

中国职教学会教学工作委员会自动化类专业研究会规划教材
“国家职业教育课程资源开发与质量监测评估中心”研发成果
职业教育“工程实践创新项目”教学理念推广应用课程开发成果
全国职业院校技能大赛成果转化中心开发成果

Modern Electrical Control System
Installation and Testing

现代电气控制系统
安装与调试

汤晓华 蒋正炎 主编

中国职教学会教学工作委员会自动化类专业研究会规划教材
“国家职业教育课程资源开发与质量监测评估中心”研发成果
职业教育“工程实践创新项目”教学理念推广应用课程开发成果
全国职业院校技能大赛成果转化中心开发成果

Modern Electrical Control System
Installation and Testing

现代电气控制系统
安装与调试

汤晓华 蒋正炎 主编

范其明 李云龙 钟苏丽 隋明森 副主编

内 容 简 介

本书从实际工程入手,在了解、学习真实工程项目的基础上,提炼出真实工程项目中的核心技术,以 YL-158GA1 现代电气控制系统实训装置为载体,由易到难,由单一到综合,完成现代电气控制技术的项目化实践学习。

本书内容包括教学设计、现代电气控制系统简介、现代电气控制系统的核心技术、现代电气控制系统的单元调试、现代电气控制系统的安装与调试以及现代电气技术新形态,通过任务的形式引导读者在实践中学习。

本书适合作为高职院校综合实践教学、创新实践教学的教材,也可作为本科层次职业教育自动化类专业电气控制实践教学的指导用书,以及不同类型学校学生开展工程创新实践活动的指导用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代电气控制系统安装与调试:“国家职业教育课程资源开发与质量监测评估中心”研发成果 职业教育“工程实践创新项目”教学理念推广应用课程开发成果 全国职业院校技能大赛成果转化中心开发成果 / 汤晓华, 蒋正炎主编. — 北京:中国铁道出版社, 2017.7

中国职教学会教学工作委员会自动化类专业研究会规划教材

ISBN 978-7-113-23042-5

I. ①现… II. ①汤… ②蒋… III. ①电气控制系统—安装—职业教育—教材②电气控制系统—调试方法—职业教育—教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 093573 号

书 名:现代电气控制系统安装与调试

作 者:汤晓华 蒋正炎 主编

策 划:秦绪好 祁 云

读者热线:(010) 63550836

责任编辑:祁 云 彭立辉

封面设计:刘 颖

封面制作:白 雪

责任校对:张玉华

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com/51eds/>

印 刷:北京尚品荣华印刷有限公司

版 次:2017年7月第1版

2017年7月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:14.25 字数:339 千

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-23042-5

定 价:42.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

作者简介

汤晓华

天津机电职业技术学院副院长，教授；天津市有突出贡献专家，全国电力职业教育教学指导委员会委员，新能源专委会副主任，中国职教学会自动化技术类专业研究会副主任；曾在德国、日本、新加坡以及中国香港等大学访学；国家级精品课程《水电站机组自动化运行与监控》负责人；省级精品课程《可编程控制器应用技术》负责人；公开发表学术论文30篇，主编教材8部，其中《工业机器人应用技术》《风力发电技术》等5部教材立项为“十二五”职业教育国家规划教材；获国家教学成果奖3项，省市级教学成果奖4项；主要参与3项国家级、省市级教育科学规划课题，获得省级科技进步奖项2项，主持企业技改项目10余项，获专利8项；2008—2014年参与全国职业院校技能大赛裁判工作，任赛项专家组成员；2015年任全国职业院校技能大赛专家组组长。



蒋正炎

蒋正炎，常州轻工职业技术学院电子电气工程系主任、副教授/高级工程师；中国职教学会自动化技术类专业教学研究会委员、机械行指委智能装备分指委委员、江苏省第六届青年科协委员、常州市第十届青联委员、江苏省“青蓝工程”年轻骨干教师，2012年至今任全国职业院校技能大赛多个赛项裁判和专家组成员。

负责国家精品资源共享课“轻工自动机电气系统调试与维护”，主持建设2项机电一体化技术、工业机器人技术专业国家教学资源库子项目，主持建设江苏省品牌专业和江苏省双证试点专业，负责建设多个国家级、省级实训基地；任主编、副主编的“十二五”职业教育国家规划教材4部，主编江苏省重点教材1部，编写其他专业教材5部，主持江苏省“十二五”教育科学规划重点资助课题等省市级课题5部，荣获江苏省信息化大赛一等奖等荣誉。



范其明

范其明，天津中德应用技术大学智能制造学院电气系主任，讲师。2007年参加工作，有两年企业工作经历。2011年毕业于东北大学控制理论与控制工程专业，硕士研究生学历，主要研究领域为复杂系统的建模与控制、非线性系统的自适应控制。

从教以来，先后承担了自动控制原理、电机与拖动、电气控制与PLC、现代电气控制系统安装与调试等相关课程教学工作，参与编写《SIMATIC 可编程控制器及应用（第2版）》《智能电梯装调与维护》《电机拖动与调速技术》《工厂供电》《水工业自动化》等相关专业教材5部；发表专业论文8篇，其中核心期刊2篇；参与省部级以上科研项目2项，申报专利2项；先后多次参与指导学生参加全国及天津市各类技能大赛，获奖多次，并获得了“2015年全国职业院校技能大赛优秀工作者”荣誉称号。



李云龙

李云龙,天津中德应用技术大学教师,主要从事“可编程控制技术”“运动控制技术”“工业机器人技术”等课程的教学与研究工作。编写专业教材1部,先后发表相关专业论文7篇,作为主要完成人曾获得天津市第七届高等教育教学成果奖二等奖。作为指导教师曾获得过2015年全国职业院校技能大赛高职组“亚龙杯”现代电气控制系统安装与调试赛项一等奖,2016年全国大学生西门子杯智能制造挑战赛二等奖,2016中国技能大赛天津市工业机器人技术应用技能大赛一等奖。2016年获得全国职业院校技能大赛优秀工作者称号。



钟苏丽

钟苏丽,烟台职业学院副教授。入选山东省首届青年技能名师培养计划名单,是山东省教学团队“电气自动化技术专业”和“机电一体化技术专业”主要成员。

参加“亚龙杯”自动线安装与调试教师能力大赛并获得二等奖、获得全国机械职业院校“实践教学能手”称号,获得2016年山东省职业院校教师技能大赛一等奖第一名。作为副主编参加了普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职)《可编程控制器项目化教程》的编写工作,参编“十一五”职业教育国家规划教材《PLC应用技术》。指导学生参加全国职业院校技能大赛“现代电气控制系统安装与调试”获得二等奖,指导学生参加山东省职业院校技能大赛“自动化生产线安装与调试”与“电气控制系统安装与调试”获得一等奖。担任山东省精品课程“自动线运行与维护”课程负责人,是省级精品课程“PLC应用技术”和“运动控制卡开发与应用”的主讲教师。



隋明森

隋明森,日照职业技术学院机电工程学院讲师。曾指导学生参加全国职业院校技能大赛“现代电气控制系统安装与调试”赛项获得一等奖,指导学生参加山东省职业院校技能大赛“自动生产线安装与调试”赛项获得一等奖,指导学生参加全国大学生智能汽车竞赛(山东赛区)获得二等奖,指导学生参加第八届山东省大学生机电产品创新设计竞赛获得二等奖。负责和参与铸造生产线系统改造维护、污水脱硫系统等项目的设计。



——中国职教学会教学工作委员会自动化类专业研究会规划教材——

编 审 委 员 会

主 任：吕景泉

副 主 任：严晓舟

汤晓华

陈继全

关 健

张文明

韩全立

委 员：（按姓氏笔画为序）

王永红

成建生

刘玉梅

李 军

张 晔

陈小林

赵文才

姚 吉

秦绪好

陶国正

蒋正炎

龙志文

朱凤芝

刘维娥

李高建

张永飞

陈永平

段文燕

姚永刚

徐国林

曹振军

魏祥祯

卢庆林

朱运利

李 文

何 琼

张永花

林 嵩

祝瑞花

秦益霖

陶 权

董 燕

FOREWORD 前言

为了落实教育部加强高等职业院校内涵建设的要求,结合制(修)定“高等职业教育专业教学基本要求”的需要,中国职业技术教育学会自动化技术类专业教学研究会启动了“工程实践创新项目”建设计划。

该建设计划主要工作包括:组建工程实践创新项目工作组,制定工程实践创新项目实训室建设标准,遴选工程实践创新项目实施支撑平台,创建全国性工程实践创新项目基地、开发工程实践创新项目教材和教学资源,实施工程实践创新项目师资培训,典型专业教学方案推介、工程实践创新项目赛项设计,工程实践创新项目推广等。

“现代电气控制系统安装与调试”是“工程实践创新项目”建设计划项目之一,在项目计划实施过程中,中国职业技术教育学会自动化技术类专业教学研究会专业建设组专家、课程建设组专家教师作为项目实施骨干人员;浙江亚龙教育装备股份有限公司作为该项目计划的重要合作企业参与方,共同为该项目计划提供了工程实践创新项目实施支撑平台。

2015年7月,在天津举办的2015全国职业院校技能大赛中,“现代电气控制系统安装与调试”作为高职组赛项成功举办,2016年北京、江苏、浙江、山东、福建、陕西等多个省市举办该项目的省级大赛。以赛促学、以赛促教、赛教结合,将大赛成果转化为教学资源,围绕现代电气控制技术教学应用,开发高水平的教学资源,服务各类院校开展教育教学,已经成为一种迫切需求。

本教学资源开发团队从实际工程入手,在让学生了解、学习真实工程项目的基础上,提炼出真实工程项目中的核心技术,以YL-158GA1实训平台为载体,通过真实工程项目引领,从“搅拌机”到“镗床”,再到“立体仓库电气控制系统安装与调试”;从工程实践案例的“真度”、机电技术应用的“深度”、创新实践空间的“广度”,再到教学学习过程的“乐度”都进行了创新和探索。每个项目实现从工程到实践再到拓展的项目单元编写方式创新,让教学者和学习者了解、体验自动化工程实践创新的教和学方式,丰富学习者的工程实践知识、经验和技术应用,拓展学习者的专业视野,内化形成良好的职业素养,提升学习者的实践创新能力。

本书由汤晓华、蒋正炎任主编,范其明、李云龙、钟苏丽、隋明森任副主编。其中:“项目引导”由汤晓华教授编写;“项目开篇”和“项目拓展”由蒋正炎副教授编写;“项目备战”的任务一至任务三和“项目演练”的任务一至任务四由钟苏丽老师编写,“项目备战”的任务四至任务

六和“项目演练”的任务五至任务七由隋明森老师编写；“项目实战”由李云龙、范其明、汤晓华老师编写。全书由汤晓华教授与蒋正炎副教授策划、指导并统稿。

本书得到天津机电职业技术学院、常州轻工职业技术学院、山东烟台职业学院、日照职业技术学院、天津中德应用技术大学、浙江亚龙教育装备股份有限公司等单位领导和同仁的大力支持与帮助。

限于编者的经验、水平以及时间限制，书中难免存在缺漏和不足之处，敬请专家、广大读者批评指正。

编 者

2017年3月



CONTENTS 目录

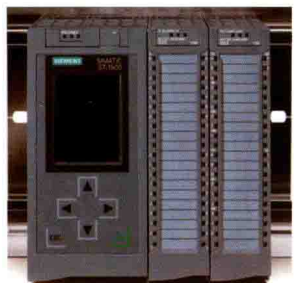
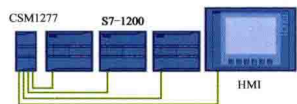
第〇篇 项目引导——教学设计 1

第一篇 项目开篇——现代电气控制系统简介 5



- 任务一 了解现代工业发展史 6
- 任务二 了解现代电气行业应用 9
- 任务三 了解 YL-158GA1 现代电气控制系统 11

第二篇 项目备战——现代电气控制系统的核心技术 18



- 任务一 认识 PLC 18
 - 子任务一 认识 S7-200 SMART 19
 - 子任务二 认识 S7-300 25
 - 子任务三 认识 S7-1200 26
 - 子任务四 认识 S7-1500 31
- 任务二 认识 HMI 33
- 任务三 认识传感器与智能仪表 37
 - 子任务一 认识温度传感器 37
 - 子任务二 认识温度控制器 39
 - 子任务三 认识电感接近开关 40
 - 子任务四 认识编码器 43
- 任务四 认识交直流调速 45
 - 子任务一 认识交流变频调速 46
 - 子任务二 认识步进电动机及驱动器 50
 - 子任务三 认识伺服电动机及驱动器 52



任务五 认识工业现场网络	61
子任务一 认识 S7 通信	61
子任务二 S7-300 与 S7-200 SMART 之间的通信	62
子任务三 S7-200 SMART 与 S7-200 SMART 之间的通信	64
任务六 认识电控柜安装工艺	66

第三篇 项目演练——现代电气控制系统的单元调试 74



任务一 搅拌机电气控制系统安装与调试	75
任务二 鼓风机电气控制系统安装与调试	95
任务三 龙门刨床电气控制系统安装与调试	102
任务四 传送带电气控制系统安装与调试	112
任务五 饮料灌装机电气控制系统安装与调试	120
任务六 自动切带机控制系统安装与调试	133
任务七 T68 镗床的 PLC 改造	142

第四篇 项目实战——现代电气控制系统的安装与调试 157



任务一 系统方案设计	160
任务二 电气设计与安装	162
任务三 网络的组建及人机界面设计	169
任务四 系统 PLC 编程与调试	178
任务五 X62W 铣床电气控制单元常见故障检查与排除	195

第五篇 项目拓展——现代电气技术新形态 204

参考文献 217





第〇篇

项目引导——教学设计

综合实践教学是高职学生获得实践能力和综合职业能力的最主要途径和手段，如何设计技能实训课，如何设计专业综合技能实训教学，引发学生自主学习兴趣，训练学生熟练运用所学知识应用于生产实践，是学生走向工作岗位时能够胜任岗位要求、获得可持续发展能力的保证。

一、指导思想

将专业核心技术一体化建设模式引申到课程设计和教学实施，围绕课程核心知识点和技能点，创设专业核心技术四个一体化（见图 0-1），适应行动导向教学需求，提升学生岗位综合适应能力，培养“短过渡期”或“无过渡期”高技能人才。

《高职机电类专业“核心技术一体化”建设模式研究与实践》课题获2009年国家教学成果二等奖

专业核心技术一体化：针对专业培养目标明确若干个核心技术或技能，根据核心技术技能整体规划专业课程体系，明确每门课程的核心知识点和技能点（核心知技点），形成基于工作过程导向的教学情境（模块），实施理论与实验、实训、实习、顶

岗锻炼、就业相一致，以课堂与实验（实训）室、实习车间、生产车间四点为交叉网络的一体化教学方式，强调专业理论与实践教学的相互平行、融合交叉，纵向上前后衔接、横向上相互沟通，使整体教学过程围绕核心技术技能展开，强化课程体系和教学内容为核心技术技能服务，使该类专业的高职毕业生能真正掌握就业本领，培养“短过渡期”或“无过渡期”高技能人才。

——摘自吕景泉教授关于《高职机电类专业“核心技术一体化”建设模式研究与实践》

《行为引导教学法在高职实践教学中的应用与研究》课题
获2005年国家教学成果二等奖

行动导向教学：从传授专业知识和技能出发，全面增强学生的综合职业能力，使学生在从事职业活动时，能系统地考虑问题，了解完成工作的意义，明确工作步骤和时间安排，具备独立计划、实施、检查能力；以对社会负责为前提，能有效地与他人合作和交往；工作积极主动、仔细认真、具有较强的责任心和质量意识；在专业技术领域具备可持续发展能力，以适应未来的需要。

——摘自吕景泉教授关于《行为引导教学法在高职实践教学中的应用与研究》

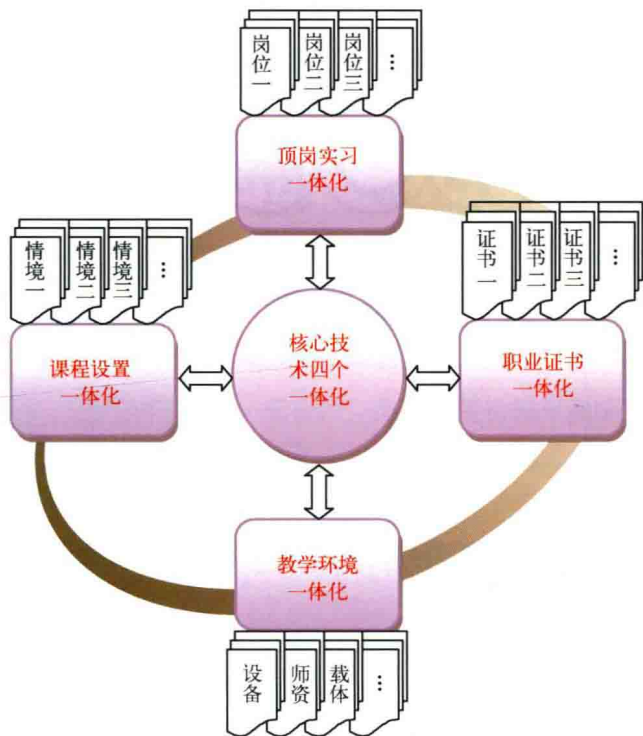


图 0-1 专业核心技术四个一体化示意图



二、教学建议

现代电气控制系统适应现代产业升级需求，涵盖现代工业自动化领域、现代化农业、现代化物流业、现代化制造服务业等众多职业岗位群，甚至无论什么行业，都离不开电气控制技术，而且都在随着工业进步、产业结构调整、技术升级换代的发展而发展。

现代电气控制系统将 PLC（可编程控制器）、HMI（人机接口）、运动控制技术、工业网络技术与现代化工业生产进行了整体融合，涵盖了高职、应用本科的机电类、自动化类相关专业的核心技术内容，充分体现了光机电一体化、管控一体、两化融合的现代工业生产和管理理念，为智能装备高端技能人才培养提供了一个新的载体，系统涉及工业自动化领域的技术高、数量多、要素全，为中国现代制造业技术升级加砖添瓦。

基本要求：应具备 YL-158GA1 现代电气控制系统实训考核装置平台或相近设备平台，平台均含有 PLC、HMI、运动控制、工业网络等综合功能。能体现“核心技术一体化”的设计理念，为实践行动导向教学模式搭建平台。





师资要求：具有电气自动化技术、机电一体化技术专业综合知识，熟悉电气系统设计、安装、编程与调试等，有较强的教学及项目开发能力，熟悉项目教学。

教学载体：以现代电气控制系统实训考核装置为例，实现核心技术一体化课程建设思路（见图 0-2），单元调试、整体联调工作任务综合涵盖了机、电专业核心知技点和典型设备系统应用，可综合训练考评学生核心技术掌握及综合应用能力，对培养学生技术创新能力有很好的作用。

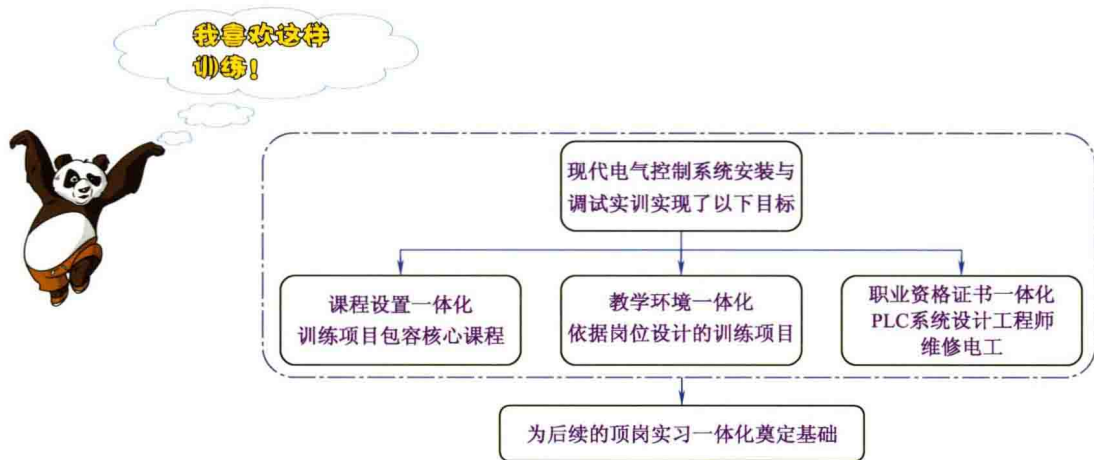


图 0-2 现代电气控制系统安装与调试实训、核心技术关系示意图

训练模式：二人一组分工协作，团队合作完成典型设备电气控制系统的安装与调试，从电气系统方案设计和器件选型开始，两人分工完成电气柜安装、运动设备控制、PLC 编程、HMI 组态、工业网络连接，最后进行系统整体调试。也可结合各院校专业教学要求的不同进行有机选择，不同的工作内容对各种专业技术技能的要求程度不同。

训练内容：项目任务融合了机床电气、运动控制、现代自动化工程的核心技术，主要训练学生能够设计典型的设备电气系统，能够对电气系统进行安装与调试，完成变频器、步进驱动器、伺服驱动器的接线和参数设置，能够对 PLC 和 HMI 进行组态编程与调试等。

获取证书：训练内容包含了国家劳动和社会保障部颁发的职业资格证书“维修电工”“可编程控制系统设计师”等的标准要求。

组织大赛：依托全国性的高职技能大赛，营造“普通教育有高考，职业教育有技能大赛”的局面，通过现代电气控制系统安装与调试大赛，促进高职各院校机电类专业学生综合实践能力和工程实践创新能力的提升。

三、五个重点



项目来自于真实工程案例，利用平台真刀实枪，磨练技术！

利用本教学资源进行教学实施中,突出五个重点“赛、教、虚、仿、实”。

“赛”:通过对全国职业院校技能大赛“现代电气控制系统安装与调试”赛项的贯穿描述、赛场视频体验、场景氛围呈现、装备载体演练、竞赛技术提炼、行业标准融入,风趣化地将赛项内容引入教学、服务教学、丰富教学。

“教”:通过认识 PLC、HMI、传感器与智能仪表、交直流调速、工业现场总线、电气柜工艺等核心技术的应用;从项目备战逐步演进到项目演练,即搅拌机、鼓风机、恒压供水、双色印刷机、运料小车、自动切带机等典型设备电气系统的安装与调试,再到项目实战,即立体仓库电气控制系统安装与调试,最终,项目拓展到软 PLC、工业机器人、Automation studio 仿真、西门子机电一体化概念设计解决方案(MCD)、柔性制造系统等先进技术应用。本教学资源给出了一个崭新的电气控制系统安装与调试项目化教学的“教”与“学”解决方案。

“虚”:通过利用 PLC 编程软件、MCGS 组态软件,以及拓展 Automation Studio 工业级仿真软件,构建人机交互环境和模拟仿真环境,模拟典型设备调试和运行。

“仿”:通过 YL-158GA1 现代电气控制系统实训考核装置平台,能高度仿真典型工业自动化设备电气控制系统,选取了立体仓库、X62W 铣床、T68 镗床等 9 个各行业典型应用整合到平台上实训。

“实”:平台所用器件都是工业级器件,选用西门子 S7-300、S7-1500、三菱 Q 系列高端 PLC,选用更新换代西门子 S7-200SMART、S7-1200、三菱 FX3U 系列最新型号 PLC,而不是教学模拟器件,通过人机界面、传感检测系统、智能仪表、电气控制系统、通信网络等技术的学习,使学生锻炼的技能与实际生产更接近,应用性更强。学生在装配、动手能力方面要求和工业现场一致,而编程也需要有很强的逻辑性,高职院校分层次培养的目标得到了很好的体现。同时,也引导高职教育正在向工程创新方向发展,使理论与实践能够更充分地结合。

现代电气控制系统的最大特点是它的应用广泛性、技术先进性和系统综合性,其中 PLC 应用技术、传感器和智能仪表技术、交直流驱动技术、工业网络通信技术、触摸屏组态编程等多种技术有机地结合,并把各行各业典型设备综合运用到电气控制柜,有机地融合在一起,如图 0-3 所示。

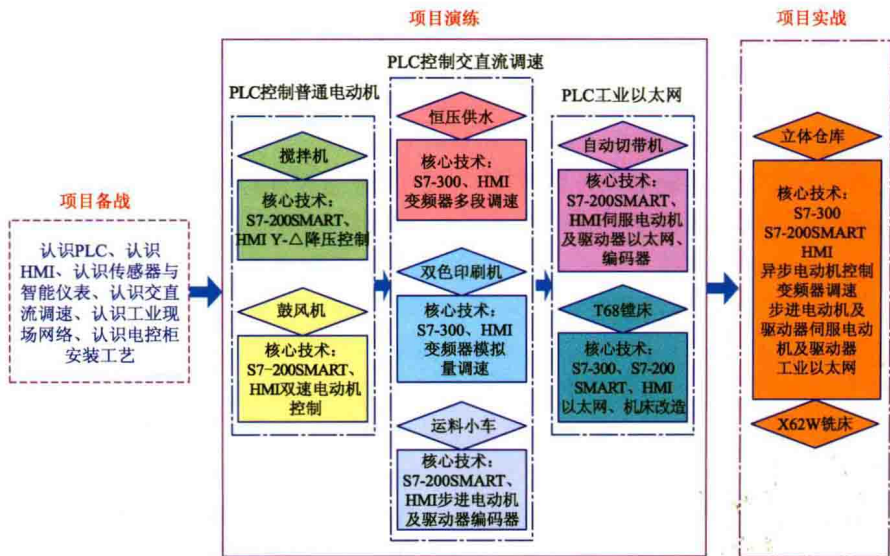


图 0-3 现代电气控制系统核心技术和应用



第一篇

项目开篇——

现代电气控制系统简介

对于一名电气领域、工控行业的技术人员，应该了解世界工业的发展历程，了解我们即将面临的工业 4.0 和中国制造 2025。虽然工业制造发展迅速，智能制造、互联网+、云计算等新技术层出不穷，但只要掌握电气控制系统的尖端技术，就能破壳而顽强地成长。



师傅，什么是工业4.0和
中国制造2025啊？

听我慢慢道来，早在18
世纪末，瓦特发明了蒸
汽机……



任务一 了解现代工业发展史

任务目标

了解现代工业发展史。

2015年5月19日，国务院印发了《中国制造2025》规划，部署全面推进实施制造强国战略。这是我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领，是中国版的“工业4.0计划”。

《中国制造2025》提出，坚持“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”的基本方针，坚持“市场主导、政府引导，立足当前、着眼长远，整体推进、重点突破，自主发展、开放合作”的基本原则，通过“三步走”实现制造强国的战略目标：第一步，到2025年迈入制造强国行列；第二步，到2035年我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平；第三步，到新中国成立一百年时，我制造业大国地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列。

提高国家制造业创新能力，推进信息化与工业化深度融合，强化工业基础能力，加强质量品牌建设，全面推行绿色制造，大力推动十大重点领域（见图1-1），深入推进制造业结构调整，积极发展服务型制造和生产型服务业，提高制造业国际化发展水平。



图 1-1 中国制造 2025 重点发展十大领域

放眼世界，每次工业革命都引发了生产组织形式和意识形态的变化，从农业化走向工业化，从机械时代走向电气时代，从传统能源走向新能源，从劳动力密集型走向自动化信息化。现代工业革命发展史如图1-2所示。从传统的工业革命概念，引申出科技革命、信息革命、资讯革命等概念，这些都是高科技开发与发明，是带来未来支柱企业发展的基础。下面一起看每次工业革命的发展历程和典型事物。

第一次工业革命是指18世纪末，以瓦特蒸汽机的发明和广泛使用为枢纽，到19世纪三四十年代机器制造业机械化的实现为基本完成的标志。大机器工业代替手工业，机器工厂代替手工工场，最典型的是英国人斯蒂芬孙研制了第一台蒸汽机车（见图1-3），美国人富尔敦制造了第一艘汽船，如图1-4所示。

第二次工业革命是指19世纪中期，随着欧美和日本资产阶级革命的完成，促进了经济的发展，也开始第二次工业革命。德国人西门子制成了发电机，内燃机开始研制和使用，电器开始用于代替机器，成为补充和取代以蒸汽机为动力的新能源；新通信手段的发明、化学工业的发展、钢铁等传统工业的进步，使人类进入了“电气时代”。最典型的是美国人爱迪生发明了电灯（见图1-5），美国人莫尔斯制成一台电磁式的电报机，如图1-6所示。



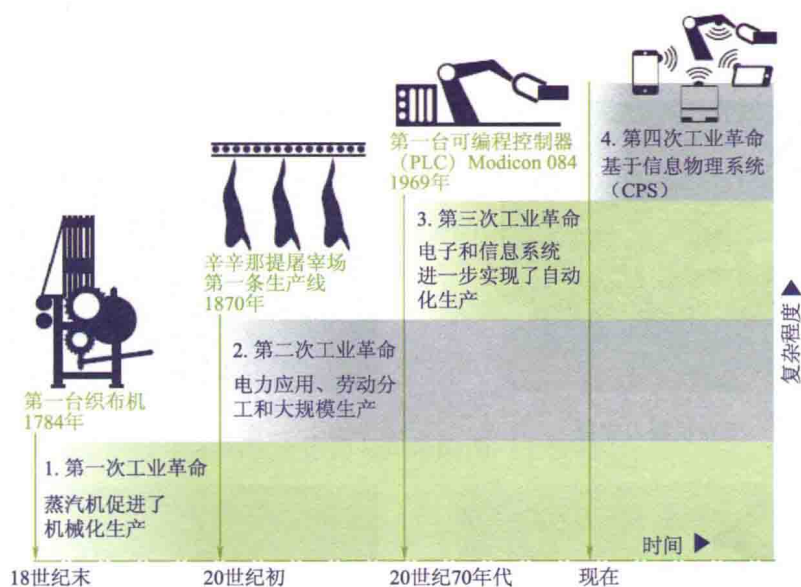


图 1-2 现代工业革命发展史

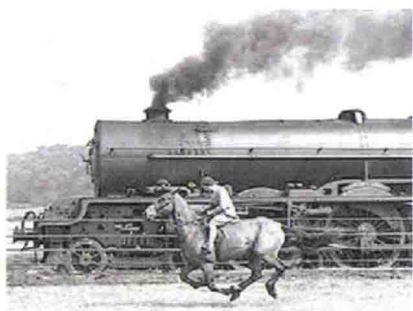


图 1-3 第一台蒸汽机车

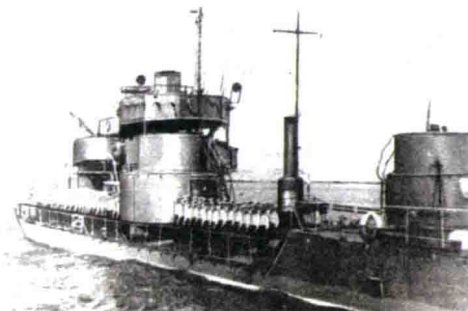


图 1-4 第一艘汽船



图 1-5 爱迪生发明了电灯

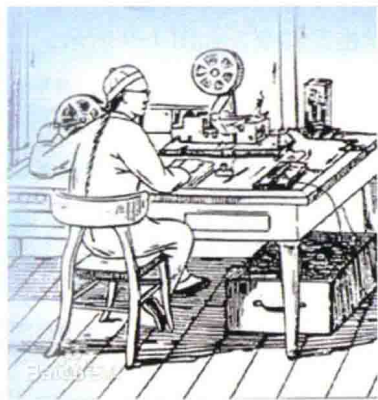


图 1-6 莫尔斯电报机发报

第三次工业革命是指 20 世纪 60 年代开始，以原子能、电子计算机、空间技术和生物工程的发明和应用为主要标志，涉及信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术、空间技术和