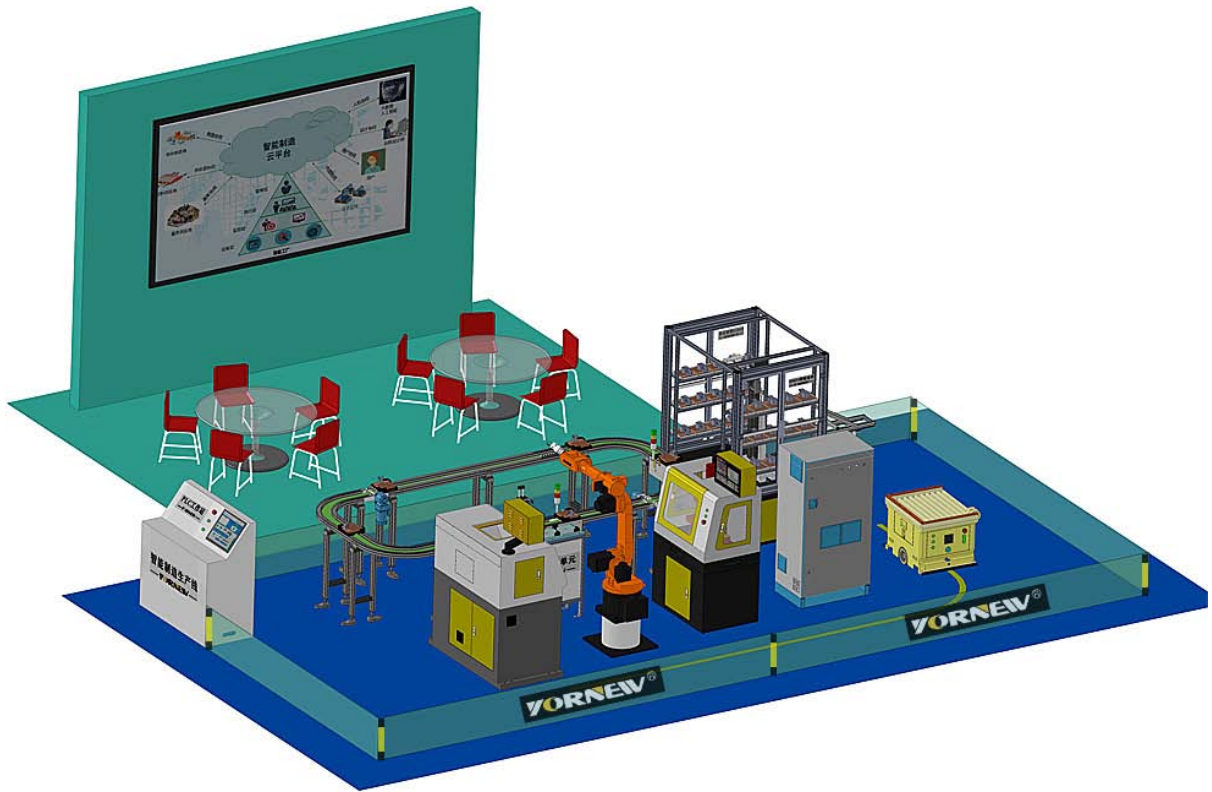


工业 4.0 智能制造生产线实训方案



一、智能制造生产线介绍

工业 4.0 智能制造生产线实验平台主要应用于学生应用实践类教学。它将各分散的学习要素集中起来，组成一个能够让学生参与设计、构建和调试，让更多老师参与研发、设计和学习，让设备不断更新、技术不断前进的系统。所要研发的系统能够为学生提供了一种崭新的综合实验平台，使他们能够综合运用所学知识设计、构建各种较大规模的自动化生产系统模型。这种全新的实验模式十分经济地扩展了实验设备，对培养和提高大学生的创新精神和创新能力具有非常重要的价值。工业智能制造示范线以模块化大大的提高了其灵活性，更贴近现实生产实际过程，让学生在学就能够了解实际生产实践的细节，填补了产学同步的空白。综合了现代实际生产中较流行、较先进的各种实用技术知识点，其中包括 PLC 编程技术，网络通讯技术，电气控制技术，气动应用技术，传感器技术，伺服驱动控制技术，机器人应用技术等。

采用了模块化的设计，学生可以发挥自己的创新思维，对原有的生产流程进行创新改造。在掌握基础知识的前提下，进一步提高学生的积极性、动手能力和创新思维。

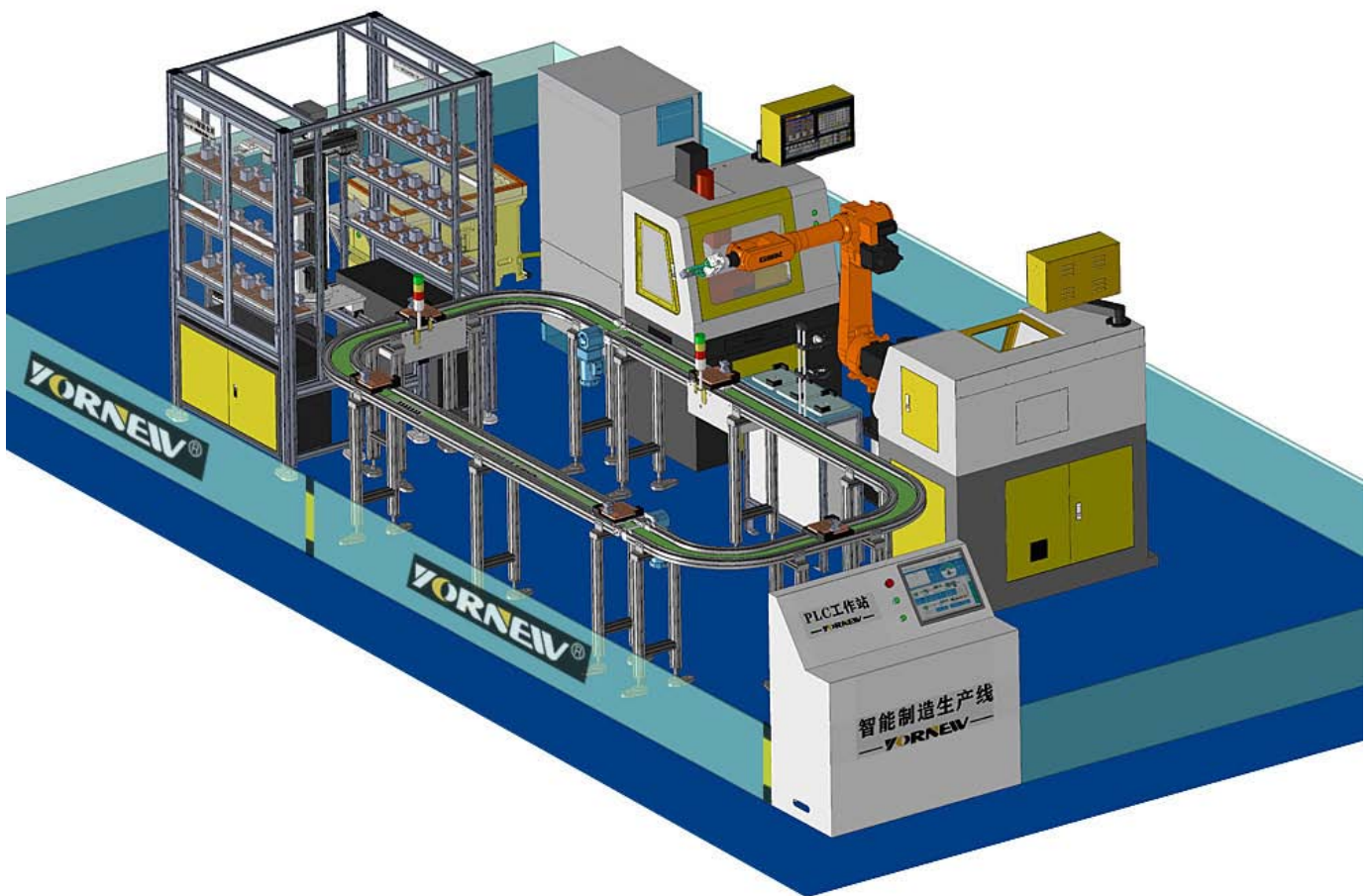
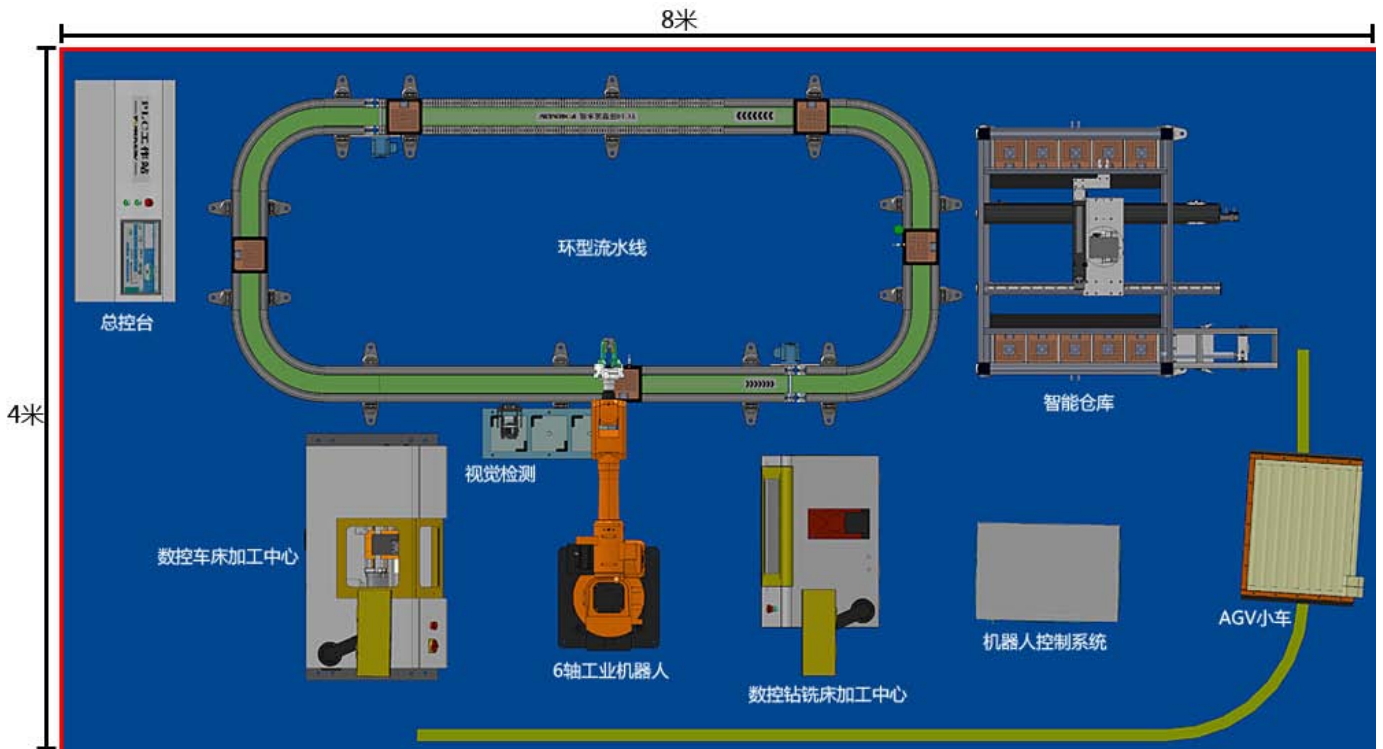
二、智能制造生产线实训方案特点

智能制造生产线实验平台，是对工业现场大型设备进行提炼和浓缩的一款小型智能制造生产线实训设备，专门为职业院校、教育培训机构等而研制的，它适合机械制造及其自动化、机电一体化、电气工程及自动化、控制工程、测控技术、计算机控制、自动化控制等相关专业的教学和培训。融合了数控机床加工、光、电、气，包含了 PLC、机器人、传感器、气动、工业控制网络、电机驱动与控制、计算机等诸多技术领域，对柔性制造技术的工作过程进行研究，监控系统、主控 PLC 和下位 PLC 通过网络通讯技术构成一个完整的多级计算机控制系统，通过训练，使学生了解智能制造生产线的基本组成和基本原理，让学生全面掌握机电一体化技术的应用开发和集成技术，帮助学生从系统整体角度去认识。为信息学院自动化和电气工程自动化本科及其控制科学与工程研究生均提供了实验和科研的平台。

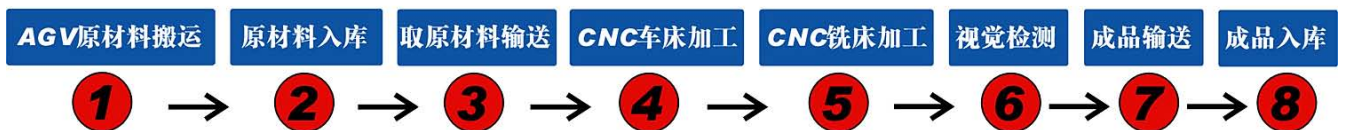
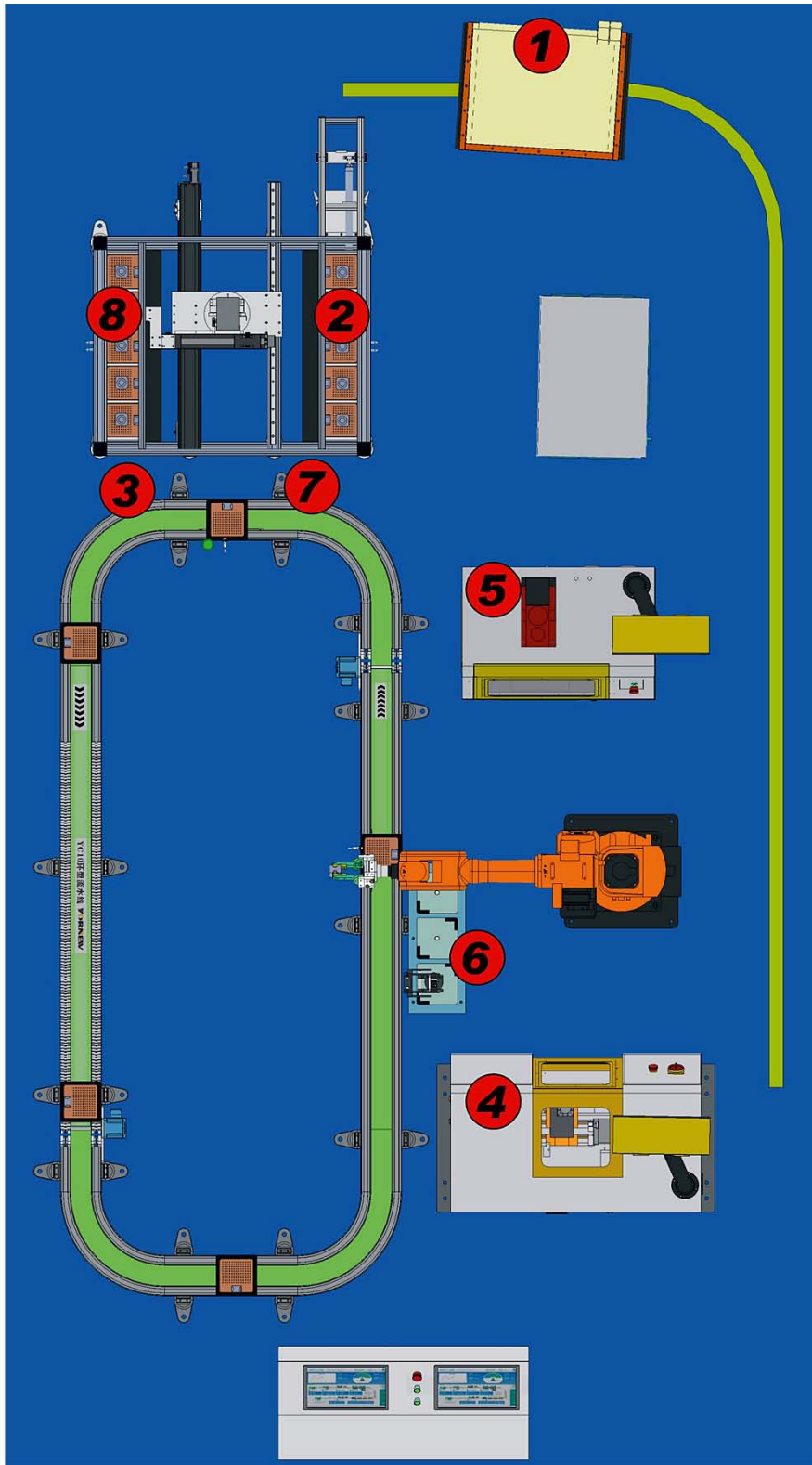
三、设备实物图



四、平面布置图



五、工作流程示意图



六、系统组成简介

1、立体仓库单元

立体仓库单元的主要功能是为系统提供加工工件原材料和储存成品件两大仓储功能，采用三层货架储存单元货物，用相应的物料搬运设备进行货物入库和出库作业的仓库。

2、环型流水线单元

环型流水线单元主要由铝合金型材基体、环行传输线、自动导向机构、变频调速系统、自动定位机构等组成。可完成对工件在不同速度下的输送，不同工位的自动定位，从而大大提高了自动环形传输线的工作效率。

3、数控车床加工中心单元

数控车床加工中心单元采用小型化，占地小，用于整个工件的轴类部份的加工，采用自动门、自动装夹、四工位自动刀架、并有工件冷却加工系统，现实机加工件无人化 DNC 自动加工，配置伺服电机、工业级数控系统，精度高。

4、立式数控加工中心单元

数控加工中心单元采用小型化，占地小，用于整个工件三轴联动加工，8 工位自动换刀。可用于雕刻、数控钻、数控铣等加工工艺，采用自动门、自动装夹等，现实机加工件无人化 DNC 自动加工，配置伺服电机、工业级数控系统，精度高，

5、六自由度机器人单元

六自由度工业机器人、抓取机构、气爪等组成，主要完成对工件的提取及搬运到各数控加工单元、AGV 小车搬运单元及工件视觉检测单元等。包含旋转（S 轴），下臂（L 轴）、上臂（U 轴）、手腕旋转（R 轴）、手腕摆动（B 轴）和手腕回转（T 轴），6 个关节合成实现末端的 6 自由度动作

6、四轴坐标机器人

四轴坐标机器人主要负责立体仓库的原材料入库与出库、成品零件的入库。够实现自动控制的、可重复编程的、多功能的、多自由度的、运动自由度间成空间直角关系、多用途的操作机。他能够搬运物体、操作工具，以完成各种作业，具有高速性的最大化吞吐量,超长的运行时间,节省地面空间

7、视觉检测单元单元

检测单元的主要功能是对工件的精度、外观形状品质是否合格，通过摄像头获取工件的图像，由图像处理器完成工件合格与否的判断，将不合格工件剔除，将合格的工件传送至下一单元，而将不合格的工件推送至废料槽。

8、RFID 系统单元

RFID 系统单元是一种非接触式的自动识别系统，它通过射频无线信号自动识别目标对象，用于对工件材料的信息记录，加工路径记录、产品追溯化管理，由 RFID 标签和 RFID 读写器组成，标签安装在工件放置的工装板上-记录该工装板上放置零件信息，RFID 读写器安装在工装板经过的每一个工位上，当工件到达该工位时系统可通过读写器，识别到该工件的运输及加工途径。每个传输工装板上都安装有 RFID 标签，在每个加工工位物料都需要进行识读操作，并将信息通过网络传输给服务器，实时的跟踪物料位置信息和仓储位置信息，做到物料、成品、半成品的可追溯性管理。

9、AGV 小车搬运单元

AGV 小车无人搬运车由机器人输送加工后的零件或从库房特定库架抓取零件，AGV 智能小车并依据方位计划运动途径，运行至装卸站,准停，主动将零件放置到装卸站缓冲区，由四轴坐标机器人卸货至立体仓库成品区或原材料区。实现线边设备和自动仓储的自动上下料功能，采用激光通讯传感器通讯，信号传输快捷方便；行走模组采用 PLC 控制，AGV 的 PLC 通讯，PLC 发送任务码给机器人，实现点位控制；主控通讯，AGV 整体与主控 PLC 通讯。

10、PLC 工作站单元

采用工业自动化主流 PLC，可随意扩展，配备触摸屏、具备物联网接口，铝合金型材构成，连接牢固。

11、总控台

总控平台主要由单相电网电压指示、电源控制部分、控制主机、状态指示灯、10.4 英寸工业彩色触摸屏 S7-315 主机，电脑等组成，主要完成监视各分站的工作状态并协调各站运行，完成工业控制网络的集成。它带有电源总控制系统、视频监控系統，产线处的有数据均可从总控制台收集获取，可通过总控调度分配各个模块的工作职能。电源系统实施强弱电分开管理，待机休息及检修时要求强电关闭，控制、信号灯弱点部分完全独立运行。

12、零部件周转拖盘

用于原材料及成品件的输送周转用，配合 RFID 系统及智能仓库、环型流水线中应用。实现送料，取料，输送周转功能；实现智能化工作与管理，并对每个环节的时间点、责任人等关键数据进行实时采集，汇集到统一的信息平台，最大限度的提高存储货物的能力。

七、整套系统功能

既能完成认知型和综合型实验实训，又能完成开发设计型实验实训，还能实现学生现场动手操作；对样件具有全程演示及生产能力；系统应具有全自动控制功能，能充分展示现代工业中进行数字化管理生产的各个环节；系统应具有单机独立控制、独立运行功能；系统应具有启停控制、动态作业计划调度、库存资源动态显示、系统故障诊断与处理、工件位置动态显示等等功能。

该系统除能服务于工程训练实践教学环节外，还应能覆盖相关课程，并能进行相关的实践性教学环节，具体如下：

（1）可服务的相关课程

机器人技术基础与操作、机械制造基础、机械工程测试技术、机电传动控制、液压与气压传动、机器人技术与应用、机电一体化系统设计、数控技术、机电系统仿真、CAD/CAM、PLC 原理及应用、数字化制造技术、机电设备故障诊断、制造技术、多轴数控加工技术、虚拟与仿真技术等，和其它相关课程。

（2）教学演示类项目

柔性化加工系统演示、控制演示、机电控管一体化技术演示、自动传输系统演示、AGV 搬运演示、机器人编程使用、产品自动仓储系统演示等等。

（4）综合训练类、设计类等项目

机械制造技术项目综合训练、机床检测综合实验、数字化技术项目综合训练、多轴数控技术项目综合训练、机电控制综合实验、机电一体化系统综合设计、机电一体化系统综合设计、工件传输线应用设计、工件装配项目应用设计、立体仓库应用设计、气压系统应用设计、系统供电方案应用设计、计算机辅助工艺规程设计、数据库应用及开发、总控系统的应用与开发、传感器应用与选择、PLC 应用编程设计、PLC 网络通讯应用、伺服驱动应用、人机界面编程设计、生产实习、毕业实习、毕业设计等等。





各组成单元主要技术参数

序号	名称	技术参数
1	立体仓库单元	<p>立体仓库单元总体要求： 实现仓库物料管理，配合 4 轴机械手进行取原材料/放置成品料操作</p> <p>A. 机构设计：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 立体仓机架采用 ≥ 40 的铝型材 2. 防护门：采用铝型材+有机琉璃 3. 底部支撑：采用 4 个可调升降金属脚杯 4. 电箱：采用钣金光亮烤白漆 5. 仓位数量：30 6. 仓位布局方式：分层布局 7. 外型尺寸：1200*1200*1500mm <p>B. PLC 控制系统：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 通信端口：以太网 2. I/O 点：≥ 32 点 3. 输入类型：NPN/PNP 4. 输出类型：晶体管输出 5. 电源规格：DC24V 6. 程序容量：100K 7. CPU 处量速度 $\geq 0.26\mu s$ 8. PLC 尺寸：100*180*75mm 9. 托盘检测方式：传感器 <p>C. 其它</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 仓位检测方式：NPN 接近开关 2. 仓位工件检测：触摸屏显示 3. 托盘尺寸：150*150*12mm 4. 托盘夹持方式：气缸 5. 托盘检测方式：电子标签
2	环型流水线单元	<p>环型流水线单元总体要求： 环型流水线根据实际工厂生产过程中流水线物料循环，完成整个流水线的产品的整体循环流动。</p> <p>A. 机构设计：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 流水线固定机架采用 60*40 铝型材 2. 底部支撑：采用可调升降金属脚杯 3. 联接方式：链条联接 4. 尺寸：3.5*1.5 米 5. 上料下料阻挡机构：气缸方式 <p>B. 技术参数</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 交流电机功率 $\geq 200W$ 2. 电机驱动方式：PLC 控制驱动 3. 输送速度：1-7 米/分钟
3	数控车床加工中心单元	<p>(A) 设备特点</p> <p>占地面积少，低能耗、使用耗材尺寸小节约成本；采用透明有机玻璃与金属钣金全封闭结构，使用 220 伏电压、提高使用的安全性和观摩性，采用精选的优质铸铁材料铸造、采用高精度研磨滚珠丝杆，保证机器加工精度，占地</p>

		<p>0.5 平方米，容易维护及维修方便；床身导轨经超音频淬火后精磨，硬度高、钢性好,保证机器的钢性，采用高精度研磨滚珠丝杆，保证机器加工精度，XZ 各轴配置有集中式润滑油路系统，保证丝杆及导轨使用寿命和加工精度；可自动车削各种回转表面，如圆柱面、圆锥面、特形面等，并能进行车螺纹、镗、铰加工，效率高、适用性强；配有工件冷却系统，可加工钢件；配置 4 工位电动刀架，可加工复杂的零件工艺；采用 ISO 标准 G 代码编程，支持 M 代码及 S 代码，全面兼容 FANUC，三菱 G 代码和多种 CAD/CAM 软件（ MasterCAM、UG、CAXA 等软件编程等）；支持强大的 B 类宏解析功能，方便用户开发自己的运动控制程序；主要加工材料有：钢、铁、铜、铝、PVC 塑料等材料；具备物联网接口；</p> <p>(B) 设备参数</p> <p>重复定位精度：0.02mm 系统分辨率：0.001mm 最大回转直径：210mm 最大夹持直径：80mm X 轴行程：80mm Z 轴行程：260mm 主轴转速：300~1750rpm±10% 电动刀架工位数：4 工位 刀架角度：360 ° 刀具回转精度：0.005mm 主轴通孔：20mm 气动卡盘：直径 110mm 冷却系统：有 车螺纹功能：有 主轴孔莫氏锥度：莫氏 3 号 尾轴孔莫氏锥度：莫氏 2 号 主轴电机功率：500W 电子手轮：配有电子手轮 丝杆：C5 级滚珠丝杆 数控系统：YORNEW 980TB 工业级面板数控系统 电动精音门，开关门速度 90mm/秒 使用电源：AC220V/50Hz 净重/毛重：200/250kg 外型尺寸：1000×700×1200mm</p>
4	立式数控加工中心单元	<p>(A) 设备特点</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、 使用 220 伏电压，占地小，耗电少，采用全封闭安全设计结构，提高观摩安全性的同时又保障机器的结构稳固性美观； 2、高强度树脂砂铸件，功能加大，3 轴联动，配置 YORNEW 980MC 三轴联动数控系统，适用国际通用程序，故障自动检测报警功能、断电记忆功能； 3、配置精密高速主轴单元 100-24000rpm，变频 G 指令控制主轴转速，主轴电机功率 1.5Kw； 4、配置 8 工位快速换刀系统，使用气压 0.6 Mpa，可极大提高复杂产品的加工效率及加工精度；

		<p>5、采用 C3 级精密双螺母滚珠丝杆,经中周波热处理及精密研磨,各轴施以预拉减少热变形,定位及重覆精度高;</p> <p>6、XYZ 轴采用伺服电机,最快移动速度 8000mm/min;</p> <p>7、带水冷冷却系统,配有 3 轴电子手脉三档可调极大地方便操作和对刀,机器配置有自动间歇润滑系统;</p> <p>9、配有移动脚轮和水平脚垫,方便设备的移动与定位;</p> <p>(B) 技术参数</p> <p>重复定位精度: 0.02mm</p> <p>系统分辨率: 0.001mm</p> <p>最大钻孔直径: 13mm</p> <p>最大铣削直径: 13mm</p> <p>工作台: 450×160mm</p> <p>X\Y\Z 轴行程: 300\175\270mm</p> <p>刀库: 8 工位</p> <p>轴联动性: 3 轴联动</p> <p>数控系统: YORNEW 980MC 三轴数控系统</p> <p>最快移动速度: 8000mm/min</p> <p>最快切削进给: 1-4000mm/min</p> <p>电子手脉: 3 轴三档可调</p> <p>主轴端部至工作台面距离: 320mm</p> <p>工作台面距地面高度: 780mm</p> <p>工作台 T 型槽尺寸 : 12 mm</p> <p>工作台 T 型槽个数: 3</p> <p>主轴转速: 100-24000 转/分钟</p> <p>主轴电机功率: 1.5 KW</p> <p>指令编程格式: 全面兼容国际标准 G 代码和多种 CAM 软件 (MasterCAM, UG 等)</p> <p>使用气压: 0.6Mpa</p> <p>电动精音门,开关门速度 90mm/秒</p> <p>工件冷却方式: 水冷循环</p> <p>润滑系统: 自动润滑系统</p> <p>使用电源: AC220V/50Hz</p> <p>外形尺寸: 1360× 990 ×1800 mm</p> <p>重量: 500 kg</p>
5	六自由度机器人单元	<p>六自由度机器人单元总体要求:</p> <p>六自由度机器人通过抓取工件,分别放到机床设备上加工,以及完成相关动作需求。</p> <p>A. 技术参数:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 第 1 轴 (底部旋转) 337.5 度/秒; 2. 第 2 轴 (下臂): 270 度/秒; 3. 第 3 轴 (上臂): 375 度/秒 4. 第 4 轴 (手臂旋转): 360 度/秒 5. 第 5 轴 (手臂摆动): 450 度/秒 6. 第 6 轴 (手臂旋转): 900 度/秒 7 第 1 轴行程 (底部旋转): 170 度

		<p>8. 第 2 轴行程（下臂：）+135 度/-100 度 9. 第 3 轴行程（上臂）：+145 度/-105 度 10. 第 4 轴行程（手臂旋转）：±185 度 11. 第 5 轴行程（手臂摆动）：±120 度 12. 第 6 轴行程（手臂旋转）：360 度 13. 工作温度 0-45° C; 14. 最大臂展：900mm 15. 安装方式：地面 16. 最低防护等级：IP54 17. 本体质量：210KG 18. 电源：AC380,4.2KA</p>
6	四轴坐标机器人	<p>四轴坐标机器人总体要求： 四轴坐标机器人根据上位机指令，按指定仓位抓取装有原材料的托盘，放置到流水线上。</p> <p>A. 机构设计： 1. 轴机架采用≥40 铝型材 2. X/Y/Z/A 轴均采用交流伺服电机 3. 采用研磨级滚珠螺杆 4. 联轴器：材质 6060-T6，表面处理方式：细少光亮阳极 5. 减速器 1：100</p> <p>B. 技术参数 1. X 轴行程 0-900mm 2. Y 轴行程 0-190mm 3. Z 轴行程 0-600mm 4. A 轴行程 0-340 度 5. X/Z/A 轴伺服电机 400W，1.27Nm，3000 转/分钟 6. Y 轴伺服电机 200W，0.64Nm，3000 转/分钟 7. 气动夹爪，使用压力范围 30-500mm/s,</p> <p>PLC 控制系统： 1. 通信端口：以太网 2. I/O 点：≥32 点 3. 输入类型：NPN/PNP 4. 输出类型：晶体管输出 5. 电源规格：DC24V 6. 程序容量：100K 7. CPU 处量速度≥0.26us 8. PLC 尺寸：100*180*75mm</p> <p>触摸屏： 1. 液晶屏 7 寸，背光 LED，显示颜色 65535 真彩，分辨率 1024×600，显示亮度 200cd/m2,触摸屏电阻式，输入电压 24 ± 20% VDC，额定功率 5.5W，处理器不低于 Cortex- A8/600MHz，内存 120M，系统存储 128M，电铁存储可扩展，SD 卡存储可扩展，组态软件，外部接口：串行接口 COM1（RS232），COM2（RS485）USB 接口；以太网接口 10/100M 自适应； 2. 通过与 PLC 通信，控制立体仓与四轴坐标机器人动作。</p>
7	视觉检测单元单元	视觉检测单元单元总体要求：

		<p>视觉检测单元接收上位机信号，进行拍照，并处理把处理结果返回上位机，判断工件是否合格。</p> <p>A 技术参数：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 内存：大 4GB 2. 核数：4 核 3. UI 操作：鼠标 4. 设定方法：创建流程 5. 通信方式：RS232/Ethernet/并行/I/O 6. 摄像元件 CMOS 7. 有效像素数：720*540 8. 快门功能：100ms 内 9. 帧速率：40 10 工作温度：0-40 度
8	RFID 系统单元	<p>RFID 系统单元总体要求：</p> <p>RFID 系统单元通过读取周转盘上物料的电子标签，识别出物料标识，提交数据给上位机，由上位机进行相应动作</p> <p>A. 技术参数</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 工作频率：13.56MHz 2. 支持标准：SO/IEC 15693/ISO 18000-3M1 3. 工作电压：+12V~+24V DC 4. 射频输出功率：0.1W 5. 最大功耗：1W 6. 读卡提示：指示灯（读卡时指示灯闪烁） 7. 读卡距离：1cm 8.通信接口：RS485 9.通信协议：Modbus 10.防护等级：IP67 11.工作温度：-10°C~+65°C 12.尺寸(L×W×H)：Ø30×75mm
9	AGV 小车搬运单元	<p>AGV 小车搬运单元总体要求：</p> <p>AGV 小车搬运单元配合 PLC 系统，进入搬动物料。</p> <p>A. 技术参数</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 导航方式：磁导航 2. 驱动方式：双驱差速 3. 负载方式：背部承载 4. 最大运行速度：20 米/分 5. 最小转弯半径：0.6 米 6. 停止精度：±35mm 7. 急停滑行：±20mm 8. 续航时间：8 小时
10	PLC 工作站单元	<p>PLC 工作站单元总体要求：</p> <p>PLC 工作站单元负责处理各设备的信号，并时行协调处理各相关动作</p> <p>A. 机构设计：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 材质：采用钣金光亮烤白漆 2. 外型尺寸：1000*500*700mm

		<p>B. 技术参数</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 通信端口：以太网 2. I/O 点：>=32 点 3. 输入类型：NPN/PNP 4. 输出类型：晶体管输出 5. 电源规格：DC24V 6. 程序容量：100K 7. CPU 处量速度>=0.26us 8. PLC 尺寸：100*180*75mm
11	总控台	<p>总控台</p> <p>总控台包含 PLC 电气控制及 I/O 通讯系统，主要负责周边设备及机器人控制，实现智能制造单元的流程和逻辑总控；触摸屏负责人机介面，设置运行数据</p> <p>触摸屏参数：液晶屏 15 寸，背光 LED，显示颜色 65535 真彩，分辨率 1024×600，显示亮度 200cd/m2,触摸屏电阻式，输入电压 24 ± 20%VDC，额定功率 5.5W，处理器不低于 Cortex- A8/600MHz，内存 120M，系统存储 128M，电铁存储可扩展，SD 卡存储可扩展，组态软件 MCGS 嵌入版</p>
12	零部件周转托盘	<p>零部件周转托盘总体要求：</p> <p>零部件周转托盘功能：放置原材料在上面，然后零部件周转托盘在流水线上移动，移动到相关工位时，机械手定位取零部件周转托盘上的原材料</p> <p>A. 技术参数</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 尺寸长*宽：180*180mm 2. 材质：POM 3. 周转盘上固定有 4 个有导向轴承

主要实训项目

(1) 6 轴机器人实操：机器人的硬件连接（本体、控制柜、示教器等）；机器人的示教器调试与计算机调试；机器人的 I/O 通信（定义数字输入输出信号）；I/O 信号监控与操作；机器人的程序建立、编程；机器人以太网通信功能等；

(2) 四坐标机器人编程与操作

(3) 数控加工实验：数控车床与立式加工中心，数控系统调试；加工工艺设计；加工程序的编制；

(4) 视觉引导实验：视觉检测与 PLC 之间通讯设置；

(5) RFID 射频识别实验：RFID 与 PLC 通信设定；RFID 配线、信号采集；

(6) 机器人与数控机床上下料系统设计

(7) AGV 小车运输实验

(8)、立体仓库设计实验

(9) 通讯控制实验：基于 PLC 与 PC 的 Modbus TCP/IP 以太网通讯控制；网络系统构成与拓扑图布局；PLC 总/从站设定；PLC 与 RFID 及机器人之间的通讯；PLC 与人机界面之间变量通讯；

(10) 电机驱动实验：伺服电机定位调速控制；三相减速电机的变频调速控制；

(11) 传感检测实验：光电、电感、电容、霍尔等开关量传感器的安装、配线、信号采集与调试；

-
- (12) 气路搭建：气路图的识图与绘制，气路的搭建与阻挡气缸、宽型气爪等气动执行元件的安装调试；
 - (13) 低压配电：按钮、指示灯、断路器、继电器、塔灯等配线与调试；
 - (14) 人机交互：人机组态的界面绘制与变量调试、组态软件的应用；
 - (15) 、生产线系统集综合应用实验