

高等职业教育机电专业系列教材

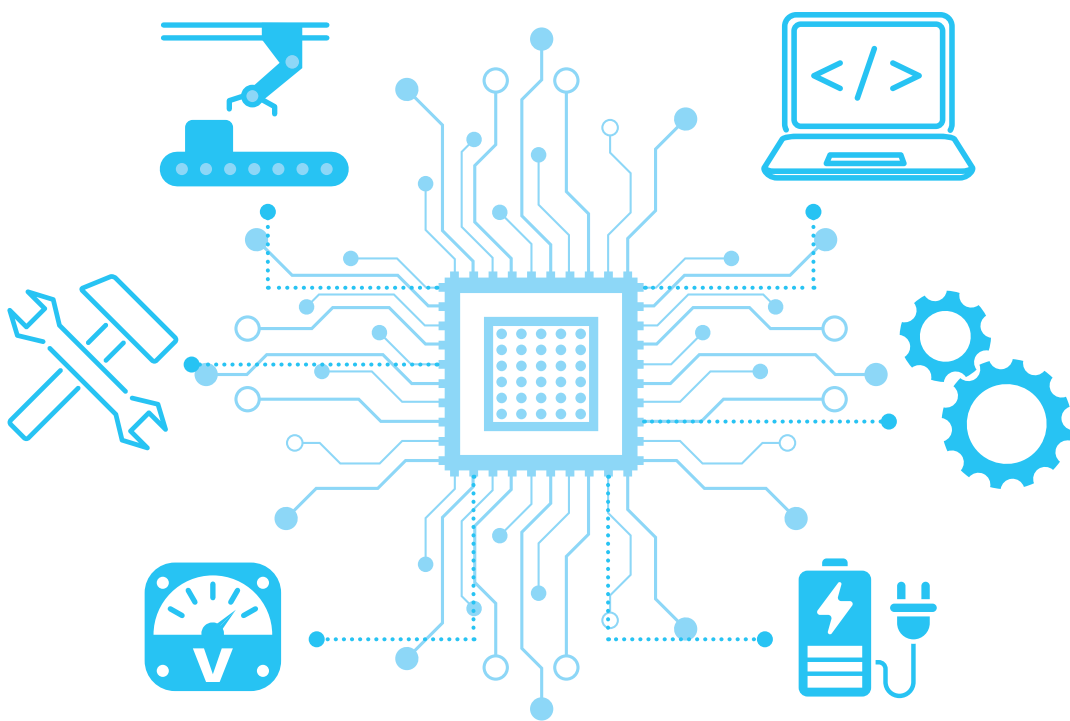
可编程控制器技术

(西门子S7-1200)

主 编 林 喆 金小婷

副主编 于莹莹

主 审 姚立权



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本教材依据“可编程控制器系统应用编程”职业技能等级标准编写,采用工作过程系统化设计思路,以项目式教学法为核心,通过六个典型工业场景项目,系统呈现西门子 S7-1200 PLC 的核心技术。每个项目按实际工作过程分解工作任务,并细化出与职业技能要素对应的子任务,涵盖 PLC 选型配置、I/O 接线、梯形图编程、网络通信、人机界面(HMI)交互设计、模拟量闭环控制等关键技能点,实现理论教学与工程实践的无缝衔接。

本教材适用于高职装备制造大类(如机电一体化、工业机器人、智能制造等专业)的理实一体化项目式教学,同时可作为“可编程控制器系统应用编程”职业技能等级证书培训与认定教材,亦适用于企业新员工岗前培训及自动化领域在岗人员技能提升。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器技术: 西门子 S7-1200/ 林喆, 金小婷主编. -- 上海: 上海交通大学出版社, 2026. 1.

ISBN 978-7-313-33941-6

I. TM571. 61

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025PQ5948 号

可编程控制器技术(西门子 S7-1200)
KEBIANCHENG KONGZHIQI JISHU(XIMENZI S7-1200)

主 编:林 喆 金小婷

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:334 千字

版 次:2026 年 1 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-33941-6

定 价:46.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:13.75

印 次:2026 年 1 月第 1 次印刷

电子书号:ISBN 978-7-89564-590-5

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-8836866

党的二十大报告提出要“推进职普融通、产教融合、科教融汇,优化职业教育类型定位”,职业教育作为国家实施科教兴国战略的重要组成部分,为我国社会主义现代化强国建设提供了有力支撑。本教材深入贯彻职业教育产教融合要求,突出职业教育人才培养特色,全面落实立德树人根本任务,依托典型工程实践案例,以培养高素质技术技能人才职业岗位能力为目标,将可编程控制器技术的理论知识要点、技术技能应用及行业标准规范有机融合,使学习者在学习过程中既能掌握西门子 S7-1200 PLC 的硬件配置连接、软件设计编程、系统安装调试等核心技能,又能同步培养工程思维与职业素养。

本教材编写团队深入调研智能制造、工业自动化等行业企业前沿领域相关职业岗位技能需求,依据“可编程控制器系统应用编程”职业技能等级标准,采用工作过程系统化设计思路和项目式教学法,将可编程控制器关键技术通过物料传送控制、CNC 加工控制、双轴装配控制、立体仓储控制、升降机控制、液位控制等六个典型实践项目进行呈现,并将每个项目依据工作过程分解为“系统分析、硬件设计、软件设计”三个主任务及若干个与职业技能要素对应的子任务。本教材适用于高职装备制造大类专业理实一体化项目式教学,也适用于职业技能培训与认定、企业新员工岗前培训、自动化类在岗人员技能提升。

本教材具有以下特色。

1. 根据“以学习者为中心”的原则,在各项目结构设计上以“项目引入”帮助学习者树立工程思维意识,以“学习目标”明确各目标要点,以“任务分解”形成技能学习路径,通过“任务实施”训练技术技能要点,通过“实战应用”扩展巩固学习内容。
2. 在任务实施过程中采用“工作任务书”式编写模式,为学习者提供清晰的操作指引与流程规范,配以操作步骤分解图、工作任务评价表等,学习者可依据工作任务书自主规划任务进度,对照工作任务书检查操作流程,反思操作得失,逐步养成严谨规范的职业习惯。
3. 提供教材配套的虚拟仿真实训教学资源及视频微课,使学习者能够对应学习内容方便地进行实际操作训练,有效地解决了 PLC 实训教学“三高三难”问题,同时也满足了学生个性化学习的需求。
4. 本教材在每个项目中设置了“学思园地”栏目,旨在引导学习者树立科技自立自强意识,不断弘扬工匠精神,培养精益求精、崇尚劳动、尊重劳动的职业素养。

本教材由辽宁装备制造职业技术学院林喆、金小婷任主编;辽宁装备制造职业技术学院于莹莹任副主编。此外,特邀请沈阳星硕中原电气有限公司王翠竹、辽宁三农电气工程有限公司尹冬梅参与编写并提供相关工程案例,并由辽宁装备制造职业技术学院姚立权教授担

任主审。具体编写分工如下:项目一、项目二由林喆编写;项目三、项目四由金小婷编写;项目五、项目六由林喆、金小婷、于莹莹共同编写。

由于编者水平有限,书中不当之处在所难免,诚望读者批评指正。

编 者

目录

项目一	物料传送控制系统	1
	任务一 物料传送控制系统分析	2
	任务二 物料传送控制系统硬件设计	3
	任务三 物料传送控制系统软件设计	14
项目二	CNC 加工控制系统	29
	任务一 CNC 加工控制系统分析	30
	任务二 CNC 加工控制系统硬件设计	32
	任务三 CNC 加工控制系统软件设计	41
项目三	双轴装配控制系统	67
	任务一 双轴装配控制系统分析	68
	任务二 双轴装配控制系统硬件设计	71
	任务三 双轴装配控制系统软件设计	79
项目四	立体仓储控制系统	99
	任务一 立体仓储控制系统分析	100
	任务二 立体仓储控制系统硬件设计	104
	任务三 立体仓储控制系统软件设计	111

项目五 | **升降机控制系统** 149

任务一 升降机控制系统分析 150

任务二 升降机控制系统硬件设计 155

任务三 升降机控制系统软件设计 161

项目六 | **液位控制系统** 183

任务一 液位控制系统分析 184

任务二 液位控制系统硬件设计 189

任务三 液位控制系统软件设计 198

参考文献 214



项目一 物料传送控制系统



项目引入

在工业自动化生产中,物料传送是贯穿整个生产流程的核心环节。从原材料入库到成品出库,高效、精准的物料传送控制系统直接决定了生产效率与资源利用率。本项目以典型的双输送机协同工作平台为载体,通过 S7-1200(西门子推出的紧凑型模块化可编程控制器)实现物料传送的自动化控制。通过本项目的学习,读者能够了解工业控制系统的基础知识,掌握可编程控制器(programmable logical controller, PLC)应用技术。



学习目标

知识目标

- (1)掌握 S7-1200 的基本组成及功能特点。
- (2)熟悉 TIA Portal 软件的功能及操作界面。
- (3)掌握 S7-1200 的基本硬件组态方法。
- (4)掌握 S7-1200 的存储器及数据类型。
- (5)掌握梯形图编程方式。

能力目标

- (1)能够根据系统控制要求及 S7-1200 的硬件特点,设计 PLC 控制系统电气接线图。
- (2)能够根据实际硬件配置,在 TIA Portal 设备视图中设置属性参数,使硬件与软件保持一致并正常工作。
- (3)能够根据系统控制要求及硬件配置,在 TIA Portal 中使用 LAD 编程语言实现控制要求,并完成程序下载及调试。

素质目标

- (1)养成遵守操作规程的习惯。
- (2)养成独立思考的习惯,树立责任意识。



任务分解

对应“可编程控制器系统应用编程”职业技能等级标准,本项目所涉及的岗位职业技能要求如表 1-1 所示。

表 1-1 岗位职业技能要求

工 作 领 域	工 作 任 务	职业技能要求
可编程控制器系统连接	输入回路连接	能够正确连接 PLC 电源,使 PLC 正常进入上电状态
	输出回路连接	能够根据控制要求正确连接负载电源
可编程控制器系统配置	可编程控制器参数配置	能够正确配置 PLC 通信参数,使 PLC 与上位机成功通信
可编程控制器系统编程	可编程控制器基本逻辑指令编程	能够正确创建新的 PLC 程序

根据“可编程控制器系统应用编程”职业技能等级标准的岗位技能要求分解工作任务,如表 1-2 所示。

表 1-2 岗位工作任务分解

工 作 过 程	工 作 任 务	子 任 务
控制系统分析	任务一:物料传送控制系统分析	系统结构分析
控制系统配置	任务二:物料传送控制系统硬件设计	PLC 选型与线路连接
控制程序设计	任务三:物料传送控制系统软件设计	控制程序设计



任务一 物料传送控制系统分析

物料传送控制系统模拟某智能仓储中心的物料传送环节。1 号、2 号两台滚筒式输送机串联组成传输线路,2 号输送机的首尾端分别安装光电开关,用于入料口和出料口的物料检测。系统可实现“启动—运行—停止—复位”完整工作过程,交互模块可实时反馈系统运行状态。物料传送控制系统布局图如图 1-1 所示,交互模块如图 1-2 所示。

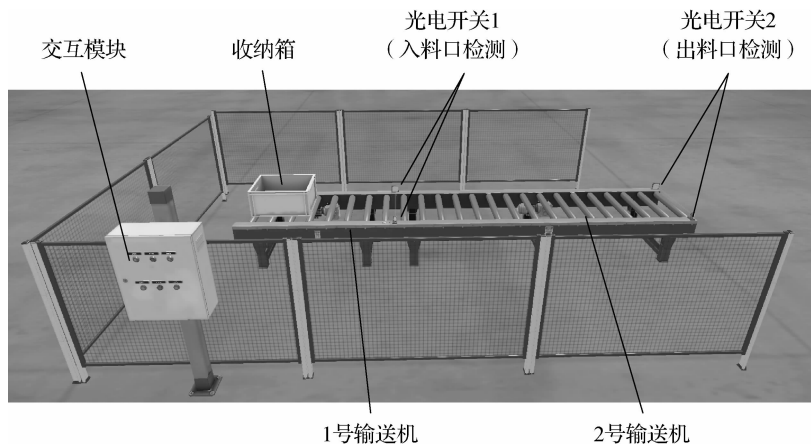


图 1-1 物料传送控制系统布局图

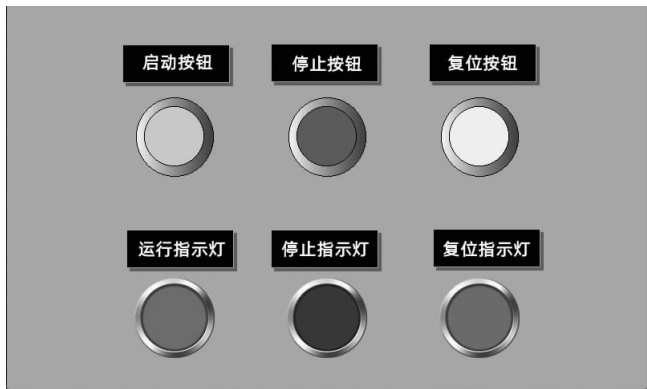


图 1-2 交互模块

任务二 物料传送控制系统硬件设计

知识链接

1. S7-1200 的硬件结构

S7-1200 是一款采用模块化设计的紧凑型可编程控制器,适用于中小型自动化控制项目。其硬件结构以 CPU 模块为核心,通过信号板(SB)、信号模块(SM)、通信模块(CM/CP)和电源模块等实现灵活的功能配置。S7-1200 的硬件结构如图 1-3 所示,电源模块如图 1-4 所示。

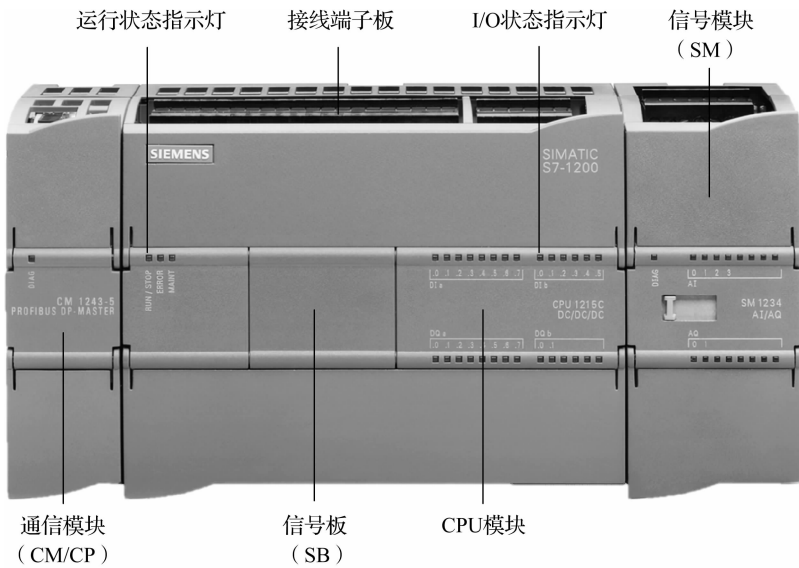


图 1-3 S7-1200 的硬件结构



图 1-4 电源模块

1)CPU 模块

CPU 模块是 S7-1200 的核心,集微处理器、电源、输入/输出电路、PROFINET(实时以太网)接口及存储器于一体,负责执行用户程序、处理逻辑控制及通信任务。S7-1200 现有 5 种型号的 CPU,详细参数如表 1-3 所示。

表 1-3 S7-1200 的 CPU 技术参数

型 号	1211C	1212C	1214C	1215C	1217C
集成数字量 I/O 点数	6DI/4DQ	8DI/6DQ	14DI/10DQ		
集成模拟量 I/O 点数	2AI			2AI/2AQ	
工作存储器(存储用户程序及数据)	50 KB	75 KB	100 KB	125 KB	150 KB
装载存储器(存储项目文件及固件)	1 MB	2 MB	4 MB		
保持性存储器(断电保持数据)	10 KB(固件版本≥v4.0)				
信号模块扩展个数	0	2	8		
信号板	1				
通信模块扩展个数	3(左侧扩展)				
以太网端口数	1			2	
高速计数器	最多可组态 6 个使用任意内置输入或信号板输入的高速计数器				
脉冲输出	最多 4 点				
	100 kHz	100 kH 或 20 kHz			1 MHz 或 100 kHz
脉冲捕获输入点数	6	8	14		
上升沿/下降沿中断点数	6/6	8/8	12/12		

续表

传感器电源输出电流/mA	300		400		
实时运算执行速度	2.3 μs/指令				
布尔运算执行速度	0.08 μs/指令				
外形尺寸/mm×mm×mm	900×100×75		110×100×75	130×100×75	150×100×75
适用场景	简单控制	中等控制	复杂控制		

S7-1200 的 CPU 按“CPU 供电类型/输入端子电源类型/输出端子形式”可分为 3 种版本:DC/DC/DC、DC/DC/RLY 以及 AC/DC/RLY,详细参数如表 1-4 所示。CPU 1214C 的版本为 DC/DC/DC,电源电压、DI(数字输入)电压、DQ(数字输出)电压均为 24 V,CPU 1217C 只有 DC/DC/DC 版本。

表 1-4 S7-1200 PLC 的 CPU 版本参数

版 本	电源电压/V	DI 电压/V	DQ 电压/V	DQ 最大电流/A
DC/DC/DC	DC 24	DC 24	DC 20.4~28.8	0.5
DC/DC/RLY	DC 24	DC 24	DC 5~30,AC 5~250	2
AC/DC/RLY	AC 85~264	DC 24	DC 5~30,AC 5~250	2

2)信号板

信号板直接插在 CPU 前端,提供少量附加 I/O(输入/输出)或通信接口。常用的有数字量信号板 SB 1221(2DI/2DQ)和模拟量信号板 SB 1231(1AQ)。

3)信号模块

信号模块连接在 CPU 右侧,用于扩展数字量或模拟量 I/O 接口,支持热插拔,最多可扩展 8 个。常用的类型有数字量模块 SM 1221(DI)、SM 1222(DQ),模拟量模块 SM 1231(AI,模拟输入)、SM 1232(AQ,模拟输出),以及专用模块 SM 1238(热电偶模块)、SM 1239(热电阻模块)。

4)通信模块(CM/CP)

通信模块插在 CPU 左侧,最多可扩展 3 个,支持多种通信协议。例如,CM 1241 支持 RS-232/RS-485 通信,CM 1243-5 支持 PROFIBUS(现场总线)主站通信,CP 1243-1 支持 GPRS/LTE 无线通信。

5)电源模块

电源模块为 CPU 及扩展模块供电,支持宽电压范围。直流电源的额定电压为 DC 24 V。交流电源的电压范围为 AC 85~264 V(仅限部分型号)。

在不同的应用场景中,根据控制需求可选择搭配不同型号的 CPU 及扩展模块。对于简单控制任务,可选择 CPU 1211C 搭配信号板;对于复杂控制任务,可选择 CPU 1214C/1215C 搭配模拟量模块和通信模块;对于运动控制有要求的任务,可考虑 CPU 1217C 搭配伺服驱动器,但伺服驱动器须支持 EtherCAT 或 PROFIdrive 协议。

2. 物料传送控制系统 PLC 选型

根据物料传送控制系统分析可知,系统的信号需求如表 1-5 所示。

表 1-5 物料传送控制系统的信号需求表

信 号 流	信 号 类 型	功 能 说 明	需 求 点 数
数字量信号流	输入	检测类信号:入料口、出料口检测	2
		操作按钮:启动、停止、复位按钮	3
	输出	输送机控制:1 号、2 号输送机启停	2
		指示灯控制:运行、停止、复位指示灯	3

除系统需要的信号点,还应留有 10%的备用点,可选用 S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC 作为系统的控制器。PLC 的 I/O 地址分配如表 1-6 所示。

表 1-6 物料传送控制系统的 I/O 地址分配表

输 入			输 出		
名 称	符 号	地 址 编 号	名 称	符 号	地 址 编 号
入料口检测	SC1	DI0. 0	1 号输送机启动	KM1	DQ0. 0
出料口检测	SC2	DI0. 1	2 号输送机启动	KM2	DQ0. 1
启动按钮	SB1	DI0. 2	运行指示灯	HL1	DQ0. 2
停止按钮	SB2	DI0. 3	停止指示灯	HL2	DQ0. 3
复位按钮	SB3	DI0. 4	复位指示灯	HL3	DQ0. 4

3. 物料传送控制系统 PLC 线路连接

根据 I/O 地址分配表,进行 PLC 与输入/输出信号的外部接线,接线图如图 1-5 所示。P 24 V 和 N 24 V 分别为 24 V 直流电源模块的正极和负极引线,其为 CPU、光电开关提供电源。

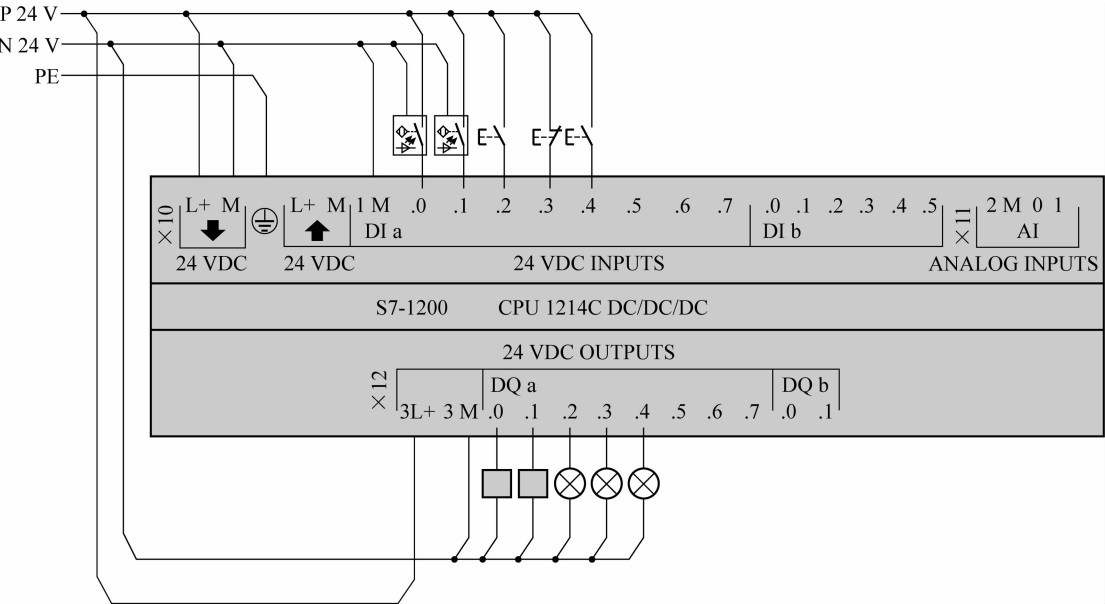


图 1-5 物料传送控制系统接线图

输送机由直流电机拖动,由于 CPU 1214C DC/DC/DC 的数字量输出端子最大输出电流为 0.5 A,无法直接驱动直流电机,需通过继电器控制直流电机启停,如图 1-6 所示。继电器线圈(图中未画出)的正极连接 PLC 的数字量输出端子,负极连接 N 24 V。继电器线圈通电时,其对应常开触点(KM1 和 KM2)闭合,电机启动运行;继电器线圈断电时,其对应常开触点断开,电机停止运行。

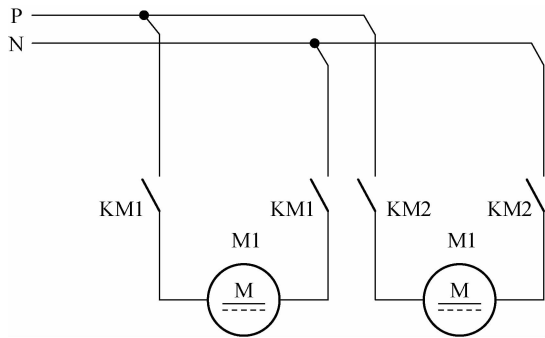


图 1-6 直流电机控制系统电气接线图

在完成物料传送控制系统的 PLC 硬件选型与电气线路连接后,硬件组态成为衔接物理硬件与控制逻辑的核心环节。西门子全集成自动化(Totally Integrated Automation, TIA)平台将 PLC 编程(STEP 7 Professional)、HMI(human-machine interface, 人机界面)设计(WinCC)和驱动调试(Startdrive)等核心功能深度集成在统一的开发环境中,实现高效的硬件组态、软件编程和数据存储。该平台兼容 S7-1200/1500/400 系列 PLC,支持从小型单机设备到大型分布式系统的灵活部署;通信协议栈全面兼容 PROFINET、PROFIBUS 等工业标准,确保与第三方设备的无缝互联。平台适用于自动化生产线控制、机械臂协同作业、包装分拣、智能楼宇能源管理、暖通空调(HVAC)系统优化、快速原型验证、数字孪生仿真、基于 MindSphere 的远程运维与数据分析等典型应用场景。TIA 平台的工程组态统一性,可显著缩短项目开发周期,降低跨系统集成成本,同时依托西门子工业安全标准(如 IEC 62443 认证)保障控制系统的可靠性。



微课
TIA 使用入门与硬件组态

任务实施

工作任务书如表 1-7 所示。

表 1-7 工作任务书 1

任务名称	S7-1200 硬件组态		
实训地点	PLC 实训室	实训设备	PLC 桌面实训设备
小组成员	班级		
成员分工			
指导教师		实训日期	
操作步骤	操作过程示意图		

1. TIA Portal 安装

打开 TIA Portal 安装文件夹，双击“Start.exe”图标，进入安装进程，“安装语言”选择“中文”，单击“下一步”按钮

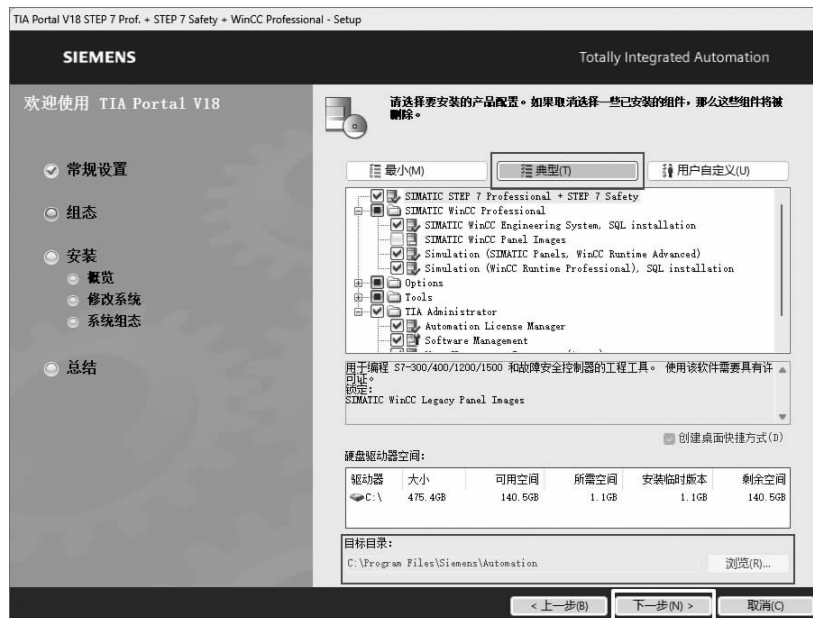


产品语言选择“简体中文”，单击“下一步”按钮



1. TIA Portal 安装

选择要安装的产品,单击“典型”,在“目标目录”中输入安装路径,单击“下一步”按钮



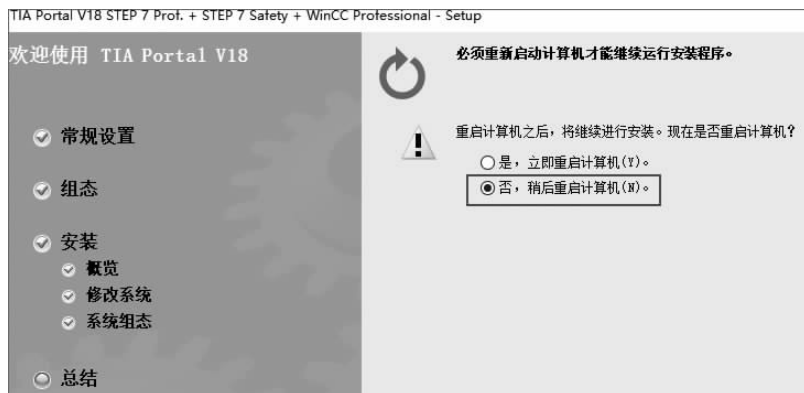
选中“本人接受所列出的许可协议中所有条款”及“本人特此确认,已阅读并理解了有关产品安全操作的安全信息”复选框,单击“下一步”按钮



续表

1. TIA Portal 安装

根据安装引导,选中“接受此计算机上的安全和权限设置”复选框,单击“下一步”按钮,选择“安装”,等待安装完成。安装完成后,系统弹出是否重启计算机提示框,选中“否,稍后重启计算机”单选按钮



2. Portal 视图

双击图标,打开Portal视图。①为任务选项,提供基本任务功能;②为操作选项,提供所选任务选项中可使用的操作;③为项目列表,可浏览最近使用的项目并打开;④为视图切换按钮,单击可切换至项目视图



续表

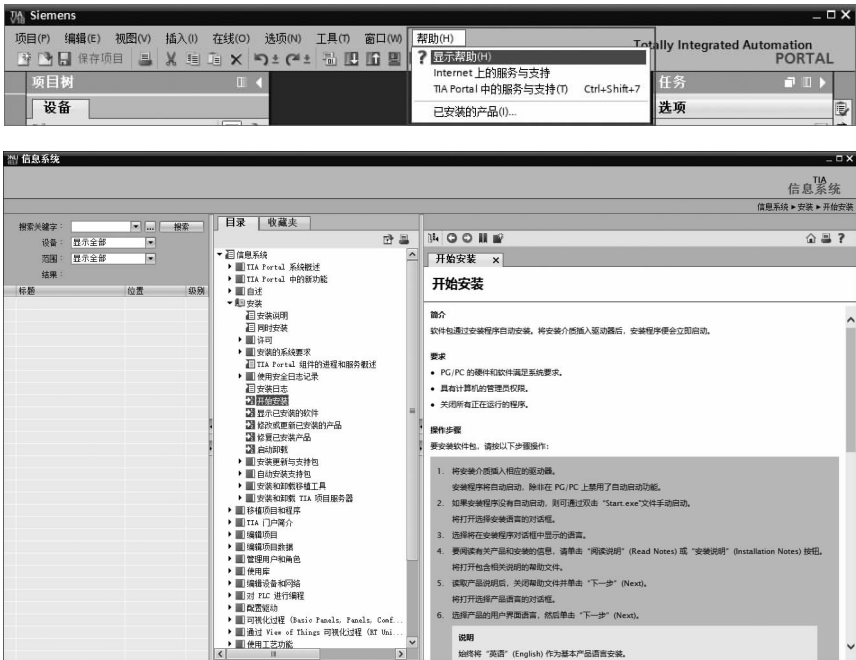
3. 项目视图

在项目视图中,①为菜单栏,包含全部功能选项卡;②为工具栏,提供常用命令的快捷按钮;③为项目树,用于访问项目中的所有组件和数据;④为详细视图,显示项目树中所选对象的特定内容;⑤为任务卡,提供任务中的可用操作;⑥为工作区,显示打开的对象内容;⑦为巡视窗口,可编辑所选对象的属性、查看附加信息和诊断信息



4. 系统帮助

选择“帮助”菜单,在弹出的菜单中选择“显示帮助”选项,打开“信息系统”窗口,单击“目录”在下拉列表中选择某个对象,如“开始安装”即可查看对应说明



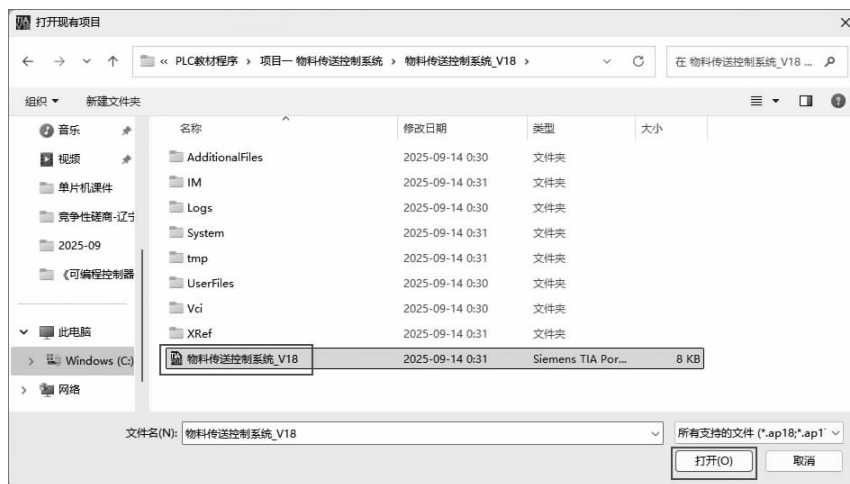
续表

5. 硬件组态

在项目视图中单击菜单栏中的“项目”，展开下拉列表，选择“打开”选项，弹出“打开项目”对话框，单击“浏览”按钮



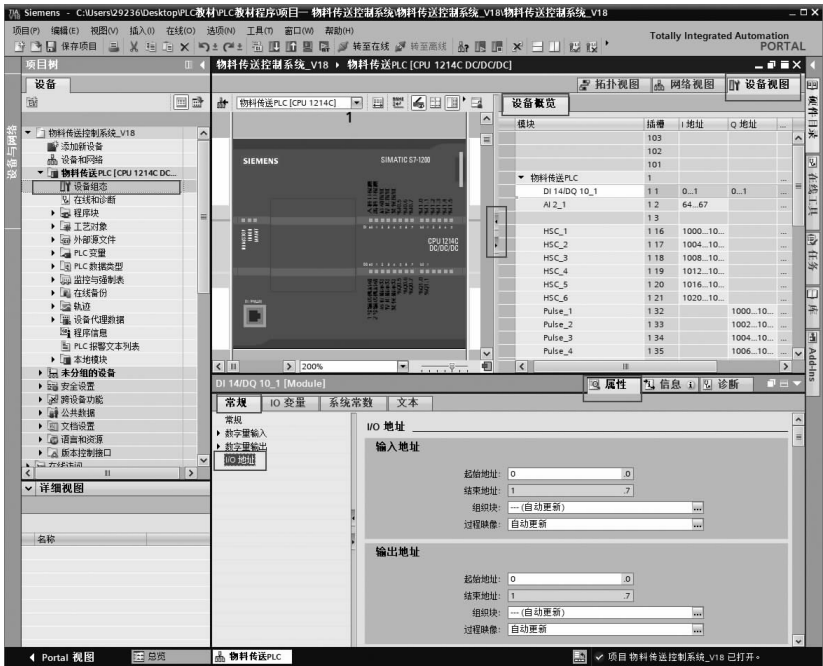
在弹出的“打开现有项目”对话框中，选中要打开的工程文件，单击“打开”按钮



续表

5. 硬件组态

在“项目树”列表中，双击“设备组态”，展开“设备视图”；单击图标或图标展开或隐藏“设备概览”页面，该页面展示 PLC 硬件组成；双击“DI 14/DQ 10_1”，在“巡视窗口”的“属性”“常规”选项卡中查看或修改 I/O 地址



任务提示:在安装 TIA 前需要首先安装“. NET Framework3.5 SP1”，具体操作方法:打开“控制面板”，找到“程序和功能”选项，在“启用或关闭 Windows 功能”选项卡中勾选“. NET Framework 3.5（包括 .NET 2.0 和 3.0）”复选框，在联网状态下完成自动安装。

任务评价

工作任务评价表如表 1-8 所示。

表 1-8 工作任务评价表 1

项目	评价要求	配分	评分标准	自评	互评	师评
理论评价 (40 分)	掌握 S7-1200 的硬件结构	10 分	正确描述 S7-1200 的硬件结构			
	熟悉 TIA Portal 软件安装方法	10 分	正确安装 TIA Portal 软件			
	熟悉 TIA Portal 软件 Portal 视图结构	10 分	正确描述 Portal 视图各部分功能			
	熟悉 TIA Portal 软件项目视图结构	10 分	正确描述项目视图各部分功能			

续表

项目	评价要求	配分	评分标准	自评	互评	师评
实操评价 (40 分)	能够根据系统控制要求及 S7-1200 的硬件特点,设计 PLC 控制系统接线图	20 分	正确设计并绘制物料传送控制系统的接线图			
	能够根据需要查看帮助信息	20 分	根据需求查看帮助信息			
基本素养 (20 分)	遵守课堂纪律	5 分	遵守课堂纪律			
	工位保持清洁,爱护设备	5 分	工位和物品整齐			
	遵守操作规程,无安全事故	5 分	遵守操作规范,安全操作设备			
	尊师重教,服从安排	5 分	服从课堂安排			
违规扣分 (-20 分)	违规操作导致设备损坏	-20 分	根据设备损坏程度扣分			
合计						
综合得分 (自评 30%,互评 30%,师评 40%)						

任务三 物料传送控制系统软件设计

知识链接

1. 梯形图编程语言

梯形图(LAD)是 PLC 编程中最常用的图形化语言,其设计灵感源自继电器控制系统,通过直观的符号和逻辑连接实现控制逻辑。梯形图符号包含触点、线圈、指令盒和连接线。触点代表逻辑输入条件,如开关、按钮、传感器等;线圈代表逻辑运算结果,常用来控制内部标志位和外部负载,如继电器、电磁阀、指示灯等;指令盒为方形符号,用于实现定时、计数、数学运算等功能;连接线有水平和垂直两个方向,表示逻辑流向,用来串联或并联元件。

由梯形图符号组成的逻辑段落称为程序段。在 TIA Portal 软件环境中,系统会为程序段自动编号,用户可在编号右侧自定义程序段名称,在编号下方添加程序段注释。程序段内的逻辑运算按从左向右方向执行,如果没有跳转指令,程序段之间按从上到下的顺序执行,系统执行完所有程序段后,返回首行程序段重新开始执行。

阅读梯形图程序时,可以想象在梯形图的左右两侧各有一条垂直的电源母线,在母线间有一个左正右负的直流电压源,左右母线由自上而下水平分布的逻辑行(梯级)连接,每个逻辑行从左母线开始,以右母线结束。当逻辑行上的所有符号同时接通时,将有“能流”从左向



右依次流过逻辑行上的所有符号。

2. 模块化编程方法

模块化编程是 S7-1200 梯形图编程的核心方法之一，它通过将复杂控制任务拆分为多个独立的功能模块，来提高代码的复用性、可维护性和系统效率。梯形图的功能模块包括组织块(OB)、函数(FC)、函数块(FB)和数据块(DB)，其中 OB、FC 和 FB 中都包含程序，因此称为代码块。代码块可以调用除组织块外的其他代码块，调用函数块时需指定背景数据块。

1)OB:程序执行的调度中心

OB 是操作系统与用户程序的接口，负责定义程序执行流程。S7-1200 支持多种 OB 类型，常见 OB 类型及其功能如表 1-9 所示。

表 1-9 常见 OB 类型及其功能

OB 类 型	功 能
OB1(主程序块)	PLC 的入口点，每个扫描周期循环执行
OB35(定时中断块)	按固定时间间隔执行，适用于周期性任务(如数据采集)
OB40(延时中断块)	在设定延时后触发，用于故障处理等场景
OB80(日期时间中断块)	基于实时时钟触发，如每日定时启动流程
OB90(故障处理块)	检测到系统故障时自动调用，执行错误恢复逻辑

2)FC:无状态计算的代码复用单元

FC 是封装特定运算的代码块，无背景 DB，适用于无状态计算，如数学运算、逻辑判断等。

当 FC 被调用时，为保证 FC 与外部程序的数据交互，需使用 FC 块接口。FC 块接口参数及其功能如表 1-10 所示。

表 1-10 FC 块接口参数及其功能

块 接 口 参 数	功 能
Input	输入参数(只读)
Output	输出参数(读写)
InOut	输入/输出参数(双向)
Temp	临时变量(仅在 FC 内有效)

3)FB:带状态控制的智能模块

FB 是封装复杂功能的代码块，自带背景 DB，可保存状态数据，如定时器当前值、计数器计数值等。背景 DB 中存储 FB 的静态变量和参数，每次调用 FB 时都需指定背景 DB。静态变量是指在背景 DB 中持久化存储的变量，适用于需要记忆状态的任务，如 PID(比例积分微分)控制、电机运动控制等。FB 块接口参数定义与 FC 的相同。

4)DB:全局与背景数据的存储载体

全局 DB 所有逻辑块均可访问，用于存储共享数据，如配方、系统参数等。背景 DB 与 FB 绑定，用于存储 FB 的静态变量和参数。

3. PLC 的数据类型

数据类型是 PLC 编程的基础，它定义了数据的存储格式、取值范围及操作方式。S7-1200 支持丰富的数据类型，涵盖基本类型、复杂类型和系统专用类型。合理选择数据类型可优化内存的使用，提高运算效率并避免逻辑错误。

1)基本数据类型

基本数据类型如表 1-11 所示。

表 1-11 基本数据类型

数据类型	存储空间	取值范围	典型应用场景
Bool	1 位	TRUE(1)/FALSE(0)	开关量输入/输出,如按钮、继电器等
Byte	1 字节(8 位)	0~2 ⁸ -1(无符号)	状态字节、ASCII 码
Word	2 字节(16 位)	0~2 ¹⁶ -1(无符号)	16 位计数器值、状态字
DWord	4 字节(32 位)	0~2 ³² -1(无符号)	32 位计数器值、大整数存储
Int	2 字节(16 位)	-2 ¹⁵ ~2 ¹⁵ -1(有符号)	温度、压力等模拟量(整数形式)
DInt	4 字节(32 位)	-2 ³¹ ~2 ³¹ -1	长整数运算、高速计数器值
Real	4 字节(32 位)	±1.18×10 ⁻³⁸ ~±3.40×10 ³⁸	浮点数运算(如 PID 控制、流量计算)
SInt	1 字节(8 位)	-2 ⁷ ~2 ⁷ -1(有符号)	紧凑型整数存储
USInt	1 字节(8 位)	0~2 ⁸ -1(无符号)	状态标志、枚举值
Char	1 字节(8 位)	ASCII 字符(0~2 ⁷ -1)	文本显示、通信协议解析

2)复杂数据类型

复杂数据类型如表 1-12 所示。

表 1-12 复杂数据类型

数据类型	定义	示例	应用
数组(Array)	由相同数据类型的元素组成的集合,通过索引访问	Array[0...9] of Int //包含 10 个整数的数组	存储批量数据(如传感器历史记录、PID 参数组)
结构体(Struct)	将不同数据类型的变量组合为一个逻辑单元	Struct MotorStatus RunState : Bool; // 运行状态 Current : Real; // 电流值 ErrorCode : Word; // 故障代码 END_Struct	封装设备状态(如电机、阀门等)、通信数据包
日期与时间(Date_and_Time)	8 字节(BCD 编码),包含年、月、日、时、分、秒、毫秒	DT # 2025-05-29-14:30:00.123	时间戳记录、定时任务触发

3)系统专用数据类型
系统专用数据类型如表 1-13 所示。

表 1-13 系统专用数据类型

数据类型	格式	示例	应用
时间类型 (Time)	32 位整数,单位为 ms	T#5s(5 000 ms)、 T#1h30m(5 400 000 ms)	定时器 (TON/TOF)、延时控制
字符串类型 (String)	由字符数组和长度信息组成,支持 ASCII/UTF-8 编码	'S7-1200'(最大长度 254 字符)	HMI 显示、通信协议交互

不同数据类型之间可以相互转换,转换方式分为隐式转换和显示转换。隐式转换由 PLC 自动完成,如 Int→DInt,Real→LReal。显式转换需通过函数块或指令实现,如 Int_to_Real、BCD_to_Int 等。在进行数据类型转换时要避免数据溢出。

4. 数据存储区

S7-1200 的数据存储区是程序运行的载体,其设计直接影响系统性能与数据可靠性。

1)存储体系的硬件架构

S7-1200 的存储体系由以下三类物理存储器构成。

Flash EPROM(可擦可编程只读存储器):装载存储区,非易失性存储,用于固化用户程序、组态数据及系统软件,支持通过存储卡扩展容量。

RAM(随机存储器):工作存储区,易失性高速存储,用于运行时加载用户程序、数据块及中间变量,容量依 CPU 型号而异。

非易失性存储器:保持性存储区,专用于断电保持数据,默认提供 10 KB 空间,可存储位存储区、数据块等关键数据。

2)数据存储区的类型与功能

S7-1200 的数据存储区的类型与功能如表 1-14 所示。

表 1-14 S7-1200 数据存储区的类型与功能

数据存储区的类型	功能	说明
输入/输出过程映像区(I/O)	周期性刷新输入/输出状态,I 区在扫描周期开始时更新,Q 区在周期结束时更新	寻址方式:支持位(如 I0.0)、字节(如 IB0)、字(如 IW0)、双字(如 ID0)访问。 直接访问:通过“:P”后缀(如 I0.0:P)绕过映像区直接读写物理 I/O
位存储区(M)	存储中间变量、标志位,全局有效,支持断电保持配置	寻址方式:支持位(如 M0.0)、字节(如 MB0)、字(如 MW0)、双字(如 MD0)访问
临时存储区(L)	存储 FC/FB 运行时的临时变量,局部有效,调用结束后释放	生命周期:仅在代码块执行期间存在,不支持断电保持

续表

数据存储区的类型	功 能	说 明
数据块(DB)	全局 DB: 存储共享数据, 所有代码块可访问, 支持优化与非优化模式。 背景 DB: 与 FB 关联, 存储 FB 实例的私有数据, 支持变量级保持设置 (优化 DB) 或整体保持设置 (非优化 DB)	寻址方式: 支持位 (如 DBX0. 0)、字节 (如 DBB0)、字 (如 DBW0)、双字 (如 DBD0) 访问, 在访问数据块中的数据时应指明数据块的名称 (如 DB1. DBW30), 如果启用了“优化的块访问”, 则不能用绝对地址访问数据块

在 TIA Portal 的硬件组态环节中, 在“设备视图”中双击 PLC 的某一引脚, 展开“属性”“常规”选项卡, 查看该引脚对应的“数据类型”和“地址”, 如图 1-7 所示。

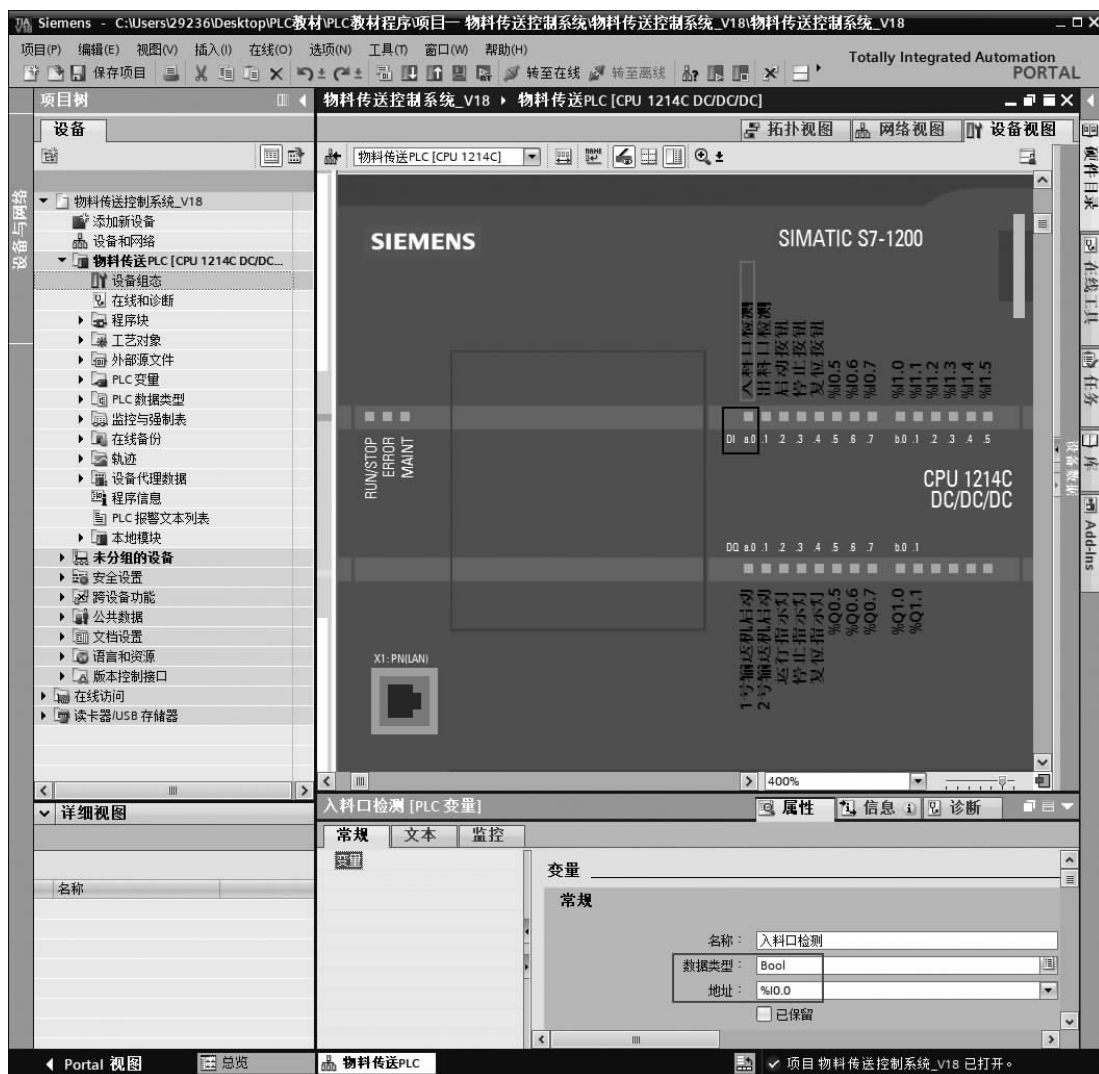


图 1-7 I/O 地址

与物理地址(如输入引脚 DI a. 0)对应的输入/输出过程映像区地址(如 I0. 0)称为绝对地址。以 Bool 类型数据为例,其绝对地址表示方式为“数据存储区的类型+字节地址+分隔符‘.’+位地址”,如图 1-8 所示。在 TIA Portal 中使用绝对地址时须在地址前加“%”符号。

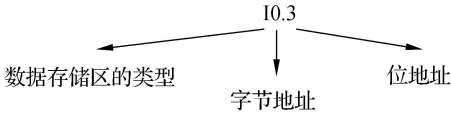


图 1-8 Bool 类型数据的绝对地址

展开项目树下方的“程序块”文件夹,选择其中一个程序块,然后选择“工具”下拉列表中的“分配列表”选项卡,工作区中将显示所选 PLC 存储区的分配列表,如图 1-9 所示。



图 1-9 分配列表

分配列表的行对应字节地址,列 0~7 对应位地址,每个字节地址由 8 位代码组成,菱形块代表位地址的访问情况。B、W、DWORD、LWORD 列的竖条代表字节、字、双字和 64 位字符串地址的访问情况。例如,在输入/输出过程映像区中,行 IB0 和 IB1 对应 W 列的竖条表示程序使用了由这两个字节组成的字地址空间 IW0,位存储区中行 MB5~MB8 对应 DWORD 列的竖条表示程序使用了由这 4 个字节组成的双字地址空间 MD5。

3)数据类型与数据存储区的关联

基本类型数据可存储于 M 区、DB 区或 L 区,根据数据用途选择。复杂类型数据通常存储于 DB 区,支持结构化数据管理与变量级保持配置。系统专用类型数据可存储于 DB 区或 M 区,依赖具体应用场景。

S7-1200 的数据存储区通过分层架构与灵活配置,实现了从输入采集、程序运行到数据持久化的全流程管理。掌握数据存储区的分类、功能特性是提升 PLC 系统性能、确保数据可靠性的关键。

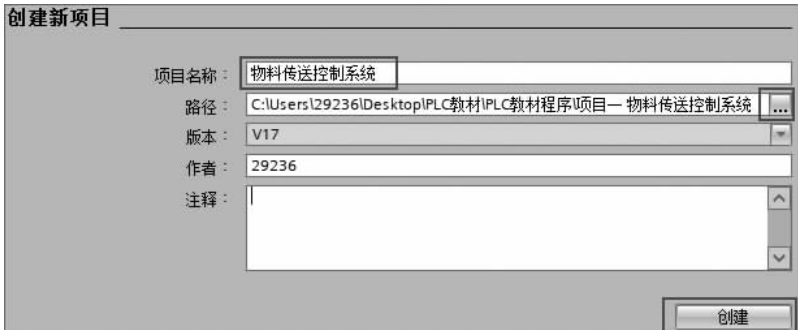
任务实施

工作任务书如表 1-15 所示。



微课
编写用户程序与使用变量表

表 1-15 工作任务书 2

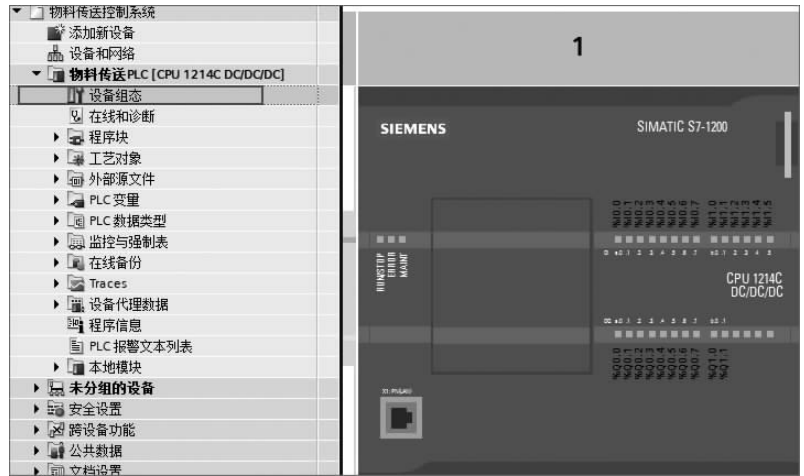
任务名称	物料传送控制系统梯形图设计		
实训地点	PLC 实训室	实训设备	PLC 桌面实训设备
小组成员		班级	
成员分工			
指导教师		实训日期	
操作步骤	操作过程示意图		
1. 新建工程			
双击“TIA”图标打 开 TIA Portal 软 件,单击“创建新项 目”按钮			
在界面右侧的“创 建新项目”对话框 中填写“项目名 称”,单击“...”按 钮选择保存路径, 填写必要的注释, 单击“创建”按钮			
2. 设备组态			
在“新手上路”对 话框中选择“组态 设备”			

2. 设备组态

单击“添加新设备”按钮，在右侧“添加新设备”对话框中填写“设备名称”，选择“控制器”选项，根据实际连接设备型号选择 CPU 型号和版本号，单击“添加”按钮



系统自动跳转进入“项目视图”界面，在左侧“设备树”列表中双击“设备组态”，打开“设备视图”



选中设备视图中的 PLC 图标，执行“属性”→“常规”命令，选择“以太网地址”选项，为 PLC“添加新子网”，并配置“IP 地址”和“子网掩码”



续表

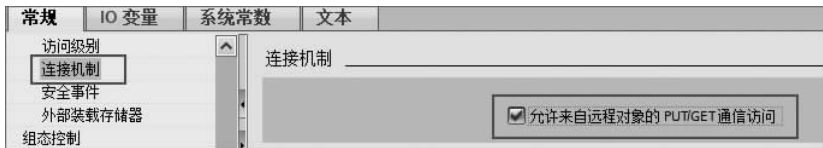
2. 设备组态

选择“访问级别”，
选中“完全访问权限(无任何保护)”
单选按钮



访问级别	HMI	读取	写入	访问权限
☒ 完全访问权限 (无任何保护)	✓	✓	✓	密码
☐ 读访问权限	✓	✓		
☐ HMI 访问权限	✓			
☐ 不能访问 (完全保护)				

选择“连接机制”，
选中“允许来自远程对象的 PUT/
GET 通信访问”复
选框



常规	IO 变量	系统常数	文本
访问级别	连接机制		
安全事件			
外部装载存储器			
组态控制			

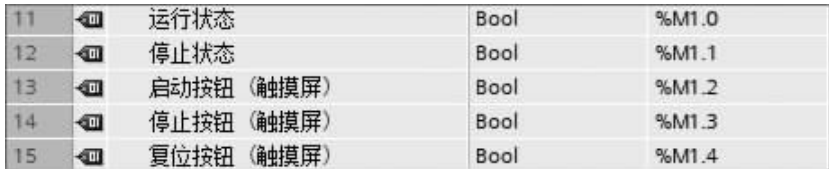
3. 添加变量

执行“PLC 变量”
→“添加新变量
表”命令，在右侧
打开的界面中，对
照 I/O 分配表，输
入变量名称、数据
类型和地址



名称	数据类型	地址
1 入口检测	Bool	%I0.0
2 出口检测	Bool	%I0.1
3 启动按钮	Bool	%I0.2
4 停止按钮	Bool	%I0.3
5 复位按钮	Bool	%I0.4
6 1号输送机启动	Bool	%Q0.0
7 2号输送机启动	Bool	%Q0.1
8 运行指示灯	Bool	%Q0.2
9 停止指示灯	Bool	%Q0.3
10 复位指示灯	Bool	%Q0.4
11 <新增>		

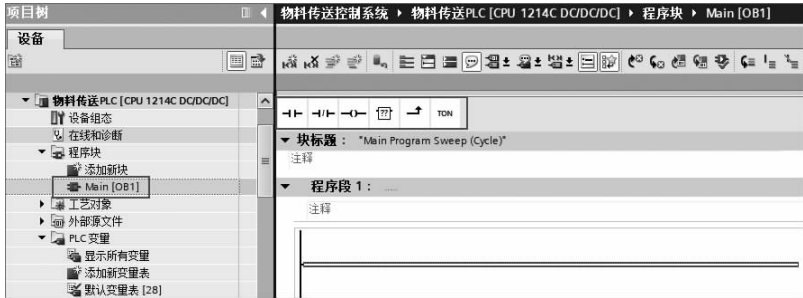
单击“新增”添加
中间变量



11 运行状态	Bool	%M1.0
12 停止状态	Bool	%M1.1
13 启动按钮 (触摸屏)	Bool	%M1.2
14 停止按钮 (触摸屏)	Bool	%M1.3
15 复位按钮 (触摸屏)	Bool	%M1.4

4. 程序设计

执行“程序块”→
“Main [OB1]”命
令，双击打开主程
序块



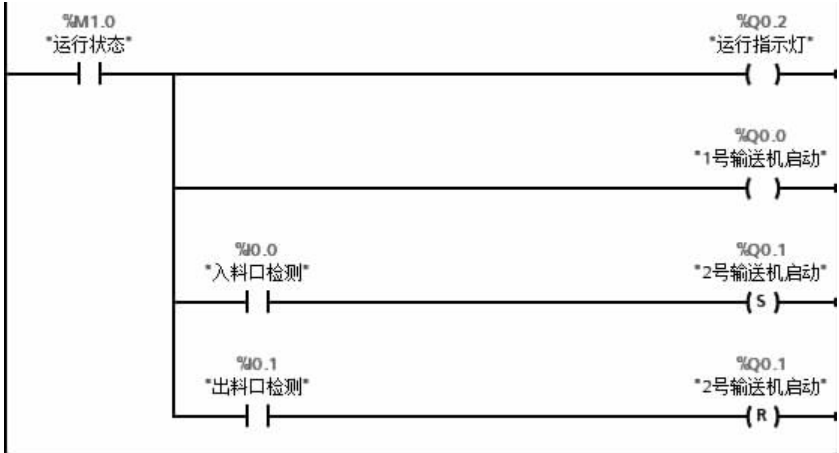
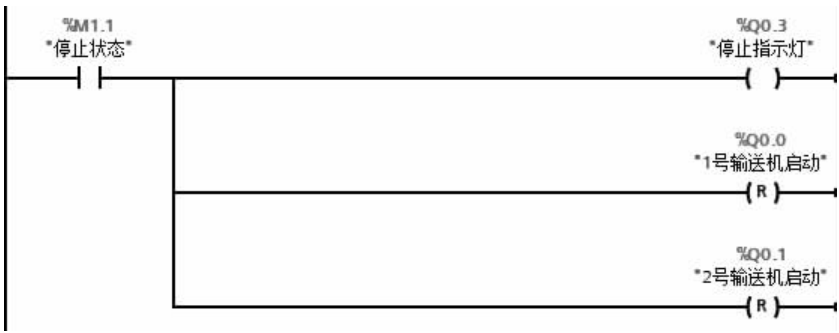
项目树

物料传送控制系统 > 物料传送 PLC [CPU 1214C DC/DC/DC] > 程序块 > Main [OB1]

块标题: "Main Program Sweep (Cycle)"

程序段 1: ---

续表

4. 程序设计	
从“收藏夹”工具中选择控制指令，输入启动按钮和停止按钮控制程序	
输入运行状态要执行的动作。进入运行状态后运行指示灯点亮，1号输送机启动运行，当入料口光电开关检测到有收纳箱时，2号输送机启动运行，当收纳箱移动到出料口时，2号输送机停止运行	
编写停止状态功能。进入停止状态后，停止指示灯点亮，1号和2号输送机均停止运行	

续表

4. 程序设计	
编写复位按钮功能。按下复位按钮，运行和停止状态均复位	
5. 运行调试	
单击“编译”按钮，执行“信息”→“编译”命令，查看编译状态，当系统提示“编译完成（错误：0；警告：0）”时，表示程序无误	
单击“下载”按钮，将程序下载到 PLC	

表 1-16 工作任务评价表 2

项目	评价要求	配分	评分标准	自评	互评	师评
理论评价 (50 分)	了解梯形图编程语言的特点	10 分	正确描述梯形图中的符号含义,以及梯形图的阅读方法			
	了解模块化编程方法	10 分	正确列举梯形图的功能模块,以及函数和函数块的块接口参数类型			
	掌握 PLC 的基本数据类型	15 分	正确列举常用基本数据类型的符号和存储空间			
	熟悉 PLC 的系统存储区	15 分	正确列举 PLC 的系统存储区,并说明寻址方式			
实操评价 (30 分)	能够根据实际硬件配置,在 TIA Portal 设备视图中,配置属性参数,使硬件与软件保持一致并正常工作	15 分	正确配置硬件属性			
	能够根据系统控制要求及硬件配置,在 TIA Portal 中使用 LAD 编程语言实现控制要求,并完成程序下载及调试	15 分	正确输入梯形图程序,完成编译、下载和监控功能			
基本素养 (20 分)	遵守课堂纪律	5 分	遵守课堂纪律			
	工位保持清洁,爱护设备	5 分	工位和物品整齐			
	遵守操作规程,无安全事故	5 分	遵守操作规范,安全操作设备			
	尊师重教,服从安排	5 分	服从课堂安排			
违规扣分 (-20 分)	违规操作导致设备损坏	-20 分	根据设备损坏程度扣分			
合计						
综合得分 (自评 30%,互评 30%,师评 40%)						

实战应用

(1)修改本项目中直流电机控制系统电气接线图,用继电器 KM1 和 KM2 实现电机正反转控制;编写梯形图控制程序,实现当输送机入料口检测到有物料时将物料送往出料口,当出料口检测到有物料时电机反转,将物料送回入料口的功能,如图 1-10 所示。



图 1-10 直流电机控制系统(正反转)I/O 分配

(2)请利用 S7-1200 设计车库横杆控制系统,控制要求:当车库入口检测到车辆时,横杆自动抬起,当车辆入库后,横杆自动落下。根据以上控制要求设计并绘制系统电气接线图。

(3)根据车库横杆控制系统的控制要求,使用梯形图语言实现逻辑控制。

学思园地

工业基石:解码中国制造的“硬核神器”

在现代化工业体系中,PLC、输送机与电机如同工业血脉中的红细胞,默默支撑着从智能制造到物流运输的每个环节。这些“硬核神器”不仅承载着中国制造的硬核实力,更以技术创新重塑全球工业格局。

1. PLC:工业大脑的智能进化

作为工业自动化领域的“神经中枢”,PLC 历经几十年的发展,已从简单的逻辑控制设备进化为融合人工智能、5G 通信的智能控制平台。其核心优势有以下几点。

(1)极致可靠性:通过双 CPU 冗余系统、光电隔离 I/O 接口及自诊断功能,在钢铁、石化等高干扰环境中仍能保持 99.99% 的运行稳定性。

(2)柔性编程:梯形图语言使工程师无须掌握专业编程技能,即可在数小时内完成设备调试,缩短了工程项目的开发周期。

(3)网络化突破:支持 TSN(时间敏感网络)协议,实现纳秒级同步控制。在汽车总装线上,PLC 通过 5G 网络实时调度 300 余台机器人,将生产节拍精确至 0.1 s。

国产 PLC 在水泥生产线改造中,通过 AI(人工智能)算法优化预热器温度控制,使吨熟料煤耗下降 2.3 kg,年节约成本超千万元。更值得关注的是,国产 PLC 在轨道交通信号系统领域实现突破,北京地铁 12 号线采用自主可控 PLC,响应速度较传统系统提升 4 倍。

2. 输送机:物料搬运的“血管系统”

从港口集装箱到矿山矿石,输送机构建起现代工业的物流大动脉。其技术革新体现在以下几点。

(1)超长距离运输:采用永磁直驱技术,单机运输距离突破 15 km,神华准格尔能源有限责任公司采用的管状带式输送机以 4.5 m/s 的速度实现煤炭密封运输,粉尘减排率达 92%。

(2)智能定位系统:在汽车总装车间,倍加福 PXV 绝对定位系统通过 2D 相机读取 Data Matrix 码带,可实现输送机±0.2 mm 精确定位,使故障停机时间减少 80%。

(3)模块化设计:可快速组装成移动式、转弯式等特殊构型。在南极科考站建设中,模块化输送机系统在一40℃环境中稳定运行,保障极地物资供应。

行业数据显示,2024年,我国带式输送机市场规模达303亿元,运机集团产品出口业务营收占公司营收总额的比重达67.58%。在“一带一路”项目中,中国制造的输送机正助力东南亚、非洲国家建设现代化港口和矿山。

3. 电机:动力革命的绿色引擎

作为能量转换核心部件,电机技术的突破直接决定着工业能效天花板。

(1)高效节能:永磁同步电机效率达95%,在造纸行业应用中,年节电量相当于减少5 000 kg标煤消耗。

(2)极端工况适应:通过增安型设计,在煤矿井下对防爆电机可实现IP68防护等级,以保障其在瓦斯环境下安全运行。

(3)集成化趋势:一体化闭环步进电机将驱动器与电机本体融合,在3C电子组装线上实现0.01 mm精度定位,设备体积缩小40%。

在新能源汽车领域,我国企业已掌握扁线电机、油冷电机等核心技术。比亚迪刀片电池配套的驱动电机,峰值功率密度达4.5 kW/kg,助力汉EV车型实现3.9 s破百加速性能。

面对国际竞争,中国工程师在多个技术领域发起攻坚。

(1)PLC芯片国产化:紫光国芯微电子股份有限公司推出工业级FPGA(现场可编程门阵列)芯片,打破国外企业在运动控制模块的垄断。

(2)输送机核心部件:中国煤炭科工集团有限公司研发的托辊轴承寿命突破5万小时,较进口产品提升30%。

(3)电机材料突破:安泰科技股份有限公司量产0.1 mm超薄硅钢片,使电机铁损降低15%。

这些“硬核神器”的持续进化,正推动中国制造向价值链高端攀升,书写着工业强国的新篇章。



项目二 CNC 加工控制系统

项目引入

在智能制造领域,CNC(计算机数控)加工中心是实现精密制造的核心设备,其自动化控制水平直接影响生产效率与产品质量。通过 PLC、传感器、执行机构及人机交互技术,可构建高效、可靠的 CNC 加工控制系统。本项目以典型 CNC 加工流程为背景,结合西门子 S7-1200 的控制特性,模拟实现从原材料投放到成品输出的全流程自动化控制,帮助读者掌握工业自动化系统的核心设计方法。

学习目标

知识目标

- (1)了解 CNC 加工中心的工作原理与控制需求。
- (2)掌握 S7-1200 在顺序控制、传感器信号处理及执行机构驱动中的应用。
- (3)掌握常开、常闭、输出、置位、复位指令的使用方法。
- (4)理解定时器的类型和使用方法。

能力目标

- (1)能够基于工艺流程设计顺序控制功能图。
- (2)能够根据顺序控制功能图设计 PLC 控制程序。
- (3)能够使用输出、置位、复位指令和定时器指令完成程序的编写。

素质目标

- (1)能够独立使用网络查找资料文献。
- (2)在学习过程中保持认真、严谨的态度。

任务分解

对应“可编程控制器系统应用编程”职业技能等级标准,本项目所涉及的岗位职业技能要求如表 2-1 所示。

表 2-1 岗位职业技能要求

工作领域	工作任务	职业技能要求
可编程控制器系统连接	输入回路连接	能够正确连接 PLC 公共端,使得输入信号正常工作
		能够根据 PLC 类型选择 NPN 或 PNP 信号接入 PLC
	输出回路连接	能够正确连接直流负载
可编程控制器系统编程	可编程控制器基本逻辑指令编程	能够使用常开/常闭指令完成程序编写
		能够使用输出、置位、复位指令完成程序编写
可编程控制器系统调试	简单控制系统调试	能够完成 PLC 程序的调试

根据“可编程控制器系统应用编程”职业技能等级标准的岗位技能要求分解工作任务,如表 2-2 所示。

表 2-2 岗位工作任务分解

工作过程	工作任务	子任务
控制系统分析	任务一:CNC 加工控制系统分析	系统结构分析
控制系统配置	任务二:CNC 加工控制系统硬件设计	PLC 选型与线路连接
控制程序设计	任务三:CNC 加工控制系统软件设计	控制程序设计



任务一 CNC 加工控制系统分析

CNC 加工控制系统由上料单元、CNC 加工中心、下料单元和交互模块组成,整体布局如图 2-1 所示。系统选用 S7-1200 通过数字量 I/O 信号实现全局控制。

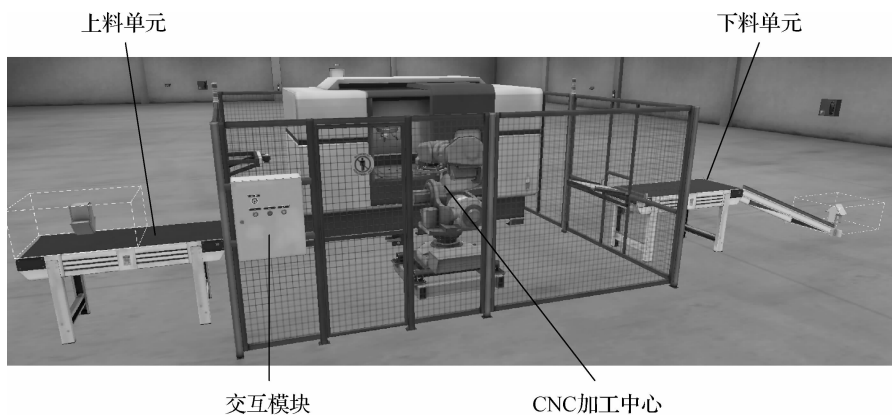


图 2-1 CNC 加工控制系统布局图