



第 19 届全国三维数字化创新设计大赛

“数马&华教杯”增减材复合制造及数字孪生技术创新应用大赛

(试行)

竞赛任务书

全国三维数字化创新设计大赛组委会

“数马&华教杯”增减材复合制造及数字孪生技术创新应用大赛技术专家委员会

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，则按照相关规定在竞赛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

习近平总书记指出，“海洋是高质量发展的战略要地”，并强调要“加快建设海洋强国”。船海装备作为经略海洋的核心支撑，其创新发展亟须增材制造（3D打印）、减材加工（五轴加工）等先进技术的突破。当前，尽管增材制造在精密加工领域的精度仍与减材制造存在差距，但增减材复合制造通过融合两种技术优势，不仅能实现高效定制化生产，更能为船舶与海洋工程装备的快速迭代提供创新解决方案，对推动海洋经济高质量发展具有重要战略意义。

随着增材制造、五轴加工、数字孪生及三维逆向扫描技术的不断成熟，增减材复合制造将成为制造业企业提升创新能力的关键引擎，并加速形成支撑海洋强国建设的新质生产力。新质生产力的培育离不开高素质创新人才的支撑，因此，教育系统必须主动担当，加快培养兼具创新精神与工匠精神的新时代人才，以教育创新赋能产业升级，为海洋强国建设提供坚实的技术与人才保障，共同开创高质量发展新局面。

二、竞赛主题

智创融合·孪生赋能

三、竞赛要求

（一）作品要求

参赛选手自主创新设计制造完成一台遥控行驶（允许无人控制）的单桨叶水面航行器（**桨叶不得露出水面**），航行器（含桨叶）的最大外形尺寸不得超过350mm×150mm×150mm。比赛时该航行器在长度为6m，宽度为0.8m，水深为0.3m的水池赛道（图1）中前行，航行器行驶过程中的动力源只能来源于电机带动单桨叶旋转形成的推力，桨叶最高转速不得超过600r/min。

水面航行器船体须自主设计，并采用增材工艺制作完成，不得使用购买的成品或成品套件进行拼装，也不得使用任何外挂轻薄外壳、浮漂、浮囊等有助于提升浮力的装置。参赛过程中，禁止使用外购船体蒙皮材料。

选手须在规定时间内，利用现场设备完成桨叶的加工，并将其装配至水面航行器上，随后在水池赛道中进行竞速。桨叶毛坯的具体要求参见各省赛（区域赛）通知。

水面航行器电控元件、连接与紧固件由参赛队自行准备，采用锂电池（2s 7.4V）供电，现场竞赛中（含调试）不能更换电源（考虑调试和比赛所需要的全部能源），电源电压需方便测量。



图1 水池赛道

（二）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、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。

四、竞赛内容

（一）场外答辩

任务描述：

在答辩现场，需提交答辩 PPT 文件电子版，任务内容如下：

（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。**研究生组**在设计时需重点从水面航行器及桨叶的仿真优化、动力学分析等方面评价，**本科生组**在设计时需从桨叶的理论计算、仿真优化等方面评价，**高职高专组**在设计时需重点从桨叶及工装夹具的创新性、实用性等方面评价。

（2）答辩问题涉及水面航行器和桨叶的整体设计思路、制作工艺及创新点等。

注意：

（1）答辩环节文档出现校名、姓名、队名，此环节不得分；文档雷同均视为作弊，此环节不得分；

（2）水面航行器和桨叶由参赛选手自主设计与制造，具有创新性，不得抄袭与委托他人设计制作，一旦发现，取消比赛资格并通报给选手所在学校。

（二）现场竞赛

任务 1 产品三维设计及建模

任务描述：

参赛选手利用竞赛平台设备，自带电脑自行设计桨叶模型、工装夹具模型（仅对高职高专要求）、水面航行器模型（仅国赛时要求）并进行建模。过程应全程录屏（选手需要在提供的 ev 录屏软件中选择普清分辨率下进行录制，见图 2）。**自带翼型数据、桨叶模型及水面航行器模型将扣除相应分数。**



图 2 ev 录屏设置

任务要求:

(1) 桨叶、夹具（仅对高职高专要求）、水面航行器进行三维模型截图（模型必须为实体图，不能为线框图），必须有零件整体截图、正面、反面方向各一张并做好截图位置文件夹分类。

(2) 生成桨叶二维图纸需放在标准图框中（标准图框由组委会提供），二维图纸上应标注相应尺寸，尺寸应包含有公差，所有尺寸公差应控制在 $\pm 0.1\text{mm}$ 内，标注尺寸数量不少于 5 个，标注的尺寸必须包含桨叶整体厚度、桨叶直径、桨毂外圆直径、桨叶叶面高度、桨毂装配孔内径五个关键尺寸，详见图 3。提交的工程图要求包含桨叶完整三视图，清晰标注全部尺寸，提交格式为 PDF。

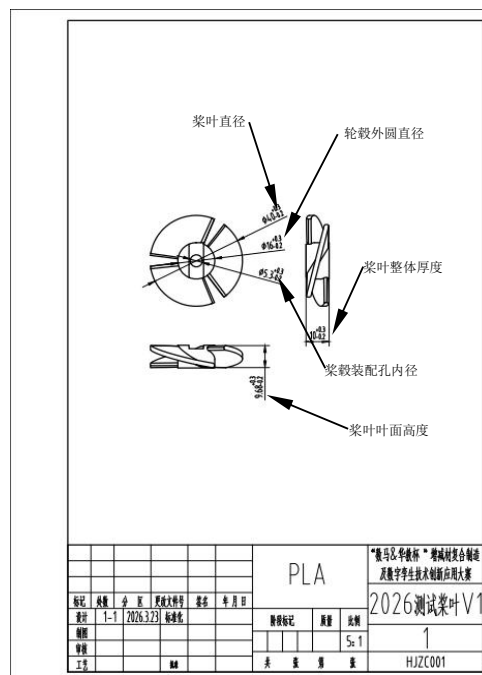


图 3 标注尺寸样图

(3) 生成夹具二维图纸需放在标准图框中（标准图框由组委会提供），二维图纸上应标注相应尺寸，尺寸应包含有公差，所有尺寸公差应控制在 $\pm 0.1\text{mm}$ 内，标注尺寸数量不少于5个，标注的尺寸必须包含夹具的总高、夹具与桨叶装配所用的孔或轴的直径、夹具底部夹持位置的长度、夹具底部夹持位置的宽度、夹具与桨叶配合面到夹具底部的高度五个关键尺寸，详见图4。提交的工程图要求包含夹具完整三视图，清晰标注全部尺寸，提交格式为PDF。

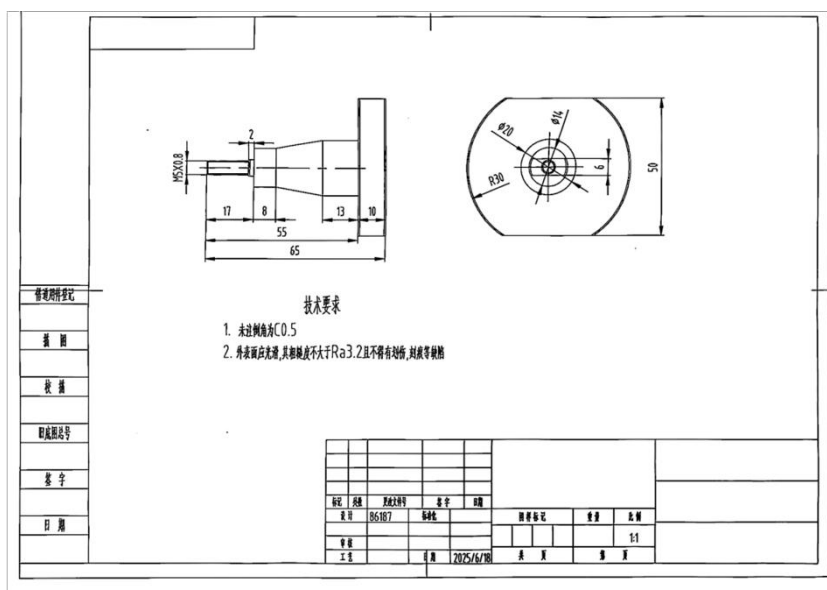


图4 标注尺寸样图

(4) 将完成的三维造型模型文件（STEP 格式）及对应截图（JPEG 格式）、二维图纸 PDF 文件保存在计算机“桌面\增减材复合制造及数字孪生技术创新应用大赛\标识码（例：第 X 场第 X 号）”文件夹下。

(5) 请在比赛时间内完成本项任务评分，超出比赛时间，此项任务评分计 0 分。

任务 2：数智制造/CAM

任务描述：

利用现场电脑的 CAD/CAM 软件对零部件进行数控程序编制，必须完成所有桨叶面的加工程序编制，对零件进行零件刀轨截图（模型必须为实体图，不能为线框图）。过程全程录屏（选手需要在提供的 ev 录屏软件中选择普清分辨率下进行录制）。

任务要求：

(1) 生成的刀轨必须包含所有桨叶面的加工刀轨。在截取刀轨图片时，需严格遵循实际机床加工工艺的标准操作，进行零件粗加工及精加工，或者根据工序类型进行分类并将文件重命名为工序名称。若单张截图无法完整展示所需信息，可截图多张图片进行补充。同时，务必保证包含零件刀轨的整体视图，以便全面反映加工过程。此外，为了便于管理和查询，请将截图按位置分类存放于相应的文件夹中，确保文件组织清晰有序。

(2) 按要求填写加工工艺过程卡、机械加工工序卡、数控加工刀具卡。

(3) 将完成的带模型刀轨文件、图片截图文件，以及产品图纸图片保存在计算机“增减材复合制造及数字孪生技术创新应用大赛（例：第 X 场第 X 号）”文件夹下。

(4) 请在比赛时间内完成本项任务评分，超出比赛时间，此项任务评分计 0 分。

加工工艺流程卡

零件名称		机械加工 工艺流程卡	毛坯种类		共 1 页	
			材料		第 1 页	
序号	工序名称	工序内容			设备	工艺装备
1.						
2.						
3.						
编制		日期		审核		日期

机械加工工序卡

零件名称	工序号		工序名称		共 1 页		
					第 1 页		
材料	机床设备		夹具				
工步号	工步内容	刀具规格	刀具材料	量具	背吃刀量	进给量 mm/min	主轴转速 r/min
编制		日期	审核			日期	

数控加工刀具卡

零件名称					工序号			
工序名称		设备名称		设备型号				
工步号	刀具号	刀具名称	刀柄型号	刀具			补偿量 (mm)	备注
				直径 (mm)	刀长 (mm)	刀尖半径 (mm)		
编制		审核		批准		共 1 页	第 1 页	

任务3：五轴数字孪生机床仿真

任务描述：

利用五轴加工数字孪生软件对零部件基于G代码进行仿真，特别是所有桨叶面的加工仿真，进行五轴数字孪生仿真时需全程将夹具同步导入仿真软件中进行加工仿真，在nc程序运行时，桨叶毛坯不得悬空置于仿真软件加工空间内，必须与夹具连接并一同导入加工。并对零件进行零件仿真结果截图（模型必须为实体图，不能为线框图），需含有装夹具附带零件加工完成截图，若单张截图无法完整展示所需信息，可截图多张图片进行补充。过程全程录屏（选手需要在提供的ev录屏软件中选择普清分辨率下进行录制）。

任务要求：

（1）对零件仿真结果整体图进行截图，并做好截图位置文件夹分类，可截图多张进行补充。

（2）将完成的图片截图文件保存在计算机“桌面\增减材复合制造及数字孪生技术创新应用大赛\标识码（例：第X场第X号）”文件夹下。

（3）请在比赛时间内完成本项任务评分，超出比赛时间，此项任务评分计0分。

任务4：现场实操及数字孪生虚实联调

任务描述：

选手自带工具、量具、刀具、夹具、桨叶毛坯（根据省赛或区域赛不同可自带或现场制作），利用赛场给定设备完成桨叶加工以及船体模型加工（省赛或区域赛不作此项要求）。加工时，减材加工数字孪生虚拟调试软件应实现与机床加工的虚实联动。如遇紧急危险情况，参赛选手应立即停止加工设备动作。加工结束后，选手操作扫描仪完成加工桨叶的扫描、检测以及封存工作。

任务要求：

（1）数字孪生，选手未完成数字孪生将扣除相应分数；

（2）三维扫描，选手未完成加工桨叶的三维扫描将扣除相应分数；

(3) 尺寸检测，扫描完成的桨叶尺寸偏差值（与设计模型对比）超出相应范围将扣除相应分数；

(4) 机床操作过程中，严格遵守操作规范，竞赛时间结束，及时暂停机床，并举手示意。如现场工作人员宣布比赛终止后机床依旧在加工，本项任务不得分；

(5) 机床操作过程中，出现撞机、断刀等问题将扣除相应分数。

任务 5：装配验证

任务描述：

参赛选手在**作品封存处**领取**水面航行器及桨叶**，并在规定时间内自行将加工好的桨叶装配到水面航行器上，按照参赛指令，控制水面航行器在赛场水池赛道中航行（**装配验证环节不占用现场竞赛时间**）。

任务要求：

(1) 现场装配：参赛选手应在规定时间内将桨叶装配到水面航行器上，超出规定时间将扣除相应分数；试装配结束后，选手应举手示意装配完成，装配完成后不允许再次调整桨叶直至测试结束，如调整将扣除相应分数；试装配结束后，需对水面航行器的长宽高进行检测，超出尺寸将扣除相应分数；参赛选手需操纵遥控器控制水面航行器电机带动桨叶达到最大转速，若最大转速超出规定转速将扣除相应分数。

(2) 静态验证：参赛选手按照现场指令将水面航行器放在出发线上，在静态保持时，螺旋桨叶不得露出水面，若露出水面将扣除相应分数。

(3) 动态测试：参赛队按照裁判现场指令遥控控制水面航行器启动，每个参赛队有两次测试机会，取两次测试中的完赛最短时间作为最终比赛有效成绩。

请将所有已完成的文件及图片截图文件妥善保存在计算机桌面“增材复合制造及数字孪生技术创新应用大赛”文件夹内，具体路径为“桌面\增材复合制造及数字孪生技术创新应用大赛\标识码（例：第 X 场第 X 号）”。本次竞赛共包含五个任务，其中任务 1、任务 2、任务 3 均须分别创建独立的子文件夹进行存储，并确保各子文

文件夹命名准确。待所有任务文件夹整理完毕后，需在标识码（例：第 X 场第 X 号）总文件夹内执行压缩操作，方可宣告竞赛结束。

五、评分标准

序号	环节	评分要点	权重		
			研究生	本科生	高职高专
1	场外答辩	<p>1.技术维度：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。研究生组在设计时需重点从水面航行器及桨叶的仿真优化、动力学分析等方面评价，本科生组在设计时需从桨叶的理论计算、仿真优化等方面评价，高职高专组在设计时需重点从桨叶及工装夹具的创新性、实用性等方面评价。</p> <p>2.答辩表现：答辩人声音洪亮、陈述得当、逻辑严谨；答辩人专业知识扎实，能够准确表述作品内容；答辩人回答问题准确，思维敏捷、逻辑清晰；答辩人着装得体、精神面貌佳；答辩问题涉及桨叶的整体设计思路、计算过程、仿真分析、制作工艺及创新点等；</p> <p>3.团队维度：团队成员组成合理；团队成员具有支撑完成赛题的知识、技术和经验；团队的分工明确，个人贡献度合理。</p>	40%	30%	20%
2	现场竞赛	<p>任务一：产品三维设计及建模</p> <p>1.桨叶、水面航行器、工装夹具创新性主要从外形结构有新意、创新等方面评价；</p> <p>2.桨叶、水面航行器、工装夹具美观性主要从整体美观、实用等方面评价；</p> <p>3.桨叶、水面航行器、工装夹具合理性主要从可加工性、拆卸是否方便等方面评价。</p>	10%	10%	15%
3		<p>任务二：数智制造/CAM</p> <p>1.加工策略与工艺过程编制、图纸及关键尺寸等；</p>	5%	5%	5%

		2.加工编程与仿真、NC/G 代码生成、调试与优化等。			
4		任务三：五轴数字孪生机床仿真 1.机床准备工作、平台调平、耗材添加、零件孪生等； 2.数控系统准备、加工仿真、加工结果是否与设计一致等。	5%	5%	5%
5		任务四：现场实操 1.数字孪生实现； 2.三维逆向扫描； 3.桨叶尺寸检测； 4.安全文明操作； 5.设备清洁清扫。	10%	15%	20%
6		任务五：装配验证 1.现场装配； 2.静态验证； 3.动态测试。	30%	35%	35%

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：省赛（区域赛）答辩环节需要选手自带水面飞行器本体进行实体展示，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（选手根据省赛或区域赛通知要求准备）、工量夹具、刀具（刀具柄径为 $\varphi 4$ ）、粘胶、防水膜等辅料须自带，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，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 大赛组委会和大赛技术委员会对大赛提交的作品，具有进行学术交流、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、赛位参考及物料情况



(赛位仅供参考)

1. 赛场提供减材加工设备：桌面式五轴加工中心 E01 教育版

项目	技术参数
产品型号	E01 教育版
工作台规格 (长×宽×高)	797×614×580mm
X 坐标行程	150mm
Y 坐标行程	200mm
Z 坐标行程	120mm
A 坐标行程	-30-110°
C 坐标行程	360°
X、Y、Z 快速移动速度	0-4000mm/min
主轴转速范围	0-20000r/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

赛场提供 3d 光学扫描设备：

项目	技术参数
激光光源	7 对激光线+1 束单线激光
激光类别	I类（人眼安全）
基准距	350mm
分辨率（图像）	1920×1200
扫描精度（200mm 标高）	最高 0.05mm
扫描分辨率	0.05mm—2mm
扫描范围（250mm 标高）	200mm×200mm
扫描范围（450mm 标高）	400mm×400mm
测量速率	420000 次测量/s
输出格式	Ply, txt, stl, off, obj
传输方式	Usb3.0
工作温度	0°C-40°C（工作温度 20°C）
工作湿度（非冷凝）	10%—90%
重量	425g
尺寸	239×66×62mm

推荐使用 3d 打印设备：

项目	技术参数
打印尺寸	≥230×135×200mm
支持耗材类型	Pla, petg, tpu,abs,pa,pc 等非金属材料