

# 基于应用背景的《电气控制及PLC》课程教学改革与实践

左东升, 张 威

上海电机学院电气学院, 上海

收稿日期: 2024年3月29日; 录用日期: 2024年6月19日; 发布日期: 2024年6月29日

## 摘 要

《电气控制及PLC》作为电气工程及其自动化专业一门实践性很强的专业基础课程, 在电气专业人才培养中占据着举足轻重的地位。为提高学生的工程实践水平, 采用案例驱动的教学方式, 以提高学生的学习主动性与积极性。采用案例驱动的教学实践表明, 通过将典型工程案例引入到《电气控制及PLC》课程教学, 对学生工程实践能力的培养和提升具有重要作用。

## 关键词

电气控制与PLC, 案例驱动教学法, 专业课程

# Exploration and Practice of Case Driven Teaching Method in Courses of "Electrical Control and PLC"

Dongsheng Zuo, Wei Zhang

Electrical Engineering College, Shanghai Dianji University, Shanghai

Received: Mar. 29<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 19<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 29<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In order to adapt to the development of new engineering, the improvement of engineering practice ability is particularly important in cultivating the application-oriented talents. Electrical Control and PLC as a practical and professional basic course plays an important role in major of electrical engineering and automation. The case driven teaching method is adopted to improve students' engi-

neering practice level, learning initiative and enthusiasm. The application of the case driven teaching practice shows that the introduction of typical engineering cases into this course teaching plays an important role in the cultivation and promotion of students' engineering practical ability.

### Keywords

Electrical Control and PLC, Case Driven Teaching Method, Major Course

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## 1. 《电气控制及 PLC》课程教学现状

《电气控制及 PLC》作为电气工程及其自动化专业的专业基础课程,是在学习电气控制技术以及 PLC 的基本原理的基础上,突出强调实践应用能力的应用型课程,旨在培养学生应用 PLC 来解决电气工程中的过程控制问题,使学生掌握基本的电气控制知识以及具备实际编程设计能力。因此,实践环节在 PLC 课程教学过程中具有重要作用[1] [2],也是锻炼与提升学生综合能力的重要组成部分。

传统的《电气控制及 PLC》课程教学中,教师一般通过课堂教学讲授 PLC 的软硬件性能以及 PLC 编程指令等基本知识[3],并通过课程实验为学生提供解决实际工程问题的思路[4]。该授课方式理论和实验教学各自有些许分裂,理论教学中留给學生进行练习和思考的时间较少,实验环节大部分学生可能无法在课堂上及时掌握运用 PLC 编程方法,降低了课堂教学质量。

上海电机学院强调“应用为本,技术立校”,是以培养学生应用能力的高校,而《电气控制及 PLC》课程作为一门实践性较强的工程应用课程,PLC 教学团队,在传统 PLC 实验室的基础上,依托电气工程及其自动化专业上海市重点学科建设点,建设了电气控制智能化与网络化实验室,引进西门子 1500 PLC 并完善了典型工程案例库,详情如图 1 所示,进行基于案例驱动的教学模式探索与实践。



Figure 1. Intelligent and networked experimental platform for electrical control  
图 1. 电气控制智能化与网络化实验室

## 2. 基于案例驱动的《电气控制及 PLC》教学探索与实践

在讲授 PLC 课程时,首先要让同学们理解 PLC 能做什么?尤其在工业控制系统中能做什么?而不是从 PLC 原理、分类、指令开始。这样有利于激发同学们的学习兴趣,有利于同学们理解 PLC 在工业控制系统中作用及核心地位。

基于案例驱动的教学方法是在课堂教学过程中,引入的典型工程案例作为教学载体[5],通过对案例所涉及知识点的讲授,使同学掌握课程知识点,引导学生对相关案例展开讨论分析,指导学生将在所学习的理论知识和工程实践相结合,以激发学生的学习兴趣和[6],提高其工程实践能力,进而提高教学效果。

### 2.1. 教学设计

讲授“基本逻辑指令”教学时,首先讲述 PLC 的核心工作原理,尤其强调程序循环执行的基本原理,然后以“抢答器”为实际案例,要求学生按照抢答规则编写程序。之所以选“抢答器”为案例,因为“抢答器”的规则是大家熟知的,除完成抢答的基本功能外的更细部的规则可以自定义。比如用户程序是先进行输入扫描,然后执行程序,然后输出扫描,引导同学思考如果在一个扫描周期内,如果出现两个以上抢答按钮同时按下,程序该如何响应?虽然一个扫描周期很短,但也存在极小概率的可能性,一旦出现,程序不能没有考虑,借此机会强调工业控制软件要求零 BUG,也就是所有的极小概率的情况都应该有考虑,整个程序须经过完整的验证及测试。

讲述“定时器”指令时,要求同学们以日常的红绿灯为对象,红绿灯的控制规则普通人都有一定的了解,但作为设计者可以更加细化控制规则,每种控制规则没有绝对的完美,但必须具备相对合理,然后用 PLC 定时器实现同学们自己设定的控制规则,在这个过程中告诉同学们工业控制的规则最初的设计也不一定是完美的,也是在生产实践中不停的迭代,逐步趋向完美。

讲授“5.1 梯形图的经验设计法”章节时,通过引入工业起重机视频,导入本节授课知识的载体——电动机的正反转控制这一典型案例,利用实际案例以启发式的方式引导学生了解理论知识的意义及应用方法,使单一枯燥的理论知识变得鲜活起来。在讲授基于经验设计法对三相异步电动机进行正反转控制方法时,引入在异步电动机控制的执行及保护器件:熔断器(FU)、接触器(KM)和热继电器(FR)在线路中的接法及选型的规则,采用梯形图进行 PLC 程序设计及实验过程相应的案例驱动的教学设计路线图如图 2 所示。

### 2.2. 教学案例

1) 主电路设计,工业起重机有三个运动方向, X 向、Y 向、Z 向,每个方向都涉及电机的正反转。异步电动机正反转继电器控制电路如图 3 所示,可知,交流接触器 KM1 和 KM2 分别控制异步电动机正转和反转;热继电器 FR,防止电动机过载;控制电路由两个起保停电路组成,为了节省触点,FR 和 SB1 的常闭触点供两个起保停电路公用。除讲述接触器、熔断器、热继电器等常规的电气控制元器件的功能之外,重点讲述选型的依据和计算方法。以及本设计方案以外的替代方案,比如用空气断路器替代熔断器、重点讲述这两种元器件的区别和用法,以及空气断路器的选型要点。

按下正转起动按钮 SB2, KM1 的线圈通电并自保持,电动机正转运行。按下反转起动按钮 SB3, KM2 的线圈通电并自保持,电动机反转运行。按下停止按钮 SB1, KM1 或 KM2 的线圈断电,电动机停止运行。为了方便操作和保证 KM1 和 KM2 不会同时动作,设置了“按钮联锁”,将正转起动按钮 SB2 的常闭触点与控制反转的 KM2 的线圈串联,将反转起动按钮 SB3 的常闭。同时,在控制电路中, KM1 的线圈串联了 KM2 的辅助常闭触点, KM2 的线圈串联了 KM1 的辅助常闭触点,它们组成了硬件互锁电路。这部分内容相对比较直观,学生比较容易接受。然而在复杂的控制系统继电器控制线路就显得特别复杂,复杂就会导致故障率高、可靠性差,此时引入 PLC 控制系统,重点讲述 PLC 控制系统和继电器控制

系统的差别和优缺点, 进一步讲述 PLC 控制系统如何完成工业起重机电机的正反转控制等, PLC 控制原理图如图 4 所示。

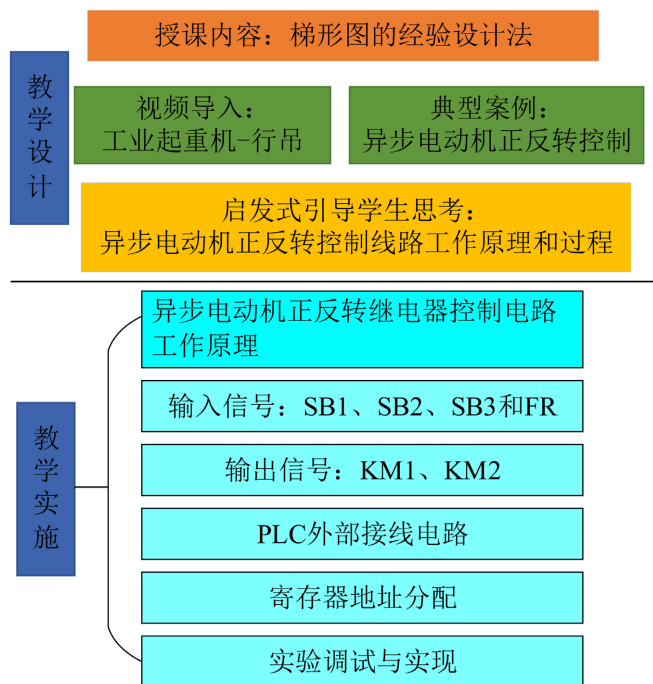


Figure 2. Case driven Teaching Method Design  
图 2. 案例驱动的教学设计

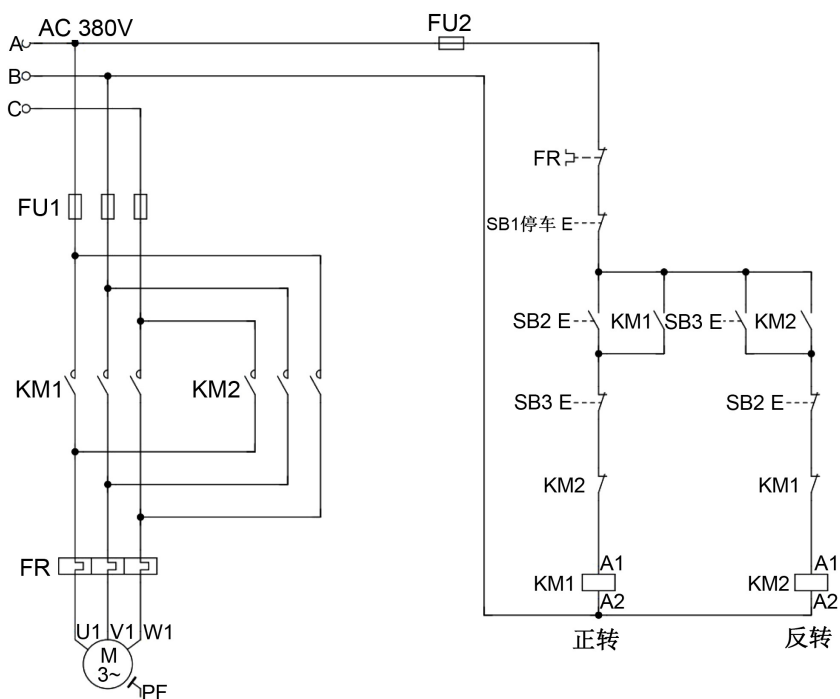


Figure 3. Main circuit and control circuit diagram for forward and reverse control of three-phase asynchronous motors  
图 3. 三相异步电动机正反转控制的主电路和继电器控制电路图

2) PLC 控制系统输入和输出信号。实现三相异步电动机正反转控制的 PLC 外部接线图如图 4 所示。在设计以 PLC 为核心控制器的控制系统时, 首先应确定 PLC 的输入信号和输出信号。3 个按钮提供操作人员发出的指令信号, 按钮信号必须输入到 PLC 中去, 热继电器及到位传感器等信号触点为 PLC 提供了外部的状态感知与采集。PLC 输出的两个点分别接交流接触器的线圈, PLC 即可实现对外部设备的控制。

3) 寄存器地址分配。根据 PLC 的外部接线图, 确定了外部输入/输出信号与 PLC 内的过程映像输入输出位的地址之间的关系。结合三相异步电动机正反转控制的主电路 and 继电器控制电路, 确定各触点的常开、常闭状态和各触点的地址。SB1 和 FR 的常闭触点串联电路对应于图 4 中 I0.2 的常闭触点。此种接法有利于节约输入点, 但不利于信息的区分, 授课时讲明两种接法的优缺点。

4) 软件编程。参考继电器控制线路的结构, 编写 PLC 软件, PLC 编程软件有多种语言, 其中梯形图是最接近继电器线路的编程语言。如图 5 所示的梯形图, 控制 Q0.0 和 Q0.1 的两个起保停电路分离开来, 电路的逻辑关系比较清晰。虽然多了一个 I0.2 的常闭触点, 但是并不会增加硬件成本。此时重点强调软触点的概念, 让学生理解 PLC 系统相对传统的继电器线路的优势。图 5 使用了 Q0.0 和 Q0.1 的常闭触点组成的软件互锁电路或称逻辑互锁电路。图 4 输出回路 KM1 和 KM2 的常闭辅助触点分别串入对方的电气回路, 形成硬件互锁, 从正转马上切换到反转时, 由于切换过程中电感的延时作用, 可能会出现原来接通的接触器的触点还未断弧, 另一个接触器的触点已经合上的现象, 从而造成交流电源瞬间短路的故障。硬件互锁也称电气互锁。

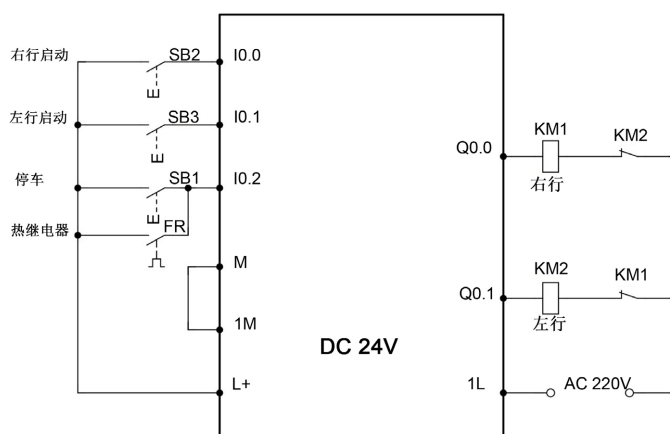


Figure 4. PLC External Wiring Diagram

图 4. PLC 外部接线图

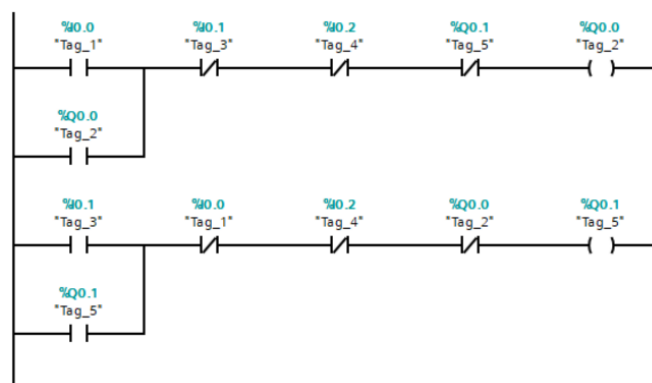


Figure 5. LAD

图 5. 梯形图

5) 实验调试与实施。在讲授完三相异步电动机正反转控制的主电路和继电器控制原理、PLC 的相关指令及梯形图设计原理的同时,基于实验室硬件引导学生进行对实验室异步电动机(如图 6 所示)进行 PLC 正反转实验平台的搭建,相应的接线如图 7 所示,以强化学生对 PLC 理论知识的理解,培养学生的动手操作能力。



Figure 6. Asynchronous Motor

图 6. 异步电动机

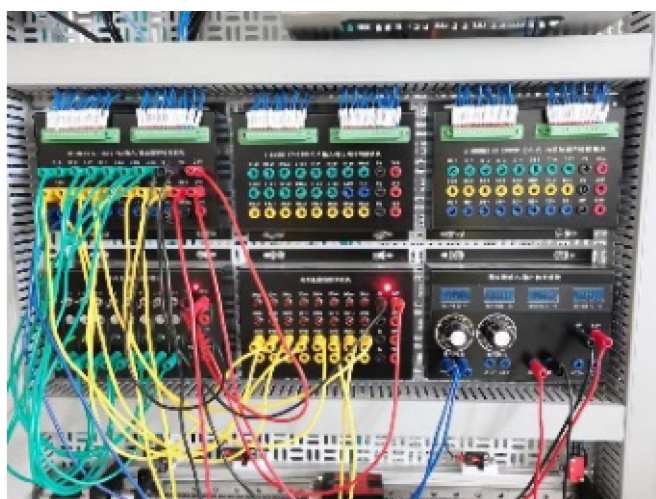


Figure 7. PLC Experimental Wiring Terminals

图 7. PLC 实验接线端子

### 3. 总结

为突出教学中“以学生为主体”,充分调动学生学习的积极性和主动性,在“抢答器”设计中,同学们积极参与讨论提出自己的方案,老师引导同学理解程序的执行过程及思考程序存在的缺陷,学生讨论热烈,积极思考。再比如利用红绿灯为典型工程案例教授定时器的使用时,同学们积极参与红绿灯规则的讨论,加入人行道信号灯控制,并自己编程实现,在学习 PLC 编程的同时了解工艺设计,利用工业起重机实况视频,导入三相异步电动机正反转控制这一典型案例,引入同学对以 PLC 为核心完成对外部设备控制的基本概念。以典型案例为理论教学知识载体,讲授 PLC 相关理论的同时激发学生的学习兴趣,这不仅扩展了学生的知识面,还丰富了教学形式。在教学方法上,针对课程中不同知识点的特点,

合理利用多媒体教学、典型案例教学和学生实验调试实验的教学方法,使学生在掌握 PLC 相关理论知识的同时,培养学生自主完成基于 PLC 的复杂工业控制系统设计的能力,有效提高了学生学习电气控制与 PLC 技术的兴趣、热情和工程实践能力。

### 参考文献

- [1] 杨新宇, 李大喜, 邵思羽, 等. 基于混合式教学模式的电气控制及 PLC 课程教学改革[J]. 高教学刊, 2022, 8(4): 132-135.
- [2] 翁国庆, 张有兵. “新工科”背景下 PLC 课程虚实结合多层次实践平台构建[J]. 高教学刊, 2021, 7(23): 11-13+18.
- [3] 张颖, 程如岐, 张维, 等. PLC 原理与实验课程四立方模式的设计与实践——以自动化立体车库控制系统教学为例[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(12): 173-178.
- [4] 杨冰, 黄书童. 翻转课堂在 PLC 控制技术教学中的应用与研究[J]. 教育教学论坛, 2019(24): 167-168.
- [5] 张利, 黄一, 计时鸣, 等. 基于案例驱动的《系统仿真》课程教学实践[J]. 教育现代化, 2018, 5(22): 164-165.
- [6] 徐省华. “互联网+教育”背景下基于案例驱动的教学模式研究——以“大学计算机应用基础”课程为例[J]. 教育现代化, 2019, 6(59): 224-226.