

立式自动去鱼鳞去内脏鱼类粗加工机器

项目设计报告



团队成员：金豆 523010910172

邢腾天 523020910069

尚毅达 523021910488

陈景峰： 523021910494

李晓航 523021910051

指导老师：庄春刚

摘要

本项目成功设计并开发了一台立式自动去鱼鳞去内脏粗加工机器，旨在解决传统水产加工行业依赖人工、劳动强度大、效率与标准化程度低的核心痛点。项目完成了样机的制作，实现了去鱼鳞、去内脏的一体化功能以及个性化调节的功能。项目不仅展示了自动化技术替代重复性人工劳动的巨大潜力，也为后续产业化推广奠定了坚实的技术与工程基础。本项目是技术创新与工程实践紧密结合的成果，体现了团队从概念设计到实体交付的全流程能力。

关键词：去鱼鳞、去内脏、自动化

目录

第一章 项目介绍.....	1
1.1 项目背景	1
1.2 项目目标	1
第二章 样机项目功能分解与设计.....	2
2.1 项目功能分解	2
2.2 项目设计	2
2.2.1 柔性去鳞系统:	2
2.2.2 丝杆精确定位平台:	2
2.2.3 旋转式去内脏装置:	2
第三章 样机制作.....	3
3.1 铝型材与内部机构的连接	3
3.2 去鳞刀内部的连接	4
3.2.1 摇杆机构内部杆件的连接.....	4
3.2.2 摇杆机构与滑块连接.....	4
3.2.3 摇杆滑块机构与去鳞刀的连接.....	5
3.3 安装难点.....	6
第四章 仿真模拟.....	7
4.1 扇形板状刀片仿真	7
4.2 去内脏齿轮仿真	7
4.3 电机支座仿真	9
4.4 连杆机构仿真	9
4.5 应力分布分析	10
4.5.1 主要结论.....	10
4.5.2 设计优化:	10
第五章 强度校核.....	11

5.1 许用应力确定	11
5.2 安全裕度分析	11
第六章 电控.....	12
6.1 控制设备	12
6.1.1 舵机.....	12
6.1.2 丝杆.....	12
6.2 协同运动控制	13
6.2.1 协同运行逻辑.....	13
6.2.2 控制逻辑.....	14
6.3 时间参数调整	14
6.3.1 可调时间参数类型.....	14
6.3.2 输入设备设计.....	15
6.3.3 控制代码逻辑.....	16
第七章 项目总结.....	18
7.1 总结	18
7.2 团队分工	18
第八章 个人体会.....	20
8.1 金豆	20
8.2 尚毅达	20
8.3 邢腾天	21
8.4 陈景峰	21
8.5 李晓航	22
参考文献.....	24
附录.零件工程图.....	25

第一章 项目介绍

1.1 项目背景

随着我国居民生活水平的不断提高，水产品消费量持续增长，对鱼类加工的效率、卫生及自动化水平提出了更高要求。然而，在当前的家庭厨房、小型餐饮后厨乃至部分初级水产加工厂中，鱼类的前处理（主要指去鳞、去内脏）环节仍高度依赖人工操作。这种传统方式存在诸多痛点：劳动强度大、加工效率低、卫生标准难以保障、且容易因操作不当造成鱼体损伤或残留。

市场上虽已有部分商用去鳞机或剖鱼机，但普遍存在功能单一（仅去鳞或仅剖切）、体积庞大、成本高昂、难以适应不同鱼种尺寸等问题，无法满足中小型应用场景对一体化、个性化、低成本自动化设备的迫切需求。

基于此，本项目旨在设计并制作一台立式自动去鱼鳞去内脏鱼类粗加工机器。该设备聚焦于解决上述行业痛点，通过巧妙的机械结构与智能电控系统，实现从进料到完成粗加工的全流程自动化，为小型餐饮、家庭厨房及社区生鲜加工提供一种高效、卫生、灵活的解决方案。

1.2 项目目标

本项目的核心目标是开发一款集自动去鳞与自动去内脏功能于一体的立式鱼类粗加工设备，并达成以下具体技术指标：

高集成度：在单一设备内完成去鳞与去内脏两大核心工序，简化操作流程。

高适应性：通过可调节的时间参数，适配不同长度、品种的常见淡水鱼（如鲫鱼、鲤鱼等）。

高去鳞质量：采用柔性刀具与自重进给相结合的方式，确保去鳞均匀度 $> 95\%$ ，残留鱼鳞率 $< 5\%$ ，同时最大限度减少对鱼体的物理损伤。

操作便捷：以鱼体自身重力为动力来源，简化驱动系统；配备直观的人机交互界面，方便用户设置与操作。

结构可靠：整体框架采用模块化铝型材搭建，内部机构设计考虑自锁与运动平稳性，保证长期运行的稳定性。

第二章 样机项目功能分解与设计

2.1 项目功能分解

进料定位：操作者将待处理的鱼从顶部锥形滑槽放入，鱼体依靠自身重力自然下落，并被下方的丝杆平台上的卡具初步定位，全程保持鱼体竖直姿态。

自动去鳞：去鳞装置启动，两侧柔性刀具在舵机驱动下精准闭合，轻柔夹持鱼身。随后，丝杆平台带动鱼体匀速下降，而刀具位置保持不变，利用二者间的相对运动完成从头至尾的刮鳞作业。

自动剖切与去内脏：去鳞完成后，鱼体继续随平台下降至剖切工位。高速旋转的剖切刀盘在鱼腹处精准划开一道切口，其上集成的特制“爪”式刮刀随即深入鱼腔，将内脏快速、有力地剥离并带出。

复位取料：加工完成后，去鳞刀具张开，丝杆平台上升复位，操作者即可轻松取出已处理完毕的鱼。

2.2 项目设计

2.2.1 柔性去鳞系统：

刀具设计：创新性地采用张紧铁丝作为刃口，截面小、刚性好且具备一定柔性，能良好包络不同鱼体廓形，实现高效、低损伤去鳞。

开合机构：通过舵机-摇杆-滑块连杆机构，精确控制两侧刀具的同步开合，并利用摩擦角原理实现可靠的机械自锁，确保夹持稳定。

2.2.2 丝杆精确定位平台：

采用丝杆+平台结构，不仅用于固定鱼体，更通过其精确的直线运动，为去鳞过程提供稳定可控的相对位移。

2.2.3 旋转式去内脏装置：

将去内脏工具集成于高速旋转的剖切刀盘上，利用离心力与特制“爪”式刀刃的协同作用，一次性完成剖腹与内脏刮除，效率高、效果好。

第三章 样机制作

3.1 铝型材与内部机构的连接

铝型材与内部机构主要利用角码进行连接。对于除内脏的刀具，由于刀具连接的电机上无直接与铝型材相连的部分，我们制作了一个可以将电机后半部分固定住的电机套，电机与电机套之间为过盈配合，由于刀具所受阻力不会很大，可以保证两者之间不发生相对运动。电机套一侧有 M5 螺纹孔，可以利用角码固定在铝型材上。同时，由于角码在完全固定之前可以在铝型材上滑动，我们可以根据实际调节除内脏刀的位置，再用胶布固定，从而保证其位置的合理性。

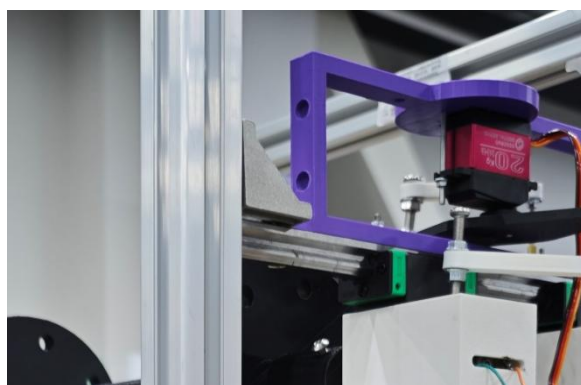


图 3-1 铝型材与滑槽的角槽连接

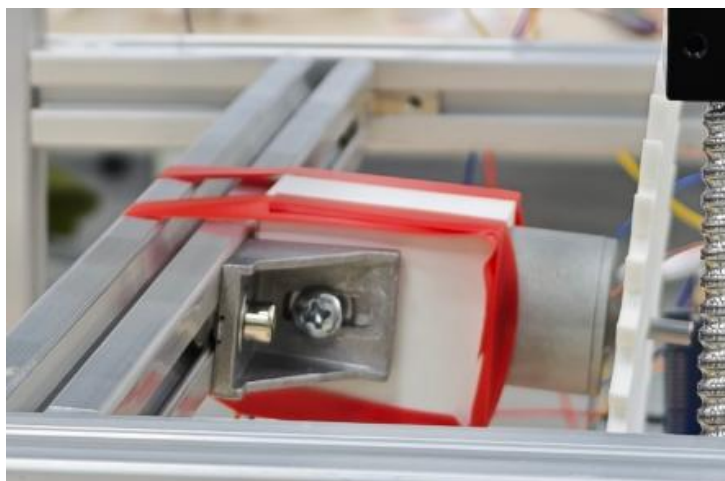
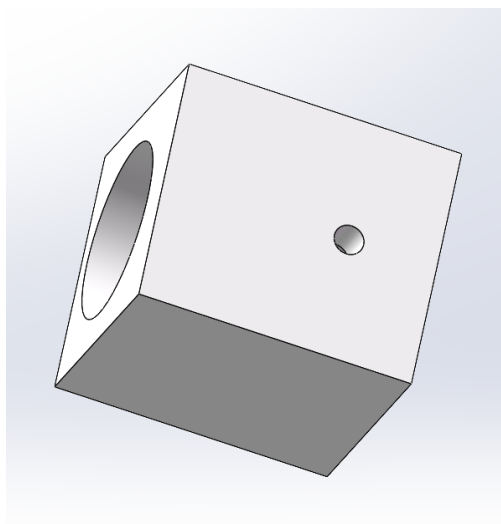


图 3-2 除内脏刀电机套及与铝型材的连接

3.2 去鳞刀内部的连接

3.2.1 摇杆机构内部杆件的连接

利用螺栓可以将两个杆件连接起来，但由于摇杆机构内部的杆件在使用时是有一定裕度的相对转动的，我们不能将它们完全固定，同时我们也需要保证杆件之间只有相对转动，而不能有轴向的相对滑动。经过实际操作，我们最终用两颗螺母对顶的方式实现杆件在螺栓上的固定。

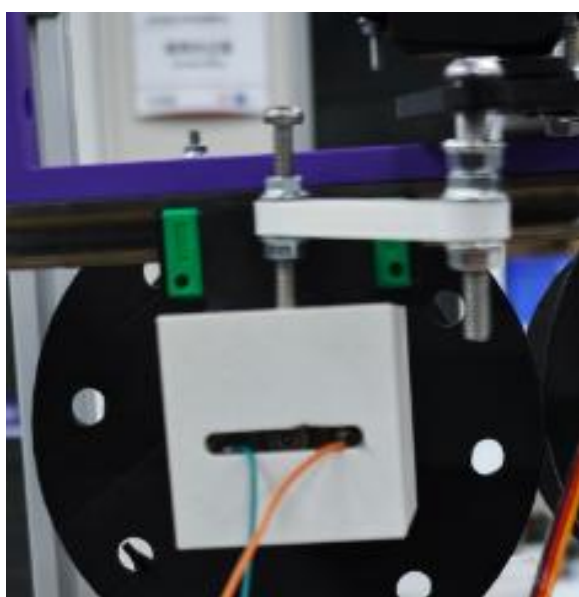


图 3-3 对顶螺母固定杆件

3.2.2 摇杆机构与滑块的连接

由于我们购买的滑块与滑槽无法之间与杆件相连，我们额外设计并加工了两个专用的定制连接件。

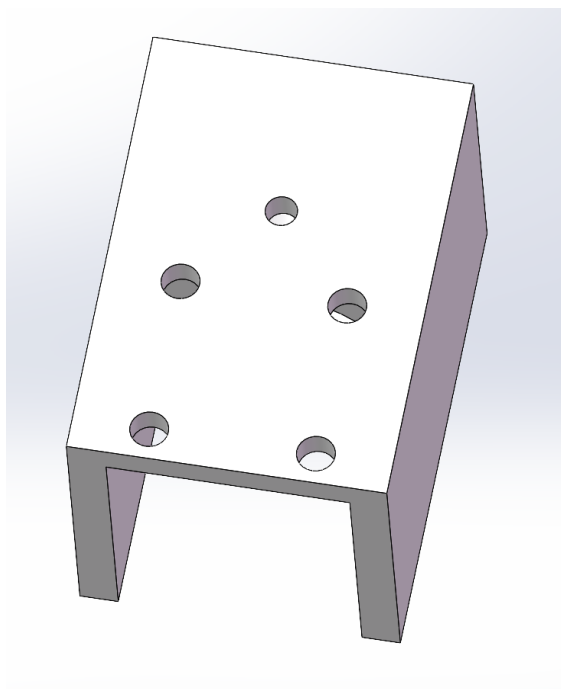


图 3-4 连接件（左）模型图

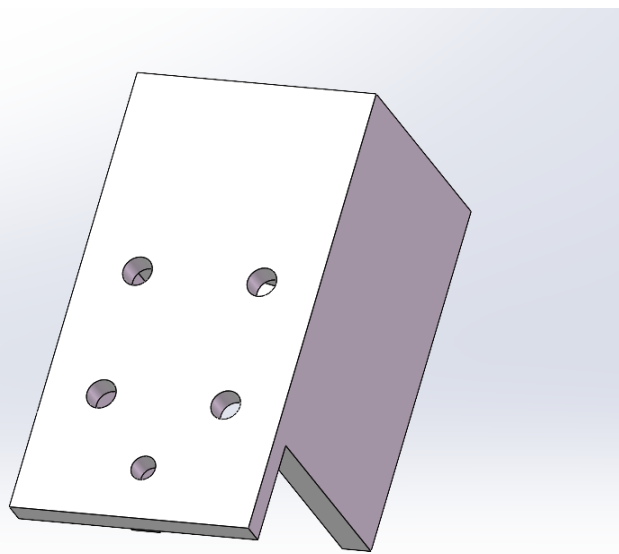


图 3-5 连接件（右）模型图

每个连接件除与滑块相连的 4 个螺纹孔外，还有 1 个与杆件相连的螺孔，如图 3-3，通过长螺栓及对顶的两个螺母，我们可以实现杆件与滑块的连接。

3.2.3 摇杆滑块机构与去鳞刀的连接

为了确保动力传递的精准与可靠，去鳞刀与摇杆滑块机构的关键传动部件均采用了轴孔过盈配合的设计。这两个部件的核心旋转件内部均设计有精密圆孔，其孔径略小于电机轴的公称直径。通过过盈配合，利用材料自身的弹性变形产生巨大的抱紧力，使电机轴与零件之间形成无相对滑移的牢固连接，从而将电机的旋转扭矩高效、同步地传递至执行末端。

去鳞刀支架的固定则采用了复合固定方案。支架一端加工有中心通孔，用于定位与承载电机轴。为确保连接在长期或冲击载荷下的绝对可靠，防止可能发生的微动或松动，我们在支架

的侧向额外设置了螺丝锁紧机构。当电机轴伸入到位后，拧紧该侧向螺丝，可对其施加一个径向的夹紧力，从而形成“过盈配合 + 机械锁紧”的双重保障，从而增强了连接的刚性与抗疲劳性能。

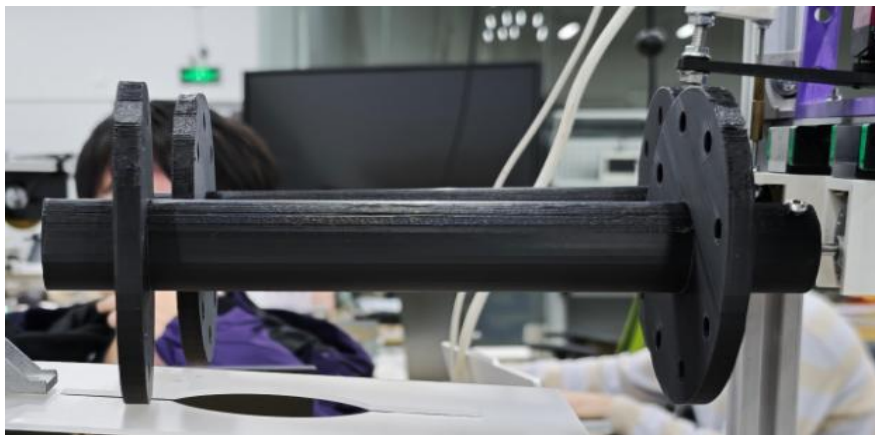


图 3-6 摇杆滑块机构与去鳞刀的连接

3.3 安装难点

由于当前 3D 打印工艺在微细结构成型方面仍存在一定精度限制，直接打印的螺纹孔往往会出现尺寸偏差、表面粗糙或螺纹形状不完整等问题。若强行装配，容易导致螺丝滑丝、连接强度不足，甚至损坏打印部件，影响整体结构的可靠性与使用寿命。

为解决这一问题，我们采用“先导孔后攻丝”的方法：在建模时，预先为螺纹连接部位设计光滑通孔，并在 3D 打印完成后，使用标准自攻螺丝或丝锥工具进行二次加工，手动攻出完整、规整的螺纹。这种方法不仅有效避免了打印工艺对螺纹精度的影响，还能通过螺纹成型过程中的挤压作用，使孔壁材料更加致密，从而提升螺纹的咬合力和抗拉强度。能够在充分发挥 3D 打印设计自由度的同时，确保关键连接部位达到工程级的紧固性能要求。

第四章 仿真模拟

4.1 扇形板状刀片仿真

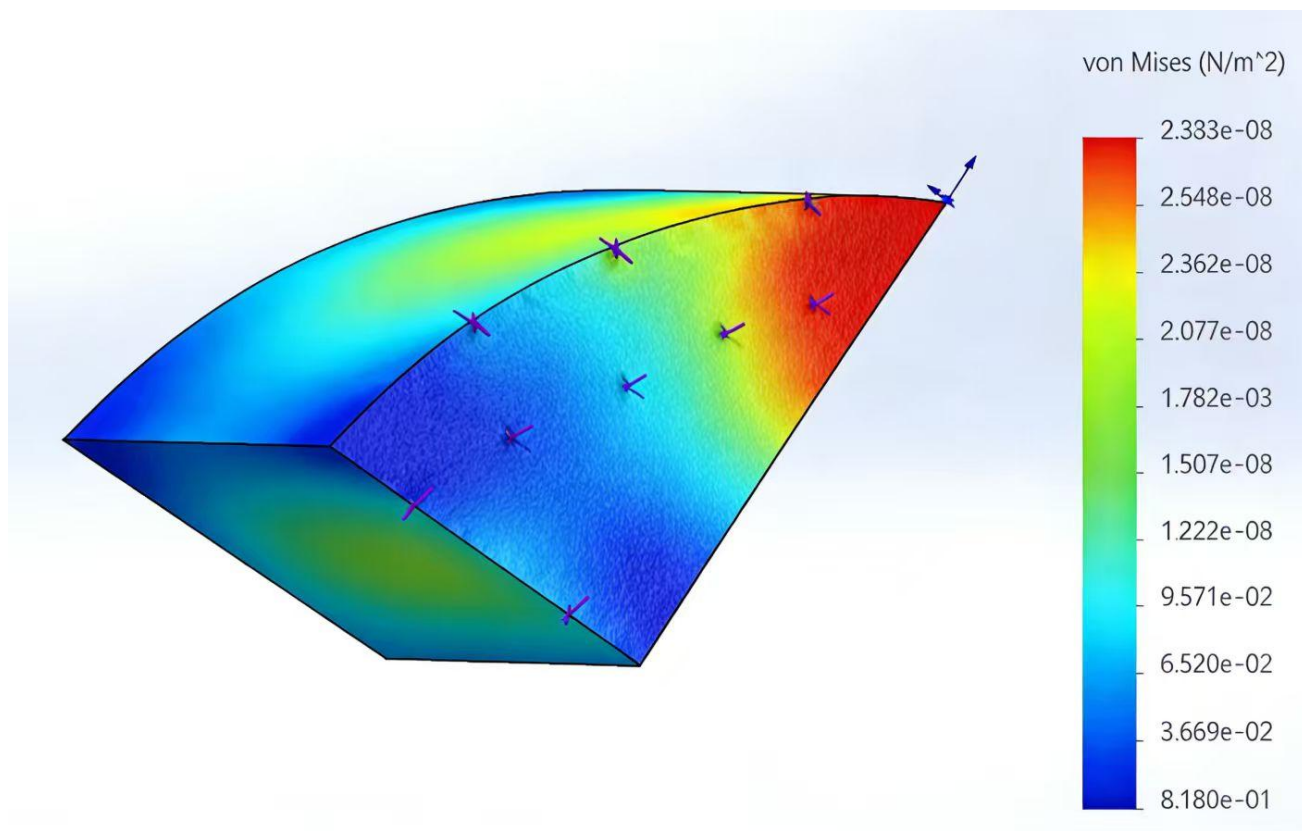


图 4-1

边缘有集中载荷点（紫色十字），右上角呈红色高应力区，表明此处存在严重的几何应力集中（锐角导致）。多个紫色十字代表施加的外力或力矩，分布在曲面上，从左下到右上的渐变表明载荷主要由左下向右上传递。

4.2 去内脏齿轮仿真

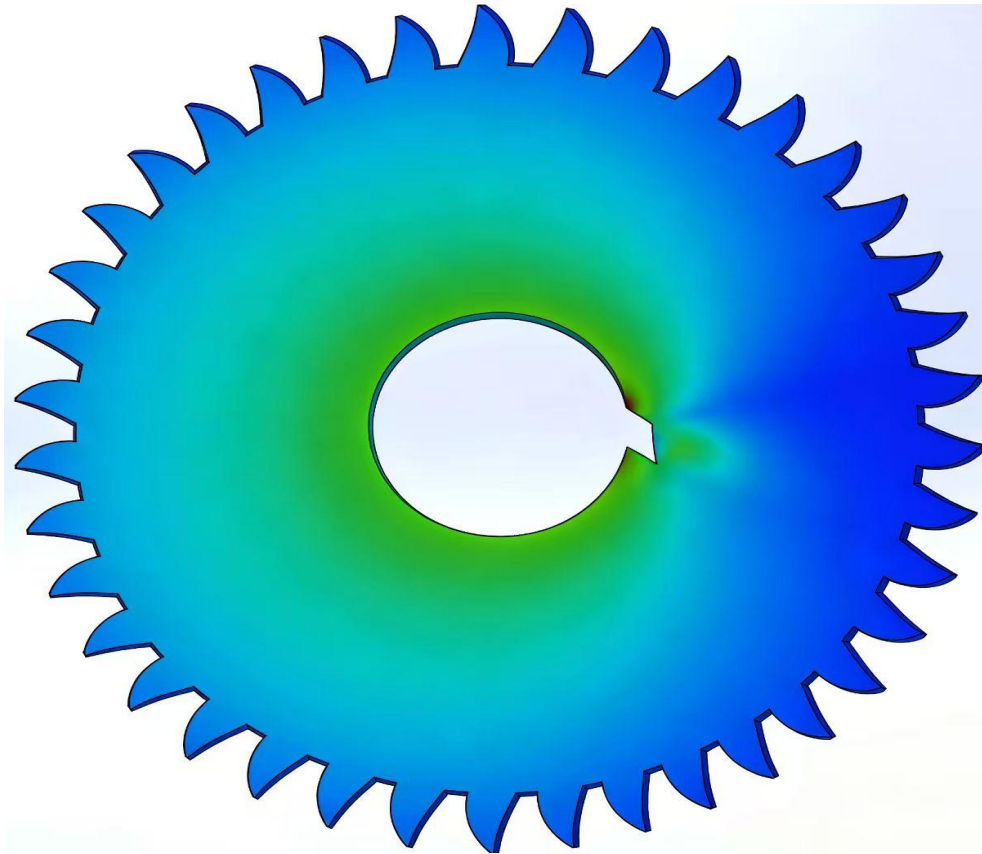


图 4-2

中心有键槽，绿色→蓝色过渡，无明显红色区域，应力分布整体以蓝色为主，仅在轮毂附近有轻微绿色，说明受力较小，齿根处没有出现明显的红色区域，表明设计合理。

4.3 电机支座仿真

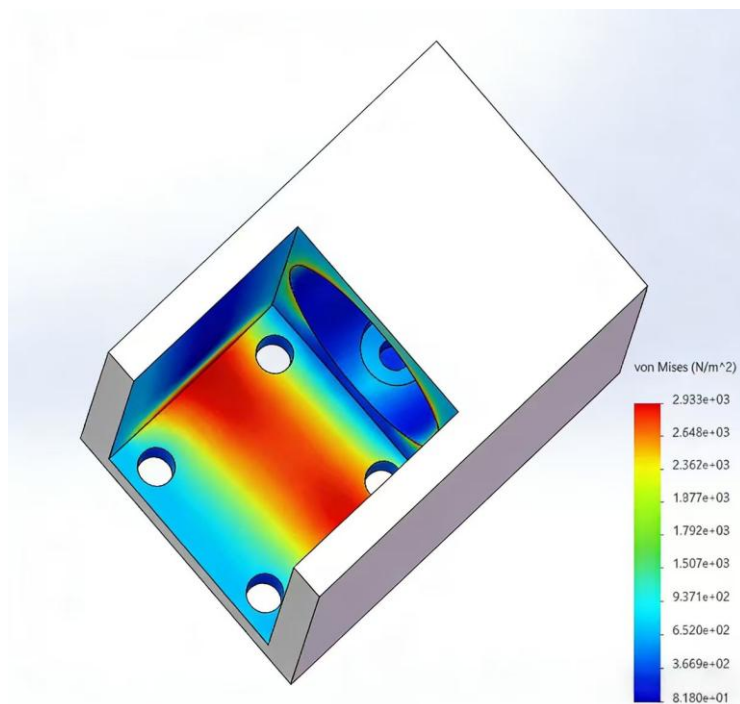


图 4-3

高应力区位于内部 L 形结构的拐角处，尤其是靠近两个侧壁的内角。应力梯度从蓝色到红色逐步过渡，说明载荷通过结构传递。螺栓孔周围应力略高于周边，但未见明显集中。

4.4 连杆机构仿真

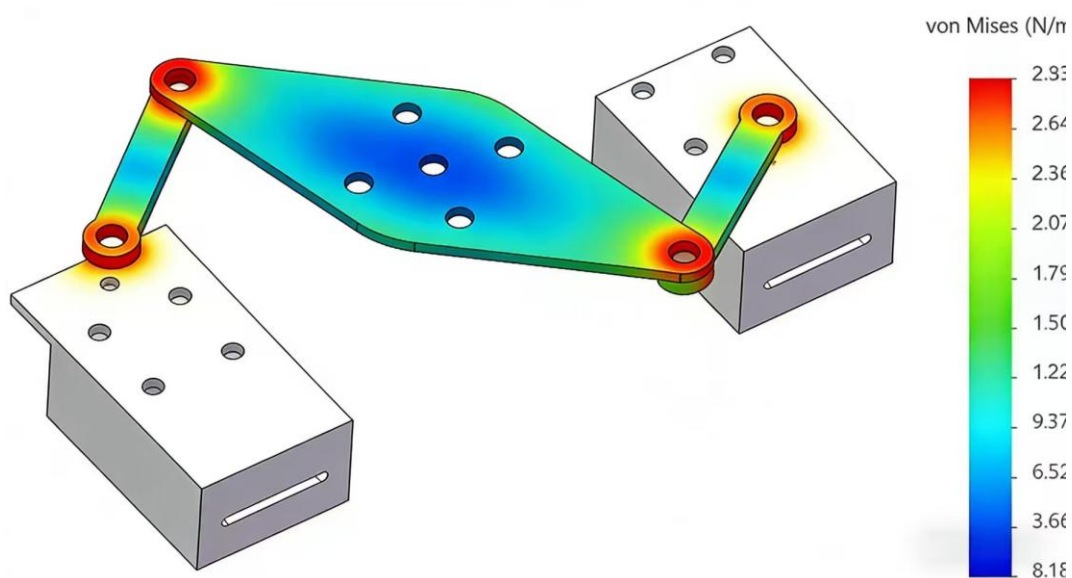


图 4-4

应力集中于铰接点，四个圆孔位置均出现红色，说明此处为关键受力区域。连杆中部应力以蓝色为主，说明传力路径合理。应力沿杆身平滑过渡，无突然跳跃。

4.5 应力分布分析

如仿真云图所示，应力分布呈现明显梯度：

高应力区（红/橙色， $\sim 2.93 \text{ MPa}$ ）：集中于摇杆根部、滑块接触点等几何突变或受力传递的关键区域。这些是潜在的失效起始点，但在当前载荷下绝对应力水平很低。

低应力区（蓝色， $\sim 0.82 \text{ MPa}$ 及以下）：占机构大部分体积，表明材料利用率低，存在“过设计”。

4.5.1 主要结论

静态强度合格：在当前仿真工况下，机构静强度完全满足要求，安全裕度极高。

轻量化潜力巨大：当前设计保守，可对低应力区域（如臂杆中部、滑块非关键部位）进行减重设计。

工程建议与后续工作

4.5.2 设计优化：

对低应力区域进行拓扑优化或直接减薄壁厚、增加镂空，以减轻重量、降低惯性力、节省材料与打印时间。

在高应力集中区域确保足够大的过渡圆角，以平滑应力分布。

重点关注领域（针对 PLA 材料特性）：

疲劳寿命：若机构高速或高频运行，需进行疲劳分析或实物疲劳测试，尤其关注应力集中区域。

磨损与运动精度：关注滑块与导轨的磨损性能，考虑是否需要润滑或增加耐磨衬套。

长期蠕变与冲击：若机构需长期承重或在冲击载荷下工作，需评估 PLA 的蠕变和抗冲击性能，必要时考虑更换为韧性更好的材料（如 PETG、尼龙等）

第五章 强度校核

5.1 许用应力确定

许用应力 $[\sigma]$ 由材料屈服强度除以安全系数得到。

考虑到 PLA 材料的各向异性、打印层间结合强度弱化以及分析模型的理想化，选取较高的安全系数 $n = 3$ 。 计算得：

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n} = \frac{35}{3} \approx 11.67 \text{ MPa}$$

采用最大应力准则进行校核。

$$\sigma_{max} = 2.93 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 11.67 \text{ MPa}$$

机构静态强度满足要求。

5.2 安全裕度分析

计算实际安全系数与安全裕度以量化其安全水平。

$$\text{实际安全系数: } n_{actual} = \frac{\sigma_s}{\sigma_{max}} = \frac{35}{2.93} \approx 11.9$$

$$\text{安全裕度: } MS = \left(\frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} \right) - 1 = \left(\frac{11.67}{2.93} \right) - 1 \approx 2.98$$

分析表明，机构在当前载荷下具有约 298%的安全裕度，承载潜力远高于当前工况需求

第六章 电控

6.1 控制设备

6.1.1 舵机

在本设备中，舵机作为执行机构，通过轴端输出旋转运动。舵机与一个摇杆滑块机构相连接：舵机的输出轴与摇杆固定，当舵机进行往复旋转时，带动摇杆在一定角度范围内摆动。摇杆的另一端通过铰链与滑块连接，从而将舵机的旋转运动转化为滑块在直线导轨上的往复平移运动。

基于这一传动原理，可在两个对称布置的滑块上分别安装刀具模块。通过控制舵机的转动方向与角度，即可驱动两滑块做相向或相背运动，从而实现刀具的精准打开与闭合动作。

舵机的运动控制通过 Arduino 开源硬件平台实现，其核心是基于脉宽调制（PWM）技术的角度-脉宽映射控制。Arduino 微控制器通过数字 I/O 引脚输出周期固定的 PWM 方波信号，通过精确调节每个周期内高电平的脉冲宽度，即可线性控制舵机输出轴在 0° 至 180° 范围内的绝对角度位置。

具体到本设备的控制系统，通过编写相应的运动控制程序，顺序调用舵机角度控制函数，即可驱动两舵机执行精确协调的对称运动。这种控制方式确保了刀具开闭动作的可靠性与重复定位精度。

6.1.2 丝杆

本设备采用丝杆平台作为鱼身定位与进给的核心机构。运行时，将鱼头固定于丝杆平台中央的专用卡具上，通过丝杆副的旋转运动转化为平台的精确直线位移。当平台沿丝杆轴向向下运动时，被固定的鱼身随之同步下移。此时，安装在独立滑块上的鱼鳞刀具保持其初始高度位置不变，由此在鱼身与刀具之间形成相对运动——即鱼身向下移动而刀具相对向上移动。这一相对运动模拟了手工刮鳞的作业轨迹，使刀具能够稳定、连续地从鱼头至鱼尾完成整段鱼身的去鳞操作。

丝杆机构的控制基于经典的旋转-直线运动转换原理。丝杆实质上是一根带有精密螺旋槽的螺纹轴，其与平台上的螺母构成螺纹副。当步进电机驱动丝杆旋转时，螺母因受到导向机构的约束无法转动，从而将电机的旋转运动转化为平台的直线平移。通过步进电机的细分控制实现微米级定位。系统通过控制器精确调节电机的转速、转向与转动步数，即可实现对平台移动速度、方向与行程的全程数字化控制，确保刮鳞作业的稳定与均匀。

控制层面通过 Arduino 平台配合步进电机驱动模块实现。Arduino 输出脉冲信号序列至驱动模块，每个脉冲对应步进电机的一个微步角度，通过调节脉冲频率可控制丝杆转速，通过脉冲数量可精确控制平台位移量，通过脉冲发送顺序可控制电机转向。

6.2 协同运动控制

6.2.1 协同运行逻辑

丝杆与舵机相互配合才能完成刮鱼鳞的操作，本设备的刮鳞作业通过舵机与丝杆平台的时序协同与空间配合实现。整个作业流程构成一个完整的自动化循环：

初始阶段：丝杆平台处于上位，鱼身被放置并固定于平台中央的夹具内。此时，舵机执行逆时针 30° 旋转，驱动两片鱼鳞刀具闭合，将鱼头部位轻柔夹持定位，完成作业准备。

刮鳞执行阶段：丝杆平台在步进电机驱动下开始匀速下降，带动鱼身整体向下运动；与此同时，舵机保持角度不变，使鱼鳞刀具维持闭合状态并固定于初始空间高度。这一过程中，鱼身持续下移而刀具位置保持恒定，二者形成稳定的相对运动，刀具锋刃沿鱼身表面自头部向尾部连续刮除鱼鳞。

复位与取鱼阶段：当丝杆平台下降至预设行程终点，刮鳞作业完成。舵机顺时针旋转 30° ，驱动鱼鳞刀具张开，解除对鱼头的夹持。随后丝杆平台上升，带动已处理完毕的鱼身返回初始高位，此时鱼身可被便捷取下，系统即完成一次作业循环，等待下一次操作指令。

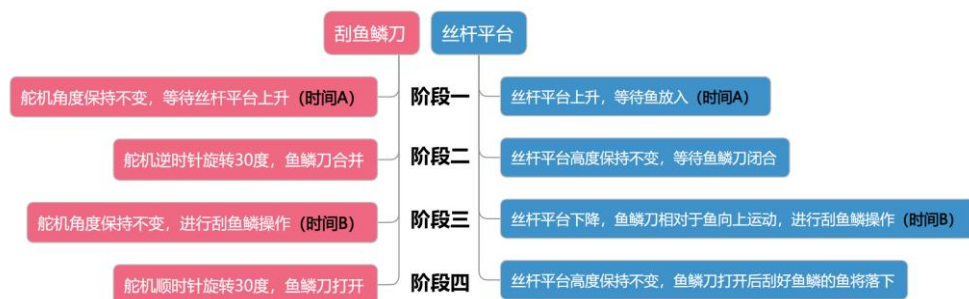


图 6-1 协同控制逻辑

6.2.2 控制逻辑

本设备的控制代码基于 Arduino 平台，采用模块化与状态机相结合的设计思想，通过时序与逻辑控制协调舵机与步进电机的协同作业，实现了从鱼身定位、刮鳞执行到复位取鱼的完整自动化流程。

程序将刮鳞作业分解为“待机准备→刀具夹持→平台下降刮鳞→刀具释放→平台复位”五个逻辑状态，通过状态变量和条件判断实现各状态间的有序切换。在每个状态中，程序调用相应的执行函数并监测动作完成标志，确保机械动作执行到位后才进入下一状态，从而避免了运动冲突与时序错误，提高了系统运行的稳定性和安全性。

舵机控制依托 Arduino 标准库 Servo.h 实现，注重动作平稳性与定位精确性。程序初始化时定义两个舵机对象并绑定至对应引脚，通过 servo.write() 函数控制刀具开合角度。在刀具夹持与释放过程中，采用分步渐变的角度控制策略，避免瞬时动作对鱼身造成冲击。同时，程序在关键动作节点插入适度延时，确保机械传动充分到位，并通过 servo.read() 函数反馈实际角度，为可能的闭环控制提供扩展基础。

丝杆平台的运动控制基于 AccelStepper 库，实现高精度定位与平滑调速。该库支持加减速曲线规划，使平台启动与停止过程平稳，避免因急停急启造成的机械振动或鱼身移位。程序中通过设置目标位置、运动速度和加速度参数，控制平台按预定轨迹匀速下降完成刮鳞，随后快速返回上位。脉冲计数与步进电机细分设置的结合，确保了平台位移的毫米级精度，满足不同尺寸鱼身的加工需求。

6.3 时间参数调整

6.3.1 可调时间参数类型

为提升设备对不同作业环境与加工对象的适应能力，本设备在控制逻辑中设置了两类关键可调时间参数：放置鱼时间 A 与刮鱼鳞时间 B。这两项参数为操作人员提供了灵活调整的可能，使设备能够在不同生产节奏与加工要求下保持稳定高效的运行。

放置鱼时间参数 A 用于适配进鱼环节的操作节奏。该时间段对应系统在完成上一轮加工后、等待操作人员放置新鱼并固定鱼身的间隔。在实际生产中，操作人员的工作速度可能受疲

劳程度、操作习惯或作业环境的影响，进鱼流水线的输送节拍也可能存在波动。通过开放参数 A 的可调节功能，系统允许用户根据实际情况设置合理的等待时间，既避免了因放置未完成而提前启动造成的安全隐患，也确保了与上游流水线输送节奏的顺畅衔接，提升了整体生产流程的协同性。

刮鱼鳞时间参数 B 用于适应不同尺寸鱼类的加工需求。该时间段直接对应丝杆平台下降运动的持续时长，决定了鱼身相对于刀具的刮擦行程。由于不同鱼种之间体型差异显著，即使同一品种的鱼也存在长度与大小的自然波动。若时间 B 设置过长，会导致无效空行程增多，降低设备工作效率；若时间 B 过短，则可能因刮鳞行程不足而影响去鳞完整度。因此，通过允许操作人员根据待加工鱼类的实际长度对参数 B 进行精确调整，系统能够在保证鱼鳞刮除质量的同时，最大限度地提升作业效率。

6.3.2 输入设备设计

为实现可调时间参数的直观显示与便捷设定，本系统采用二位数码管与 4×4 薄膜式按键矩阵相结合的人机交互方案。该设计兼顾了信息显示的清晰性与参数调节的灵活性，使操作人员能够在脱离计算机的情况下独立完成设备配置与状态监控。

系统采用两组共阴极二位数码管分别实时显示时间参数 A 与 B 的当前设定值，单位为秒。数码管通过移位寄存器芯片与 Arduino 相连，采用串行通信方式减少引脚占用。显示内容在设备待机状态下为预设参数值，在运行过程中可切换为倒计时或状态代码，增强过程可视性。数码管亮度适中、字符清晰，满足一般工业环境下的可视需求。

参数输入采用 4×4 薄膜式按键矩阵作为核心交互单元。该键盘以行列扫描方式工作，占用 8 个 I/O 引脚即可实现 16 个独立按键功能。键盘布局经专门规划，设有数字键 0-9 用于参数输入，“A/B 选择”键用于切换当前调整的参数类别。

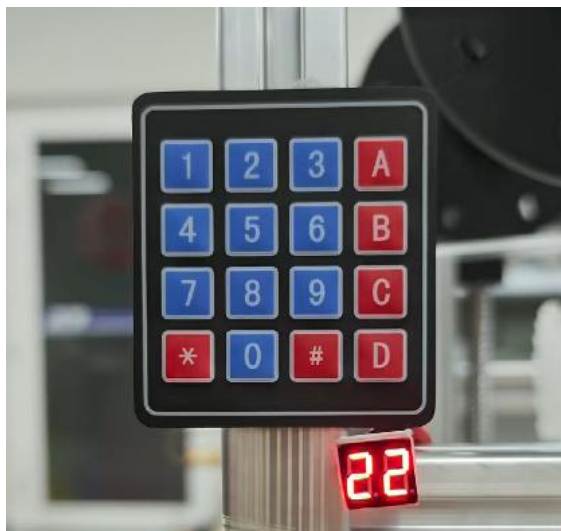


图 6-2 数码管及矩阵键盘

6.3.3 控制代码逻辑

本设备的控制代码基于 Arduino 平台开发，采用模块化设计，实现了舵机运动控制、数码管显示驱动、键盘输入处理以及状态管理四大核心功能模块的协同工作。整个程序以状态机为核心控制逻辑，确保系统在运行、参数设置、暂停及复位等多种模式间可靠切换。

代码整体采用模块化结构，各功能独立封装。硬件接口部分明确定义了舵机控制引脚（Pin 10）、4×4 薄膜键盘的行列引脚（Pins 2-9）、以及二位共阳极数码管的段选与位选引脚（Pins 11, 12, 13, A0, A1, A3, A4, A2, A5）。主程序在 `setup()` 函数中完成所有硬件初始化，包括舵机归零、数码管自检与启动动画，随后进入 `loop()` 主循环。主循环以非阻塞方式持续扫描键盘输入、更新数码管动态显示，并根据定时标志控制舵机执行往复运动，确保了系统响应的实时性。

运动控制模块实现了角度与时间的独立可调。舵机被配置为在 0° 至 30° 范围内作往复运动，其中“正转”（ $0^{\circ} \rightarrow 30^{\circ}$ ）和“反转”（ $30^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}$ ）两个阶段的停留时间可独立设置，分别由变量 `forwardInterval` 和 `reverseInterval` 控制，调整范围为 1-9 秒。运动逻辑由状态变量 `isClockwise` 和定时器共同管理，当到达设定的时间间隔时，系统调用 `moveServo()` 函数驱动舵机平滑转动至目标角度。这种设计将运动角度与停留时间解耦，为不同的工艺要求提供了灵活性。

交互模块通过键盘与数码管提供直观的操作界面。键盘处理函数 `handleKey()` 定义了完整的参数设置流程：按下 A 键进入正转时间设置模式，此时左数码管显示数值闪烁；按下 B 键进入反转时间设置模式，此时右数码管显示数值闪烁。在设置模式下，用户可通过数字键（0-9）输入目标秒数，按下 C 键确认保存，系统将自动更新对应的定时参数并返回运行状态。D 键作为运行/暂停切换键，允许随时中断或继续运动过程。两位数码管在运行状态下分别实时显示当前正转与反转的设定时间值，并在对应设置模式下提供闪烁提示，形成了清晰的操作反馈。

系统状态管理与错误处理机制完善。代码通过枚举类型 `SettingMode` 明确区分了“无设置”、“正转设置”和“反转设置”三种状态，避免了模式冲突。定时器采用 `millis()` 函数实现非阻塞计时，确保显示刷新与运动控制互不干扰。此外，程序设置了复位功能（*键），可一键将舵机归零、时间参数恢复默认并进入暂停状态，便于系统快速初始化。这种结构化的状态管理使程序逻辑清晰、维护方便，为设备的稳定运行提供了可靠保障。

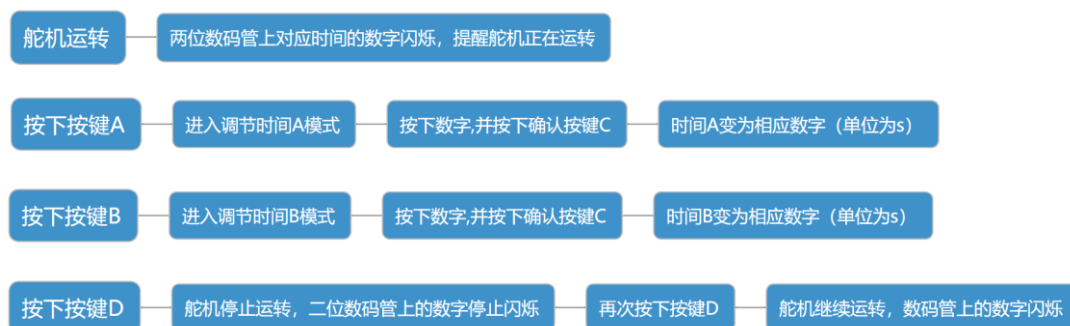


图 6-3 按键输入逻辑

第七章 项目总结

7.1 总结

本项目为特定水产品粗加工机械的制作，我们以鱼类为对象，设计了立式自动去鱼鳞去内脏粗加工机器。在这 18 周的时间里，我们实现了一体化机械的组装以及对电控部分的调试，并且机器可以按照预定的方式运作。

在设计阶段，小组成员针对去鳞与功能，先后设计多种去鳞装置原型，经过讨论，最终选定铁丝旋转去鳞的方案，避免损伤鱼身。在组装阶段，由于我们的零件来源不同，一些零件加工后无法进行很好的组装，如何将它们连接在一起成为了一个很大的难题，为此，我们又额外设计了很多连接件来完成组装。此外，在设计阶段由于没有对实物进行完整地预测，不同部分的零件安装时会产生干涉，为此，我们在后续进行了二次设计。

本项目仍有诸多不完善的地方，受限于机器的整体大小、电机的功率等，我们的机器仅能实现对部分鱼类的加工，同时，由于缺少足够的试加工次数，在实际使用时可能会有一些预料之外的情况。

本次立式自动去鱼鳞去内脏粗加工机器课程项目，是对我们专业知识与实践能力的综合检验。项目实施过程中，我们不仅将机械设计、电气控制等课堂理论转化为实操成果，更在团队协作、问题排查、沟通汇报等方面得到全面锻炼，深刻体会到理论与实践结合的重要性，也认识到自身在专业深度、实操能力上的不足。此次课程项目的经历，为我们后续的专业学习及职业发展奠定了坚实基础，未来我们将持续打磨技术、弥补短板，不断提升自身的工程实践能力与创新思维。

7.2 团队分工

- 金豆（组长）

- 1) 统筹规划进度，安排任务
- 2) 连接件的设计
- 3) 铝型材与内部机构的组装

- 尚毅达

- 1) 控制电路设计与搭建

2) 控制程序编写

3) 控制功能调试

● 邢腾天

1) 去鱼鳞刀的设计

2) 样机的搭建和功能调试

3) 丝杆驱动代码编写

● 陈景峰

1) 丝杆平台的设计

2) 物料进口滑槽设计

● 李晓航

1) 去内脏刀的设计

2) 实物的组装和调试

3) 运动仿真分析

第八章 个人体会

8.1 金豆

这次设计与制造 2 课程项目不仅仅锻炼了我解决实际工程问题的能力，同时作为组长，这个项目对我也是一种考验。

实际的工程装配和在电脑上的仿真有很大的区别。一个模型在电脑上只需简单的配合，而放到实际中则需要考虑各个部分的连接，有时，为了装配，我们还要进行额外的零件设计。此外，实际操作时可能会遇到一些预料之外的情况，例如，我们的摇杆滑块机构在角度过小的情况下会产生自锁的现象，这种情况在设计时很难考虑到。

在我看来，对于一个团队项目，团队合作往往是很重要的，团队成员只完成自己的任务是不够的，只有将每个部分的成果衔接起来，才能实现整个项目的成功，而组长则需要完成衔接的任务。作为项目的组长，首先要对项目的整体概况足够熟悉，这样才能对整体任务进行分工；其次，组长自身必须具备一定的技能，例如对 solidworks 的熟练使用、机构的组装能力等，这样在项目遇到困难时，他才能给小组成员提出合理的解决方法。在这次项目中，我一直要求着自己要做到上面 2 点，努力成为一个合格的组长，但实际上，我仍有许多不足之处。在这里，我想要感谢小组的其他成员，在面对难题时，5 个人的急中生智能够产生很多 1 个人想不到的解决方案，使得原本困难的问题迎刃而解，同时，每个人都出色地完成了自己负责的部分，让我们的项目顺利完成。

我在这次课程项目中受益匪浅。

8.2 尚毅达

在这次的项目中，我主要负责了系统的电控设计与程序实现工作。这段经历让我深刻认识到，一个成功的机电一体化项目不仅需要扎实的专业知识，更需要系统思维、动手能力与解决问题的能力。

在课堂上学到的知识，只有在实际项目中才能得到真正的检验和深化。例如在从设备图书馆中借到了一个二位数码管之后，我才发现原来二位数码管的引脚对应的数字段不同型号的位置也是不同的，在从网上找不到这个型号的数码管的引脚的情况下，通过在电工学课程上学到的多位数码管原理，我通过万用表测电阻的方法成功找到了十个引脚分别对应的数字段。

同时在本次项目中为了解决实际问题我也学到了新的知识，例如在本次项目中，我们的控制器是 Arduino Uno，但系统需同时驱动 4×4 矩阵键盘（占用 8 个数字 I/O 口）、双位数码管（段选与位选共需 10 个 I/O 口）以及步进电机驱动器（至少需 2 个控制信号），而 Arduino Uno 仅有 14 个数字 I/O 口，显然无法满足直接连接的需求。为解决这个问题，我找到了使用移位寄存器（如 74HC595）的串行扩展方案。该方案仅需占用 3 个主控引脚（数据、时钟、锁存），即可通过级联方式扩展出多个输出端口，成功驱动了数码管的段选与位选信号。通过这一过程，我掌握了移位寄存器的工作原理、时序控制与级联编程方法。

这次项目不仅让我深化巩固了在课堂上学到的专业知识，同时也让我学会了很多解决实际问题的方法。遇到的问题和挑战远比预期更多，但解决问题的过程也使我收获良多。

8.3 邢腾天

我主要负责去鳞机构中机械传动系统的设计与实现，重点聚焦于摇杆-滑块机构的建模、仿真、加工与装配调试。在项目初期，我们基于理论力学对四连杆机构进行了运动学分析，并利用 SolidWorks 完成了三维建模与运动仿真。仿真结果显示，刀具开合轨迹平滑、行程合理，理论上完全满足去鳞所需的夹持与释放动作。彼时我以为，只要按图加工、精准装配，机构就能如动画般流畅运行。

然而，当我们将 3D 打印的连杆件与金属滑块组装到铝型材机架后，问题接踵而至：舵机驱动时，刀具要么卡死不动，要么运动迟滞、伴有明显抖动。经过反复排查，我们发现了我们对于对顶螺母预紧力不当：为防止连杆松脱，我们在销轴两端使用了对顶螺母锁紧。但若拧得过紧，会显著增加转动副的摩擦阻力；若过松，又会导致机构晃动、运动不同步。

为解决问题，我们进行了多轮迭代：重新设计滑块结构，嵌入垫片以降低摩擦系数；精确测量每根连杆的实际长度，通过微调连接孔位补偿累积误差；并进行螺母预紧的控制，既保证连接刚性，又避免过度约束。经过近一周的反复调试，刀具终于实现了同步、平稳、无冲击的开合动作。

这段经历让我深刻体会到：机械设计绝非纸上谈兵。设计是妥协的艺术，而制造是验证真理的唯一标准。

8.4 陈景峰

在本项目中，我主要承担内脏去除模块的结构实现以及整机主体框架的搭建任务。该模块

的核心在于将高速旋转的剖切刀盘精准定位至鱼腹区域，并确保其在运行过程中具备足够的刚性和稳定性。然而，在具体实施过程中，我们很快遇到了一个典型但棘手的工程问题：所选直流减速电机的外形尺寸（尤其是法兰直径与轴向长度）与前期预留的安装空间存在明显冲突。若强行采用标准支架，不仅会导致整体结构外扩，破坏设备的紧凑性，还可能影响与其他模块（如丝杆平台）的运动干涉。

为解决这一矛盾，我决定放弃通用安装方案，转而自主设计一款定制化的电机套筒结构。该套筒需同时满足三项要求：一是与铝型材支架可靠连接；二是对电机本体提供均匀约束，防止振动偏移；三是便于后期拆卸维护。经过多轮草图推演与三维建模，最终采用分体式抱箍结合沉头螺钉压紧的方式，并通过过盈配合将电机轴端与刀盘联接。在加工阶段，我特别关注了配合公差的选择——过盈量过小会导致传动打滑，过大则可能损伤电机轴承。为此，我查阅了《机械设计手册》中关于 H7/r6 配合的相关数据，并结合 3D 打印材料的实际收缩率进行了微调，最终实现了既稳固又可拆卸的装配效果。

尽管结构功能得以实现，但在整机组装后期，我又暴露出一个更为隐蔽但影响深远的设计疏漏：未在框架设计阶段系统规划线缆管理路径。由于铝型材槽道被大量用于机械连接，剩余空间不足以容纳步进电机、舵机及传感器的多路供电与信号线。结果导致布线只能沿外表面捆扎固定，不仅外观杂乱，更在设备运行中因丝杆升降反复牵拉而出现线缆磨损风险。此外，一旦某处线路故障，排查难度显著增加。

这一经历给我带来了深刻的反思：机械设计绝非孤立的静态构型工作，而是一项高度集成的系统工程。优秀的结构工程师不仅要考虑强度、刚度与运动学性能，还需前瞻性地融入电气布局、热管理、人机交互乃至后期运维的全生命周期视角。尤其是在机电一体化项目中，“走线即功能”，合理的线槽、穿线孔、接线盒预留，往往决定了产品从“能用”到“好用”的跨越。未来，我将更加注重跨学科协同，在概念设计阶段就引入 DFM（面向制造的设计）、DFA（面向装配的设计）及 DFX（面向 X 的设计）理念，力求在源头规避此类“低级但致命”的疏漏。

8.5 李晓航

在本项目中，我主要负责关键机构的数字化建模、仿真分析及控制参数的实验验证工作。针对去鳞工序的效率与覆盖率问题，我基于 SolidWorks 建立了鱼体与去鳞刀具的相对运动模

型，并通过参数化扫描，模拟了不同长度（150mm - 300mm）鱼体在丝杆匀速下降过程中的刮鳞轨迹。仿真结果表明，刮鳞时间 B （即丝杆从起始位下降至底部所需时间）对去鳞完整性具有显著影响：时间过短，刀具无法覆盖尾部；时间过长，则可能导致头部区域重复刮削，增加鱼皮损伤风险。据此，我们将时间 B 的可调范围设定为 2.0 - 4.0 秒，并通过 Arduino 程序实现用户自定义输入，为设备提供了初步的“个性化适配”能力。

然而，当我们将该参数方案应用于实机测试时，却观察到一个仿真未能预测的现象：刀具与鱼表接触压力不均，会短暂脱离。这种非刚性行为使得尾鳍根部或侧腹区域出现“漏鳞”现象，严重影响加工质量。深入分析后发现，我们的仿真模型将鱼体简化为刚性实体，忽略了生物组织的粘弹性、各向异性及与刀具间的动态接触摩擦特性——这些因素在真实工况中恰恰是决定去鳞效果的关键变量。

这一偏差让我深刻认识到：数字孪生虽强大，但永远是对现实的近似；物理世界的复杂性远超理想模型的边界。无论网格划分多么精细、边界条件多么严谨，若缺乏对实际材料行为与环境扰动的充分建模，仿真结果就难以完全指导工程实践。这也印证了“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”的工程哲学——实物测试不仅是验证手段，更是发现新问题、修正认知盲区的重要途径。

基于此，我对后续优化方向有了更清晰的构想：若能在刀具支撑臂上集成微型压力传感器或应变片，实时采集刮鳞过程中的接触力反馈，并将其作为闭环控制信号输入主控系统，则有望实现自适应刮鳞力度调节。例如，当检测到阻力骤降（表明刀具脱离鱼体），系统可短暂暂停下降并微调刀具开合角度；当阻力过大（可能卡入鱼鳍），则自动回退以避免损伤。这种“感知-决策-执行”的智能控制逻辑，不仅能提升去鳞一致性，也为未来开发适用于更多水产品（如带硬鳞的鲤鱼、体表黏液丰富的黄鳝）的通用型加工设备奠定技术基础。此次项目不仅锻炼了我的仿真与测试能力，更点燃了我对智能农业装备中“柔性感知与自适应控制”方向的浓厚兴趣，我期待在未来的研究或工作中继续深耕这一领域。

参考文献

- [1]赵兆.去鱼鳞装置的技术发展综述[J].中国食品工业,2024,(07):135-137
- [2]何启旺,丁嘉麟,杨云,等.小型一体式鱼鳞机的设计[J].科技风,2021,(06):9-10
- [3]彭三河,杨焕.新型除鱼鳞机除鳞效果研究[J].食品与机械,2011,27(02):71-73
- [4]何文力.鱼糜生产 HACCP 体系的建立及鱼前处理去鱼鳞设备的设计[D].武汉轻工大学,2018
- [5]程世俊.连续式淡水鱼鱼鳞去除设备的研制[D].华中农业大学,2012.
- [6]王玖玖,宗力,熊善柏.淡水鱼的连续式鱼鳞去除方法[J].农业工程学报,2011,27(09):339-343
- [7]王玖玖.淡水鱼鱼鳞去除方法的研究[D].华中农业大学,2011.
- [8]彭三河,杨焕.新型除鱼鳞机除鳞效果研究[J].食品与机械,2011,27(02):71-73

