

中国物流与采购联合会指定教材
企业物流技术培教材系列
丁立言 张 铎 主编

鲁晓春 编著

仓储自动化

清华大学出版社

中国物流与采购联合会指定教材

企业物流技术培训教材系列

丛书主编 丁立言 张 铎

F253.4
R835

仓储自动化

鲁晓春 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

随着我国物流业的发展,在物流系统中越来越广泛地采用仓储自动化技术。本书共分 9 章,分别介绍了仓储自动化设备、自动化仓库技术、自动分拣技术,以及自动化仓库的控制、管理与设计,并介绍了仓储自动化技术的两个应用领域:生产物流的自动化技术与港口物流的仓储自动化技术。

本书可供物流工程管理人员、技术人员参考阅读,也可作为大中专物流课程的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

仓储自动化/鲁晓春编著. —北京:清华大学出版社,2002

(企业物流技术培训教材系列/丁立言,张铎主编)

中国物流与采购联合会指定教材

ISBN 7-302-05638-2

I. 仓… II. 鲁… III. 仓库管理—自动化技术—教材 IV. F253.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 045424 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑: 徐学军

印 刷 者: 清华大学印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×960 1/16 **印张:** 13.25 **字数:** 263 千字

版 次: 2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05638-2/F·422

印 数: 0001~5000

定 价: 17.00 元

《企业物流技术培训教材系列》
顾问委员会

牟惟仲 戴定一 何铁夫

感谢中国物流与采购联合会的领导和专家对丛书出版的大力支持,特别感谢牟惟仲、戴定一、何铁夫等同志,在百忙中对丛书进行了认真的审阅,提出了许多十分有益的建议和意见。

《企业物流技术培训教材系列》已由中国物流与采购联合会指定为企业培训用书。

丛书总序

仓储自动化

现代物流科学的发展,为国民经济和企业的发展带来巨大的经济效益,因而受到人们的高度重视。我国物流科学研究还处于起步的阶段,物流科学还远未普及,企业物流蕴含的巨大效益潜力还远未充分发挥,众多企业的物流依然处于潜隐状态。近年来随着我国国民经济的高速发展,要求物流体系迅速现代化的呼声日益强烈,人们对物流的认识逐渐提高,为促进我国物流科学研究、物流事业的发展,提供了必要的条件。

可以预见,物流业将成为 21 世纪我国经济发展的一个新的经济增长点,发展物流事业是建立和完善社会主义市场经济的一项重要内容。虽然目前对物流的认识尚有一定的差距,物流设施和功能水准方面也不尽如人意,但是只要我们抓住机遇,稳步推进,物流业必将以一个崭新的产业形象展现在世人的面前,为我国的经济的发展注入新的活力。

随着电子商务的发展,特别是受中国加入 WTO 的影响,越来越多的人开始关注中国的物流问题,物流不仅是制约电子商务发展的重要瓶颈之一,而且成为影响国民经济发展的重要因素之一。

电子商务的瓶颈是现在谈论比较多的一个问题。虽然许多人将网络安全、网上结算等问题视为电子商务的瓶颈,但事实上,已经成功运作多年的每天几百亿元人民币的网上交易和结算,证明上述问题并不构成现代电子商务的瓶颈。应该说,惟一不可回避的问题是物流瓶颈。电子商务的物流瓶颈在我国现在的主要表现是,在网上实现商流活动之后,没有一个有效的社会物流配送系统对实物的转移提供低成本的、适时的、适量的服务。配送的成本过高、速度过慢是偶尔涉足电子商务的买方最为不满的问题。

随着生产力布局的不断优化,社会物流的合理化问题日益为人们所关注。2000 年初,我们编辑出版了《企业物流管理培训教材系列》(清华大学出版社出版),受到了社会各界的普遍欢迎。在学习、培训和具体实践中,人们意识到仅有管理知识是不够的,还

应该掌握最新的物流技术知识。因此,我们从经济管理的实际需要出发,在编撰上述系列教材的基础上,又从物流应用的层面入手,编撰了一套《企业物流技术培训教材系列》。

物流技术按照物流管理过程划分,可以分为仓储技术、运输技术、包装技术、加工技术、配送技术等;按照技术领域划分,可以分为识别技术、跟踪技术、信息技术等;物流技术还可以按照供应链管理理论进行划分。供应链管理技术与方法可以为供应链中的各参与方提供技术支持,使供应链理论得到实实在在的应用。

我国在物流和仓储配送等方面,近年来发展较快,但绝大多数仓库从业人员缺乏相关专业化培训。我国仓库的选址和构造多数没有严格的规范标准,各类仓库在各地星罗棋布,土地利用率低,环保意识弱。如何加强其规划和设计,对 21 世纪的中国物流的发展是十分重要的。本套丛书涉及到物流技术这些不断发展变化的领域,诸如仓储、配送、供应链技术等。复杂的自动化系统、优化的仓储作业系统可以有效地帮助供应链的成员整合他们的资源并更加高效地作业。物流配送将物流过程中的各个环节,通过物流配送中心有效地结合在一起,其应用涉及到大量的物流技术。仓储技术的具体细化,有助于技术人员的实践和应用。自动识别、自动跟踪等现代物流技术可以实现对原材料和成品的全过程管理。先进的计划与进度管理系统使企业的生产和实际的消费需求更紧密地吻合。因此,在本套丛书中,我们重点介绍了仓储技术、配送技术和供应链技术。

我们除了在书中将物流中的仓储、配送、供应链系统等技术问题作了重点介绍外,还尽力收集了一些读者朋友感兴趣的有关典型案例,并详尽描述了仓储作业规划、供应链管理技术与方法、供应链管理实用建模方法及数据挖掘技术等对物流活动的影响。

应该说,物流体系的建设在我国是一场管理和技术的革命。它不仅需要政府主管部门的重视,政策措施的引导,企业经营观念和机制的转变,而且需要培养和造就一大批热心于物流事业的管理人才、经营人才和技术人才,需要通过各种途径培养一大批物流管理和物流技术人才,消化和吸收世界上先进的物流管理思想和物流实用技术。

我们已经跨入 21 世纪,全世界的市场竞争将会更加激烈,物流管理水平的高低也是今后竞争胜败的一个重要因素。鉴于目前我国物流业者的素质亟待提高,所以有必要尽快将物流教育提升到国际基本水准。

要提高对物流的认识,还需要树立物流系统化的思想。从战略上研究企业在生产经营中遇到的各种问题,把按传统划分而相互分割的生产领域、流通领域联系在一起统筹考虑,追求全过程各参与方的最小成本和最大效益,因此,供应链的管理技术和方法就显得尤为重要,这也是我们编撰本套丛书的初衷。

在中国物流与采购联合会的大力支持下,我们特编撰了《企业物流技术培训教材系列》丛书。该丛书共有 5 个分册,即《物流配送》、《仓储规划与技术》、《仓储自动化》、《供

应链管理技术与方法》和《供应链管理实用建模方法及数据挖掘》。丛书对物流技术作了较为系统的科学阐述,通俗易懂,并附有案例分析与介绍,特别适合作为我国物流企业和其他企事业中从事物流工作的在职人员的培训用书,也适合作为大专院校物流专业的教材或参考用书。

我们编撰本套丛书的目的就是将物流技术和管理结合起来,使物流工作者既不要避开技术单纯地谈管理,也不要舍弃管理而陷在技术的细节中,应是将物流的管理和技术有机地结合起来。

本套丛书已由中国物流与采购联合会指定为物流企业培训用书。相信丛书的出版,对我国物流事业的发展和在职人员的培训能起到积极的促进作用。

感谢所有有关丛书编撰的编写者和支持者。

丁立言 张 铎

目录

仓储自动化

丛书总序	V
第 1 章 绪论	1
第 2 章 自动化立体仓库	6
2.1 概述	6
2.2 立体货架	12
2.3 自动化立体仓库的库存分析	20
第 3 章 仓储自动化设备	26
3.1 自动输送设备	26
3.2 自动化立体仓库的搬运设备	32
3.3 自动起重设备	38
3.4 集装箱与托盘	45
3.5 物流自动化系统的配置	55
第 4 章 自动化仓库的管理与控制	59
4.1 自动化仓库使用计算机的效果	59
4.2 计算机在自动化仓库中的作用	60
4.3 自动认址与位置检测	61
4.4 自动化仓库的条形码与货物识别	64
4.5 自动化仓库的计算机管理系统	70

4.6	计算机控制系统	75
第5章	自动化立体仓库设计	85
5.1	设计的准备工作	85
5.2	自动化立体仓库的总体规划	85
5.3	自动化立体仓库计算	93
5.4	立体货架设计计算	96
第6章	生产物流自动化技术	103
6.1	概述	103
6.2	厂区物流规划	105
6.3	车间内的工位配置	123
6.4	搬运设备的选择	127
6.5	设备主要参数的确定	132
6.6	物流系统的管理	137
第7章	港口物流的仓储自动化系统	139
7.1	散料码头的仓储自动化系统	139
7.2	普通件杂货码头的物流系统	159
7.3	集装箱专业码头的物流系统	167
第8章	分拣系统	177
8.1	概述	177
8.2	自动分拣技术与系统	178
第9章	物流系统分析及仿真	183
9.1	系统仿真概述	183
9.2	物流系统仿真模型	186
9.3	港口物流系统仿真	187
参考文献		200

第 1 章 绪 论

物流是从第二次世界大战期间军事后勤工程的概念演变过来的。随着新世纪的到来,知识经济、网络经济的发展,社会对物流服务的要求越来越高,现代物流出现了新的特点。

我们在研究现代物流的特点时,首先要研究现代市场的特点。

1. 现代市场的特点

(1) 产品周期越来越短

随着社会经济的发展,人们消费的需求越来越呈现多样化,企业产品开发能力也在不断提高。与此相应的是产品的生命周期缩短了,更新换代速度加快。由于产品在市场上存留时间大大缩短了,企业在产品开发和上市时间的活动余地也越来越小,将会给企业造成巨大压力。

(2) 对交货期的要求越来越高

随着市场竞争的加剧,经济活动的节奏越来越快。其结果是每个企业都感到用户对时间方面的要求越来越高。这一变化的直接反映就是竞争主要因素的变化。20 世纪 60 年代企业间竞争的主要因素是成本,到 70 年代竞争的主要因素转变为质量,进入 20 世纪 80 年代,竞争的主要因素转变为时间——交货期和响应周期。用户不但要求厂家要按期交货,而且要求的交货期越来越短。因此企业产品开发能力不仅指产品品种,更重要的是产品上市时间,即要尽可能加快对客户需求的响应时间。

(3) 对产品和服务的期望越来越高

进入 20 世纪 90 年代,用户对产品质量、服务质量的要求越来越高。用户已不满足从市场上买到标准化生产的产品,他们希望得到按照自己要求定制的产品或服务。这些变化导致产品生产方式发生了革命性的变化。企业为了能在新的环境下继续保持发展,纷纷转变生产方式,采取措施从大量生产转向定制化生产。

现代市场呈现出的以上特点,要求人们必须越来越重视物流的研究和发展。早在 1980 年的全美物资讨论会上,研究者们就指出,在产品生产流通的过程中,只有 5% 的时间用于加工和制造,剩余 95% 的时间都用于储存、装卸、等待加工和输送。而储存、

运输所支付的费用占生产成本的 40%。由此可见,改善物流结构,提高物流效率,降低物流成本,将对减少产品开发周期,缩短交货期,提高服务质量有着重要的意义。

要提高物流速度,降低物流成本,除了加强物流管理,运用现代信息技术等方法外,必须采用现代物流技术,以提高物流作业的效率。

2. 现代物流技术的特点

本书所讨论的物流技术是指在物流系统中,各种物流设施、设备所采用的技术手段和方法。因此不包括一些物流管理中采用的信息技术和方法,如目前现代物流管理中采用的 ERP 系统(企业资源计划)、EOS(电子订货系统)、GIS 系统(地理管理信息系统)、EDI(电子数据交换)等。

根据物流系统采用的设备来看,物流技术的发展,大致经历了 5 个阶段:

第一代人工物流。物流作业主要依靠人工推、拉、扛、举及简单的工具来完成。虽然这是一种较为简单的物流作业,效率低下,但是几乎在所有的物流系统中依然存在人工作业方式。

第二代机械物流。在物流作业中,广泛采用各种机械设备,作业速度大大提高。机械化设备能举起、移动、放下更重的货物,货物也可以堆得更高,在同样面积上可以存储更多的货物。

第三代自动化物流。在物流系统中采用自动存储系统(AS/RS)、自动导引小车、搬运机器人以及物流检测系统等。由于采用自动输送系统和自动搬运系统,加快了物流速度,大大提高了物流效率。

尤其是在互联网时代,电子商务正以惊人的速度在发展,但是它的实施必须以现代物流系统为保障。电子商务为人们提供了快捷便利的网上交易服务,但是如果缺少有力的物流系统为其提供支持,那么电子商务并不能体现出便捷的服务优势,相反却可能损害其客户关系。人们研究表明,物流已成为电子商务发展的瓶颈之一。提供多功能化和一流的服务,已成为电子商务下的物流企业追求的目标。

第四代集成物流。各个自动化物流设备在中央控制下协同工作,中央控制通常由主计算机实现。集成物流系统是在自动化物流系统的基础上进一步将物流系统的信息集成起来,使得从物流计划、物流调度及物流输送各过程的信息,通过计算机网络相互沟通。这种系统不仅使物流系统各个单元相互协调,而且使物流与进货、销售、生产协调起来。

第五代智能物流。根据客户需求,自动生成物料和人力需求计划,并且查看库存数据和购货单,规划并完成物流作业。如果库存不足,无法满足要求,就推荐修改物流计划,购进货物或补充生产。这种系统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实际的物流系统中逐步得到实现。

我们认为从第三代自动化物流起,物流技术具有了现代物流的特点。它们具有以

下的特点。

(1) 广泛采用现代化的物流设备。物流系统中采用快速、高效、自动化的物流设备。最具典型的现代化物流设备有:

自动化立体仓库。改平面堆放为立体、空间堆放。既有利于货物的周转和自动化管理,又节约了库房面积。

自动导引小车(AGV)。能够实现无人驾驶、快速、准确运送货物。运输路径具有柔性化,便于计算机管理调度。

自动装卸机器人。机器人自动装卸货物,能够容易实现与其他物流设备同步协调,保证物流的通畅,并且具有安全、快捷、便于计算机管理与控制的特点。

其他运输、搬运设备,如传送带、悬挂式输送机等。

(2) 计算机管理:现代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、实时性要求高等特点。传统的凭主观经验管理物流的方法已经无法适应,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实时联机,发送和接受信息,使物流系统与生产制造系统、销售系统有机地联系,可以极大提高物流系统的效益。

(3) 物流系统化与集成化:现代物流的结构特点是:点多、线长、面宽、规模大,例如电子商务下的物流,其客户分布比任何传统物流下的客户都要广泛。传统物流系统之间是相互独立的,缺乏集成化和系统化。如果说传统的物流由于设备落后、搬运效率低下,影响生产和销售系统效益的提高,那么传统物流和生产销售系统分离、割裂是牵制它们发展的另一个主要因素。

现代物流把生产和销售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、研究和改进物流系统。

3. 自动化仓储系统的基本结构

自动化仓储系统的结构在不同企业和行业具有不同的特点,从功能层次上看,可以将自动化仓储系统分为3个层次:管理层、控制层、执行层。如图1-1所示。

(1) 管理层的主要功能。管理层是计算机物流管理系统,是自动化仓储系统的中枢。管理层的功能有:

① 接受上级系统(生产系统、销售系统等)的指令。

② 调度运输作业:根据运输任务的紧急程度和调度原则,决定运输任务的优先级别。根据当前运输任务的执行情况形成运输指令和最佳运输路线。

③ 管理立体仓库:包括库存管理、入库管理、出库管理和出/入库协调管理。

④ 统计分析系统运行情况:统计分析物流设备利用率、立体仓库库存状态和设备运行情况等。

⑤ 物流系统信息处理。

(2) 控制层的主要功能。控制层是自动化仓储系统的重要组成部分,它接受来自管理层的指令,控制物流设备完成指令所规定的任务。控制层的另一任务是实时监控物流系统的状态,将监测到的信息反馈给管理层,为管理层调度决策提供参考。目前一般采用可编程控制器(PLC)来实现动作控制。

(3) 执行层的主要功能。执行层由自动化的物流机械组成。物流设备的控制器接受控制层的指令,控制设备执行各种操作。执行层一般包括:

① 自动存储/提取系统,即 AS/RS(automated storage & retrieval system)。AS/RS 包括:高层货架、堆垛机、出/入库台、缓冲站和输送设备,如皮带输送机等。

② 输送车辆,如自动导引小车 AGV(automated guided vehicle)和空中单轨自动车(SKY-RAV)。

③ 各种缓冲站,缓冲站是临时储存物料的货架或装置,以便交接或转移。设置缓冲站是为了协调各个物流设备的作业速度,保证物流系统正常运作。

自动化仓储系统对管理层、控制层和执行层这 3 个层次的要求各不相同,对于管理层要求有较强的数据处理能力,具有一定的智能性,例如对库存异常进行告警,对物流设备利用率过低进行提示,对物流瓶颈提供必要的分析数据等。对于控制层数据处理能力并不一定很强,但要求有较高的实时性,具有较快的处理速度,能够随时将指令送给执行层,并随时监控执行层的运行情况。对于执行层,则要求较高的可靠性,减少物流系统的故障率。

图 1-1 所示是 CIMS 系统中典型的自动化仓储系统 3 层结构。

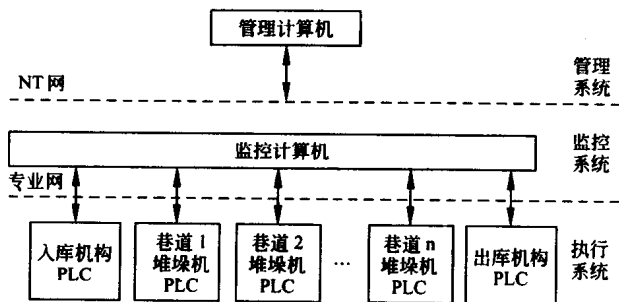


图 1-1

4. 本书的特点

本书在第 2 章至第 4 章主要介绍了自动化立体仓库的构造、常用搬运和输送设备以及物流设备能力匹配设计。第 5 章介绍了自动化立体仓库的计算机管理控制系统,包括计算机管理的功能要求、设计,计算机控制系统原理和结构。第 7 章、第 8 章介绍港口、生产企业的物流自动化仓储分析、设计以及设备的物流能力配置的计算,之所以

有必要撰写这两章,是因为港口、生产企业都使用了自动化仓储设备,但它们的设计规划有其特殊性。第9章介绍了在配送中心广泛采用的自动分拣机构。

本书特点是理论性和实践性结合。在本书中既有物流设备的一般原理、构造介绍,又有一些重要参数描述(例如托盘标准尺寸参数),还有这些设备相互匹配计算方法,特别是在第8章详细介绍了企业物流规划设计的具体方法,而不仅是一些设计原则。因此这本书对于物流分析、规划设计是一本很有用的参考书。

第2章 自动化立体仓库

2.1 概 述

2.1.1 定义

自动化仓库系统(automated storage and retrieval system, AS/RS)是在不直接进行人工处理的情况下能自动存储和取出物料的系统。这个定义覆盖了不同复杂程度及规格的极为广泛的多样的系统。

自动化仓库是由电子计算机进行管理和控制,不需人工搬运作业而实现收发作业的仓库。有的自动化仓库可以直接与其他生产系统相连。

2.1.2 立体仓库的发展历史

第二次世界大战以后,随着经济的恢复和科学技术的不断发展,原材料、配套件、制成品等数量不断增加,对物料搬运和储存提出了越来越高的要求,促使仓库机能也在不断发展和完善,仓库各个领域中的作用也越来越重要,仓库管理以及机械化和自动化的重要意义也引起人们的高度重视。传统的仓储方式日益不能适应生产和流通的要求,土地缺少,地价上涨,促使仓储作业向空间发展,由简易仓库向高架仓库发展。

立体仓库是指采用高层货架储存货物,用起重、装卸、运输机械设备进行货物出库和入库作业的仓库。这类仓库主要通过高层货架充分利用空间进行存取货物,所以称为“立体仓库”,也有的称为“高架仓库”。目前,这类仓库的最大高度已达 40 多米,最大库存量可达数万甚至 10 多万个货物单元,可以做到无人操纵按计划入库和出库的全自动化控制,并且对于仓库的管理可以实现计算机网络管理。

立体仓库一般由高层货架、仓储机械设备、建筑物及控制和管理设施等部分组成。

货架一般用钢材或钢筋混凝土制作。常用的仓储机械设备有各种堆垛起重机、高架叉车、辊子或链式输送机、巷道转移台车、升降机、自动导向车等。高层货架根据需要进行库房地构造进行安装,不需要时可拆掉;也有的直接用作仓库建筑物的承重结构。安装

货架要考虑地基的承载能力。

早在 20 世纪 50 年代初期,美国就出现了使用桥式堆垛起重机的仓库。这种起重机是在通用桥式起重机的小车上装设堆取货物的装置,从地面上用按钮进行操纵,其结果是使货架间的通道大大减小,单位面积的储存量平均增加了 50% 多。此后立体仓库在美国和西欧(德、英、瑞士、意)得到迅速发展。1963 年美国某公司首先在仓库业务中采用计算机控制,仓库高度已达 12 米。20 世纪 60 年代中期,日本开始兴建立体仓库,而且发展的速度越来越快,据日本“产业机工”的统计,到 1982 年,日本已拥有各种立体仓库 3257 座,几乎相当于欧美国家拥有量的总和。

我国对立体仓库及其专用的仓储机械设备的研究开发开始得并不晚,早在 1963 年就由北京起重运输机械研究所设计了第一台 1.25 吨桥式堆垛起重机,并由大连起重机械厂完成试制。20 世纪 70 年代中期,郑州纺织机械厂首次利用仓储技术,改建了立体仓库,设有 3 排货架组成一条 U 形巷道,堆垛机载重 300 千克,投入使用,运转正常,取得了明显的经济效益。接着,北京汽车制造厂、第二汽车制造厂也建造了规模较大、自动化水平较高的自动化仓库,采用了计算机进行分级管理和数据处理工作。此后,立体仓库在我国得到迅速发展。有一些单位利用旧库改建成了一些简易自动化仓库,这种投资少、用料省、施工容易、见效快的形式也引起了人们的注意。

目前,我国的立体仓库大部分是简易的、小型中低层的分离式仓库,货架只有单元式和重力式两种。这些仓库的控制方式以手动为主,能够单机自动化或远距离控制的为数不多,所以,立体仓库自动化程度很高的优点在国外显示出来,而在国内就不一定显示出来。但是,即便是一般性的立体仓库,在国内也已经产生可观的经济和社会效益。随着国民经济的发展,对立体仓库的需要必然会不断增加,从而促进仓储技术研究的不断发展。我们在采用仓储技术时,要考虑我国的实际情况,特别要考虑本单位的实际情况,把仓库建设现代化与仓库管理现代化紧密联系起来,逐步摸索出一套适合我国国情的方法来。

2.1.3 自动化立体仓库的功能

1. 储存和保管的功能

仓库具有一定的空间,用于容纳物品。现代仓库常常不仅是一个物品储存的场所,还应有相应的设备,根据储存物品的特性来保管好储存的物品。例如,一些储存挥发性溶剂的仓库,必须设有通风设备以防止空气中挥发性物质含量过高而引起爆炸;有些储存精密仪器的仓库,需要防潮,防尘,恒温,所以应设置空调、恒温控制设备;还要防止在搬运和堆放时碰坏、压坏物品。随着搬运机具和操作方法的不断改进,保护物品的措施和手段日趋完善,这样就真正起到了储存和保管作用。