

徐正林 刘昌祺 © 编著



自动化立体仓库

实用设计手册

中国物资出版社

自动化立体仓库实用设计手册

徐正林 刘昌祺 编著

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

自动化立体仓库实用设计手册/徐正林, 刘昌祺编著. —北京: 中国物资出版社, 2009. 3
ISBN 978 - 7 - 5047 - 2938 - 5

I. 自… II. ①徐…②刘… III. 仓库—自动化—设计—技术手册 IV. TU249 - 62
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 142203 号

策划编辑 王 莉
责任编辑 王 莉 李 玲
责任印制 方朋远
责任校对 孙会香 杨小静

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68589540 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

中国农业出版社印刷厂印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 37.5 字数: 936 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5047 - 2938 - 5 / · TU · 0028

印数: 0001—3000 册

定价: 68.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

《自动化立体仓库实用设计手册》

编辑委员会

主 编	徐正林	刘昌祺	
副主编	赵耀武	崔久山	韩绍军
编 委	毛建云	赵德平	康 馨
	苏坤学	朱龙华	丁德贵
	双宝玲	李前强	

作者简介



徐正林，男，1965年8月出生，1989年毕业于重庆大学机械工程二系，2007年获得南京大学EMBA硕士学位。高级工程师。现任江苏六维物流设备实业有限公司董事长、总裁。陕西科技大学客座教授兼硕士研究生导师。

主持完成本公司多项技术研究开发项目，并获得了40多项国家专利。此外，还获得一项计算机国家级软件著作权。主编了《物流配送中心管理技术》（机械工业出版社）一书。发表了《堆垛机货叉强度计算》等学术论文6篇。

曾多次应邀赴美国、日本、意大利、比利时、印度、土耳其等国交流、考察和研究高科技物流工程技术，并签订了技术合作与贸易项目合同。

前 言

经济发展、科学进步和信息革命，把世界经济带入前所未有的全球化和市场化的时代。集物流、信息流和资金流于一身的物流配送中心，在这全球化和市场化的时代里，又进一步促进了世界经济与贸易的大发展。现代化国际物流技术的特征是信息化、网络化、智能化、柔性化、标准化和社会化。现代化的物流配送中心，能够使商品的采购、保管、存储、订货、拣货、分类、流通、加工和配送作业准确而快速。物流配送的目的在于最大限度地提高物流服务水平，降低物流成本，让利于民，提高劳动生产率，增加商品竞争力，获取经济效益。为了实现这一经济目标，必须充分发挥物流配送中心的作用。随着科学技术的进步和人民生活水平的提高，消费者对商品质量和服务质量的要求越来越高。为了迅速和完善地把商品送到用户手中，设备先进、软件系统功能齐全的物流配送中心将起到巨大的作用。物流配送中心最核心的设备系统就是自动化立体仓库。可以说，没有自动化立体仓库就没有现代化的物流系统。

自动化立体仓库在现代化企业中发挥了巨大的作用。它在汽车、摩托车、家用电器、电子计算机、电器、电子、医药、机床、化工等制造业中得到了广泛应用。这是因为，自动化立体仓库能够加速商品流通、减少商品损坏、降低流通成本、节约土地面积、节约人力和财力。此外，它还提高了库存周转率、经营灵活性和工作效率。它以最快速度、最低价格和最佳服务质量来满足用户需求，从而获得最大利益。

自动化立体仓库由计算机控制系统、高层货架、堆垛机、输送机和其他外围设备等构成。工业发达国家的物流工程技术非常先进和成熟，基本实现了规格化和标准化，因此，自动化立体仓库的生产成本低、交货期短。和工业发达国家相比，虽然我国物流工程技术发展很快，但差距仍然较大，特别是在标准化、系列化、规格化、理论计算和设计制造等方面尤其突出。

本书作者是多年在国内外从事物流研究与实践的教授、专家学者、高级工程师、工程技术人员。为了促进我国物流工程技术的迅速发展，缩短与发达国家的差距，推动我国物流现代化，满足广大读者需要，又参考国内外大量的图书、文献和先进实用的技术资料，结合作者在江苏六维物流设备实业有限公司多年从事自动化立体仓库规划、设计与制造物流工程的实际经验编著了此

书。本书未载入的有关物流配送中心与自动化立体仓库的内容，可参阅其姐妹篇《物流配送中心设计》和《自动化立体仓库设计》的有关章节。

本书特点在于理论结合实际，以实用为主。通过具体的自动化立体仓库货架力学计算实例，阐明了计算货架的详细步骤，对巷道托盘式自动化立体仓库的安装调试的程序作了详细说明。在外围设备的选择设计中应用了大量的数学公式，设计合理，选型可靠。此外，本书图文并茂，具有科学性、系统性、理论性、先进性和实用性。书中所载大量的图形、表格和资料是工业发达国家物流企业实践经验的总结，对物流工作者具有重要的指导意义和实用价值。对我国自动化立体仓库的建设具有重要的借鉴作用。由于本书内容丰富实用，各种图表的应用简单明了，于物流工程规划设计、制造、施工以及物流企业的相关人员定会有事半功倍之效。

本书由 14 章组成。1 自动化立体仓库在物流配送中心的作用；2 自动化立体仓库的分类和能力计算；3 堆垛机；4 货架；5 自动化立体仓库货架力学计算；6 托盘；7 输送机能力计算；8 码垛机；9 无人搬运车系统；10 库内常用搬运车；11 包装标准化；12 自动化立体仓库货架安装调试；13 最新物流配送中心和自动化立体仓库实例；14 乐龙 (RaLC) 物流规划设计软件的应用。附录 1 塑料托盘的种类；附录 2 包装箱组合尺寸种类；附录 3 运输包装尺寸表。

随着国民经济的迅速发展，国家和地方政府特别重视物流这一新兴产业的发展。为了满足产业发展对物流专业人才的需要，许多大专院校都新办了物流工程和物流管理专业。本书可作为大专院校、科研机构、设计院所的物流专业和物流企业的重要参考书和手册。

本书在编写过程中，参考了日本冈村制作所、日本流通研究社和国内部分物流企业赠阅的相关资料。此外，得到了陕西科技大学胡志刚、刘庆立和安晓钢等老师及朋友的帮助，在此深表谢意。

由于时间仓促，水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

刘昌祺

2008.5

目 录

1 自动化立体仓库在物流配送中心的作用	(1)
1.1 物流配送中心的重要性	(1)
1.2 物流配送中心的分类	(2)
1.2.1 按物流配送中心的经济功能分类	(2)
1.2.2 按物流设施分类	(3)
1.2.3 按服务范围和服务对象分类	(3)
1.2.4 按运营方式分类	(3)
1.3 物流配送中心的基本作业过程	(4)
1.3.1 进货作业	(5)
1.3.2 搬运作业	(6)
1.3.3 储存作业	(7)
1.3.4 盘点作业	(11)
1.3.5 订单处理作业	(12)
1.3.6 拣选作业	(12)
1.3.7 补货作业	(15)
1.3.8 发货作业	(15)
1.3.9 配送作业	(17)
1.4 物流配送中心的自动化立体仓库	(19)
1.4.1 主要设备	(19)
1.4.2 物流中心的货物流程	(19)
2 自动化立体仓库的分类和能力计算	(26)
2.1 自动化立体仓库的分类	(26)
2.1.1 根据货架结构分类	(26)
2.1.2 按存储方式分类	(26)
2.1.3 按使用环境分类	(26)
2.1.4 按用途分类	(27)
2.1.5 按设计分类	(27)
2.2 自动化立体仓库的出/入库能力计算	(29)
2.3 自动化立体仓库的最佳参数选择	(29)
2.4 自动化立体仓库系统尺寸	(31)
2.5 基本要求	(35)

2.5.1	装卸的基本数值	(35)
2.5.2	周期	(37)
2.5.3	装卸计划和存储效率	(39)
2.5.4	自动化立体仓库和普通平库比较	(40)
2.5.5	自动化立体仓库与高位叉车库的投资、运营对比	(41)
3	堆垛机	(47)
3.1	概述	(47)
3.2	巷道堆垛机结构特点	(48)
3.2.1	结构特点	(48)
3.2.2	振动与噪声的解决措施	(48)
3.2.3	隔振减振措施	(48)
3.3	堆垛机各部分名称和分类	(50)
3.3.1	堆垛机各部分名称	(50)
3.3.2	堆垛机的分类	(50)
3.4	载荷和强度	(56)
3.4.1	载荷	(56)
3.4.2	强度	(56)
3.5	堆垛机的出/入库能力计算	(57)
3.5.1	堆垛机的工作循环	(57)
3.5.2	堆垛机的基本出/入库能力	(58)
3.6	钢丝绳或吊链	(60)
3.6.1	安全率	(60)
3.6.2	负荷均等化和钢丝绳的最少起重根数	(60)
3.6.3	钢丝绳或链条的更换条件	(60)
3.6.4	钢丝绳的最少圈数	(60)
3.7	转鼓、滑轮和移载装置	(61)
3.7.1	直径比值	(61)
3.7.2	移载装置	(63)
4	货架	(64)
4.1	概述	(64)
4.2	自动化立体仓库货架例	(65)
4.2.1	托盘式自动化立体仓库货架	(65)
4.2.2	料箱式自动化立体仓库货架	(70)
4.3	货架种类	(72)
4.3.1	托盘式货架	(72)
4.3.2	驶入式货架	(75)

4.3.3	驶出式货架	(76)
4.3.4	流动式货架	(76)
4.3.5	移动式货架	(76)
4.3.6	后推式货架	(78)
4.3.7	轻型货架	(79)
4.3.8	悬臂式货架	(79)
4.3.9	堆叠式货架	(79)
4.3.10	阁楼式货架	(80)
4.3.11	旋转式货架	(81)
5	自动化立体仓库货架力学计算	(105)
5.1	技术参数	(105)
5.1.1	标准货架参数	(105)
5.1.2	堆垛机参数	(106)
5.2	货架强度计算	(106)
5.2.1	一排一列货架的重量	(106)
5.2.2	支柱断面特性	(106)
5.2.3	耐震强度	(107)
5.3	排方向的水平力	(108)
5.3.1	最下层柱的应力	(108)
5.3.2	最下面斜拉杆应力计算	(109)
5.4	列方向的水平力	(109)
5.4.1	计算力 F 值	(109)
5.4.2	拉杆张力	(110)
5.4.3	支柱轴向力和应力	(110)
5.5	堆垛机力学计算	(111)
5.5.1	堆垛机动力计算	(111)
5.5.2	堆垛机强度计算	(112)
5.5.3	堆垛机循环时间	(125)
6	托盘	(135)
6.1	木制托盘	(135)
6.1.1	种类	(135)
6.1.2	托盘各部分名称与构造	(137)
6.1.3	托盘材料及强度	(139)
6.2	金属托盘	(139)
6.2.1	金属托盘各部分名称	(139)
6.2.2	金属托盘的形式、种类、最大积载质量和大小	(140)

6.2.3	种类及记号	(140)
6.2.4	最大积载质量和大小	(141)
6.2.5	金属托盘强度	(141)
6.2.6	金属托盘的构造和品质	(141)
6.2.7	金属托盘的尺寸	(142)
6.2.8	金属托盘的材料	(142)
6.3	塑料托盘	(142)
6.3.1	概述	(142)
6.3.2	塑料托盘的种类	(143)
6.4	冷冻箱式托盘	(143)
6.4.1	构造	(143)
6.4.2	试验	(144)
7	输送机能力计算	(146)
7.1	物流配送中心常用输送机的分类	(146)
7.1.1	皮带输送机	(146)
7.1.2	链式输送机	(146)
7.1.3	滚筒输送机	(146)
7.2	物流配送中心常用输送机的图解	(146)
7.2.1	皮带输送机	(146)
7.2.2	链式输送机	(148)
7.2.3	滚筒输送机	(150)
7.2.4	包装物输送机	(154)
7.3	滚筒输送机设计计算	(160)
7.3.1	原始参数	(160)
7.3.2	基本参数计算	(160)
7.3.3	无动力式滚子输送机计算	(163)
7.3.4	动力式滚子输送机计算	(166)
7.3.5	限力式滚子输送机计算	(168)
7.4	垂直输送机的分类、能力计算和安全装置	(169)
7.4.1	垂直输送机的分类和形式	(169)
7.4.2	垂直输送机的能力计算	(172)
7.4.3	垂直输送机的安全装置	(174)
7.5	文件输送机	(176)
7.5.1	概述	(176)
7.5.2	垂直输送机系统文件盒	(176)
7.5.3	水平和垂直输送系统	(176)
7.6	分类输送机的能力计算	(178)

7.6.1	分类输送机各部分名称	(178)
7.6.2	分类输送机的效率计算	(178)
8	码垛机	(187)
8.1	码垛机的种类和工作原理	(187)
8.1.1	码垛机的种类	(187)
8.1.2	码垛机的工作原理	(189)
8.1.3	码垛机各部分的作用	(189)
8.2	码垛机的适用范围和物品堆积方法	(189)
8.2.1	码垛机的适用范围	(189)
8.2.2	物品堆积方法	(190)
8.3	码垛机能力适应表	(191)
8.4	机器人码垛机	(193)
8.4.1	概述	(193)
8.4.2	终端效果器	(194)
8.4.3	多关节型	(195)
8.4.4	多关节型机器人码垛机的标准抓手和基本规格	(197)
8.4.5	多关节型机器人码垛机和系统构成	(197)
8.4.6	多关节型机器人码垛机平面布置方案图	(198)
8.4.7	直角坐标型	(200)
8.4.8	控制软件和程序	(201)
8.4.9	机器人码垛机的布局	(202)
9	无人搬运车系统	(204)
9.1	无人搬运车设计原则	(204)
9.1.1	设计条件	(204)
9.1.2	无人搬运车的组成	(205)
9.1.3	性能	(208)
9.1.4	标牌和标准产品说明书	(208)
9.1.5	搬运物货态及物性	(209)
9.1.6	行走和载荷	(209)
9.2	无人搬运车系统构成	(211)
9.2.1	无人搬运车系统	(211)
9.2.2	系统搬运能力	(211)
10	库内常用搬运车	(215)
10.1	概述	(215)
10.2	搬运车的种类	(215)

11 包装标准化	(224)
11.1 包装容器基本尺寸.....	(224)
11.1.1 基本尺寸.....	(224)
11.1.2 包装尺寸算法.....	(224)
11.2 长×宽的组合法种类.....	(233)
12 自动化立体仓库货架安装调试	(234)
12.1 概述.....	(234)
12.2 货架安装.....	(236)
13 最新物流配送中心和自动化立体仓库实例	(274)
13.1 日本 TOYSRUS 企业集团公司物流中心.....	(274)
13.1.1 相关背景.....	(274)
13.1.2 物流流程.....	(275)
13.2 Seven 公司物流中心.....	(283)
13.2.1 概要.....	(283)
13.2.2 Seven 公司物流中心简介.....	(284)
13.2.3 Seven 公司物流中心工作流程.....	(287)
13.2.4 物流中心的人性化作业环境和环保意识.....	(299)
13.3 某食品物流中心.....	(299)
13.3.1 3OD 概念.....	(299)
13.3.2 某食品物流中心概要.....	(300)
13.4 佐川急便信函包裹物流中心.....	(313)
13.4.1 概要.....	(313)
13.4.2 信函包裹中心的作业流程.....	(315)
13.5 乳制品行业自动化立体仓库.....	(325)
13.5.1 本库特点.....	(325)
13.5.2 总体要求.....	(325)
13.5.3 总体设计.....	(325)
13.5.4 计算机管理系统设计.....	(327)
13.5.5 堆垛机.....	(327)
13.5.6 货架设计.....	(328)
13.5.7 自动化立体仓库主要作业物流关系.....	(328)
13.5.8 出/入库能力计算.....	(328)
13.5.9 安全保护装置.....	(330)
13.5.10 出/入库输送机系统.....	(331)
13.5.11 平面图.....	(332)
13.6 整体式自动化立体仓库(库架合一)(一).....	(333)

13.6.1	总体布局	(334)
13.6.2	高层货架	(334)
13.6.3	堆垛机	(334)
13.6.4	输送机、链条式手动控制	(334)
13.7	整体式自动化立体仓库(库架合一)(二)	(334)
13.7.1	仓库结构型式	(334)
13.7.2	设计要求	(336)
13.7.3	区域分配	(336)
13.7.4	高层货架	(336)
13.7.5	有轨巷道堆垛机	(337)
13.7.6	计算机管理控制系统	(337)
13.7.7	接地与防雷	(337)
13.7.8	平面及流程图	(337)
13.8	重庆隆鑫摩托车事业部自动化立体仓库	(340)
13.8.1	本立体仓库特点	(340)
13.8.2	该自动化立体仓库系统	(340)
13.8.3	高层立体货架	(340)
13.8.4	有轨巷道堆垛机	(341)
13.8.5	出/入库输送系统	(342)
13.8.6	计算机管理与控制系统	(342)
13.8.7	运行环境	(343)
13.8.8	重庆隆鑫摩托车有限公司自动化立体仓库平面布置图	(343)
13.9	西安利君沙制药厂自动化立体仓库	(345)
13.9.1	概况	(345)
13.9.2	参数设计	(346)
13.9.3	该自动化立体仓库的系统设计	(347)
13.9.4	硬件系统	(348)
13.9.5	软件系统	(349)
13.9.6	机械系统	(350)
13.9.7	运转方法	(351)
13.10	南京六维公司生产的自动化立体仓库	(355)
13.10.1	江苏先声药业自动化立体仓库	(355)
13.10.2	大连爱丽思欧雅玛自动化仓库系统	(357)
13.10.3	天津地铁自动化立体仓库	(358)
13.10.4	泰山玻纤自动化立体仓库	(359)
13.10.5	合肥叉车厂自动化立体仓库	(362)
13.11	我国某卷烟厂配方自动化立体仓库	(362)

14 乐龙 (RaLC) 物流规划设计软件的应用	(364)
14.1 概述	(364)
14.1.1 乐龙 (RaLC) 公司简介	(364)
14.1.2 RaLC 软件	(364)
14.1.3 RaLC 软件功能	(364)
14.2 物流配送中心的仿真	(366)
14.2.1 通过型物流配送中心的模型构筑	(366)
14.2.2 仓储型物流中心模型	(388)
14.2.3 复合型物流中心模型 I	(405)
14.2.4 复合型物流中心模型 II	(424)
14.3 RaLC 仿真软件应用实例	(475)
14.3.1 仿真概要	(475)
14.3.2 物流中心仿真	(479)
14.3.3 部件单装作业线仿真	(495)
14.3.4 地区配送中心	(499)
附录 1 塑料托盘的种类	(531)
附录 2 包装箱组合尺寸种类	(547)
附录 3 运输包装尺寸表	(576)
参考书目	(585)

1 自动化立体仓库在物流配送中心的作用

1.1 物流配送中心的重要性

随着科学技术的进步和人民生活水平的提高，消费者对商品质量和服务质量的要求越来越高。为了迅速和完善地把商品送到用户手中，必须有一个设备先进、软件系统功能齐全的物流配送中心。

当前世界经济发展呈现出全球化和市场化的两大趋势。经济发展、科学进步和信息革命把世界经济带入前所未有的全球化和市场化的时代。集物流、信息流和资金流于一身的物流配送中心，在这全球化和市场化的时代里，又进一步促进了世界经济与贸易的大发展。迈向 21 世纪的国际物流技术的特征是信息化、网络化、智能化、柔性化、标准化和社会化。现代化物流技术是实现电子商务的重要环节。

一个现代化的物流配送中心，使商品的采购、保管、存储、订货、拣货、分类、流通、加工和配送作业准确而快速。特别是随着社会发展和消费习惯的改变，促使各种便民商店、超级市场、连锁超市、批发市场和大型百货商场等进行销售革命，由生产竞争延伸到物流和信息等方面的竞争。物流配送的目的在于最大限度地提高物流服务水平，降低物流成本，让利于民，提高劳动生产率，增加商品竞争力，谋求经济效益。为了实现这一经济目标，必须充分发挥物流配送中心的作用。

现代化物流是现代生产的重要组成部分，而现代化的物流配送中心是现代化物流系统的核心组成部分。在现代化生产中，提高设备本身的生产能力和效率是有限的。但是在物流系统中蕴藏着巨大的潜在经济效益，这就是物流第三利润源泉。物流是新兴产业，在我国，物流业起步较晚，方兴未艾，是未开垦的处女地。挖掘物流潜力，追求生产系统的最大总体效益，现代化物流将起到巨大的重要作用。正因为如此，自动化、计算机化、信息化、网络化、电子商务化和智能化的物流配送中心，在工业发达国家里如雨后春笋，拔地而起，比比皆是，呈现出车如流水、运输有序的繁忙景象。

物流配送中心对运输、保管、装卸、包装、流通、加工、配送、信息处理、订货开单、集中分货、开箱拆零、拆包分装、入库登记、在库管理、统计查询、拣货、分类、盘点、报表编制和废弃物回收等各项作业进行现代化统一管理，减小了劳动强度，提高了劳动生产率。

物流配送中心在现代化企业中也发挥了巨大的作用。如汽车、摩托车、家用电器、电子计算机、电器、电子、医药、机床、化工等制造业都广泛用自动化仓库。它不但节约土地，减少仓储人力、物力，而且减少了库存量和资金积压，降低了物品破损率，提高了资金的周转和劳动生产率，降低了成本，增加了效益。大量实践证明，在机械制造业中，仅

有5%的时间用于零件或部件的加工,其余95%的时间都用于毛坯和零件或部件的存储、运输、装卸、检测、包装作业。由此可见,在大型企业中新建物流配送中心来缩短制造过程中的辅助时间是非常重要的。

此外,物流配送中心在现代化的国防与军事中起到巨大作用。兵马未动,粮草先行。现代化的物流和现代化的信息流为现代化的战争提供了胜利的保证。

1.2 物流配送中心的分类

1.2.1 按物流配送中心的经济功能分类

(1) 储存型物流配送中心

这种物流配送中心的功能特别强大。为了保证生产和流通正常进行,必须储存足够的原料、半成品、成品和生产资料。在销售商品过程中,必须储存足够数量的商品。否则,出现商品脱销,进而失去用户,造成一定经济损失。在经济发达的地区和国家,一些大型物流配送中心在充分发挥储存作用的基础上,大力开展物流配送工作,从而逐步形成了多功能的物流配送中心。实践证明,许多大型物流配送中心均起源于传统的大型仓库。

(2) 销售型物流配送中心

销售型物流配送中心的主要功能是销售产品。为了方便用户,服务于民,增加产品销售量,扩大市场,许多生产厂家或销售商采取了降低物流成本和完善服务手段的措施。如代客理货,加工送货到户。为用户提供了系统化和一体化的优质后勤服务。此外,提高了设备和设施水平,加强了对老仓库的改造,培养了一批专门从事物流加工、分货、拣货和配送的人才,从而形成了销售型物流配送中心。从本质上讲,这种类型的物流配送中心其主要功能是销售产品,物流工作是为销售服务的。

销售型物流配送中心有如下三种形式:

1) 制造业为了直销本企业生产的产品和扩大市场而建立的销售物流配送中心。在工业发达国家里这种类型的物流配送中心较多。

2) 以销售为主的流通业为了扩大销售量而建立的销售型物流配送中心。

3) 流通业和产业界共同出资建立的销售型物流配送中心。这种物流配送中心又叫做“公共型”物流配送中心。

(3) 供应型物流配送中心

这种类型的物流配送中心的主要功能是向用户供应货物,起着供应商的作用。其服务对象是生产企业和大型商业系统,如大型超市、百货商场、连锁店,配送货物主要是原料、器件、半成品、商品,客观上起到了供应商的作用。这种类型的物流配送中心相当于用户的后勤部门,所以它属于供应型物流配送中心。在物流业中,那些接受用户委托,专门为生产企业提供零件、部件、原材料和为大型商业系统供应商品的物流配送中心,均是供应型物流配送中心。

由于供应型物流配送中心向众多用户提供优质服务和商品,所以这种类型的物流配送中心的规模较大,设备和设施先进,拥有大型现代化的自动化立体仓库及其先进的外围设备。