

基于电梯控制模型设计的可编程控制器的教与学

董冀媛, 孙昌国, 王尚君
(北京科技大学 信息工程学院 北京 100083)

摘要: 针对可编程控制器教学存在的问题, 提出一种以设计基于 S7-300 的电梯控制系统为任务的教学模式, 以达到学生主动参与, 较快掌握可编程控制器原理及应用方法之目的。

关键词: 任务驱动教学; 可编程控制器; s7-300; 电梯控制

中图分类号: TP11 文献标识码: 文章编号:

Teaching and Learning PLC Based on Designing Elevator Control System

DONG Ji-yuan, SUN Chang-guo, WANG Shang-Jun
(Dept. of Automation, School of Information Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing, 100083, China)

Abstract: According to resolving the problems existed in the PLC teaching, a task-driving teaching approach based on the designing of one elevator control system is put forward in this paper. It should be much more in favor of the development of the students' ability and personality and lead students to master the application technology of PLC as soon as possible.

Keyword: task-driven teaching method; Programmable Logic Controller; S7-300; elevator control

CLC number: TP311 Document code:

Article ID:

Email: sunchangguo@sina.com

1 引言

随着工业技术的突飞猛进, 可编程控制器在工业控制领域扮演着不可替代的重要角色, 工科类学校均开设了以讲授可编程控制器原理及应用为主要内容的专业课。但是目前我们在 PLC 的教学中存在一些问题:

- 1) 讲授内容过于“理论化”, 不重视实验环节, 理论与实践相脱节。
- 2) 讲授方式单一, 多媒体教学或黑板教学方式为主的填鸭式的教学模式, 学生无法积极参与, 效果很差。
- 3) 知识点零散, 学生只见树木, 不见森林, 不能解决实际问题。

随着教学计划的不断改进, 一些研究型理工科类大学将可编程控制器原理及应用这门专业课的教学学时压缩到 30 学时左右。如何在这么短的时间内让学生掌握好可编程控制器的基本原理及使用方法, 既有扎实的理论基础又有较强的解决实际问题的能力, 是从事 plc 教学的老师值得深思的问题。

培养学生的学习兴趣, 让学生拥有学习的主动权是获得良好的教学效果的关键。建立在建构主义教育理论基础之上的“任务驱动”教学法, 就是让学生在一个个典型的任务的驱动下展开学习活动的。尤其适用于实践性很强的课程。本文将任务驱动教学模式应用到可编程控制器的课堂教学中, 以设计简单的电梯控制模型为任务, 组织学生在解决问题中主动学习, 增加了课堂教学的实践性和趣味性, 使得学生的学习兴趣和学习效果都有较大的提高。

2. “任务驱动”教学模式

作者: 董冀媛, 女, 山西阳城人, 硕士, 讲师, 研究方向: 信息自动化, tel: 010-62334995;

Email: dongdandan9@126.com

通信作者: 孙昌国, 男, 博士, 副教授, 研究方向: 控制理论与控制工程, tel: 010-62332926;

所谓任务驱动教学法，是指任课教师根据教学主题（目标）设计并提出任务，针对所提出的任务，采取演示或讲解等方式，分析任务并给出相应的思路、方法、操作和结果。因此任务驱动教学模式体现了“主导—主体结合”的教学设计原则，它避免了在以教为主和以学为主的教学设计中教师主导作用和学生主体地位体现的相互矛盾，既发挥了教师的主导作用，又充分体现了学生的主体地位。

任务驱动教学中有两点非常关键，一是任务的科学设计，二是在完成任务过程中的合理引导。这需要教师的精心设计。

首先提出的“任务”能够激发起学生的学习兴趣，能联系生活的实际，便于学生观察。其次任务要有实践的可能，实验室有相应的实验设施，能够让学生具体操作。增强动手能力，并能检验任务完成的准确程度。再次任务包含要掌握的所有知识点，学生在学习新知识和复习旧知识的过程中提高综合运用知识的能力，最后提出的任务要留有学生创新的余地，引导学生自主发挥，去探求知识、获取知识、运用知识。

在完成任务过程中，合理的引导非常重要，教学学时是有限的，因此教师必须设计合理的环节，自然地将学生引导到正确的解决问题的途径上。下面就电梯控制系统设计为实例介绍 S7-300 的教与学。

3、电梯模型控制系统的任务设计

可编程控制器在电梯控制领域的应用广泛而深入，电梯又是学生日常上课使用的代步工具，学生对于电梯运行逻辑非常熟悉，因此提出利用可编程控制器来实现电梯控制系统不仅可以激发起学生学习这门课程的兴趣，还能让学生自己总结电梯的运行逻辑，得到控制要求。

3.1 电梯模型简介

图 1 是实验室的电梯控制模型。该装置是一个模拟真实电梯的微缩模型，它使用了 PLC、传感器、变频调速器、交直流电机控制等技术，具有轿厢升降、自动平层、自动开关门、顺向响应轿厢内外的呼梯信号、直驶、安全运行、保护等功能，也可配置监控软件由上位计算机监控。

该装置采用台式结构，由主体框架、导轨、轿厢、配重等，并配有三相交流电机、变频调速器、控制器（PLC）、传感器、外呼梯及显示屏、内选按钮及指示灯、信号接口板等，构成典型的机电一体化教学模型。

电梯模型的主体框架及导轨是由特制铝型材制成，它保证了轿厢的支撑和顺畅运行。轿厢及门控系统是电梯的主要被控对象，它采用钢丝绳和滑轮组结构悬吊于道轨之间，具有仿真度高的特点。轿厢的开关门自动控制系统是由门导轨、滑块、传动皮带、驱动直流电机、位置传感器组成。在 PLC 的控制下，轿厢到位后完成门的自动开启、延时、自动关闭的动作。配重是与轿厢配合完成上下运行的重要部件，可以使轿厢运行平稳、能耗低。驱动电机是轿厢运行的曳引原动机，它采用三相交流电机配合变频调速器实现加减速控制、正反转控制、点动控制等操作。外呼按钮及显示屏是模拟实际电梯轿厢以外各楼层的呼梯信号及显示轿厢位置的部件。内选按钮及指示灯是模拟实际电梯轿厢内的楼层选择信号以及开关门选择的部件。

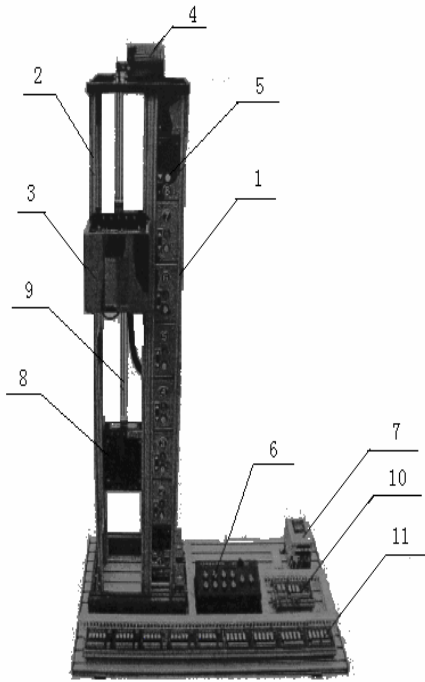


图 1：电梯模型结构示意图

1-主体框架；2-导轨；3-轿厢；4-驱动电机；5-外呼按钮及显示；6-内呼按钮及指示；7-变频调速器；8-配重；9-钢索；10-电机驱动板；11-信号端子

控制系统由控制器（此为西门子 S7-300 PLC）、传感器、变频调速器、端子板和直流电源等组成。控制器接收外呼按钮、内选按钮和设在导轨上各楼层传感器的信号并通过预先设定的程序对变频调速器、指示灯和楼层显示屏进行控制，使轿厢按照规定的运行规律升降、顺向响应、变速、平层、开关门及显示等，通过编程实现对电梯的智能控制。楼层传感器采用了

当前较先进的非触点式无触点光电形式。

3.2 任务设计

设计任务为：利用 S7-300 设计出具有基本功能的电梯模型，并通过实验验证自己的设计结果。当然这一任务不可能让学生一下子就完成，这需要教师反复利用总体任务，合理划分子任务，将所授可编程控制器的知识点循序渐进地安排其中，等到每一个子任务都完成了，基于可编程控制器的控制系统的设计步骤、设计方法、可编程控制器的使用等等也就基本掌握了。

任务一：电梯的结构和工作原理

了解电梯的结构和原理这一任务主要是激发学生的求知欲，并且对电气基础知识有所了解。在课堂由老师边演示、边发问、边讲解，引导学生一步步思考完成学习，最后教师可以列出硬件连接图，选择一部分给学生讲解，剩下的则可布置任务，让学生自己理解，查相关资料掌握。

教师可边演示电梯的运行边提示学生观察电梯的结构和组成，从而了解电梯的动作方式及控制原理。可重点提示轿厢升降、层定位、轿箱门控的工作原理，帮助学生理解。

例如：提示轿厢是由三相交流电动机带动升降的，电动机受变频器的控制可以有不同的速度，可编程控制器则是向变频器发出信号，决定电动机在什么时刻选择哪种速度。为了简单起见，只设置了高、中、低三种速度实现轿厢平层前后的加减速控制。这样对于变频器的选型、参数设定、及控制原理等不用详细讲解，可布置任务让学生自己查资料来解决。

学生在观察电梯运行时问到电梯平层的原理，这一点教师应该讲解清楚。例如：电梯模型的平层是依据三只光电传感器检测轿厢位置实现的。当电梯上行时，若只有每层下方的传感器检测到了，则说明即将到达该层，如有请求则轿厢运行速度由高速转向中速，等到处于中间位置的传感器也检测到则轿厢运行速度由中速转向低速，做好停车准备，直到三只传感器均检测到轿厢，则电机停车，实现平层。反方向也是同样道理。轿厢门的开闭由一只直流电机驱动，一块驱动板完成极限位保护和换向驱动动作。

此过程中学生会对电气控制中常用的低压电器设备的功能、原理、如何与可编程控制器组成整个控制系统，可编程控制器的基本组成及工作原理等知识自然而然的去探索学习。这样上课伊始就激发了学生的好奇心，学生不仅掌握了电梯的机械结构、电气控制系统和拖动系统的工作原理，而且认识了 PLC 在整个

控制系统中的中枢作用，理解了 PLC 的周期扫描工作方式，PLC 的基本组成及与继电器控制系统的区别和联系等常识。接着教师可介绍目前 PLC 有哪些产品，分类标准，不同的机型分别适合于那些场合等等。最后确定一种机型作为主要学习目标，比如选定西门子的 S7-300 系列。完成了可编程控制器概述的主要内容。

教师可让学生自己总结这次任务的内容，例如画出电梯控制系统的原理框图，总结电梯的控制要求等，为后续任务做好铺垫。

表 1 电梯模型 I/O 地址分配表

I4.0~I5.7	每层传感器	Q12.0	关门
I8.3~I10.0	每层呼叫键	Q12.1	开门
I8.2	关门门限	Q12.2	电梯运行
I10.2~I11.1	轿厢内呼键	Q12.3	上行/下行
I10.1	检修/运行开关	Q12.4	电梯低速运行
I8.0	中传感器	Q12.5	电梯中速运行
I8.1	开门门限	Q12.6	电梯高速运行
I11.2	轿厢内关门键	Q12.7~Q14.4	每层呼叫灯
I11.3	轿厢内开门键	Q16.5	电梯下行 LED
Q16.6	电梯上行指示	Q16.7	电梯上行 LED
Q19.1~19.7	楼层指示 LED	Q18.0~Q18.7	轿厢内呼灯

任务二：完成电梯模型与 S7-300 之间信号的硬件连接

完成可编程控制器的选型和与信号的硬件连接是控制系统设计的第一步。这个任务的目的是让学生弄清楚 S7-300 的硬件组成。如电源、CPU、接口模块、信号模块以及特殊模块都具有哪些种类，如何选型，信号模块的输入接口和输出接口分别有哪些形式，适合于什么场合。提示学生通过 S7-300 的使用手册可获得每一种模板的技术指标以及技术指标的具体含义、硬件连接需要注意的问题等。学生需要仔细分析电梯的工作逻辑，明确电梯具有哪些信号，分别属于什么性质。本电梯控制模型只涉及到逻辑控制，只有数字量的输入输出，因此信号模块只选择数字量输入输出模板即可。教师要提醒清楚 S7-300 的信号模块的寻址并注意外部信号的形式，要求学生画出 PLC 与外部信号的硬件连接图，完成 I/O 表的地址分配。这个任务

不仅促使学生对 S7-300 的硬件组成有详细的了解，还清楚了基于可编程控制器的控制系统设计的几个关键步骤。最后教师可给出一个参考的地址分配方案，将学生分组，例如 3 人组成一小组完成部分信号的连线工作，几个小组共同完成单部电梯的信号连接。

表 1 为该电梯模型的参考 I/O 分配表，楼层为 8 层，为简单起见，先根据实际需要设 44 个输入点，39 个输出点，留给学生优化设计的余地。

任务三：总结电梯的控制逻辑，实现电梯控制程序的模块划分增加动手能力。

教师可先让学生自行总结，然后再补遗漏。学生对电梯非常熟悉，因此这一环节学生表现会很积极，运行逻辑不断得到补充，功能不断完善，教师可以在此基础上规定正常工作状态的基本功能，提示还有其他如消防、强制、有无司机等工作情况，允许学生在此基础上发挥，这样既保证了基本工作量，又给学生创新的余地。

例如教师可总结给出如下控制要求：

(1) 上行时，前方楼层有内层选定信号或梯外同方向召唤信号时，电梯到达该层将要开门响应请求信号。

(2) 上行时，前方各楼层若只有轿厢外下行方向的召唤信号而均无上行信号或内层选定信号时，电梯将登记请求信号，继续上行至有外反方向召唤信号的前方楼层的最高层，到达该层开门响应请求信号，并反方向运行。

(3) 下行时，前方楼层有内层选定信号或梯外同方向召唤信号时，电梯到达该层将要开门响应请求信号。

(4) 下行时，前方各楼层若只有轿厢外上行方向的召唤信号而均无下行信号或内层选定信号时，电梯将登记请求信号，继续下行至有上行方向召唤信号的前方楼层的最低层，到达该层开门响应请求信号，并反方向运行。

(5) 电梯响应某一个请求信号时，首先开门。如果有人按下关门按钮，轿厢将关门。如果没有人按下关门按钮，电梯轿厢门将延时 10 秒后自动关门，在关门过程中，如果有人按下开门按钮，则停止关门，开门响应请求。

(6) 显示功能要求：轿厢外每一楼层及轿厢内应有运行方向的指示灯以及电梯所在楼层数码显示；轿厢内楼层选定按钮被按下时当点亮，当有该楼层的外召唤信号时，也应该亮，当到达该楼层之后，完成开门响应，关门继续运行时，按钮的指示灯灭；轿厢外每一楼层的上行或下行按钮被按下时，按钮灯应亮，当电梯开门响应请求后，指示灯灭。

确定控制要求之后，让学生自己写出电梯控制程序的主流程，划分程序模块，并给出每一模块的具体定义。

任务四：编程实现各模块功能。

教师可以给出一个参考的模块划分，这样如果学生有自己的想法，可以按照自己设计的实行，如果对于自己设计的不是很有把握，也可以参考老师的方案改进设计。例如电梯控制程序划分为楼层检测电路模块、控制七段数码管显示楼层电路模块、电梯选向电路模块、减速点信号产生电路模块、电梯轿厢开关门电路模块和按钮记忆灯显示电路模块等。每一模块有明确的功能，如楼层检测电路模块是读入楼层编码并将该记忆信号存入对应的中间寄存器，直到楼层改变为此。控制七段数码管显示楼层电路模块主要控制数码管的显示，电梯的选向模块主要是完成电梯在响应呼叫时作出的向上运行还是向下运行的判断。减速点信号产生电路模块完成将减速点信号通知系统的任务，电梯在运行到目标楼层检测点时要进入减速状态，而电梯在运行过程中会碰到很多的楼层检测点，只有到目标楼层的检测点时才会发出减速通知，电梯在经过目标楼层检测点时接到这个信号就开始减速了。电梯轿厢开关门电路模块和按钮记忆灯显示电路模块是为了便于控制组成的模块，分别控制轿厢的开关门和按钮接通之后需要记忆显示的发光二极管电路等。

教师可将学生分组，分别编程实现不同模块。在这一过程中，教师可以先以一个简单的环节为例，如轿厢门的开关控制，既讲解位逻辑指令、定时器的使用，又介绍如何在 Step7 软件上进行程序的编写和调试，引导学生目标明确地学习 S7-300 的编程语言和指令系统以及 Step7 软件的使用方法，从而自己去完成模块程序的编程和调试。这样学生就不会觉得学习指令是件枯燥的事情了。

这个任务实际上是多个子任务，需要学生分工合作，因此也锻炼了学生的团队工作能力。完成模块编写之后，要将几个模块连成一个整体，调试通过，然后将程序下载到 S7-300 中用实际电梯模型的运行检验程序的正确性。教师要把握每一组学生编程的思路，以便遇到问题能够提示学生，帮助学生找到问题所在和引导学生找到解决问题的途径。

3.3 任务完善和创新

通过几个简单任务的设计目的是让学生积极参与进来，有学习的兴趣，并在较短的时间内掌握基于可编程控制器的控制系统的设计方法和 S7-300 的使用方

法，因此仅仅是电梯的基本功能，若想用到实际当中，还需要许多增加较多的考虑。教师可以引导学生不断增加和改进原来的功能，鼓励学生积极创新。例如当层数增加时，是否可以采取措施节约输入输出点的个数，怎样处理电梯出现的紧急情况，如通常采取的消防、强制等工作状态，与实验室其他两部电梯组成群控电梯系统等等，给学生提供充分发挥想象力和创造性地平台。

4.总结

可编程控制器是一门实践性非常强的专业课程，只有学生积极动手，主动参与才能掌握实际技能。以往的填鸭式教学，简单重复实验的模式越来越不适用现在市场对学生动手能力的的需求，因此教师以任务方式引导学生边学边练，让学生独立或协作完成相应的学习任务，在完成任务的过程中掌握知识，同时培养学生的创新意识和创新能力以及自主学习的习惯，让学生自己提出问题，并经过思考，自己解决问题，实现"学中做"、"做中学"，才能达到学生真正掌握知识与技能之目的。任务选择应用较广的 S7-300 作为主要机

型和学生十分熟悉的电梯作为控制对象，不仅让学生产生了浓厚的学习兴趣，还让学生在设计当中不必花费太多精力了解控制对象的工艺，给学生信心保证能够较为顺利地完成任务。

参考文献（References）：

- [1]廖常初.《S7-300/400PLC 应用技术》[M]，北京：机械工业出版社，2006
- [2]Siemens 公司. SIMATIC S7-300 和 S7-400 梯形逻辑（LAD）编程参考手册，2004.
- [3]张汉杰,王锡仲,朱学莉. 现代电梯控制技术. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社,1996.
- [4]王平，崔纳新；PLC 在电梯控制中的应用，微机算机信息，1999(2)：44-45
- [5]杨祯山，邵诚；电梯群控技术的现状与发展方向，控制与决策，2005,20(12):1331-1335
- [6]姜振安.“任务驱动”教学法与学生实践能力培养[J]. 职教通讯,2003（7）:45-47
- [7]胡正红,王丽平；任务驱动教学法在信息技术课程中的应用[J]，教学与管理，2007（24）:139-144