

第二届“强国杯”技术技能大赛

——数字孪生技术应用赛项

技术方案

2024 年 07 月

目录

一、大赛名称	1
二、大赛目的与意义	1
三、大赛内容、形式和成绩计算.....	2
(一) 竞赛内容	2
(二) 竞赛形式	4
(三) 报名条件	4
(四) 成绩计算	4
四、 奖励办法	5
五、 大赛命题原则	5
六、大赛范围、赛题类型和其他.....	6
(一) 理论知识竞赛	6
(二) 实际操作竞赛	7
七、大赛场地与设施	7
(一) 大赛场地	7
(二) 大赛设施	8
八、大赛关键环节与时间安排	8
(一) 关键环节	8
(二) 竞赛流程	8
(三) 时间安排	9
九、大赛评分标准制定原则、评分方法、评分细则及技术规范	10
(一) 评分标准制定原则	10
(二) 评分方法	10

(三) 评分细则(评分指标)	11
(四) 技术规范	13
十、大赛平台说明	14
(一) 竞赛硬件平台	14
(二) 竞赛软件平台	17
十一、大赛安全保障	18
十二、大赛组织与管理	20
(一) 大赛组织	20
(二) 大赛设备与设施管理	22
十三、附件（大赛样题）	24

一、大赛名称

第二届“强国杯”技术技能大赛——数字孪生技术应用赛项。

二、大赛目的与意义

为贯彻落实党的二十大精神和习近平总书记关于做好新时代人才工作的重要思想，落实《工业和信息化部关于加强和改进工业和信息化人才队伍建设的实施意见》及国家“十四五规划”，促进职普融通、产教融合、科教融汇，满足产教协同育人目标，引领专业建设和教学改革；应对接新技术、新产业、新业态、新模式，推动职业教育与产业深度互动，推动职业教育提档升级，服务人的全面发展、服务经济社会发展、服务国家发展战略。数字孪生技术作为智能制造的核心技术之一，受到了国家政策的高度重视。2020年由工信部发布的《数字孪生白皮书》对当前我国数字孪生的技术热点、应用领域、产业情况和标准化进行了分析。数字化转型是我国经济社会未来发展的必由之路。在当前我国各产业领域强调技术自主和数字安全的发展阶段，数字孪生技术将有力推动数字产业化和产业数字化进程，加快实现数字经济的国家战略。数字孪生技术已是智能制造数字化的核心技术，随着数字孪生技术在智能制造领域的广泛应用，数字孪生技术已经成为迈向智能制造的新兴技术和主流技术，在对于我国制造业由自动化向智能化的转型中，具有极其重要的战略意义。

随着智能制造行业快速发展，对数字孪生技术应用技能型人才提出了更高要求。本赛项基于西门子NX MCD数字孪生软件平台，以机电概念设计与虚拟调试、工业生产虚实同步等主要技术热点在智能

制造工业场景的创新应用，以3D仿真场景搭建、物理属性创建、通信接口设置、软件在环调试、硬件在环调试和虚实同步等作业项目为竞赛内容，竞赛方式和竞赛内容以全国技能大赛技术文件为参照依据，意在发现和选拔更多优秀技能人才，逐步向高水平的世界技能大赛看齐。

三、大赛内容、形式和成绩计算

（一）竞赛内容

本赛项以典型的工业生产制造项目为载体，考查选手结合智能制造数字孪生的相关技术，NX机械装配、PLC编程、HMI组态、MCD虚拟仿真、数字孪生应用的故障分析处理能力、团队协作能力，赛项采用一网到底的设计理念，所有驱动单元及执行机构均采用PROFINET总线方式控制，真实的硬件平台与仿真的平台构成数字孪生映像，虚实平台之间通过OPC UA通信互联，实现数字化双胞胎协同运动控制，并能针对案例进行故障分析，及提出解决方案。

1. 数字孪生技术应用基本知识理论考核

- 1) 以《数字孪生应用技术员国家职业标准》中规定的技师及以上应具备的理论知识
- 2) 机械基础知识、机械装调、气动和液压传动、尺寸测量技术
- 3) 电气图形符号及制图规范、电工技术、电气传动与控制、工业通信技术、传感器技术与应用、可编程逻辑控制器、人机交互界面
- 4) 计算机操作知识、软件编程测试知识
- 5) 数字孪生模型构建与应用技术、虚实交互技术、可视化技术与应用知识

2. 虚拟平台仿真设计

根据任务要求，使用数字孪生平台选择合适的零部件进行定位安装，使之成为一个与真实硬件结构一致的虚拟仿真设备。对装配好的虚拟仿真的部件进行物理特性(刚体、碰撞体、运动副等)及接口(传感器、气缸、变频系统、伺服系统等)设计，让其具有和真实硬件相较一致的物理特性和电气接口，能通过OPC UA通信实现对零部件的信号交互。在软件中进行仿真序列设计，验证部件选型、机构设计、物理特性及接口设计的合理性和准确性。

3. PLC程序设计及HMI界面组态

根据任务要求，进行控制工艺分析，在 TIA 平台进行 PLC 控制送料、传送、搬运、装配、分拣等流程的程序编制和 HMI 界面组态，并将其下载至 PLCsim Advanced 仿真 PLC中，以便后期实现对 NXMCD 虚拟设备和真实设备的控制。主要考察选手对 TIA 博途软件的使用、PLC 指令和编程方法的应用、HMI 界面组态等能力。

4. 硬件与虚拟平台数字孪生调试

根据任务要求，将进行软件在环调试后的程序下载至硬件验证平台，并对硬件平台的气路、传感器、驱动等进行调节和参数调整，实现对硬件平台的工艺流程控制：同时将 NXMCD 虚拟平台与硬件 PLC 进行 OPC UA 变量链接，实现虚实数字孪生同步控制。并能够对软硬件设备故障，根据故障现象，结合数字孪生等相关技术进行诊断与处理。重点考察学生硬件调试能力，MCD与PLC变量的OPC UA链接能力及故障分析处理能力。

5. 职业素养与操作安全

竞赛过程中，要求选手必须熟悉所接触设备的安全操作规程，规范使用赛场设施、设备和工具，确保人身和设备安全。与此同时通过控制

工艺的优化，提高系统效率、降低能耗、符合绿色环保，考察选手系统组织能力、团队分工与协作能力及精益求精的工匠精神。

（二） 竞赛形式

（1）数字孪生技术应用大赛面向数字孪生技术应用专业以及机电类、电气自动化类等相关专业，要求参赛选手具有传感与检测、气动与液压、电气与PLC控制、编程控制、机械基础等前期课程知识。

（2）竞赛采用线下比赛。

（3）本赛项以团队方式进行比赛，每支参赛队2名选手组成，性别不限，赛项要求2名参赛选手互相配合协作完成任务要求。

（4）本赛项分为职工组和学生组两个组别，均为双人赛项。

（5）竞赛时间：2024年11月。

（6）竞赛地点：广东。

（三） 报名条件

（1）职工组选手要求：年满16周岁以上、法定退休年龄以内的中国公民，从事数字孪生相关职业的企业在职职工；从事相关专业的院校（含本科院校、技工院校、高职高专、中职等）教师均可报名参加比赛，已获得“中华技能大奖”“全国技术能手”荣誉及在往届国家一类赛前五名、国家二类前三名的职工，不得以选手身份参赛。

（2）学生组选手要求：参赛选手应为本科院校、技工院校、高职高专、中职等全日制在籍学生。

（四） 成绩计算

模块		主要内容	比赛时长 (分钟)	分值
模块一	1	数字孪生技术应用基本知识理论考核	60	20
模块二	2	虚拟平台仿真设计	120	40

模块三	3	PLC程序设计及HMI界面组态	60	15
模块四	4	硬件与虚拟平台数字孪生调试	60	20
模块五	5	职业素养与操作安全	全程参与	5
合计			300	100

四、奖励办法

组委会颁发一、二、三等奖奖项，并颁发获奖证书，获奖比例（按实际参赛队数量）：一等奖占10%；二等奖占20%；三等奖占30%；对各组别一等奖获奖队伍的教练（每支参赛队伍指定1名教练），颁发“优秀教练”证书；对贡献突出的承办、协办和技术支持单位，颁发“突出贡献单位”奖牌和证书；对大赛组织实施中表现突出的个人，颁发“优秀工作者”证书；对在各赛项执裁工作中表现突出的个人，颁发“优秀裁判员”证书。

五、大赛命题原则

由专家组负责命题。命题原则主要包括以下几个方面：

1. 实际应用价值：命题应基于实际需求和问题，突出数字孪生技术在解决实际问题方面的应用价值。参赛者需要针对具体场景和需求，设计和开发具有实际应用价值的数字孪生解决方案。

2. 技术创新性：命题应鼓励参赛者发挥创新精神，探索新的数字孪生技术及应用解决方案。数字孪生技术正处于快速发展的阶段，通过命题激发参赛者的创造力，推动数字孪生技术的不断进步。

3. 完整性要求：命题应要求参赛者提交完整的数字孪生应用解决方案，包括模型建立、仿真分析等环节。评委将根据解决方案的完整性、合理性和可行性进行评价，确保作品的质量和实用性。

4. 可扩展性：命题应考虑到数字孪生技术的可扩展性，鼓励参赛者设计和开发具有良好可扩展性的解决方案。数字孪生技术在不同领域的应用场景可能存在差异，通过命题要求参赛者考虑解决方案的可扩展性和灵活性，为未来实际应用打下基础。

5. 跨学科性：数字孪生技术是一个跨学科领域，需要多个领域的合作与交流。命题应鼓励不同学科背景的参赛者共同参与，发挥各自的优势，推动数字孪生技术的跨学科应用和发展。

6. 公平公正性：命题应遵循公平公正的原则，避免对某些特定人群存在歧视或偏见。命题流程借鉴全国职业技能大赛的命题方式，赛前适时公布竞赛样题、技术文件。在广泛吸收各方合理的意见建议后，最终的竞赛赛题与实际公布的样题进行不超过30%的修改。

六、大赛范围、赛题类型和其他

大赛试题：具体试题内容按模块编制，理论知识考核采用笔试考试方式，实操考核采用图纸、文字等适合本项目的方式说明具体考核内容。

理论知识考试为笔试，赛题均为客观题，满分100分，团队两人成绩的平均分为团队理论成绩，按20%的比例折算计入竞赛总成绩。

实操技能考核满分为100分，按80%的比例折算计入竞赛总成绩。

（一）理论知识竞赛

1. 机械基础知识
2. 机械装调技术
3. 电气图形符号及制图规范
4. 传感器检测技术
5. 气动控制技术
6. 应用和数据安全基础知识

7. PLC电气控制系统原理
8. 工业现场总线协议原理
9. PLC 编程技术和HMI 组态技术
10. 虚拟仿真技术
11. 数据采集方法和规范要求

（二）实际操作竞赛

根据大赛任务书完成NX MCD的机械装配、物理特性及接口设计、仿真序列设计，PLC程序设计及HMI界面组态、硬件与虚拟平台数字孪生调试等工作。赛题基于工业生产、智能制造等领域的机电设备的数字孪生技术应用。

相关知识与技术技能

1. NX MCD 机械选型及装配技术
2. 机械装调技术
3. 工业以太网总线组网及应用技术
4. 传感器检测技术
5. 气动控制技术
6. 变频系统控制技术
7. 伺服系统控制技术
8. 编码反馈控制技术
9. PLC 编程技术和 HMI 组态技术
10. OPC UA 通信应用技术
11. NX MCD 机电概念设计技术
12. 虚实协同编程应用

七、大赛场地与设施

（一）大赛场地

根据参赛报名人数设置赛场工位和配套用具，除设备占用面积以外，选手操作面积至少需要 4 平方米。赛场要为选手留有集合准备的室内空间。要为裁判员留有执裁空间。赛场必须备有通风设备，保证赛场内空气流通和清洁。竞赛场地照明应充足、柔和。

（二） 大赛设施

1. 赛场设置竞赛区、服务区、技术支持区。赛场每工位提供独立控制并带有漏电保护装置的220V单相三线交流电源和压力0.3~0.7MPa的气源，供电和供气系统有必要的安全保护措施。

2. 赛场必须留有安全通道。竞赛前必须明确告诉选手和裁判员安全通道和安全门位置。赛场必须配备灭火设备，并置于显著位置。赛场组织人员要做好竞赛安全、健康和公共卫生及突发事件预防与应急处理等工作。

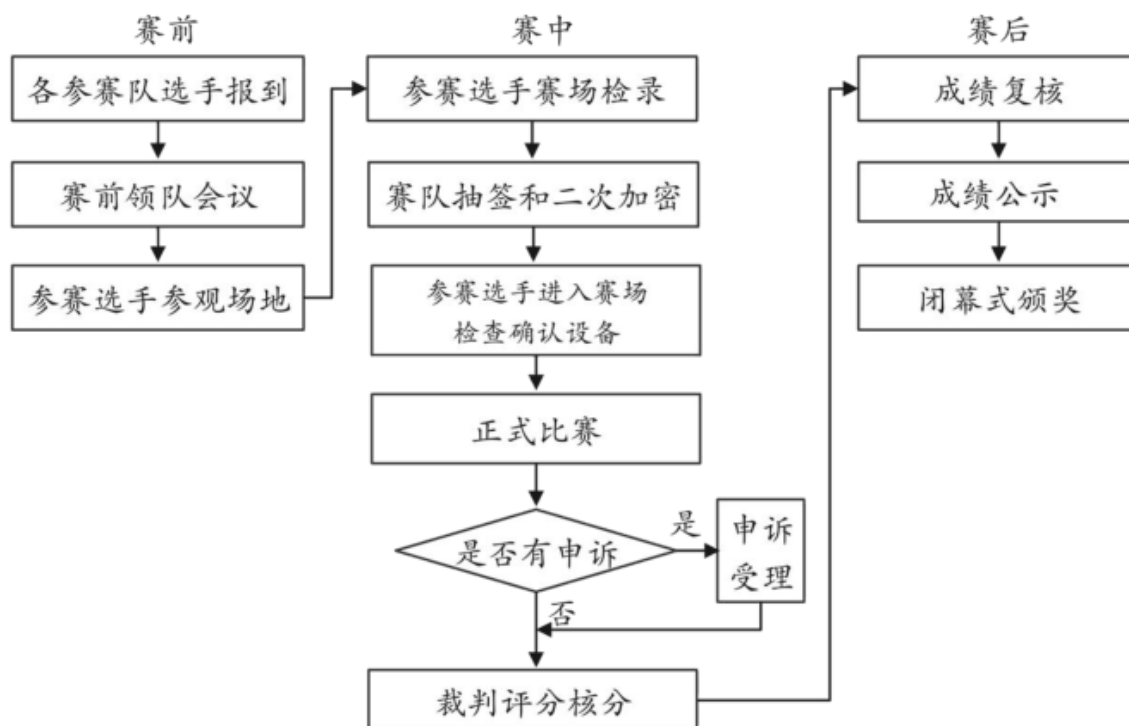
3. 竞赛工位相对独立，确保选手独立开展竞赛，不受外界影响。

八、大赛关键环节与时间安排

（一） 关键环节

参赛选手报到——参赛选手赛前熟悉场地、领队会——开幕式——正式比赛——比赛结束(参赛选手上交比赛成果)——成绩评定——大赛技术点评、颁奖仪式、闭幕式。

（二） 竞赛流程



(三) 时间安排

日期	时间	事项
第一天	8:00-10:00	裁判报到
	10:00-12:00	裁判培训
	13:00-13:30	裁判工作会议
	9:00-12:00	参赛队报道
	14:00-15:00	开幕式
	15:00-15:30	领队场次抽签
	15:30-16:00	熟悉赛场
	16:30	封闭赛场
	18:30-19:30	理论竞赛
第二天	6:30-7:00	第1场参赛队检录（一次加密）
	7:00-7:30	竞赛队伍抽签（二次加密）
	7:30-11:30	正式比赛（第1场）
	11:30-12:30	参赛队退场、午餐、裁判评分
	12:30-13:00	设备恢复
	13:00-13:30	第2场参赛队检录（一次加密）
	13:30-14:00	竞赛队伍抽签（二次加密）
	14:00-18:00	正式比赛（第2场）
	18:00-19:00	参赛队退场、晚餐、裁判评分

	19:00-19:30	设备恢复
第三天	6:30-7:00	第3场参赛队检录（一次加密）
	7:00-7:30	竞赛队伍抽签（二次加密）
	7:30-11:30	正式比赛（第3场）
	11:30-12:30	参赛队退场、午餐、裁判评分
	13:30-15:30	成绩统计复核，信息解密
	15:30-17:00	成绩公布

九、大赛评分标准制定原则、评分方法、评分细则及技术规范

（一） 评分标准制定原则

依据参赛选手完成的情况实施综合评定。评定依据结合国家及行业的相关标准和规范，全面评价参赛选手职业能力的要求，本着“科学严谨、公正公平、可操作性强”的原则制定评分标准，在大赛执委会的领导下，根据数字孪生技术实际在企业中应用的权重比例，专家组制定评分体系，裁判组成员确定评分细则。

（二） 评分方法

1. 基本评定方法

裁判组在坚持“公平、公正、公开、科学、规范”的原则下，各负其责，按照制订的评分细则进行评分。现场裁判组在比赛过程中对参赛队的安全文明生产以及系统安装调试情况进行观察和评价，在参赛队现场结束比赛时完成评分。

评分裁判组根据参赛队提交的比赛结果，经加密组裁判处理后进行评分，成绩按照总分进行名次排列。然后经过加密裁判组进行解密工作，确定最终比赛成绩，经总裁判长审核、仲裁组长复核后签字确认。

2. 相同成绩处理

总成绩相同时，按实操成绩高者排名靠前，总成绩与实操成绩都相同时，按实操完成时间排列，用时短者排名靠前，如时间再相同，取并

列名次。

(三) 评分细则(评分指标)

评分内容	详细要求	配分
顶瓶装置选型及装配	正确选择顶瓶装置10x20	1.5
	按照装配图正确装配安装顶瓶装置10x20	1.5
颗粒上料控制面板	点击启动按钮触发启动按钮信号, 并且启动按钮显示绿色;	3
	点击停止按钮触发停止按钮信号, 并且停止按钮显示红色;	
	点击复位按钮触发复位按钮信号, 并且复位按钮显示黄色;	
	点击联机按钮触发联机按钮信号, 并且联机按钮显示绿色, 单机按钮显示灰色; 再次点击则为触发单机按钮信号, 并且单机按钮显示绿色, 联机按钮显示灰色;	
空瓶上料输送带	空瓶定义刚体碰撞体, 设置空瓶对象源;	2
	空瓶上料输送带设置执行器、碰撞体等,	
空瓶定位填装输送带	输送带设置执行器、碰撞体等,	2
	上料检测传感器、填装定位传感器正常工作。	
	填装定位气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等	
取料填装机构	升降气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等,	3
	旋转气缸置刚体、碰撞体、运动副、执行器等,	
	填装取料吸盘能够正常吸取分拣位的颗粒并释放到填装位空瓶中	
	升降气缸和旋转气缸限位传感器正常工作	
循环选料机构	设置物理属性	3
	蓝、白颗粒设置刚体属性、碰撞体、对象源	
	A、B推料气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等,	
	输送带 A、B 设置正转、反转, 速度设置高速、中速、低速三种速度	
	设置各传感器检测, 能够正常检测	
加盖拧盖控制面板	点击启动按钮触发启动按钮信号, 并且启动按钮显示绿色;	2
	点击停止按钮触发停止按钮信号, 并且停止按钮显示	

	红色;	
	点击复位按钮触发复位按钮信号, 并且复位按钮显示黄色;	
	点击联机按钮触发联机按钮信号, 并且联机按钮显示绿色, 单机按钮显示灰色; 再次点击则为触发单机按钮信号, 并且单机按钮显示绿色, 联机按钮显示灰色;	
加盖拧盖输送带	输送带设置执行器、碰撞体等,	2
	加盖定位气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等	
	拧盖定位气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等 加盖位检测、拧盖位检测正常工作	
加盖机构	设置物理属性;	4
	定义蓝、白瓶盖刚体属性、设置碰撞体、设置对象源等	
	升降气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等	
	伸缩气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等 设置各传感器检测, 能够正常检测	
拧盖机构	拧盖升降气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等,	5
	拧盖电机和拧盖升降气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等	
	设置各传感器检测, 能够正常检测	
NX MCD 信号接口设计	根据 MCD I/O 信号表, 正确创建和合理设置输入、输出信号, 输入信号控制各机构运动等, 输出信号检测物料和检测气缸限位等	6
仿真序列设计	根据控制流程设计仿真序列控制能够完整运行一个瓶子填装、加盖、拧盖、检测、入库。	8
HMI界面组态-开机画面	首页界面信息完成、无错别字, 和给定画面一致, 登录功能正常	1
HMI界面组态-一二单元状态界面	文字内容与给定画面一致、无错别字	1
	按钮功能和指示灯功能正常, 若按钮功能或指示灯显示功能不正常扣0.1分, 扣完为止	1
HMI界面组态-检测入仓单元	文字内容与给定画面一致、无错别字; 一个错别字扣0.1分, 缺一个信息内容扣0.2分, 扣完为止	1
	按钮功能和输入框功能正常, 若按钮功能或输入框功	1

	能不正常扣0.1分，扣完为止	
HMI界面组态-点动控制	文字内容与给定画面一致、无错别字；一个错别字扣0.1分，缺一个信息内容扣0.2分，扣完为止	1
	按钮功能正常，若按钮功能不正常扣0.1分，扣完为止	1
颗粒上料单元程序设计	控制流程逻辑正确	5
加盖拧盖单元程序设计	控制流程逻辑正确	5
虚拟平台调试	正确下载 PLC 程序并连接映射信号，启动仿真，每个站点击联机，点击触摸屏联机启动，空瓶进行填装颗粒、加盖、拧盖、检测、入仓流程，完成6个完整瓶子入仓，若出现颗粒缺少、颗粒放多或未盖瓶盖、瓶盖未盖好的情况，每个扣1分，仓库缺少一个瓶子扣2分，扣完为止。	12
设备故障排除	诊断故障点，恢复设备正常运行	3
硬件设备调试	将 PLC 程序正确下载至硬件 PLC 中，每个站点击联机，点击触摸屏联机启动，空瓶进行填装颗粒、加盖、拧盖、检测、入仓流程，完成6个完整瓶子入仓，若出现颗粒缺少、颗粒放多或未盖瓶盖、瓶盖未盖好的情况，每个扣1分，仓库缺少一个瓶子扣2分，扣完为止。	8
MCD 与设备同步运行调试	虚拟设备连接实物设备信号进行虚实同步调试，使虚拟平台与硬件平台的运行状态保持一致。	12
	职业素养与操作安全	5
	总分	100

(四) 技术规范

序号	标准号	名称
1	GB/T-13926	工业过程测量和控制装置的电磁兼容性
2	GB/T-6593-1996	电子测量仪器质量检测规则
3	GB-4720	电控设备第一部分: 低压电器电控设备
4	GB-4205	控制电器设备的操作件标准运动方向

5	GB-10233	电气传动控制设备基本试验方法
6	GB/T-15969-1995	可编程序控制器
7	GB/T-15969.3	IEC61131-3 通用编程
8	GB/T-4728.1-2005	电气简图用图形符号
9	GB/T-7159-1987	电气技术中的文字符号制定通则
10	GB/T-5465.2-199	电气设备用图形符号
11	GB-21746-2008	教学仪器设备安全要求总则
12	GB/T 43441.1-2023	信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求
13	GB/T 41723-2022	自动化系统与集成 复杂产品数字孪生体系架构

职业道德

- (1) 爱岗敬业，忠于职守，严于律己；
- (2) 刻苦学习，钻研业务，善于观察，勤于思考；
- (3) 认真负责，吃苦耐劳；
- (4) 遵守操作规程，安全、文明生产；
- (5) 着装规范整洁，爱护设备，保持工作环境清洁有序。

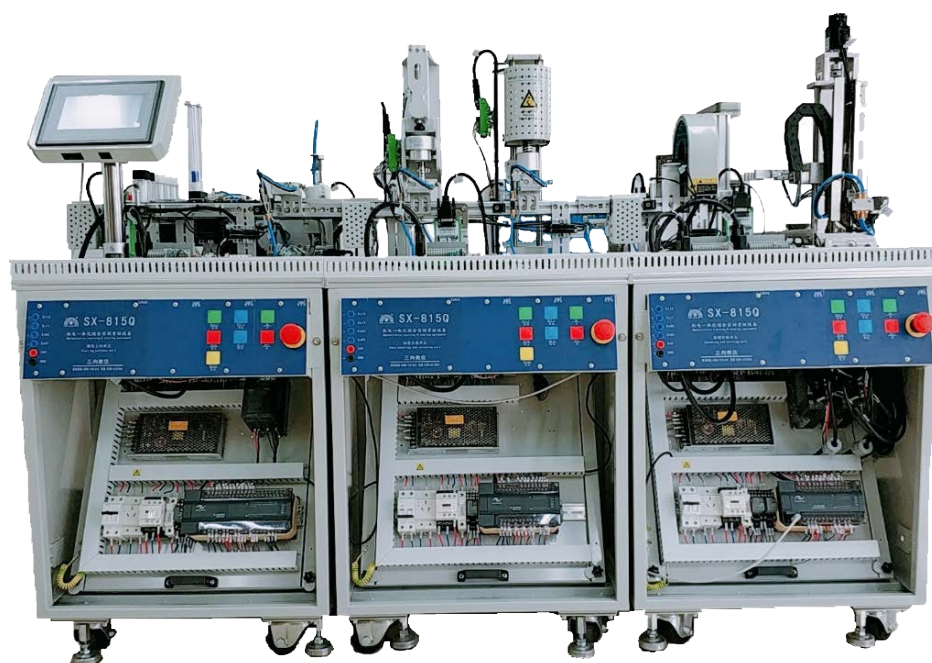
十、大赛平台说明

数字孪生技术应用赛项竞赛平台由竞赛硬件平台和数字孪生软件系统组成。硬件平台包括颗粒上料单元、加盖拧盖单元和检测入仓单元，具有设计人性化、操作简单、功能强大、技术先进等特点。数字孪生软件平台可满足西门子数字化孪生应用技术虚拟仿真与调试的 IO 与驱动控制、TIA 编程、PLCsim Advanced高级仿真、MCD 机电一体化概念设计等技术的教学、实训和竞赛要求。

(一) 竞赛硬件平台

数字孪生技术应用竞赛硬件平台主要模拟工业自动化生产线，包括从上料、筛选、装瓶、加盖、拧盖、检测、入库等生产各环节。设备整

体实现空瓶上料、颗粒物料上料、物料分拣、颗粒填装、加盖、拧盖、物料检测、瓶盖检测、成品分拣、机械手抓取入库等生产全过程，设备模块及功能如下：



1. 颗粒上料单元

单元主要由电气挂板、操作控制板、上料输送带、主输送模块、循环选料机构、上料填装机构、实训桌组成，可进行 PLC 控制、变频器控制、直流电机控制、传感器设置、气动控制等多项应用技能实训，其控制流程如下：

上料输送带逐个将空瓶输送到主输送带；同时循环选料机构将料筒内的物料推出，对颗粒物料根据颜色进行分拣；当空瓶到达填装位后，顶瓶装置将空瓶固定，主皮带停止；上料填装模块拾取分拣到位的颗粒物料并装入瓶内；瓶子内颗粒到达设定的颗粒数量后，顶瓶装置松开，主皮带启动，将瓶子输送到下一工位。此单元可以设定多样化的填装方式，可从物料颜色（2种）、颗粒数量（最多4粒）进行不同的组合，产生8种填装方式。

2. 加盖拧盖单元

单元主要由电气挂板、操作控制板、主输送带、加盖机构、拧盖机构、实训桌组成，可进行 PLC 控制、传感器设置、气动控制、机械装调等多项应用技能实训，其控制流程如下：

接上工序瓶子被输送到加盖机构下，加盖定位装夹机构将瓶子固定，加盖机构启动加盖流程，将瓶盖（白色或蓝色）加装到瓶子上；加上盖子的瓶子继续被送往拧盖机构，到拧盖机构下方，拧盖定位装夹机构将瓶子固定，拧盖机构启动，将瓶盖拧紧。

3. 检测入仓单元

主要由电气挂板、操作控制板、输送模块、龙门检测模块、堆垛机组件、立体仓库、实训桌组成，可进行 PLC 控制、伺服系统控制、传感器设置、传感器组合检测、气动控制、机械装调等多项实训项目。控制流程如下：

接上工序拧盖完成的瓶子经过此单元进行检测：回归反射传感器检测瓶盖是否拧紧；龙门机构检测瓶子内部颗粒是否符合要求及瓶子是否加盖；瓶子被输送到皮带末端，伺服堆垛机根据检测结果按程序要求搬运存储到不同仓位。

技术参数

系统电源	单相三线制AC220V
设备重量	150kg
额定电压	AC220V $\pm 5\%$
额定功率	1.1kw
环境湿度	$\leq 90\%$
设备尺寸	300cm $\times$ 72cm $\times$ 150cm(长 $\times$ 宽 $\times$ 高)
工作站尺寸	400cm $\times$ 300cm(长 $\times$ 宽)
安全保护功能	急停按钮，漏电保护，过流保护

PLC		SIMATIC S7-1500/CPU 1511-1 PN
HMI		KTP700 Basic
变频器		FR-D700
伺服系统	驱动器	MR-JE
	电机	HG-KN13J

(二) 竞赛软件平台

数字孪生软件系统包含西门子NX MCD、TIA Portal V16、PLC SIM等软件和虚拟场景模型。



1. 软件功能：

数字孪生软件平台是面向制造行业的CAID/CAD/CAE/CAM高端软件，该软件提供的NX MCD机电一体化概念设计解决方案，将机械自动化与电气和软件结合起来，主要包括机械、机电、传感器、驱动等多个领域部件的概念设计，工程师可用于新产品集成管理，机械设计，电气，自动化等专业概念的3D建模和物理特性创建，提供了机电设备设计过程中硬件在虚拟环境中仿真调试，通过虚拟设备与PLC连接，对产品可靠性进行虚拟调试验证，并实现虚实同步功能。

2. 技术参数

电脑	操作系统	Windows 10-64位
	CPU	Intel 酷睿i5 10500或以上
	RAM	16GB或以上
	SSD	1T可用空间
	显卡	Nvidia显卡, 拥有至少6GB专用内存以上
	图形显示分辨率	1920*1080 全高清或更高
数字孪生场景		颗粒上料单元数字孪生场景
		加盖拧盖单元数字孪生场景
		检测入库单元数字孪生场景
		药品填装产线数字孪生场景

十一、大赛安全保障

赛事安全是技能竞赛一切工作顺利开展的先决条件,是赛事筹备和运行工作必须考虑的核心问题。赛项执委会采取切实有效措施保证大赛期间参赛选手、指导教师、裁判员、工作人员及观众的人身安全。

1. 比赛环境

执委会在赛前组织专人对比赛现场、住宿场所和交通保障进行考察,并对安全工作提出明确要求。赛场的布置,赛场内的器材、设备,应符合国家有关安全规定。

赛场周围要设立警戒线,防止无关人员进入发生意外事件。比赛现场内应参照相关职业岗位要求为选手提供必要的劳动保护。在具有危险性的操作环节,裁判员要严防选手出现错误操作。

承办单位应提供保证应急预案实施的条件。对于比赛内容涉及高空作业、可能有坠物、大用电量、易发生火灾等情况的赛项,必须明确制

度和预案，并配备急救人员与设施。

大赛期间，承办单位须在赛场管理的关键岗位，增加力量，建立安全管理日志。

参赛选手进入赛位、赛事裁判工作人员进入工作场所，严禁携带通讯、照相摄录设备，禁止携带记录用具。如确有需要，由赛场统一配置、统一管理。具体禁带物品涵盖并不限于以下清单内容。

有害物品	图示	说明
防锈清洗剂		禁止携带，赛场统一提供
酒精		严禁携带 
汽油		严禁携带 
有毒有害物		严禁携带 
存储设备		严禁携带 

2. 生活条件

比赛期间，原则上由执委会统一安排参赛选手和指导教师食宿。承办单位须尊重少数民族的信仰及文化，根据国家相关的民族政策，安排好少数民族选手和教师的饮食起居。

大赛期间有组织的参观和观摩活动的交通安全由执委会负责。执委会和承办单位须保证比赛期间选手、指导教师和裁判员、工作人员的交

通安全。

各赛项的安全管理，除了可以采取必要的安全隔离措施外，应严格遵守国家相关法律法规，保护个人隐私和人身自由。

3. 组队责任

(1) 各代表队须为参赛选手购买大赛期间的人身意外伤害保险。

(2) 各代表队组成后，须对所有选手、指导教师进行安全教育。

(3) 各参赛队伍须加强对参与比赛人员的安全管理，实现与赛场安全管理的对接。

4. 应急处理

比赛期间发生意外事故，发现者应第一时间报告执委会，同时采取措施避免事态扩大。执委会应立即启动预案予以解决并报告组委会。赛项出现重大安全问题可以停赛，是否停赛由执委会决定。事后，执委会应向组委会报告详细情况。

(1) 熟悉参赛场所“安全出口”及“疏散通道”。

(2) 赛场内禁止使用明火，禁止场地内及其他禁烟区吸烟。

(3) 禁止携带易燃易爆物品进入赛场。

(4) 不得损坏、挪用、拆除、停用消防设施、器材。

(5) 如遇突发事件，保持镇静，听从工作人员指挥。

(6) 如遇火险请勿慌乱，从安全出口紧急撤离。

十二、大赛组织与管理

(一) 大赛组织

大赛在大赛办公室领导下按要求设立专家裁判组、监督组和申诉与仲裁组。负责赛项相关工作。

1. 专家裁判组

专家裁判组由裁判长和裁判员组成。

（1）裁判长负责裁判员赛前培训及裁判员现场分工，裁判长不参与现场执裁工作。

（2）裁判员需在赛前参加裁判工作培训，掌握与执裁工作相关的大赛制度要求和赛项竞赛规则，具体包括：竞赛技术规则、竞赛技术平台、评分方式、评分标准、成绩管理流程、安全注意事项和安全应急预案等。

（3）在裁判长的安排下，对裁判员进行分组，并明确组内人员分工及工作职责、工作流程和工作要求等。

（4）裁判执裁前对赛场设备设施的规范性、完整性和安全性进行检查，做好执裁的准备工作。

（5）裁判负责引导选手在赛位或等候区域等待竞赛指令。期间，裁判需向选手宣读竞赛须知。提醒选手遵照安全规定和操作规程进行竞赛。竞赛过程中，裁判员不得单独接近选手，除非选手举手示意裁判员解决竞赛中出现的问题，或选手出现严重违规行为；裁判员无权解释竞赛试题内容。竞赛中裁判需做好赛场纪律的维护，对有违规行为的选手提出警告，并按竞赛规程予相应处理，并记录在《赛场情况记录表》；竞赛换场期间，裁判须做好选手的隔离工作。

2. 监督组

（1）负责对大赛筹备与组织工作实施全程现场监督。

（2）监督组的监督内容包括大赛场地和设施的部署、选手抽签、裁判培训、大赛组织、成绩评判及汇总、成绩发布、申诉仲裁、成绩复核等。

（3）监督组对比赛过程中明显违规现象，应及时向大赛办公室提出改正建议，同时采取必要技术手段，留取监督的过程资料。比赛结束后，向大赛组委会提报监督工作报告。

（4）监督组不参与具体的赛事组织活。

3. 申诉与仲裁组

(1) 参赛选手对不符合大赛规程规定的仪器、设备、材料等竞赛用品及大赛执裁与比赛成绩异议可提请申诉。

(2) 申诉主体为参赛选手。

(3) 申诉启动时，参赛选手以亲笔签字的书面报告的形式递交大赛申诉与仲裁组。报告应对申诉事件的现象、发生时间、涉及人员、申诉依据等进行充分、实事求是的叙述。非书面申诉不予受理。

(4) 提出申诉应在比赛结束后不超过2小时内提出。超过时效不予受理。

(5) 大赛申诉与仲裁组在接到申诉报告后的2小时内组织复议，并及时将复议结果以书面形式告知申诉方。申诉方对复议结果仍有异议，可由大赛组委会机构向大赛办公室提出申诉。大赛办公室的仲裁结果为最终结果。

(6) 申诉方不得以任何理由拒绝接收仲裁结果；不得以任何理由采取过激行为扰乱赛场秩序；仲裁结果由申诉人签收，不能代收；如在约定时间和地点申诉人离开，视为自行放弃申诉。

(7) 申诉方可随时提出放弃申诉。

(二) 大赛设备与设施管理

1. 大赛保障管理

(1) 建立完善的大赛保障组织管理机制，做到各比赛单元均有专人负责指挥和协调，确保大赛有序进行。

(2) 设置生活保障组，为大赛选手与裁判提供相应的生活服务和后勤保障。

（3）设置技术保障组，为大赛设备、软件与大赛设施提供保养、维修等服务，保障设备的完好性和正常使用，保障设备配件与操作工具的及时供应。

（4）设置医疗保障服务站，提供可能发生的急救、伤口处理等应急服务。

（5）设置外围安保组，对赛场核心区域的外围进行警戒与引导服务。

2. 赛场条件与布置

（1）赛场布置，贯彻赛场集中，工位独立的原则。选手大赛单元相对独立，确保选手独立开展比赛，不受外界影响；工位集中布置，保证大赛氛围。

（2）卫生间、医疗、维修服务、生活补给站和垃圾分类回收点都在警戒线范围内，以确保大赛在相对安全的环境内进行。

（3）设置安全通道和警戒线，确保进入赛场的大赛参观、采访、视察的人员限定在安全区域内活动，以保证大赛安全有序进行。

（4）赛场应进行周密设计，绘制满足赛事管理、引导、指示要求的平面图。大赛举行期间，应在比赛场所、人员密集的地方张贴。

（5）赛场平面图上应标明安全出口、消防通道、警戒区、紧急事件发生时的疏散通道。

（6）赛场的标注、标识应进行统一设计，按规定使用大赛的标注、标识。赛场各功能区域、工位等应具有清晰的标注与标识。

（7）工位上张贴各种设备的安全文明生产操作规程。

十三、附件（大赛样题）

模块一 虚拟平台仿真设计

一. 竞赛设备说明

数字孪生技术应用综合实训平台主要由颗粒上料单元、加盖拧盖单元、检测入库单元硬件与NX MCD软件组成，能够实现空瓶上料、颗粒物料上料、物料分拣、颗粒填装、加盖、拧盖、物料检测、瓶盖检测、入库等自动生产全过程。

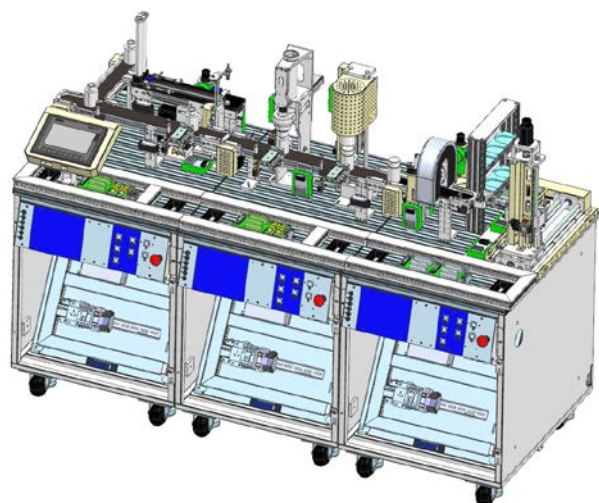


图1 数字孪生技术应用综合实训平台

1. 机械选型及装配

请根据以下资料，从文件夹中三种定位气缸机构选择一个合适的定位气缸机构，完成加盖拧盖单元中的定位气缸机构的零部件安装，在该过程中请注意各部件位置，并且将该机构合理地安装在加盖拧盖单元相应的位置上。

① 《顶瓶装置10X20装配图》

② 《顶瓶装置10X30装配图》

③ 《顶瓶装置10X60装配图》

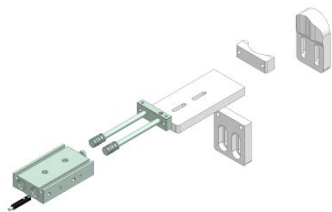


图2 顶瓶装置10X20

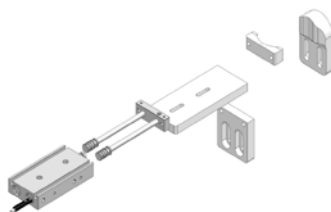


图3 顶瓶装置10X30

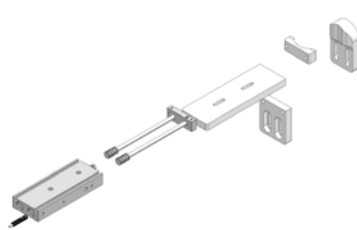


图4 顶瓶装置10X60

2. 仿真环境的搭建

根据任务要求和相关参数，对平台各个单元进行物理特性设置；根据相关电气接线原理设置接口信号，与PLC的I/O形成数据变量交互，实现MCD 与PLC 的通信和动作控制

(1) 颗粒上料单元

① 操作控制面板

要求：对操作控制面板上的启动按钮、停止按钮、复位按钮及单机/联机切换按钮进行设置。

当点击启动按钮时，启动按钮显示绿色；

当点击停止按钮时，停止按钮显示红色；

当点击复位按钮时，复位按钮显示黄色。

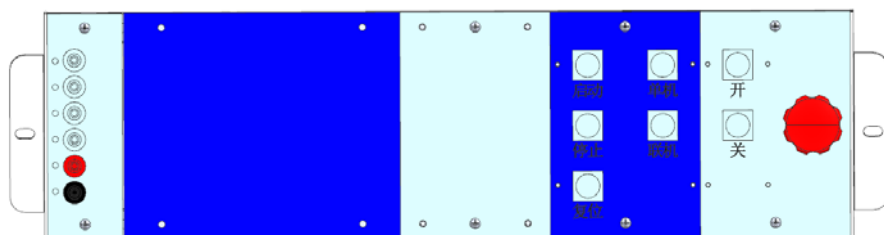


图5 颗粒上料单元-操作控制面板

② 空瓶上料输送带

要求：将空瓶透明度设置为50%，定义空瓶刚体属性、设置碰撞体、设置对象源等；输送带设置执行器、碰撞体等，使空瓶在传送带上正常输送。

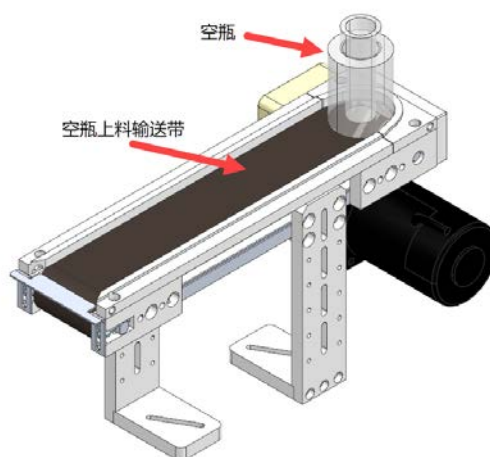


图6 空瓶上料输送带

③ 空瓶定位填装输送带

要求：输送带设置执行器、碰撞体等，使空瓶在传送带上正常输送；填装定位气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等能够准确定位空瓶，传感器能够正常工作。

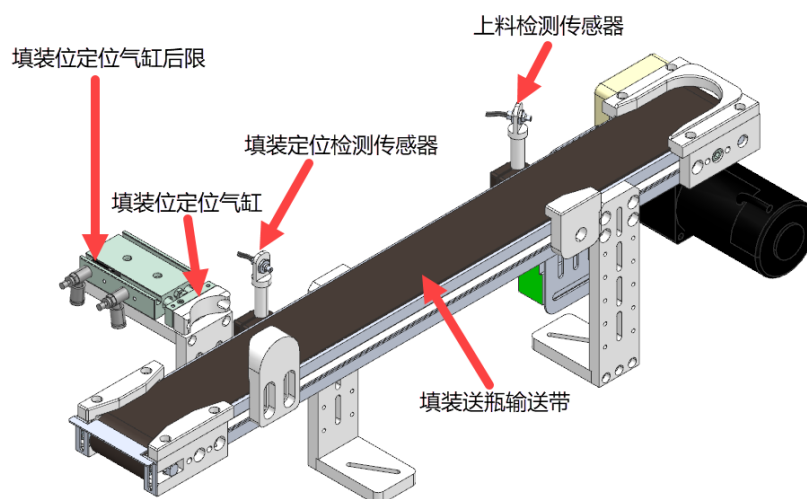


图7 空瓶定位填装输送带

④ 取料填装机构

要求：取料填装机构中升降气缸和旋转气缸设置刚体、碰撞体、运动

副、执行器等使其气缸正常升降和旋转；填装取料吸盘能够正常吸取分拣位的颗粒并能够释放到填装位空瓶中；传感器能够正常工作。

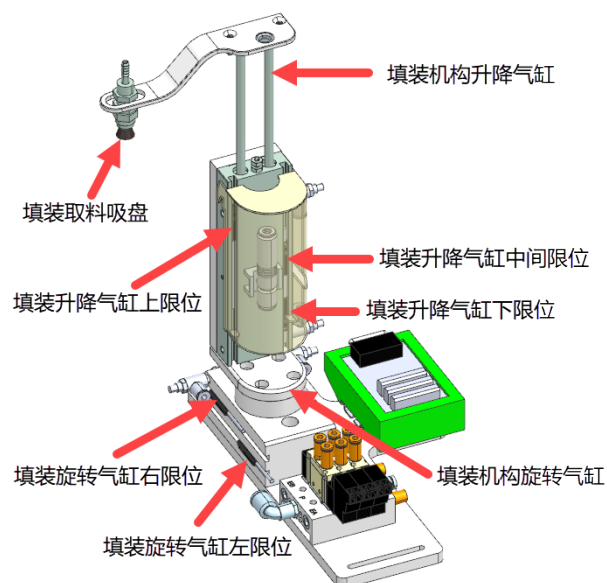


图8 填装取料机构

⑤ 循环选料机构

要求：将料筒A和料筒B透明度设置50%，设置物理属性；定义颗粒刚体属性、设置碰撞体、设置对象源等；推料气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等能将颗粒推送至输送带上；输送带A、B设置正转、反转，速度设置高速、中速、低速三种速度；传感器能够正常检测。

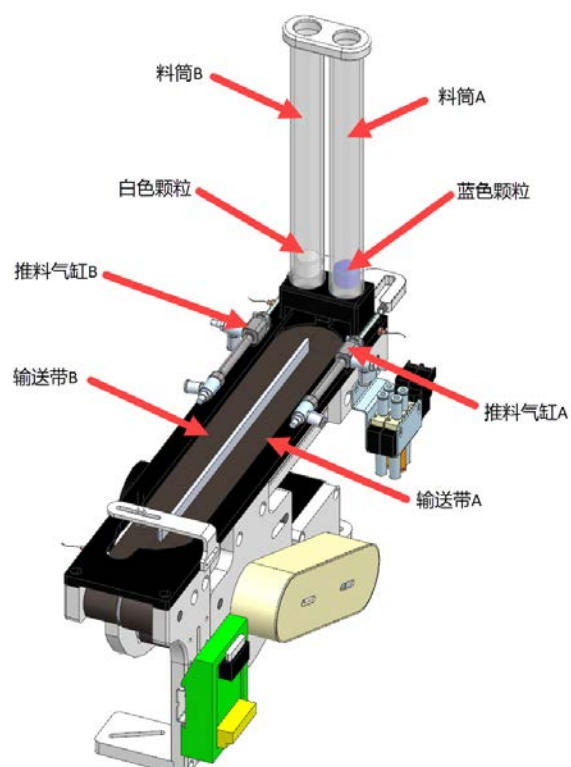


图9-1 循环选料机构

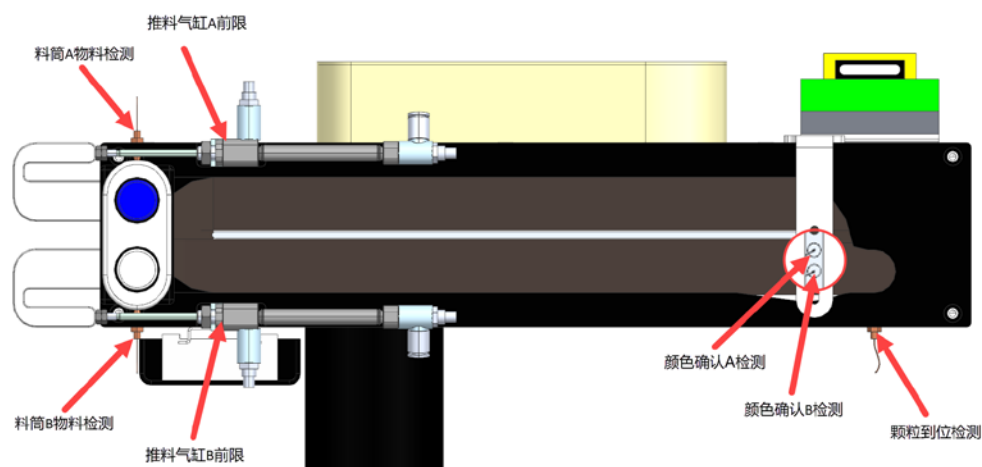


图9-2 循环选料机构

(2) 加盖拧盖单元

① 操作控制面板

要求：对操作控制面板上的启动按钮、停止按钮、复位按钮及单机/联机切换按钮进行设置。

当点击启动按钮时，启动按钮显示绿色；

当点击停止按钮时，停止按钮显示红色；

当点击复位按钮时，复位按钮显示黄色。

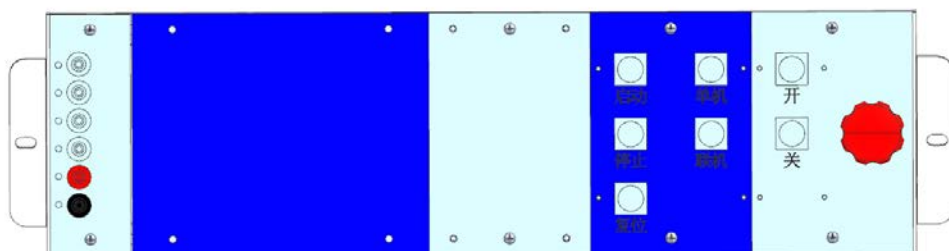


图10 加盖拧盖-操作控制面板

② 加盖拧盖输送带

要求：输送带设置执行器、碰撞体，使填装颗粒的瓶子在传送带上正常输送；定位气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等能够准确定位瓶子；传感器能够正常检测。

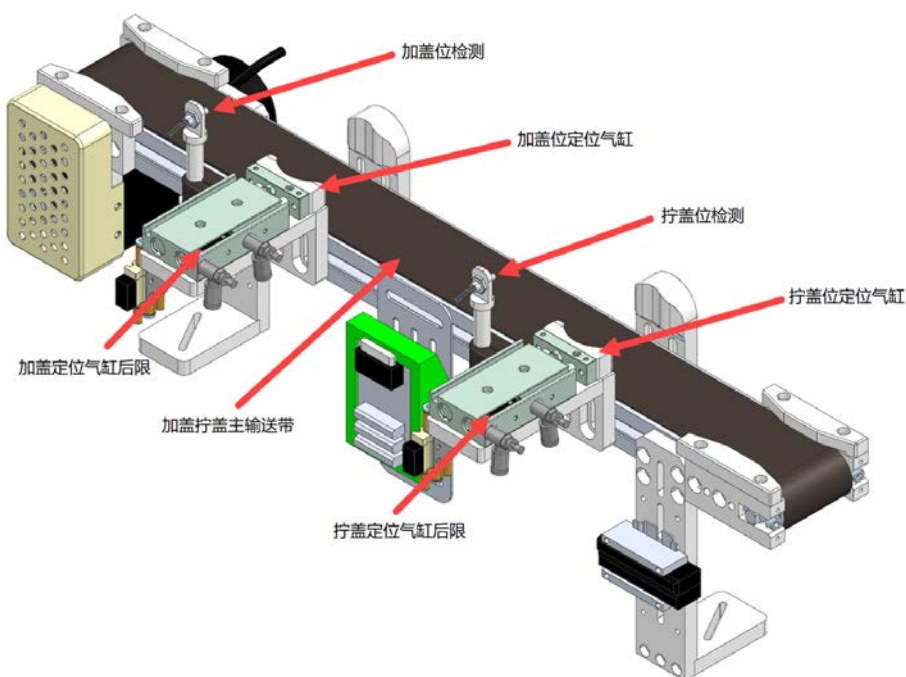


图11 加盖拧盖定位输送带

③ 加盖机构

要求：料筒透明度设置50%，设置物理属性；定义蓝、白瓶盖刚体属性、设置碰撞体、设置对象源等；加盖机构中升降气缸和伸缩气缸设置

刚体、碰撞体、运动副、执行器等使其能够正常推送瓶盖至空瓶瓶口；
传感器能够正常检测。

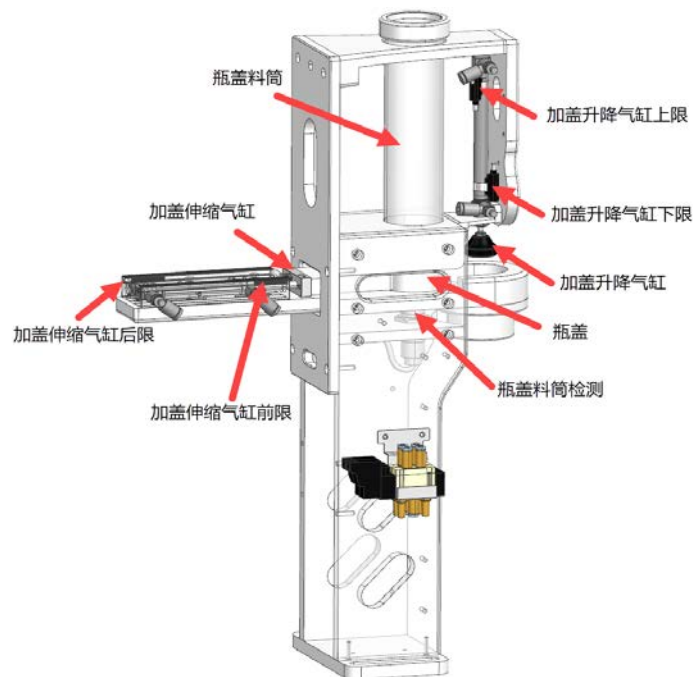


图12 加盖机构

④ 拧盖机构

要求：拧盖机构中拧盖电机和拧盖升降气缸设置刚体、碰撞体、运动副、执行器等使其能够正常拧紧瓶盖；传感器能够正常检测。

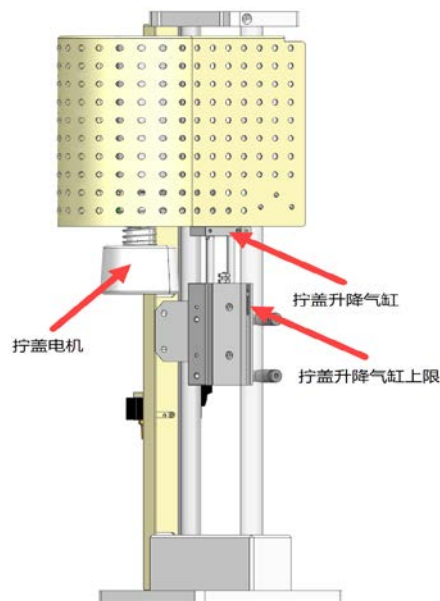


图13 拧盖机构

(3) NX MCD接口设计

根据表 1 所给的 MCD I/O 信号，在信号适配器中创建对应的信号，并进行信号触发及参数设置。

表1

输入		输出	
信号名称	信号类型	信号名称	信号类型
颗粒上料-上料皮带启停	布尔型	颗粒上料-上料传感器检测	布尔型
颗粒上料-颗粒填装输送带启停	布尔型	颗粒上料-颗粒填装位检测	布尔型
颗粒上料-填装旋转气缸	布尔型	颗粒上料-颜色确认A检测	布尔型
颗粒上料-填装升降气缸	布尔型	颗粒上料-颜色确认B检测	布尔型
颗粒上料-填装取料吸盘	布尔型	颗粒上料-料筒A物料检测	布尔型
颗粒上料-定位气缸	布尔型	颗粒上料-料筒B物料检测	布尔型
颗粒上料-推料气缸A	布尔型	颗粒上料-颗粒到位检测	布尔型
颗粒上料-推料气缸B	布尔型	颗粒上料-定位气缸后限	布尔型
颗粒上料-启动指示灯	布尔型	颗粒上料-启动按钮	布尔型
颗粒上料-停止指示灯	布尔型	颗粒上料-停止按钮	布尔型
颗粒上料-复位指示灯	布尔型	颗粒上料-复位按钮	布尔型
颗粒上料-电机正转	布尔型	颗粒上料-联机按钮	布尔型
颗粒上料-电机反转	布尔型	颗粒上料-填装升降气缸上限	布尔型
颗粒上料-电机高速	布尔型	颗粒上料-填装升降气缸下限	布尔型
颗粒上料-电机中速	布尔型	颗粒上料-吸盘填装限位	布尔型
颗粒上料-电机低速	布尔型	颗粒上料-推料气缸A前限	布尔型
加盖拧盖-加盖拧盖输送带启停	布尔型	颗粒上料-推料气缸B前限	布尔型
加盖拧盖-拧盖电机启停	布尔型	颗粒上料-旋转气缸左限位	布尔型
加盖拧盖-加盖伸缩气缸电磁阀	布尔型	颗粒上料-旋转气缸右限位	布尔型
加盖拧盖-加盖升降气缸电磁阀	布尔型	加盖拧盖-瓶盖料筒检测	布尔型
加盖拧盖-加盖定位气缸电磁阀	布尔型	加盖拧盖-加盖位检测	布尔型
加盖拧盖-拧盖升降气缸电	布尔型	加盖拧盖-拧盖位检测	布尔型

输入		输出	
信号名称	信号类型	信号名称	信号类型
电磁阀			
加盖拧盖-拧盖定位气缸电磁阀	布尔型	加盖拧盖-加盖定位气缸后限	布尔型
加盖拧盖-启动指示灯	布尔型	加盖拧盖-加盖伸缩气缸前限	布尔型
加盖拧盖-停止指示灯	布尔型	加盖拧盖-加盖伸缩气缸后限	布尔型
加盖拧盖-复位指示灯	布尔型	加盖拧盖-加盖升降气缸上限	布尔型
检测入仓-检测入仓输送带启停	布尔型	加盖拧盖-加盖升降气缸下限	布尔型
检测入仓-推进气缸电磁阀	布尔型	加盖拧盖-拧盖定位气缸后限	布尔型
检测入仓-夹具气缸电磁阀	布尔型	加盖拧盖-拧盖升降气缸上限	布尔型
检测入仓-龙门绿灯	布尔型	加盖拧盖-启动按钮	布尔型
检测入仓-龙门红灯	布尔型	加盖拧盖-停止按钮	布尔型
检测入仓-龙门蓝灯	布尔型	加盖拧盖-复位按钮	布尔型
检测入仓-检测单元启动指示灯	布尔型	加盖拧盖-联机按钮	布尔型
检测入仓-检测单元复位指示灯	布尔型	检测入仓-瓶盖旋紧检测	布尔型
检测入仓-检测单元停止指示灯	布尔型	检测入仓-皮带进料检测	布尔型
检测入仓-垂直伺服回原点指令	布尔型	检测入仓-皮带出料检测	布尔型
检测入仓-垂直伺服刹车指令	布尔型	检测入仓-瓶盖检测1	布尔型
检测入仓-垂直伺服启动命令	布尔型	检测入仓-瓶盖检测2	布尔型
检测入仓-水平伺服刹车指令	布尔型	检测入仓-3颗料位检测	布尔型
检测入仓-水平伺服启动命令	布尔型	检测入仓-4颗料位检测	布尔型
检测入仓-水平伺服回原点指令	布尔型	检测入仓-推进气缸前限	布尔型
检测入仓-垂直伺服脉冲MCD	双精度型	检测入仓-推进气缸后限	布尔型

输入		输出	
信号名称	信号类型	信号名称	信号类型
检测入仓-水平伺服脉冲MCD	双精度型	检测入仓-检测单元启动按钮	布尔型
		检测入仓-检测单元复位按钮	布尔型
		检测入仓-检测单元停止按钮	布尔型
		检测入仓-检测单元联机按钮	布尔型
		检测入仓-垂直伺服上限	布尔型
		检测入仓-垂直伺服原点	布尔型
		检测入仓-垂直伺服下限	布尔型
		检测入仓-水平伺服左限	布尔型
		检测入仓-水平伺服原点	布尔型
		检测入仓-水平伺服右限	布尔型
		检测入仓-垂直伺服回到原点	布尔型
		检测入仓-垂直伺服运动完成	布尔型
		检测入仓-水平伺服回到原点	布尔型
		检测入仓-水平伺服运动完成	布尔型
		检测入仓-垂直伺服实际位置MCD	双精度型

3. 仿真序列设计

根据表 2 控制流程使用仿真序列设计一套数字化仿真流程验证各机构和传感器是否正常。

表2

1	点击NX MCD中“播放”；
2	上料输送带上生成空瓶，循环选料料筒A、B料筒生成白、蓝颗粒；加盖机构料筒中生成一个白盖和一个蓝盖；
3	推料气缸A、B相继将白、蓝色物料推出，循环输送带启动高速运行，当循环输送带机构上的颜色确认检测传感器检测到有白色物料通过时，变频器反转，当白色物料到达取料位后，颗粒到位检测传感器触发，循环输送带停止；
4	取料填装机构下降；吸盘打开，吸住物料；取料填装机构上升；取料填装机构转向装料位；
5	在第3步开始的同时，空瓶上料输送带与空瓶定位填装输送带同时启动，空瓶上料输带将空瓶输送到空瓶定位填装输

	送带上;
6	当填装定位检测传感器检测到空瓶, 并等待空瓶到达填装位时, 空瓶定位填装输送带停止, 填装位定位气缸伸出, 将空瓶固定;
7	填装机构下降; 填装机构下降到填装升降气缸中间限位感应到位后, 吸盘关闭, 物料顺利放入瓶子, 无任何碰撞现象; 填装机构上升; 填装机构转向取料位;
8	当瓶子装满3颗白色物料后, 填装定位气缸缩回, 主输送带启动, 将瓶子输送到下一工位;
9	当加盖位检测传感器检测到有物料瓶, 并等待物料瓶运行到加盖工位下方时, 输送带停止; 加盖定位气缸推出, 将物料瓶准确固定;
10	瓶盖料筒检测传感器检测到瓶盖, 加盖伸缩气缸推出, 将瓶盖推到落料口; 加盖升降气缸伸出, 将瓶盖压下; 瓶盖准确落在物料瓶上, 无偏斜; 加盖伸缩气缸缩回; 加盖升降气缸缩回; 加盖定位气缸缩回; 输送带启动;
11	拧盖位检测传感器检测到有物料瓶, 并等待物料瓶运行到拧盖工位下方时, 输送带停止; 拧盖定位气缸推出, 将物料瓶准确固定; 拧盖电机开始旋转; 拧盖升降气缸下降; 瓶盖完全被拧紧; 拧盖电机停止运行; 拧盖升降气缸缩回; 拧盖定位气缸缩回; 输送带启动; 将瓶子输送到下一工位;
12	当进料检测传感器检测到有物料瓶且旋紧检测传感器没有触发, 经过检测装置后, ①若瓶盖检测1触发, 瓶盖检测1触发, 则为白盖, 龙门灯带绿色闪亮; ②若瓶盖检测1没有触发, 瓶盖检测没有触发, 则为蓝盖, 龙门灯带绿色长亮; ③若瓶盖检测1没有触发, 瓶盖检测2触发 (检测到瓶身), 则为无盖, 龙门灯带红色长亮; 颗粒检测3颗以上 (包括3颗) 都为合格。
13	物料拼到达检测入仓输送带末端触发皮带出料检测传感器, 搬运机械手运动, 将物料拼搬运至仓库, ①若物料瓶合格, 则搬运至1号仓位 ②若物料瓶不合格, 则搬运至6号仓位

模块二 PLC程序设计及HMI界面组态

1. HMI界面组态

(1) 开机画面

HMI 启动后，视图窗口进入首页界面，首页界面应包含图 14 的信息和功能，输入用户名和密码，点击登录，若登录成功跳转到一二单元状态界面；若登录失败，用户名错误提示弹窗显示“用户名不存在”，密码错误提示弹窗显示“密码错误”；用户名设置为：工位号，密码：123456。

首页界面

2000-12-31 10:59:39

2024年“强国杯”技术技能大赛

数字孪生技术应用赛项

欢迎使用数字孪生技术应用综合实训平台

用户名: 00000000

密码: 00000000

登录

图14

(2) 一二单元状态界面

一二单元状态界面应包含图 15 的信息与功能，点击“首页界面”、“检测入仓单元”或“点动控制”都能跳转到对应的界面。

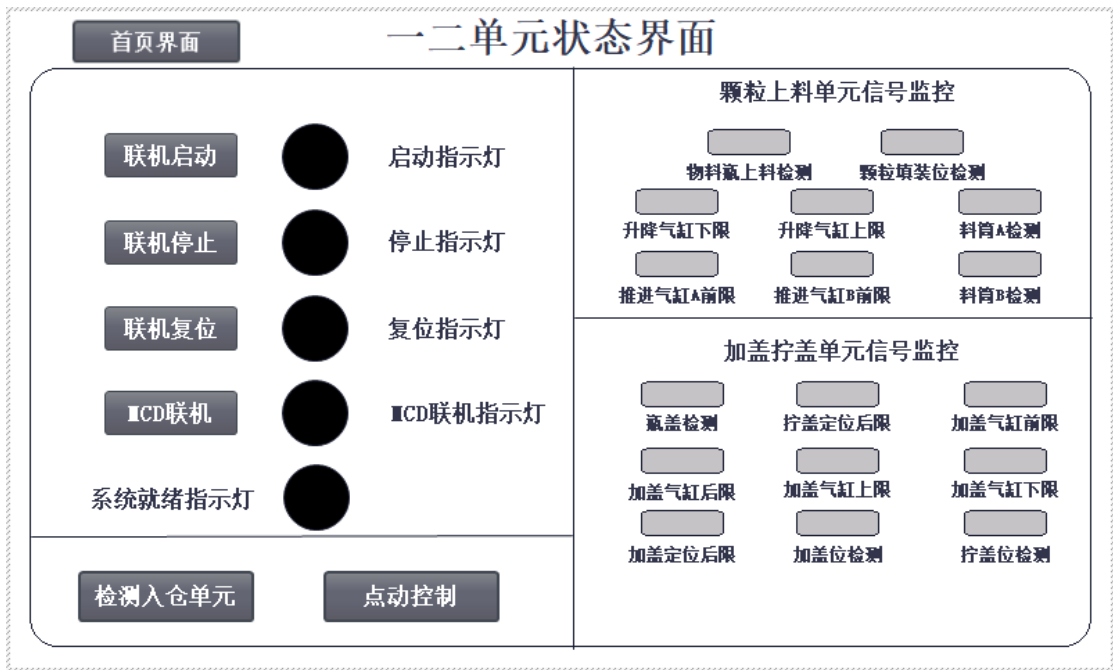


图 15

(3) 检测入仓单元

检测入仓单元状态界面应包含图 16 的信息与功能，点击“首页界面”、“一二单元状态”或“点动控制”都能跳转到对应的界面。

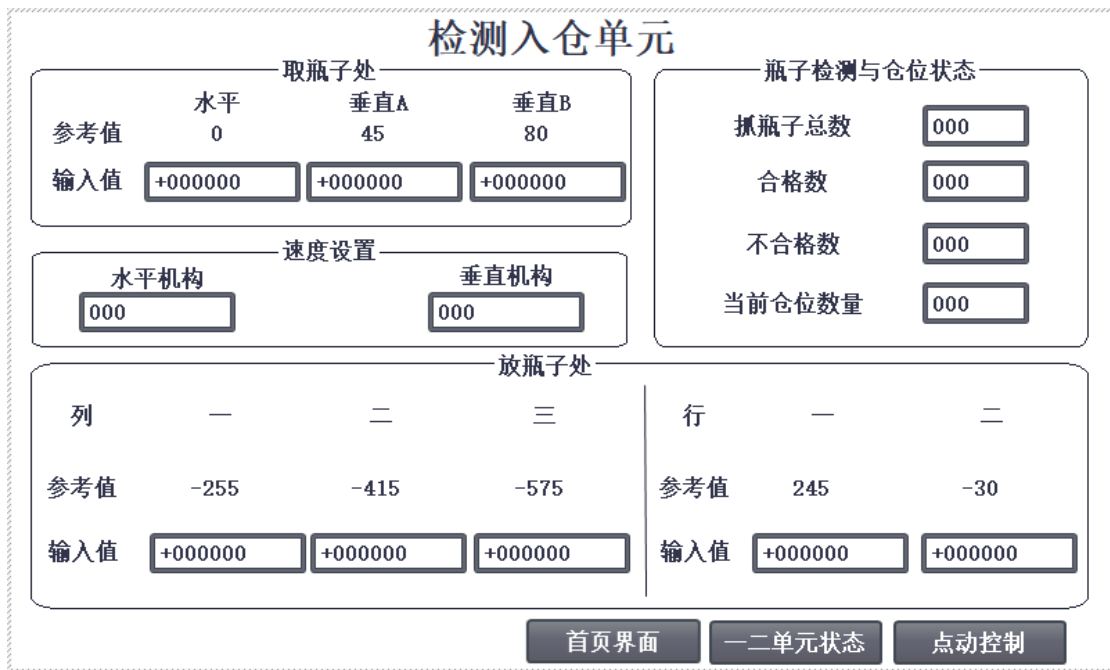


图 16

(4) 点动控制

点动控制界面应包含图 17 的信息与功能，点击“首页界面”、“一

二单元状态”或“点动控制”都能跳转到对应的界面。

注意进入点动控制，需联机状态停止时，点击“进入点动控制”，才能点动控制各机构。

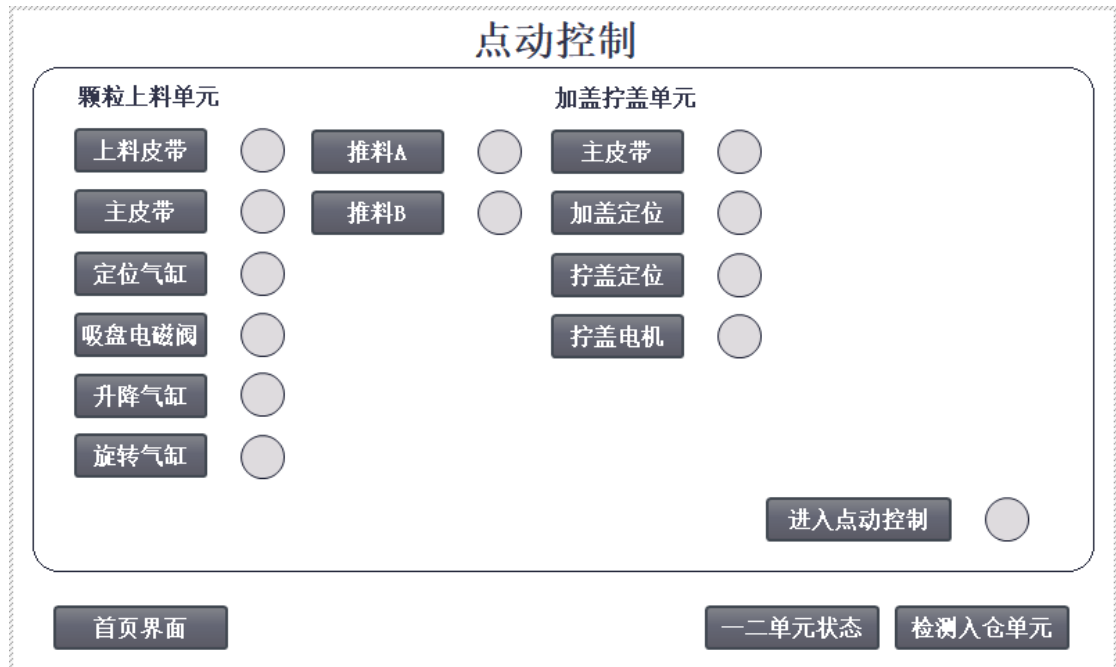


图17

2. PLC程序设计

(1) 颗粒上料单元

I/O地址分配表

序号	名称	地址	类型	输入/输出
1	颗粒上料-上料传感器检测	I10.0	布尔型	输入
2	颗粒上料-颗粒填装位检测	I10.1	布尔型	输入
3	颗粒上料-颜色确认A检测	I10.2	布尔型	输入
4	颗粒上料-颜色确认B检测	I10.3	布尔型	输入
5	颗粒上料-料筒A物料检测	I10.4	布尔型	输入
6	颗粒上料-料筒B物料检测	I10.5	布尔型	输入
7	颗粒上料-颗粒到位检测	I10.6	布尔型	输入
8	颗粒上料-定位气缸后限	I10.7	布尔型	输入
9	颗粒上料-启动按钮	I11.0	布尔型	输入
10	颗粒上料-停止按钮	I11.1	布尔型	输入
11	颗粒上料-复位按钮	I11.2	布尔型	输入
12	颗粒上料-联机按钮	I11.3	布尔型	输入

13	颗粒上料-填装升降气缸上限	I12.0	布尔型	输入
14	颗粒上料-填装升降气缸下限	I12.1	布尔型	输入
15	颗粒上料-吸盘填装限位	I12.2	布尔型	输入
16	颗粒上料-推料气缸A前限	I12.3	布尔型	输入
17	颗粒上料-推料气缸B前限	I12.4	布尔型	输入
18	颗粒上料-旋转气缸左限位	I12.5	布尔型	输入
19	颗粒上料-旋转气缸右限位	I12.6	布尔型	输入
20	颗粒上料-上料皮带启停	Q10.0	布尔型	输出
21	颗粒上料-颗粒填装输送带启停	Q10.1	布尔型	输出
22	颗粒上料-填装旋转气缸	Q10.2	布尔型	输出
23	颗粒上料-填装升降气缸	Q10.3	布尔型	输出
24	颗粒上料-填装取料吸盘	Q10.4	布尔型	输出
25	颗粒上料-定位气缸	Q10.5	布尔型	输出
26	颗粒上料-推料气缸A	Q10.6	布尔型	输出
27	颗粒上料-推料气缸B	Q10.7	布尔型	输出
28	颗粒上料-启动指示灯	Q11.0	布尔型	输出
29	颗粒上料-停止指示灯	Q11.1	布尔型	输出
30	颗粒上料-复位指示灯	Q11.2	布尔型	输出
31	颗粒上料-电机正转	Q12.0	布尔型	输出
32	颗粒上料-电机反转	Q12.1	布尔型	输出
33	颗粒上料-电机高速	Q12.2	布尔型	输出
34	颗粒上料-电机中速	Q12.3	布尔型	输出
35	颗粒上料-电机低速	Q12.4	布尔型	输出

初始状态:

上料输送带停止，主输送带停止，推料气缸A缩回，推料气缸B缩回，填装定位气缸缩回，上料输送带上生成空瓶，循环选料料筒A、B料筒生成白、蓝颗粒。 **控制流程:**

① 上电，系统处于“停止”状态下。“停止”指示灯亮，“启动”和“复位”指示灯灭；

② 在“停止”状态下，按下“复位”按钮，该单元复位，复位过程中，“复位”指示灯闪亮，所有机构回到初始位置。复位完成后，“复位”指示灯常亮，“启动”和“停止”指示灯灭。“运行”或“复位”状态下，按“复位”按钮无效；

③ 在“复位”就绪状态下，按下“启动”按钮，单元启动，“启动”指示灯亮，“停止”和“复位”指示灯灭；

④ 双击操作控制面板上“启动按钮”；推料气缸A、B相继将白、蓝色物料推出；

⑤ 循环输送带启动高速运行

⑥ 当循环输送带机构上的颜色确认检测传感器检测到有白色物料通过时，变频器反转，如果超过10秒钟，仍没有检测到白色物料通过，则重新开始第（4）步；

⑦ 当白色物料到达取料位后，颗粒到位检测传感器动作，循环输送带停止；

⑧ 填装机构下降；

⑨ 吸盘打开，吸住物料；

⑩ 填装机构上升；

11 填装机构转向装料位；

12 在第（4）步开始的同时，上料输送带与主输送带同时启动，当物料瓶上料检测传感器检测到到空瓶时，上料输送带停止；

13 当颗粒填装位检测传感器检测到空瓶，并等待空瓶到达填装位时，主输送带停止，填装定位气缸伸出，将空瓶固定；

14 当第（11）步和第（13）都完成后，填装机构下降；

15 填装机构下降到吸盘填装限位开关感应到位后，吸盘关闭，物料顺利放入瓶子，无任何碰撞现象；

- 16 填装机构上升;
- 17 填装机构转向取料位;
- 18 当瓶子装满3颗白色物料后, 进入第(19)步。否则重新开始第(4)步;
- 19 填装定位气缸缩回;
- 20 主输送带启动, 将瓶子输送到下一工位;
- 21 循环进入第(4)步;
- 22 在任何启动运行状态下, 按下“停止”按钮, 该单元停止工作, “停止”指示灯亮, “启动”和“复位”指示灯灭。

(2) 加盖拧盖单元

加盖拧盖单元I/O地址分配表

序号	名称	地址	类型	输入/输出
1	加盖拧盖-瓶盖料筒检测	I20.0	布尔型	输入
2	加盖拧盖-加盖位检测	I20.1	布尔型	输入
3	加盖拧盖-拧盖位检测	I20.2	布尔型	输入
4	加盖拧盖-加盖伸缩气缸前限	I20.3	布尔型	输入
5	加盖拧盖-加盖伸缩气缸后限	I20.4	布尔型	输入
6	加盖拧盖-加盖升降气缸上限	I20.5	布尔型	输入
7	加盖拧盖-加盖升降气缸下限	I20.6	布尔型	输入
8	加盖拧盖-加盖定位气缸后限	I20.7	布尔型	输入
9	加盖拧盖-启动按钮	I21.0	布尔型	输入
10	加盖拧盖-停止按钮	I21.1	布尔型	输入
11	加盖拧盖-复位按钮	I21.2	布尔型	输入
12	加盖拧盖-联机按钮	I21.3	布尔型	输入
13	加盖拧盖-拧盖升降气缸上限	I22.0	布尔型	输入
14	加盖拧盖-拧盖定位气缸后限	I22.1	布尔型	输入
15	加盖拧盖-加盖拧盖输送带启停	Q20.0	布尔型	输出
16	加盖拧盖-拧盖电机启停	Q20.1	布尔型	输出
17	加盖拧盖-加盖伸缩气缸电磁阀	Q20.2	布尔型	输出
18	加盖拧盖-加盖升降气缸电磁阀	Q20.3	布尔型	输出
19	加盖拧盖-加盖定位气缸电磁阀	Q20.4	布尔型	输出

20	加盖拧盖-拧盖升降气缸电磁阀	Q20.5	布尔型	输出
21	加盖拧盖-拧盖定位气缸电磁阀	Q20.6	布尔型	输出
22	加盖拧盖-启动指示灯	Q21.0	布尔型	输出
23	加盖拧盖-停止指示灯	Q21.1	布尔型	输出
24	加盖拧盖-复位指示灯	Q21.2	布尔型	输出

表 4

初始状态:

加盖拧盖输送带停止、加盖定位气缸缩回、加盖伸缩气缸缩回、加盖升降气缸缩回、拧盖定位气缸缩回、拧盖电机停止、拧盖升降气缸缩回，加盖机构料筒中生成一个白盖和一个蓝盖；

控制流程:

① 上电，系统处于“停止”状态下。“停止”指示灯亮，“启动”和“复位”指示灯灭；

② 在“停止”状态下，按下“复位”按钮，该单元复位，复位过程中，“复位”指示灯闪亮，所有机构回到初始位置。复位完成后，“复位”指示灯常亮，“启动”和“停止”指示灯灭。“运行”或“复位”状态下，按“复位”按钮无效；

③ 在“复位”就绪状态下，按下“启动”按钮，单元启动，“启动”指示灯亮，“停止”和“复位”指示灯灭；

④ 双击操作控制面板上“启动按钮”；加盖拧盖输送带启动，当加盖位检测传感器检测到有物料瓶，并等待物料瓶运行到加盖工位下方时，输送带停止；

⑤ 加盖定位气缸推出，将物料瓶准确固定；

⑥ 加盖伸缩气缸推出，将瓶盖推到落料口；

⑦ 加盖升降气缸伸出，将瓶盖压下；

⑧ 瓶盖准确落在物料瓶上，无偏斜；

⑨ 加盖伸缩气缸缩回；

⑩ 加盖升降气缸缩回；

11 加盖定位气缸缩回；

12 输送带启动；

13 当拧盖位检测传感器检测到有物料瓶，并等待物料瓶运行到拧盖工位下方时，输送带停止；

14 拧盖定位气缸推出，将物料瓶准确固定；

15 拧盖电机开始旋转；

16 拧盖升降气缸下降；

17 瓶盖完全被拧紧；

18 拧盖电机停止运行；

19 拧盖升降气缸缩回；

20 拧盖定位气缸缩回；

21 加盖拧盖输送带启动，将拧紧瓶盖的瓶子输送到下一单元；

3. 虚拟平台调试

1. 虚拟调试通信设置

(1) 将 PLC 程序下载至电脑A的 PLCSim Advanced 中；

(2) 将 PLCSim Advanced 与 MCD 信号进行连接映射。

2. 虚拟调试 PLC 程序验证

(1) 启动 PLC 和触摸屏仿真；

(2) 启动 MCD 仿真；

(3) 启动系统，验证 PLC 程序的正确性。

(4) 要求仓库装满6个拧紧瓶盖的瓶子。

注意：须在电脑 D 盘新建一个文件夹，文件夹命名为：数字孪生技术赛项；在“数字孪生技术赛项”文件夹中新建一个子文件夹，文件夹命名为：选手的工位号。

PLC 项目程序保存名为“PLC1”放在文件夹“数字孪生技术赛项”中的“D: 数字孪生技术赛项\选手的工位号”目录下；MCD 仿真项目文件保存名为“虚拟调试”并将所有文件放在“D: 数字孪生技术赛项\选手的工位号”目录下。

模块三 硬件与虚拟平台数字孪生调试

1. 设备故障诊断与排除

由于设备长时间运行，加盖拧盖单元存在故障，影响生产线的正常运行。因此，对加盖拧盖单元进行故障诊断和排除，是确保生产线稳定运行的必要措施。

2. 下载到硬件设备调试

- (1) 使用B电脑将PLC程序下载至硬件PLC中，检查组态配置；
- (2) 调节设备参数；
- (3) 调节气动控制元件；
- (4) 调试 PLC 程序直至硬件设备可稳定运行。

3. MCD与设备同步运行调试

- (1) 将A电脑上的虚拟场景文件复制一份至B电脑上调试虚实同步；
- (2) 系统启动后，调试虚拟平台与硬件平台，使虚实保持运行一致。

注意：实物设备与虚拟设备各机构位置和水平轴、垂直轴原点位置有误差，因为虚拟设备各机构位置和轴原点位置都是标准位置，但是由于人工安装无法做到每次实体设备各机构位置和轴位置一模一样，所以在比赛过程中需要选手利用卷尺测量，调整虚拟场景中各机构位置和轴位置。