**关于香港科技大学-博智林联合研究院**

**第十一批（2022年度第三批）校企合作项目申报指南**

根据《香港科技大学-博智林联合研究院管理协议》，现发布第十一批（2022年度第三批）校企合作项目申报指南，请各院系老师按照指南要求积极项目申请。

**一、本批次项目设置**

（1）项目1:35kg级七轴机械臂特定运动空间自动轨迹规划技术

（2）项目2:混凝土初凝时间预测模型及其监测系统研究

（3）项目3:混凝土施工过程高效精确测量系统

（4）项目4:腻子施工过程中去泡研究

（5）项目5:外墙面特征的自动识别建图

（6）项目6:35kg级七轴机械臂末端力矩控制技术

（7）项目7:建筑实测与三维建模

（8）项目8:装修机器人全身高精度高效率控制技术

详细信息附后。

**二、相关日程安排**

11月16日前在全校范围内发布指南。12月9日17:00前完成项目任务书征集。预计12月20日前召开项目评审会，决定本批次立项清单。

**三、项目评审形式**

项目评审采用现场/线上答辩的形式评审。项目负责人需到达指定的地点，以PPT的形式现场展示与答辩，评审专家会审。

**附：本批次项目设置**

**（1）项目1：35kg级七轴机械臂特定运动空间自动轨迹规划技术**

**研发周期：8个月**

**项目背景及痛点：**

砌砖机器人用于二次结构砌筑施工。自研35公斤7轴机械臂是机器人的关键部件，用于把砖抓取并砌筑到墙上。机械臂的轨迹规划，特别是有障碍物情况下的轨迹规划是项目的痛点。不同位置的砖，如直墙每行最后一块砖、顶层砖、L形墙转角砖、T形墙转角砖等需要机械臂走不同的轨迹来砌筑。机械臂的轨迹需要避开机器人侧面墙、机器人前面墙体、机器人上面的梁等障碍物，同时要保证轨迹的顺畅和高效的节拍。目前机械臂暂不具备自动避障的轨迹规划功能，每种特殊的位置都需要单独示教轨迹砌筑，耗时比较长、难以拓展，且易发生碰撞。

**研究目标：**

1.给定目标点位机械臂自动规划轨迹，在没有障碍物情况下实现速度最优，过渡点轨迹平滑；2.给定规则空间（如矩形），自动规划避障前提下的速度最快轨迹。具备机器人实时规划和仿真软件规划两种模式。机器人实时规划空间支持APP输入上下左右的距离，仿真软件前置规划支持导入Solidworks模型；3.非规则空间（如有缺口矩形、去除横梁的空间等），自动规划避障前提下的速度最快轨迹；具备机器人实时规划和仿真软件规划两种模式。机器人实时规划，空间信息支持APP选择场景及尺寸的方式输入，仿真软件前置规划支持导入Solidworks模型；4.仿真环境支持轨迹的导出，可以直接应用于机器人。

**技术指标：**

定量指标：1.轨迹生成正确率大于等于99.9%；2.单次轨迹生成时间小于1s；3.砌筑单行程机械臂移动时间为2-5s；

定性指标：1.轨迹具有平滑功能；2.障碍位置参数支持参数化调整；3.具备机器人实时规划和仿真软件规划两种模式；4.仿真环境支持轨迹的导出，可以直接应用于机器人。

**交付成果：**

1.原型系统设计文档，不限于软件说明书、流程图、源码等与系统相关文件；2.1套原型样机及测试报告。

**（2）项目2：混凝土初凝时间预测模型及其监测系统研究**

**研发周期：12个月**

**项目背景及痛点：**

因混凝土材料、干湿不均、季节、温度、区域、光照等因素，难以准确判断地面抹平机器人施工最佳的入场时机，只能靠施工经验判断，无法量化，不利于产品推广。

现存问题是如何确定环境因素与材料特性对施工层面混凝土的初凝时间的影响规律，以预测混凝土初凝时间，进而协助机器人入场。主要的影响因素有气温、季节、湿度、风速、混凝土标号、水灰比、塌落度、外加剂。

目前国内外研究测定混凝土凝结时间、初凝时间的方法有电测法、稠度法、声波法、热量法、力学法。以上的研究方法仪器的复杂性和施工现场的干扰会影响检测结果的准确性。在实际工程应用中很难取得满意的效果。急需研发一种非接触式，易携带、普适的初凝时间测试方法。

**研究目标：**

1.建立混凝土凝结时间预测数学模型：1)通过单因素实验，确定影响混凝土的初凝时间主要因素（环境因素、材料因素）；2)利用多元回归法等数学分析方法，建立基于多因素相关的混凝土初凝时间预测数学模型。

2.搭建实时监测系统：1)基于嵌入式等便携平台开发一套具备人机交互功能的混凝土凝固时间实时监测系统；2)系统可通过手动、自动方式获取影响因素数值，并接入预测数学模型，实现混凝土初凝时间的准确预测。

**技术指标：**

1、混凝土初凝时间监测系统关键指标：1）精确性：预测初凝时间与实际时间误差≤10min；2）普适性：混凝土高精度地面施工应用场景≥90%；3）便携性：设备整体重量≤3kg；4）高效性：初凝预测监测开始到输出时间≤5min。

2、预测数学模型，关键指标为：1）所输出的数学模型标准差≤5%；2）模型涉及主要影响因素≥5项。

**交付成果：**

1、混凝土初凝时间监测系统1套：

1）套精确性：方便施工现场实施，可通过传感器实时准确获取环境因素变化情况；2）实时监测与数据分析：通过将混凝土材料、现场环境等各项实时数据输入到预测数学模型当中，分析出当前混凝土凝固时间点，从而判断地面抹平机器人可入场作业时机；3）人机交互功能：通知机器人操作人员抹平作业的可入场时机，并提前预警提示施工准备。

2、《基于某数学方法的混凝土初凝时间预测模型》研究报告1篇。

**（3）项目3：混凝土施工过程高效精确测量系统**

**研发周期：12个月**

**项目背景及痛点：**

混凝土施工过程中，目前缺乏一种对施工过程（摊平，整平，抹平等）高效，实时的施工标高测量输出系统，提供高效的施工过程质量完成面标高，高低差检测，分析处理测量系统。

当前测量痛点：

1.测量精度不足：激光发射器与标定杆系统误差±2.5mm，加上实际使用人工操作误差，标高过程测量误差较大；

2.时效性不足：当前测量为人工单点测量，完成一个板面测量耗时长，且无法有效记录，整理，施工班组其他人员无法共用数据；

3.耗费大量人力：在初摊平，整平，抹平以及完成面各阶段均需要人工入场测量，因测量耗时较长，耗费人力成本较大；

4.破坏完成面：手持激光杆测量，需要人工入场测量，在整平，抹平阶段会破坏施工完成面，需要二次修复。 **研究目标：**

能够提供一种有效的施工过程完成面检测方法，处理系统供施工过程使用。

1.测量精度：测量系统精度需要控制在≤1mm；

2.时效性：施工过程测量需要在施工工序结束，15min内完成测量及输出上工序施工质量报告；

3.自动测量：测量系统可以通过简单人机交互，自动完成板面施工质量测量，产业技师在操作机器人间隙完成测量工作；

4.非接触测量：测量系统需为非接触测量；

5.快速安装：适应工地施工环境，快速稳固的安装设备；

6.快速设置：上位机或云端导入环境参数，自动完成设置。必要时可以使用辅助工具；

7.数据处理及展示：图标显示，如区域热力图、数据汇总图标；数据导出及上存服务器；

8.测量系统无线组网：整个测量系统的组建通过无线组成。保证在工地复杂环境通信质量，减少系统在测量过程中的信息同步，保证测量效率和数据质量；

9.人机交互：机载或互联的显示设备；UI可以操作施工对图的操作、测量的操作、数据的显示及处理操作；

10.室外环境适用。

**技术指标：**

1.测量精度≤1mm，测程1-100m，测量角度≥270°；2.工作温度-10℃~+50℃，使用场景为白天、夜间、阳光下等；3.测量时间，单点测量≤2s；4.成本≤10w；5.自动测量；6.Wifi，蓝牙等无线数据传输功能，传输距离大于等于30米；7.续航24h；8.防水等级IP65。

**交付成果：**

1.机载测量软件系统；2.全套软硬件、机械结构的详细设计资料，软件源码；3.分阶段交付总体设计及各部分设计方案；4.辅助测量或安装的夹具样机及设计方案；5.测量系统使用说明。

**（4）项目4：腻子施工过程中去泡研究**

**研发周期：6个月**

**项目背景及痛点：**

目前腻子施工有两种方式：腻子刮抹与腻子喷涂。腻子施工过程中，混凝土墙（铝模墙/木模墙/塑料模墙）面腻子面层会起泡，传统人工施工是靠人用肉眼去判断已施工过面层达到表干（不能太湿不能太干）状态去压泡，该状态下腻子泡的表面有一定硬度与弹性，气压不会被顶出，干透后第二遍腻子施工由于墙面的针眼孔、麻布孔坑等已被封闭，从而达到去泡的效果。目前机器人施工过程中，不管腻子通过喷涂亦或者是刮抹的方式都不能在不同天气、温度、湿度等的条件下进行智能判断何时进行压泡，急需要解决这一行业难题。

**研究目标：**

1.起泡原因分析：给出腻子刮抹或喷涂起泡原因详细过程与结果分析，给出详细的分析报告；2.探讨解决措施：给出室内装修整户型工作面腻子批刮或喷涂去泡的可实际应用的解决措施；可通过工艺或材料改性等方式实现；3.实现成本控制：若通过原材料创新实现，材料成本不大于目前市面上使用的腻子材料成本，如非常必要增加其增加值需控制在10%以内；若通过工艺创新等方式实现，腻子涂敷工艺总成本应不大于传统批刮两遍腻子总成本的50%。

**技术指标：**

1.正常施工条件下，室内装修整户型工作面批刮或喷涂时无气泡产生；2.若通过原材料创新实现，材料成本不大于目前市面上使用的腻子材料成本，如非常必要增加其增加值需控制在10%以内；3.腻子分类：一般型（Y），柔韧型（R），耐水型（N）。本项目针对市场占有率在80%左右的Y型腻子提供去泡解决措施。

**交付成果：**

1. 腻子材料成分与起泡原因分析报告；2.室内装修整户型工作面刮抹或喷涂腻子不起泡的解决措施，如腻子改性的腻子材料配方或者成熟的施工工艺资料；3.室内装修整户型工作面去泡材料或工艺等解决措施的实际施工验证，包括现场验收与输出试验报告；4.若为新材料，需输出详细材料配方；5.若为新工艺工法，需输出详细工艺流程。

**（5）项目5: 外墙面特征的自动识别建图**

**研发周期：12个月**

**项目背景及痛点：**

由于建筑外墙的特征较多，有平面墙、窗户、阳台、空调龛、空调挑板、结构连板、阴角，凹面等，现有的爬升式外墙喷涂机器人和边角施工机器人采用的是手动轨迹规划和基于BIM的轨迹规划功能，但这两种方式存在以下痛点：

1、手动轨迹规划功能需要根据施工图纸或者现场情况录入相关特征信息，存在工作量大、数据易出错、与现场数据不匹配、示教喷涂难度大、对人员要求高等问题；

2、基于BIM的轨迹规划功能需要提前建立BIM模型，存在成本高、BIM模型与实际建筑物存在偏差等问题；

基于以上问题，外墙施工机器人具备外墙自建图和特征识别功能更加符合现场施工的需求，采用一键启动便可自动爬升建图，识别特征后可自动调取轨迹库里面的喷涂轨迹，可以大大提高机器人的智能化和工作效率，并且可以降低机器人的使用门槛，对产品的商业模式提供更大的可能性。

**研究目标：**

1.识别不同的外墙特征，并输出特征的类型、位置坐标与尺寸信息；

2.程序可适应适应于外墙施工机器人在作业过程中合理范围内的异常运动状态，如晃动、走偏等。

**技术指标：**

1.建图识别范围≥±5000mm（以机器人中心为零点）；2.输出外墙面特征的类型、位置、尺寸；3.识别过滤外墙管道、窗户保护膜等非喷涂特征；4.外墙面特征的位置、尺寸精度≤±10mm。

**交付成果：**

1.外墙自建图和特征识别功能的方案与硬件一套；2.外墙自建图和特征识别功能的源码、软件流程图、软件详细设计报告；3.外墙自建图和特征识别功能的测试报告。

**（6）项目6：35kg级七轴机械臂末端力矩控制技术**

**研发周期：3个月**

**项目背景及痛点：**

35kg级七轴机械臂应用于砌砖机器人，主要用于商品房室内二次结构（墙体）的砌筑。

砌砖时，机械臂需要给砖侧面和底面一定挤压力，目前的压力控制不能达到精度要求，易造成有时挤压力过大，有时挤压过小，甚至抛转的现象。

**研究目标：**

1.在现有机械臂和软件基础上开发实现力矩控制；2.机械臂末端给其他物体施加的挤压力，可在X、Z两个个方向分别设置，如下图所示。注意图示夹爪夹的砖顶面，还有有可能夹砖侧面。机械臂在不同姿态下挤压力可以稳定可控，挤压力误差满足±10N要求,不发生压砖或抛转现象；3.增加材料成本控制在1000元以内；4.具有可移植性和二次开发能力；5.通过在砌砖机器人上实际运用进行验收，满足各项指标要求。

**技术指标：**

1.机械臂末端施加给其他物体的挤压力可在X、Z两个个方向分别设置，且挤压力误差±10N，不发生压砖或抛转现象；2.机器人改造物料成本不超过1000元；3.不增加当前机械臂作业时间；4.兼容博智林自研机械臂软硬件系统。

**交付成果：**

1.原型系统设计文档，不限于工程图、电气原理图、源码、设计说明等与系统相关文件；2.1套改造样机及测试报告；3.可移植性与二次开发评估报告；4.不少于3次的现场技术支持和培训。

**（7）项目7：建筑实测与三维建模**

**研发周期：9个月**

**项目背景及痛点：**

1.现阶段地图与路径基于BIM模型和设计图纸，由于机器人施工的前置场景不一致或结构墙工艺等因素，机器人施工现场与BIM模型存在偏差，现场空跑导致效率降低；

2.难以快速获取现场的高精度三维模型；室内装修样式比较复杂，特征细节要求高（窗帘盒、二级吊顶等）地下车库空间范围大，梁柱较多，地面不平整。

**研究目标：**

1.针对现场施工应用场景，包括室内和地下车库，研发一款可重复使用的手持式三维扫描仪，对复杂建筑环境进行扫描，开发三维重建技术，对数据进行降噪、融合拼接等处理，完成现场建筑的高效高精度建模；2.扫描仪总成本应控制在15万以内；3.仪器具备产品化设计，能实现小批量生产。

**技术指标：**

1.扫描仪测量范围：0.5-50m；2.扫描仪重量：≤2kg；3.扫描时间：室内一层楼约500m²场地空间的扫描时间应在20min以内；4.拼接建模时间：数据处理和建模完成时间应在20min以内；5.建模精度：建模精度在0.4%以内；例如，室内场景下对于长为5m的墙，在构建的三维模型中测量长度应在 4.98m 和 5.02m 之间。

**交付成果：**

1.建筑实测与三维建模详细方案说明书；2.移动式扫描仪及其使用说明书和配套软件；3.三维建筑拼接建模算法源代码、说明和算例验证等。

**（8）项目8：装修机器人全身高精度高效率控制技术**

**研发周期：9个月**

**项目背景及痛点：**

现阶段装修机器人上装执行结构与底盘分开规划和控制，末端执行精度低；同时执行效率还有上升空间，未实现全身统一控制。

**研究目标：**

针对不同施工场景下（包括室内和地库）的不同装修机器人分别建模，考虑机器人的动力学特性、运动平滑性、稳定性等，开发一套基于多自由度全身系统的运动控制算法，共同控制和规划机器人上装机构和底盘，实现机器人边走边施工，保证对机器人的高精度高效率全身控制。

**技术指标：**

1.全身运动控制精度应为室内机器人±25mm，地下车库机器人±45mm；2.工作状态中末端最大移动速度应≥0.8m/s；3.工作状态中需要保持末端机构速度的均匀性，速度精度应控制3 %内。

**交付成果：**

1.装修机器人全身高精度控制的详细方案说明书；2.全身高精度运动控制算法的源代码、说明和算例验证等；3.机器人运动学、动力学仿真分析等。