

2025《运控控制》课程课外作业

HW1：五轴激光刀具路径生成工作：

曲面 $S(u,v)$, 在定义域 uv 参数平面中规划一条封闭平面曲线, 对应于曲面上的一个三维封闭曲线, 也就在三维曲面上得到了一个封闭区域。

第一类程序: 用等参数方法编写程序, 生成代表激光焦点的小线段和激光束方向。

第二类程序: 要求做出的程序生成的代表激光焦点的小线段和激光束方向, 有以下输入约束 (见图 1):

- 1、弦差不超过给定最大值 E_{max} 。(弦差是曲线与代替其的直线段最大距离);
- 2、相邻小线段的夹角不超过给定最大值 A_{max} 。(相邻线段方向夹角);
- 3、线段长度不超过最大值 L_{max} ;
- 4、相邻点激光束方向夹角不超过最大值 B_{max} ;

鼓励大家用大模型作为辅助来完成相关编程工作。

1、如果用激光从曲面上切割下这个封闭区域, 计算切割时的激光焦点 ($曲面对应点 X_i, Y_i, Z_i$) 和对应的激光束单位方向 N ($曲面对应点的法线 N_{i,x}, N_{i,y}, N_{i,z}$), 见图 1 所示。将这些点保存在文件中, 每一行数据为焦点, 激光束方向形式顺序存放。

$X_i, Y_i, Z_i, N_{i,x}, N_{i,y}, N_{i,z}$

例子路径数据: -

```
0 0 0 -0.225004 0.225004 -0.611624  
-0.000498751 0.00497088 0.000496266 -0.225004 0.225004 -0.611624  
-0.00396016 0.0195361 0.00388204 -0.225004 0.225004 -0.611624
```

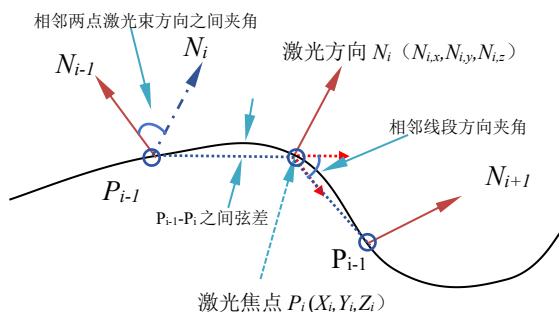


图 1 五轴激光切割路径

2、绘制图形时, 激光焦点顺序连接, 间隔一定数量点显示刀轴

要求: 提交完整的报告, 包含算法说明、示例结果的贴图, 最终计算的路径结果文件。

1、如果完成了第一类程序, 请务必计算对应的弦长、小线段方向夹角, 激光束方向夹角, 并用图表表示结果, 提取出各项最大值, 总共分段数;

2、如果完成了第二类程序, 计算结果要校验对应的弦长、小线段方向夹角, 激光束方向夹角, 并用图表表示结果, 提取出各项最大值, 总共分段数;

同学根据自己情况, 最少需要完成第一类程序 (最多得 60% 作业分);

作业 2：路径的特征分段和处理

数据文件 EppToothcurve.txt 表示了一个椭圆齿轮的齿廓 2 维曲线，每一行为 x,y 坐标。

- 1、首先绘制出这个图形；
- 2、分析讨论如何对这个路径进行曲线插值和近似（不需要进行算法实现）；
- 3、完成基础的分区域算法，基于夹角和长线段等特征规则，在图形上用不用颜色标识出相邻区域。

HW3：平面轮廓误差计算算法实现

在课程的实验过程中，我们在 XY 平台控制软件上，选择一个蝴蝶路径，设置相应的速度规划参数，可以控制 XY 平台运动。在运动完成后，可以保存有按照等时间间隔（插补周期）采集得到的规划轨迹 $P_i(P_{i,x}, P_{i,y})$ ，电机编码器轨迹 $Q_i(Q_{i,x}, Q_{i,y})$ ，光栅尺轨迹 $\bar{Q}_i(\bar{Q}_{i,x}, \bar{Q}_{i,y})$ ， i 为整数。

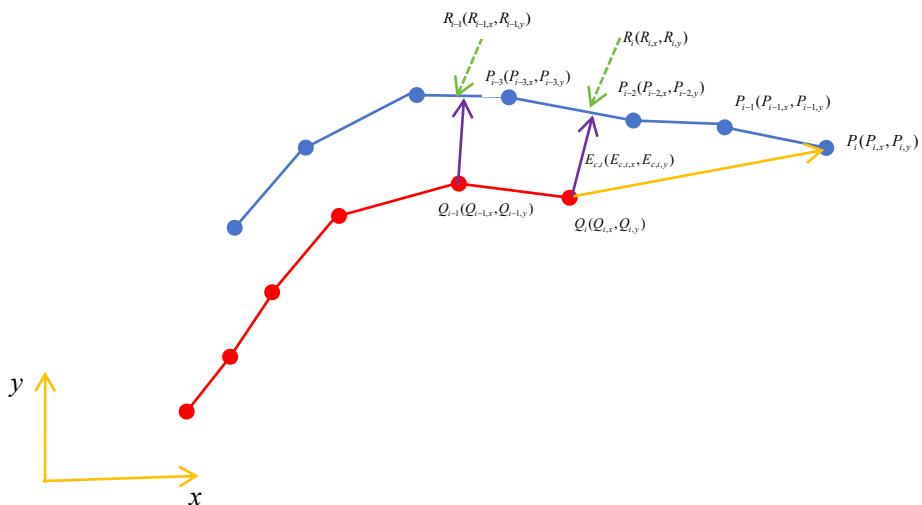
因为我们输入的规划轨迹是随时间变化的信号，系统通过反馈和前馈控制很难无差跟踪输入信号，因此单轴都存在跟踪误差，两个轴的跟踪偏差不一定协调，这样实际轨迹和规划轨迹在几何上存在偏差。

参照下图， $Q_i(Q_{i,x}, Q_{i,y})$ 点到轨迹段 $P_j(P_{j,x}, P_{j,y})$ (其中， $j = 0, 1, \dots, i$) 之间最近的点是 $R_i(R_{i,x}, R_{i,y})$ ，向量 $E_{c,i}(E_{c,i,x}, E_{c,i,y})$ 为轮廓误差向量，轮廓误差向量的模为轮廓误差大小。注意 $R_i(R_{i,x}, R_{i,y})$ 按照几何意义，在规划轨迹 $R_{i-1}(R_{i-1,x}, R_{i-1,y})$ 到 $P_i(P_{i,x}, P_{i,y})$ 之间。

以电机编码器轨迹和规划轨迹为例，请编制算法，计算出实际轨迹点到规划轨迹的轮廓误差大小。

作业最终提交： 1、算法源程序和算法简要介绍；

2、根据实验数据，计算轮廓误差，对计算结果整理文档，图文表示。



HW4：六自由度串联工业机器人的振动

通过与大模型多轮对话探讨：

1、六自由度串联工业机器人运控过程中振动产生原因，尤其是探讨与输入轨迹相关的原因，如轨迹不连续性，速度规划的不合适等等。

2、振动抑制的方法，尤其是如何通过对输入轨迹进行处理抑制振动，如陷波滤波器的应用等等。

作业提交：根据讨论，整理（不是直接复制粘贴大模型回复）一个关于这方面工作等一个报告，5000字左右。