

第 17 届全国三维数字化创新设计大赛
“华中数控杯”工业协作机器人及数字孪生
技术创新应用专项赛

组别：高职高专组

竞赛方案与命题

随着科技的发展，机器人工程已经成为了一个重要的技术领域，其在工业、医疗、家庭、教育等方面正在得到越来越广泛的关注和应用。机器人是新质生产力的重要要素之一，发展机器人产业也是发展新质生产力的需要，相关人才缺口巨大，迫切需要培养能解决复杂工程问题、有创新能力及编程仿真操作能力的高素质技术型、应用型、复合型人才。

本赛项利用工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台，进行机器人多功能夹具设计与制造、安装与调试，并在工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台上，完成饮品瓶罐的搬运、开盖、饮品分装等工作任务，满足小批量多品种产品的定制化生产需求。

本赛项主要考察选手对工业机器人末端夹具创新设计与制造、工业协作机器人技术、数字孪生技术、PLC与HMI技术、机器视觉技术等综合应用能力，以真实的工业装备和应用环境作为赛场，考察参赛选手解决机器人领域复杂工程问题的综合能力。

一、竞赛环节安排

工业协作机器人及数字孪生技术创新应用竞赛由现场竞赛和场外答辩两个环节组成。具体安排如下表 1 所示：

表 1 竞赛环节

环节	形式	时长	备注
第一环节	现场竞赛	120 分钟	实操成绩占总成绩 90%。
第二环节	场外答辩	10 分钟	1. 视频展示:赛前制作准备好 1 分钟左右视频文件,展示机器人末端夹具设计与制作过程,主要内容包括但不限于以下内容: (1) 选手制作末端夹具的主要环节,例如设计与制造环节等; (2) 饮品瓶罐抓取、开盖、分装的测试,展示其功能和实现过程; (3) 优化与改进迭代过程等; (4) 呈现创新性和实用性等方面。 2. 选手讲解 4 分钟。 3. 专家问辩 5 分钟。 4. 场外答辩分数占总成绩 10%。 5. 具体要求见竞赛命题 (三)

二、竞赛平台技术参数

见附件一。

三、竞赛命题

(一) 赛前夹具创新设计

参赛选手根据竞赛平台技术参数与功能,在现场竞赛前,完成指定饮品瓶罐抓取、开盖的机器人末端多功能夹具及辅助机构的自主创新设计与制作,使其能安装在 HSR-CR605 机器人末端,并满足机器人抓取重量的技术参数要求,通过工业协作

机器人完成指定饮品瓶罐的抓取和开盖（机器人末端尺寸图见附件一）。

末端夹具要求如下：

（1）机器人末端法兰之外的部分均由选手设计制作，机器人负载包括抓取物的总重量小于 5kg。现场选手未携带自行设计的末端夹具及辅助机构参加比赛，即视为自动放弃该环节竞赛；

（2）选手设计的末端夹具三维模型文件需要带到比赛现场，导入到数字孪生软件中，完成孪生运行与虚拟仿真调试；

（3）末端夹具及辅助机构的设计能满足 A-加多宝饮料罐（310ml）、B-红牛饮料罐（250ml）、C-娃哈哈矿泉水瓶（596ml）、D-怡宝矿泉水瓶（555ml）四种饮品瓶罐通过工业协作机器人完成抓取和开盖，并将其内的饮品分装的任务，饮品瓶罐由选手自备，现场评委检查；

（4）末端夹具及辅助机构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）现场竞赛内容

在完成任任务过程中，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。

本赛项利用工业机器人及数字孪生技术创新应用平台，选手结合任务要求进行机器人末端夹具及辅助机构的设计、安装

和调试，并完成码垛和饮品瓶罐搬运、开盖，及其内饮品的分装等工作任务。其任务与配分如下表：

序号	名称	配分	说明
1	任务一：机器人码垛应用与调试	20分	详情见具体任务一
2	任务二：视觉系统调试	15分	详情见具体任务二
3	任务三：数字孪生仿真调试	15分	详情见具体任务三
4	任务四：饮品分装与数字孪生虚实联动	50分	详情见具体任务四

任务一：机器人码垛应用及调试（20分）

任务描述：

利用工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台上提供的码垛末端夹具（选手可另备末端夹具及其安装工具经工作人员检查后可带入现场），完成工业协作机器人码垛任务。

任务要求：

（1）按照码垛任务要求，选手调试工业协作机器人将物料由初始状态码垛至目标状态（见附件二）。工业协作机器人自动运行完成码垛任务。

（2）工业协作机器人和码垛工作台位置不可调整。

（3）完成码垛后，水平方向、垂直方向的相邻两个物料间距在1mm以内，超出部分将扣分。

完成任务一后，举手向裁判示意进行评判！

任务二：视觉系统调试（15分）

任务描述：

工业协作机器人及数字孪生技术创新应用平台包含视觉系统，需选手现场调试。选手也可根据自身需求安装其他视觉系统，但现场不提供自带视觉系统的调试软件。

任务要求：

(1) 通过视觉调试软件，调试视觉系统使饮品瓶罐在不同位置下能够清晰成像并识别出 A、B 两种饮品瓶罐类型及角度值，能够显示 C、D 两种饮品瓶罐类型。

(2) 完成视觉系统与 PLC 的通讯，能够通过 HMI 界面（如图 1）拍照后显示饮品瓶罐类型、角度值。

完成任务二后，举手向裁判示意进行评判！

任务三：数字孪生仿真调试（15 分）

任务描述：

利用工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件，现场导入选手自行设计的末端夹具模型实现指定饮品的分装任务。

任务要求：

(1) 在数字孪生虚拟调试软件中，将指定饮品瓶罐中液体倒入对应分装杯内，饮品瓶罐放置在物料存放区任一仓位内，分装杯放置在杯托中，位置不限。

(2) 导入自行设计的末端夹具模型并调试机器人程序。

(3) 调试视觉功能，匹配模板，获取饮品罐开盖时拉环的角度，通过提供封装的 PLC 程序（供数字孪生用）控制机器

人调整饮品罐拉环位置（注： $|\alpha| > 10^\circ$ ，这里 α 指的开盖时拉环的角度值， $\alpha > 10^\circ$ ， $\alpha < -10^\circ$ ）。

(4) 通过 HMI 仿真启动按钮实现饮品罐的抓取、识别拉环角度并调整、开盖、分装饮品的流程。

(5) 评判时通过仿真软件的计分功能，自动对饮品分装流程评分。

完成任务三后，举手向裁判示意进行评判！

任务四：饮品分装与数字孪生虚实联动（50 分）

任务描述：

在工业协作机器人及数字孪生技术创新应用实际平台上，在 HMI 界面选择指定类型饮品，按下 HMI 界面上的启动按钮，工业机器人通过外部启动，机器人从饮品瓶罐放置区取出的饮品瓶罐，送至拍照区域进行饮品瓶罐特征识别，识别出指定类型的饮品瓶罐后，完成饮品瓶罐开盖，并按照指定规格将饮品倒入分装杯中。期间，通过工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件实现虚实同步，并通过三色灯和 HMI 能够监控平台，实现各设备安全、协调运行。如遇紧急危险情况，参赛选手应立即停止机器人运动。

任务要求：

- (1) 不得通过各种破坏性行为完成任务。
- (2) 在每场比赛开始时，ABCD 四种饮品初始摆放位置由选手自行摆放，但摆放后不得更换与移动。

(3) 在评分时，由裁判指定饮品瓶罐类型（ABCD 任选其三），选手完成其内饮品的规定容量的分装。

(4) HMI 界面要求，HMI 界面可参考图 1。

①可选择 A、B、C、D 不同类型的饮品瓶罐；

②可通过 HMI 实现外部机器人启动；

③可通过 HMI 触发视觉识别系统，完成视觉拍照与数据传送。



图 1 HMI 界面参考图

机器人具体动作过程如下：

①机器人从原点出发；

②机器人从饮品瓶罐放置区自动取出饮品瓶罐；

③利用视觉系统，识别出指定类型的饮品瓶罐，并摆正其位置；

④将饮品瓶罐搬运至辅助机构定位处，进行定位开盖；

⑤机器人将三种饮品按照指定规格倒入分装杯中，若洒出，则会扣分；

⑥机器人完成饮品分装后选手自己将饮品瓶罐放置到任意合适区域；

⑦机器人回到原点。

(5) 三色灯指示平台状态

①黄灯常亮代表机器人已就绪，处于等待状态；

②绿灯常亮代表机器人处于运行中状态；

③红灯闪烁代表机器人处于报警或急停状态。

(6) 数字孪生虚实联调时，工业协作机器人数字孪生虚拟调试软件中模型与机器人的动作与实物平台保持一致，实现数字孪生联动。

①调整软件中模型的位置使其与实物平台保持一致；

②通过连接获取实物机器人轴数据，实现仿真机器人与实物机器人孪生运行；

③通过配置信号，实现饮品瓶罐抓取、开盖，及其内饮品分装的虚实联动任务。

完成任务四后，举手向裁判示意进行评判！

(三) 场外答辩要求

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。答辩问题涉及工业协作机器人末端夹具的设计思路、工作原理、制作工艺及创新点等。

(1) 在参赛报名时提交设计文档，文档应包括：

- ◆概念设计、总体设计、功能设计和详细设计；
- ◆主要非标零部件的制造工艺过程卡和工序卡；
- ◆安装调试过程和结果分析；
- ◆优化设计和制造的方法和结果。

(2) 提交演示视频文件电子版。

(3) 提交答辩 PPT 文件电子版。

注意：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。

四、职业素养与安全操作要求

对参赛选手全过程的职业精神及其具备的生产安全、环境保护知识和操作的规范性、系统性等进行综合评价，主要从以下几个方面进行考核：

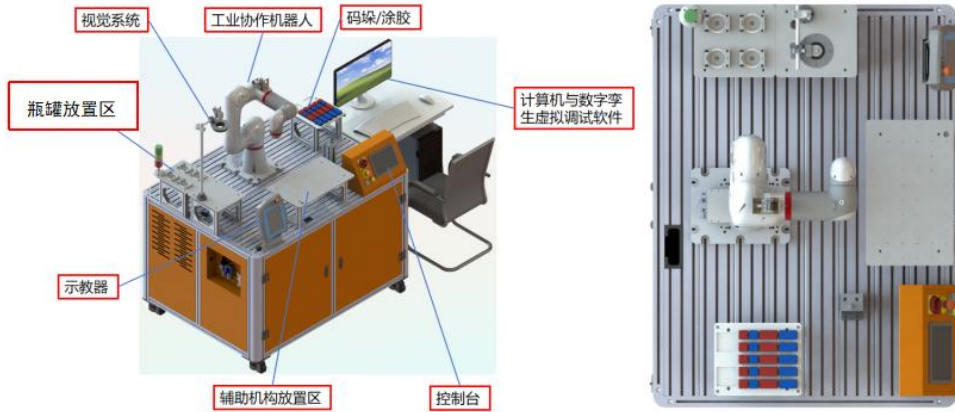
- (1) 安全文明参赛；
- (2) 设备操作的规范性；
- (3) 工具、量具的使用与摆放；
- (4) 着装规范；
- (5) 资料归档完整；
- (6) 完成任务的计划性、条理性，以及遇到问题时的应对状况等。

如出现以下情况，视情况进行扣分

考核内容		扣分标准
1	工业机器人与其他设备发生碰撞	3分/次
2	末端夹具部件掉落、饮品掉落现象	2分/次
3	不服从评委指令	3分/次
4	擅自离开本参赛队赛位	取消比赛资格
5	与其他赛位的选手交流	取消比赛资格
6	在赛场大声喧哗、无理取闹	取消比赛资格
7	携带U盘、手机等不允许携带的物品进场	取消比赛资格
8	发现作弊行为	取消比赛资格
9	出现严重撞机，导致设备损坏	取消比赛资格

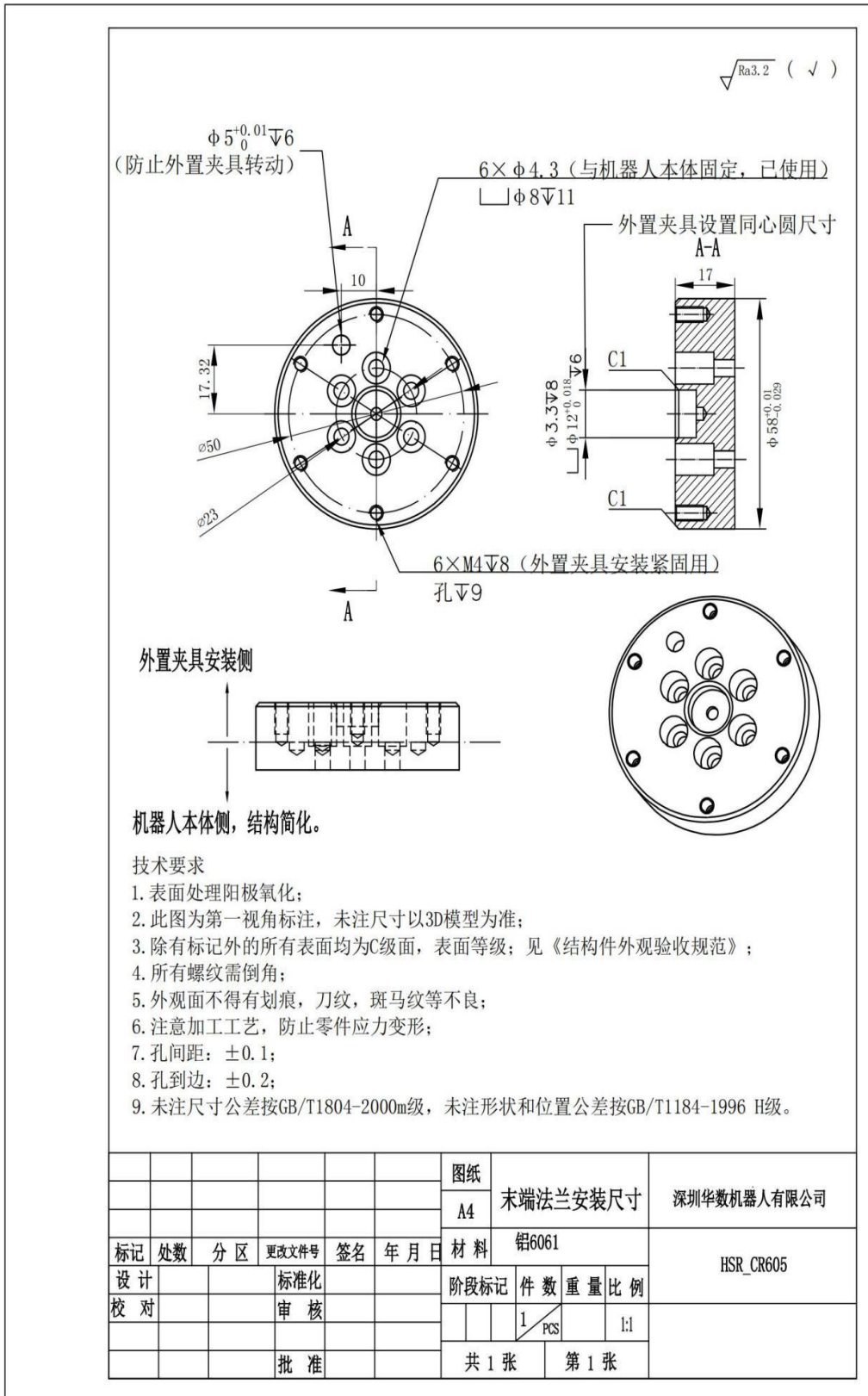
附件一

(一) 竞赛平台布局示意图与工业协作机器人参数

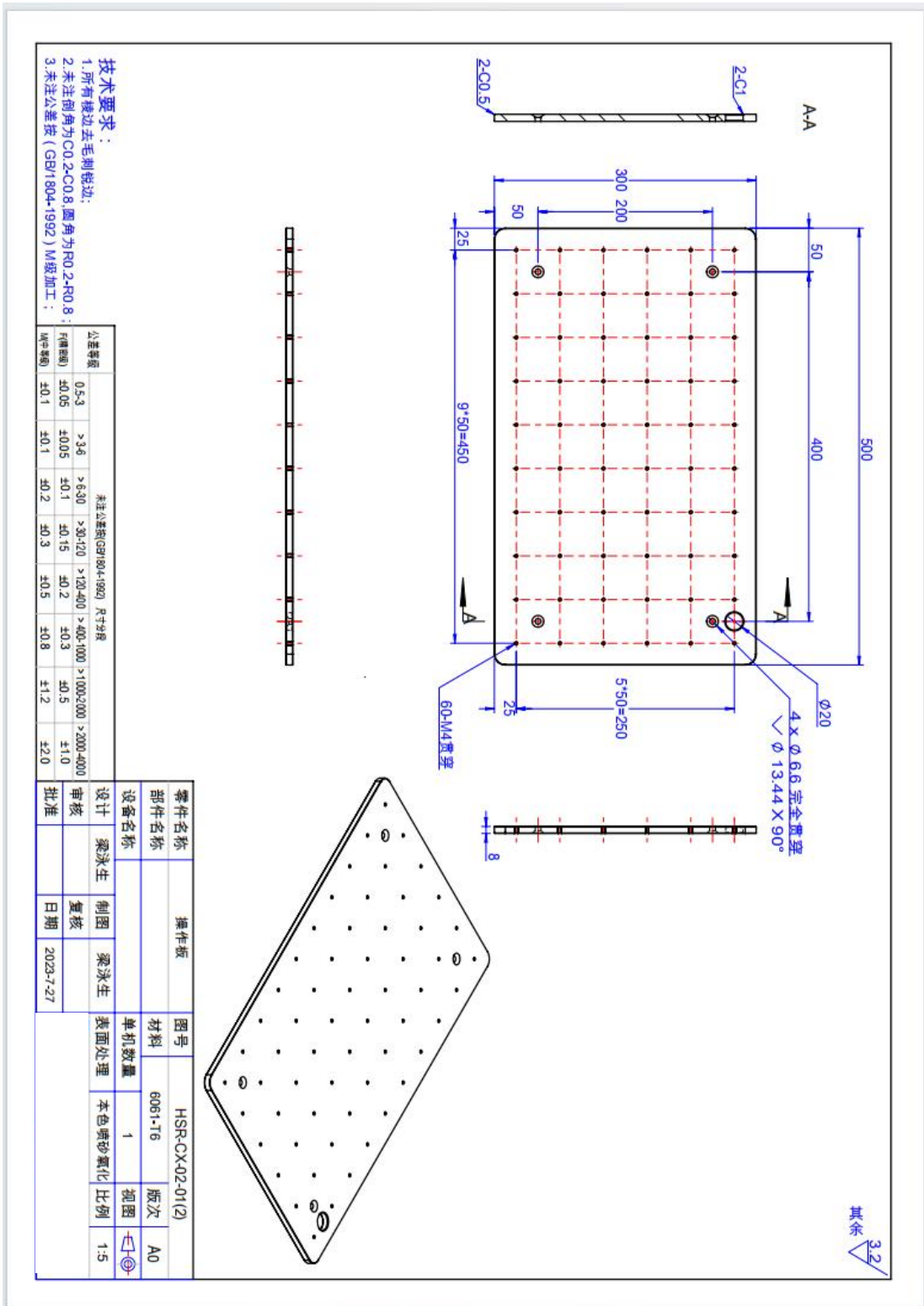


自由度	6	电源容量	1.3KVA	本体/电柜重量	24kg/15kg		
负载	5Kg	容许惯性矩	J6	0.12kgm ²	本体/电柜防护等级		
最大工作半径	785mm		J5	0.23kgm ²			
重复定位精度	±0.02mm		J4	0.31kgm ²	I/O 参数	数字量: 16 位输入 (NPN), 16 位输出 (NPN)	
各轴运动范围	J1	±360°	最高速度	J1	240° /s / 4.18rad/s	本体预留信号线	8 位 (航空插头连接)
	J2	-240° /+60°		J2	210° /s / 3.66rad/s		
	J3	-60 /+240°		J3	270° /s /4.71rad/s		
	J4	±360°		J4	375° /s / 6.54rad/s		
	J5	±360°		J5	300° /s / 5.23rad/s		
	J6	±360°		J6	600° /s / 10.46rad/s		

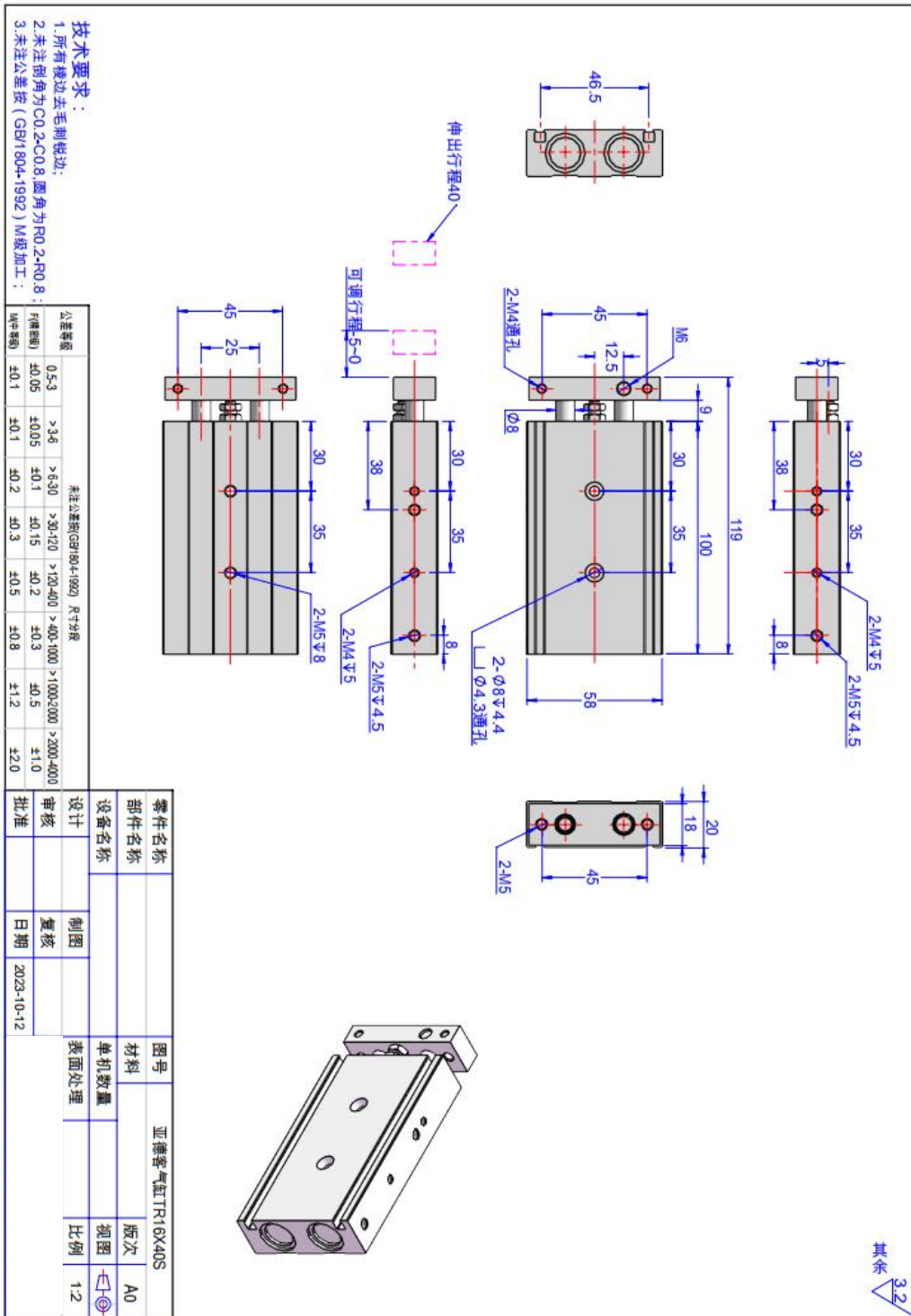
(二) 机器人末端法兰安装尺寸图



(三) 操作板规格

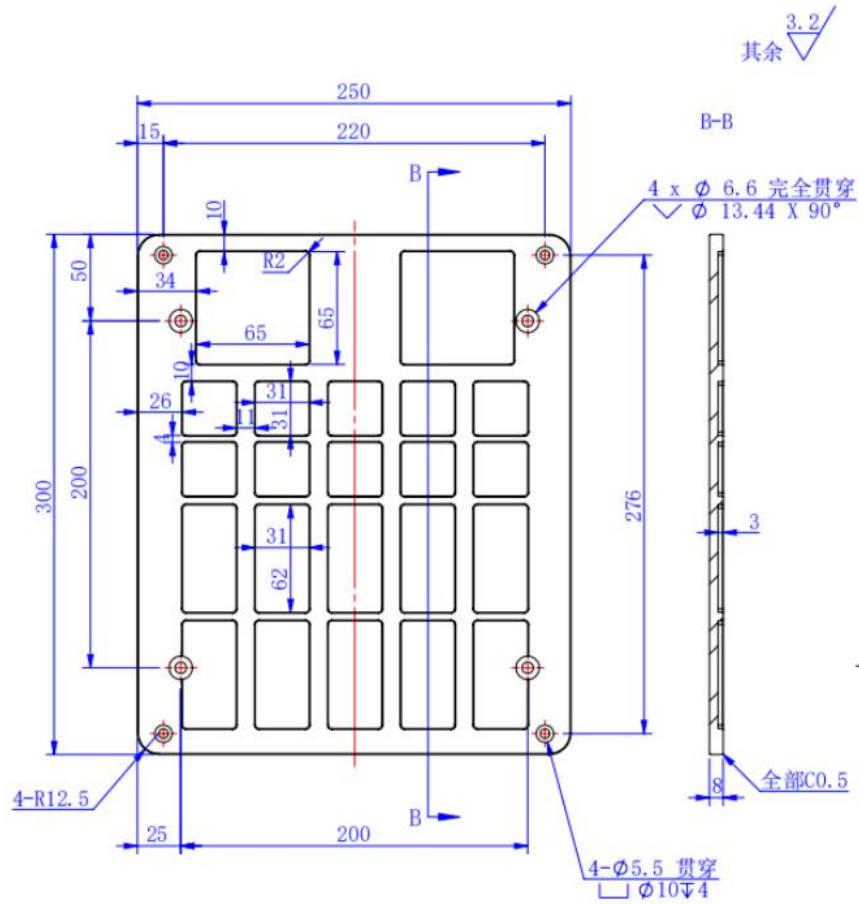


(四) 辅助机构定位气缸型号和规格 (该气缸现场提供一个)



附件二

(一) 码垛面板规格



(二) 定制码垛任务

第一层 (底层)

第二层 (顶层)

