

现代物流管理丛书

# 现代仓储物流技术与装备

张晓川 编著

化学工业出版社

· 北 京 ·

# (京) 新登字 039 号

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代仓储物流技术与装备/张晓川编著. —北京: 化学工业出版社, 2003. 8  
(现代物流管理丛书)  
ISBN 7-5025-4723-1

I. 现… II. 张… III. ①仓库管理 ②物流-物资管理 IV. F25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 072777 号

---

现代物流管理丛书  
现代仓储物流技术与装备  
张晓川 编著  
责任编辑: 董琳 陈丽  
责任校对: 顾淑云  
封面设计: 潘峰

\*

化学工业出版社出版发行  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)  
发行电话: (010) 64982530  
<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销  
北京市彩桥印刷厂印刷  
三河市宇新装订厂装订  
开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 11 $\frac{1}{2}$  字数 305 千字  
2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷  
ISBN 7-5025-4723-1/F·49  
定 价: 26.00 元

---

版权所有 违者必究  
该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 前 言

现代物流系统是集物流、信息流和价值流合一的离散、随机和并发的复杂系统，其功能实现需要物流技术、信息技术和管理科学的支持，并总处于一个不断完善和不断优化的过程之中。

不管出于何种理由，只要货物被储存，就要占用资金、占用空间、占用时间，也即要产生费用。仓库的经济效益和社会效益取决于仓库能否在规定的时间内、在规定的地点，将合适的商品，以确定的数量和合理的价格，交给顾客（广义）。

要实现以上目标，必须按照物流系统功能实现，集成物流技术、信息技术和物流管理使仓库成为机、电、信息和管理的一体化的集成系统。本书根据系统集成和系统优化的观点，从现代仓储功能的实现出发，围绕仓库内部物流，重点介绍了货物的集装单元化技术、仓储搬运、物料输送、分拣、系统控制和信息管理等仓储物流技术、系统构成及密集化存储的基本原理与方法。

本书面向现代物流系统的设计、控制与实现，参考了国外现代物流技术与装备的最新成果，有理论有实例，内容新颖，可以作为仓储管理和技术人员进行仓储系统设计和设备选型时的参考书，也可作为高等院校相关专业的教材。

本书由武汉理工大学张晓川教授编著，其中第六章、第七章由朱宏辉副教授编写；第九章由张予川教授编写。

中国工程机械学会物流工程分会副理事长、武汉理工大学教授孙国正审阅了本书。

本书编著过程历经两年，其间得到了德国斯图加特大学副校长、交通运输技术与物流研究所所长 K. -H. 维京教授和他的同事们的大力帮助，为编著者在德期间的工作提供了良好的工作条件，为本书的写作提供了宝贵的参考资料；在本书的编写过程中，

武汉理工大学的同事许红、吴继红和研究生汪长飏为顺利完成此书，牺牲了很多宝贵的时间进行文字输入、插图扫描和勘误；本书的编写也引用了一些国内外专家学者的研究成果，在此一并表示诚挚的谢意。

由于我国的流通体制正处于阶段性的变革发展中，许多理论与方法还在摸索之中，加上新技术成果的不断涌现，本书在叙述中难免存在一些不足之处，恳请读者批评指正。

编著者

2003年6月14日

# 目 录

第一章 仓库与仓储物流规划 .....	1
第一节 仓储概论 .....	1
一、仓库的功能 .....	3
二、仓库的分类 .....	5
三、仓库的主要性能参数 .....	6
四、配送中心与仓库 .....	7
五、仓储的战略决策 .....	9
第二节 仓库的基本组成 .....	11
一、入库子系统 .....	12
二、仓储子系统 .....	12
三、装卸搬运子系统 .....	14
四、出库子系统 .....	15
第三节 仓储物流规划原则 .....	15
一、仓储 ABC 分析 .....	16
二、仓储物流规划的原则 .....	18
第二章 仓储货物的集装单元化技术 .....	20
第一节 物流标准化 .....	20
一、物流标准化的基点 .....	20
二、物流标准化的重点 .....	21
三、物流模数与物流标准化方法 .....	21
第二节 包装与包装尺寸标准化 .....	22
一、包装尺寸标准 .....	22
二、包装单元尺寸与包装尺寸系列 .....	22
第三节 物流容器与物流容器标准化 .....	24
一、物流容器分类 .....	25
二、物流容器系列与托盘 .....	26
第四节 托盘 (Pallet) 与托盘标准化 .....	26

一、托盘的规格尺寸 .....	27
二、托盘结构 .....	28
三、托盘的类型 .....	28
第五节 仓储货物的集装单元化 .....	32
一、仓储货物的集装单元化 .....	32
二、托盘货体紧固 .....	33
三、无托盘的货物集装单元化 .....	33
第六节 集装箱 .....	36
一、概述 .....	36
二、分类 .....	38
三、集装箱的标志与识别 .....	41
四、集装箱的货物装载 .....	42
五、集装箱货物的集合包装 .....	44
第三章 通用仓储机械 .....	46
第一节 仓储机械的选用 .....	46
一、仓储作业的工作特征 .....	46
二、仓储机械的选用原则 .....	46
三、仓储机械的基本参数 .....	47
第二节 搬运车辆 .....	48
一、手推车 .....	48
二、简易叉式搬运车 .....	48
三、牵引车 .....	49
四、电瓶搬运车 .....	50
五、叉车 .....	50
六、曳引小车 .....	59
七、无人搬运车 .....	61
八、卫星小车 .....	72
第三节 单元负载式输送机 .....	74
一、重力式输送机 .....	75
二、动力式输送机 .....	78
第四节 垂直提升机械 .....	97
一、载货电梯 .....	97
二、液压升降平台 .....	98

三、板条式提升机 .....	99
第五节 仓储机械化系统评估的量化分析方法 .....	101
一、权重系数 .....	102
二、量化 .....	103
三、加权量化评分 .....	105
第六节 仓储作业的工属具 .....	105
一、主动工属具 .....	106
二、单元货物装卸工属具 .....	107
三、叉车工属具 .....	108
第四章 货架 .....	110
第一节 固定货架 .....	111
一、组合式货格货架 .....	111
二、重力式货架 .....	113
三、贯通式货架 .....	114
四、悬臂式货架 .....	114
五、卫星小车式货架 .....	115
六、搁楼式货架 .....	116
七、抽屉式货架 .....	116
第二节 移动货架 .....	117
一、水平移动式货架 .....	117
二、自行式货架 .....	118
第三节 旋转货架 .....	119
一、垂直旋转货架 .....	120
二、水平旋转货架 .....	120
第四节 特殊货架 .....	121
一、自动货柜 .....	121
二、24 小时塔 .....	122
三、高速巷道小车货架 .....	122
第五章 分拣系统与装置 .....	124
第一节 分拣作业 .....	124
一、分拣信息 .....	124
二、分拣作业 .....	126
三、分拣作业管理 .....	127

第二节 分拣方法 .....	131
一、“人到货”分拣方法 .....	132
二、分布式的“人到货”分拣方法 .....	132
三、“货到人”的分拣方法 .....	133
四、闭环“货到人”的分拣方法 .....	133
五、活动的“人到货”分拣方法 .....	134
六、分拣货架与集货点合一的分拣方法 .....	135
第三节 分拣系统 .....	135
一、基本分拣系统 .....	135
二、分拣系统 .....	139
三、自动分拣系统与分类装置 .....	142
四、分拣指令设定方式 .....	148
第六章 有轨巷道式堆垛机 .....	151
第一节 概述 .....	151
一、堆垛机的发展 .....	151
二、有轨巷道式堆垛机的特点 .....	152
三、有轨巷道式堆垛机的类型 .....	153
四、有轨巷道式堆垛机的性能参数 .....	156
第二节 有轨巷道式堆垛机的基本组成 .....	158
一、升降机构 .....	158
二、运行机构 .....	158
三、载货台及取物装置 .....	160
四、机架 .....	167
第三节 安全保护装置与措施 .....	168
一、运行保护 .....	168
二、钢丝绳过载和松弛保护 .....	168
三、钢丝绳断绳保护 .....	168
四、下降超速保护 .....	168
五、其它保护装置和措施 .....	169
第四节 电气控制系统 .....	169
一、控制方式 .....	169
二、自动认址和定位 .....	171
三、电力拖动系统 .....	174

四、信息传输 .....	175
第七章 自动仓储控制系统 .....	177
第一节 概述 .....	177
一、自动仓储控制系统的主要任务 .....	177
二、仓储控制系统的基本组成 .....	177
三、常用仓储控制系统拓扑结构 .....	180
四、仓储控制系统的发展趋势 .....	183
第二节 信息识别与检测技术 .....	188
一、信息识别的作用和意义 .....	188
二、信息识别方法 .....	189
三、常用检测与识别元件 .....	192
四、信息融合技术 .....	197
第三节 仓储控制算法与程序 .....	202
一、仓储控制基础理论介绍 .....	202
二、仓储系统控制策略与规划 .....	207
三、系统组态 .....	212
第四节 仓储控制系统实例 .....	214
一、邮包自动化立体仓库控制系统设计 .....	214
二、海尔国际自动化物流中心控制系统设计 .....	220
第八章 高架仓库 .....	224
第一节 高架仓库概述 .....	224
一、高架仓库的类型 .....	224
二、高架仓库的构成 .....	226
三、高架仓库的优点 .....	228
第二节 储货能力优化与存取作业周期 .....	229
一、储位平均充填系数 .....	229
二、货位建筑面积与储位深度 .....	232
三、储位储货能力优化 .....	233
四、堆垛机的存取作业周期 .....	235
第三节 高架仓库的总体设计 .....	246
一、总体设计的主要内容 .....	246
二、高架仓库的总体布置 .....	248
三、货架总体尺寸设计 .....	250

四、出入库月台装卸系统和设备 .....	256
五、高架仓库的技术经济分析 .....	259
六、仓库设计的系统仿真 .....	266
第四节 高架仓库的土建及公用工程设施 .....	277
一、库房 .....	277
二、消防系统 .....	280
三、照明系统 .....	280
四、通风及采暖系统 .....	281
五、动力系统 .....	281
六、其它设施 .....	281
第九章 仓储管理的信息技术 .....	282
第一节 信息管理系统的的基本功能 .....	282
一、货物的识别和跟踪 .....	282
二、出入库作业的信息管理 .....	283
三、库存信息管理 .....	283
四、绩效管理 .....	284
第二节 信息管理系统的结构 .....	284
一、集中式的信息管理系统 .....	284
二、分布式的信息管理系统 .....	284
三、混合式的信息管理系统 .....	285
第三节 基于条码的信息技术 .....	285
一、货位的编码方法 .....	285
二、仓储货物的编码原则与方法 .....	287
三、托盘和容器的编码方法 .....	290
四、物流条码 .....	290
五、条码阅读器 .....	306
第四节 基于射频识别的信息技术 .....	311
一、射频识别系统 (Radio Frequency Identification System) .....	311
二、基于射频识别的仓储信息系统 .....	313
第十章 仓储系统设计实例 .....	316
第一节 简易仓储系统设计 .....	316
一、设计条件 .....	316
二、仓储系统方案比较 .....	317

第二节 采取“人到货”方式拣货的配送仓库设计 .....	324
一、设计条件 .....	324
二、设计计算 .....	324
三、设备选型 .....	325
四、仓库管理 .....	325
五、方案分析 .....	325
六、分拣人力设计 .....	326
第三节 药品配送中心设计 .....	327
一、设计条件 .....	327
二、设计要求 .....	328
三、配送中心布局和物流流线设计 .....	329
四、设计 .....	329
第四节 饮料仓库设计 .....	333
一、设计条件 .....	333
二、仓储方案 .....	333
三、设计 .....	334
四、方案比较 .....	343
第五节 配送中心输送系统优化 .....	345
一、设计任务 .....	345
二、系统现状 .....	345
三、现状分析 .....	347
四、解决方案 .....	347
参考文献 .....	351

# 第一章 仓库与仓储物流规划

## 第一节 仓储概论

自从人类社会有了商品生产，就有了“物流”，就产生了“储存”的概念，随之出现了储存商品的建筑物或场所——仓库。仓库是物流过程中的一个空间和一块面积，是按计划用来保管货物（包括原材料、零部件、在制品和产成品等），并对其数量或价值进行登记，提供有关储存物品的信息以供管理决策所用的场所。

仓库作为连接生产者和消费者的纽带，是物流系统的一个中心环节，是物流网络的节点。在物流系统中，仓储系统又是许多货运枢纽、配送中心不可缺少的重要组成部分。因此，深入研究仓储技术与设备，合理配置仓库的资源、优化仓库布局和提高仓库的作业水平，实现现代物流的五个服务标准，即以合理的价格，在正确的地点（right location）和规定的时间（right time），以正确的条件（right condition），把正确的商品（right goods）送到顾客（right customer）手中，从而提高供应链的竞争力具有十分重要的意义。

早期的仓库作业都是通过人工操作来完成的，由于缺乏“物流”的理念指导，仓库往往被看作是完成市场营销过程所必须的一种贮存设施，是材料与产品供应线上的一个静止单位。人们没有注意到仓储活动在物流系统中的作业潜力，更没有根据顾客的需求对仓库的产品进行分类，忽视了仓库所具有的储存效率和搬运效率。尽管存在上述缺点，但早期的仓库毕竟在生产与消费之间架起了相互沟通的桥梁。

第二次世界大战以后，随着预测技术和生产技术的提高，广泛建立仓库的需要减少了，随着制造过程中延误时间的递减，生产也越来越容易调整，尽管季节性的生产仍然需要仓储，但支持制造过

程所需的仓储总量已经减少。而销售环境的变化，又使得批发商必须储存愈来愈多的产品，导致仓库成了批发商向零售商提供适时而又经济的存货分类场所。这样，通过批发商和一体化的零售商的努力，仓储作业的工艺流程和技术水平得到很大的提高。与此同时，与批发行业关联的仓储效率的提高，很快又在制造行业中又得到推广，使得仓储活动成为 JIT 和无储存生产战略的一个综合组成部分。在这个时期，对那些经营日益庞大的企业来讲，如何提高仓库的使用效率，如何在多个地点进行原材料和产品的储存和配送，如何降低仓库的存储水平和产品的运输成本，已成为企业所经常考虑的问题。

在 20 世纪 60 年代到 70 年代，仓储的注意力主要集中在新技术的应用上，在寻求更好的方法来代替传统的手工操作。该时期出现了许多新的储存和搬运技术、工艺，而伴随技术水平的提高又影响到了仓储管理的每一个环节。在 80 年代到 90 年代，由于工业化水平的提高，仓储系统搬运技术的机械化、自动化得到很大发展。90 年代以后，由于计算机技术和网络技术的发展，全球化信息网和全球化市场的逐步形成，仓库成了企业采购 B2B 的信息集结点，成了企业生产 JIT 的保障，成为企业现代化和流通现代化的重要组成部分。同时，自动识别技术、自动化技术及其装备的高质、低价的发展进程，又有力地推动了仓储设备的自动化与网络化，为实现各种全自动的物料搬运系统创造了条件。这些都使得仓库的灵活性得到加强，使得仓库能够对市场的变化和顾客的个性化要求做出迅速反应。

当前仓储技术与设备的发展趋势体现在如下几个方面。

(1) 计算机技术和网络技术的高速发展，使仓库的发展进入了智能储运阶段。为了实现“智能化”的仓储系统，必须深入研究物流处理的基本理论和复杂的仓储系统技术。

(2) 仓储物品的多样化，必然产生仓库型式、仓储设备的多样化。为使仓库的适应面宽，具有较大的柔性，有必要开发高效、柔性的出入库输送设备和库内作业机械。

(3) 现代物流仓储系统是集物流、信息流和价值流为一体的综合服务系统。信息在计算机及其网络中的流通是最安全、最快捷、最有效的方式。但实物往往要通过装卸、配送、运输、仓储等许多物理环节才能从源头流向终点。要实现信息流、实物流“互联”，就需要依靠现场总线、无线通讯、数据识别与融合、网络等高新技术与物流装备的有效结合，实现对库存的准确控制，缩短系统的反应时间，使物流装备得到充分利用。

(4) 现代仓储系统是基于网络的由计算机控制的复杂系统，因此仓库管理软件、运输管理软件、车辆管理的 GPS/GIS 软件、销售和分销软件，物料采购软件和综合性的企业制造资源计划 (MRP-II)、企业资源计划 (ERP) 软件将有较大的需求和发展。

(5) 仓储系统是一个复杂的、昂贵的物流系统，只有组成系统的设备成套、匹配合理，系统才是最高效的、最经济的和最可靠的。而系统的可靠、高效、低成本取决于系统规划和设计方法，因此应用预测技术、最优化技术和计算机仿真技术对仓储系统进行工程技术经济分析的研究与应用将日显重要。

## 一、仓库的功能

以系统的观点来看待仓库，仓库应该具备如下功能。

### 1. 储存和保管的功能

仓库具有一定的空间，用于储存物品，并根据储存物品的特性配备相应的设备，以保持储存物品完好性。例如，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。贮存精密仪器的仓库，需防潮、防尘、恒温，因此，应设立空调、恒温等设备。在仓库作业时，还有一个基本要求，就是防止搬运和堆放时碰坏、压坏物品。从而要求搬运机具和操作方法不断改进和完善，使仓库真正起到贮存和保管的作用。

### 2. 调节供需的功能

创造物资的时间效用是物流的两大基本职能之一，物流的这一职能是由物流系统中的仓库来完成的。现代化大生产的形式多种多样，从生产和消费的连续性来看，每种产品都有不同的特点，有些

产品的生产是均衡的，而消费是不均衡的；还有一些产品生产是不均衡的，而消费却是均衡不断地进行的。要使生产和消费协调起来，这就需要仓库来起“蓄水池”的调节作用。

### 3. 调节货物运输能力

各种运输工具的运输能力是不一样的。船舶的运输能力很大，海运船一般是万吨级，内河船舶也有几百吨至几千吨的。火车的运输能力较小些，每节车皮能装运 30~60t，一列火车的运量最多达几千吨。汽车的运输能力很小，一般每辆车装 4~10t。它们之间的运输衔接是很困难的，这种运输能力的差异，也是通过仓库进行调节和衔接的。

### 4. 流通配送加工的功能

现代仓库的功能已处在由保管型向流通型转变的过程之中，即仓库由贮存、保管货物的中心向流通、销售的中心转变。仓库不仅要有贮存、保管货物的设备，而且还要增加分拣、配套、捆装、流通加工、信息处理等设置。这样，既扩大了仓库的经营范围，提高了物资的综合利用率，又方便了消费，提高了服务质量。

### 5. 信息传递功能

伴随着以上功能的改变，导致了仓库对信息传递的要求。在处理仓储活动有关的各项事务时，需要依靠计算机和互联网，通过电子数据交换（EDI）和条形码等技术来提高仓储物品信息的传输速度，及时而又准确地了解仓储信息，如仓库利用水平、进出库的频率、仓库的运输情况、顾客的需求以及仓库人员的配置等。

### 6. 产品生命周期的支持功能

根据美国物流管理协会 2002 年 1 月发布的物流定义：在供应链运作中，以满足客户要求为目的，对货物、服务和相关信息在产出地和销售地之间实现高效率 and 低成本的正向和逆向的流动与储存所进行的计划执行和控制的过程。可见现代物流包括了产品从“生”到“死”的整个生产、流通和服务过程。因此，仓储系统应对产品生命周期提供支持。

随着强制性质量标准的贯彻和环保法规约束力度的加大，如德

国的托普佛法 (Topfer Law) 就规定了制造商和配送商要负责进行包装材料的回收, 必然导致退货逆向物流和再循环回收等逆向物流的产生。逆向物流与传统供应链方向相反, 是要将最终顾客持有的不合格产品、废旧物品回收至供应链上的各个节点, 如图 1-1 所示。作为供应链中的重要一环, 在逆向物流中仓库又承担了退货管理中心的职能, 负责及时准确定位问题商品, 通知所有相关方面和发现退回商品的潜在价值, 为企业增加预算外或抢救性收入; 改进退货处理过程, 控制可能发生的偏差; 评估并最终改善处理绩效等。

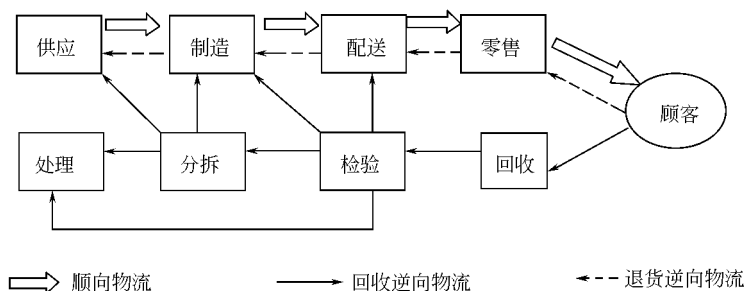


图 1-1 支持产品生命周期的物流网络

## 二、仓库的分类

仓库的种类繁多, 分类方法也有许多种, 下面介绍几种主要的分类方法。

### 1. 按保管物品分类

(1) 原料、产品仓库 是企业为了保证生产和销售的连续性, 专门用于存储原材料、半成品或成品的仓库。

(2) 商品、物资综合仓库 是商业、物资、外贸部门为了保证市场供应, 解决季节时差, 用于存储各种商品、物资的综合性仓库。

(3) 农副产品仓库 是经营农副产品的企业, 专门用于存储农副产品的仓库, 或经过短暂存储进行加工后再运出的中转仓库。

(4) 战略物资储备仓库 由国家或一个主管部门修建的, 用于

储备各种战略物资，以防止各种自然灾害和意外事件的发生。

## 2. 按保管条件分类

(1) 普通仓库 用于存放一般性物资，对仓库没有特殊要求，如一般的金属材料仓库、机电产品仓库等。

(2) 保温仓库 用于储存对温度等有特殊要求的仓库。包括恒温、恒湿及冷藏库等，如粮食、水果、肉类等的储存。这类仓库在建筑结构上要有隔热、防寒、密封等功能，并配备专门的设备，如空调、制冷机等。

(3) 特种仓库 指用来储存危险品的仓库，如石油库、化工危险品仓库等。

## 3. 按建筑结构分类

(1) 平房仓库 一般构造简单，建筑费用低，适于人工操作。

(2) 楼房仓库 是指二层楼以上的仓库，它可以减少占用面积，出入库作业则多采用机械化或半机械化作业。

(3) 货架仓库 它采用钢结构货架贮存货物，通过各种输送机、水平搬运车辆、叉车、堆垛机进行机械化作业。按货架的层数又可分为低层货架仓库（货物堆放层数不大于 10 层）和高层货架仓库（货物堆放层数为 10 层以上）。高层货架仓库一般采用计算机管理和控制。

另外，仓库还可按利用形态、建筑材料等进行分类。

## 三、仓库的主要性能参数

仓库最重要的两个性能参数是仓库的库容量和出入库频率。

库容量是指仓库能容纳物品的数量。是仓库内除去必要的通道和间隙后所能堆放物品的最大数量。在规划和设计仓库时首先要明确库容量。库容量可用“t”、“m”或“货物单元”表示。出入库频率表示仓库出入库货物的频繁程度，它的大小决定了仓库内搬运设备的参数和数量，出入库频率可用“t/h”或“托盘/h”表示。

除去以上两个主要参数外，决定仓库性能的还有以下一些因素和参数。如贮存物品的特性；托盘及其辅助工具的尺寸；仓库的自动化程度；出入库平均作业时间；仓库约束条件（如运输条件、仓