

教材建设情况汇总

序号	教材名称	出版社	书号
1	物联网中间件技术与应用	机械工业出版社	ISBN 978-7-111-67399-6
2	建筑能源物联网技术	中国建筑工业出版社	ISBN 978-7-112-27397-3
3	数字化网络化控制技术	机械工业出版社	ISBN 978-7-111-77064-0
4	建筑电气控制系统与PLC	中国建筑工业出版社	ISBN 978-7-112-28029-2
5	数据结构（C语言版）	机械工业出版社	ISBN 978-7-111-77601-7



TRIDIUM 教育部—霍尼韦尔Tridium产学合作协同育人项目成果

物联网工程专业系列教材



物联网中间件 技术与应用

主编 邓庆绪 张金
参编 顾琳 刘晨 王波

IOT MIDDLEWARE TECHNOLOGY
AND APPLICATION



机械工业出版社
China Machine Press

TRIDIUM 教育部—霍尼韦尔Tridium产学合作协同育人项目成果

物联网工程专业系列教材

物联网中间件 技术与应用

主编 邓庆绪 张金

参编 顾琳 刘晨 王波

IOT MIDDLEWARE TECHNOLOGY
AND APPLICATION



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目(CIP)数据

物联网中间件技术与应用 / 邓庆绪, 张金主编. —北京: 机械工业出版社, 2021.1
(物联网工程专业系列教材)

ISBN 978-7-111-67399-6

I. ①物… II. ①邓… ②张… III. 物联网—系统软件—高等学校—教材 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第005851号

物联网中间件的作用是将不同的设备、协议等抽象为一个通用的对象, 帮助开发者将精力集中于物联网系统内部的业务和数据, 从而快速地构建物联网应用系统。本书的目标是介绍物联网中间件技术及其常见的功能和应用方法, 以便读者能够快速了解物联网中间件提供的各种功能和服务。本书的主要内容包物联网和物联网中间件的基础知识、通用对象模型与组态、基于组件的业务逻辑设计、协议转换与设备连接、基于中间件的物联网安全技术、物联网中间件与人工智能, 并给出了两个典型场景下利用物联网中间件开发物联网系统的综合案例。

本书内容丰富、系统、实用, 可作为高校物联网工程专业及相关专业的物联网中间件课程教材, 也可作为物联网技术人员的参考书。

出版发行: 机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 朱 劼

印刷: 北京捷迅佳彩印刷有限公司

开本: 185mm×260mm 1/16

书号: ISBN 978-7-111-67399-6

责任校对: 李秋荣

版次: 2021年2月第1版第1次印刷

印张: 15.75

定价: 59.00元

客服电话: (010) 88361066 88379833 68326294

华章网站: www.hzbook.com

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封面防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/郑晓东



序

随着物联网技术的发展, 物联网产品已经越来越多地出现在人们的日常生活当中, 人们对智能化物联网应用的需求也日益增加。基于物联网的应用发展迅猛, 系统规模越来越大, 接入网络的智能设备和智能系统不断增多, 设备结构各异, 产生的数据量越来越大, 信息的安全性越来越重要, 这些都给物联网的设计和开发带来了巨大的挑战。

物联网中间件作为物联网系统的重要组成部分, 能够解决各种应用领域异构设备的互操作、上下文感知、设备与数据管理、系统扩展以及物联网环境下的信息安全等问题, 因此掌握物联网中间件技术对快速开发物联网系统有极大的帮助。

Tridium公司从1996年开始致力于物联网中间件平台Niagara的开发及应用。Niagara是一个完整、智能的企业级集成应用平台, 可用于开发、集成、连接和管理各种协议、网络、智能设备及系统。它能够将异构系统进行抽象化、模型化, 形成通用对象模型, 基于这些通用模型就可以设计业务流程和应用程序, 轻松管理和优化各种设施。因此Niagara已广泛应用于建筑、工厂以及智慧城市等领域, 成为物联网领域的重要技术。

多年前Tridium已经认识到人才培养对技术的推动作用。Tridium从2016年开始与教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会物联网工程专业教学研究专家组合作, 并积极参与教育部产学研合作协同育人项目, 共建物联网教育生态。至今, Tridium公司已经和国内百余所高校建立了合作关系, 在科研、专业教学、实验室建设、产业学院、人才培养等方面开展合作。本书就是产学研合作的结晶。

我们希望通过本书帮助高校物联网工程及相关专业的学生、教师了解物联网中间件的相关知识, 掌握业界先进的物联网系统设计与开发方法。在与东北大学、南开大学、华中科技大学的各位作者合作编写本书的过程中, 我们也从更高的层面看到了中间件技术的价值, 坚定了继续做好中间件技术、为物联网行业的发展和人才培养做出贡献的决心。

我们遵循教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会物联网工程教育研究专家组编制的《高等学校物联网工程专业规范(2020版)》的要求,结合高校物联网工程专业建设的需要编写这本书。目标是对物联网中间件技术、其常见的功能和应用方法进行介绍,以便读者能够快速了解物联网中间件提供的各种功能和服务。本书首先从物联网系统入手,帮助读者对于物联网系统建立宏观的认识,进而了解物联网中间件需要解决的关键问题。之后对通用对象模型进行介绍,这是物联网中间件应用中最为基础和抽象的部分。读者要理解所有的设备都会被抽象成一个个组态,底层细节交由中间件处理,用户只需确定组态中的参数即可。业务逻辑是物联网系统设计的关键环节,中间件对物联网系统开发的支撑正是体现在对业务逻辑设计过程的简化。之后,我们安排了一章对多设备连接协议进行介绍。物联网中间件最重要的功能就是简化设备细节和整合多种协议,读者可以从这一章中了解当前常用的设备连接协议。

在物联网的数据交互中,一方面可以利用中间件来构造友好的人机界面,另一方面则可以解决与系统外部的交互问题。此外,物联网的安全问题日益得到关注我们也安排了相关的内容,其中与芯片相关的安全问题相对前沿,而分布式问题、AIoT等与前沿技术结合较为紧密的话题,仅供读者作为延伸阅读。本书最后一章安排了两个典型的物联网系统综合案例,帮助读者理解和掌握运用物联网中间件构建物联网系统的方法。

本书可以作为高校物联网工程专业的学生作为物联网中间件相关课程的教材或参考书,也可作为广大物联网应用爱好者了解物联网中间件开发之用。无论是学生还是物联网工程技术人员,通过学习本书,都可以学会利用中间件和平台快速搭建大型、复杂、安全、可靠的物联网应用系统的方法。

本书的成书过程中得到了机械工业出版社华章分社朱劭编辑、Tridium公司徐风、王波、陈杰、闻一名、刘文字等专家的大力帮助,王昕怡、王思谦等同学也贡献良多,在此表示衷心的感谢。由于物联网中间件技术还处于快速发展过程中,加之本书成书时间紧张,书中难免有疏漏之处,请各位读者不吝指正。

物联网是信息时代的基石,其发展必将长远而可期,我们希望本书能起到抛砖引玉的作用,激发学生和工程人员利用物联网中间件和物联网平台搭建复杂物联网系统的兴趣,从而进一步深入学习物联网相关理论和技术。我们也将追随国家重大战略发展和物联网相关理论、技术的不断发展,不断更新和完善本书的内容,也希望各位读者、同行能一起参与到这项工作中来,为我国抢抓新一轮工业革命机遇、发展物联网产业贡献力量!

作者

2020年9月



目 录

前 言	2.2 业务逻辑与第三方组件 /19
	2.3 协议转换与设备连接 /20
第1章 物联网与物联网中间件 /1	2.4 数据整理与人机交互 /21
1.1 物联网基础 /1	2.5 用户体系与安全机制 /23
1.1.1 物联网的定义 /1	2.6 分布式架构与边缘计算 /24
1.1.2 物联网的应用 /2	2.7 物联网中间件与人工智能 /25
1.1.3 物联网的发展 /4	2.8 Niagara 平台简介 /26
1.2 物联网系统的组成与物联网中间件 /9	2.8.1 Niagara 软件安装和授权 /26
1.2.1 物联网系统的组成 /9	2.8.2 Niagara 站点的创建 /27
1.2.2 物联网的终端设备 /11	本章小结 /31
1.2.3 物联网中间件 /12	习题 /31
1.2.4 物联网中间件平台的框架 /14	第3章 通用对象模型与组态 /32
1.2.5 物联网中间件的典型应用领域 /15	3.1 基本概念 /32
本章小结 /16	3.1.1 通用对象模型 /32
习题 /16	3.1.2 组态与组态程序设计 /34
参考文献 /16	3.2 通用对象模型的应用 /35
第2章 物联网中间件概述 /17	3.2.1 Niagara 通用对象模型描述 /35
2.1 通用对象模型与组态设计 /17	3.2.2 通用对象模型的数据类型 /36
	3.2.3 通用对象模型向组态转换 /39

3.3 组态设计与开发 /39	3.3.1 组态设计的原则 /40	3.3.2 组态的功能需求确定 /41	3.3.3 组态开发流程与实例 /41
3.4 功能扩展方法与应用 /46	3.4.1 功能扩展简介 /46	3.4.2 系统功能扩展——报警功能 /47	3.4.3 第三方功能扩展 /49
3.5 中间件组态库与设计实例 /51	3.5.1 自定义组态 /52	3.5.2 中间件组态库组成 /52	3.5.3 组态库的调用与实例 /53
本章小结 /57			
习题 /58			
第4章 基于组件的业务逻辑设计 /60			
4.1 业务逻辑的设计方法 /60	4.1.1 业务逻辑概述 /60	4.1.2 业务逻辑设计流程 /63	4.1.3 业务逻辑的组成 /65
4.1.4 业务逻辑设计实例 /67			
4.2 多功能组件设计与封装 /69	4.2.1 功能、组件与逻辑 /69	4.2.2 多功能组件设计 /70	4.2.3 多功能组件的封装 /72
4.3 中间件平台上的组件设计与数据仿真 /73	4.3.1 中间件平台上的组件化设计 /74	4.3.2 仿真流程与数据准备 /77	4.3.3 逻辑组件的多视图关系 /80
4.4 设计实例 /84			

本章小结 /87
习题 /87

第5章 协议转换与设备连接 /88

5.1 中间件与异构设备连接 /88	5.2 智能设备通信协议 /91	5.2.1 BACnet 协议 /92	5.2.2 Modbus 协议 /94	5.2.3 LonWorks 协议 /95	5.2.4 SNMP 协议 /98	5.2.5 其他协议 /99	5.2.6 通信协议连接设计实例 /100
5.3 面向网络平台的中间件服务 /103	5.3.1 面向云服务的通信协议 /104	5.3.2 面向工业互联网的通信协议 OPC UA /105	5.3.3 面向数据库连接的通信协议 /110	5.3.4 面向分布式系统的多站点通信协议 Fox /111	5.3.5 通信协议连接设计实例 /111	5.4 智能设备代理点集成与连接 /115	5.4.1 智能代理 /115
5.4.2 移动代理 /116	5.4.3 Niagara 平台的代理 /119	5.5 基于平台的完整物联网系统设计实例 /119	5.5.1 常用平台框架简介 /119	5.5.2 基于 Niagara 平台的设计实例 /123	本章小结 /126	习题 /126	参考文献 /127

第6章 物联网中的数据整理与人机交互 /128

6.1 物联网中的数据收集与整理 /128	6.1.1 物联网系统的数据采集 /129	6.1.2 物联网数据的信号转换 /130	6.1.3 物联网数据的整理 /130	6.2 人机交互的 UI 视图设计 /133	6.2.1 UI 视图设计原则 /133	6.2.2 UI 视图的开发流程与方法 /133	6.3 Dashboard 的设计 /134	6.3.1 Dashboard 概述 /134	6.3.2 Dashboard 数据呈现 /135	6.4 人机交互呈现设计案例 /136	6.4.1 照明控制 Px 视图实例 /136	6.4.2 能源管理界面实例 /138	6.5 支撑数据交互的 Web Service /140	6.5.1 Web Service 的概念 /140	6.5.2 Web Service 的体系结构 /141	6.5.3 Web Service 的相关技术 /141	6.5.4 物联网中间件平台上的 Web Service /142
本章小结 /145																	
习题 /146																	

第7章 基于中间件的物联网安全技术 /147

7.1 物联网系统的安全机制 /147	7.1.1 异构设备的安全连接机制 /148	7.1.2 数据安全机制 /150	7.1.3 隐私安全机制 /152	7.2 访问控制技术 /153	7.2.1 访问控制的概念 /153
---------------------	------------------------	-------------------	-------------------	-----------------	--------------------

- 7.2.2 访问控制常用的模型/154
- 7.2.3 物联网中间件支撑的访问控制/157
- 7.3 安全连接协议/160
 - 7.3.1 SSL 握手协议/161
 - 7.3.2 SSL 记录协议/164
 - 7.3.3 SSL 加密过程/164
- 7.4 物联网常用的数据安全技术/165
 - 7.4.1 RFID 安全场景下的轻量级密码算法/165
 - 7.4.2 物联网中的同态加密技术应用/166
 - 7.4.3 物联网中区块链技术的应用/167
 - 7.4.4 工业控制网络中的安全技术/168
- 7.5 物联网微处理器架构中的安全问题/169
 - 7.5.1 基于软件漏洞的安全问题/170
 - 7.5.2 基于硬件处理器架构的安全问题/171
 - 7.5.3 相关的防御机制和措施/173

本章小结/174

习题/174

参考文献/175

第8章 物联网中的分布式架构 /176

8.1 分布式系统概述 /176	8.1.1 分布式系统的定义 /176	8.1.2 分布式系统的特点 /177	8.1.3 分布式系统中的中间件 /178	8.2 分布式架构在物联网中的应用 /179	8.2.1 传感器网络 /179
------------------	---------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	------------------

8.2.2 车联网 /182	9.3.3 智慧交通控制案例 /201
8.3 边缘计算概述 /184	9.4 物联网中间件上的人工智能 实践 /202
8.3.1 边缘计算的定义 /184	9.4.1 环境安装 /202
8.3.2 边缘计算的特点 /185	9.4.2 基于深度神经网络的智能 数字识别系统 /203
8.3.3 边缘计算的要素 /186	本章小结 /205
8.4 云边协同的物联网模式 /186	习题 /206
8.4.1 云边协同的架构 /186	
8.4.2 云边协同的实践 /188	
本章小结 /191	
习题 /191	
第9章 物联网中间件与人工智能 /192	第10章 物联网中间件综合案例 /207
9.1 物联网系统与智能化 /192	10.1 智慧工厂 /207
9.2 人工智能与中间件 /193	10.1.1 系统概述 /207
9.2.1 深度学习中间件概述 /194	10.1.2 系统设计 /208
9.2.2 常见的深度学习框架 /196	10.1.3 数字工厂系统的实现 /220
9.3 物联网智能化算法和案例分析 /198	10.2 智慧园区管理平台 /225
9.3.1 常用的智能算法与应用 场景 /199	10.2.1 系统概述 /226
9.3.2 智慧医疗影像分析案例 /200	10.2.2 系统设计 /226
	10.2.3 系统实现 /231
	本章小结 /238
	习题 /239



住房和城乡建设部“十四五”规划教材
高等学校建筑环境与能源应用工程专业新工科系列教材

建筑能源 物联网技术

李 慧 王桂荣 魏建平 徐 风 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据
建筑能源物联网技术 / 李慧等编著. — 北京: 中国
建筑工业出版社, 2022.7
住房和城乡建设部“十四五”规划教材 高等学校建
筑环境与能源应用工程专业新工科系列教材
ISBN 978-7-112-27397-3
I. ①建… II. ①李… III. ①建筑-能源管理-高等
学校-教材 IV. ①TU111.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 085761 号

责任编辑: 张文胜
责任校对: 党 蕾

住房和城乡建设部“十四五”规划教材
高等学校建筑环境与能源应用工程专业新工科系列教材
建筑能源物联网技术
李 慧 王桂荣 魏建平 徐 凤 编著
中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京博文翰海文化传媒有限公司制版
河北鹏润印刷有限公司印刷

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 21 1/4 字数: 516 千字
2022 年 7 月第一版 2022 年 7 月第一次印刷
定价: 65.00 元
ISBN 978-7-112-27397-3
(39092)
版权所有 翻印必究
如有印装质量问题, 可寄本社图书出版中心退换
(邮政编码 100037)

前 言

当前, 物联网技术在建筑环境、能源工程、区域供能等领域得到了广泛应用, 培养既具有专业知识, 又具有物联网技术的复合型人才是新工科建设的需要。从 2017 年开始, 笔者着手开展与建筑能源物联网技术相关的教学和科研工作, 建设了建筑能源物联网实验平台和实训平台。2020 年, 建筑能源物联网技术顺利开课。2021 年, 建设了建筑能源物联网技术在线课程, 并在鲁课联盟共享课平台上线。在此过程中, 经过不断积累、改进、总结和完善, 最终完成建筑能源物联网教材的编写。

本书突出原理、方法和应用的有机结合, 使其既具有建筑能源物联网知识的基础性、传承性, 又具有当前技术的前沿性和创新性。全书共分 12 章, 从总体框架上可划分为建筑能源物联网基础知识、建筑能源物联网软件编程和建筑能源物联网典型应用案例 3 部分。第 1 部分包含第 1~4 章, 主要包括物联网感知层技术、物联网网络层硬件技术和物联网通信技术, 该部分可使学生掌握建筑能源物联网的整体硬件架构、感知层和网络层的基础知识, 为后续的软件编程、网络通信及应用奠定基础。第 2 部分包含第 5~11 章, 主要包括物联网软件平台、建筑能源自动控制编程、历史数据与报警编程、图形用户界面编程、物联网网络集成、数据标签编程和数据分析编程。该部分内容可使学生掌握建筑能源物联网编程的基本方法, 实现一个简单工程案例的全流程软件编程。第 3 部分为第 12 章, 建筑能源物联网典型应用案例以笔者完成的几个案例展开, 包括太阳能-空气源热泵空调系统物联网、分布式能源系统物联网和基于数据的建筑负荷动态预测系统。该部分内容可使学生将所学知识融合, 并与工程实践紧密连接, 提高学生的创新意识和实践能力。

本书第 1~2 章、第 5~8 章、第 10~12 章由李慧教授编写, 第 3 章和第 4 章由王桂荣副教授编写, 第 9 章由魏建平副教授编写。其中, 研究生谢林鸿参与了第 12 章的编写和部分图的制作工作。

本书所用的物联网软件开发平台为 Tridium 公司的 Niagara 软件。本书的成书过程得到了 Tridium 公司陈杰、徐凤和王波的大力帮助, 在此一并表示感谢。

本书可作为建筑环境与能源应用工程专业、新能源科学与工程及相关专业的物联网教材, 也可供建筑能源物联网工程技术人员参考。

由于建筑能源物联网是新兴技术, 发展迅速, 书中难免有错误或不足之处, 敬请读者提出宝贵意见, 以便进一步修订!

李慧

2022 年 2 月

目 录

第1章 概述	1
1.1 物联网的起源与定义	1
1.1.1 物联网的起源与发展	1
1.1.2 物联网的概念	1
1.2 建筑能源物联网	2
1.3 建筑能源物联网与新技术的融合	4
1.3.1 建筑能源物联网与BIM融合	4
1.3.2 建筑能源物联网与大数据融合	5
1.3.3 建筑能源物联网与人工智能融合	6
本章习题	7
第2章 物联网感知层技术	9
2.1 建筑能源系统常用传感器	9
2.1.1 传感器概述	9
2.1.2 建筑能源系统常用传感器	11
2.2 建筑能源系统常用执行器	25
2.2.1 电动执行器	25
2.2.2 变频调速技术	29
2.3 无线传感器	32
2.3.1 无线传感器结构组成	32
2.3.2 无线通信模块主要通信技术	33
本章习题	36
第3章 物联网网络层硬件技术	37
3.1 概述	39
3.2 物联网控制器	39
3.2.1 物联网控制系统	41
3.2.2 JACE 8000 网络控制器	42
3.3 智能 I/O 模块	47
3.3.1 过程输入输出通道	55
3.3.2 Niagara 智能 I/O 模块	55
3.4 IOS30P 控制器	56
3.4.1 硬件接口及特性参数	56

3.4.2 网络结构	57
本章习题	58
第4章 物联网通信技术	60
4.1 计算机网络标准	60
4.1.1 开放系统互联 (OSI) 参考模型	60
4.1.2 IEEE 802 标准	62
4.1.3 TCP/IP 协议	62
4.1.4 以太网标准	64
4.2 Modbus 通信协议	65
4.2.1 Modbus 网络结构	66
4.2.2 与 Modbus 协议有关的基本概念	67
4.2.3 Modbus 协议	68
4.3 BACnet 协议	73
4.3.1 BACnet 协议体系结构	73
4.3.2 BACnet 协议网络拓扑结构	74
4.3.3 BACnet 协议对象及服务	75
4.3.4 BACnet MS/TP 协议	77
4.3.5 BACnet IP 协议	78
4.4 OPC 协议	79
4.4.1 OPC 协议概述	79
4.4.2 经典 OPC 标准	80
4.4.3 OPC UA 标准	83
4.5 MQTT 通信协议	86
4.5.1 MQTT 协议概述	86
4.5.2 MQTT 协议特性	87
4.5.3 MQTT 协议控制报文结构	87
4.5.4 MQTT 协议通信流程	88
本章习题	90
第5章 物联网软件平台	92
5.1 物联网软件平台简介	92
5.2 Niagara Framework 物联网框架	94
5.3 Workbench 开发平台	96
5.3.1 Workbench 主窗口	96
5.3.2 Workbench 主要目录	97
5.4 创建工作站	99
5.5 控制点及其基本操作	104
5.5.1 控制点 (Control Points) 分类	104
5.5.2 控制点组件	104

5.5.4 控制点 Action 操作	105
5.5.5 增加组件输入管脚	106
5.6 kitControl 调色板	109
5.6.1 通用组件模型	109
5.6.2 kitControl 调色板	109
5.6.3 Math 组件库	110
本章习题	111
第 6 章 建筑能源自动控制编程	112
6.1 概述	114
6.2 双位控制编程	114
6.2.1 双位控制基本原理	114
6.2.2 主要编程组件	114
6.2.3 空调双位控制编程案例	116
6.3 PID 控制编程	118
6.3.1 PID 控制算法	121
6.3.2 PID 控制器组件	122
6.3.3 空调变频控制 PID 编程案例	124
6.4 时间表控制编程	126
6.4.1 时间表控制	126
6.4.2 时间表组件	127
6.4.3 热泵机组时间表控制编程案例	133
6.4.4 风机盘管 OnOff 和时间表联合控制编程案例	135
6.4.5 冷水机组水系统控制编程案例	136
6.5 设备轮询控制编程	138
6.5.1 设备轮询控制	138
6.5.2 轮询控制组件	138
6.5.3 控制点的扩展和合成	139
6.5.4 根据累积运行时间热泵机组轮询控制编程案例	142
6.5.5 根据累积运行次数热泵机组轮询控制编程案例	144
6.6 基于负荷预测的设备台数控制编程	145
6.6.1 建筑空调负荷	145
6.6.2 设备台数控制组件	148
6.6.3 基于负荷的热泵机组台数控制编程案例	149
6.7 变设定值控制编程	149
6.7.1 概述	149
6.7.2 室内温度变设定值控制编程	151
6.7.3 集中供热换热站供水温度变设定值控制编程	151
6.8 新风机组控制系统编程	153

6.8.1 新风机组控制系统原理	153
6.8.2 新风机组控制系统编程	155
本章习题	158
第 7 章 历史数据与报警编程	160
7.1 数据库基本知识	160
7.1.1 数据库数据模型	160
7.1.2 数据库查询语言 SQL	161
7.2 历史数据编程	161
7.2.1 历史数据编程基础	161
7.2.2 历史数据编程	168
7.3 报警编程	174
7.3.1 报警编程基础	174
7.3.2 报警编程	180
本章习题	184
第 8 章 图形用户界面编程	185
8.1 图形用户界面概述	185
8.2 Px 基础知识	186
8.2.1 Px 视图	186
8.2.2 Widget 可视化组件	189
8.2.3 添加 Widget	189
8.3 Px 特色编程	194
8.3.1 Px 视图嵌套	194
8.3.2 全局导航菜单	197
8.3.3 第三方图片收集	198
8.3.4 Px 视图弹窗	199
8.4 Px 视图典型编程案例	201
8.4.1 空调双位控制 Px 视图编程	201
8.4.2 冷水机组水系统控制 Px 视图编程	203
8.4.3 新风机组控制系统 Px 视图编程	205
本章习题	209
第 9 章 物联网网络集成	210
9.1 概述	210
9.2 Niagara BACnet 网络集成	210
9.2.1 Niagara BACnet 网络	211
9.2.2 BACnet MSTP 网络集成示例	211
9.2.3 BACnet IP 网络集成示例	214
9.3 Niagara Modbus 网络集成	218

9.3.1 Modbus RTU 网络集成示例	218
9.3.2 Modbus TCP 网络集成示例	224
9.4 Niagara OPC UA 网络集成	226
9.4.1 OPC UA 服务器配置	227
9.4.2 Niagara OPC UA 客户端配置	228
9.5 Niagara MQTT 网络集成	231
9.5.1 MQTT.fx 客户端配置	231
9.5.2 Niagara N4 客户端配置	232
9.5.3 MQTT.fx 和 Niagara N4 间 MQTT 通信	234
9.6 Niagara Network 网络集成	237
9.6.1 Niagara Network 集成示例	237
9.6.2 报警路由	242
9.6.3 历史记录归档	244
本章习题	248

第 10 章 数据标签	249
10.1 数据标签基础知识	249
10.2 Niagara 软件中的标签字典	250
10.2.1 标签字典分类	250
10.2.2 标签字典内容	251
10.2.3 标签字典应用	252
10.3 创建自定义标签字典	254
10.4 层级 (Hierarchy)	255
本章习题	257

第 11 章 数据分析	259
11.1 数据分析概述	259
11.2 数据分析套件	260
11.2.1 数据分析组件库	261
11.2.2 分析服务 AnalyticService	261
11.3 数据聚合 Aggregation 和 Rollup	261
11.3.1 基本概念	262
11.3.2 Aggregation 举例	264
11.3.3 Rollup 举例	266
11.4 数据分析算法	266
11.4.1 数据分析算法用到的主要组件	268
11.4.2 数据分析算法案例	271
11.4.3 数据分析算法输出案例	273
11.5 数据可视化	273
11.5.1 数据分析可视化组件	273

11.5.2 数据分析可视化应用案例	274
11.6 缺失数据策略	278
11.6.1 NAF 缺失数据策略	278
11.6.2 缺失数据策略设置	279
本章习题	281

第 12 章 建筑能源物联网典型应用案例	283
12.1 太阳能-空气源热泵空调系统物联网	283
12.1.1 项目简介	283
12.1.2 监控方案设计	283
12.1.3 系统硬件平台	287
12.1.4 软件开发与设计	288
12.2 分布式能源系统物联网	298
12.2.1 项目简介	298
12.2.2 监控方案设计	298
12.2.3 系统硬件平台	300
12.2.4 软件开发与设计	303
12.3 基于数据的建筑负荷动态预测系统	312
12.3.1 建筑负荷动态预测模型	312
12.3.2 基于 Niagara 的建筑负荷动态预测系统	314
12.3.3 基于 JAVA 的气象数据模块开发	315
12.3.4 基于阿里云的小型气象站远程通信	321
12.3.5 基于 Python 的神经网络算法编程	324
本章习题	327

参考文献	329
------------	-----



建工出版社微信



各地建筑书店



封面设计：锋尚设计

经销单位：各地新华书店 / 建筑书店（扫描上方二维码）

网络销售：中国建筑业出版社官网 <http://www.cabp.com.cn>

中国建筑出版在线 <http://www.cabplink.com>

中国建筑工业出版社旗舰店（天猫）

中国建筑工业出版社官方旗舰店（京东）

中国建筑书店有限责任公司图书专营店（京东）

新华文轩旗舰店（天猫） 凤凰新华书店旗舰店（天猫）

博库图书专营店（天猫） 浙江新华书店图书专营店（天猫）

当当网 京东商城

图书销售分类：高校教材（V）

ISBN 978-7-112-27397-3



(39092)定价：65.00元



高端装备制造（工业互联网与智能制造）

战略性新兴产业“十四五”高等教育系列教材



融媒体
新形态教材

数字化网络化 控制技术

DIGITAL AND NETWORKED CONTROL TECHNOLOGY

王超 ◎ 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

数字化转型亟须具备掌握控制、连接和数据三个基本面的人才,本书以培养以上人才为目标进行编写,以工业数据为主线,贯穿工业数据的产生、传输、处理、存储、决策和执行全环节。

工业互联网是数字化转型的关键共性基础,其实现工业数据打通的重点和难点在于操作运营技术和信息技术的融合。本书涵盖这两个领域,共分为8章。第1章绪论以四次工业革命为时间线,以信息的采集传输和控制的执行为关注点,系统地介绍自动化控制在变革中发挥的作用、工业互联网的发展和数字化实施的思路。第2~7章,既包括聚焦于操作运营的计算机控制系统和自动化控制策略,也包括面向连接的数据通信互联技术和工业异构网络,还包括以工业数据为驱动的工业大数据和工业人工智能。第8章介绍两项脱敏后的企业真实工程案例,帮助读者理解数字化网络化控制技术如何协同解决实际工业需求问题。

本书可供普通高校自动化、智能制造、电气和仪器等专业的学生使用,对相关工程技术人员也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

数字化网络化控制技术 / 王超主编. -- 北京: 机械工业出版社, 2024. 11. -- (战略性新兴产业“十四五”高等教育系列教材). -- ISBN 978-7-111-77064-0

I. TP273

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024P8F272 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吉玲 责任编辑: 吉玲

责任校对: 梁园 薄萌钰 封面设计: 张静

责任印制: 张博

北京建宏印刷有限公司印刷

2024 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16.5 印张 · 397 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-77064-0

定价: 59.00 元

电话服务

客服电话: 010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

机工教育服务网: www.cmpedu.com

前言

以互联网、大数据、人工智能为代表的新一代信息技术日新月异,加速向实体经济领域渗透融合,深刻地改变了各行业的发展理念、生产工具与生产方式。在新一代信息技术与制造技术深度融合的背景下,在工业数字化、网络化、智能化转型需求的带动下,工业互联网应运而生,正在全球范围内不断颠覆传统制造模式、生产组织方式和产业形态,推动传统产业加快转型升级、新兴产业加速发展壮大。工业互联网以数据为核心,打通设备、系统、企业和产业链条。其数据功能主要包含感知控制、数字模型和决策优化三个基本层次,通过自下而上的信息流和自上而下的决策流构成工业数字化应用闭环。

通过工业互联网实现工业数字化的关键就是数据的打通,而要实现这个目标,操作运营技术(OT)和信息技术(IT)的融合既是重点也是难点。长期以来,OT和IT是相互独立的,OT部分主要用于控制和分析企业的生产过程,促进进一步改善生产;IT部分重点处理企业的各类数据和信息,并维护企业所制造产品的质量。实现OT和IT的融合亟须同时具备懂控制、懂连接和懂数据三个基本面的人才,本书即以此为目标进行编写。

本书以工业数据为主线,贯穿工业数据的产生、传输、处理、存储、决策和执行全环节。第1章绪论首先以四次工业革命为时间线,以信息的采集传输和控制的执行为关注点,介绍自动化控制在变革过程中发挥的作用和被赋予的变化。然后,从工业互联网的发展和数字化的实施两方面对数字化网络化控制技术进行概述。第2章和第3章聚焦于OT,主要讲述计算机控制系统和自动化控制策略。计算机控制系统的产生使自动化控制技术发生了根本的转变,由处理连续时间变量转变为处理离散时间变量,由处理模拟量转变为处理数字量。第2章重点讲述计算机控制系统的基本构建方法,第3章则介绍支撑计算机控制系统实现高效精确控制效果的数据处理和控制策略。在PID参数整定部分,不局限于多数教科书中的ZN整定方法,而是通过分析其存在的问题,引入已在工程实践中得到大量检验和广泛认可的Lambda参数整定方法。第4章面向连接,介绍数据通信和互联技术,使读者理解数字信息是如何通过通信介质实现传输的,这也是计算机控制集成技术的重要基础。第5章工业异构网络,针对OT与IT融合所面临的重点问题,介绍工业异构网络互联及工业互联安全。随着感知技术、传输技术、平台技术和数据分析技术的突破,数据的价值越来越大。第6章重点介绍工业数据的清洗、特征提取、聚类、异常值识

别、数据模型与呈现方式等处理技术,以满足工业领域对大数据处理的需求。第7章则从工业AI与自动化角度,将一些最新的技术引入教材,如数字孪生、超自动化与工业大互联等。第8章介绍两项使用霍尼韦尔 TRIDIUM 的 Niagara 工业大互联技术开发,并通过脱敏后的企业真实工程案例,帮助读者理解数字化网络化控制技术是如何协同解决实际工业需求问题、实现数字化转型的。

感谢霍尼韦尔公司对本书编写的全力支持;感谢编写团队全体成员的通力合作和辛勤付出。由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,希望广大读者批评指正。

王 超
于天津大学

IV

目 录

前言

第1章 绪论

- 1.1 自动化控制与工业革命
- 1.1.1 第一次工业革命
- 1.1.2 第二次工业革命
- 1.1.3 第三次工业革命
- 1.1.4 第四次工业革命
- 1.2 数字化网络化控制技术概述

- 1.2.1 工业互联网的发展
- 1.2.2 数字化的实施

思考题与习题

第2章 计算机控制系统

- 2.1 计算机控制系统概述
- 2.1.1 计算机控制系统的工作原理
- 2.1.2 计算机控制系统的组成及发展
- 2.2 计算机控制系统中的检测设备和执行机构
- 2.2.1 检测设备
- 2.2.2 执行机构
- 2.3 计算机控制系统中的过程通道
- 2.3.1 通道接口技术
- 2.3.2 数字量输入通道
- 2.3.3 数字量输出通道
- 2.3.4 模拟量输入通道
- 2.3.5 模拟量输出通道

思考题与习题	59
第3章 自动化控制策略	61
3.1 数据处理方法	62
3.1.1 标度变换方法	62
3.1.2 数字滤波技术	64
3.2 数字PID控制	66
3.2.1 标准数字PID控制算法	67
3.2.2 数字PID控制算法的改进	69
3.2.3 数字PID控制参数的整定	72
3.3 基于数字PID控制的复杂控制系统	74
3.3.1 串级控制系统	74
3.3.2 前馈控制系统	75
3.3.3 纯迟延补偿控制系统	76
3.3.4 解耦控制系统	76
3.4 模型预测控制	78
3.4.1 模型算法控制	79
3.4.2 动态矩阵控制	83
3.4.3 预测控制系统的参数选择	86
3.4.4 预测控制仿真计算工具	90
3.5 其他先进控制策略简介	92
3.5.1 自适应控制	92
3.5.2 模糊控制	93
3.5.3 专家控制	94
3.5.4 神经网络控制	95
思考题与习题	95
第4章 数据通信与互联技术	97
4.1 通信系统的性能指标	97
4.1.1 有效性指标	98
4.1.2 可靠性指标	98
4.2 数据的传输技术	99
4.2.1 信道的频率特性	99
4.2.2 基带传输	100
4.2.3 载波传输	100
4.2.4 宽带传输	101

4.3 异步串行传输与现场总线	101
4.3.1 异步串行传输	101
4.3.2 现场总线概述	109
4.3.3 代表性现场总线	110
4.4 互联网的基本原理	122
4.4.1 分组交换	122
4.4.2 计算机网络的体系结构	124
4.4.3 网络互联设备	126
4.4.4 TCP协议与IP协议	128
4.5 以太网技术	134
4.5.1 以太网的拓扑结构	134
4.5.2 以太网的分类	135
4.6 无线网络	137
4.6.1 无线个人局域网	138
4.6.2 无线局域网	139
4.6.3 无线广域网	140
思考题与习题	144
第5章 工业异构网络	146
5.1 工业异构网络组成	146
5.1.1 异构设备的概念及特点	147
5.1.2 异构设备连接	147
5.1.3 工业互联本地控制	149
5.2 工业互联分布式云边控制	151
5.2.1 云边协同的意义	152
5.2.2 异构设备数据采集	154
5.2.3 异构设备数据传输	159
5.2.4 边缘计算	162
5.3 工业互联安全	166
5.3.1 工业互联面对的安全问题	166
5.3.2 信息防护与加密技术	166
5.3.3 异构设备的安全连接机制	170
5.3.4 数据安全机制	172
5.3.5 隐私安全机制	174
5.3.6 访问控制技术	175
5.3.7 安全连接协议	178
思考题与习题	183

第6章 工业大数据

6.1 工业数据的特征	184
6.1.1 工业数据的类型	184
6.1.2 工业大数据的特征	185
6.1.3 数据标签	187
6.2 工业数据的整理	188
6.2.1 数据的分级处理	188
6.2.2 数据的存储优化	189
6.2.3 工业数据的存储	190
6.2.4 数据库构建实例	193
6.3 工业数据的处理技术	195
6.3.1 工业数据的清洗	195
6.3.2 工业数据的特征提取	196
6.3.3 工业数据的聚类	198
6.3.4 异常值识别	199
6.3.5 数据的分类	201
6.3.6 数据的回归	202
6.4 数据的呈现与决策	204
6.4.1 数据模型	204
6.4.2 数据呈现方式	207
6.4.3 故障诊断与控制决策	209
6.5 大数据的分布式处理技术	212
6.5.1 海量数据存储技术	212
6.5.2 数据并行处理与管理技术	213
思考题与习题	218

第7章 工业AI与自动化

7.1 人工智能在工业数据处理中的应用	220
7.1.1 人工智能在工业领域的应用及价值	221
7.1.2 数据深度挖掘与高阶智能化	222
7.1.3 传统机器学习模型与深度机器学习模型	223
7.2 工业数据建模与算法优化	232
7.2.1 工业数据自助建模	232
7.2.2 构建数字孪生体	233
7.2.3 工业能效优化与预测性维护	237
7.3 超自动化控制与碳中和	240
7.3.1 超自动化控制发展趋势	240

7.3.2 AI在超自动化控制系统中的应用	241
7.3.3 碳中和目标下的工业超自动化能源优化控制	242
7.4 工业大互联	242
7.4.1 产线控制与工业大互联	243
7.4.2 工业大互联平台架构与应用部署	243
思考题与习题	246
第8章 工程案例	247
8.1 智慧二次热网运营管理平台案例	247
8.2 某家电集团设备全生命周期管理系统案例	250
思考题与习题	252
参考文献	253

参考文献

1. 工业互联网平台白皮书	253
2. 工业互联网平台白皮书	253
3. 工业互联网平台白皮书	253
4. 工业互联网平台白皮书	253
5. 工业互联网平台白皮书	253
6. 工业互联网平台白皮书	253
7. 工业互联网平台白皮书	253
8. 工业互联网平台白皮书	253
9. 工业互联网平台白皮书	253
10. 工业互联网平台白皮书	253

参考文献

- 1. 工业互联网平台白皮书
- 2. 工业互联网平台白皮书
- 3. 工业互联网平台白皮书
- 4. 工业互联网平台白皮书
- 5. 工业互联网平台白皮书
- 6. 工业互联网平台白皮书
- 7. 工业互联网平台白皮书
- 8. 工业互联网平台白皮书
- 9. 工业互联网平台白皮书
- 10. 工业互联网平台白皮书

1.1 自动化控制与工业基础

自动化控制是工业生产的基石，是实现工业生产自动化、智能化、绿色化的关键。随着工业4.0和智能制造的兴起，自动化控制技术在工业生产中的应用越来越广泛。本章主要介绍自动化控制的基本概念、分类、组成及应用。



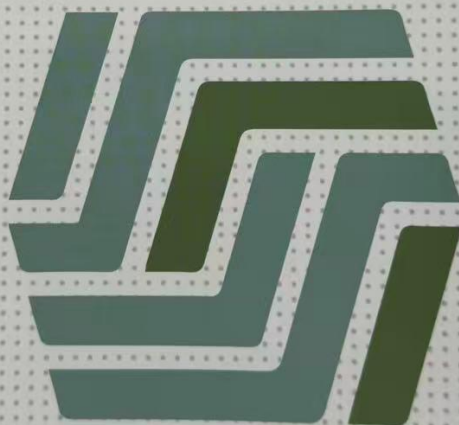
住房和城乡建设部“十四五”规划教材
高等职业教育建筑设备类专业群“互联网+”活页式创新系列教材



本教材为教育部国家级教学资源库
(建筑智能化工程技术专业) 配套教材

建筑电气控制系统 与 PLC

王欣 主编
梁芳 梁瑞儿 武莉莉 副主编
李梅芳 主审



- **案例清晰**
内含典型的控制案例，教学做合一
- **活页教材**
基于工作过程为导向的教学方法，融入课程思政、活学活用
- **资源丰富**
大量课程视频、微课、动画、图片以及课件资源等，助力学习



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气控制系统与PLC/王欣主编;梁芳,梁瑞儿,武莉莉副主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2022.12

住房和城乡建设部“十四五”规划教材 高等职业教育建筑设备类专业群“互联网+”活页式创新系列教材
ISBN 978-7-112-28029-2

I. ①建… II. ①王… ②梁… ③梁… ④武… III.

①PLC技术—应用—房屋建筑设备—电气控制—高等职业教育—教材 IV. ①TU85

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第178068号

本书依托教育部国家级教学资源库(建筑智能化工程技术专业)中的标准化课程“建筑电气控制系统与PLC”与省级精品“建筑电气控制系统与PLC”在线开放课程打造活页式新型教材,结合职业教育的特点,突出学生实际应用能力的培养和训练。

全书从建筑电气控制与PLC的实际应用出发,按照学习递进层次,共8个项目,内容包括:常用低压控制元件的选用、建筑电气典型控制电路的设计与应用、常用建筑电气设备控制电路分析、建筑施工常用设备电气控制、三菱FX_{2N}系列可编程控制器基本指令应用、三菱FX_{2N}系列可编程控制器步进指令应用、三菱FX_{2N}系列可编程控制器应用指令基本用法、建筑智能化物联网控制。

本书可作为全国高职高专建筑智能化工程技术专业及机电类各专业教材,也可供机电工程技术人员及相关人员参考用书。

为了方便教与学,本书提供了相应的教学平台,请有此需要的教师或学习者加QQ群:622178184。

责任编辑:胡欣蕊

书籍设计:锋尚设计

责任校对:张惠雯

住房和城乡建设部“十四五”规划教材
高等职业教育建筑设备类专业群“互联网+”活页式创新系列教材

建筑电气控制系统与PLC

王欣 主编

梁芳 梁瑞儿 武莉莉 副主编

李梅芳 主审

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京锋尚制版有限公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

开本:787毫米×1092毫米 1/16 印张:21¼ 字数:471千字

2024年3月第一版 2024年3月第一次印刷

定价:62.00元(赠教师课件)

ISBN 978-7-112-28029-2

(39880)

版权所有 翻印必究

如有内容及印装质量问题,请联系本社读者服务中心退换

电话:(010)58337283 QQ:2885381756

(地址:北京海淀三里河路9号中国建筑工业出版社604室 邮政编码:100037)

前 言

随着现代化建设的不断发展,特别是信息技术与现代建筑的融合,使我国建筑电气控制技术的应用开辟了新的发展空间,也为设备制造、工程设计、施工管理等行业开拓了巨大的市场,极大地促进了社会对建筑电气控制人才的需求。

本书采用“活页式”设计,以综合职业能力培养为目标,配套多种数字化教学资源,实现了教学内容、方式的可选择性和教学评估的多元化,是我国特色现代职业教育体系建设的重要创新。本书按照“以学生为中心、学习成果为导向、促进自主学习”思路进行教材开发设计,弱化“教学材料”的特征,强化“学习资料”的功能,通过教材引领,构建“多元”学习管理体系。本书将“以企业岗位(群)任职要求、职业标准、工作过程或产品”作为教材主体内容,将“以德树人、课程思政”有机融合到教材中。本书同时提供丰富、适用和引领创新作用的多种类型立体化、信息化课程资源,让读者通过阅读和学习能全面了解到当今建筑电气控制技术研究的主要内容和发展方向及在建筑中的应用。本书充分体现建筑电气控制与PLC实用性和技术的现代性,以期达到事半功倍的效果。

本书依托建筑智能化工程技术专业国家教学资源库中的标准化课程“建筑电气控制系统与PLC”和省级精品“建筑电气控制系统与PLC”在线开放课程打造活页式新型教材。其中构建“互联网+教育”智慧教材思路,按微课与慕课的理念建设有相关配套的后台资源,附有图片、动画和视频等教学资源,读者可扫描书中二维码观看相应资源,随扫随学,激发学生自主学习兴趣。实现了教学资源信息化、教学终端移动化和教学过程数据化,使学习者随时掌握建筑电气控制设计、安装、编程与调试等,同时提高“活页式”教材的使用效果。

本书共8个项目,参考学时为90学时。分为继电器-接触器控制部分和可编程控制器部分。

本书由黑龙江建筑职业技术学院王欣担任主编,宁夏建设职业技术学院梁芳、广州市机电技师学院梁瑞儿和黑龙江建筑职业技术学院武莉莉担任副主编。其中项目1由黑龙江建筑职业技术学院武莉莉编写;项目2由黑龙江建筑职业技术学院王欣编写;项目3由广州市机电技师学院范玉兰编写;项目4黑龙江建筑职业技术学院孙慧松编写;项目5由宁夏建设职业技术学院梁芳编写;项目6由广州市机电技师学院梁瑞儿编写;项目7由宁夏建设职业技术学院何云静编写;项目8由霍尼韦尔Tridium亚太区培训经理王波编写。全书由王欣负责统一一定稿,由黑龙江建筑职业技术学院教授李梅芳进行了认真的审阅,并提出了非常宝贵的修改意见,在此表示诚挚的感谢。

本书参考了大量的书刊资料,并引用了部分内容,除在参考文献中列出外,在此一并向这些书刊资料的作者表示衷心的感谢。

由于建筑电气控制新技术、新产品的不断发展和进步,加之我们的专业水平有限、时间仓促,书中难免有错漏之处,恳请广大读者批评指正。

目 录

项目 1	常用低压控制元件的选用	1
任务1.1	主令电器的选用	2
任务1.2	开关与保护电器的选用	19
任务1.3	接触器的选用	38
任务1.4	继电器的选用	50
任务1.5	水位控制器的选用	72
项目 2	建筑电气典型控制电路的设计与应用	81
任务2.1	电动机单向启动连续运行及点动控制电路的设计与应用	82
任务2.2	电动机正反转运行控制电路的设计与应用	91
任务2.3	电动机连锁及两（多）地控制电路的设计与应用	97
任务2.4	三相笼型异步电动机星形——三角形降压启动控制电路的 设计与应用	102
任务2.5	三相笼型异步电动机定子串电阻（电抗）降压启动控制 电路的设计与应用	107
任务2.6	三相异步电动机制动控制电路的设计与应用	112

任务2.7 三相笼型电动机的变极调速控制电路的设计与应用	119
任务2.8 三相绕线型异步电动机转子回路串电阻启动控制电路的设计与应用	125
项目 3 常用建筑电气设备控制电路分析	131
任务3.1 水泵的电气控制电路分析	132
任务3.2 排烟风机的电气控制电路分析	141
项目 4 建筑施工常用设备电气控制	151
任务4.1 散装水泥装置与混凝土搅拌机的电气控制	152
任务4.2 塔式起重机的电气控制	166
项目 5 三菱FX_{2N}系列可编程控制器基本指令应用	174
任务5.1 可编程控制器介绍	175
任务5.2 三相异步电动机单向运行PLC控制系统的设计	193

任务5.3 三相异步电动机可逆运行PLC控制系统的设计	213
任务5.4 三相异步电动机的星-三角降压启动PLC控制系统的设计	231
项目 6 三菱FX_{2N}系列可编程控制器步进指令应用	247
任务6.1 配料小车自动控制系统的设计	248
任务6.2 混料罐的PLC控制系统设计	259
任务6.3 十字交通灯控制系统设计	267
任务6.4 步进指令应用实例分析	274
项目 7 三菱FX_{2N}系列可编程控制器应用指令基本用法	283
任务7.1 程序流向控制指令用法	284
任务7.2 传送与比较指令用法	298
任务7.3 算数与逻辑运算指令用法	304
任务7.4 循环移位与移位指令用法	311
项目 8 建筑智慧化物联控制	318
任务8.1 智慧建筑系统介绍	319
任务8.2 智慧建筑子系统智慧化物联价值	326
参考文献	334

安全技术防范系统工程
 建筑智能化工程造价
 建筑供电与照明
 建筑电气控制系统与PLC
 建筑智能化施工与管理
 建筑智能化综合实训应用
 建筑设备监控系统工程
 建筑设备 BIM 技术
 建筑设备
 火灾自动报警系统
 综合布线与通信网络(第二版)



建工出版社微信



建工书院



各地建筑书店



经销单位：各地新华书店 / 建筑书店（扫描上方二维码）。

网络销售：中国建筑工业出版社官网 <http://www.cabp.com.cn>

中国建筑出版在线 <http://www.cabplink.com>

建工书院 <http://edu.cabplink.com>

中国建筑工业出版社旗舰店（天猫）

中国建筑工业出版社官方旗舰店（京东）

中国建筑书店有限责任公司图书专营店（京东）

新华文轩旗舰店（天猫） 凤凰新华书店旗舰店（天猫）

博库图书专营店（天猫） 浙江新华书店图书专营店（天猫）

当当网 京东商城

图书销售分类：高职教材（X10）

责任编辑：胡欣蕊
 书籍设计：锋尚设计

ISBN 978-7-112-28029-2



(39880)定价：62.00元
 （赠教师课件）



一流本科专业一流本科课程建设系列教材

融媒体
新形态教材

数据结构

(C语言版)

戴 敏 © 主编

DATA STRUCTURE
(C LANGUAGE VERSION)

- ✓ 二维码微课视频
- ✓ 电子课件
- ✓ 习题解答
- ✓ 源程序



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



数据结构
(C语言版)

戴敏 ◎ 主编



一流本科专业一流本科课程建设系列教材

融媒体
新形态教材

数据结构 (C语言版)

戴敏 ◎ 主编

DATA STRUCTURE
(C LANGUAGE VERSION)

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

- ✓ 二维码微课视频
- ✓ 电子课件
- ✓ 习题解答
- ✓ 源程序

数据结构 (C语言版)



主编：戴敏

ISBN: 978-7-111-77601-7

01 作者简介



戴敏，博士，天津理工大学教授，硕士生导师，天津市教学名师，国家级一流本科课程“数据结构与算法”负责人。1990年至今在天津理工大学计算机科学与工程学院从事计算机应用技术领域的教学与科研工作，曾获得天津市“五一”劳动奖章、天津市优秀教师、天津市百名建功立业先进女职工等荣誉称号。

主讲“数据结构与算法”“数据库系统概论”“高级数据库技术”等多门课程。主持天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划教学研究项目6项，发表教学研究论文10多篇；主编教材3部，参编、翻译教材10多部；获得天津市教学成果一等奖1项、二等奖3项。

主要研究方向为智能信息处理、生物医学信号分析、现代数据库理论与技术等。近几年，主持/参与完成国家自然科学基金项目、天津市科技支撑项目、天津市自然科学基金项目等10多项，发表科研论文40余篇，获得授权发明专利6项，获得天津市科技进步三等奖2项。

02 内容简介

本书是国家级一流本科课程配套教材。

全书共9章，主要包括：算法设计与分析的基础知识，线性结构、树和图等各种基本数据结构的逻辑特点、存储结构、主要操作的实现与应用，递归、查找和排序等典型算法的实现及应用。每节以“问题导入”引入知识点，通过问题分析、算法设计与实现、算法评价展示问题求解过程，并结合教学内容，在问题导入、应用举例和“思想园地”中融入课程思政元素。全书采用C语言作为算法实现语言，各章的“应用举例”中含有很多实用的算法实例和热点应用，既是本章算法的综合运用，也有助于提高读者运用数据结构解决实际问题的能力。每章还设置了不同难度的思考题、练习题和上机实验题，帮助读者理解和掌握重点、难点问题，提高实践能力。

03 配套资源

课件、习题答案、视频、源程序、知识图谱课程，智慧课程上有各种数字资源，网址为：
<https://wisdomh5.zhihuishu.com/course/index/1661208145437003776?mapVersion=0>

1. 电子课件



2. 习题答案

3. 视频资源

4. 源代码

04 章节目录

目录	第一章 绪论	第二章 线性表	第三章 栈和队列	第四章 树和二叉树	第五章 图	第六章 查找	第七章 排序	第八章 综合应用	附录
1	1.1 绪论	2.1 线性表的定义及操作特性	3.1 栈的逻辑结构	4.1 树的定义及操作特性	5.1 图的定义及操作特性	6.1 查找的定义及操作特性	7.1 排序的定义及操作特性	8.1 综合应用	A.1 附录A
2	1.2 算法设计	2.2 线性表的存储结构	3.2 栈的抽象数据类型定义	4.2 二叉树的遍历	5.2 图的遍历	6.2 查找的算法设计	7.2 排序的算法设计	8.2 综合应用	A.2 附录B
3	1.3 算法评价	2.3 线性表的实现	3.3 队列的逻辑结构	4.3 二叉树的存储结构	5.3 图的存储结构	6.3 查找的实现	7.3 排序的实现	8.3 综合应用	A.3 附录C
4	1.4 算法应用	2.4 线性表的综合应用	3.4 队列的抽象数据类型定义	4.4 二叉树的综合应用	5.4 图的综合应用	6.4 查找的综合应用	7.4 排序的综合应用	8.4 综合应用	A.4 附录D
5	1.5 算法总结	2.5 线性表的总结	3.5 队列的综合应用	4.5 二叉树的总结	5.5 图的总结	6.5 查找的总结	7.5 排序的总结	8.5 综合应用	A.5 附录E
6	1.6 算法展望	2.6 线性表的展望	3.6 队列的展望	4.6 二叉树的展望	5.6 图的展望	6.6 查找的展望	7.6 排序的展望	8.6 综合应用	A.6 附录F
7	1.7 算法附录	2.7 线性表的附录	3.7 队列的附录	4.7 二叉树的附录	5.7 图的附录	6.7 查找的附录	7.7 排序的附录	8.7 综合应用	A.7 附录G
8	1.8 算法参考文献	2.8 线性表的参考文献	3.8 队列的参考文献	4.8 二叉树的参考文献	5.8 图的参考文献	6.8 查找的参考文献	7.8 排序的参考文献	8.8 综合应用	A.8 附录H
9	1.9 算法索引	2.9 线性表的索引	3.9 队列的索引	4.9 二叉树的索引	5.9 图的索引	6.9 查找的索引	7.9 排序的索引	8.9 综合应用	A.9 附录I
10	1.10 算法附录	2.10 线性表的附录	3.10 队列的附录	4.10 二叉树的附录	5.10 图的附录	6.10 查找的附录	7.10 排序的附录	8.10 综合应用	A.10 附录J

05 样章展示

目录	第一章 绪论	第二章 线性表	第三章 栈和队列	第四章 树和二叉树	第五章 图	第六章 查找	第七章 排序	第八章 综合应用	附录
1	1.1 绪论	2.1 线性表的定义及操作特性	3.1 栈的逻辑结构	4.1 树的定义及操作特性	5.1 图的定义及操作特性	6.1 查找的定义及操作特性	7.1 排序的定义及操作特性	8.1 综合应用	A.1 附录A
2	1.2 算法设计	2.2 线性表的存储结构	3.2 栈的抽象数据类型定义	4.2 二叉树的遍历	5.2 图的遍历	6.2 查找的算法设计	7.2 排序的算法设计	8.2 综合应用	A.2 附录B
3	1.3 算法评价	2.3 线性表的实现	3.3 队列的逻辑结构	4.3 二叉树的存储结构	5.3 图的存储结构	6.3 查找的实现	7.3 排序的实现	8.3 综合应用	A.3 附录C
4	1.4 算法应用	2.4 线性表的综合应用	3.4 队列的抽象数据类型定义	4.4 二叉树的综合应用	5.4 图的综合应用	6.4 查找的综合应用	7.4 排序的综合应用	8.4 综合应用	A.4 附录D
5	1.5 算法总结	2.5 线性表的总结	3.5 队列的综合应用	4.5 二叉树的总结	5.5 图的总结	6.5 查找的总结	7.5 排序的总结	8.5 综合应用	A.5 附录E
6	1.6 算法展望	2.6 线性表的展望	3.6 队列的展望	4.6 二叉树的展望	5.6 图的展望	6.6 查找的展望	7.6 排序的展望	8.6 综合应用	A.6 附录F
7	1.7 算法附录	2.7 线性表的附录	3.7 队列的附录	4.7 二叉树的附录	5.7 图的附录	6.7 查找的附录	7.7 排序的附录	8.7 综合应用	A.7 附录G
8	1.8 算法参考文献	2.8 线性表的参考文献	3.8 队列的参考文献	4.8 二叉树的参考文献	5.8 图的参考文献	6.8 查找的参考文献	7.8 排序的参考文献	8.8 综合应用	A.8 附录H
9	1.9 算法索引	2.9 线性表的索引	3.9 队列的索引	4.9 二叉树的索引	5.9 图的索引	6.9 查找的索引	7.9 排序的索引	8.9 综合应用	A.9 附录I
10	1.10 算法附录	2.10 线性表的附录	3.10 队列的附录	4.10 二叉树的附录	5.10 图的附录	6.10 查找的附录	7.10 排序的附录	8.10 综合应用	A.10 附录J