

“三轴数控机床” 激光切割造物项目教学案例

教学案例名称：“三轴数控机床”

项目作品类别：智能装置类

作者： 陈德新

单位：哈尔滨市师范附属小学校。

指导：龙丽嫦

单位：广州市电化教育馆，

涉及学科或专业领域：同附件

一、 项目作品设计与制作学习概述

该项目是数控机床邻域具有代表性工程，涉及激光切割技术、数控机床原理、数控编程多学科知识，是一个数字制造的综合性项目。考虑到目前市场上的铸造结构的数控机床价格较高，功能较全面、操作复杂，而普通用户即用不起、也用不全。从降低生产成本的角度，我们设置这个项目来了解木质框架三轴数控机床的制作原理、制作技术、制作流程，将智能数控机床的关键技术包括数字化设计、模拟装配、激光切割技术、数控编程技术介绍和展示，指导学生掌握结构设计、图纸审核、数控加工、模拟组装、数控编程的技术和方法。

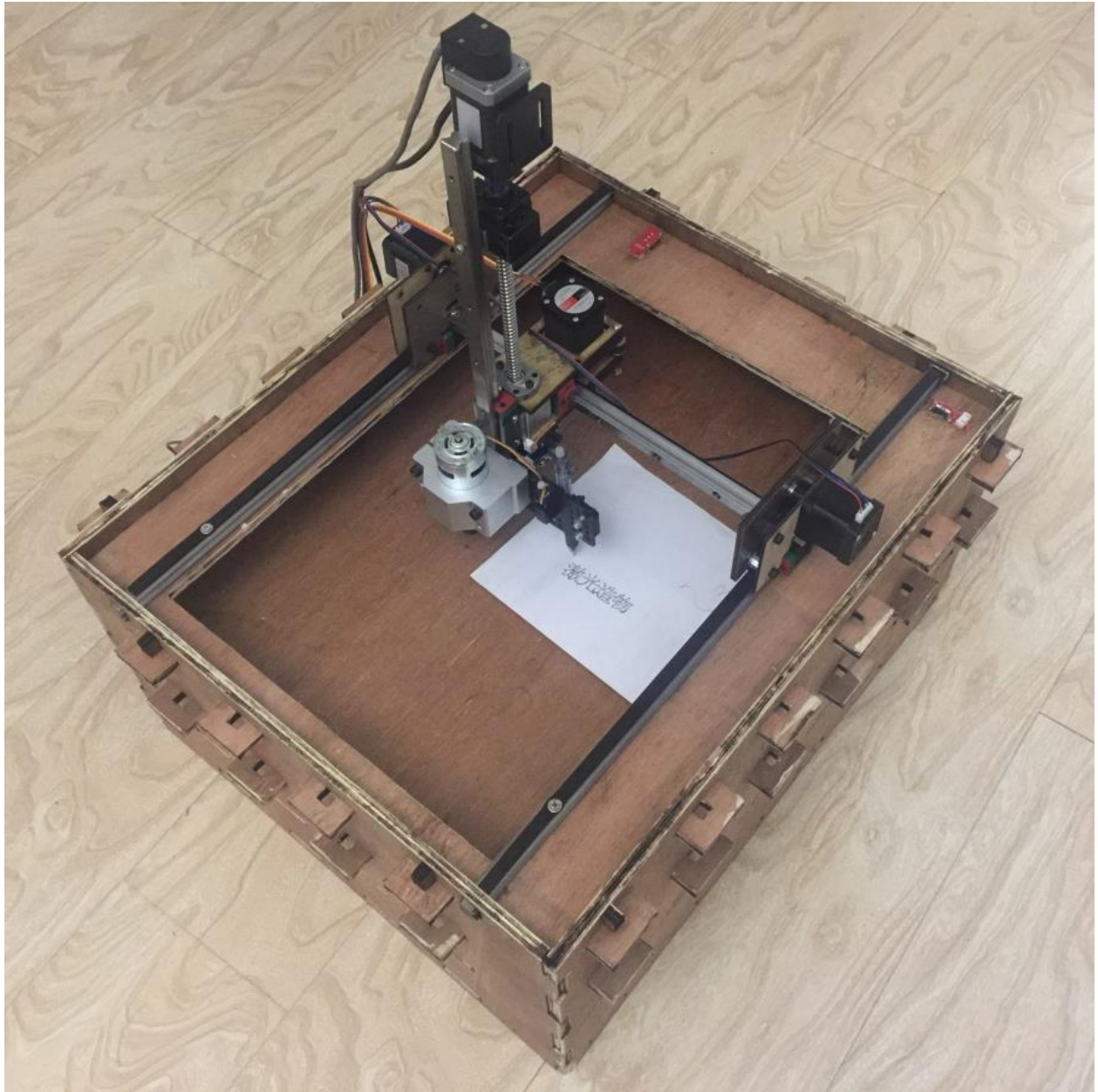


图 1 作品实拍

二、教学设计

（一）学习内容分析

立体几何知识，机械传动知识、机械结构设计知识、工程平面图知识、激光切割加工知识、组装工艺知识、开源硬件知识、图形化编程知识、刀路运行路径编程知识、数据解析知识、机床控制原理知识。本课程预设初中毕业生至高二阶段学习。学习后能帮助学生建立智能数控产品开发过程。

（二）学习者分析

学生要具备模仿设计学生桌椅数字模型，组装调试循迹机器人的基本功能，本课使用 CATIA 零件设计、装配、工程图板块功能。会使用步进电机、直线导轨、ARDUINO 主控板。学生可能不熟悉 CATIA 软件，可以使用其它 3D 类机械设计软件，连接件设计需要立体空间思维，需要学生有 3D 基础。

（三）学习目标分析

1. 项目目标

本案例是一个设计和装配都较为复杂的机械工程项目，通过这个项目教师组织和带领学生开展面向真实的工程设计出发的 DIY 制造项目的学习，认识机床的组件组成和数控原理。在项目制造初期，要学习如何反复解构研究和搜索相关资料，做好设计的可行性分析，并反复审查与优化作品设计方案；要学习制造过程中各个组成部分的连接方式、精确数据要求、材料要求以及各种设备与组件的安全使用规则和方法；学会根据设计方案，利用激光切割建模及反复实验验证，直至机床各组件严密组装并能稳定实现其功能；理解如何利用开源硬件的设计工具或编程语言，实现作品的各种功能模块，并初步体验测试、运行作品的数据采集、运算处理、数据输出和调控执行等各项功能，优化设计方案，从而将知识建构、技能培养与思维发展融入运用数字化工具解决问题和完成任务的过程中，促进信息技术学科核心素养达成，完成项目学习目标。同时，体验技术和工程综合应用动手实践项目对学生手脑并用的劳动教育的意义和作用。

2. 学业目标

（1）知道机床的一般组成部分、具体部件和数控原理。

（2）理解本项目三轴数控机床的组成部分、具体部件、装配方式和数控原

理。

(3) 掌握本项目三轴数控机床数字化建模方法和装配过程。

3. 学科核心素养

信息意识：围绕真实任务需要，针对调查研究的、查询到的较为复杂的信息问题，能综合分析获取的信息，评估信息的可靠性、真伪性、目的性和可用性。

工程思维：围绕机床的组成和功能设计需求，围绕降低制造成本和保障设备的精确性和稳定性的目的、目标，规划和设计解决问题的方案，并通过反复实验和设计、优化建模方案的修改、组装和调试实现，直至解决问题，项目达到。

计算思维：能够理解计算机控制机床运作原理，并通过推理、构建、运算的设计，实现整体制造方案的运算过程、控制过程的计算，包括机械部分、电路部分和程序控制部分的设计。

数字化学习与创新：在技术丰富的学习环境中，能有效评估多样化的数字化资源与工具对特定学习任务的价值，并综合运用好各种工具，完成对知识学习和实践运用的目标。

信息社会责任：懂得站在社会创新的角度，从节约材料成本、制造成本目、丰富产品的多样性等目的出发，为工业制造、教育创新奉献产品原型开发与探索的力量。

(四) 学习重难点

设计三轴数控机床木质结构、金属结构建模与切割、装配实验，以及联合数控部分的整体安装和调试、加工数据解析提取过程。

（五）教学方法选择与设计

项目学习法，实地调查法，文献研究法、示范法。

（六）教学资源与工具设计

软件：准备 3D 打印机的初始化与打印过程视频，激光切割机对刀和加工视频。机械机构建模软件 CATIA、雷宇激光切割机设计视频，编程软件 Mind+。

硬件：电钻、扳手、螺丝刀、游标卡尺、钳子工具。

（七）项目课程组成

课程目录

1 课时：40 分钟

第一单元. 模拟数字化设计

第一课. 底座箱体零件设计。

第二课. 模拟化装配底座

第三课. 参照通用件图纸创建数模库。

第四课. 模拟装配 Y 轴 X 轴单元

第五课. 模拟装配 Z 轴、切削单元

第六课. 创建工程图

第二单元实物加工装配

第七课激光切割板材

第三单元实物装配

第八课 机械机构组装调试

第九课. 开源电子元件组装。

第四单元. 编写机床控制程序。

第九课. 编写机床初始化程序

第十课. 加工“刀路运行路径”编辑

第十一课. “刀路运行路径”数据解析提取

第五单元. 数控机床操作

第十二课. 数控机床试机加工

第十三课. 机床加工作品展示

（八）教学过程

第一单元. 模拟数字化设计

取第一课程单元作为教学过程示例。

第一课. 底座箱体零件设计。 2 课时

1. 导入

师：请同学们观看工业 CNC 数控机床的加工过程。视频：本雕刻机的加工试机视频。

生：观后发现，CNC 是减法的加工，是在准备好的材料上切削，和激光切割加工相似都有 XY 轴，与激光切割机不同的地方是多了 Z 轴，还有激光是用光切割，CNC 是用转动的刀切削。

设计意图：认识数控机床，锻炼学生通过观察发现学习新知识能力。

师：同学们能观察分析这么详细，老师真没想到，同学们非常棒。

师问：CNC 数控机床上使用的原件你们认识吗？和我们学习使用过的硬件一样吗。

生：机器的箱体是用多层的模板搭建而成，机器运转的主板，是 ARDUINO 主控板，XYZ 各轴的运动和激光切割机的类似，用的是步进电机和直线导轨。夹旋转刀的马达和手电钻马达类似。这些原件在我们的创客教室里就有。

设计意图：培养学生分析作品结构与工作原理。

师：这个木质的 CNC 雕刻机能制作那么精美的工艺品，你想用他干什么？

生：我想雕刻一套奖励印章，送给老师，我们的作业本更加漂亮，能不能在我们的文具上刻名字，减少班级孤儿文具。

设计意图：激励学生使用 CNC 数控机床欲望。

师：同学们有这么多的想法，非常棒，要想实现愿望，需要怎么做？

生：可以买一台，我和他的想法不一样，这台机器框架是木板，我们可以自己

设计，用激光切割机加工。DIY 一个数控机床。

师：老师为同学们勇敢的想法点赞，你们非常棒，今天我们就来挑战一个新项目：制作“三轴数控机床”。

设计意图：引导学生确立制作“雕刻机”项目任务

师：同学们如何完成这个项目？

生：要先预设机床能加工作品的最大尺寸，如 A4 的大小，Z 轴高度不小于 21 厘米。

根据最大加工尺寸来设计下面箱体，可以用 CATIA 软件或激光建模软件或 3D 建模软件进行设计。

XYZ 轴的设计先建立通用零件的模型，利用模型模拟安装设计连接件。

步进电机驱动的主动轮和惰轮与皮带要紧密。

雕刻机马达安装座要牢靠。

配线连接长度要留余量，连接完成进行初步运行方向调试。

设计意图：得出设计的先后顺序，分解为多个任务。

2. 项目任务

师：设计底座箱体前，要注意什么？

生：要注意凹槽、板材厚度、激光补偿的参数，XY 轴的洞口要满足 210mm*300mm。

设计意图：确定初步尺寸

师：请同学们设计底座部分。长 610mm 宽 510mm 高 300mm

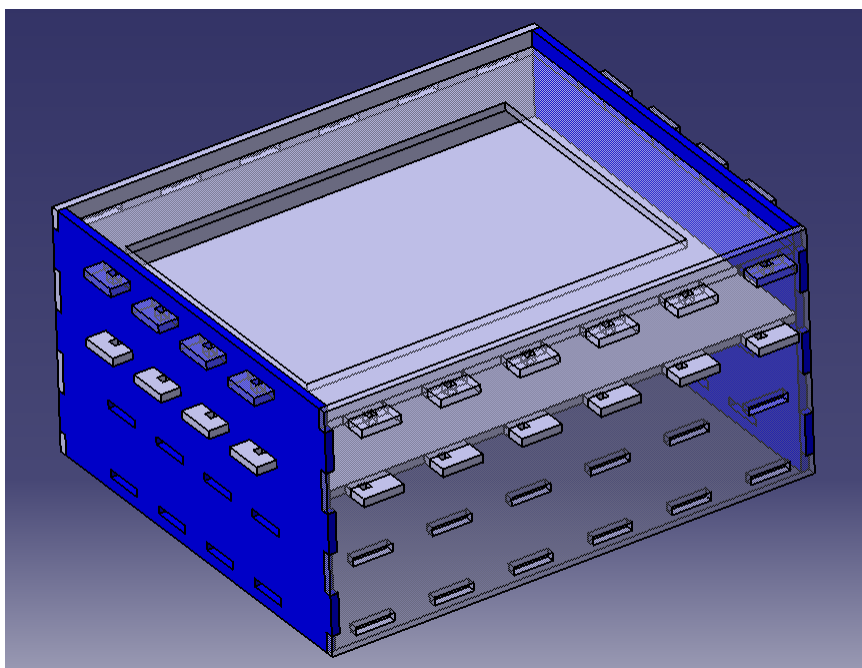


图-2 底座

生：进行设计底座环节。使用 Catia/机械设计/零件设计，进行单个零件结构设计。

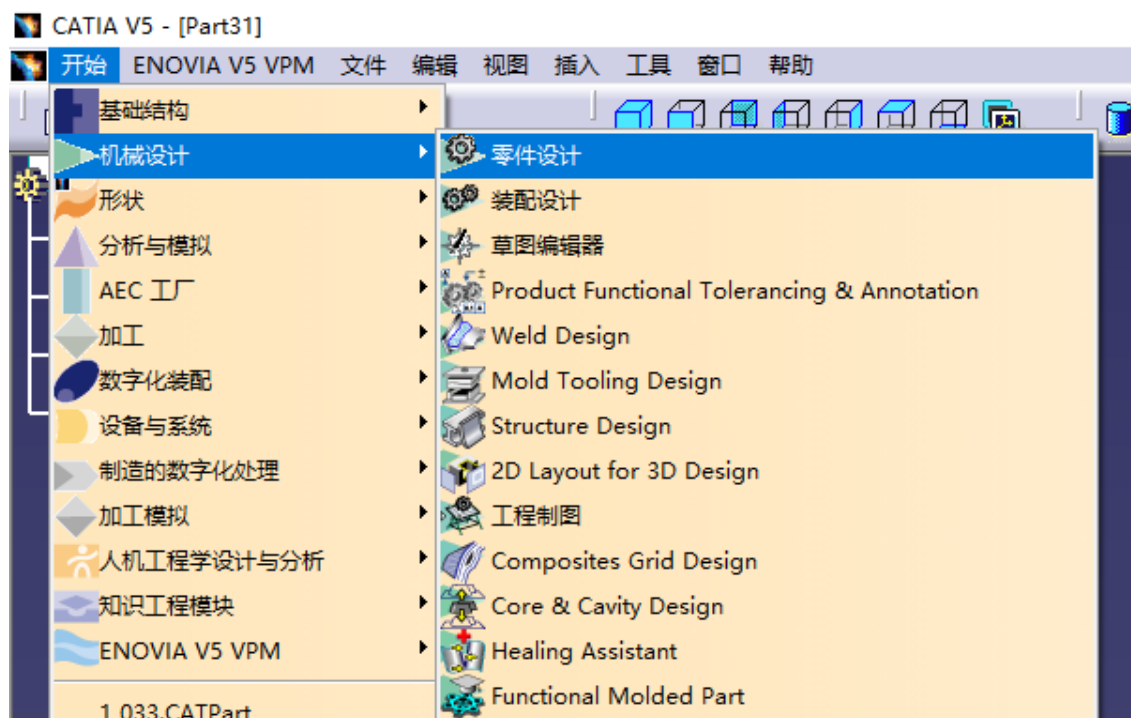


图-3 零件设计

注：学生有基础零件能力。如立方体、圆柱、孔等。

设计意图：培养学生 2 维平面到 3 维立体结构设计能力，使学生学习“插铆结

构”，可以紧密安装的特点。

师：巡视指导同学设计。

生：安装铆钉要能充分夹紧木板。凹槽与铆钉口的间距要小于板材的厚度。盒体的下板安装孔设计为 3 三层，可以加工不同厚度的零件。通过单侧尺寸进行对称设计工件。

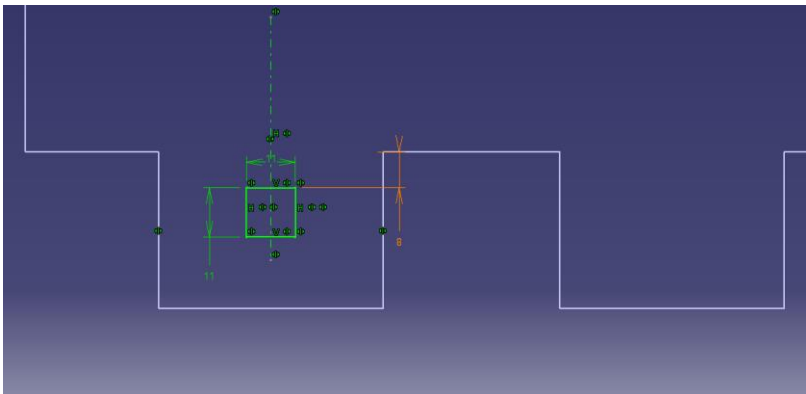


图-4 草图

设计意图：保障机械结构强度的关键点，学生要掌握，多次设计考虑工件的厚度不同。

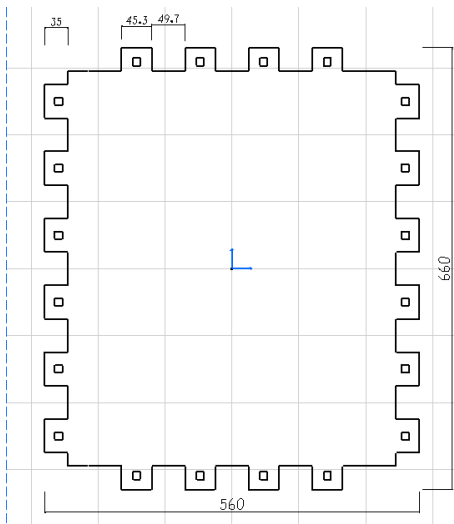


图-5 底板

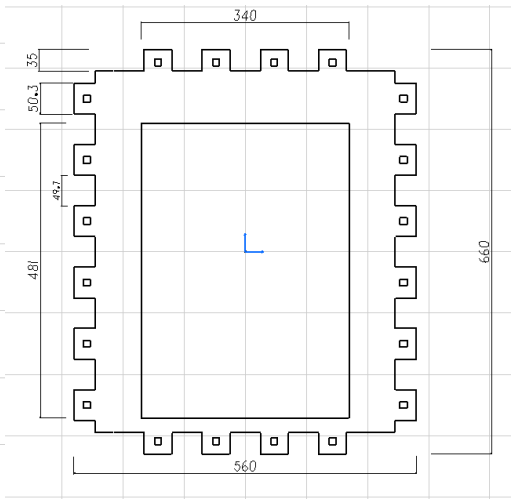


图-6 上板

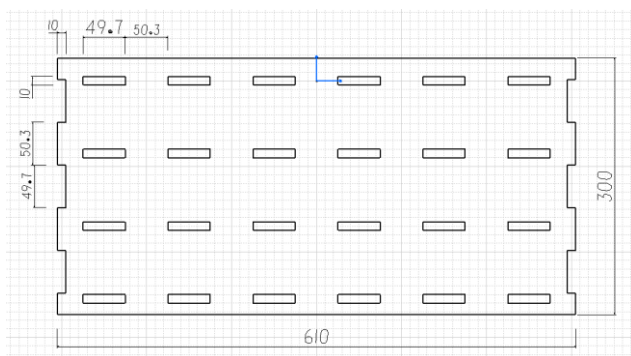


图-7 左右侧板

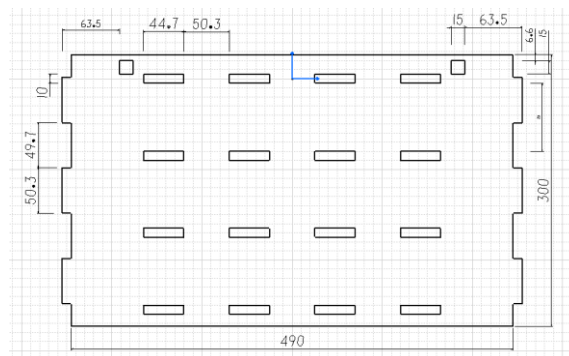


图-8 前后板

师：同学们机械机构设计非常细致，你们非常棒。

注：附件有数模和工程图。

第二课. 模拟化装配底座 2 课时

师：怎么检验设计尺寸是否合理，能够完成紧密安装？

生：用 CATIA 软件/机械设计/装配设计，将零件进行模拟组装，通过立体组装检查零件间存在的问题。

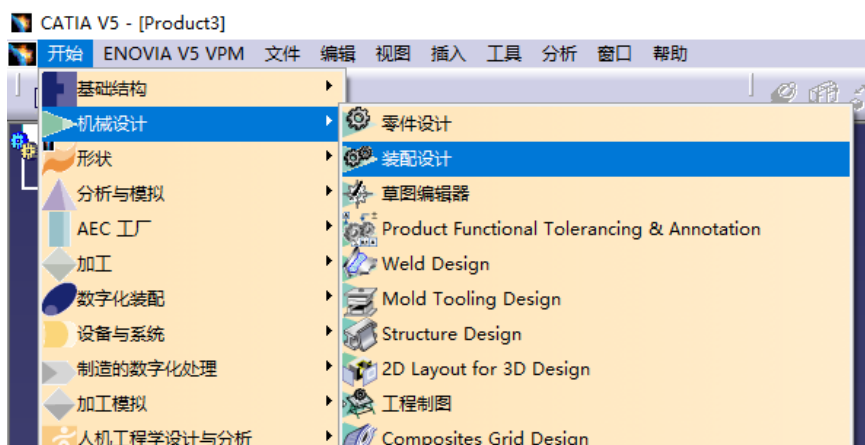


图-9 装配设计

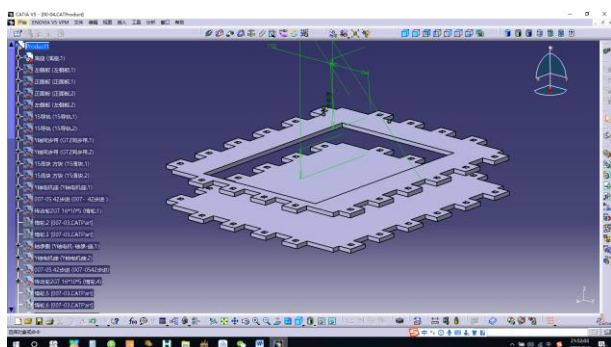


图-10 上板、下板

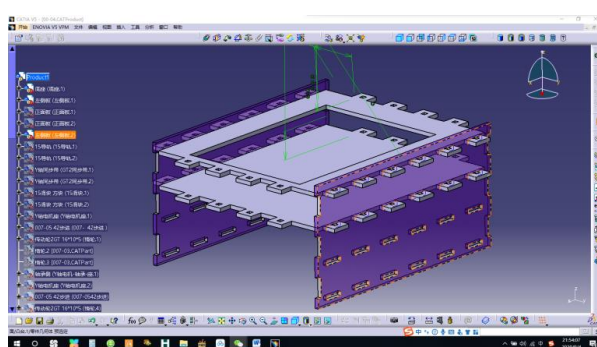


图-11 左右侧板

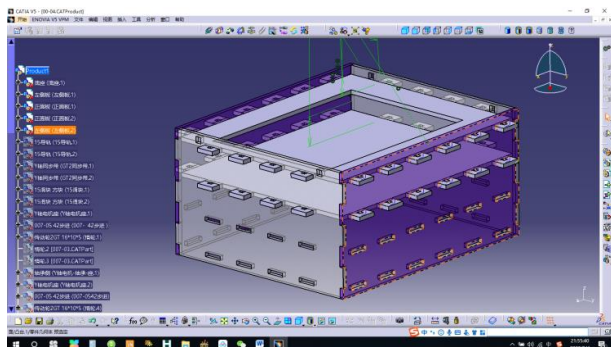


图-12 前后板

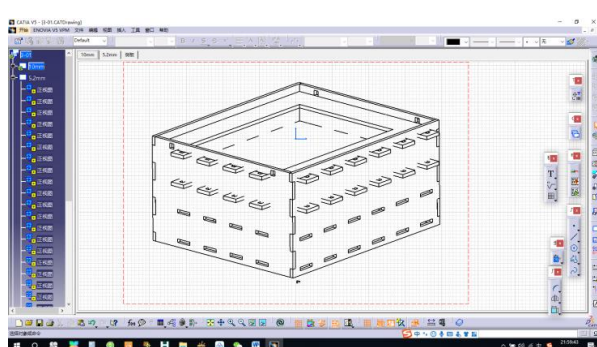


图-13 等轴视图底座

设计意图：用模拟组装检验工件间的位置关系是否合理。

第三课. 参照通用件图纸创建数模库。

4 课时

师：请同学们欣赏通用配件实物。（出示实物）片

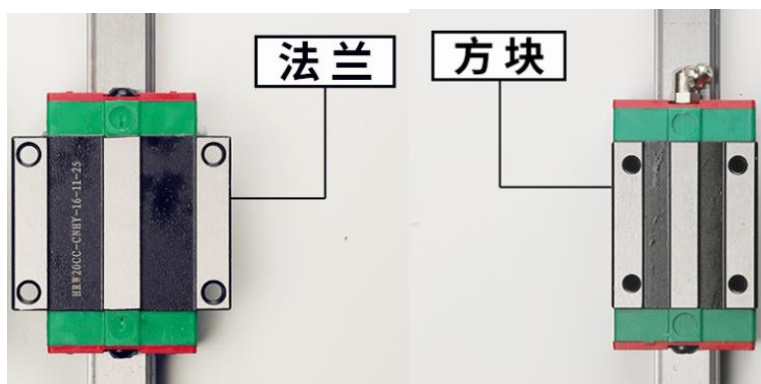


图-14 直线导轨滑块



图-15 步进电机 42 级



图-16 同步轮

带宽10mm20齿内孔5不带齿

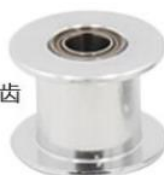


图-17 惰轮



8*18*16*5

图-18 法兰轴承



625zz

图-19 轴承

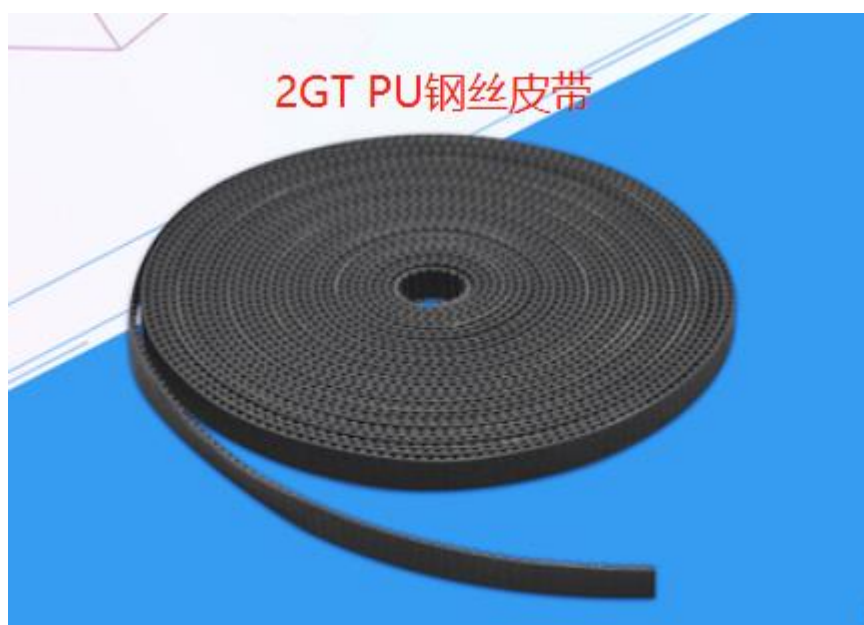


图-20 同步带

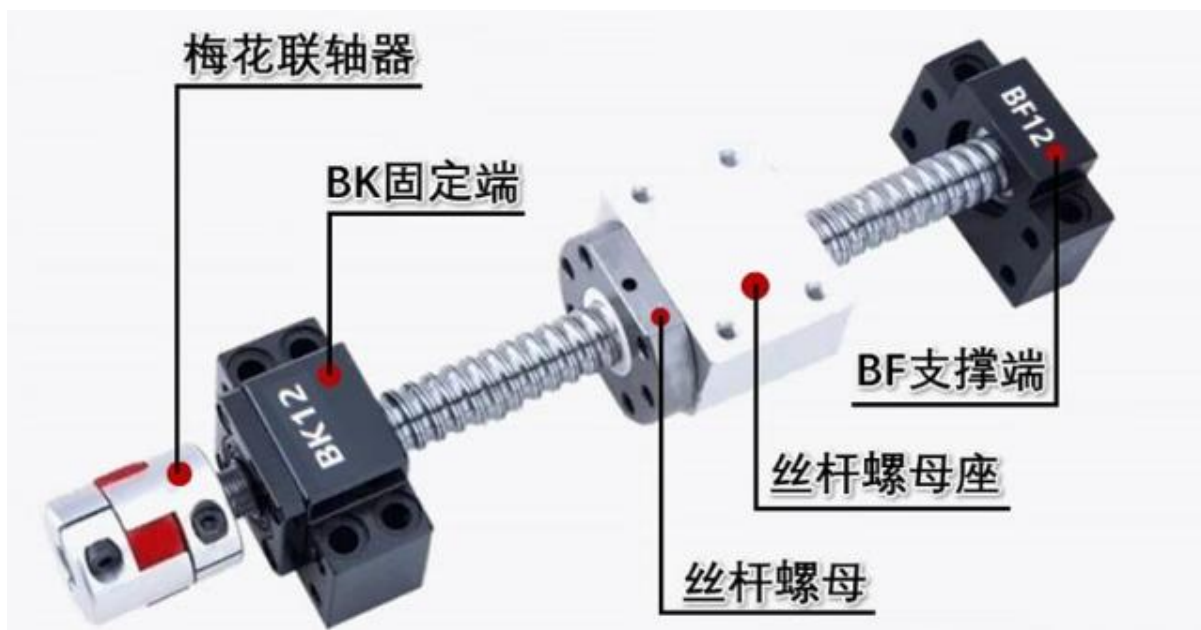


图-21 滚珠丝杆直径 12mm 螺距 4mm

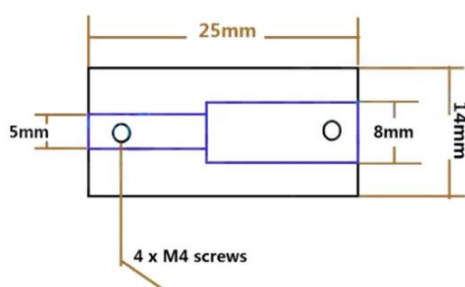


图-22 联轴器



图 23

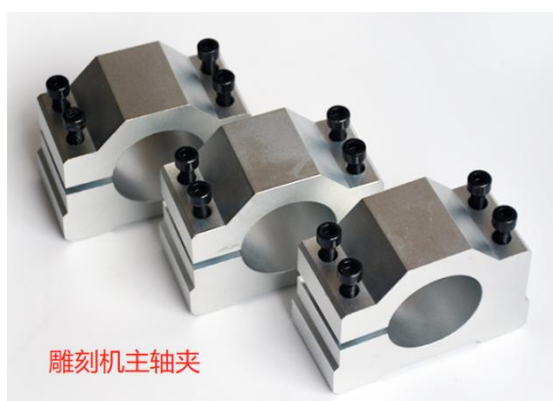


图-24 主轴夹具

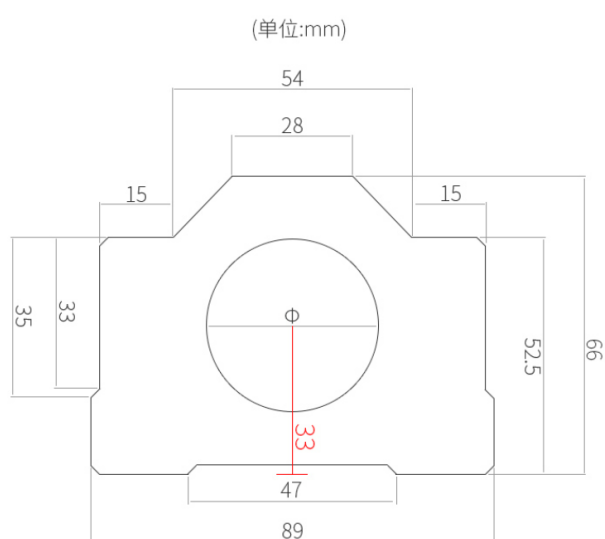


图 25



图 26 直流马达 24V 雕刻主轴

商品名称	电机轴夹刀套
商品型号	ER11/16/20型
螺母	ER11A/16A/20A型
杆子外径	16mm/20mm/25mm
轴孔	(-0.02mm)
材质	40铬

● 安装：轴孔径会比实际小0.02mm，通过300° 高频加热，热胀冷缩原理，孔加热会胀开，接着把主轴放进去，锁紧顶丝，冷却后完全固定夹刀套延长杆。



图-27 雕刻刀夹具 ER16 级

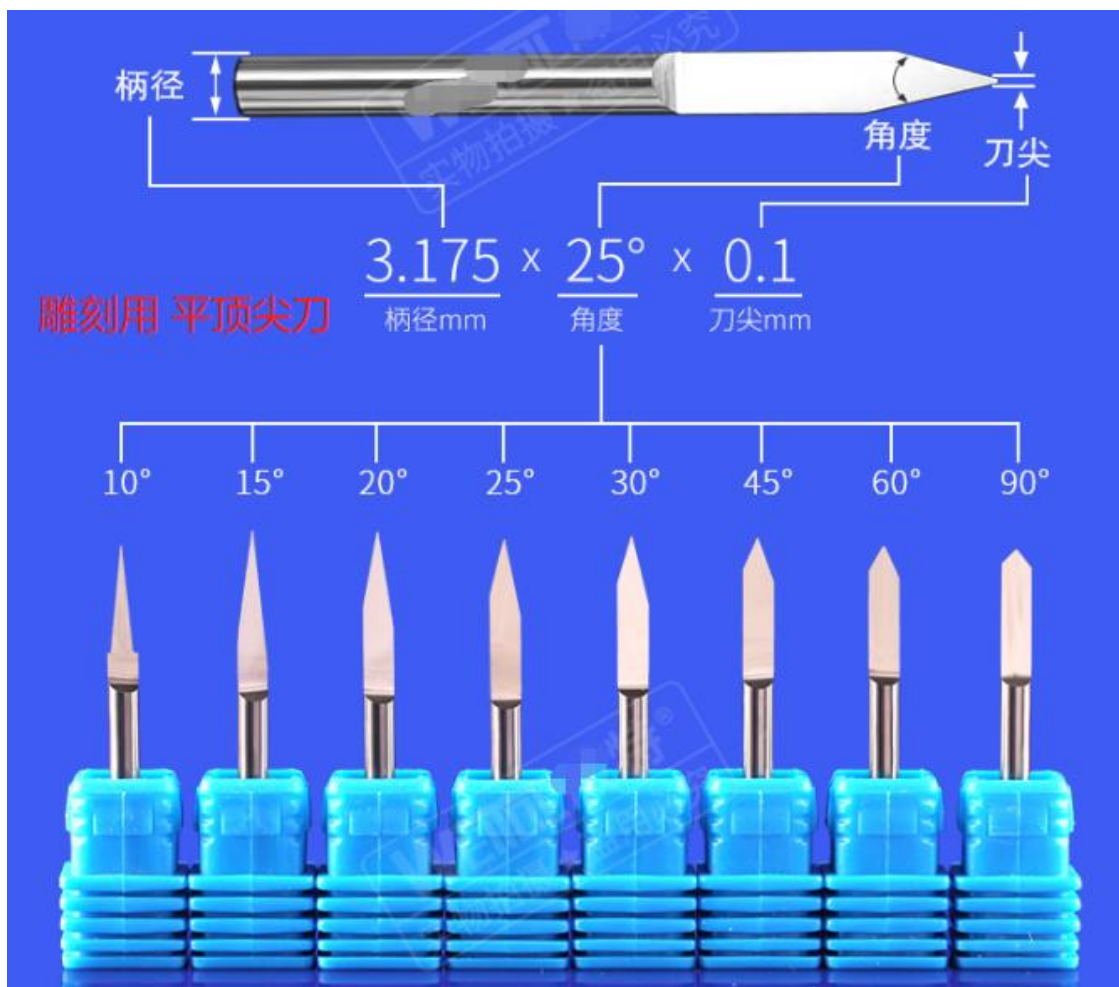


图-28 木工雕刻平顶尖刀

师：观察后你有什么想对伙伴们说？

生：这是雕刻机需要的零件。找到产品图纸或用游标卡进行实物测量，将成品件创建数字模型。这么多配件我们可以进行分组创建数字模型，同伴分享使用模型。

设计意图：熟练使用测量工具，将通用成品数字化建模，可以丰富数模库。

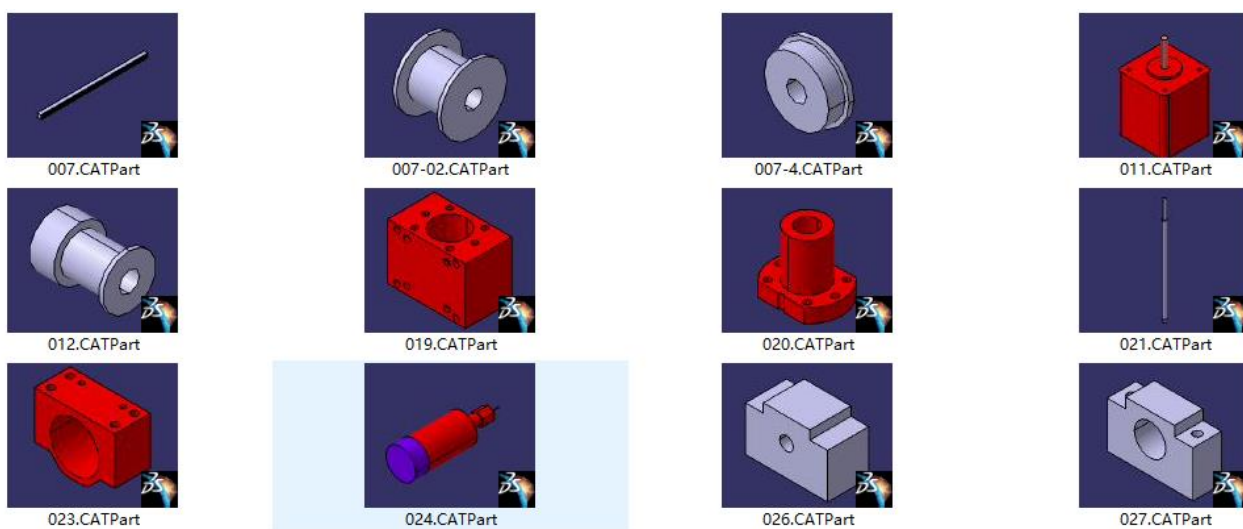


图-29 数模

师：教师巡视引导建模，同学们非常棒，这么快就创建出来了

第四课. 模拟装配 Y 轴 X 轴单元 4 课时

师：下面怎么做，谁知道？

生：同学间分享数模，分别将成品数模进行装配插入，通过视频可以看出，先插入双 Y 轴直线导轨之后安装方滑块。将 X 轴安装在 Y 轴滑块上，金属结构连接强度可靠。

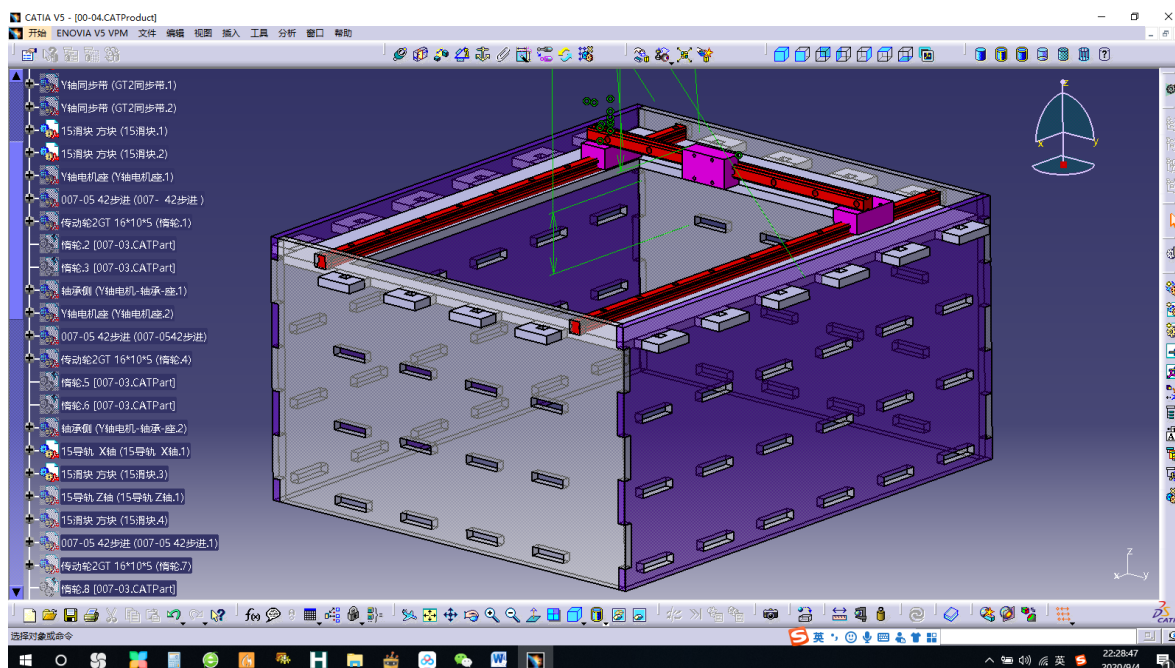


图-30 模拟 XY 轴安装

生：用 4 棵螺丝将 Z 轴螺母座与 X 轴滑块连接。利用螺母座设计连接 X 轴步进电机下连接板、下方垫、法兰轴承安装板、传动轮、惰轮、同步带、电机安装板、步进电机、上方垫、上连接板，利用螺母安装夹紧电机连接板，完成 X 轴机械机构驱动设计。

注：螺母座要手动加工 4 个安装孔，用于和 X 轴方滑块连接，要有 4 个 M4 螺纹孔用于安装 Z 轴的法兰滑块。附件有数模

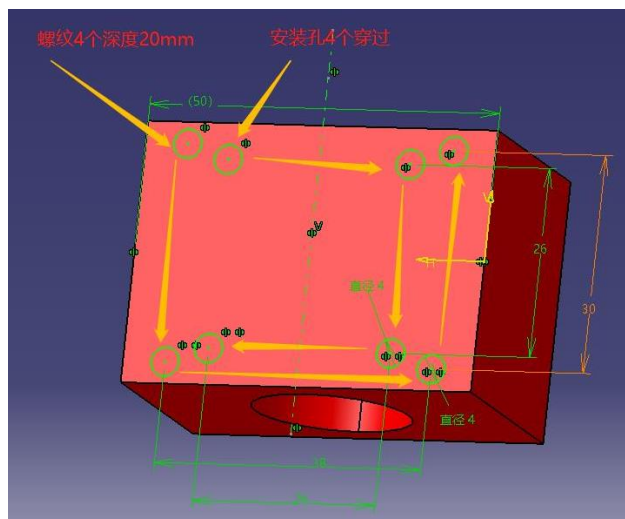


图-31 1204 螺母安装座

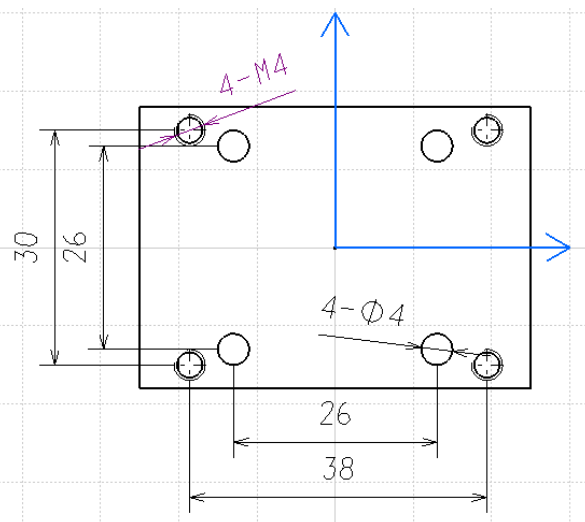


图 32

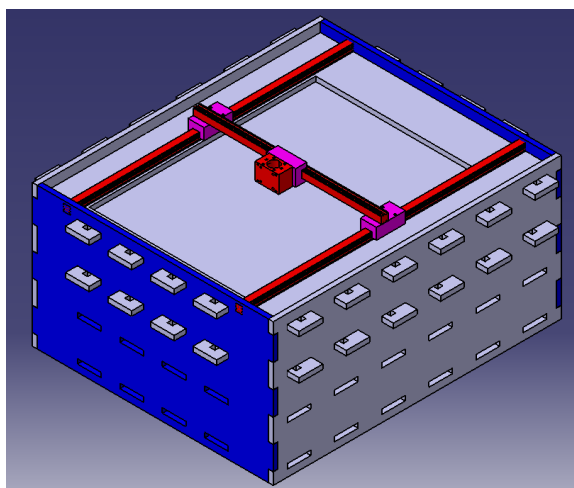


图-33 模拟按螺母座

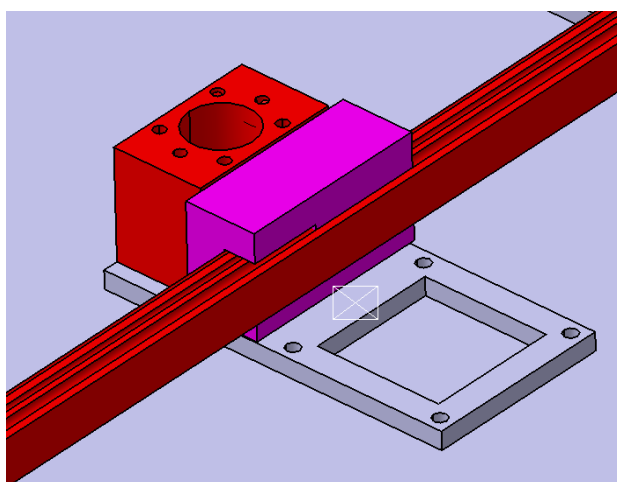


图 34

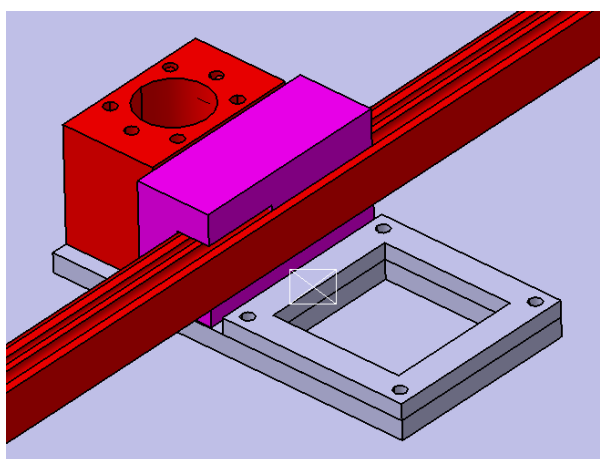


图-35 电机下连接板和方垫

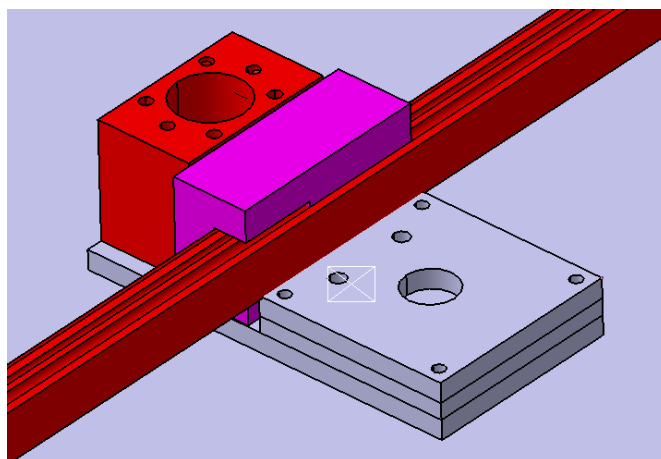


图-36 法兰轴承安装板

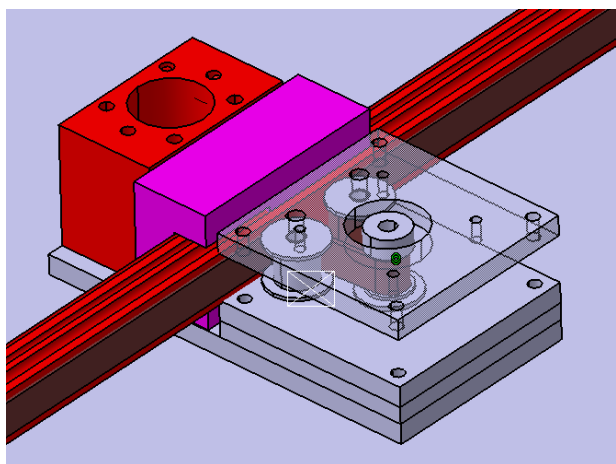


图-37 同步轮、同步带、惰轮、步进电机安装板

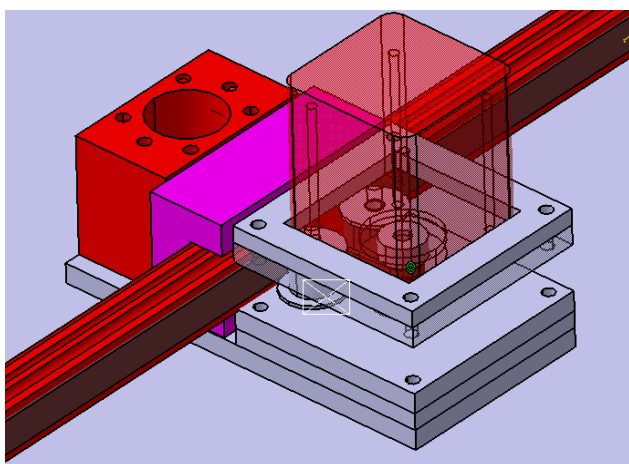


图-38 方垫、步进电机

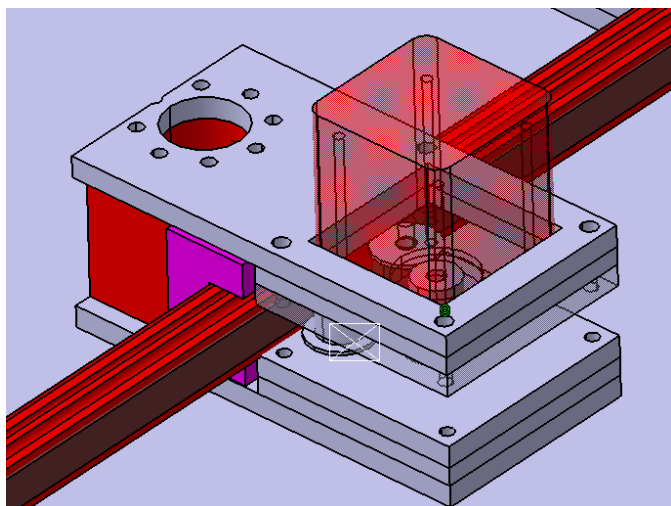


图-39 电机上连接板

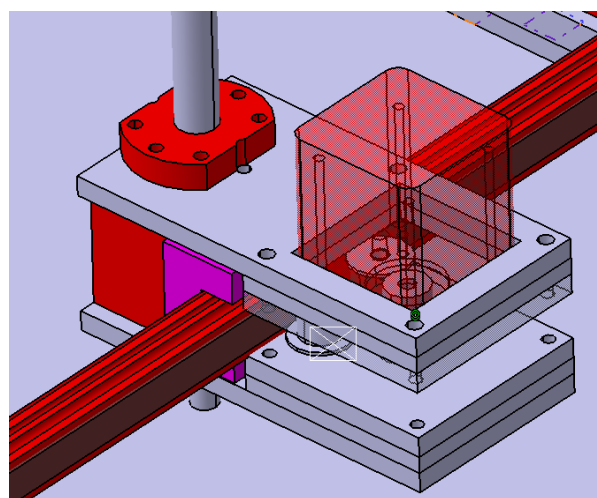


图-40 1204 螺母、丝杆

设计意图：引导学生完成初步 XY 轴的固定和 X 轴驱动机械机构任务。

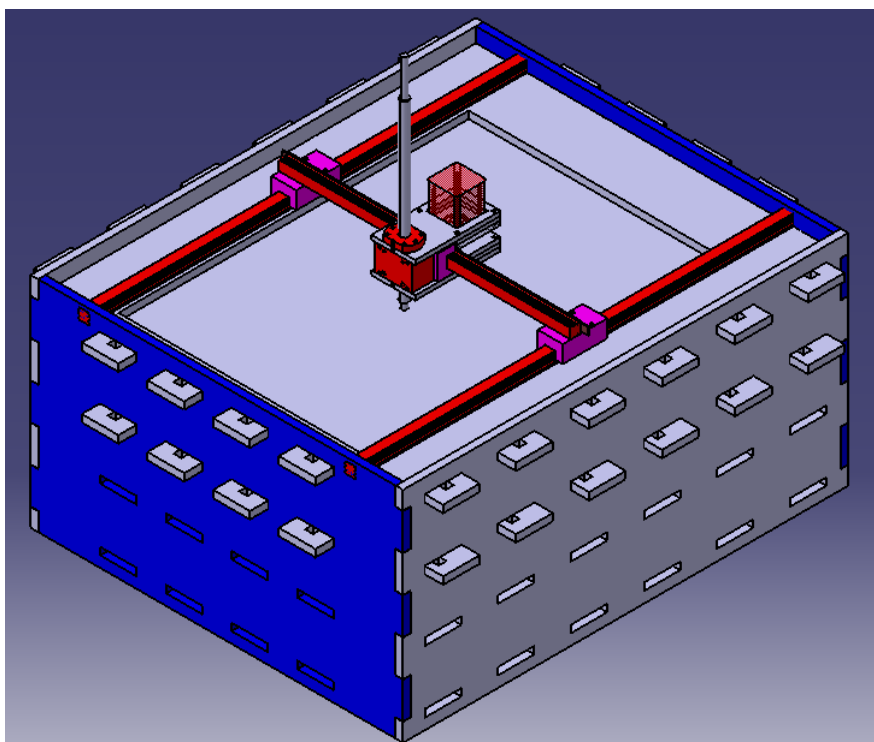


图-41 X 轴驱动

师：同学们非常棒，现在 X 轴的驱动可以了，你们能解决 Y 轴的驱动吗？

生：可以将步进电机和 Y 轴滑块连接，将同步带和底座连接。

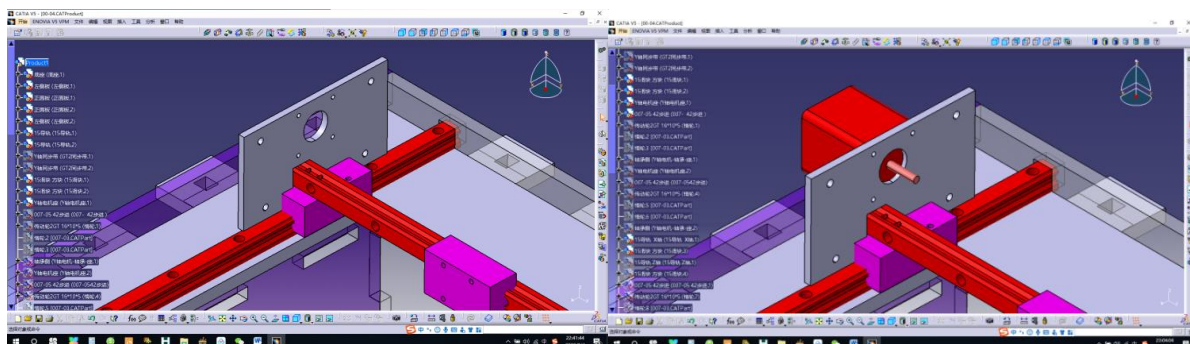


图-42 Y 轴电机安装板

图-43 步进电机

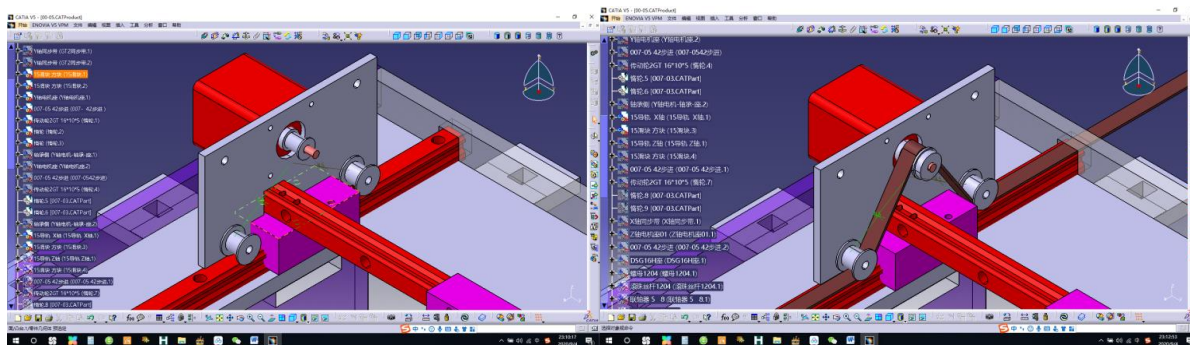


图-44 传动轮、惰轮

图-45 安装同步带

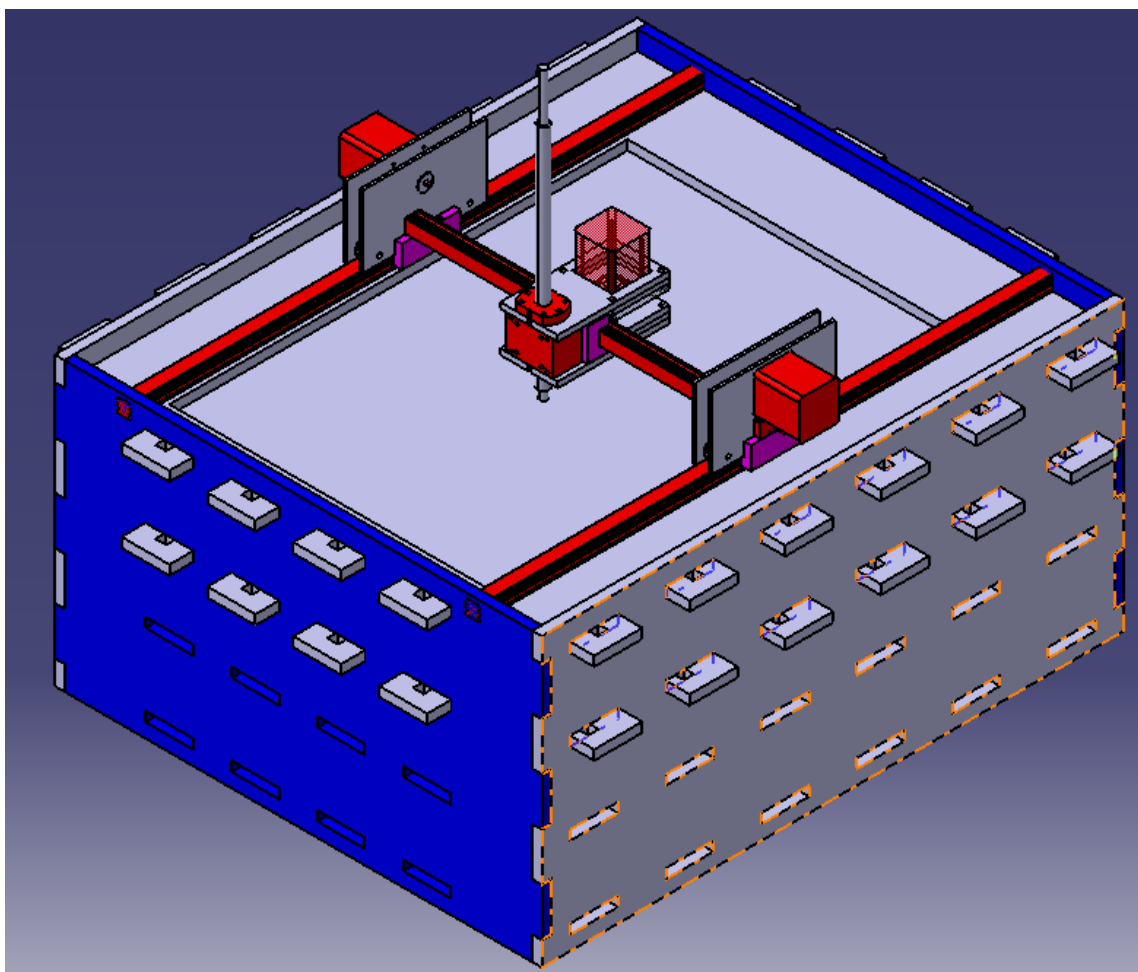


图-46 双 Y 轴驱动

师：同学们为什么将同步带固定在直线导轨上，你是怎么想的？

生：直线导轨是金属钢材，比木板的机械强度高很多倍，用导轨固定比木板连接牢固。还有同步带最好选用有钢丝的那种。

设计意图：主体受力作用点能用金属结构件是首选。

第五课. 模拟装配 Z 轴、切削单元 2 课时

生：底座高度有 300mm 高，可以预设 Z 轴的加工尺寸为 200mm。接下来是不是可以设计 Z 轴的连接，还有 Z 轴是丝杆的，能不能利用稳定器和轴承座来连接。

师：同学们想的真全面，老师非常期待你们设计的结果。

设计意图：让学生观察、思考主动提出问题。

生：开始设计 Z 轴连接。

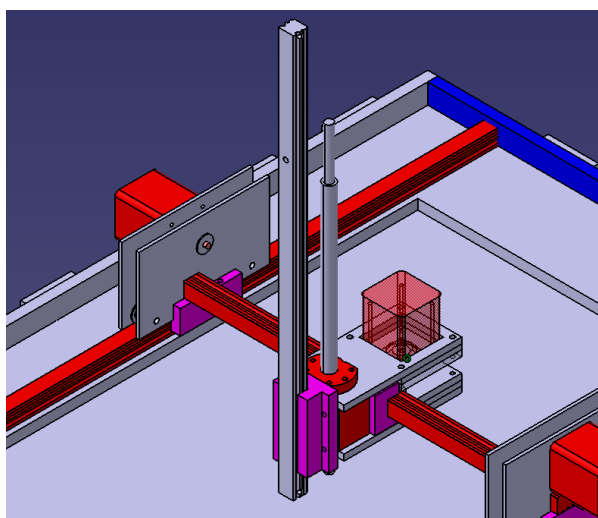


图-47 安装 Z 轴法兰滑块、导轨

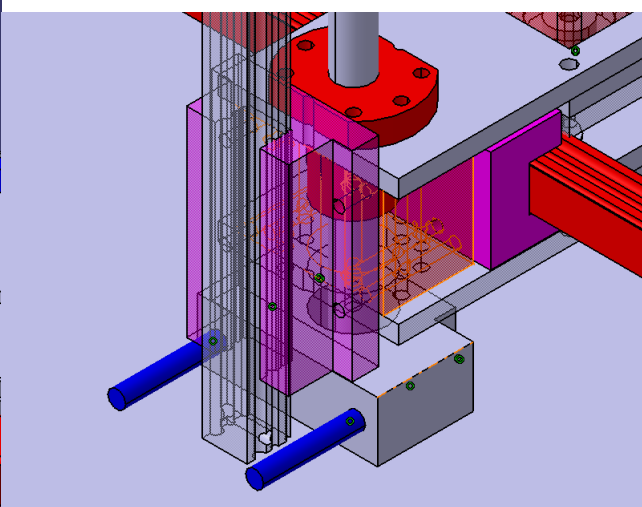


图-48 安装 BF 支撑座

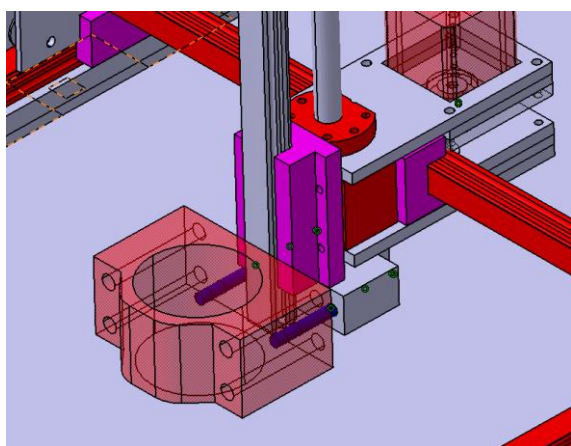


图-49 雕刻机主轴座

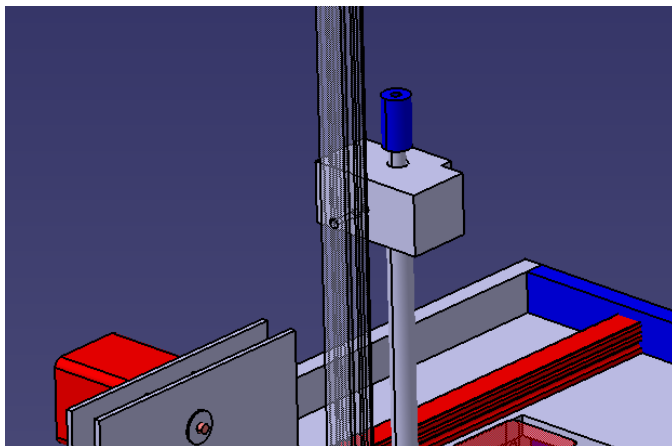


图-50 BF 稳定器

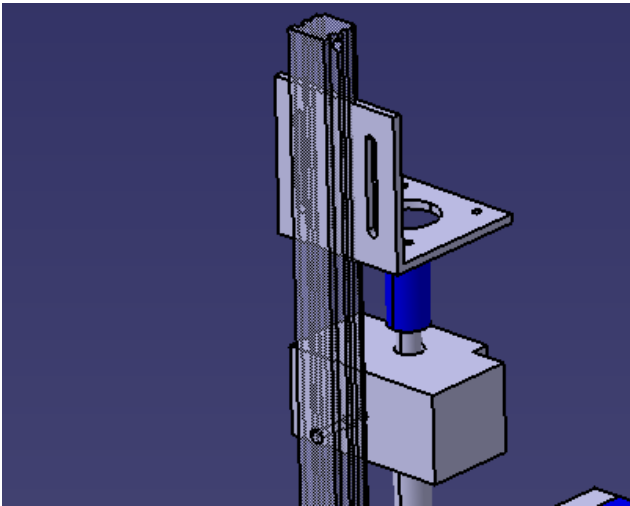


图-51 步进电机安装座

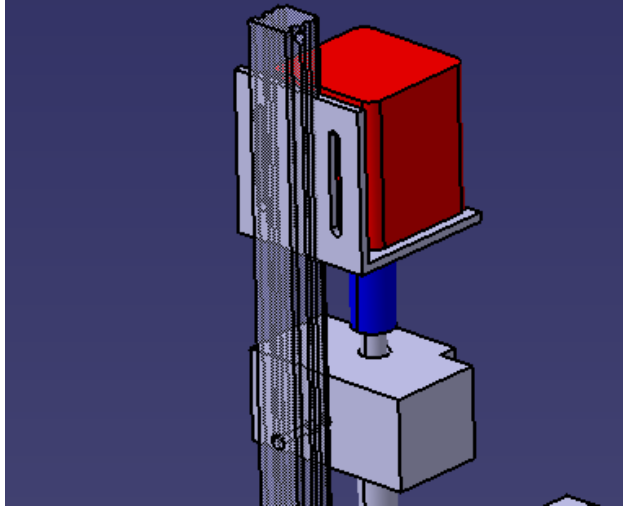


图-52 步进电机

注：稳定器加工 M4 螺纹，

师：同学们设计的非常棒。下面要解决什么任务？

生：数模中还有马达、夹具要模拟安装。

设计意图：培养学生主动思考。

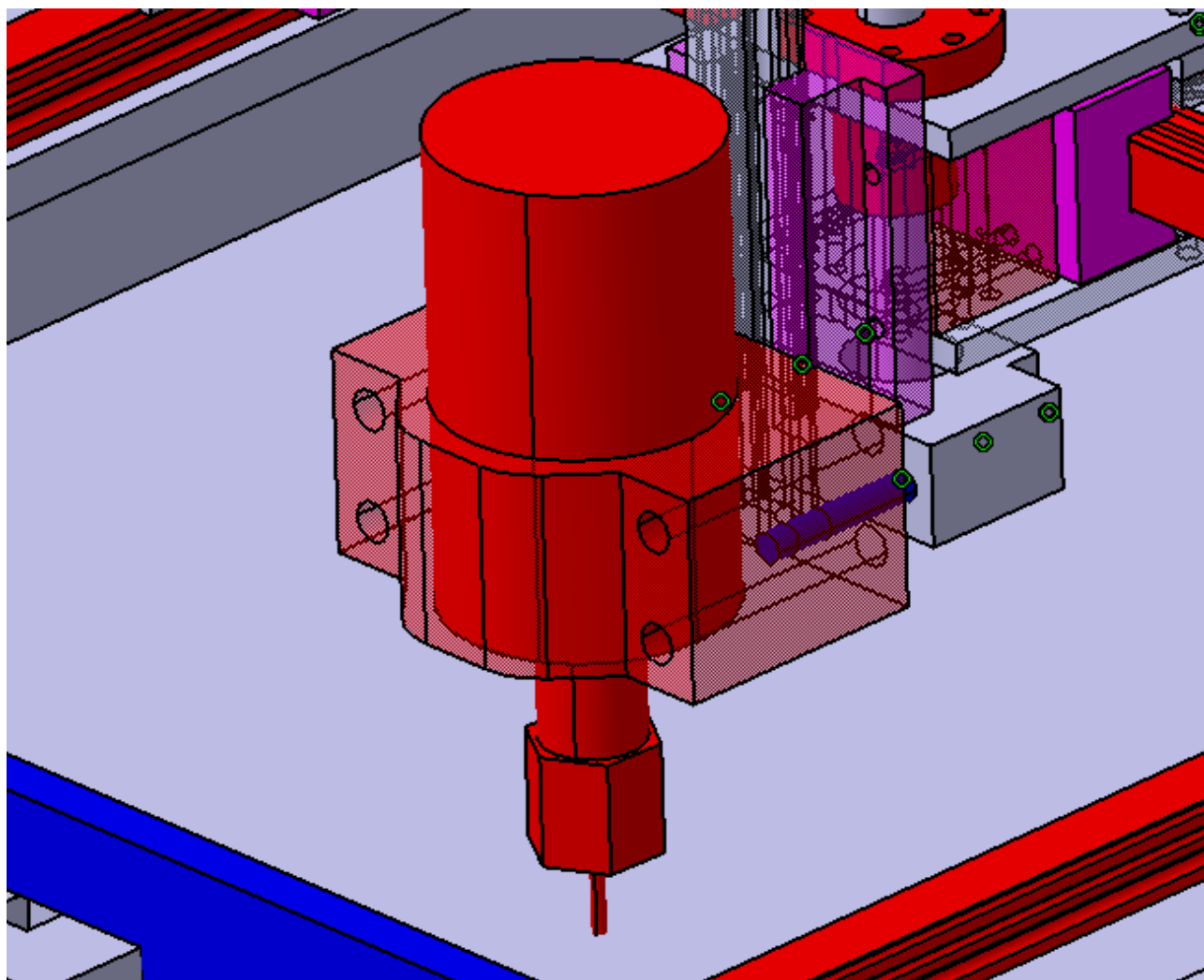


图-53 雕刻机主轴

师：通过安装同学们检验设计是合理的。