

“十三五”国家重点出版物出版规划项目



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪工业工程专业规划教材



Modern Logistics Facilities and Planning

现代物流设施与规划

第③版

方庆瑄 王转 主编



赠电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪工业工程专业规划教材

现代物流设施与规划

第3版

主 编 方庆瑄 王 转
主 审 齐二石

机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和国家级精品课程“物流工程”的配套教材，并被列入“十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系系列精品教材。本书以网络化为主线，提出了物流互联网的概念，介绍了现代物流设施及设施规划与物流分析的方法。全书共14章，第1章为概述，第2、3、7、8、9、10、11章介绍了物流设备、设施及信息技术；第4、5、6章介绍了传统的物流分析、设施选址、布局设计；第12、14章介绍了设施规划与物流分析的计算机仿真和布局设计的现代算法；第13章编入了多个规划设计分析实例。本书还配有相应的教学课件和视频案例，读者只要扫描各章节相关的二维码即可查阅。

本书可作为高等院校工业工程专业和物流类专业“设施规划与物流分析”“物流设备与技术”“物流工程”等课程的教材和相关专业工程技术人员的技术参考书，也可作为物流互联网和物联网工程的技术参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代物流设施与规划/方庆瑄,王转主编.—3版.—北京:机械工业出版社,2018.2

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 “十三五”国家重点出版物出版规划项目 21世纪工业工程专业规划教材

ISBN 978-7-111-59698-1

I. ①现… II. ①方… ②王… III. ①物流—设备管理—高等学校—教材 IV. ①F252

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第077046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:裴 泱 责任编辑:裴 泱 刘 静 武 晋 商红云

责任校对:郑 婕 封面设计:张 静

责任印制:李 昂

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2018年6月第3版第1次印刷

184mm×260mm·25.5印张·1插页·634千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-59698-1

定价:59.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649 机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

21 世纪工业工程专业规划教材

编 审 委 员 会

名誉主任：汪应洛 西安交通大学

主任：齐二石 天津大学

副主任：

夏国平 北京航空航天大学

薛 伟 温州大学

易树平 重庆大学

李泰国 首都经济贸易大学

钱省三 上海理工大学

吴爱华 山东大学

苏 秦 西安交通大学

许映秋 东南大学

郭 伏 东北大学

邓海平 机械工业出版社

秘书长：易树平 重庆大学

秘书：张敬柱 机械工业出版社

委员（按姓氏笔画排序）：

方庆瑄 安徽工业大学

姜俊华 南昌航空大学

王卫平 东莞理工学院

徐人平 昆明理工大学

王德福 东北农业大学

徐瑞园 河北科技大学

卢明银 中国矿业大学

海 心 南京工程学院

李兴东 山东科技大学

龚小军 西安电子科技大学

任秉银 哈尔滨工业大学

曹国安 合肥工业大学

齐德新 辽宁工程技术大学

曹俊玲 机械工业出版社

刘裕先 北京信息科技大学

傅卫平 西安理工大学

李 萍 黑龙江科技大学

韩向东 南京财经大学

陈友玲 重庆大学

程 光 北京联合大学

陈 立 东北农业大学

程国全 北京科技大学

张绪柱 山东大学

蒋祖华 上海交通大学

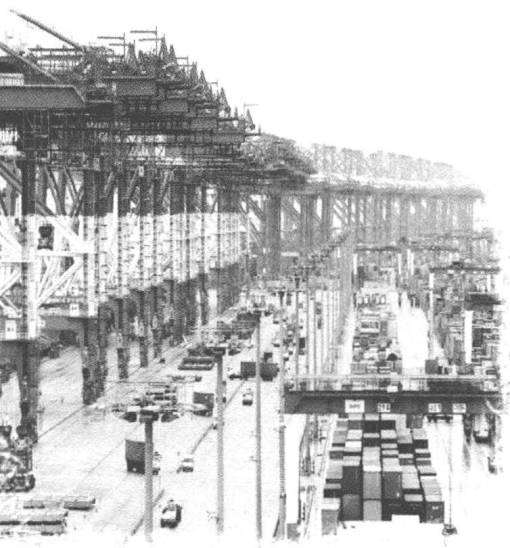
张新敏 沈阳工业大学

鲁建厦 浙江工业大学

周宏明 温州大学

戴庆辉 华北电力大学

周跃进 南京大学



序

每一个国家的经济发展都有自己特有的规律，而每一个国家的高等教育也都有自己独特的发展轨迹。

自从工业工程（Industrial Engineering, IE）学科于20世纪初在美国诞生以来，在世界各国得到了较快的发展。工业化强国在第一次和第二次世界大战中都受益于工业工程。特别是战后经济恢复期，日本、德国等均在工业企业中大力推广工业工程的应用和培养工业工程人才，收到了良好的效果。美国著名企业家艾柯卡先生曾任美国福特和克莱斯勒汽车公司的总裁，他就是毕业于美国里海大学工业工程专业。日本丰田生产方式从20世纪80年代创建以来，至今仍风靡全世界，其创始人 大野耐一的接班人——日本丰田汽车公司原生产调查部部长中山清孝说：“所谓丰田生产方式，就是美国的工业工程在日本企业的应用。”在亚洲的韩国、新加坡及我国台湾和香港，工业工程均于20世纪60年代起步，当时正值亚太地区经济快速发展时期。我国台湾的工业工程发展与教育是相当成功的，经过30年的努力，建立了工业工程的科研、应用和教育系统。20世纪90年代初，台湾60所大学有48所开设了工业工程专业，至今人才需求仍兴盛不衰，更重要的是于1992年设立了工业工程学门。目前，在大陆的台资企业都设有工业工程部和工业工程工程师岗位。亚太地区的学校都广泛设立工业工程专业。工业工程高水平人才的培养对国内外经济发展和社会进步起到了重要的推动作用。

1990年6月，中国机械工程学会工业工程研究会（现已更名为工业工程分会）的正式成立，以及首届全国工业工程学术会议在天津大学的胜利召开，标志着我国工业工程学科步入了一个崭新的发展阶段。人们逐渐认识到工业工程对中国管理现代化和经济现代化的重要性，并在全国范围内自发地掀起了学习、研究和推广工业工程的高潮。更重要的是，1993年7月由国家教委批准，天津大学和西安交通大学首批试办工业工程专业并招收本科生，由此开创了我国工业工程学科的先河。而后重庆大学等一批高校也先后开设了工业工程专业。时至今日，工业工程专业已在我国高校普遍开设。发展速度之快，就像我国的经济发展一样，令世界各国瞩目。我于2005年9月应邀赴美讲学，2001年应我国台湾工业工程学会邀请到台湾清华大学讲学，2003年应韩国工业工程学会邀请赴韩讲学，其题目均为“中国工业工程与高等教育发展概况”。他们均对我国大陆的工业工程学科发展给予了高度的评价，并表达了与我们保持长期交流与往来的意愿。

虽然我国工业工程高等教育自1993年就已开始，但教材建设却发展缓慢。最初，大家都使用由北京机械工程师进修学院组织编写的“自学考试”系列教材。至1998年时，全国设立工业工程专业的高校已达三四十所，但仍没有一套适用的专业教材。在这种情况下，工业工程分会与中国科学技术出版社合作出版了一套工业工程专业教材，并请西安交通大学汪应洛教授任编委会主任。这套教材的出版有效地缓解了当时工业工程专业高等教育教材短缺的压力，对我国工业工程专业高等教育的发展起到了重要的推动作用。

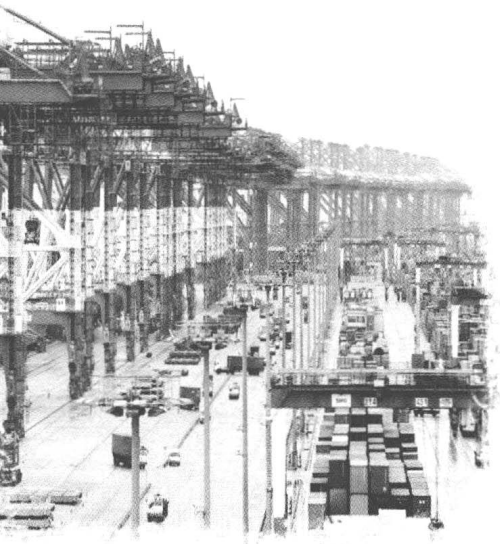
然而，近年来我国工业工程学科发展十分迅猛，开设工业工程专业的高校数量直线上升，同时教育部也不断出台新的政策，对工业工程的学科建设、办学思想、办学水平等进行规范和评估。在新的形

势下，为了适应教学改革的要求，满足全国普通高等院校工业工程专业教学的需要，机械工业出版社推出的这套“21世纪工业工程专业规划教材”是十分及时和必要的。在教材编写启动会上，编审委员会组织国内工业工程专家和学者对本套教材的学术定位、编写思想和特色进行了深入研讨，力求在确保高学术水平的基础上，适应普通高等院校教学的需求，做到适应面广、针对性强、专业内容丰富。同时，本套教材还配备相应的实验和实习教程、案例教程，实现立体化。尽管如此，由于工业工程在我国正处于快速成长期，加上我们的学术水平和知识有限，教材中难免存在各种不足，恳请国内外同仁多加批评指正。



于天津





第3版前言

作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和国家级精品课程配套教材的《现代物流设施与规划》，于2016年被列入“‘十三五’国家重点出版物出版规划项目”。国家新闻出版广电总局在编制《“十三五”国家重点图书、音像、电子出版物出版规划》的通知中要求：加强科技创新和文化创新。紧跟科学发展趋势，与国家重大项目紧密结合，全面落实国家在科技、教育、人才等方面的中长期规划，努力提升全民族创造活力，推出一批符合国家长远发展目标，反映我国自然科学、工程技术和人文社科等各领域重要研究成果的出版物。为了落实国家新闻出版广电总局的要求，使教材紧跟时代前进的步伐，在机械工业出版社的支持下，编者对《现代物流设施与规划》进行了修订。

近年来，日新月异的互联网技术使物流行业有了划时代的进步。互联网+物流设施的连锁效应既使得经典物流设施向网络化更新，又催生了许多现代互联网物流设施。为了适应现代物流设施发展的网络化趋势，本次修订以网络化为主线，对与网络化无关的经典物流设施的介绍进行了整合与删减。例如，精减了第3章“生产线物流设备”的内容，并把原第15章“物流工位器具”删减后并入第3章。重要的是：新编写了物流互联网和物联网的内容，并将条码及标签识别的内容更新后并入新编成的第10章——互联网物流设施。在新的第10章中，提出了物流互联网的概念，论述了物流互联网和物联网的组成及应用。互联网物流设施是现代物流系统的核心，它与其他智能物流设施（自动化仓储系统、智能分拣系统、AGV等）和某些经典物流设施一起，在“互联网+”下融合成现代物流系统。修订后，本书各章的内容均围绕“互联网+”下现代物流系统的设施与规划展开论述。

以网络化为主线，除了体现在教材内容的编写上，还体现在书稿传媒介质的网络化上。在印装成册的纸质文稿和图片的基础上，本书还配有大量案例视频。在出版社编辑的支持下，我们将教材涉及的案例视频存置于网上，案例对应书稿的页面上印有链接该视频的二维码，读者扫描该二维码即可查看案例视频。

为了适应中国北斗卫星导航系统在全球推广应用的趋势，本次修订在第11章“全球卫星定位导航系统”中，还增加了相关内容。

本次修订由方庆瑄和王转任主编，参与修订工作的还有安徽工业大学的部振华、张洪亮、钟玥、刘林、李艳和黄建中等，北京络捷斯特科技发展股份有限公司副总经理孙红菊为本次修订提供了案例资料，湖南省产商品质量监督检验研究院郭学东主任编审了本书中有关国家标准及行业标准方面的内容。方庆瑄编写了第10章，修订了第1章、第3章和第6章；王转修订了第4章；黄建中编写了第11章；部振华、张洪亮、钟玥、刘林、李艳等参与了其他章节的修订。

修订后，本书可以作为高等院校工业工程专业和物流类专业“设施规划与物流分析”“物流设备与技术”“物流工程”等课程的教材和相关专业工程技术人员的技术参考书，也可作为物流互联网和物联网工程的技术参考书。

编者向参考文献的作者和机械工业出版社编辑致谢。

编者



第2版前言

本书在修订中，遵照教育部质量工程建设的要求，继续坚持“现代”与“经典”并重、“工程”与“管理”融合的原则，对现代物流设施突出了它们的网络化、信息化特点；对传统物流设施则主要介绍它们在系统中的作用与规划。为了适应现代物流技术和工业工程的发展，本次修订增加了设施规划的现代算法和方法的介绍，这都是近年来学科发展的新成果。虽然，这些算法和方法的应用还有局限，但是它们体现的思维模式和研究方向是值得关注和学习的。

本书是国家级精品课程“物流工程”的配套教材。为了满足精品课程建设的需要，本次修订增写了 SLP 法、SHA 法及计算机仿真布局设计的案例。这些案例均来自工程实际或科研项目，将有助于提升教师课堂讲授的工程性，强化理论知识与工程实际的结合。

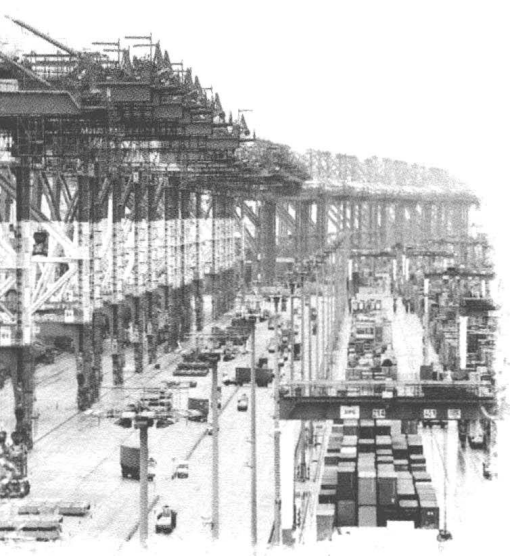
安徽工业大学制造系统与物流研究所所长方庆瑄教授和北京科技大学王转教授主持了本次修订工作，并担任主编；安徽工业大学机械制造及自动化系主任李锐任副主编。第 1、2、3、7、8、9、13 章由方庆瑄、叶晔编写，第 4、6 章由方庆瑄、王转编写，第 5、12 章由李兵编写，第 10、11 章由李锐编写，第 14 章由李兵、方庆瑄编写，第 15 章由一汽轿车公司杨光工程师和西门子安徽分公司余道和工程师编写。参与案例编写及图文处理工作的还有王永开、李艳、惠国保、徐金文、陈小坤和方皓等同志。全书由方庆瑄统稿。书中部分内容的编写参阅了有关文献，谨对这些文献的作者表示感谢！

担任本书主审工作的是教育部管理科学与工程类专业教学指导委员会主任、天津大学管理学院院长齐二石教授和北京科技大学物流研究所所长程国全教授，在此深表感谢。

对本书仍存在的不足与缺陷，欢迎读者指正。

编者





第1版前言

当前自动立体仓库、电动小车、AGV 等现代物流设施已大量应用于制造业的仓储与输送。作为工业工程主要研究领域的“设施规划和物流分析”必须面对已大量应用的现代物流设施。物流设施的现代化对传统工厂布局规划和物流分析方法提出了挑战。本书就是为制造业的工业工程技术人员应对物流设施现代化的挑战而编写的。本书的特点是：①忽略了传统的搬运方法介绍，忽略了传统的运输工具（汽车、叉车）的介绍，重点介绍制造业现代化生产线上的输送设备和光机电一体化现代物流设施。②在介绍这些现代物流设施的原理、组成和性能特点的同时，还介绍这些物流设施各自特定的规划设计方法。③对传统的设施选址、物流分析和设施规划的方法本书也做了面向规划实际的全面的介绍，并编入了多个规划分析的实例。④在介绍传统设施规划与物流分析方法的同时，还介绍了现代的计算机辅助规划分析法和量化评价方法。

本书附有大量图片，并配有教辅课件（含 PPT、录像及习题），供读者选用。书中第 13 章中的案例可供课程设计使用。

普通工业工程专业的“设施规划与物流”课程可以重点讲授本书的第 2、3、4、5 章（其中第 2 章第 4 节可以不讲授）；以物流工程为特色的工业工程专业可以把本书作为“物流设备”和“设施规划与物流”这两门课的教材。

本书在成稿的过程中得到了中国机械工程学会工业工程分会主任、天津大学管理学院院长齐二石教授和上海理工大学钱省三教授的指导和帮助，齐二石教授在审阅本书初稿后提出的意见在本书付印时已得到体现。编者在此向齐二石教授和钱省三教授再致感谢。同时向为本书出版提供了大力支持的机械工业出版社致谢。

本书由安徽工业大学工业工程系主任方庆瑄教授、北京科技大学物流工程研究所副所长王转教授主编，北京科技大学工业工程系主任程国全教授主审。参加编写的还有安徽工业大学工业工程系李兵、钟玥、李锐、周杰、余道和、刘林老师。其中第 1、6、7、8、13 章由方庆瑄编写，第 5 章由王转编写，第 2 章由方庆瑄、钟玥编写，第 4 章由方庆瑄、王转编写，第 3 章由李兵编写，第 9、10、11 章由钟玥、李锐、余道和、刘林编写，第 12 章由方庆瑄、李兵编写。全书由方庆瑄统稿。李功、张迪、方皓等同志参与了本书的图文处理工作。北京起重运输机械研究所、中国科学院沈阳自动化所、北京高科物流工程研究所、青岛海尔物流中心为本书提供了图片资料。

本书从初稿送审至今已近一年，虽然反复修改，仍难免有各种不足，热忱欢迎读者指正。

编者



目 录

| | |
|-------------------------------|----|
| 序 | |
| 第3版前言 | |
| 第2版前言 | |
| 第1版前言 | |
| 第1章 概述 | 1 |
| 1.1 现代物流的发展方向 | 1 |
| 1.2 现代生产物流的特点 | 2 |
| 1.3 “设施规划设计”的发展 | 3 |
| 1.4 精益生产和准时制对物流设施与规划的影响 | 4 |
| 第2章 物流通用设备 | 6 |
| 2.1 集装单元化设备 | 6 |
| 2.2 搬运装卸机具 | 12 |
| 思考与练习题 | 20 |
| 第3章 生产线物流设备 | 21 |
| 3.1 辊子输送机 | 21 |
| 3.2 链式输送机 | 29 |
| 3.3 悬挂输送机 | 31 |
| 3.4 积放式悬挂输送机物流流量及生产率计算 | 40 |
| 3.5 电动单轨车 | 47 |
| 3.6 物流工位器具 | 53 |
| 思考与练习题 | 58 |
| 第4章 工厂物流分析 | 59 |
| 4.1 工厂物流分析的基本概念 | 59 |
| 4.2 工厂物流分析的技术工具 | 63 |
| 4.3 物料搬运系统分析 | 69 |
| 4.4 物料搬运(方案)系统评估的量化分析方法 | 81 |
| 4.5 惊天液压锤公司生产物料搬运系统规划分析 | 84 |



| | |
|----------------------------------|-----|
| 思考与练习题 | 99 |
| 第5章 设施选址及其评价 | 100 |
| 5.1 设施选址的意义及步骤 | 100 |
| 5.2 影响场址选择的主要因素 | 101 |
| 5.3 选址的评价方法 | 102 |
| 思考与练习题 | 114 |
| 第6章 工厂布局设计 | 116 |
| 6.1 设施规划概述 | 116 |
| 6.2 流程分析与空间需求分析 | 125 |
| 6.3 SLP 法求解 | 132 |
| 6.4 螺旋法求解 | 154 |
| 6.5 方案评价与选择 | 156 |
| 6.6 SLP 法应用案例——液压泵装配车间布局设计 | 160 |
| 思考与练习题 | 171 |
| 第7章 自动化仓储系统 | 173 |
| 7.1 概述 | 173 |
| 7.2 货架 | 176 |
| 7.3 巷道式堆垛起重机 | 179 |
| 7.4 AS/RS 的自动化技术 | 181 |
| 7.5 AS/RS 的设计规程 | 187 |
| 思考与练习题 | 197 |
| 第8章 分拣系统 | 199 |
| 8.1 分拣作业 | 199 |
| 8.2 计算机辅助拣选系统 | 201 |
| 8.3 自动分拣机 | 205 |
| 8.4 分拣系统规划 | 210 |
| 思考与练习题 | 214 |
| 第9章 自动导引车 | 215 |
| 9.1 概述 | 215 |
| 9.2 AGV 的导引方式 | 220 |
| 9.3 路径规划 | 224 |
| 思考与练习题 | 232 |
| 第10章 互联网物流设施 | 233 |
| 10.1 物流互联网技术 | 233 |
| 10.2 物联网 | 248 |
| 10.3 条码物流标签 | 262 |

| | | |
|-------------|--------------------------------|------------|
| 10.4 | 标签的射频识别技术 | 272 |
| 10.5 | 条码及标签识别在物流中的应用实例 | 279 |
| | 思考与练习题 | 284 |
| 第11章 | 全球卫星定位导航系统 | 286 |
| 11.1 | 各国的卫星定位导航系统 | 286 |
| 11.2 | 全球卫星定位导航系统的定位功能 | 291 |
| 11.3 | 北斗卫星导航系统 | 294 |
| 11.4 | GPS 在物流系统中的应用 | 296 |
| | 思考与练习题 | 303 |
| 第12章 | 设施规划与物流分析的计算机仿真 | 304 |
| 12.1 | 工厂物流设施规划及仿真软件 VisFactory | 304 |
| 12.2 | 工业系统建模与设施规划仿真平台——WITNESS | 311 |
| | 思考与练习题 | 331 |
| 第13章 | 物流规划应用实例 | 334 |
| 13.1 | 物流中心规划实例(药品配送中心) | 334 |
| 13.2 | 多品种履带式拖拉机总装线的规划与物流分析 | 344 |
| 13.3 | 集箱制造生产(物流)过程系统仿真 | 353 |
| 13.4 | 应用成组技术的锅炉公司2号厂房系统布置设计 | 359 |
| 第14章 | 布局设计的现代算法 | 379 |
| 14.1 | 布局设计的数学建模求解算法 | 379 |
| 14.2 | 布置图的设计算法 | 385 |
| | 思考与练习题 | 393 |
| | 参考文献 | 394 |
| | 编后记 | 395 |



第1章 概述



物料的运动与变换过程从字面上可以被称为“物料流动（Flow of Materials 或 Material Flow）”，由此而来的“物流”只关注流动的材料，是狭义的。现在所谓的物流不仅仅是流动的材料，还涉及材料流动的环境（地理、社会）、设施（含网络）、管理运作及信息；更关注的是材料流动的系统。这也是本书所说的物流（Logistics）。

在生产制造业迅速发展的初期，人们并没有足够重视物流。结果是，生产制造过程越自动化、越柔性化，生产规模越大，物流落后的矛盾就越突出，生产制造系统的高效率与物流系统的低效率越来越不适应。研究指出，在产品生产的整个过程中，仅仅5%的时间用于加工和制造，剩余95%的时间都用于储存、装卸、等待加工和运输。在美国，直接劳动成本所占比例不足工厂总成本的10%，并且这一比例还在下降。而储存、运输所支付的费用却占生产成本的40%。人们深切地感到，生产过程中的“油水”几乎已被榨干，要想从中取得明显的效益提高已经相当困难了。而物料运输、储存过程中存在着极大的潜力，有待挖掘。有人把物流比作利润的第三源泉，即在降低生产成本、销售成本的同时，也要着眼于降低物流成本。目前，在世界各地，已普遍将改造物流结构、降低物流成本作为企业在竞争中取胜的重要措施。物流正向着现代化的方向发展。



1.1 现代物流的发展方向

美国学者怀特（J. A. White）将自动化技术在物流中的发展分为五个阶段，即人工物流、机械化物流、自动化物流、集成自动化物流和智能自动化物流阶段。在互联网迅猛发展的今天，还要增加一个互联网物流阶段。

在自动化物流阶段，自动化技术对仓储的发展起了重要的促进作用。20世纪50年代末和60年代，相继研制和采用了自动导引车（AGV）、自动货架、自动存储机器人、电子扫描和条码自动识别与自动分拣系统。20世纪70年代和80年代，旋转式货架、移动式货架、巷道式堆垛起重机和其他搬运设备都加入了自动控制的行列，同时，自动化物流也普遍采用机器人堆垛物料、包装和监视物流过程及执行某些过程。但这时只是各个设备的局部自动化并各自独立应用。自动化输送机系统提供了物料和工具的搬运，加快了运输的速度。随着计算机技术的发展，工作重点转向物资的控制和管理，要求适时、协调和一体化。这样一来，信息自动化逐渐成为仓储自动化的核心。计算机之间、数据采集点之间、机器设备的控制器之间以及它们与计算机之间的通信可以及时地汇总信息；仓库计算机及时地记录订货和到货时

间,显示库存量;计划人员可以方便做出供货决策,他们知道正在生产什么、订什么货、什么时间发什么货;管理人员随时掌握货源及需求。信息技术的应用已成为仓储技术的重要支柱。

至于集成自动化物流阶段,它强调在中央控制系统下各个自动化物流设备的协调性。控制由主计算机来实现。这种物流系统是在自动化物流的基础上进一步将物流系统集成起来,使得从物料计划、物料调度直到将物料运送到生产线的各个过程的信息,通过计算机网络互相沟通。这种系统不仅使物流系统各单元间达到协调,而且使生产与物流之间达到协调。

人工智能技术的发展推动了自动化技术向更高级的阶段——智能自动化方向发展。在智能自动化物流阶段,生产计划做出后,自动生成物料和人力需求;查看存货单和购货单,规划并完成物流。如果物料不够,无法满足生产要求,就推荐修改计划以生产出等值产品。这种系统是将人工智能集成到物流系统中。目前,这种物流系统的基本原理已在一些物流系统中逐步得到了实现。可以预见,21世纪智能自动化仓储技术将具有广阔的应用前景。

互联网物流阶段的标志是利用 Internet 来完成物流全过程的协调、控制和管理,实现从网络前端到最终客户端的所有中间过程和物流运作。这里有两个关键词,即“物流全过程”和“所有”。在集成自动化物流和智能自动化物流阶段,互联网只起辅助作用,是“配角”,而在互联网物流阶段,互联网起主导作用,是“主角”。



1.2 现代生产物流的特点

生产物流担负着运输、储存、装卸物料等任务。物流系统是生产制造各环节组成有机整体的纽带,是生产过程延续的基础。随着生产制造规模的不断扩大、生产柔性化水平和自动化水平的日益提高,要求生产物流也要相应地发展,使之与现代生产制造系统相适应。

现代生产物流的特点主要体现在以下几个方面:

1. 现代化的物流设备

生产物流现代化的基础,首先是采用快速、高效、自动化的物流设备。最具典型的现代化物流设备有以下几种:

(1) 自动化立体仓库。改平面堆放为立体堆放,这样既有利于物料的周转,又有利于自动化管理,同时节约了库房面积。

(2) 自动导引车 (AGV)。可以快速、准确地运输,运输路径柔性化,便于计算机管理与调度。

(3) 自动上下料机器。包括装卸料机器人、积放链、传送带等。

2. 计算机管理

与现代生产制造相适应的物流系统,一般都具有结构复杂、物流节奏快、物流线路复杂、信息量大、适时性要求高等特点。传统的凭主观经验管理物流的方法已无法适应。采用计算机可以对物流系统进行动态管理与优化。同时,通过计算机与其他系统适时联机,发送和接收信息,使物流系统与生产制造、销售等系统有机地联系,可以提高物流系统的效益。

3. 系统化和集成化

生产物流系统的结构特点是:点多、线长、面宽、规模大。传统的生产物流是分散的、割裂的和相互独立的,缺乏集成化和系统化。如果说传统生产物流设备落后、搬运效率低下是影响生产整体效益提高的主要原因之一的話,那么传统生产物流的分散化和个体化则

是牵制生产发展的另一主要原因。现代生产物流是把物流系统有机地联系起来，看成一个整体，从系统化、集成化的概念出发去设计、分析、研究和改进生产物流系统，不追求系统内个别设备的高效和优化，而是力求整体系统的高效和优化。现代化生产物流的另一个特点是，把物流系统与生产制造系统融为一体，使之形成完整的生产系统，以提高生产的整体效益。

4. 网络化

物流领域网络化有两层含义：①物流配送系统的计算机网络，包括物流配送中心与供应商或制造商的联系要通过计算机网络，另外，与下游顾客之间的联系也要通过计算机网络通信。例如，物流配送中心向供应商提出订单这个过程，就可以使用计算机通信方式，借助于电子订货系统（EOS）和电子数据交换（EDI）技术来自动实现。②组织的网络化，即所谓的企业内部网（Intranet）。例如，台湾地区的计算机业创造出了“全球运筹式产销模式”，这种模式是按照客户订单组织生产，生产采取分散形式，即将全世界的计算机资源都利用起来，采用外包的形式将一台计算机的所有零部件、元器件、芯片外包给世界各地的制造商去生产，然后通过全球的物流网络将这些零部件、元器件和芯片发往同一个物流配送中心进行组装，由该物流配送中心将组装的计算机迅速发给客户。

这就是利用 Internet 来完成物流全过程的协调、控制和管理，实现从网络前端到最终客户端所有中间过程的物流运作。互联网物流系统包括两个网络：物流实体网络和物流信息网络。物流实体网络是指物流企业、物流设施、交通工具、交通枢纽等在地理位置上的合理布局而形成的网络；物流信息网络是指物流企业、制造企业、商业企业通过现代互联网技术将上述物流实体整合而成的共享信息的交互网络。



1.3 “设施规划设计”的发展

“设施规划与设计”是工业工程的一门核心技术。设施规划与设计起源于早期制造业的工厂设计（Plant Design）。第二次世界大战前，从泰勒的科学管理开始，人们开始注重“人”的工作测定、动作研究分析等操作法工程（Methods Engineering）；同时也开始注意涉及“机”和“物”规划的工厂布置（Plant Layout），如厂内物料搬运路线的优化设计，原料、半成品、制成品的物流活动控制，机器设备、运输通道和场地的合理配置等。操作法工程和工厂布置这两项活动被统称为“工厂设计”。其中工厂布置方面的内容主要采用定性分析方法和经验设计。当然，这种方法缺乏科学性。但是经过大量实践的数据在一定程度上也反映了客观情况，且根据经验设计的工厂在较短时间内比较符合实际情况。

第二次世界大战后，工业工程学科有了很大发展，在方法上逐渐由定性向定量转变，在工作领域上也由重点在制造业扩大到其他工业和服务业，设计对象向非工业设施扩大。由此“工厂布置设计”发展为“设施规划设计”。20世纪60年代以后由理查德·缪瑟（Richard Muther）倡导的系统布置设计（SLP）方法，由于采用理性化的推理方法和系统化的规划设计方法，使设施规划设计向前迈进了一大步。但是这一方法的推理还比较粗略，系统化工作内容也比较烦琐。

随着计算机及其技术的飞速发展，20世纪80年代以来许多学者研究了各种设施布置的模型以及算法，推理更加细致合理，加上计算机辅助设计（CAD）技术使绘图工作也可自动完成，出现了各种商品化的设施布置软件包，又使设施规划设计跃上了一个新的台阶。

二次分配问题 (QAP, Quadratic Assignment Problem) 模型的建立, 即把 n 个设施分配到 s 个位置上, 引起了人们对布置设计问题的研究兴趣, 出现了大量新建型和改进型计算机布置设计程序, 如著名的 CRAFT 和 CORELAP。CRAFT 即计算机设施相对定位技术 (Computerized Relative Allocation Of Facilities Technique), 是以运输费用最小为目标函数, 用位置变换方式探索最小费用时各单元的位置的设计程序, 此方法从一现有初始平面布置方案出发, 通过交换两单元之间的相互位置, 搜寻最小运输费用布置方案, 因此称为“改进布置型”算法。CORELAP 即计算机关系平面布置 (Computerized Relationship Layout Planning) 法, 是按单元之间关系密切程度, 计算各单元的总接近度构成平面布置图的方法。20 世纪 70 年代中后期, 研究发现, 布置问题属于非确定性多项式问题 (Non-deterministic Polynomial, NP) 问题, 当问题规模较大时, 即使是当今运行速度最快的计算机也需要人类无法接受的时间才能找到最优布置方案。据有关资料介绍, 当单元数目为 20 个时, 计算机将需要数万年才能求得。因此, 人们称这类问题为难解问题。正因为如此, 研究人员在继续探索数学直接解法的同时, 开始从多个角度寻找最优或近优的布置方案启发式解法。随着人工智能理论的应用, 人们又开发出许多设施布置专家系统, 如“设施布置专家系统” (FADES)、“人工智能设施布置分析规划系统” (IFLAPS)、“计算机辅助设施布置选择程序” (CAFLAS) 及将最优化与知识基相结合的“机床布置专家系统” (KBML)。

综观设施规划设计发展的三个阶段, 每一阶段有其优点也有不足。从我国当前实际工作情况来看, 系统化设计和计算机辅助设施设计 (Computer Aided Facility Design, CAFD) 软件应用尚不普遍, 经验加指标设计法在设施规划的设计中还占多数。

设施规划与设计从“工厂设计”发展而来, 重点探讨各类工业设施、服务设施的规划与设计概念、理论及方法, 是工业工程学科的重要研究领域。设施规划是在企业经营策略的指导下, 针对企业个体中的生产或服务系统的生产和转换活动, 在从投入到产出的全部过程中, 将人员、物料及所需的相关设备设施等, 做最有效的组合与规划, 并与其他相关的设施协调, 以期获得安全、效率与经济的操作, 满足企业经营需求, 同时能更进一步对企业长期的组织功能和发展产生更积极的影响。

设施规划所涉及的范围非常广泛, 和许多专业相关, 与多种学科相互交叉。各种设施规划, 广泛关联到土建、机械、电器、通信等各种工程专业。从物流工程的角度, 设施规划与设计的范围可以界定为厂址选择 (设施选址) 和设施布置两个组成部分。

随着工业工程应用领域的进一步扩大, “设施规划与设计”的原则和方法逐步扩大到了非工业设施, 如机场、医院、超级市场等各类社会服务设施。



1.4 精益生产和准时制对物流设施与规划的影响

20 世纪 60 年代以后, 世界市场由“卖方市场”步入“买方市场”, 各类产品由“供不应求”转变为“供过于求”。产品模块和多样化、成组技术、多品种中小批量生产、柔性制造系统的提出, 都是在对单一品种大量生产提出了异议后的新思想、新方法, 也都影响了生产管理和生产工场的设备布置。80 年代日本在汽车制造业中创造的丰田生产方式, 从经营、组织、管理、产品、供销等都形成了与传统大量生产方式不同的一整套思想和做法。美国麻省理工学院 (MIT) 对之进行了研究和分析后称之为“精益生产” (Lean Production), 随后美国 and 世界各国竞相仿效。“精益生产”以简化为手段, 以人为中心, 以尽善尽美和精益求精为

最终目标。所以，精益生产方式对工厂布置提出了更高的要求。在精益生产中，无论企业内外，组织良好的物流有很重要的作用。它将生产中的各种物流，如设备外围的、各生产线之间的、仓库内的、生产和装配之间的、生产和进料之间的、装配和发货之间的各种物流，有条不紊地组织起来。将物流及其信息系统组织协调完善后，生产中一个环节和另一个环节完全衔接紧凑地进行，不会产生到处寻找物料的现象。任何管理人员都能随时知道，何种物料或在制品位于何处，对库存的物料了如指掌。它可以将生产中物料的浪费和丢失降到最低。

日本丰田生产方式的主要创新之一就是准时制（Just In Time, JIT）。JIT也是精益生产的主要部分。JIT生产系统虽起源于日本，但经过世界各国应用后又有了许多改进。美国生产与库存控制学会（APICS）将其定义为：“在追求有计划地消除一切浪费和坚持不断改进质量和生产率的基础上，达到卓越制造的哲理。”根据APICS的建议，JIT的主要内容如下：①减少在制品、等待、制造与采购的周期时间、批量、转送时间、车间（工场）面积。②全员生产维护。③供应商开发与认证项目。④经常送货到厂。⑤重点工艺过程。⑥成组技术。⑦单元制造。⑧全员参与。⑨工作地储存。⑩高水平作业计划。⑪零缺陷。⑫从源头保证质量。⑬柔性制造。⑭零件料单最小化。⑮加强内部管理。⑯生产线平衡。⑰百分之百按作业计划完成。

JIT可用于广泛范围内的任何制造，并将对人的高度尊重视为消除浪费的基础。JIT重视和追求一切生产活动的可视化、简化、柔性化、组织化和标准化。消除浪费是精益生产和JIT的首要任务。在一个组织内最普通的浪费是设备、库存、空间、时间、劳力、搬运、运输和文字工作的无效占用。JIT概念对工厂布置、建筑物设计、物料搬运系统都产生了影响和冲击。