数据传至主控芯片进行飞行姿态解算，主控芯片STM32F427通过CAN通信控制C620电调改变每个电机转速，使发射平台按照预设路线移动。

采用OMRON E6B2-CWZ6C旋转编码器实现对于发射机构的摩擦轮的转速检测，同时使用光电门检测发射速度，与程序预设的摩擦轮转速进行比较，形成闭环控制，实现发射速度的稳定。

底盘控制装置包括M3508直流无刷减速电机、集电滑环、麦克纳姆轮、方铝型材，同时加上主传动链轮，通过链条连接从动链轮通过滑盘的内环连接到云台上面，滑盘外部通过玻纤板以及杆件固定，来保证云台定位旋转的功能体现，而且在车身上加两个麦克纳姆轮通过联轴器接在M3508直流无刷减速电机上，麦克纳姆轮与底盘之间安装有悬挂，可以有良好的防震效果。运用STM32F427开发板为核心的实现控制。

### 6.1.1 M3508直流无刷减速电机

M3508直流无刷减速电机全向驱动，该电机是专为中小型移动平台打造的高性能伺服电机，可搭配C620电调实现正弦驱动，相比传统方波驱动具有更高的效率、机动性和稳定性。

### 6.1.2 C620电调

C620电调采用32位定制电机驱动芯片，使用磁场定向控制（FOC）技术，实现对电机转矩的精确控制，与M3508直流无刷减速电机搭配，组成强大的动力套件。

### 6.1.3 STM32F427开发板

STM32F427开发板是嵌入式系统开发的电路板，包括中央处理器、存储器、输入设备、输出设备、数据通路/总线和外部资源接口等一系列硬件组件。同时提供开放接口供用户使用，方便用户进行自定义，实现其他功能。

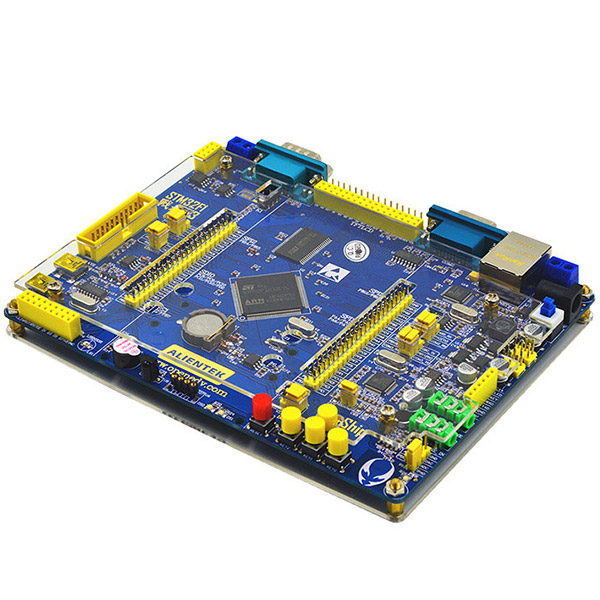
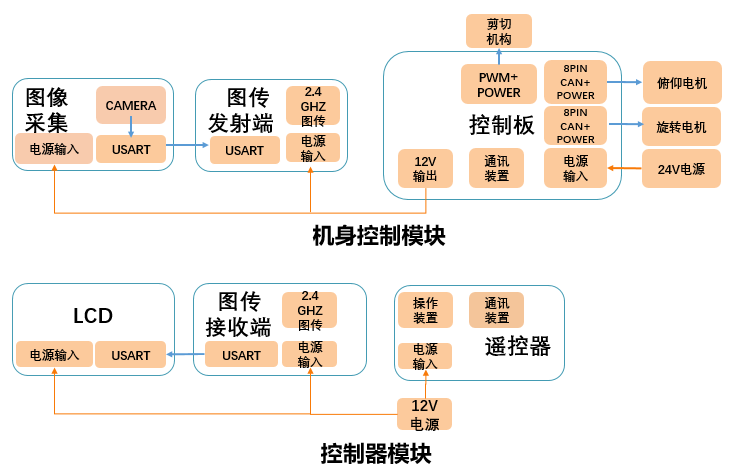


图6-1 STM32F427开发板图

全方位球类发射训练平台是一个复杂的系统，图 6-1

为其模块分析设计。



1. 技术介绍

本作品采用本项目在搜寻了很多资料后，对全方位球类发射平台和控制系统进行细致研究，得出了以下重要的结论：

1.通过大量的调研工作，对发球装置的发展特点和发展方向进行了总结，通过对市场需求的分析和对比国内外发球装置的发展状况，分析了发球装置的广阔市场前景和趋势。

2.在分析目前用的传动系统基础上，确定了本采摘的机械系统传动方案。分析各种采摘的运动方案，最终确定了最稳定、可靠且经济的方案。

本项目对发球装置进行了详细的研究与设计，由于场地以及球的种类不同，需要对发球的结构形式作出相应改变，所以应对另外结构形式的发球装置进行深入研究与设计，以适应市场的发展与需要。

在本项目进行整体设计与控制方案的敲定时，我们根据市场上现存的球类发射机所存在的缺陷以及短板，进行了整体的创新与设计，最大程度的减少球类发射机的缺点，提升本项目的产品创新力与竞争力，创新点主要有以下几点：

1.市场上球类发射机一般只有云台机构，缺少机动性，因此本项目采用了底盘设计，用云台来控制底盘的运动方向，提高其机动性，而且底盘采用的悬挂设计且配有的麦克纳姆轮来保证机器人可以在复杂地形的球类场地上全方位运动，增加机器人的使用场合以及提高其功能性。

2.本项目在发射机构的云台设计上采取了图像传输、遥控控制等创新设计，与市场上球类发射机只能以固定频率固定方向进行发射相比，更加具有灵活性，而且可以通过遥控器进行控制，来对使用者进行全方位的训练，从而更加有效地提升训练强度及训练水平。

3.本项目采用了集电滑环的设计，可以使得云台保持不动，而底盘一直进行旋转运动，采用主传动链轮，通过链条连接从动链轮通过滑盘的内环连接到云台上面，滑盘外部通过玻纤板以及杆件固定在车身来达到此目的，也是本项目创新性的关键所在。

1. 引用来源

国内：

### [刘婉](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=i7m15r_oBqp0OT258KDdr_9WGqNLeGQSE-I-wTxPElLfR6-i-0mPM4_4YIfXZZxbuUYXJHtY_diCw7bvnMztbU_myVxUsld_91L63TMISt3nxB6nL6zKWw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank) 【2025-05-12】文中首先对机电一体化技术分类进行了阐述,之后详细分析了机电一体化技术在机械设计制造中的实践应用。

### [朱明杰](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=i7m15r_oBqpxiFDxz_AKGCcbHnHpdwXNII--1_DQfCtyQ7nH-gIbEuq6_pKZTsxFiCaAUNsTTP7_QnErilN6LxLReQK5Y6HivJnlRynFUoEmYa_7HBetaCow8HAffV3P&uniplatform=NZKPT&language=CHS" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)【2025-05-14】指出了技术瓶颈和挑战，并对未来趋势进行展望，为机械制造企业智能化转型提供参考。

### [宋卓钰](https://kns.cnki.net/kcms2/author/detail?v=i7m15r_oBqqPsGYwKWX4I8zgrSHZlv6-eIo5cKVyNsUairYdqNOrhXI5ov8xeXwdPCUXlB2-iwdXALIZsoZAtjLa-vhwgHLjfY55KSitmT5Pl5CC2zo-RoB1QcnCYzxM&uniplatform=NZKPT&language=CHS" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)【2025-04-14】深入分析了电气自动化技术在机械工程中的实际应用，为机械工程的电气自动化技术的恰当应用提供借鉴和帮助。

国外：

### 1. [徐俊荣](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input=%E5%BE%90%E4%BF%8A%E8%8D%A3" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank) 外国期刊【2025-04-14】本文在工程教育专业认证的背景下，针对“机械制造技术课程设计”的教学改革进行深入探讨，通过分析当前教学中的不足，结合工程教育专业认证的要求，提出以学生为中心、以能力培养为核心的教学体系改革方案。通过构建以项目为载体的教学模式、持续改进机制及科学合理的评价机制，旨在增强学生的工程实践能力、创新能力和解决问题的能力。研究表明，改革后的课程设计能有效提升教学质量，为学生未来的职业发展奠定坚实基础。

 2.[Gibin George;](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input=Gibin George" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)[Raghav G R;](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input=Raghav G R" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)[Jeetu S. Babu](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input=Jeetu S. Babu" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank) 【2025】Nanotechnology for Mechanical Engineers （翻译：面向机械工程师的纳米技术）

### 3.作者： [Hao Ding;](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input=Hao Ding" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)[Liang Zhang;](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input= Liang Zhang" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)[Xiukun Hu;](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input= Xiukun Hu" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)[Tao Song;](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input= Tao Song" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank)[Chen Cao](https://scholar.cnki.net/home/search?sw=6&sw-input= Chen Cao" \t "https://kns.cnki.net/kcms2/article/_blank) 【2025】Exploration and Practice of Teaching Reform for Mechanical Engineering Testing Technology in Application Oriented University （翻译：应用型本科机械工程测试技术教学改革的探索与实践）