

# 浙江大学

## ZJUI 学院 2022 年暑期科研项目总结材料



中文论文题目：微纳超控机器人

英文论文题目：Micro nano super-control robot

成员姓名：叶子豪 (3210110275)

杨晨翰 (3210110301)

单琪涵 (3210110720)

指导教师：贺永

指导教师所在学院：浙江大学紫金港

暑期研究起止日期：2022 年 6 月 16 日-2022 年 7 月 16 日

## 摘要

本次暑研参与已立项项目，名称为时序及剂量可控的植入式给药系统设计与制造，主要研究新型的时序及剂量可控的无源植入式给药系统。

植入式给药由于具有局部药物浓度高，全身性药物副作用低的特性，近年来越发受到有关研究人员的重视。其中，无源式给药相较有源式给药拥有更强的生物兼容性，因而成为一个研究的热点。本项目旨在对提出并设计一个时序和计量可控的无源植入式给药方式，以期在目前无源式给药仍存在的一些问题上，即给药精度，体内传感等，做出一些适当的改进和进步。

在本暑研小组加入项目前，此项目已经实现了研究一个高给药精度和体内传感的无源式给药系统的大部分内容，如给药新方案设计，给药设备设计与制造，给药设备体内传感方法等。我们的主要研究内容和工作更侧重于修改和优化：

1. 给药设备设计改进：发现原设计给药设备的缺陷，如体积略大，储存药物量较低，给药操作精度要求过高，容错率低等。设计一种能解决当前问题的给药设备。
2. 验证优化给药设备可行性：学习通过 python 语言对 ur10 机械臂进行控制。通过在机械臂上安装力学传感器检测优化给药设备对药物精度和体内传感的提升。
3. 给药设备体内位姿算法检测和优化：在体外模拟给药设备在磁场的不同位置，记录检测数据，与实际数据进行对比以验证算法准确性并为后续算法改进提供数据基础。
4. 被检测磁性部件数据直观显示：通过 matlab 设计 ui 界面，引入计算被检测磁性部件三维位姿函数，将测量数据通过三维图的形式显示，实现对磁性部件在给药设备中位置的直接显示。

## **Abstract**

For the summer study, our group participated in an established project named Design and Manufacture of Time Series and Dose Controllable Implantable Drug Delivery System, which focuses on the research of a new time series and dose controllable passive implantable drug delivery system.

In recent years, implantable drug delivery has attracted more and more attention from researchers due to its high local drug concentration and low systemic side effects for the human body. Among them, passive drug delivery has stronger biological compatibility than active drug delivery, so it has become a research hotspot. The purpose of this project is to propose and design a passive implantable drug delivery mode with controllable time sequence and measurement, to make some appropriate improvements and progress on some problems still existing in the current passive drug delivery, namely, drug delivery accuracy, in vivo sensing, etc.

Up till now, this project has achieved most of the research on a passive drug delivery system with high drug delivery accuracy and in vivo sensing, such as new drug delivery scheme design, drug delivery equipment design and manufacturing, and in vivo sensing method of drug delivery equipment. The main contents of our work focused mostly on modification and optimization:

1. Design improvement of drug delivery equipment: defects found in the original design of drug delivery equipment, such as slightly large volume, low drug storage, high requirements for drug delivery operation accuracy, low fault tolerance, etc. Design a kind of drug delivery equipment that can solve the current problems.

2. Verify the feasibility of optimizing the drug delivery equipment: learn to control the ur10 mechanical arm through python language. The mechanical sensor is installed on the mechanical arm to detect and optimize the drug delivery equipment to improve the drug accuracy and in vivo sensing.

3. In vivo pose algorithm detection and optimization of drug delivery equipment: simulate different positions of drug delivery equipment in the magnetic field in vitro, record the detection data, and compare with the actual data to verify the accuracy of the algorithm, which does not provide a data basis for subsequent algorithm improvement.

4. Visual display of magnetic component data to be detected: the UI interface is designed through MATLAB, the five-dimensional position and attitude function of the magnetic component to be detected is introduced and calculated, and the measured data is displayed in the form of a three-dimensional diagram to directly display the position of the magnetic component in the drug delivery equipment.

## 1. 给药设备设计改进

### 1.1 原给药设备缺陷

#### 1.1.1 原给药设备

如图 1.1 所示，原给药设备形状为一个长方体，长方体两侧有圆柱形孔洞作为储藏药物的胶囊仓库，每个胶囊仓库中可存储一定量的药物，药物浓度和计量可人为调整，通过在不同仓库放置不同药物并改变释放药物顺序，医务人员可实现针对不同疾病的药物释放。长方体中部的空槽放置磁性驱动部件。磁性驱动部件在设定好的外界磁场控制下按一定顺序进入胶囊仓库并对其中药物进行挤压释放，达到给药的效果。

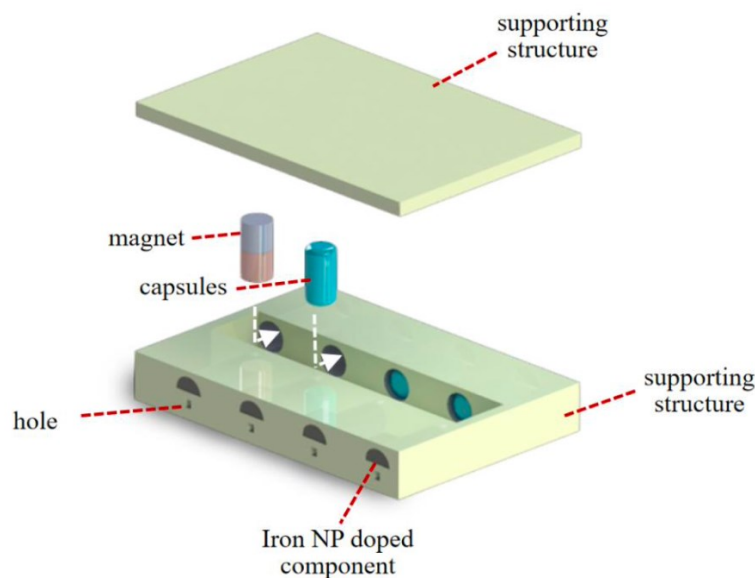


图 1.1 原给药设备

#### 1.1.2 缺陷

虽然此给药系统已经能够实现无源植入式给药，但其仍存在一定的缺陷。1. 设备支撑结构占总体积较大，胶囊仓库间未利用空间存在大量冗余，供磁性驱动部件移动的空间也占有了较多体积。2. 空槽与胶囊仓库连接处不够平滑，对磁性驱动部件控制精度要求仍较高。

### 1.2 改进给药设备

图 1.2 为改进的给药设备设计图，此新改进设备对原设备缺陷进行了针对性改进。针对第一点缺陷，经过计算，新给药设备在体积相同情况下拥有 63.7%的储药率，而原给药

设备则为 50.2%，提升了储药效率。针对第二点缺陷，内部圆形的设计和圆弧的连接处更容易使磁力驱动器在其中移动。

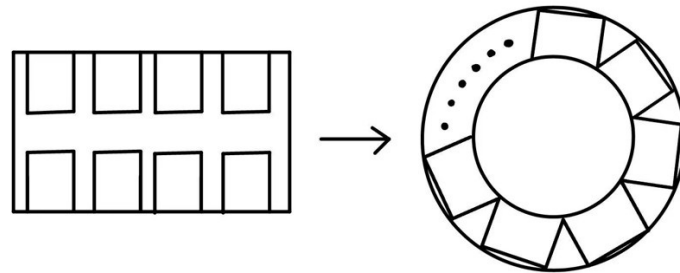


图 1.2 改进给药设备

设计完新给药设备后，我们在 solidworks 中进行建模，并进一步学习了 simply3d 的使用，使用实验室 3d 打印机对其进行了打印。

## 2. 验证优化给药设备可行性

### 2.1 UR10 机械臂使用

UR10 机械臂可以通过视教器控制或者通过局域网无线控制。我们先使用了视教器，通过简单设置一些方向，速度的参数来控制机器人，这种控制方式较为简便，但无法完成精度和复杂度高的操作。因此我们学习了通过局域网进行的无线控制，将计算机和 ur10 接入同一局域网，再通过编程方式控制机械臂的移动。我们这里使用较为简单的 python，通过加入 urx 库后进行编程来控制机械臂的移动。比如图 2.1 为 urx 两个基础操作，movej 控制机械臂关节运动，movel 控制机械臂末端运动。

```
rob.set_tpc((0,0,0,0,0,0))  
  
rob.movej((1,2,3,4,5,6),a,v)  
rob.movel((x,y,zrx,ry,rz),a,v)
```

图 2.1 通过 urx 控制机械臂

### 2.2 验证优化给药设备

我们计划将力学传感器放置于机械臂末端，由于控制磁场时不同磁场和空间位置产生的磁力不同，我们通过 ur10 控制的力学传感器对不同磁场时不同的空间位置产生的力进行测试，通过数据对比验证改进给药设备能否成功实行功能。由于实验室还未提供力学传

感器，此方案还未进行实际操作。

### 3. 给药设备体内位姿算法检测和优化

#### 3.1 给药设备体内位姿检测

微纳机器人的简化原理为利用磁性活塞可以受到磁场控制这一性质，通过改变外部的磁场方向来达到控制磁性活塞定向运动的目的从而控制药物传输、释放等指令。基于这一工作原理，我们采用了以磁场传感器为主的传感器来监测微纳机器人的具体位置以及位姿状态。读取的数据经过以 matlab 代码为基础的数据处理平台，经过三次及以上的数据计算以及对比，在排除大误差数据之后计算得出机器人的具体坐标。在测试代码阶段，首先，再放置机器人模型之前，我们先测得坐标内地磁场的基本数据组为对比，数据保存在“地磁场 TXT”当中，在此之后，我们将机器人放置在已定的坐标位置上记录数据，再读取数据并保存在“磁铁数据 TXT”当中。之后，我们用 matlab 中的已编写的程序读取两者的数据，得到的结果由我们与实际结果进行比对。比对的内容主要有两块：第一，经过代码筛查的数据是否真正达到了“去大误差点”的目的，对比标准为数据波动的百分之十。第二，最终计算得出的机器人位置坐标与实际机器人位置坐标的对比，基本误差为百分之十左右（部分取决于实验器材的精度）。对比达标之后，确认算法的可行性。

#### 3.2 算法的优化与选择

我们通过修改算法的循环次数以及对比精度，来达到优化算法的目的，这样的结果可以使得到的微纳机器人的具体数据更加准确，但是同时也具有一定的缺点，比如耗时更高等。我们在这些优缺点之间进行了权衡，基于当时实验室的器材，还是选择了精度相对较低的算法。

### 4. 被检测磁性部件数据直观显示

在对硬件读取到的结果分析检验完毕之后，我们需要构建一个能够将微纳超控机器人的位置以及旋转方向呈现出来的 ui 交互平台以达到被检测磁性部件数据直观显示的目的。这个平台需要同时具有读取、计算、呈现以及清零的功能。我们采取 matlab 来构建这一 ui 界面。对应的功能有不同的代码区块，磁性部件具有五维姿态，包含三维坐标以及一维朝向以及一维旋转。在点击“Plot”之后，机器人的具体位置会在右边的坐标窗口

标出，坐标的具体位置在坐标窗口下方的“Axis value”文本窗口中呈现。为了使坐标中微纳机器人位置以及方向更加直观，我们采用不同的颜色来展现被检测磁性部件的初始位置以及具体方向。蓝色圈为磁性部件的具体位置，红色圈和蓝色圈的相连线为磁性部件的旋转朝向。值得一提的是，这个 ui 界面可以同时记录显示多组磁性部件的数据，这样对于数据的对比，验证以及后续的研究都更加方便。点击“Clear”按钮即可清除包含坐标记录以及文本记录在内的所有记录呈现。

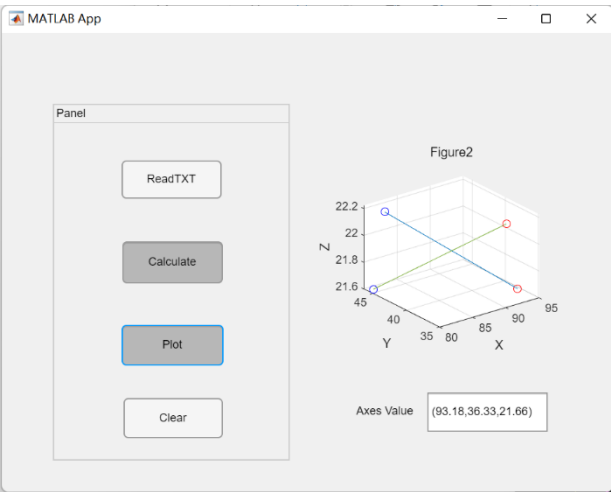


图 4 UI 界面展示

## 结论

本次暑期研究，我们参与了给药设备的改进，微纳机器人位姿的算法优化以及实际验证，以及搭建 ui 可实用界面的工作。本次论文展现了我们暑期研究的各项成果以及能力提升，也推动了微纳机器人的实质性发展。在工作过程中，我们了解了微纳机器人对未来给药体系的重要性，了解了微纳机器人的工作原理，深度学习使用了以 python 语言为基础的 matlab 来完成当前的各项重要任务，也学习控制了 UR 机械臂。我们为此项目提供了一些新的视角，来修改优化原有的方案，比如说改为球体给药方式，权衡代码优化方案等。我们也在完善这个系统的交互系统方面做出了贡献，ui 界面的搭建使得整个研究成果可以以最基本的方式进行使用。但是，由于受到实验室设备的限制，比如说精度、实验器械完整性等，使得部分的优化和想法没有能够很好的选择与展开，另外，受到时间的限制，我们在暑期研究结束的时候没有在真正意义上制造完善整体的微纳机器人框架，这些都是本次暑研的不足以及遗憾。我们认为，在项目继续发展的过程中，可以适当引入一些



必要的器械设备，将各个部分融合在一起得出一个较为完整的产品进行试验，这样可以更好的发现问题并且完善。总的来说，本次暑研最终以一种比较圆满的方式结束。