

作者：汝晓艳

适用课程：机床电气控制与PLC

## 数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床电气控制系统设计

摘要：数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床是高端装备制造领域的核心设备，集车削、铣削、镗孔功能于一体，专用于超大型复杂零件（如核电压力容器、风电主轴）的高效精密加工。PLC 编程是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。设计基于 PLC 的数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床电气控制系统，解决了大型复合机床的精度、安全与效率难题，为重型装备制造提供核心技术支撑。

关键词：机床、PLC、电气控制

### 一、背景介绍

近年来，PLC 在我国锂电、冶金、电力、纺织机械、物流设备等行业应用活跃，具有较大市场潜力。数据显示，2020 年我国 PLC 市场规模为 130 亿元。其中大中型 PLC 市场占比 51.20%，小型 PLC 市场占比 48.80%。而 2021 年我国 PLC 市场规模已达到 143 亿元，预计 2022 年将进一步达到 166 亿元。

电气 22 级学生 2024 年 5 月份进入齐重数控进行校企共建课程学习，由企业教师在现场以项目为例，学习机床电气控制系统的分析和设计。

### 二、项目案例

#### （一）项目案例内容

本项目案例在新工科背景下，以培养学生工程实践能力、创新实

践能力、自主学习能力为目标，以齐重数控装备股份有限公司的数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床为载体设计项目——分析电气控制系统，运用 PLC 进行编程，实现数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床的电气控制。以学生为中心，学校教师和企业教师共同授课，结合现场的工作情况，学习 PLC 的相关知识。

本设计分析基于 PLC 的数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床控制系统组成，根据机床的控制要求，确定机床的控制方案，设计控制系统电气原理图，进行控制系统电气元器件选型，完成 PLC 用户程序的设计，通过模拟调试，实现机床主轴，动梁、工作台等运动控制，提高工作的准确性、安全性，使制造过程变得更有效率。

2. 方法：学校课堂教学+企业现场授课
3. 评价：教师评价、小组互评、企业教师评价
4. 思政：创新意识、安全意识

## （二）关键要点

项目的关键所在是 PLC 程序的编写及仿真，本案例教学中的关键知识点、技能点、态度点如下：

（1）知识点：掌握顺序控制指令的含义、指令形式；掌握单流程顺序控制设计；掌握选择流程模式顺序控制设计；掌握并行流程模式顺序控制设计；掌握数据传送指令的含义及应用；掌握跳转指令的含义及应用；掌握算术运算指令的含义及应用；理解逻辑运算指令的含义及应用；了解交通灯控制要求；掌握交通灯控制系统设计。

（2）技能点：能够利用单流程模式顺序控制实现对电动机的控制；能够利用选择流程模式和并行流程模式实现电动机控制；能够运用数据传送指令、跳转设计、编写程序；能够运用算术运算指令设计、编写程序；能够运用逻辑运算指令设计、编写程序；能够安装调试交

通灯 PLC 控制系统程序。

(3) 态度点：科学严谨、创新意识、安全意识。

### (三) 教学使用

1. 组织引导：收集并整理与案例相关的详细资料，包括机床的结构图纸、电气系统原理图、元件参数表、生产工艺要求文档、相关标准规范以及参考书籍、技术论文等学习资源，为学生提供充足的信息支持。通过展示机床电气控制系统在实际工业生产中的应用视频、图片、带领学生实地参观企业机床车间，组织学生分组对案例进行深入剖析，引导学生从机床电气控制系统的控制对象、控制要求等方面进行分析，选择合适的 PLC，分配 I/O 地址，绘制电气原理图，设计 PLC 程序并进行仿真调试。

### 2. 教学组织：

(1) 将学生们划分为多个项目团队，每个团队由 3 至 4 人组成。团队合作，利用每个成员的独特优势，推动项目案例的各个阶段，增进团队成员间的相互学习和协作。在团队内部，要明确每个成员的职责。每个团队设立一个团队组长，主要负责项目的整体规划、协调和推进，同时负责与教师及其他团队的沟通交流。

(2) 组建一支由电气控制领域的专业教师、具有丰富工程实践经验的企业工程师组成教学指导团队。专业教师主要负责理论知识的传授、项目案例的设计与讲解以及对学生在项目实施过程中的技术指导；企业工程师则凭借其在实际生产中的经验，为学生提供工程实践方面的宝贵建议，如行业标准的遵循、实际工程问题的解决思路以及项目实施过程中的成本控制和质量保障等。



### 3. 过程设计：

引导学生分组对数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床现状进行深入细致地分析。学生需要收集和整理机床电气系统的各项技术参数，主轴电机、进给电机等控制要求，并运用所学知识对这些要求进行分析，如 X 轴：龙门沿床身横向移动；Y 轴：动梁沿龙门立柱纵向移动；Z 轴：镗铣主轴箱沿动梁垂直进给；W 轴：车削主轴（或刀架）沿轴向进给（车削工序专用）等，运用 PLC 程序实现各电机的控制。在这个过程中，教师鼓励学生采用多种分析方法，利用 AI 软件辅助学习，培养学生的系统分析思维和创新意识。

各小组在完成现状分析的基础上，根据项目目标和要求，开展机床电气系统控制方案的设计工作。在设计计划的阶段，学生们必须全面思考众多因素，包括技术的可行性、经济的合理性、操作的便利性、维护保养等方面。教师引导学生充分发挥创新思维，鼓励他们探索采用新型电气元件和先进控制技术来提升系统性能。同时，教师要求学生绘制电气控制系统的主电路图、外围接线图，并编写相应的设计说明书，对方案的设计思路、技术特点、元件选型依据、预期性能提升效果等进行详细阐述。在此期间，教师安排小组间的方案讨论与交流活动，使得各小组能够彼此分享他们的设计思路与经验，互相提出质疑与建议，推动学生间的思想交流和知识共享，进一步改善和提升方

案。



#### 4. 考核方法：

学生以团队形式设计电气控制系统的控制方案，课上利用“212模式”进行汇报，小组互评、企业教师评价后进行改进，最后教师对项目完成情况进行总结性评价。

#### 5. 教学效果：

(1) 学生通过参与数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床电气控制系统设计案例教学，对电气控制与 PLC 的专业知识有了更深入、更系统地理解和掌握。

(2) 在案例教学的项目中，学生以小组形式进行工作，每个小组都类似于一个微型的工程项目团队。在协作的团队过程中，学生们掌握了如何界定自己的角色与职责，如何与团队成员进行高效沟通与协作，如何利用自己的优势为团队作出贡献，以及如何在团队内部解决矛盾和冲突。通过团队学习培养了学生的团队意识和沟通能力。

(3) 数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床电气控制系统设计项目案例教学在齐重数控进行现场教学，为学生提供了一个真实工程环境，让学生在实践中了解到行业企业的发展，认识到所学的专业知识在实践中的应用，提升了学生的工程操作技能和工程素质。

(4) 通过参与数控龙门移动式动梁镗铣车复合机床电气控制系统设计项目案例教学，学生们在知识技能、团队合作、工程实践以及创新能力等方面均实现了全面的提升，这些能力素质的增强直接导致了学生职业素养的提高和就业竞争力的加强，为学生以后就业，从事电气控制方面的工作打下基础。