

第六届全国高等院校工程应用技术教师大赛

比赛要求与赛项平台技术说明

MM3：工业机器人操作与运维

一、引言

大赛采用目标命题的竞赛方式，即限定赛项平台，给定实现目标，实施方案不拘一格。这种目标命题的竞赛方式既约束了项目的实施范围，又为参赛选手留有应用创新的空间，重在考察参赛选手的实际应用能力和解决问题能力。

大赛支持在目标命题的范围内和限定的赛项平台下进行有创意的系统构想和设计，鼓励从应用创新的角度去思考设计工程应用系统，或从培养学生的角度去构造实验/实训教学系统。

本赛项以“工业机器人应用技术”为应用背景，要求充分利用赛项平台的硬件和软件资源，自主设计一个具有工业机器人典型应用场景且具有实验使用价值的系统。通过工程应用、创新设计和现场实施，考察参赛选手的工程应用能力和创新设计能力。

二、比赛要求

1. 大赛采用目标命题的比赛方式，分初赛和决赛两个阶段。

2. 初赛阶段：根据“目标命题实现”任务书（任务书可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载）的要求和赛项平台的软硬件资源，设计一个工程应用系统或教学实验/实训系统（二选一）。所设计的工程应用系统要求覆盖规定的技术目标，具有实际应用价值；所设计的教学实验/实训系统要求满足规定的要求，具有培养学生实践能力的教学使用价值，且至少要编写 2~3 个具体的实验/实训指导书（具体要求见“目标命题实现”任务书）。参赛选手要按规定的时间提交项目设计书（设计书模板可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载），大赛组织相关专家以网评的形式进行初审，根据初审结果，决定入围全国总决赛名单。

3. 决赛阶段：决赛分“工程实践操作”和“目标命题实现”两个环节。第一环节按“工程实践操作”作业书（作业书可从网站 <http://skills.tianhuang.cn> 下载，决赛公布的作业书较赛前公布的会有不多于 20% 的更改）的要求操作，主要比基本技能操作和工程素质；第二环节按“目标命题实现”任务书（决赛公布的任务书较赛前公布的也会有一定改动）的要求完成，主要比规定目标下的应用创新和解决问题的能力。两个环节的比赛时间各为 120 分钟，第一个环节完成后间隔 30 分钟进入第二个环节，第二个环节完成后由评审专家组织对参赛选手进行现场答辩，答辩时间 15~20 分钟。

4. 参赛选手设计的系统必须能在限定的赛项平台上实现，大赛为参赛选手提供赛项平台必要的技术资料，包括技术说明、操作规程、装配图纸和系统软件等。

5. 决赛阶段“目标命题实现”比赛环节为 120 分钟，参赛选手要充分考虑到现场实施所需的工作量、复杂程度，以及软硬件的兼容性和接口的匹配性等技术细节，所设计的方案必须能在规定的时间内完成。参赛选手实施第二环节“目标命题实现”任务时，可以充分借助第一环节“工程实践操作”的实施结果。

6. 参赛选手不能将已有的科研成果直接拿来参赛，也不允许自带任何硬件装置、部件和被控对象等参赛，一经发现将取消参赛资格。但参赛选手可以用 U 盘或移动硬盘将事先自编的应用软件带入比赛现场，以便装入赛项平台，完成系统调试。

7. 对“水环境监测与治理技术”、“大气环境监测与治理技术”和“化工分离与节能技术”赛项，如果参赛选手有技术上的特殊要求，可在决赛前 30 日向大赛办公室提出。大赛办公室收到申请材料后，在 15 日内予以答复，以便参赛选手调整设计方案。

8. 如果参赛选手选择“教学实验/实训系统”命题任务，要充分考虑教学实验/实训课的需求，设计教学实验/实训系统，同时提供必要的实验/实训指导书。现场演示时，要模仿实验/实训课的真实情况，按实验/实训指导书的步骤逐步进行。

9. 参赛选手要有知识产权意识，如果所设计的方案涉及到他人的知识产权应注明出处。

10. 参赛选手在比赛的全过程中不得透露单位和个人信息，对冒名顶替、弄虚作假、假造数据、抄袭他人技术等情况，由大赛仲裁委员会视情节轻重负责处理，或给予扣分处置，或取消比赛资格，并由组委会通知其所在单位。

11. 同单位的参赛选手技术方案雷同视为相互抄袭，同时取消两人的比赛资格。

12. 参赛选手要有安全意识，不得违规操作，不能带电操作，对有毒或有害健康的气体、液体要谨慎处理处置，避免造成人身伤害。

13. 参赛选手要尊重现场裁判和评审专家的工作，如对评审存有疑义，由大赛仲裁委员会处理。

三、赛项平台技术说明

1. 赛项背景

工业机器人是集机械、电子、控制、计算机、传感器、人工智能等技术于一体的现代制造业重要的自动化装备，随着工业机器人技术的发展，高精度、高性能、高智能工业机器人相继问世，助其不断地扩展应用领域。不同于简单的物料搬运、码垛应用，新兴工业机器人应用需要更高精度轨迹和复杂工艺支持，导致了传统示教编程和语言编程无法完全满足，同时这两种方法都要求在线操作和调试，工业机器人必须停机配合，致使生产线停产，造成企业损失。工业机器人离线编程技术集成了计算机三维显示技术、系统仿真技术、智能轨迹优化技术、运动控制代码生成等核心技术，使得工业机器人获得了更加强大的“大脑”，可以轻松应对复杂轨迹的高精度生成和复现，可以在计算机上完成轨迹设计、规划、运动仿真、碰撞检查、姿态优化，最后直接生成工业机器人控制器所需的执行运动代码。

随着制造产业的转型升级，许多高等院校、科研机构和制造企业都致力研究工业机器人应用技术，使得这一新技术更加趋于成熟，并广泛应用于生产实践，取得了较好的经济效益。近年来，随着工业 4.0、互联网+、以及中国制造 2025 规划的提出，为工业机器人应用技术提出了更多的研究和创新应用课题。

在这样的技术背景下，本赛项以“THMSJZ-1B 型 工业机器人操作与运维实训平台”为应用对象，利用该赛项平台的六自由度工业机器人、可编程控制器（PLC）、触摸屏、离线编程仿真软件、送料/输送/加工机构等设备的硬件和软件资源，结合离线编程仿真、机器人应用的工程应用需求，开展工业机器人、离线编程仿真的工程创新应用和实践教学创新竞赛，以促进高等院校教师工程应用能力、产业化能力和实际动手能力的提高，锻炼教师综合机电、自动化、信息等多学科技术的融合能力，有利于更好地培育具有卓越工程能力的教师队伍。

2. 赛项平台

本赛项平台是根据工业机器人操作与运维应用领域的要求，以前沿技术为导向，紧密结合工业生产领域中工业机器人、离线编程仿真的功能和特点，并针对高等院校对机电设备应用和创新实验教学的实际需要而专门研制的综合性数字化装置，涉及机器人控

制、PLC、人机交互、虚拟仿真、传感检测、信息处理、交流驱动、计算机通信等多种技术的综合应用。

（1）赛项平台组成

本赛项平台包含六自由度工业机器人、PLC 控制系统及一套供料、输送、压铸（模拟）、仓储机构，可以实现对工件的检测、搬运、码垛、压铸（模拟）、存储等操作。用于学生了解与掌握工业机器人的基本操作，如相关安全与规范、IO 接线、夹具的更换、基本指令的掌握、点的示教操作、简单程序的编写等初级技能，让学生在保证人生绝对安全的情况下操作，通过不同的典型工作任务带动，配合规范的职业环境进行一体化教学。能完成机器人技术的基础性培训教学，学习机器人的基本理论知识和基本操作技能，如机器人基本参数设置、轨迹规划、示教编程、基本调试、基本维护等技能。

该平台各组件均安装在型材桌面上，机械结构、电气控制回路、执行机构相对独立，采用工业标准件设计。通过此平台可以进行机械组装、电气线路设计与接线、PLC 编程与调试、工业机器人编程与调试等方面训练。

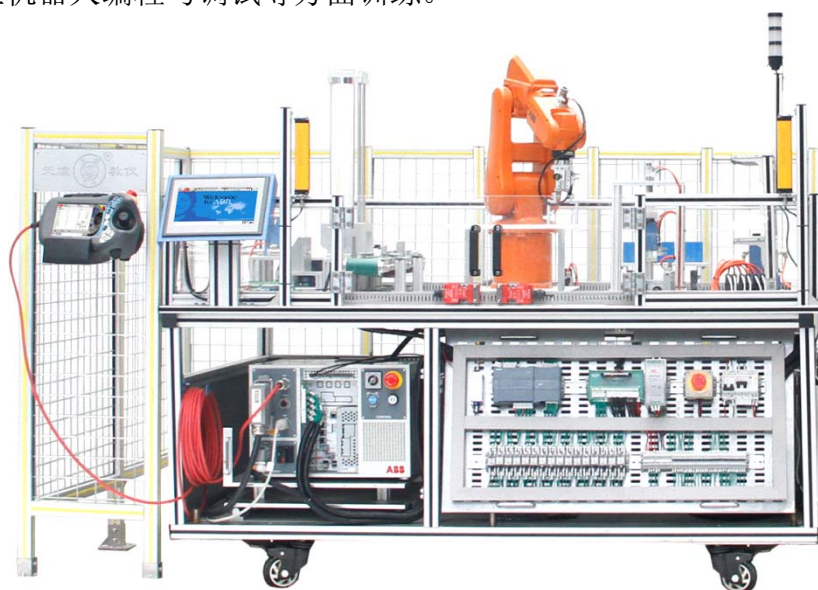


图 1 赛项平台（工业机器人与智能视觉应用）

该实训平台为铝型材加钣金结构的实训桌，分为上下两层。台面上方安装有一条输送线（配有有 2 个立式送料机构）、一台工业机器人本位、一个模拟压铸机构、一个定位练习台、一个立体仓库、一个码垛台，台面左右两边为走线槽。

台面下方分为左右两部分，左边抽屉板上放置机器人原厂控制器；右边为开放式电气安装网孔板，用于安装 PLC、接线端子、继电器、转接板等。

（一）工业机器人系统

工业机器人采用 ABB 品牌 IRB120 型 6 轴工业机器人，并配有配套的示教器和 IRC5 紧凑型控制器对机器人进行编程、控制和操作。IRB 120 是 ABB 新型第四代机器人家族的最新成员，也是迄今为止 ABB 制造的最小机器人。

1. 机器人功能特点

紧凑轻量

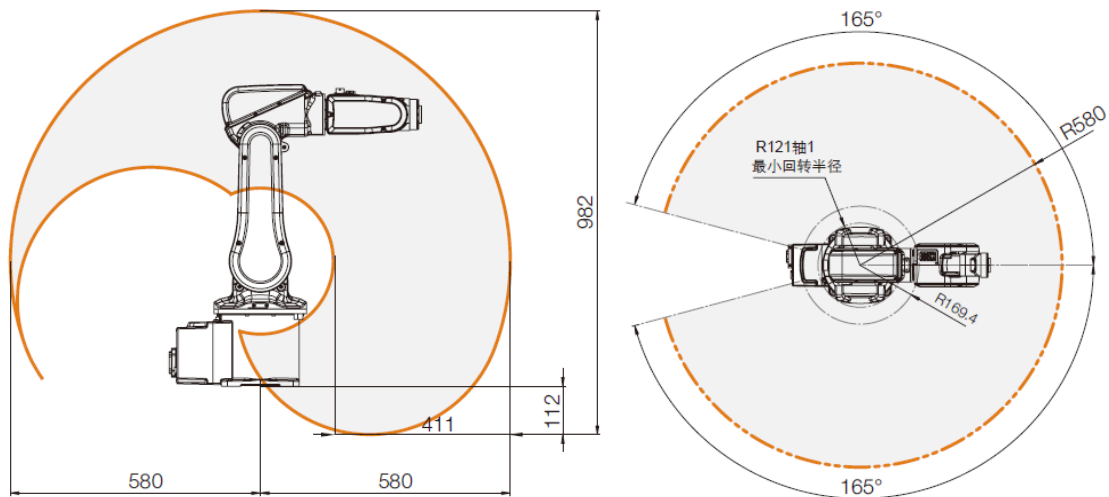
作为 ABB 目前最小的机器人，IRB 120 在紧凑空间内凝聚了 ABB 产品系列的全部功能与技术。其重量减至仅 25kg，结构设计紧凑，几乎可安装在任何地方，比如工作站内部，机械设备上方，或生产线上其他机器人的近旁。



优化工作范围

除水平工作范围达 580mm 以外, IRB 120 还具有一流的工作行程, 底座下方拾取距离为 112mm。IRB 120 采用对称结构, 第 2 轴无外凸, 回转半径极小, 可靠近其他设备安装, 纤细的手腕进一步增强了手臂的可达性。

2. 机器人运动范围示意图



3. 机器人规格

特性

集成信号源	手腕设 10 路信号
集成气源	手腕设 4 路空气 (5 bar)
重复定位精度	0.01mm
机器人安装	任意角度
防护等级	IP30
控制器	IRC5 紧凑型

运动

轴运动	工作范围	最大速度
轴 1 旋转	+165° ~ -165°	250° /s
轴 2 手臂	+110° ~ -110°	250° /s
轴 3 手臂	+70° ~ -90°	250° /s
轴 4 手腕	+160° ~ -160°	320° /s
轴 5 弯曲	+120° ~ -120°	320° /s
轴 6 翻转	+400° ~ -400°	420° /s

性能

1kg 拾料节拍

25×300×25mm	0.58s
TCP 最大速度	6.2m/s
TCP 最大加速度	28m/s ²
加速时间 0-1m/s	0.07s

电气连接

电源电压	200-600V, 50/60 Hz
额定功率	
变压器额定功	3.0Kva

率	
功耗	0.25Kw
物理特性	
机器人底座尺寸	180×180mm
机器人高度	700mm
重量	25kg
环境	
机械手环境温度:	
运行中	+5° C (41° F) 至+45° C (122° F)
运输与存储时	-25° C (-13° F) 至+55° C (131° F)
短期最高	+70° C (158° F)
相对湿度	最高 95%

4. 机器人控制器及示教器

更小巧

第二代 IRC5C 紧凑型工业机器人控制器作为 IRC5 控制器家族的一员，将同系列常规控制器的绝大部分功能与优势浓缩于仅 310（高）×449（宽）×442（深）的空间内，可谓“麻雀虽小，五脏俱全”。IRC5C 比常规尺寸的 IRC5 要小 87%，因此更容易集成，更节省宝贵空间，通用性也更强，同时丝毫不牺牲系统性能。IRC5 还是我们小型机器人系列的最佳搭档。

连接更方便

新型 IRC5C 的操作面板采用精简设计，完成了线缆接口的改良，以增强使用的便利性和操作的直观性。例如：已预设所有信号的外部接口，并内置可扩展 16 路输入/16 路输出 I/O 系统。

便携式示教盒

具备 3D 实时舒适摇杆手动操作系统和键盘，彩色触摸式显示，具中/英文菜单选项，示教器电缆 10m。提供人机对话窗口，界面简洁大方；采用 7 吋彩色液晶显示器及高敏感度触摸屏，可通过按键或键盘对机器人进行操作；显示及监控信息丰富，机器人的当前状态信息、IO 信息、伺服轴的速度、电流以及位置都可实时查询和监控；机器人各轴伺服参数可以通过示教盒在线设置。

易于开发

机器人控制系统软件基于 WINCE 平台，以便基于机器人的二次开发。

详细规格

控制器型号	IRC5 紧凑型
电源	单相 220V 50-60Hz
I/O 卡	16 位 I/O 板 (DSQC652 I/O 模块 16input/16output)
特性	采用多处理器系统，PCI 总线，奔腾 CPU，大容量闪存 (256M)，20s UPS 备份电源
通讯接口	PC interface

(二) 电气控制部分

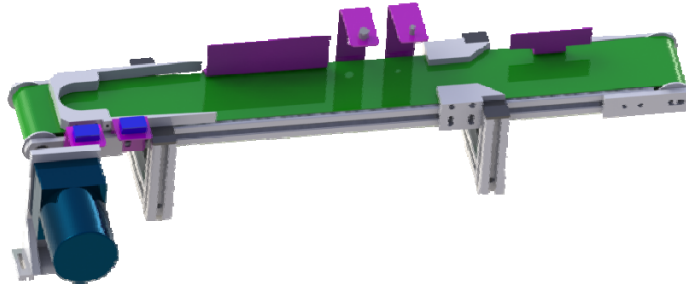
电气控制部分配有 PLC、触摸屏、继电器等，PLC 采用西门子可编程控制器（CPU



1214C), 具有 14 点输入/10 点输出, 用于控制机器人、电机、气缸等执行机构动作, 处理各单元检测信号, 管理工作流程等任务; 触摸屏采用昆仑通态 TPC1061Ti 10 寸触摸屏, 用于设备的运行控制和状态显示。

(三) 工件输送线

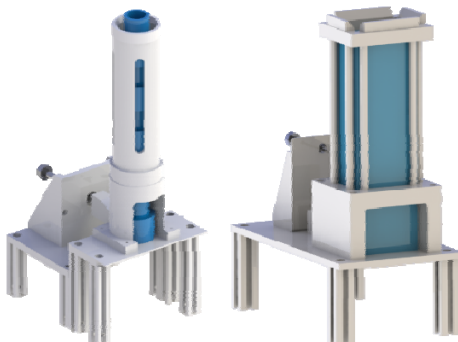
工件输送线主体采用铝型材框架, 输送线长宽高为 $780\text{mm} \times 90\text{mm} \times 121\text{mm}$, 由 220V 异步电机、调速控制器、输送带、输送轮等组成, 安装在型材实训桌上, 用于传输工件。



工件输送线效果图 (仅供参考)

(四) 井式送料机构

该设备有 2 个井式送料机构, 主体采用铝型材和金加工件 (表面阳极氧化处理) 组装而成。一个为圆柱体工件送料机构 (整体尺寸 $170\text{mm} \times 201\text{mm} \times 438\text{mm}$), 安装在一条输送线上的左端; 一个为长方体工件送料机构 (整体尺寸 $204\text{mm} \times 357\text{mm} \times 478\text{mm}$), 安装在输送线靠左位置。



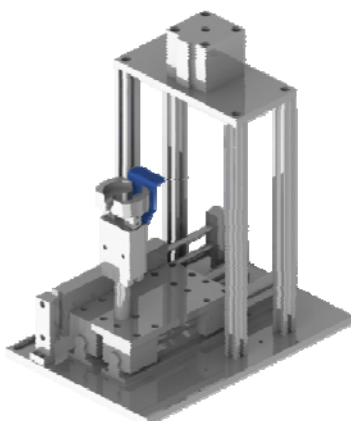
井式送料机构效果图 (仅供参考)

各井式送料机构由井式料库、推料气缸 (长方体工件还有顶料气缸) 和传感器组成, 用于将工件库中的工件定向输出到输送线上。每个气缸均配有磁性开关, 可检测气缸的到位情况。每个井式料库底部均有光电传感器, 用于检测料库中有无工件; 其中圆柱体和圆环的井式料库有两层传感器, 上层传感器可以用于预警 (表示工件不多了)。

(五) 模拟压铸机构

模拟压铸机构主体采用铝型材和铝金加工件 (表面阳极氧化处理) 组装而成, 整体尺寸 $232.5\text{mm} \times 340\text{mm} \times 395.5\text{mm}$, 包括一个双联气缸带动的双导轨滑台 (用于平移工件摆放台)、一个气夹 (用于固定工件)、一个薄型气缸 (模拟压铸动作)。工件摆放台边上装有光电传感器, 用于检测压铸台上有没有工件。气缸上装有伸缩到位检测传感器。

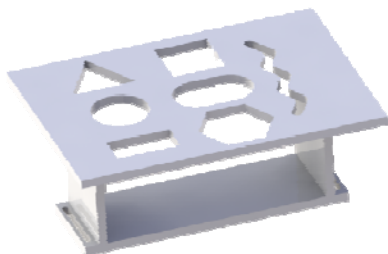
模拟压铸操作说明: 压铸前先将双导轨滑台往外推, 机器人搬运一个圆柱体工件到压铸台上的摆放位置, 接着再搬运一个圆环工件到摆放台上方, 与圆柱体工件套在一起; 之后双导轨滑台往里推, 到位后, 薄型气缸模拟压铸动作; 压铸完成后, 双导轨滑台再次往外推, 机器人取走合体工件。



模拟压铸机构效果图（仅供参考）

（六）定位练习台

定位练习由轨迹板、支架和底板组成，三者均采用铝合金加工而成，表面阳极氧化处理，轨迹板上有圆形、椭圆形、三角形、波浪线、长方形等图形。轨迹练习台用于机器人 TCP 标定、基本定位和运动轨迹练习。



轨迹练习台效果图（仅供参考）

（七）立体仓库

立体仓库采用铝型材、不锈钢板、铝金加工件组装而成，铝型材作为仓库的整体框架，不锈钢板作为仓库的层板，层板支撑架跟库位隔条采用铝金加工件（表面阳极氧化处理）。仓库共分为 3 层，每层 4 工位，且间距相等。仓库的整体尺寸长宽高为 379mm × 122mm × 396.5mm，仓库的库位尺寸为 75mm × 120.5mm，尺寸兼顾各种工件，既可以放圆柱形工件，也可放长方体工件，增加了仓储操作的多样性。



立体仓库效果图（仅供参考）

（八）码垛盘

码垛盘采用铝合金加工件组装而成，表面阳极喷砂氧化处理，用于工件的码垛练习。

（九）模拟工件

为满足项目实训要求该设备配备了两种不同形状的工件，分别为圆柱体、长方体工

件。圆柱体工件为白色的尼龙材质加工而成。工件的多样化可以实现分拣、装配、拆解、加工、仓储等操作，使设备更具实训内容的多面性。



圆柱体工件实物图

长方体工件为 ABS 工程塑料材质，采用开模后注塑加工而成，尺寸为 100mm（L）×70mm（W）×65mm（H），用于码垛操作，有蓝、红、黄三种颜色，可使码垛操作多样化。



长方体工件实物图

（2）平台单元配置说明

表 1：赛项平台对象主要配置表

序号	单元名称	设备名称	型号、规格说明	数量	备注
1	工业机器人单元	机器人本体	ABB IRB120	1	
2		示教器单元	DSQC679	1	
3		I/O	DSQC652	1	
4	电气控制部分	CPU1214C	6ES7214-1BG40-0XB0	1	
5		SM1223	6ES7223-1BL32-0XB0	1	
6		触摸屏	TPC 1061TI	1	
7	工件输送线	异步电机	4IK25RGN-CT-X/4IK10KG-X	1	
8		调速控制器	SGF25E	1	
9		输送带	用于工件输送	1	
10		光电传感器	E3Z-LS81	1	
11	井式送料机构	井式送料机构	用于工件供料	1	
12		推料气缸	CDJ2B16-60	1	
13		推料气缸	CDJ2B16-100	1	
14		传感器	E3Z-LS81	4	
15		电磁阀	4V110-06-DC24V	3	

序号	单元名称	设备名称	型号、规格说明	数量	备注
16	模拟压铸机构	模拟压铸机构	用于模拟工件压铸	1	
17		夹紧气缸	MHZ2-20D	1	
18		滑台气缸	CXSWM15-75	1	
19		模拟压铸气缸	CDQ2B50-20D	1	
20		电磁阀	4V110-06-DC24V	3	
21	定位练习台	TCP 标定	用于 TCP 标定	1	
22		轨迹板	用于轨迹描绘练习	1	
23	立体仓库单元	立体仓库	12 个仓位 (3×4)	1	
24	码垛盘	码垛盘	用于工件的码垛练习	2	
25	模拟工件	圆柱体	尼龙材质加工	5	
26		长方体	ABS 工程塑料材质尺寸为 100mm (L) × 70mm (W) × 65mm (H)	5	

(3) 平台各单元接口参数说明

表 2：平台各单元接口参数表

序号	单元名称	设备名称	说明	备注
1	工业机器人单元接口	16 路数字量输入	高电平有效	
2		16 路数字量输出	高电平有效	
3		安全接口	机器人外部安全防护信号	
4		以太网接口	TCP/IP 接口协议	
5		USB 接口	标准 USB2.0 协议	
6		电源输入	AC220V	
7	供料输送单元	大工件 1 有无检测	光电传感器、PNP 型	
8		小工件 1 有无检测	光电传感器、PNP 型	
9		大工件缺料	光电传感器、PNP 型	
10		大工件到位	光电传感器、PNP 型	
11		小工件到位	光电传感器、PNP 型	
12		大工件顶料电磁阀	高电平动作	
13		大工件推料电磁阀	高电平动作	
14		小工件推料电磁阀	高电平动作	
15		电机运行	高电平动作	
16	模拟压铸单元	加工单元有料	光电传感器、PNP 型	

序号	单元名称	设备名称	说明	备注
17		加工夹紧电磁阀	高电平动作	
18		导轨推动电磁阀	高电平动作	
19		压铸电磁阀	高电平动作	

(4) 接口变量参数说明

表 3: PLC 输入输出定义表

PLC 输入	说明	PLC 输出	说明
I0.0	大工件有无	Q0.0	电机运行
I0.1	小工件有无	Q0.1	大工件顶料电磁阀
I0.2	小工件缺料	Q0.2	大工件推料电磁阀
I0.3	大工件到位	Q0.3	小工件推料电磁阀
I0.4	小工件到位	Q0.4	加工单元电磁阀
I0.5	加工单元有料	Q0.5	双联电磁阀
I0.6	光幕	Q0.6	压铸电磁阀
I8.0	机器人自动模式	Q0.7	指示灯黄
I8.1	机器人加工放料完成	Q1.0	指示灯绿
I8.2	机器人加工取料完成	Q1.1	指示灯红
I8.3	机器人复位完成	Q8.0	机器人 Motor_on
I8.4	机器人码垛完成	Q8.1	机器人 PP to Main
		Q8.2	机器人 start
		Q8.3	机器人 stop
		Q8.4	机器人 Motor_off
		Q8.5	机器人报警复位
		Q8.6	机器人等待启动信号
		Q8.7	大工件到位
		Q9.0	小工件到位
		Q9.1	加工完成
		Q9.7	模式切换

表 4: 工业机器人抓手输入输出接口变量表

机器人输入	说明	机器人输出	说明
I00	机器人 motor on	O00	机器人自动模式
I01	机器人 pp to main	O01	加工单元放料完成
I02	机器人 start	O02	加工完成
I05	机器人报警复位	O03	机器人复位完成

I06	机器人等待启动信号	O04	码垛完成信号
I07	大工件到位	O07	手爪电磁阀
I08	小工件到位		
I09	加工完成		
I12	机器人 stop		
I13	机器人 motor off		

(5) 赛项平台软件配置

表 5：赛项平台软件配置表

序号	类型	软件名称	备注
1	计算机操作系统	Windows 10	
2	机器人离线编程仿真软件	Robotstudio	用于工作站离线仿真
3	PLC 编程软件	西门子博图 V15.1	用于 PLC 程序编写、下载、监控
4	MCGS 触摸屏软件	嵌入版 7.7	用于人机界面组态
5	办公软件	Office 套件、PDF	