

项目需求书

一、说明

本章所有带★标记的条款，均为实质性条款，不满足该指标项将导致项目投标被拒绝，以点对点应答表为准。* 代表本项目产品的重要性指标；无标识代表一般指标。如要求提供证明材料或承诺书的，应全部加盖投标人公章，以证明材料或承诺书的符合性和有效性为评审标准，不符合或未提供的，项目投标将被拒绝。如未要求提供证明材料的，则以采购内容与服务要求响应表的响应情况为准。

二、项目概述

1. 采购项目实现的功能和目标

本标段瞄准飞机地面除冰新技术流程模式研究，建设飞机地面零等待除冰系统实验平台。围绕飞机地面除冰智能化作业场景，开展飞机地面除冰作业自动化、无/少人化运行实验平台建设，研究飞机地面智能除冰流程模式、除冰装备智能化作业控制方式和飞机地面除冰装备关键技术。同时可以为后续开展飞机地面除冰、滑行牵引等联合作业场景关键技术模拟测试验证，助推智慧机场绿色、智能化水平。

系统具备多机器人自动化除冰和除冰质量检测功能，能够开展除冰液配比加热、喷嘴射流作业和回收子系统相关工作；进行模拟飞机滑行状况下多机器人运动驱动、除冰控制检测、协同调度，飞机滑行控制和机器人协同运动控制研究；并实现除冰过程运行安全监控和流程展示功能。通过以上各系统建立可以支撑未来飞机地面除冰新模式探索和实验验证研究平台。

2. 采购标的名称和数量

序号	货物名称	数量	单位	备注
1	多模式除冰对象模拟测试子系统	1	套	国产
2	除冰机械臂机构系统研发测试子系统	2	套	国产
3	▲除冰液喷洒机构研发测试子系统	2	套	国产
4	除冰液工艺参数生成与供给调控子系统	2	套	国产
5	除冰液储存回收与处理消耗子系统	1	套	国产
6	积冰精准探测与除冰监控可视化研发子系统	1	套	国产
7	智能除冰技术机电液协同控制与测试子系统	1	套	国产
8	除冰集群中央控制与资源协同调度研究子系统	1	套	国产
特别说明： 1. “▲”标注为核心产品。 2. 本项目不包含强制性节能产品。 3. 上表序号 2、3、4、7 的设备联合设计和集成制造，最终整体形成飞机除冰机器				

人系统，除冰机器人数量不少于 4 台套。

三、商务要求

★1. 报价要求

- (1) 投标报价以人民币填列。
- (2) 投标人充分考虑各种风险，所报价格为最优惠总价格，包含为完成本项目的实施、所投货物货款、配件费、安装费、调试费、相关技术支持及服务、与其他系统对接的接口费用、运输费、保险费、装卸费、验收费、安装用主要及辅助材料费、人工费、办公费用、资料费用、管理费用、税费、相关检验检测及其他不可预见费等一切相关费用。
- (3) 采购人不接受投标人任何因遗漏报价而发生的费用追加，以及因投标人违反国家相关法律法规而造成采购人的连带责任和损失，全部后果由投标人承担。
- (4) 验收及相关费用由投标人负责。
- (5) 不接受选择性的投标产品及报价。

2. 交货要求

- ★(1) 交货期：自合同签订生效之日起 400 个日历日内。投标人应保证在要求时间内完成全部货物的供货、安装、调试和培训工作，符合国家标准、行业规范和合同等相关文件的要求。
- (2) 交货地点：北京市大兴区临空经济区礼贤片区民航科技创新基地（民航大学项目）B座1楼。
- (3) 配送要求：货物的供货、安装、调试和培训工作，符合国家标准、行业规范和合同等相关文件的要求（特殊情况以合同为准）。
- (4) 提供生产厂家完整的随机资料，包括完整的使用和维修手册等，如为外文，投标人需提供中文译本。
- (5) 质量达到国家、地方和行业现行规定合格标准，同时满足招标文件规定的所有技术需求。投标人应提供所代表品牌原装、全新、符合国家及采购方提出的有关质量标准的产品。
- (6) 采购人有权要求投标人就产品的合法进货渠道进行说明；采购人认为有必要的，投标人应提供有效的承诺材料。

★3. 付款方式

- (1) 合同签订后 7 个工作日内，中标人向甲方提交合同总金额的 3%的履约保证金，中标人开具合同金额 15%的增值税专用发票，采购人在收到履约保证金后，向中标人支付合同总金额的 15%的预付款；
- (2) 关键设备完成工厂实验并确定系统整体设计方案，形成设计图纸，通过采购人组

织的工厂验收，中标人开具合同金额 25%的增值税专用发票，采购人向中标人支付合同总金额的 25%货款；

（3）所有设备具备交付条件且货到项目现场并组装完毕，具备通电调试条件，通过采购人组织的现场验收，中标人开具合同金额 30%的增值税专用发票，采购人向中标人支付合同总金额的 30%货款；

（4）双方组织最终验收通过后 15 个工作日内，中标人开具合同金额 30%的增值税专用发票，采购人向中标人支付合同总金额 30%的货款；履约保证金在验收合格通过后返还中标人。

4. 履约保证金

★（1）投标人在合同签订后7个工作日内，提交合同总价的3%的履约保证金至采购人指定账户。项目验收合格通过后返还履约保证金。

（2）履约保证金提交方式：支票、汇票、本票或者金融机构、担保机构出具的保函、电汇等非现金形式。

电汇信息：

单位名称：中国民航大学

单位地址：天津市东丽区津北公路 2898 号

开户行名称：工商银行天津滨海国际机场支行

开户行地址：天津市东丽区外环线天津机场内

账号：0302015109100467065

（3）投标人自行承担与按规定提供履约保证金有关的全部费用。

（4）投标人未能按合同规定履行其义务，采购人有权没收履约保证金。对于投标人违反采购合同约定的行为，采购人可依法追究其违约责任。

四、技术要求

1. 技术指标

序号	标的名称	数量/ 单位	技术要求/指标要求
1	多模式除冰 对象模拟测 试子系统	1	<p>1. 性能指标：</p> <p>（1）★按照 B737-800 机型，以 1:6 的比例尺制作缩小的飞机模型，尺寸 6.6 米（模型机长）×6m（模型机宽）×2.2m（模型机高）。</p> <p>（2）★地面配置轨道三条，单条轨道长度不大于 40 米。飞机模型上配置有电驱动系统，可模拟飞机模型在轨道上滑行，</p>

		<p>滑行速度 2~20m/min 可调且能保持匀速滑行和刹车控制功能。</p> <p>(3) ★机翼射流压力传感器量程 0-10 公斤。</p> <p>(4) ★机翼结冰检测量程 0-5 毫米，分辨率 0.5 毫米。</p> <p>(5) ★机翼温度检测量程负 20-100 度，分辨率 0.5 度。</p> <p>(6) ★以上各项指标误差控制在 10%以内。</p> <p>2. 功能要求</p> <p>(1) *飞机模型的滑行具有刹车制动、锁死控制功能，可以控制前进、后退功能。</p> <p>(2)★模型两侧大翼及机身表面各安装不少于 2 组检测温度、射流压力以及机身表面结冰检测的接触式传感器。结冰传感器至少能够检测出水膜和积冰类型、厚度。</p> <p>(3) *飞机模型驱动采用市电电源供电，机载传感器信号采用无线传输。飞机运行具备现场近距离无线电遥控和控制台多点操作。</p> <p>(4) *部分区域轨道具备加热防冰功能，确保轨道驱动所需动力和刹车制动力矩。</p> <p>(5) 能够模拟发动机尾喷气流。</p> <p>(6) *具备大翼和尾翼等相关位置的防撞警示灯，并能够模拟飞机滑行时防撞灯闪烁运行功能。</p> <p>3. 安全要求</p> <p>(1) ★地面上滑行轨道的两端应设置防止模型冲出轨道的防撞和报警装置。</p> <p>(2) 随行线缆符合工业安全 and 规范标准，具备防水、防油污、耐腐蚀、耐折弯等保护功能。</p> <p>(3) 电驱动系统具备过载、短路等保护和报警功能。</p> <p>(4) *随行电缆供电电压不高于 36—48 伏。</p> <p>4. 材料要求</p> <p>(1) ★飞机模型表面及安装的温度、射流压力机冰层厚度检</p>
--	--	---

			<p>测传感器应耐腐蚀、耐高温。</p> <p>(2) *飞机蒙皮选用铝合金材料，内置龙骨，和飞机真实外形相似度 90%以上，蒙皮厚度不小于 1 毫米，做必要的防锈、亲水和氧化等处理工艺。</p> <p>(3) *轨道和机轮做必要的防锈和润滑处理工艺。</p>
2	除冰机械臂机构系统研发测试子系统	2	<p>2 台套系统功能根据建设方案优化,根据场地进行综合集成设计，功能、性能指标和安全要求如下：</p> <p>1. 性能指标</p> <p>(1) ★机械臂最大载重：100kg，末端载荷不大于 50 公斤。</p> <p>响应文件中应提供本项应答数据的仿真计算分析，得到实验工况下设计指标参数，方案能够完全满足多作业构型、空载/满载、滑行多工况的实验条件。并提供仿真计算过程。</p> <p>未提供或仿真计算结论不满足指标要求，作无效投标处理。</p> <p>(2) ★机械臂末端最大移动速度：2m/s。</p> <p>(3) ★机械臂除冰作业半径：3m。</p> <p>响应文件中应提供本项应答数据的仿真计算分析，得到实验工况下设计指标参数，方案能够完全满足多作业构型、空载/满载、滑行多工况的实验条件。并提供仿真计算过程。</p> <p>未提供或仿真计算结论不满足指标要求，作无效投标处理。</p> <p>(4) ★系统除冰作业高度：3m。</p> <p>(5) 底盘移动速度：2—20m/min 可调。</p> <p>(6) ★底盘尺寸：长宽不大于 2 米*2 米。</p> <p>(7) ★移动底盘距离检测精度：小于 10 厘米，量程 0.1 米—1.5 米。</p> <p>(8) ★机械臂移动距离检测精度：小于 5 厘米，量程 0.05 米—0.5 米。</p> <p>(9) *在持续实验运行工况下底盘电池续航时间不小于 8 小时。</p> <p>(10) 底盘带负载运动定位精度：小于 10 厘米。</p>

		<p>2. 功能要求</p> <p>(1) *机械臂自由度完全覆盖除冰作业自由度需求。</p> <p>(2) 机械臂末端具备喷嘴阵列机构安装调整接口。</p> <p>(3) *机械臂末端具备防撞检测功能，避免作业过程中与飞机缩比模型发生碰撞。采用激光、超声波、毫米波等至少 2 种检测方式互为备用冗余。</p> <p>(4) ★移动底盘采用麦克纳姆轮结构，具备全向移动功能，具备自主导航与避障功能，能够与飞机缩比模型同步移动且不发生碰撞。</p> <p>(5) 具备足够安装空间与承载能力，能够完全承载喷嘴阵列机构、机械臂本体、供液系统及电控系统。</p> <p>(6) 底盘转弯半径：具备原地 360 度转弯。</p> <p>(7) *底盘具备充电接口功能。具备防撞检测功能，采用激光、图像、毫米波等至少 2 种检测方式互为备用冗余。</p> <p>(8) *场地区域对称配置不少于 4 台套 AGV 充电桩，要求每台 AGV 连续充电时间不大于 3 小时。</p> <p>(9) *底盘和机械臂运行可以现场无线手动操作和远程无线操作功能，能够根据检测目标自动启动底盘运动和机械臂作业。</p> <p>3. 安全要求</p> <p>(1) ★喷嘴阵列机构与飞机模型表面的距离小于 200mm 时系统发出警报，作业末端按照远离飞机表面方向自动回收。</p> <p>(2) *除冰机械臂系统自动计算除冰作业全路径中机械臂本体与飞机缩比模型间的干涉情况，存在干涉情况提前报警并取消作业指令。</p> <p>(3) *底盘和作业机械臂具备防倾翻、碰撞检测和控制功能。</p> <p>(4) 底盘充电采用标准工业 AGV 充电流程和接口规范，具备防漏电、短路等人身和设备安全保护功能。</p> <p>(5) AGV 电池、充电桩具备消防等安全认证，采用不易燃烧</p>
--	--	--

			<p>材料，避免电池自燃等安全事故。</p> <p>4. 材料要求</p> <p>（1）要求除冰机械臂机构系统研发平台所有外露件耐腐蚀、耐高温。</p> <p>（2）机械臂本体采用铝合金等轻量化结构材料。</p>
3	除冰液喷洒机构研发测试子系统	2	<p>2 台套系统功能根据建设方案优化,根据场地进行综合集成设计, 功能、性能指标和安全要求如下:</p> <p>1. 性能指标</p> <p>（1）★喷嘴阵列机构：每组喷嘴阵列由 3—5 个喷嘴个体组成， 2-4 组喷嘴阵列组成一套喷嘴模组，安装于机械臂末端，并随机械臂末端以$\leq 1\text{m/s}$ 的速度移动。最大承压 15 公斤。每个构型流量不少于 200L/min。</p> <p>（2）★除冰时间：安装不少于 4 台除冰机械臂末端的喷嘴模组扫掠飞机模型表面，除冰时间$\leq 3\text{min}$。</p> <p>响应文件中应提供本项应答数据的仿真计算分析，得到实验工况下设计指标参数，方案能够完全满足多作业构型、空载/满载、滑行多工况的实验条件。并提供仿真计算过程。</p> <p>未提供或仿真计算结论不满足指标要求，作无效投标处理。</p> <p>（3）*出口温度：不小于 84°C，融化最大积冰厚度 10mm。</p> <p>（4）★喷嘴进口压力：喷嘴阵列进口最小压力 0.45MPa。</p> <p>（5）★喷嘴流量：单体喷嘴组件最大流量 10L/min。</p> <p>（6）*供液系统：</p> <p>① 单体设备供液箱容量$\geq 250\text{L}$，其上安装有液位传感器，液位信号远程传输；</p> <p>② 供液泵流量$\geq 200\text{L/min}$，压力最小 0.45MPa，耐温$\geq 100^{\circ}\text{C}$。</p> <p>（7）喷嘴阵列摆动角度：喷嘴阵列在除冰过程中绕安装喷嘴的集管中心轴摆动最大$\pm 45^{\circ}$。</p> <p>2. 功能要求</p>

			<p>(1) *喷嘴阵列流量压力调整及显示功能：提供给喷嘴阵列的流量和压力具有可调功能，并同步远程显示。</p> <p>(2) ★喷射系统的通断控制：喷射系统到每个喷嘴阵列的管路上都装有电磁阀，具有根据需要随时切断供液的功能。</p> <p>(3) 喷嘴模组套件旋转功能：喷嘴阵列套件能够绕机械臂末端固定轴 360 度旋转。</p> <p>(4) *快速充液功能：安装于机械臂底盘上供液箱配有快换接头，以便快速与地面上布置好的供液点快速连接，为排空的供液箱补液，做好下一次除冰准备。</p> <p>(5) 喷嘴快装快拆功能：喷嘴阵列所使用的喷嘴应具有快装和快拆功能，便于更换和维护。</p> <p>3. 安全要求</p> <p>(1) ★喷嘴阵列防碰撞要求：安装于机械臂末端的每个喷嘴阵列都装有超声传感器，在喷嘴出口与飞机模型表面的距离小于 200mm 时发出警报，防止喷嘴阵列与飞机表面发生碰撞。</p> <p>(2) 喷射管路系统安全：除冰液高温，管路系统做好隔热、防管路开裂等措施，确保人员不烫伤。</p> <p>4. 工业材料要求：由于除冰液乙二醇具有腐蚀性且 84℃ 高温，要求喷射系统、供液系统、管路系统、压力传感器、流量传感器、电磁阀等元器件耐腐蚀、耐高温。</p>
4	除冰液工艺参数生成与供给调控子系统	2	<p>2 台套系统功能根据建设方案优化,根据场地进行综合集成设计, 功能、性能指标和安全要求如下:</p> <p>1. 性能指标</p> <p>(1) ★自来水存储箱 1 个, 体积$\leq 10\text{m}^3$, 除冰液原液存储箱 1 个, 体积$\leq 10\text{m}^3$; 混合液存储箱 1 个, 体积≤ 3 立方米。</p> <p>(2) ★配比控制: 除冰液和水最少按照体积 25%、50%和 75% 三档调节, 误差控制在 5%以内。</p> <p>(3) ★温度控制: 管道电加热器不少于 2 套, 从开始配比加热算起, 加热时间不超过 60 分钟, 将除冰液温度加热到 84℃, 温度范围 60-90℃, 温度误差控制在正负 1℃以内。</p>

		<p>(4) ★供液流量：最大流量 600 升/分钟。误差控制在 5% 以内。</p> <p>2. 功能要求</p> <p>(1) *具备将除冰液存储箱中液体输送到除冰机械臂加注除冰液的加注点，并为除冰机械臂底盘上的除冰液存储箱加注除冰液的功能。</p> <p>(2) *具备对除冰液温度、压力、流量的调节控制功能以及温度、压力和流量的检测功能，检测数值实时远程显示。</p> <p>(3) *自来水存储箱、除冰液存储箱、混合液存储箱具备液位检测和显示功能，液位数值远程实时显示；具有手动放液口。</p> <p>(4) 自来水系统、除冰液系统以及混合液系统配有电磁球阀与除冰工艺系统联锁，控制各系统液流的通断。</p> <p>(5) *加液、加热管路有旁路回流管路，确保供液和加热工艺。</p> <p>3. 安全要求</p> <p>(1) *要求自来水系统、除冰液系统以及混合液系统应具有低压和高压报警及联锁停机功能，防止管道泄漏或者是系统压力超高引起管道破裂损失除冰液和污染环境。</p> <p>(2) *加热系统具备高温监控和报警处置功能，确保加热系统在管路流体关闭，或者加热参数失控等情况下安全处置措施和工艺流程。</p> <p>(3) 存储箱等的承受压力要求，确保存储箱结构安全，外形稳定，不存在受压变形泄漏等情况。</p> <p>4. 材料要求：由于水及除冰液乙二醇具有腐蚀性且 84℃ 高温，要求自来水系统、乙二醇原液系统以及除冰液系统、压力传感器、流量传感器、电磁阀等元器件耐腐蚀、耐高温。</p> <p>5. 耗材要求：提供除冰液一型液原液，采用厂家标准的包装运输箱体，整体体积不小于 2 立方米。</p>
--	--	---

5	除冰液储存回收与处理消耗子系统	1	<p>1. 性能指标</p> <p>(1) ★废液储液箱 1 个，体积$\leq 10\text{m}^3$。</p> <p>(2) ★废液回收池 1 个，体积$\leq 3\text{m}^3$，和建筑室内排水系统通过阀门相连。</p> <p>(3) ★废液输送流量：不小于 600 升/分钟，可调。</p> <p>(4) ★每项指标误差控制在 10%以内。</p> <p>2. 功能要求</p> <p>(1) *具备废除冰液汇流回收功能和转运装置。</p> <p>(2) 配置回收管路阀门机构与收集池，具备加压输送功能。</p> <p>(3) 地面以纵向中心线为准向左右两侧倾斜，地沟顺着纵向中心线向前后倾斜，具有废液自动汇流到废液回收池功能。</p> <p>3. 安全要求</p> <p>(1) *废液回收池和废液存储箱设置液位传感器，监测液面高度，防止溢出。</p> <p>4. 材料要求：由于除冰液乙二醇具有腐蚀性且是 84℃ 高温，要求喷射系统、供液系统、管路系统、压力传感器、流量传感器、电磁阀等元器件耐腐蚀、耐高温。</p> <p>5. 其他要求：提供废液回收专用车辆租用，具备环固废物体回收专用车辆设备，满足危险化学品物品转用安全环保要求。验收合格后 4 次/年，质保期 5 年，共 20 次。</p>
6	积冰精准探测与除冰监控可视化研发子系统	1	<p>1. 性能指标</p> <p>(1) ★积冰检测系统：由 2—4 个近红外相机和接触式传感器组成，积冰检测厚度范围：不小于 10 毫米；检测厚度分辨率：不大于 0.5 毫米；积冰检测面积分辨率：不大于 1 平方厘米。监测点位覆盖全机身。误差控制在 10%以内。</p> <p>(2) *除冰监控系统：由 4 台高清视频摄像机组成，分辨率不低于 1920×1080，存储空间不低于 18t。</p> <p>2. 功能要求</p> <p>(1) ★积冰检测功能：采用近红外技术，进行积冰位置，积冰面积、积冰厚度检测；支持检测算法、积冰定位等方法的</p>

			<p>测试和研究。</p> <p>(2) 作业监控功能：采用视频监控技术，进行除冰作业过程视频实时监控。实时采集射流参数，具备喷嘴阵列局部射流温度场、流场；监控模拟，并和数字孪生系统数据通信。</p> <p>(3) *可视化演示功能：除冰过程视频监控数据和积冰状态检测数据，可以与中央控制平台的数字孪生系统（大屏幕）集成与可视化演示。</p> <p>(4) ★数据分析系统具备积冰检测图形拼接（或者飞机模型生成）和数据处理，计算和显示，残冰位置坐标，状态等；该智能体能够自行运行，也可以和上位信息服务平台计算机通信，数据可以导入数字孪生系统。</p> <p>(5) ★开放所有软件系统源代码，并提供软件说明书等手册。</p> <p>3. 安全要求</p> <p>(1) 所有检测相机位置部署避免和飞机运行作业空间相干涉。</p> <p>(2) 相机传感器在高温高湿环境下防水等功能。</p> <p>4. 材料要求：由于除冰液乙二醇具有腐蚀性且 84℃ 高温，所有元器件耐腐蚀、耐高温。</p>
7	智能除冰技术机电液协同控制与测试子系统	1	<p>1、 性能指标</p> <p>(1) ★除冰机械臂移动底盘相对于飞机模型，移动目标识别精度$\leq 5\text{cm}$，底盘跟踪精度$\leq 10\text{cm}$。</p> <p>(2) ★数据通信刷新率延迟度低于 0.1 秒。</p> <p>2. 功能要求</p> <p>(1) ★硬件在环虚实仿真和动态模拟，包含多种算法嵌入，测试对象接入，运行仿真数据库，功能原件和物联。仿真实体包括：除冰液喷洒，机械臂结构和飞机模型等。</p> <p>(2) ★除冰机械臂采用多智能体技术，实现多机械臂任务规划与协同控制。</p> <p>(3) ★结合流体控制技术，实现除冰机械臂所带负载——</p>

		<p>喷嘴机构的运动协同控制。</p> <p>(4) ★测试平台底层代码开放，能够实现分别采用至少 3 种组合模式下除冰机械臂控制模式软件开发和对象切换。</p> <p>(5) ★搭建多智能体协同控制软件平台，可进行多台除冰机械臂的模拟测试和控制算法应用仿真。</p> <p>(6) *通过连接硬件在环仿真接口，可实现除冰机械臂协同控制的虚拟仿真和动态模拟。</p> <p>(7) *基于硬件在环仿真软件，可进行多台不同测试对象接入的多机械臂协同的模型预测控制、滑模控制、自适应/鲁棒控制算法的嵌入。</p> <p>(8) ★基于实验数据，建立仿真运行数据库，可进行不同功能元件（如可改变关键参数的移动底盘、机械臂、清洗喷嘴等）的接入和物联，实现多种场景除冰的离线仿真。</p> <p>(9) ★平台测控模块包括不少于 5 个部分：</p> <p>①机械臂本体控制系统；</p> <p>②多机械臂任务规划与协同控制系统；</p> <p>③喷嘴阵列柔性机构运动及动力学驱动控制系统；</p> <p>④运动机构移动检测与距离测控系统；</p> <p>⑤移动目标识别和精准跟随；</p> <p>⑥多台机械臂本体运动控制及喷嘴机构运动协同控制和电气控制。</p> <p>(10) ★平台开放功能不少于 3 个：</p> <p>① 够实现多种控制模式对象切换，测试模拟和仿真功能；</p> <p>② 硬件在环虚拟仿真和动态模拟，构建仿真运行数据库；</p> <p>③ 多种测试算法嵌入、测试对象接入和功能元件物联接入功能。</p> <p>(11) ★具有展示需求的接口不少于 4 个：</p> <p>①能提取除冰作业过程机翼表面除冰液流场温度、射流轨迹、机翼表面温度、积冰状态和机翼表面所受冲击力等信息；</p>
--	--	---

			<p>②能获取多台除冰机械臂底盘上除冰液箱体内液位高度信息、自来水储水箱内液位高度信息、除冰液原液箱体内液位高度信息、混合液箱体内的液位高度信息、废液池液位信息、废液存储箱液位高度信息；</p> <p>③能获取除冰机械臂各喷射供液管道的流量、压力和温度信息；除冰液生成系统的压力、流量和温度信息；</p> <p>④能获取除冰机器人的位置、整体作业状态等实时数据，确保数字孪生技术接入。</p> <p>（12）测控系统硬件要求：</p> <p>①主控制器具备多平台移植适配功能，具有模拟信号，数字信号读写通道接口。</p> <p>②所有数据采用工业互联网无线传输，测控模块采用集中监控。</p> <p>（13）★开放预留可以接入外部仿真模型或者控制算法接口，便于后续开展算法等研究。</p> <p>（14）★开放所有软件系统源代码，并提供软件说明书等手册。</p> <p>3. 安全要求</p> <p>（1）机器人检测系统具有防撞预警检测和处置功能。</p> <p>（2）机器人、飞机模型操作具备现场遥控终端，能进行现场和远程同步操作。</p> <p>（3）紧急情况下，机器人、飞机模型电控系统具备紧急停止按钮。</p> <p>（4）作业时底盘和机械臂末端安装警示灯。飞机防撞灯运行。</p>
8	除冰集群中央控制与资源协同调度研究子系统	1	<p>1. 性能指标</p> <p>（1）★具备和下位各子系统的控制和检测通信功能，进行上下位子系统之间建立无线通信物联功能。</p> <p>（2）★集成管理和调度系统：包括应用服务终端和操作终端，运行作业管理、残冰红外图像分析软件和数据管理软件等。</p>

		<p>硬件指标不低于 2 颗 32 核心 64 线程芯片，128GB DDR4 RECC 内存，1 块 4090D 显卡，1 个 2.5 寸 480GB SSD，6 块 3.5 寸 16TB 机械企业级硬盘 2G 阵列卡。配置工业控制接口数据通信模块和存储模块阵列，支持 Raid0/1/5/6/10 模式。满足信创系统要求，保证与本项目的兼容性。</p> <p>(3) ★数字孪生模拟演示系统：包括应用服务终端和演示大屏。运行数字孪生模拟演示软件系统。硬件指标不低于 2 颗 32 核心 64 线程芯片，128GB DDR4 RECC 内存，1 块 4090D 显卡，1 个 2.5 寸 480GB SSD，6 块 3.5 寸 16TB 机械企业级硬盘 2G 阵列卡。配置多接口数据通信模块和存储阵列模块，支持 Raid0/1/5/6/10 模式；满足信创系统要求，保证与本项目的兼容性。</p> <p>(4) ★演示大屏性能指标：LED 大屏幕，尺寸 3 米*4 米左右(满足室内布局要求)，室内小间距屏幕(点间距 P1.2-P2.5)，观看距离 3 米左右，模块化设计安装，前端维护，一级能效。</p> <p>(5) ★采集模拟存储参数：每个智能体运行参数：飞机速度、位置、表面温度、除冰液流量、压力、结冰状态等；机器人编号，喷嘴压力、流量，距离机体表面距离，机器人作业速度；残冰检测环节的机体表面温度、残冰位置、类型大小等。</p> <p>2. 功能要求</p> <p>(1) ★集成管理和调度功能：实现零等待除冰运行过程视频监控、作业任务管理和资源调度功能。</p> <p>(2) ★可视化演示功能：采用数字孪生技术，实现进行除冰过程模拟演示和多参数动态展示。</p> <p>(3) 数据采集和管理：除冰作业过程检测数据的数据库管理，包括数据采集、存储和统计分析等。</p> <p>(4) ★物联网通信功能：通过路由器和无线通信设备，进行上下位子系统之间的通信。</p> <p>(5) ★具备基于数字孪生技术进行除冰作业过程动画显示，</p>
--	--	--

			<p>比如整个除冰坪停靠飞机场景（可单台也可多台），飞机滑行动画，除冰机器人运动动画，喷射作业整体效果（多个机器人同时作业各司其职，水雾，除冰液飞溅等），能够进行整体和局部展示。同时界面显示每个智能体单元的作业参数等。</p> <p>（6）★数字孪生模块、动画演示模块开放接口，具备后续模型算法导入功能。</p> <p>（7）★开放所有软件系统源代码，并提供软件说明书等手册。</p> <p>3. 安全要求：系统集成机柜：供电、制冷、UPS 和低成本维护等。</p>
--	--	--	--

2. 质量要求

★（1）中标人提供的设备必须是全新（包括零部件）的设备，设备必须符合国家监测标准以及该产品的出厂标准，产品包装上必须有完好的生产厂家、规格型号、出厂号等有效信息。中标人保证所供设备与投标设备完全一致，不存在任何偏差。如出现不一致，中标人将承担违约责任。

★（2）投标人所提供的设备必须具有合法手续及相关文件，否则招标人有权拒绝履行合同所规定的一切责任。

（3）投标人应随设备向采购人交付设备的使用说明及随货物的其他相关资料。

（4）投标人提供的货物必须符合合同技术指标要求，并能按国家标准（行业标准）供应、检测、调试，确保产品技术指标满足使用要求。

3. 安装调试要求

（1）中标人安装调试应符合国家、行业规范要求，特殊行业人员应持证上岗。

（2）因货物到场安装、调试导致对采购人场所、环境破损的，由中标人按照原标准免费恢复。

（3）在设备安装调试期间，由中标人派技术人员到现场进行技术指导，所发生的一切费用均包含在投标总价中。

（4）投标人须在到货后 120 日内安装、调试完成；投标人应自带用以安装、调试过程中所需的各种工具、仪器、仪表及易损件。在安装、调试过程中，投标人应自负其工作人员的食宿、交通等费用；因采购人原因造成不能按期开工或中途无故停工的，工期不能顺延，由此引起的赶工等费用由采购人自行承担；除不可抗力原因外，因任何因素造成的工期延误，总工期均不予顺延，停工费用损失不予计取。

（5）分别按照每个子系统进行测试实验，形成多种工况下实验测试报告，包括每个子

系统的性能指标，功能指标等；再进行系统整体运行测试，形成整体运行情况下完整测试报告，内容包含子系统整体性能功能指标，各子系统之间的协作功能指标等。

★（6）在安装调试过程中，中标人应充分考虑现场安全条件，并采取相应的安全措施，在安全的前提下作业，安装场地及施工人员安全，由投标人负责。投标人须对安装、调试过程中造成的采购人或其他人身损害或财产损失承担赔偿责任。

4. 质保要求

★（1）本项目免费质量保证期要求不低于5年。质保期从货物供货、安装、调试正常且经采购人综合运行验收合格后开始计算。免费质量保证期以整个项目为单位进行响应。

（2）在任何时候，投标人均不能免除因产品本身的缺陷所应负的责任。投标人有义务对所提供的货物实行终身维护和对产品进行定期的检测与维护。

（3）所投产品在保修期内，如非人为原因而出现的产品质量问题，供应商应免费解决，采购人有权要求供应商无条件免费更换同品牌、同型号的新设备或作退货处理，且维修或更换件的质保期相应延长。

（4）中标人保证在收到采购人报修电话后的6小时内用电话或传真答复指导，如仍未解决问题，中标人保证在电话沟通后的2个工作日内到达现场进行维修服务，2个工作日内排除故障，并在产品生命周期内提供技术咨询（具体以合同约定为准）。

（5）在质保期内免费根据北京大兴科技创新基地平台提供设备硬件系统进行软件升级与重新部署调整和演示系统重新部署迁移与升级服务。

（6）为保证项目的顺利有序地实施，投标人在中标后配备至少1名熟悉机电装备系统知识的人员提供技术支持。并负责现场协调管理等事项。

5. 验收要求

（1）验收主体：中国民航大学。

（2）验收时间与内容：

工厂验收：计划2027年3月底。确定项目主要设备子系统：多模式除冰对象模拟测试子系统，除冰机械臂机构系统研发测试子系统，除冰液喷洒机构研发测试子系统，智能除冰技术机电液协同控制与测试子系统，除冰集群中央控制与资源协同调度研究子系统实验方案和设计参数，并搭建主要子系统联合实验原型系统，确定系统整体设计方案和设计参数，形成设计图纸。

现场验收：计划2027年8月底。所有设备具备交付条件且货到项目现场并组装完毕，具备通电调试条件。

最终验收：计划2027年11月底。根据项目合同书完成分系统现场调试、测试实验，整体系统联合调试运行，完成合同所有事项，并形成实验测试报告和专家验收意见。具体时间，中标人与采购人根据土建进度确认。

（3）验收方式：联合验收。由采购人组织相关需求部门成立验收小组，严格按照采购

合同及招投标文件开展履约验收。

(4) 验收程序：由采购人邀请中标人与评审专家参与验收，采购人根据项目完成情况填写验收报告并经中国民航大学审核盖章，合同履行结束后由采购人保存全部验收资料及手续文件。

(5) 验收内容：本项目完成情况。

(6) 验收标准：按照采购合同的约定和现行国家标准、行业标准、地方标准进行验收，包括所有客观、量化指标。

★(7) 违约责任

中标人迟延交付研究开发成果的，每延迟一天，承担合同总价 0.05% 的违约金。如延迟超过 30 天，采购人有权解除合同并要求中标人承担赔偿责任。

如验收达不到规定要求，采购人有权拒绝付款。若因中标人违约，导致项目无法验收通过，采购人有权依法追回已支付货款，依据合同要求投标人赔付相应损失，同时依法追究相应法律责任。

6. 其他要求

(1) 培训要求

投标人应负责对采购人项目技术人员和操作人员提供免费技术培训，培训内容包括但不限于设备整体结构、性能、技术和操作、维修等方面的技术指导和培训，并接受采购人有关人员的技术咨询；投标人应免费提供一定数量的培训资料（技术及商业秘密除外）；投标人负责制定对采购人人员在运行、维修和试验等方面的培训计划，并有专人负责实施培训计划，负责指导采购人受培训人员学习设备的特点和特性，掌握在运行、维修和使用管理中应遵守的规则等方面的综合知识。投标人组织的培训，以采购人相关人员可独立完成设备操作、实验运行及简易维修为目标，培训质量以采购人人员实际掌握情况为判定标准；未达到使用能力要求的，乙方须无偿增加培训次数及补充培训内容。

(2) 保险要求

由中标人指定运输公司，承担运保费，在货物到达指定交货地点前货物风险由投标人承担。

(3) 知识产权和保密要求

★① 投标人保证在履行合同过程中不侵犯对方及第三方的知识产权、名誉权、隐私权等。采购人在使用本采购合同项下的采购货物或其任何一部分时免受第三方侵犯其知识产权、商标权或著作权的起诉，如发生相关起诉，投标人应承担一切侵权责任并就对招标人造成的名誉、经济等方面的损失给予相应的赔偿。

② 投标人应保证提供货物的商标、专利等知识产权归投标人所有的，对于非投标人所有知识产权的货物，投标人有义务提供给采购人正规渠道证明。采购人提供的技术资料等知识产权归采购人所有，由采购人授予投标人在本合同货物范围内使用，未经采购人许可，投标

人不得在本合同货物范围外使用。

③除法律规定或合同另有约定外，未经采购人的书面许可，投标人均不得将本合同中的内容及在本合同执行过程中获得的对方的商业信息向任何第三方泄露，对合同中的知识产权信息、进货渠道、进价策略等信息进行保密。

④通过本项目形成的设备系统、技术方案，软件著作权，发明专利等形式，全部归采购人所有，投标人不得将本系统部分或者全部方案交给第三方等。

★（4）投标人须负责本项目的深化设计，必须提供采购文件所要求的全部设备，并确保安装完成后实现实验平台功能/需求。若采购文件要求的货物配置不足以满足上述要求，投标人应自行补充所需设备，相关费用已包含在投标报价中，采购人不再另行支付（须提供加盖投标人公章的承诺书）。

★（5）其他技术服务要求

①项目控制室配置和参观走廊：设计配置一个不小于 20 平方米左右的集中控制室，并配置空调通风装置，控制室部署各子系统控制柜。此外配置监控操作台，台面长宽不小于 1.5 米*0.75 米，不少于 15 台套；配置设备工具配件柜不少于 15 套，高宽深不小于 1.8 米*0.85 米*0.39 米。同时采用架空方式设置一个下沉式参观走廊，走廊大约 10 米长，宽度 1 米—1.2 米。

②负责现场所有的地面结构修改、管道、电路、基本消防设备等安装改造等一揽子辅助任务。完成实验场地墙面配电箱及电缆敷设，配电箱数量不少于 5 套，交流 380/220 伏，实验场地至少 3 套，每个配电箱控制回路不少于 4 路，至少 1 套配电箱控制功率不小于 60kW；控制室至少 2 套，每个配电箱控制回路不少于 4 路，至少 1 套配电箱控制功率不小于 60kW。配合后续实验室验收等一揽子交钥匙工程。

③负责做出大约 2 分钟的零等待除冰系统展示视频（讲解、视频动画），要求单独文件交付，并能够嵌入大屏幕终端进行备用演示；再精简后形成 30 秒的动画视频，要求单独文件交付，包括形象宣传文件制作等。

④所有控制系统、信息系统软件源代码开放公开免费试用，设计预留后续算法模型导入的接口等；根据实验室整体需求完成不少于一次的软件系统迁移升级、模型导入和部署调整等事项，并负责软件代码说明手册和系统操作说明手册编写。