



第18届全国三维数字化创新设计大赛

“华教&德荟杯”增减材复合制造及数字孪生创新应用专项赛
(试行)

竞赛任务书

(本科生组、研究生组)

第18届全国三维数字化创新设计大赛组委会

“华教&德荟杯”增减材复合制造及数字孪生创新应用专项赛技术专家委员

注 意 事 项

- 1、参赛选手在竞赛过程中应该遵守相关的规章制度和安全守则，如有违反，则按照相关规定在考试的总成绩中扣除相应分值。
- 2、参赛选手应严格按照设备的操作规范进行使用。因操作不当导致设备破坏性损坏或造成事故，视情节扣分，情况严重者取消比赛资格。
- 3、各参赛队在规定的竞赛时间内完成全部任务，竞赛结束时，各选手必须停止操作计算机，否则按违规处理。
- 4、参赛队需自带笔记本电脑，并调试好相关软硬件，责权由竞赛队承担。在竞赛过程中注意实时保存文件，由于参赛选手操作不当造成计算机“死机”、“文件丢失”、“重新启动”、“关闭”等一切问题，责任自负，不能申请额外补时等。
- 5、比赛现场统一提供 U 盘，用于选手拷贝相关数据，严禁参赛选手携带 U 盘或其他任何存储设备进入赛场；此外，严禁携带任何易燃易爆物品、各类危险物品进入比赛场地。
- 6、若出现恶意破坏赛场竞赛用具或影响他人竞赛的情况，取消全队竞赛资格。
- 7、请参赛选手仔细阅读任务书内容和要求，竞赛过程中如有异议，可向现场裁判人员反映，不得扰乱赛场秩序。
- 8、遵守赛场纪律，尊重考评人员，服从安排。
- 9、加工后的零件按照要求封存，选手和裁判共同签字确认。

一、竞赛背景

当前，增材制造（3D 打印）技术发展非常迅速，被广泛应用于航空航天、汽车、电子、医疗等各行业的新品研发及产品创新设计。然而，在精密加工领域，增材制造的精度暂时还无法和减材制造相媲美，获得很高的精度和表面质量。增减材复合制造可以实现快速定制生产，满足个性化需求，完成产品快速迭代的创新设计与制造，为新时代创客提供了勇于创新，将产品与创意变为现实的创新平台。在未来，随着增材制造（3D 打印）技术、五轴加工与数字孪生技术的不断发展和成熟，增减材复合制造有望成为制造业企业提升产品创新能力的新质生产力。而新质生产力的加速形成与发展需要大量创新人才的有力支撑，教育系统亟需为产业培养富有创新精神、工匠精神的新质人才，这既要有责任、也要有所担当，期望共同以新质生产力发展推动教育的“新质生产力”。

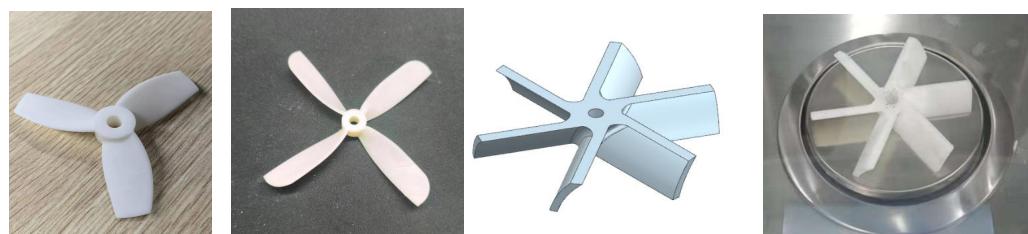
二、竞赛主题

智创融合 • 孪生赋能

三、竞赛要求

1、作品要求：

参赛作品需围绕“智创融合 • 孪生赋能”这一主题，利用数字化设计与增减材制造技术，设计并制造一款具有创新性，单翼升力螺旋桨（以下简称桨叶），叶数不限但不能是多组共轴螺旋桨等，参考图如下图所示，具体名称由参赛队伍自行拟定。



单翼升力螺旋桨参考图

2、技术要求：

- 1) 设计过程需采用数字化设计软件(选手自带笔记本电脑，软件不限)。
- 2) 制造过程需采用增减材复合制造技术(如五轴cnc加工、光固化3D打印等制造技术)。

3) 参赛作品应是全新构思设计之作，或是在现有产品基础上进行合理改型设计。参赛者务必完整呈现作品的设计思路及设计链条，以充分展现创作历程与细节。赛事坚决杜绝抄袭行为，一经查实，将取消参赛资格。

3、其他要求：

参赛选手根据竞赛平台技术参数与功能，自主开展**桨叶**设计、运动学仿真、加工，并将**桨叶**装配在单翼升力螺旋桨测试平台的无刷电机上进行升力测试。叶型可参考NACA翼型进行升力翼设计，也可自行设计叶型，但所设计叶型必须满足如下要求：

- 1) 参赛作品体积不超过100mm×100mm×100mm，重量不限。
- 2) 参赛选手可自行设计并携带非标夹具，但夹具和未精加工的**桨叶**毛坯装夹之后总高不得超过100mm。
- 3) 参赛作品要求健康环保、安全可靠。

四、竞赛内容

(一) 作品要求：

参赛选手根据竞赛平台技术参数与功能，自主开展**桨叶**设计、运动学仿真、加工，并将**桨叶**装配在单翼升力螺旋桨测试平台的无刷电机上进行升力测试。单翼升力螺旋桨测试平台如图1所示，详细参数详见附件二。

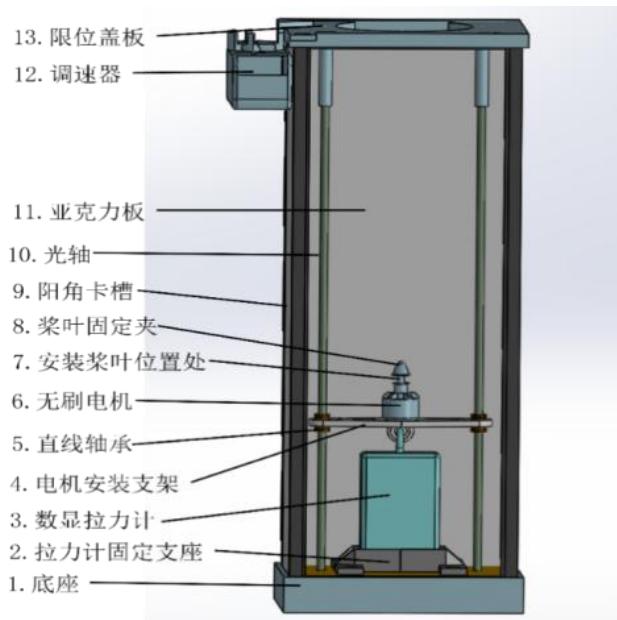


图1 单翼升力螺旋桨测试平台

底座1与光轴10用螺栓连接，电机安装支架4两端装有直线滑动轴承5，无刷电机6用连接螺钉安装在电机安装支架4上，被试桨叶用桨叶固定夹8锁紧在无刷电机6的电机轴上，数显拉力计3固定在拉力固定计支座2上，与电机安装支架4相连，电机转速由调速器12控制，外围用亚克力板11，阳角卡槽9，限位盖板13进行安全围挡。

竞赛时，参赛者自主将被试桨叶安装在桨叶固定夹8上，操作调速器12到指定档位，控制无刷电机6带动被试桨叶在指定转速旋转形成升力，使得电机安装支架4沿平台两根竖直的光轴（长度300mm）垂直上升，电机安装支架4在移动过程中由数显拉力计3测量升力（已知测试平台上所安装的电机安装支架4、无刷电机6、桨叶固定夹8、直线滑动轴承5以及连接螺钉重量合计81.36g）。

（二）现场竞赛要求

省赛时，桨叶毛坯外形不做限制，参赛者利用所携带的电脑完成图纸设计，程序编写，赛事方会根据需求提供相应cam软件的后处理，如果选手使用自带后处理文件后果自负。

利用自带的工装夹具（机床上安装有自定心虎钳，虎口尺寸为100mm×100mm）选择竞赛现场的设备完成桨叶的毛坯增材制造、桨叶的叶型减材加工，桨叶的毛坯与工装夹具的总高度不能超过100mm，要求成形桨叶的材料去除率不低于15%，桨叶加工完成后需在单翼升力螺旋桨测试平台上完成升力测试。材料去除率计算公式如下：

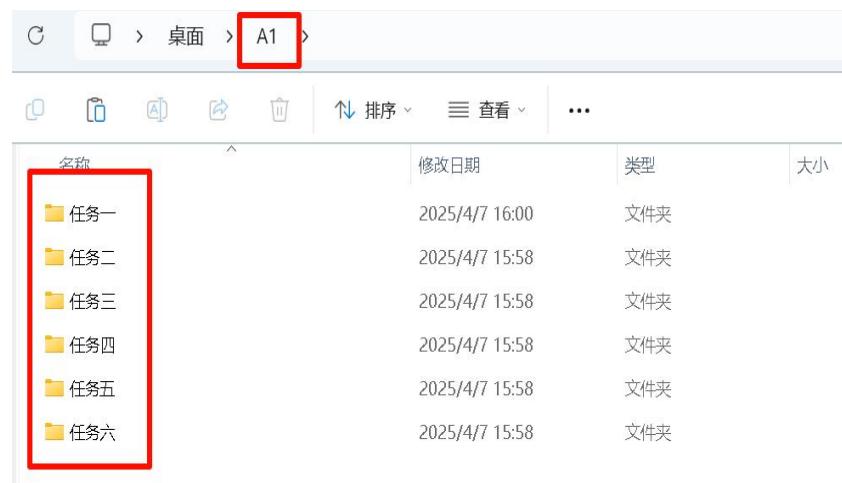
$$\text{材料去除率} = \frac{\text{增材制造毛坯重量} - \text{减材加工后工件工件重量}}{\text{增材制造毛坯重量}} \times 100\%$$

国赛时，桨叶毛坯外形不做限制，参赛者利用竞赛现场的电脑完成图纸设计，程序编写，参赛者如使用其他设计软件需自带，赛事方会根据需求提供相应cam软件的后处理，如果选手使用自带后处理文件后果自负。

利用自带的工装夹具（机床上安装有自定心虎钳，虎口尺寸为100mm×100mm）选择竞赛现场的设备完成桨叶的毛坯增材制造、桨叶的叶型减材加工，桨叶的毛坯与工装夹具的总高度不能超过100mm，要求成形桨叶的材料去除率不低于30%，毛坯桨叶与成形桨叶的整体高度差不得多于0.5mm，桨叶加工完成后需在单翼升力螺旋桨测试平台上完成升力测试。

（三）作品资料迭代提交

资料提交格式如下：



如上图所示提交文件夹（文件夹可使用队名但不能出现校名、人名、地区名等），文件夹内包含六个任务文件夹，分别放入对应的材料（省赛、国赛现场竞赛环节选手需按照该格式创建文件夹最后竞赛结束打包等待专业人员拷贝），并将总文件夹打包（打包格式为ZIP格式）在资料提交截止前上传至3D官网，需提交以下三项任务，任务如下：

任务一：创新设计

根据大赛要求，自行开展**桨叶**模型的创新设计，设计评价主要考量创新性、实用性、制造合理性。创新性主要从外形结构有新意、创新等方面评价；实用性主要从美学设计、实用性设计等方面评价；制造合理性主要从**桨叶**可加工性、制造成本、拆卸是否方便等方面评价。

- (1) 提交**桨叶**三维模型设计以STP格式文件；
- (2) 提交**桨叶**工程图图纸以DWG格式文件；
- (3) 以PDF格式提交描述**桨叶**设计的计算过程和仿真分析。本科生组应完成**桨叶**尺寸和挂载负重的理论计算；研究生组应结合**桨叶**的可制造性，完成**桨叶**的动力学分析、通过仿真优化得出挂载负重最大的叶型模型。

任务二：工艺/CAM编写

- (1) 本科、研究生组以任务一设计的**桨叶**作为竞赛加工任务，设计**桨叶**的完整工艺流程，以PDF格式提交**桨叶**的制造工艺过程卡、工序卡以及刀具清单（工艺过程卡、工序卡以及刀具清单参考附件）；
- (2) 完成**桨叶**毛坯添加支撑、切片等增材制造工艺，程序以ctb格式提交，截图切片软件体现支撑等特征图片，图片格式为png；
- (3) 完成**桨叶**零件CAM编程（刀路需要提供三张体现整体加工的图片包含粗精加工，图片格式为png），程序以NC格式；

(4)利用编制好的程序完成桨叶零件仿真加工并进行多方位截图以供参考（图片格式要求png格式），仿真软件的仿真结果数据以仿真加工软件格式存盘。

任务三：数字孪生验证

参赛选手需要在数字孪生平台上进行3D打印、五轴加工的仿真验证并且过程全程录屏（选手需要在保证录屏质量的前提下降低分辨率减少文件内存）。

(1) 操作增材制造数字孪生

进入考核模式，完成打印前准备、平台调平、耗材添加、零件孪生打印机后处理工作。

(2) 桌面级小五轴数字孪生

a)机床准备工作：刀具安装、刀柄选择、夹具安装、材料或毛坯安装。

b)数控系统准备：刀具表参数、坐标系设置、NC代码准备。

c)加工仿真：因误操作或自动加工中机床超程、机床干涉。

d)结果对比：加工结果是否与设计一致（可以通过设计模型与加工结果对比）。

e)通讯协议：选手需要把五轴数控系统与仿真软件连接，并且通过设置例如：IP地址设置；五轴数控系统刀具参数、坐标系与仿真软件刀具参数、坐标系一致；数据采集周期与数字孪生软件加工精度。

(四) 场外答辩

在答辩现场，需提交答辩PPT文件电子版，任务内容如下：

任务四：场外答辩

(1) 各参赛队选派代表参加场外答辩，选手可以从设计的独创性、技术或原理的创新性，实现的经济性和易用性、价值导向性、环保性等方面进行介绍。

(2) 答辩问题涉及**桨叶**的整体设计思路、计算过程、制作工艺及创新点等。

(3) 选手需要在比赛前录制一份包含增减材设计与制造、仿真加工、**桨叶**设计过程与分析等视频格式为MP4。

注意：

(1) 赛前准备某环节文档出现校名、姓名、队名，此环节不得分；文档雷同均视作弊，此环节不得分；

(2) **桨叶**由参赛选手自主设计，具有创新性，不得抄袭与委托他人设计，一旦发现，取消比赛资格并通报给选手所在学校。

(五) 现场竞赛

参赛选手完成**桨叶**的图纸设计、程序编写，自主选择竞赛现场的加工设备完成**桨叶**的制作和测试。

现场竞赛需完成两项任务，任务内容如下：

任务五：桨叶制作

(1) 利用竞赛现场给定的设备制作**桨叶**，**桨叶**毛坯通过增材加工后需称重，测量高度；减材加工后需称重，测量**桨叶**高度。

任务六：桨叶测试

(1) 将制作的**桨叶**装配在单翼升力螺旋桨测试平台上。
(2) 赛场统一安排**桨叶**的升力测试，每个参赛队有三次测试机会，取三次中的最优成绩作为最终的比赛成绩。

注意：

在完成任务过程中,请及时保存程序及数据,防止意外断电及其它情况造成程序或资料的丢失。

五、评分标准

增减材复合制造及数字孪生创新应用专项赛由创新设计、工艺/CAM编写、数字孪生验证、场外答辩、**桨叶制作**、**桨叶测试**六个环节组成。大类安排如下表所示:

序号	环节	时长	备注
1	场外答辩	10分钟（讲解7分钟，专家提问3分钟）	本科生占总成绩40% 研究生占总成绩50%
2	现场实操竞赛	120分钟	本科生占总成绩60% 研究生占总成绩50%

1、场外答辩环节评分标准:

评分点	评审内容	权重
创新设计	<p>通用评分：</p> <p>1、创新性主要从外形结构有新意、创新等方面评价；实用性主要从美学设计、实用性设计等方面评价；制造合理性主要从桨叶可加工性、制造成本、拆卸是否方便等方面评价。</p> <p>2、桨叶合理性主要从可加工性、拆卸是否方便等方面评价。</p> <p>区别评分：</p> <p>1、本科生组从桨叶尺寸的理论计算是否合理等方面评价；</p> <p>2、研究生从桨叶的动力学分析、仿真优化等方面评价。</p>	30%

展示文档 (PPT)	逻辑性与条理性，内容与创意性，视觉表现与美感，信息传达的清晰度与准确性，主讲选手的自身表现。	30%
视频 (MP4)	拍到参赛选手在设计制造过程的关键步骤，最后成果物展示，逻辑清晰，画面稳定。	10%
工程文件	作品模型(STEP)：设计合理，结构清晰；加工刀路(NC)：代码完整，可加工制造；	10%
团队合作 与整体形象	团队在竞赛过程中的协作精神及沟通能力、着装规范、言行举止、团队分工。	20%

2、现场实操竞赛环节评分标准：

评分点	评审内容	权重
任务一：创 新设计	<p>1、提交桨叶三维模型设计以STP格式文件； 2、提交桨叶工程图图纸以DWG格式文件； 3、以PDF格式提交描述桨叶设计的计算过程和仿真分析。</p> <p>注意： 本科生组应完成桨叶尺寸和挂载负重的理论计算；研究生组应结合桨叶的可制造性，完成桨叶的动力学分析、通过仿真优化得出挂载负重最大的叶型模型。</p>	20%
任务二：工 艺/CAM编写	1、以任务一设计的桨叶作为竞赛加工任务，设计桨叶的完整工艺流程，以PDF格式提交桨叶的制造工艺过程卡、工序卡以及刀具清单（工艺	20%

	过程卡、工序卡以及刀具清单参考附件)； 2、完成 桨叶 毛坯添加支撑、切片等增材制造工艺，程序以ctb格式； 3、完成 桨叶 零件CAM编程，程序以NC格式； 4、利用编制好的程序完成 桨叶 零件仿真加工并进行多方位截图以供参考（图片格式要求png格式），仿真软件的仿真结果数据以仿真加工软件格式存盘。	
任务三：数字孪生验证	机床准备工作、平台调平、耗材添加、零件孪生等； 数控系统准备、加工仿真、加工结果是否与设计一致等。	15%
任务五：桨叶制作	利用竞赛现场给定的设备制作 桨叶 ， 桨叶 毛坯通过增材加工后需称重，测量高度；减材加工后需称重，测量 桨叶 高度。	20%
任务六：桨叶测试	将制作的 桨叶 装配在单翼升力螺旋桨测试平台上进行测试。	20%
职业素养	安全文明生产、操作规范	5%

六、奖项设置

省赛评选产生特等奖、一等奖、二等奖、三等奖；省赛特等奖参赛队将入围国赛。

国赛评选产生龙鼎大奖、一等奖、二等奖、三等奖，并根据各参赛队伍组织与获奖情况，评选产生优秀指导教师奖、优秀组织奖。

由全国3D大赛组委会对获奖团队进行表彰和奖励，包括获奖荣誉证书、奖杯、奖品，以及获奖作品项目投资孵化、获奖团队有优先直接入

职、面试推荐读研、师承、进修、实习等机会，各参赛校可根据自身情况制定本校奖励。

七、竞赛设备

1、竞赛设备：答辩环节需要选手自带3D打印以及五轴加工的实物（具体为3D打印半成品、五轴加工成品两个实物）在答辩环节以便评委参考评分。在现场制造环节，赛场提供数控加工设备及其它备选设备、竞赛耗材与辅助工具，参赛选手自带笔记本电脑及相关软件，涉及选手自主设计所需的CAD、CAM软件及特殊装夹工具、测绘量具以及装配紧固件等各参赛队自备，相关责权由参赛队自行承担。

竞赛耗材工量夹具、刀具(刀具柄径为 $\Phi 4$)须自带，各参赛队伍自带的工装夹具需可安装在工作台附带的自定心虎钳上，且夹具和最终加工毛坯总高不得超过100mm。

八、相关条款

1、作品不得包含违反中华人民共和国法律法规的内容，不得违反公共道德习俗，如由此引起的相关法律后果均由参赛团队承担；

2、参赛者团队提交的作品不得侵犯第三方的任何著作权、商标权或其他权利。凡涉及抄袭、剽窃等作品，组委会有权取消其参赛资格；

3、全国3D大赛组委会和专项赛技术委员会对大赛提交的作品，有进行学术交流、商展、宣传等权利；

4、全国3D大赛组委会拥有大赛的最终解释权。

附件一、 赛位参考和设备及物料情况



(赛位仅供参考，根据参赛队实际情况调整)

1、赛场提供数控加工设备：华教智成XM100-E01桌面式五轴加工中心

项目	技术参数
产品型号	华教智成XM100-E01
工作台规格（长×宽×高）	797×614×580mm
X 坐标行程	160mm
Y 坐标行程	210mm
Z 坐标行程	130mm
A坐标行程	-30-110°
C坐标行程	360°
X、Y、Z 快速移动速度	0~10000mm/min
主轴转速范围	0-22000 r/min
X、Y、Z定位精度（国标）	± 0.01
X、Y、Z重复定位精度（国标）	0.008mm
A、C轴定位精度	± 120弧秒
A、C轴重复定位精度	± 40弧秒

换刀设置	隐藏式刀库，支持自动取换刀具
控制系统	XNCS数控系统
工作台尺寸	100mm

2、赛场提供光固化3D：M-Faster-VI LCD光固化3D打印机

项目	技术参数
产品型号	M-Faster-VI LCD光固化3D打印机
成型空间	228×135×252mm
设备尺寸	>480×480×1450mm
X、Y分辨率	8K屏
光源类别	LED矩阵UV灯组，波长405nm，单颗LED功率3w
成型精度	±0.1mm(L<100mm)或0.1%*L(L>100mm)
打印速度	>40mm/h
打印层厚	0.01-0.2mm
耗材	类尼龙树脂

附件二、 赛场提供单翼升力螺旋桨测试平台详细参数

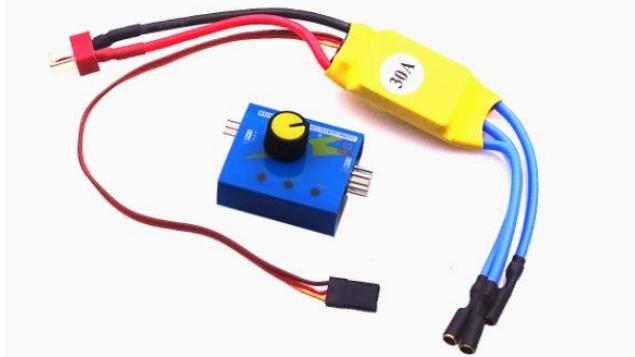
(1) 使用的材料清单

序号	名称	规格型号	数量	单位
1	电调+调速器	(1) 输出:<15mA(5.0) (2) 输入:DC 3.7-6.0v (3) 输出信号:1.5ms±0.5ms	1	个
2	底座	Q235钢	1	个
3	光轴	Φ6×500 两端M3内螺纹	2	根
4	加工桨叶	类尼龙树脂(需现场制作)	1	个
5	亚克力板	160mm*500mm*5 1块 120mm*500mm*5 两块	3	块
6	阳角卡槽	500mm	4	根

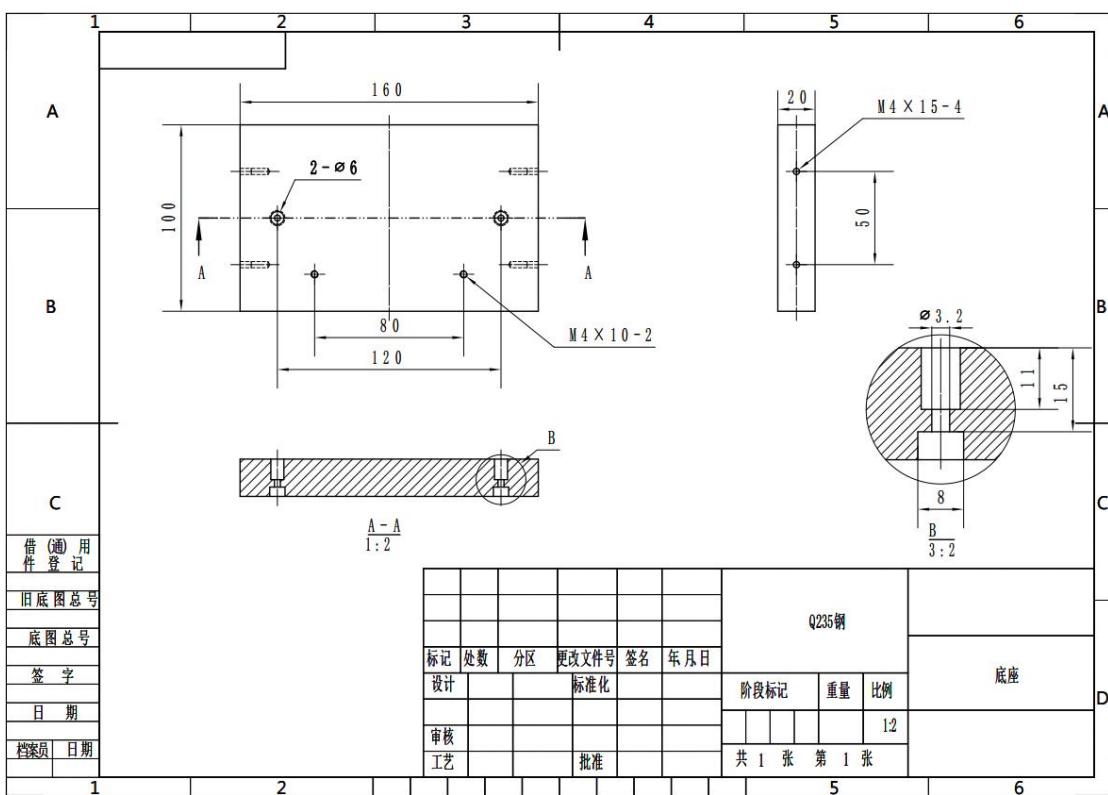
7	桨叶固定夹	桨叶固定夹	1	套
8	无刷电机	2212 KV1000	1	个
9	直线滑动轴承	短款LM6UU	2	个
10	数显拉力计	GYJ-F3S 3N(0.3kg)	1	个
11	直流电源	12V10A	1	个
12	内六角螺丝	M4*10mm	2	颗
13	内六角螺丝	M4*20mm	4	颗
14	内六角螺丝	M4*30mm	2	颗
15	沉头十字螺丝	M3*10mm	6	颗
16	螺母	M4	2	颗
17	电机安装支架	电机安装支架(PLA塑料)	1	个
18	限位盖板	PLA塑料	1	个
19	拉力计固定座	PLA塑料	1	套
20	底盘	PLA塑料	1	个
21	后遮板	PLA塑料	2	套
22	电控支架	PLA塑料	1	个
23	线束收纳盒	PLA塑料	1	个

(2) 使用的材料图片或图纸

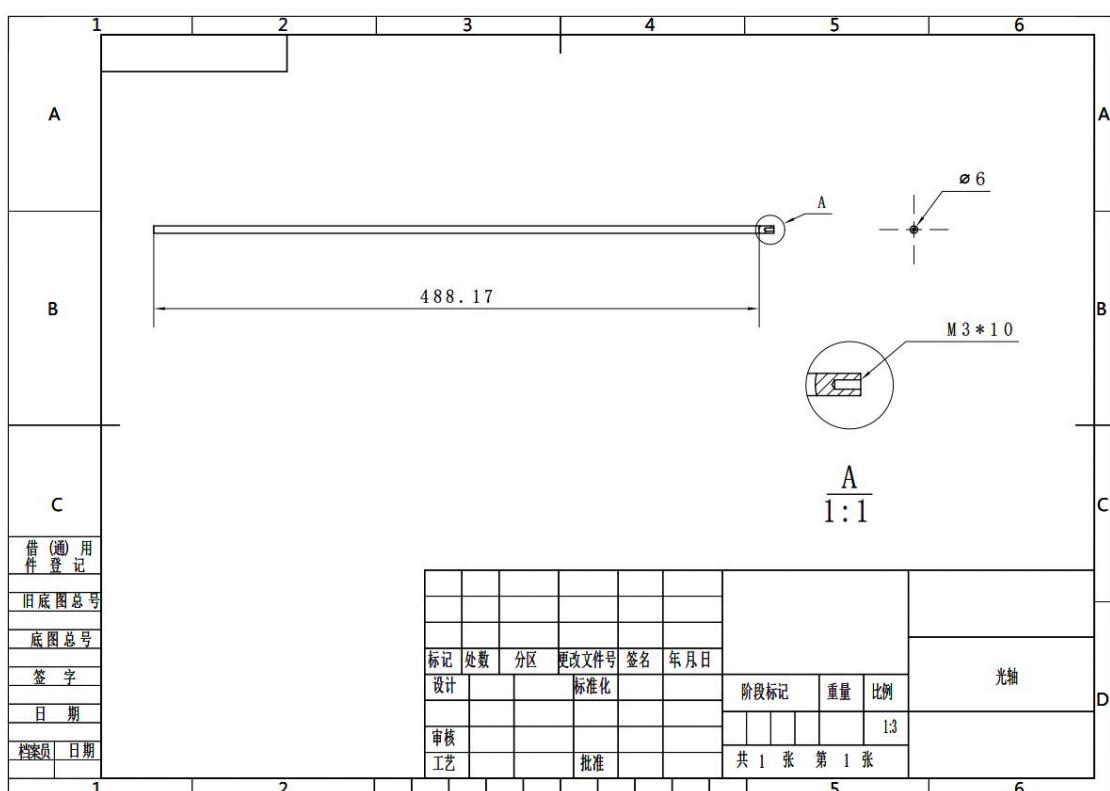
1. 电调+调速仪



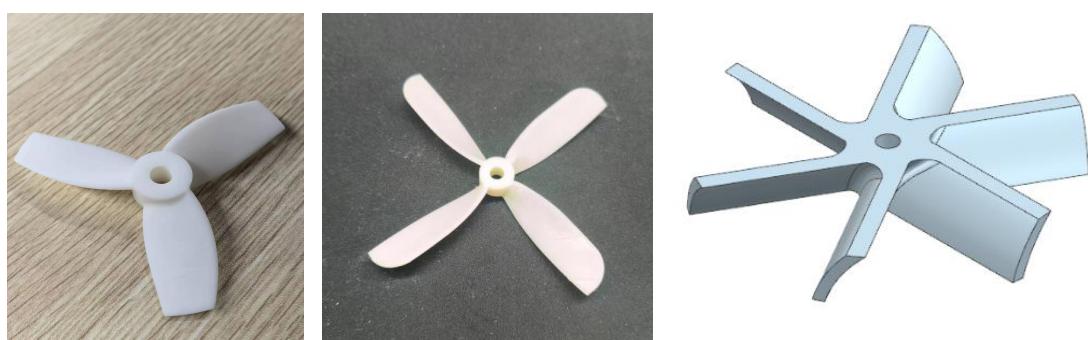
2. 底座



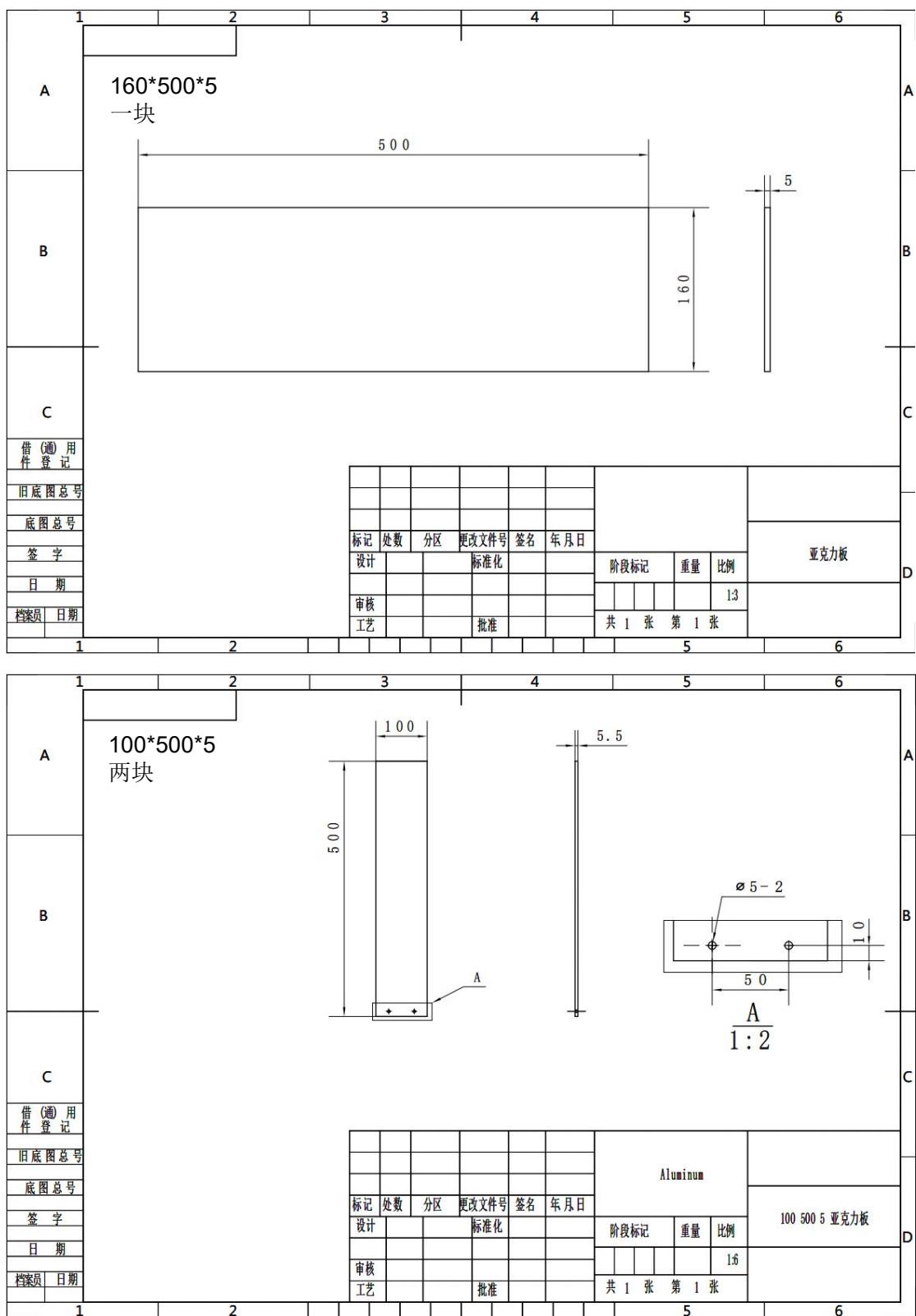
3. 光轴



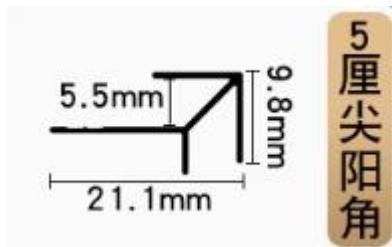
4. 加工桨叶 (示例)



5. 亚克力板



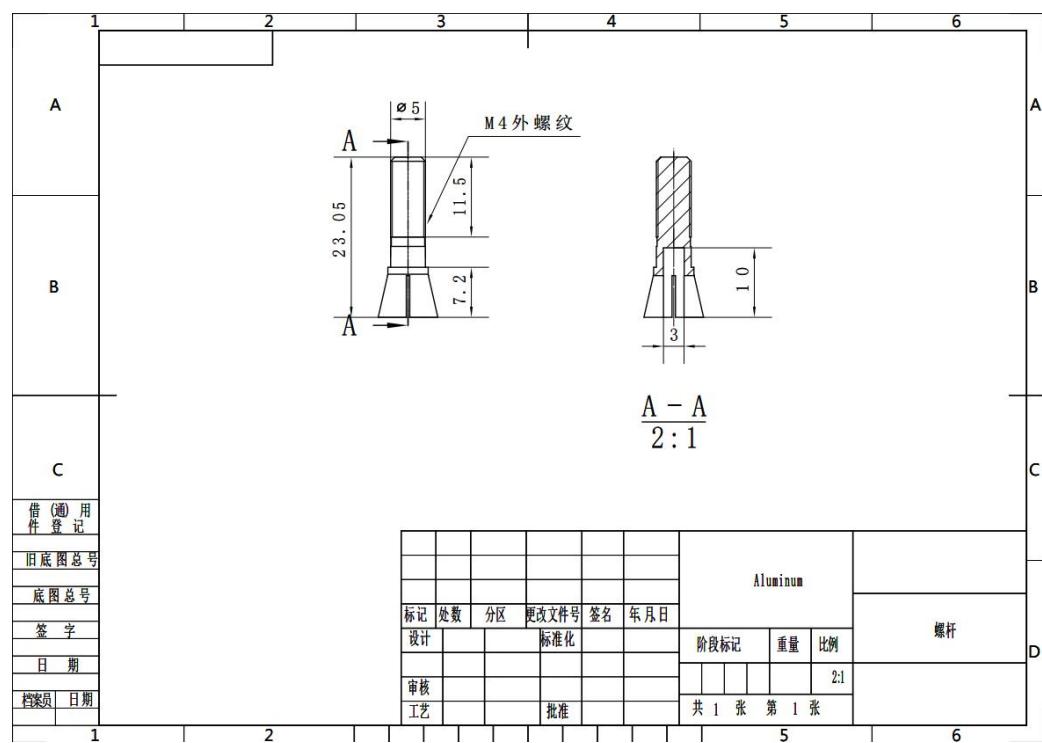
6. 阳角卡槽 (长度500mm)



7. 桨叶固定夹



桨叶固定夹螺杆



8. 无刷电机



9. 直线轴承



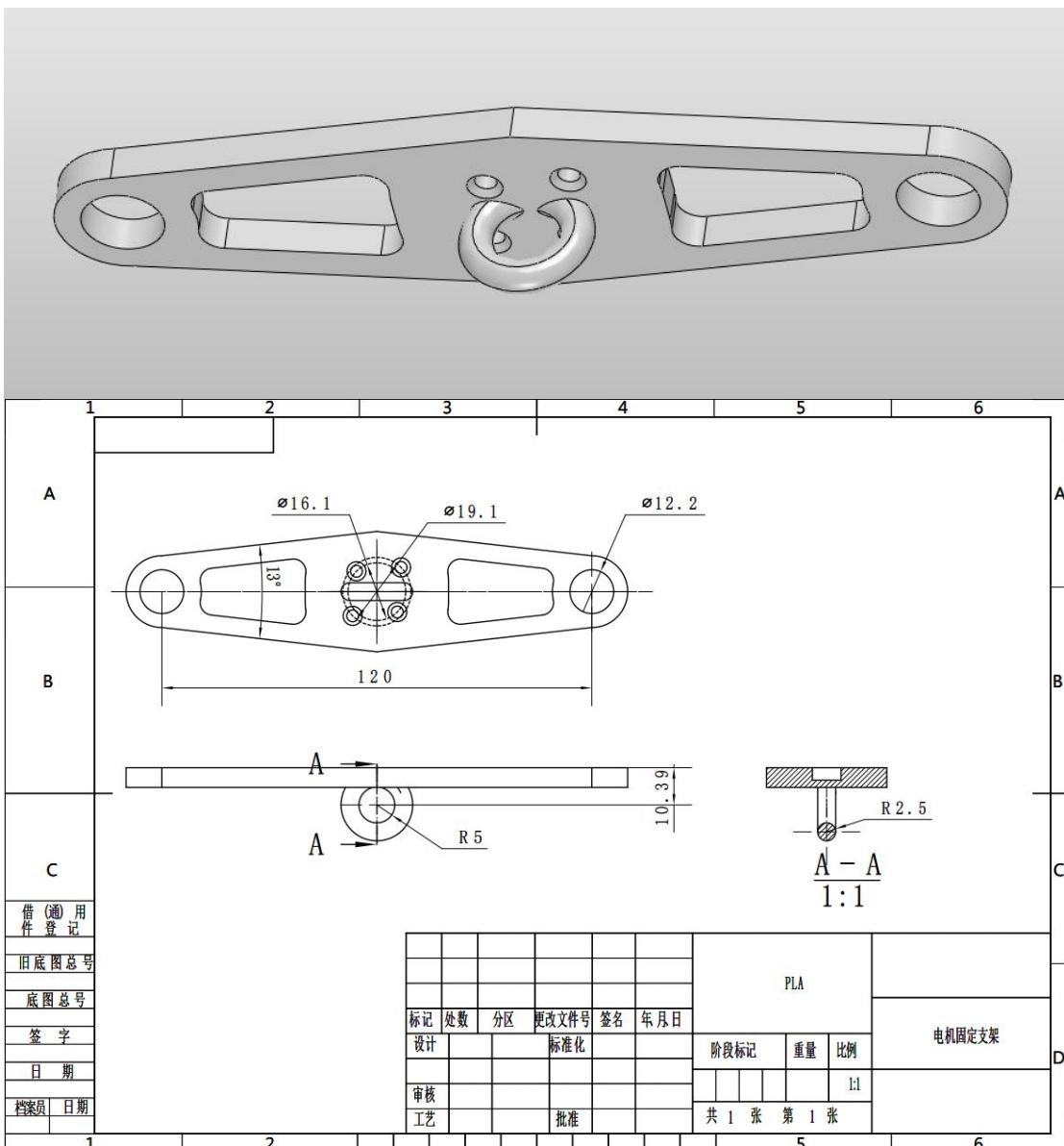
10. 数显拉力计



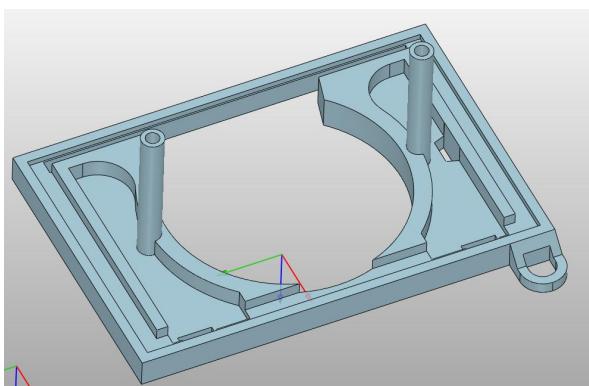
11. 直流电源



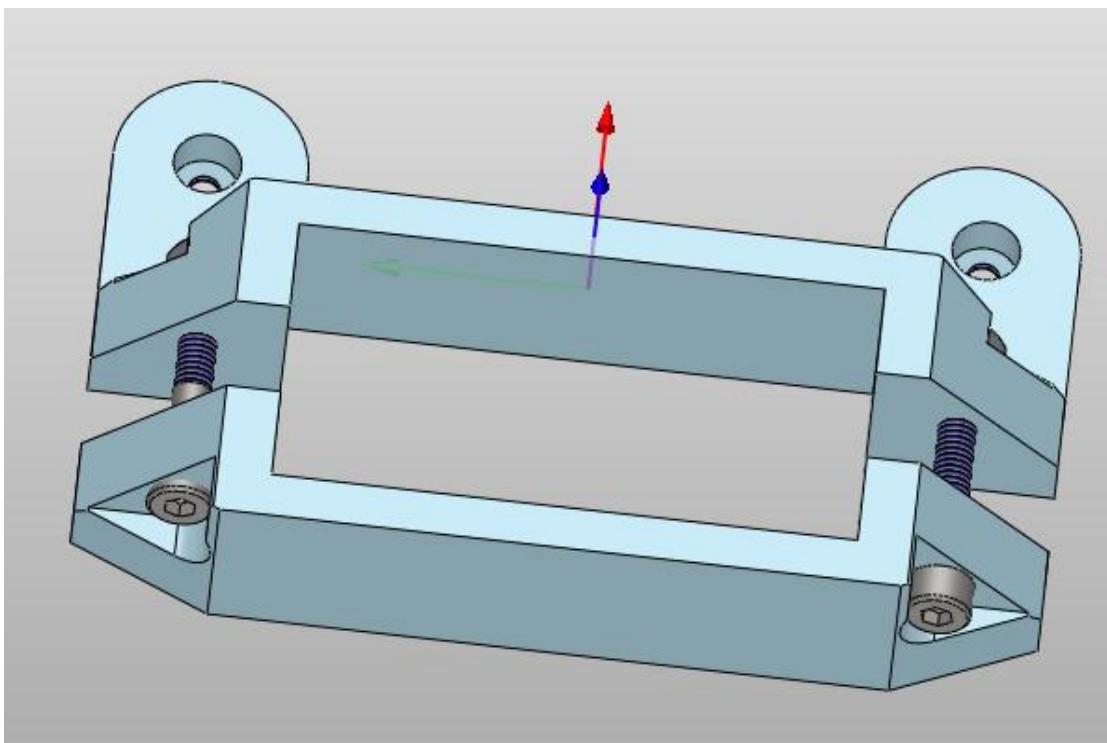
12. 电机安装支架



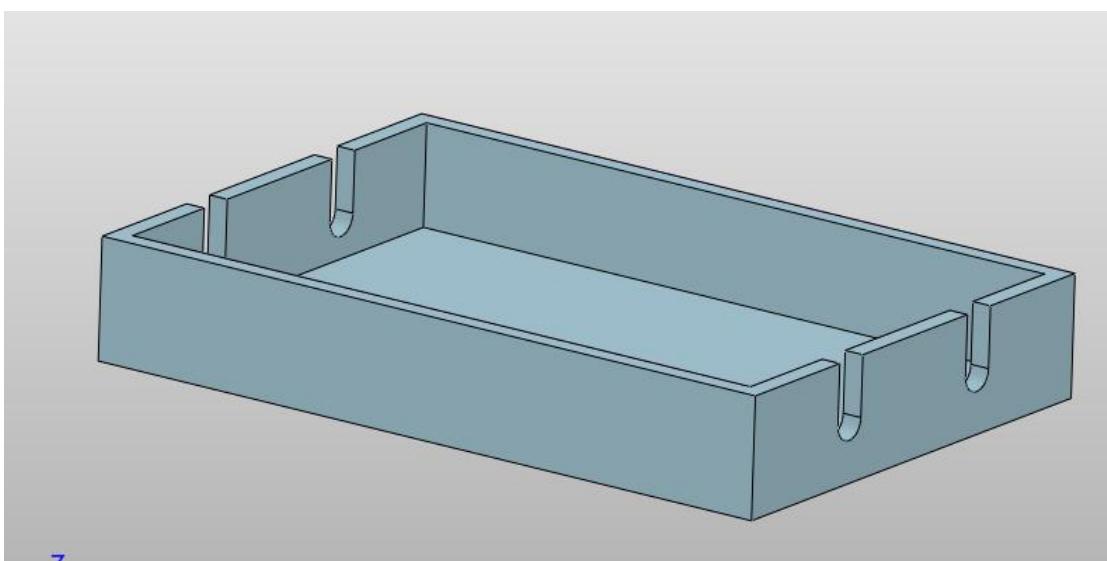
13. 限位盖板



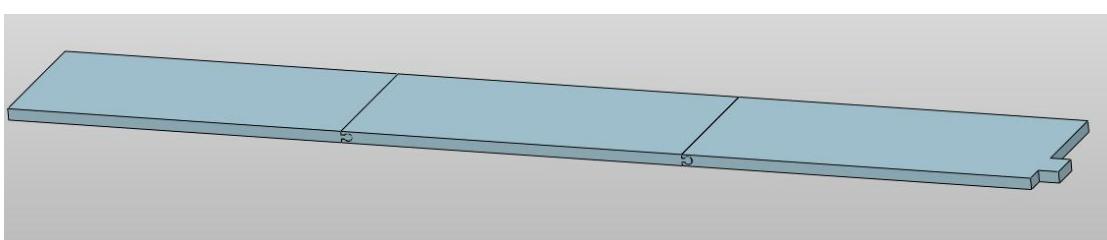
14. 拉力计固定座



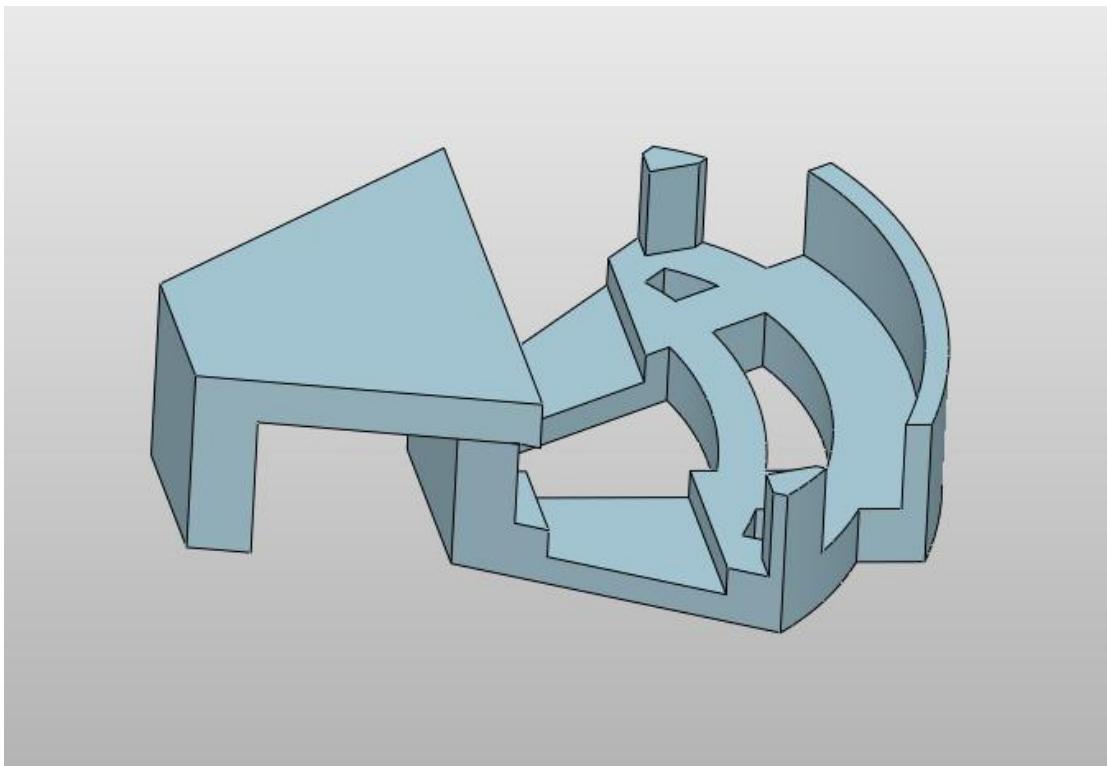
15. 底盘



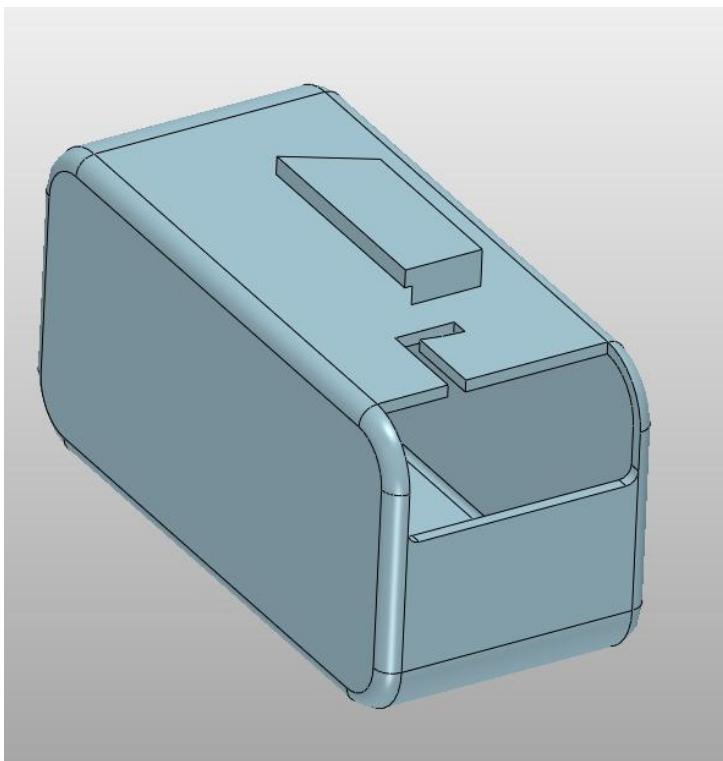
16. 后遮板



17. 电控支架



18. 线束收纳盒



附件三、工艺卡、工序卡、刀具卡

1、零件制造工艺过程卡（从材料安装至 3D 打印机开始写）

零件名称		机械加工 工艺过程卡	毛坯种类		共 页			
序号	工序 名称		工 序 内 容		设备	第 页		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
编制		日期		审核	日期			

2、机械加工工序卡（针对于桌面五轴）

零件 名称		机械加工工 序卡	工 序 号		工 序 名 称		共 页			
材料							第 页			
工步号	工步内容			刀具	刀具	量具	背吃 刀量	进给量 mm/min		
				规格	材料					
编制		日期		审核			日期			

3、数控加工刀具卡（针对于桌面五轴）