

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



WULIU SHEBEI YU GUIHUA JISHU

物流设备 与规划技术

吕广明 刘明思 编著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



WULIU SHEBEI YU GUIHUA JISHU
物流设备与规划技术

编著 吕广明 刘明思
主审 李守林



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

本书共7章, 主要包括: 绪论, 自动化立体仓库, AGV 小车及其路径规划技术, 自动化仓库优化及管理技术, 起重机的变频调速技术, 群塔协调作业及管理技术, 基于遗传算法的集装箱配装优化技术。在本书的编写过程中, 充分考虑了先修课程不同的各专业学生学习的特点及工程技术人员的需要, 除阐述某些基本理论和必要的计算外, 删去了一些烦琐的公式推导和不必要的内容, 力求少而精。本书可适合不同专业、不同学时要求, 采用可随意增减的模块化结构, 根据不同专业、不同学科的要求可自行调整。

本书可作为高等工科院校相关专业的教材, 也可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

物流设备与规划技术/吕广明, 刘明思编著. —北京: 中国电力出版社, 2009

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-8268-5

I. 物… II. ①吕…②刘… III. 物流-设备管理-高等学校-教材 IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 211434 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 4 月第一版 2009 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.25 印张 494 千字

定价 32.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

随着科学技术的日益发展,学科之间的相互交叉和融合,已成为当今技术发展的主流。工程技术人员单一的专业知识已不能适应新技术发展的要求,掌握完整的物流系统设计理论和新的方法已成为必然。

本书是根据高等工科大学机械类及近机类专业物流设备及规划技术课程的基本要求,及从事物流及起重运输设备的广大工程技术人员需要,结合编者多年的科研实践和教学经验编著而成的。全书从整体设计出发,分析物流系统的组成、物流系统的基本建模方法、典型设备的工作原理及设计方法、物流系统的规划方法,系统讲述了设计过程所需的基本理论和基本方法,增加了适应科技发展的新知识、新技术、新理论。本书既有对物流设备及规划技术教学内容的精选,又有编者多年科研实践工作的总结,并列入了“十一五”国家科技支撑计划课题“群塔集中网络化管理技术与装置研究”的最新研究内容。

全书共分为以下几部分:第1章绪论介绍了物流的定义,物流技术的发展进程,现代生产物流的重要性及其特点,物流机械设备的分类;第2章自动化立体仓库部分介绍自动化仓库概念,仓库系统的设计过程;第3章AGV小车及其路径规划技术部分介绍自动导引小车的构成及特点,基于模糊控制的路径规划技术;第4章自动化仓库优化及管理技术部分介绍了仓库识别的条形码技术,仓库的Petri网建立系统建模技术;第5、6章介绍起重机的变频调速及群塔管理技术,此部分为“十一五”国家科技支撑计划课题“群塔集中网络化管理技术与装置研究”的研究内容;第7章集装箱运输中的方法部分介绍了基于遗传算法的集装箱配装优化技术。在编写时,充分考虑了先修课程不同的各专业学生学习的特点及工程技术人员需要,除阐述某些基本理论和必要的计算外,删去了一些烦琐的公式推导和不必要的内容,力求少而精。本书可适合不同专业、不同学时要求,采用可随意增减的模块化结构,根据不同专业、不同学科的要求可自行调整。

本书由哈尔滨工业大学吕广明、刘明思编著。前言、第3章~第7章由吕广明编写,第1、2章由刘明思编写。李鹏、殷德文、郑海强等同学为本书提供了部分实验数据及仿真结果,在此深表感谢。

本书由中国建筑机械化研究院李守林教授主审,并指出了宝贵的意见和建议,在此表示感谢。由于编者水平有限,难免有错漏或不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008年10月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 物流技术的发展进程	2
1.3 现代生产物流的重要性及其特点	3
1.4 物流机械设备的分类	4
第2章 自动化立体仓库	6
2.1 自动化立体仓库概念及组成	6
2.2 立体货架	8
2.3 货箱与托盘	10
2.4 巷道式堆垛机	11
2.5 电气与电子设备	13
2.6 自动化立体仓库的寻址	15
2.7 自动化立体仓库的计算机管理概述	16
2.8 自动化立体仓库的总体设计指南	19
2.9 极坐标式立体仓库设计范例	32
2.10 生产物流系统实例	78
第3章 AGV 小车及其路径规划技术	88
3.1 自动导引小车的发展概况	88
3.2 自动导引小车的构成及特点	93
3.3 自动小车的导引方式及控制	99
3.4 模糊控制介绍	103
3.5 AGV 的数学建模及运动分析	107
3.6 AGV 方向控制的模糊化	111
3.7 AGV 的路径仿真	116
3.8 AGV 及 AGVS 的安全装置	121
3.9 熊猫Ⅱ型自动车实例	124
第4章 自动化仓库优化及管理技术	128
4.1 条码自动识别技术	128
4.2 条形码知识简介	134
4.3 39 码简介	141
4.4 光电转换器件介绍	144
4.5 自动化立体仓库概述	146
4.6 自动化仓库的库位认址检测	148

4.7	运用 Petri 网建立系统模型	150
4.8	堆垛机路径的优化	154
4.9	仓库上、下位机控制和管理系统的设计	165
4.10	上、下位机通信的设计	166
4.11	自动化仓库系统货位虚实识别	180
4.12	自动化仓库计算机管理系统设计	183
第 5 章	起重机变频调速技术	185
5.1	国内外该方向研究现状	186
5.2	塔式起重机变频调速技术	188
5.3	变频器的基本结构及其控制方式	191
5.4	塔式起重机调速的特点	192
5.5	塔机起升机构变频调速原理及其机械特性	193
5.6	塔机起升机构中电机变频调速矢量控制建模	195
5.7	塔机工作机构控制方法研究	204
5.8	塔机起升机构控制系统仿真	213
5.9	塔机起升机构变频调速实验	217
第 6 章	群塔协调作业及管理技术	225
6.1	国内外群塔协调作业技术发展现状	225
6.2	群塔集中网络化管理的关键技术分析	228
6.3	塔群及障碍物的数学建模	235
6.4	塔群协调作业防碰撞方案设计	239
6.5	群塔集中网络化管理系统总体方案设计	249
6.6	基于 GPRS 的群塔数据透传终端设计	258
6.7	群塔集中管理中心通信接口设计及系统调试	267
第 7 章	基于遗传算法的集装箱配装优化技术	278
7.1	国内外集装箱配装使用的现状分析	278
7.2	遗传算法在集装箱配装问题中的应用	290
7.3	基于一种改进遗传算法解决集装箱配载问题	299
	参考文献	314

第1章 绪论

1.1 概述

1.1.1 物流的产生与发展

物流与人类的生产和生活是分不开的,可以说物流与人类共存。但“物流”一词的产生,却是来源于第二次世界大战。二战期间,在战场上曾经发生过这样的事件:在某军的阵地上已经没有了食品,战士们已经饿得无力战斗,急需供给食品。可是,当战士们终于等到了空降物资的到来,打开箱一看,竟然是手榴弹。这场战争的结果可想而知。因此,在军事后勤中将物品的供给列入重要地位,从而产生了“物流”这一概念。

物流随着社会发展在不断地扩展和细化,现已经扩大到流通领域、生产领域、商业服务等社会经济活动中。物流的发展趋势将是未来社会经济发展的重要支柱之一,如果没有先进的物流技术支持,就没有未来的自动化、集成化、智能化的工业,也不可能有高效、快速发展的社会。物流已经发展成一门学科,称为物流学。

1.1.2 物流的定义

简单地说,物流就是指物资实体(物资及其载体)的物理流动过程。所谓载体主要是指包装物及盛放、支撑物资的器具。流动过程包括空间位置的变化和时间占用两个内容。

《中华人民共和国国家标准物流术语》中对物流的定义是:“物品从供应地向接受地的实体流动过程。根据工作需要,将运输、储存、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能实施有机结合。”

1.1.3 物流的基本任务

物流的基本任务是完成物资实体的物理流动,也就是进行物资实体的储存和运输。物资实体包括原材料、燃料、动力、工具、半成品、成品、零配件等。物流除储存和运输外,还包括物资的计划、管理,即检验、包装、装卸等内容。物流总的任务是要根据物资的种类、数量和质量,在合适的时间,以较低的成本,将其准确地送到目的地,并及时完成物资信息的传输以及输送工具或载体的回收。

1.1.4 物流的分类

按照物流活动的范围,物流可分为社会宏观物流和企业物流。社会宏观物流又称为大物流,企业物流称小物流。社会宏观物流包含企业物流,因为现代工业的发展与物流技术的关系越来越紧密,可以说未来工业的很大一部分发展空间在于物流,没有现代物流也就没有未来的智能化工业。因此,企业物流的重要性变得更加突出,有必要分离出来加以专门研究。

若按业务目的来分类的话,可以分为供应物流、生产物流、销售物流、回收物流和废弃物物流。

社会宏观物流贯穿于生产、流通和消费领域,它涵盖了由原材料到成品,由产品到商品,以及经过流通环节,送到消费者手中的全部过程,即进行物资的运输、储存、搬运、装卸、包装、配送、顾客服务、订单处理、信息沟通、载体回收、弃物处理等过程。简而言

之,社会宏观物流包括了任何形式的物资流动过程。

企业物流则是发生在企业内部,包括厂内范围的仓库内、各车间之间、各工序之间的物流活动。它主要由供应物流、生产物流、销售物流和回收物流构成。

1.1.5 物流学

随着社会生产力的进步,物流技术得以快速发展,尤其在20世纪70年代,物流技术的发展给人们带来了新的曙光,描绘出了未来工业的蓝图。伴随着现代科技水平的提高,作为自然科学和社会科学交叉学科的物流学,正在形成和发展。

物流学是一门综合性很强的学科,它既是技术科学又是经济科学。与其他学科有着密切的联系,如机械制造工艺学、计算机科学、自动控制、经济学、统计学等。

物流学研究的对象一般是多目标决策的、复杂的动态系统,在进行系统分析时,既要考虑其科学性,又要考虑其经济性。因此,物流学的研究方法除了运用一般自然科学的方法外,还需要采用系统分析法。例如,定量与定性研究相结合,常采用计算、分析、模拟、模型化等综合性的方法加以研究。

1.2 物流技术的发展进程

总结物流技术的发展进程,美国学者J. A. White将物流的发展分为五个阶段: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。

1.2.1 第一代——人工物流

物流与人类的生产和生活并存,人工物流是最原始的物流形式,其主要形式为扛、举、推、拉、记数等人工操作。人工物流虽然简单,但仍有其独特的优点,如适时性、直观性和直接性。由于人与物直接接触,因此降低了中间环节造成的失误几率。另外,从经济性考虑,在某些环境下人工物流仍然具有不可替代的作用。即使在高度自动化的物流系统中依然或多或少地存在人工的物流形式。

1.2.2 第二代——机械化物流

由于采用机械进行物流活动,使人类的活动范围和活动能力均得以大幅度提高。机械化物流具有快速、高效、能力大、活动范围宽等一系列优点。现代的机械化物流设备较多,如通过输送带、输送车进行物料的输送,利用机械手、吊车、堆垛机、升降机进行物料的装卸和搬运,用货架、托盘存储物料等。

从19世纪中叶到20世纪中叶,机械系统在物流活动中一直起着主导作用。不仅现在甚至于未来,机械系统仍然是物流系统中的核心硬件。

1.2.3 第三代——自动化物流

随着自动化技术的引入,物流技术的发展开辟了一个崭新的时代。20世纪50年代末至60年代,相继出现了自动导引小车、自动货架、存储机器人、电子扫描和条形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、巷道式堆垛机等也都加入了自动控制的行列,同时还采用机器人进行物料的堆垛和包装。自动输送系统加快了物料的输送速度。

随着计算机技术的发展,信息自动化逐渐成为仓储自动化的核心。通过计算机进行物资的控制和管理。仓库计算机可以及时地记录订货和到货时间,显示库存量,以便计划管理人

员做出供货决策。信息技术的应用已经成为仓储技术的支柱。

1.2.4 第四代——集成自动化物流

所谓集成自动化物流是指在中央主计算机的集中控制下,将物流系统的信息集成起来,实现各个自动化设备的高度协调,从而达到高效、协调、智能的目的。其协调性包括各系统之间的协调性和生产与物流之间的协调性,即要达到整个系统的优化运行。

通过信息的集成使物料的计划、调度,直至将物料运送到达生产的各个过程信息,通过计算机网络互相沟通,并由主计算机进行全面的协调、管理。

集成自动化物流的特点是:系统规模大,主计算机处理能力强,软件的功能完善。

1.2.5 第五代——智能自动化物流

计算机技术的高度发展推动了自动化技术的进步,为智能自动化的实现奠定了基础。在智能自动化阶段,按生产计划自动生成物料和人力需求,查看存货单和购货单,并规划、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。总而言之,计算机代替人来自动处理系统内的事务。

可以预见,智能自动化物流是物流发展的高级阶段,是21世纪物流发展的目标。

1.3 现代生产物流的重要性及其特点

1.3.1 现代生产物流的重要性

在社会生产力发展的早期,人们重视的是生产制造的设备和过程,如研制高效的加工机械,改进加工工艺,采用新材料等。主要是力图降低成本、提高生产率,而未对物流引起足够的重视。随着生产力水平的提高,生产制造业的发展明显呈现出三种趋势。

(1) 自动化水平越来越高。加工设备从一般机床到数控机床以至于加工中心,生产效率大幅度提高,生产节奏加快。

(2) 趋于柔性化。随着市场需求的变化,多品种、小批量的订单驱动式生产日益增多。在欧美和日本的制造业中,中小批量生产的产品约占85%。中小批量生产一批的数量通常为5~50件。

(3) 生产规模大,专业化生产。随着生产能力的提高,生产复杂产品的能力加强,加上生产效率的提高,生产规模在不断扩大。尤其信息产业的快速发展,世界将成为一体,商家的合作与协作更加广泛,使得制造业分工越来越细,呈现专业化生产的趋势。

纵观以上三种趋势,其势必对传统制造方式形成一种冲击。加工设备越先进,就越需要物流系统的支持,否则,自动化的加工方式就会变成间歇性,不能充分发挥自动化设备的作用。因此,发展物流与制造相适应变成了人们关注的焦点。

美国十分重视物流的研究和发展。1980年全美的物资讨论会上研究者们指出,在产品的整个生产过程中,加工制造时间仅占5%,其余都用于储存、装卸、待加工、输送等物流活动中。在美国,直接劳动成本仅占总成本的10%以内,而储存、运输所支付的费用却占40%。因此,物料运输、储存过程蕴含着极大的潜力,有待挖掘。降低生产成本和销售成本是增加利润的两个源泉,人们已经认识到物流是创造利润的第三源泉。

可以说,物流是未来工业发展的重点,若没有物流的支持,未来的工业不会进入高度自动化的水平。

1.3.2 现代生产物流的特点

生产物流的任务是储存、运输、装卸等。在现代生产系统中,物流系统与生产制造的关系,犹如人的两条腿,缺一不可。如果没有了物流的配合,现代化的设备就无法充分发挥其应有的作用。

传统的生产物流,其设备简易,多以手工、半机械化或机械化为,效率低,劳动强度大。物流信息管理也比较原始。随着现代化加工设备的发展,加剧了生产制造和物流的矛盾,市场的低价格、高质量、个性化要求也相应地促进了物流的发展。使之必须与现代生产制造系统相适应。

现代生产物流的发展主要表现出以下几个特点。

(一) 现代化的物流设备

典型的现代化物流设备包括自动化立体仓库、自动导引运输车、上下料机械手和传送带。

自动化立体仓库:立体货架存储,自动化管理,自动存取。具有储量大、快速周转、准确无误的特点。

自动导引运输车(AGV):柔性路径,无人驾驶,能准确快速地运输。

上下料机械手:协调准确,安全快捷地完成装卸任务。

传送带:自动控制,可实现积放,是连续输送的纽带。

(二) 计算机管理

现代生产物流系统具有结构庞大、路线复杂、节奏快、信息量大、适时性要求高等特点,如果没有计算机的管理是无法实现的。通过计算机对物流系统进行全面的管理,包括设备管理、信息管理、操作控制、整个系统的协调等。

(三) 系统化与集成化

生产物流系统的特点是:点多、线长、面广、规模大。传统物流的缺点是搬运效率低下、物流的组成分散化和个性化。由于这些缺点牵制了生产制造整个系统的发展。现代生产物流是将物流系统与生产制造系统有机地联系起来,形成一个整体,从系统化、集成化的理念出发进行物流系统的设计,不是片面地追求小系统的高效和优化,而是力求整体的优化与高效。

1.4 物流机械设备的分类

物流机械设备是物流发展水平的重要标志。物流设备种类繁多,其分类方式也多种多样。物流的任务范围无非包括存储、运输、装卸、搬运、包装等功能,按此分类,则条理清晰并接近物流活动的中心内容,见表1-1。

表 1-1

按功能分类的典型物流机械设备

功 能	机械设备名称	备 注
存储设备	立体仓库、立体车库、储藏罐	
运输机械	各种运输车辆 带式、板式、链式、轮式、悬挂式输送机 斗式提升机、板式提升机、扶梯 螺旋输送机、振动输送机、辊子输送机 悬浮式气力输送装置、推送式气力输送装置	长距离为运输,短距离为输送

续表

功 能	机械设备名称	备 注
装卸机械	各种专用装卸机械、机械手 链斗装车机、链斗卸车机、链斗卸船机、挖掘机 倾翻类卸车机 桥式、门式、臂式、梁式抓斗起重机	
搬运机械	各种叉车 单斗移栽机、牵引车、挂车、底盘车 自动导引小车 (AGV) 巷道式堆垛机	
包装机械	码垛机、包装机	

物流机械设备可按不同的原则进行分类。有的按物流作业环节分类,如铁路装卸机械、港口装卸机械、仓储机械等。有的按物流的功能分类,如起重运输机械、装卸搬运机械、输送机械、专用机械、自动化仓库等。还有的按用途分类,如单元物料搬运、输送机械,集装物料搬运、输送机械,散装物料搬运、输送机械等。

第2章 自动化立体仓库

2.1 自动化立体仓库概念及组成

2.1.1 自动化仓库定义

自动化仓库系统是指在不直接进行人工处理的情况下能自动地存储和取出物料的系统。这个定义涵盖了不同自动化程度的仓库系统。

自动化仓库系统包括具有存放功能的立体货架,具备自动存取功能的搬运设备,计算机管理、控制系统,通信系统,以及与其他系统相衔接的搬运、输送设备。

2.1.2 自动化仓库的功能

(一) 储存和保管

储存:利用立体仓库的分割空间容纳、存放物品。

保管:根据物品的特性要求提供合适的环境进行保质的管理和维护。例如,储存食品需要控制温度、湿度,储存精密仪器需要防潮、防腐,储存挥发性物品需要良好的通风等。

(二) 调节供需关系

市场需求是随机多变的,而商品的生产具有周期性,为使供应与需求能良好地衔接,仓库的存储功能起到了缓冲作用,使供需链连续而不间断。

(三) 运输能力的调节

运输工具不同其运载能力的差异很大,海洋货轮是万吨级的,而汽车运载能力在4~10t。为了提高货物的装卸及运输效率,仓库的囤积与释放调节了运输能力差异的问题。假如远洋货轮因为货物不足而等待几天,其经济损失是巨大的。

(四) 高效率供、配货

由于立体仓库采用自动化手段,可以大大缩短供货和配货的时间,实现高效物流。

2.1.3 自动化仓库的优点

自动化仓库所产生的经济效益和社会效益是巨大的,这是由仓库系统本身的特征所体现的,其优势的产生来源于以下几个方面。

(一) 采用立体货架存储

由于立体仓库的存储区域可以大幅度地向高度方向延伸,且能充分利用库内空间,极大地提高了空间利用率。

(二) 自动化存取

存取设备是自动控制的,货物的识别、存取和搬运速度很快,工作效率很高。

(三) 采用计算机管理和控制

计算机管理可以实现准确、高速、优化,计算机的控制能减少货物和信息的差错,使损失降至最低限度。

2.1.4 自动化仓库的发展历史

第二次世界大战以后,由于经济的发展和科学技术的进步,传统的平面仓库已不能满足生产和流通的需要,便由简易仓库向立体仓库发展。20世纪50年代,立体仓库在美国、欧

洲得到了快速发展。60年代中期,日本的立体仓库得到了迅猛发展,1982年日本已经拥有3275座立体仓库,相当于同期欧美拥有量的总和。

目前,立体仓库的最大高度已达到50多米,库存量达十几万个货物单元。我国从20世纪六七十年代开始研制立体仓库,在90年代得到了高速发展。以海尔集团为代表的物流先锋促进了立体仓库的快速发展。目前我国的立体仓库水平还较低,尽管研制较早,但立体仓库的数量太少,简易、手动的较多。自动化立体仓库还有待于研发和普及。

2.1.5 自动化仓库的分类与构成

(一) 自动化仓库的分类

自动化仓库的分类方法很多,根据不同的角度有不同的分类,如按货架形式、按建筑形式、按控制方法、按作业方式、按功能作用、按库存量等。由于立体化仓库分类方式的繁杂,并考虑其在学习中的作用,本书仅以货架形式为重点分类,其他分类细节可参考其他书籍。

按照货架形式的不同自动化仓库可分为单元货格式仓库、贯通式仓库和循环式仓库三种。

(1) 单元式货架仓库。这种形式的仓库应用最广,通用性也最强,如图2-1所示。货架的布置形式为:货架沿仓库的宽度方向分为若干排,每两排货架为一组,每两排之间有一条巷道,为堆垛机行走提供空间。每排货架沿仓库的纵向分为若干列,沿高度方向又分为若干层,从而形成大量货格用以储存货物单元。单元式货架的特点为:每个货格分配了独立的空间,一般情况下,每个货格存放一个货物单元,当货物单元较小时货格内也可以存放几个货物单元,以充分利用空间。

(2) 贯通式货架仓库。在单元式货架仓库中,巷道占去了1/3左右的仓库面积。为了提高仓库面积的利用率,可以取消巷道,将货架合并,使同层同列的货物互相贯通,形成能依次存放许多货物单元的通道,而在另一端由出库起重机取货。货物在贯通的通道内是可以移动的,其移动的方式分为重力式和梭式小车式,如图2-2所示。

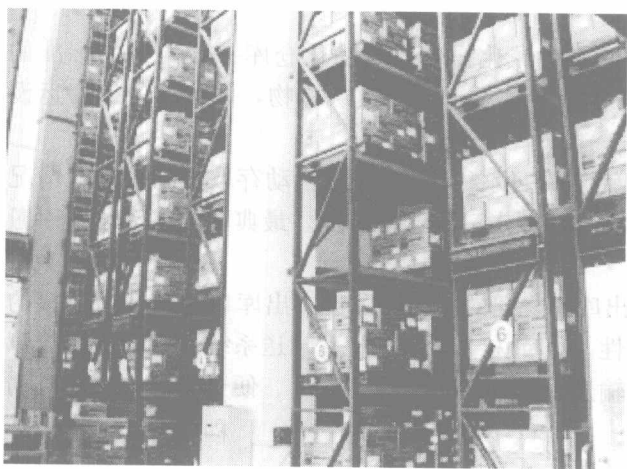


图2-1 单元式货架仓库

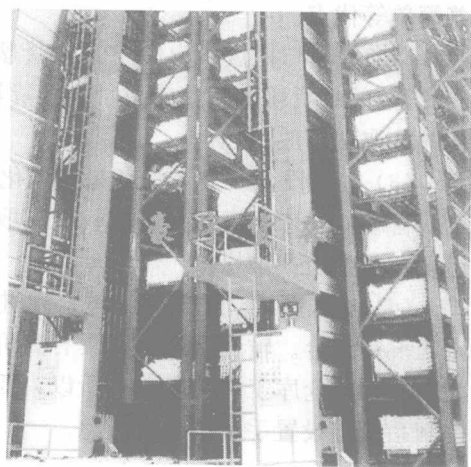


图2-2 贯通式货架仓库

在重力式货架仓库中,存货通道具有一定的坡度。货物在重力的作用下从入库端向出库端移动,直至碰到前面的货物为止。当出库端的货物被取走后,后面的货物单元将依次向出库端移动一个货位。由于在重力式货架仓库中,每个存货通道只能存放同一种货物,所以它适用于储存品种少、数量大的货物。

梭式小车式货架仓库的工作方式,由梭式小车在存货通道内往返穿梭式地搬运货物。入库时,梭式小车可按序排列货物,或将货物直接送至出库端。出库时,梭式小车可依次将货物移至出库端。梭式小车可以由起重机转移至其他通道。必要时,这种小车还可自备电源。

(3) 循环式货架仓库。循环式货架按运动方向不同又分为水平循环式和垂直循环式两种。

水平循环货架仓库的货架可以在水平面内沿环形路线来回运动。货架由若干个独立的货柜组成,由一台链式输送机将这些货柜串起来。每个货柜下方有支撑滚轮,上部有导向滚轮。输送机运转时货柜便相应地运动。取货时,操作人员输入指令,货架便开始运转,当装有所需货物的货柜来到拣选口时,货架自动停止,进行货物拣选。水平循环式货架仓库非常适合小件物品的拣选作业。

垂直循环货架仓库与水平循环货架仓库相似,只是将水平面内的环形旋转改为垂直面内的旋转。这种仓库的货架本身是一台垂直提升机,提升机的两个分支上都悬挂货格。取货时,输入指令使提升机正转或反转,将要提取的货物降至取货位置上。垂直循环式货架特别适合存放长的卷状货物,如地毯、地板革、电缆卷等。

(二) 自动化仓库的构成

自动化仓库主要由三大类设施构成:土建、机械和电气,我们仅对机械设备进行较详细的介绍。

机械设备中包括货架、货箱与托盘、搬运设备、输送系统四部分。

(1) 货架。货架的功能是存放货物,其结构形式多种多样。货架材料一般采用型钢或钢筋混凝土制作。钢质货架具有空间利用率高、制作方便、安装快捷等优点。尤其较高的仓库,钢质货架的优越性更加明显。钢筋混凝土货架具有防火性能好,抗腐蚀能力强,维护保养简单等优点。

(2) 货箱与托盘。为便于管理货物、适应机械化操作,自动化仓库一般均使用标准的(或统一的)货箱和托盘盛放货物。货箱与托盘的基本功能是装载货物,同时又便于搬运设备的叉取和存放。

(3) 搬运设备。搬运设备是自动化仓库的核心设备,其功能是自动存取货物。一般情况下,自动化仓库的搬运设备应具有叉取、升降和行走三种运动特征。最典型的自动化仓库搬运设备是巷道式堆垛机。

(4) 输送系统。输送系统是仓库进、出库口之间的链接以及进、出库口与装卸台链接的输送设备组合。输送系统必须具有高可靠性。仓库内一般仅有一套输送系统,一旦发生故障就会使整个仓库工作受影响。所以,要求输送系统的设备可靠、耐用、便于维修。对于自动控制系统应设置手动控制以应急。

2.2 立体货架

2.2.1 立体货架的形式

立体货架的形式很多,按不同的角度有不同的分类方法:

按货架的运动形式分为固定式和移动式;

按货架的材料分为钢结构货架和混凝土货架;

按货架货格形式分为货格式和贯通式;

按货架规模可分为大型、中型和小型;

按货架高度分为低层、中层、高层货架等。

其他常用的货架形式还有悬臂货架、水平或垂直旋转式货架等。

自动化立体仓库的货架主要分为货格式和贯通式两种。货格式是自动化立体仓库应用最为广泛的一种,具有可拣选的特点。贯通式主要应用于储存的货物品种少、数量大、吞吐量大的情况,具有设备简单、节约空间、效率高等特点。

2.2.2 立体货架的材料

货架是立体仓库的结构主体,目前其制作材料一般分为钢结构和混凝土两种。将来也可能会出现其他材料,如高强塑料、铝合金型材等新型材料。

混凝土货架是出现较早的货架形式,在储存特殊物品时仍有其独特的特点,如储存腐蚀性较强的物品、易燃物品等。

钢结构货架是目前应用最为广泛的形式,其优点是货架结构本身所占空间小、制作方便、易于安装,容易实现自动化操作。尤其高层货架,钢结构具有不可比拟的优势。

货架高度是自动化立体仓库的重要参数,是代表自动化立体仓库水平的一个标志。钢结构货架的高度有一个特殊值,即当高度超过 20m 时,其钢结构的构造成本将急剧上升。因此在仓库设计时应予以注意。目前世界高层货架高度已达到 50m 以上。

货架可以用冷轧型钢、热轧角钢、工字钢等焊接成片,再组成立体货架。低、中层货架也有用型材组合的形式构成货架。当然其制作方式是多种多样的,例如采用焊接、铆接、螺栓连接或者几种方法的组合均可。

货架材料的发展变化以及组合形式的更新都有可能带来货架的新发展,不可忽视这一方面的作用。在开发材料的防火、防腐等增加附属功能方面,仍有研究的意义。

2.2.3 立体货架的尺寸

货架的构成单元是货格,解决了货格的问题就基本上解决了货架的主要问题。因此,在这里货架尺寸指的是构成货格要素的相关尺寸,包括钢结构件、空隙、货物所占空间等尺寸参数。

钢结构货架的货格尺寸主要包括三方面内容:一是货物单元的外形轮廓尺寸;二是货物与结构件间的空隙;三是结构件所占尺寸(即结构件的几何中心至边缘的距离)。

结构件所占尺寸由结构强度计算来确定,货物单元轮廓尺寸由存储的货物种类、形式决定。如果能合理地确定货格净空尺寸,可以提高空间利用率,准确地进行出入库操作,减少失误和故障,对立体仓库具有极为重要的意义。对于货物单元尺寸确定的情况下,货格尺寸取决于货物单元四周需要留出的空隙大小。

净空尺寸的预留主要应考虑以下几个方面:①存取货物操作运动范围的需要(货叉升降位移);②托盘尺寸(托盘厚度);③堆垛机的定位精度;④存取过程中货物的安全保障(防止刮碰);⑤货架的倾斜。

2.2.4 货架的精度和刚度

货架的功能作用主要有三项:提供容纳货物的空间,承受货物载荷,以及进行机械化、自动化操作。

由此可知, 货架作为承载结构必须具有一定的强度和刚度。保证操作安全, 保证货物的安全, 不能出现危险和破坏的情况。对于分离式货架而言, 上面货物的重量都要由下部承担, 因此下部支撑是危险截面。另外, 由于货物分布具有随机性, 因此载荷分布不均匀, 在设计时均应给予充分考虑。

立体货架还应具有一定的安装、制造精度要求, 尤其高层货架。在最大工作载荷的作用下所发生的弹性变形应在允许的范围内。对于自动化立体仓库, 货架的几何精度很重要, 甚至决定立体仓库的成败。

货架精度要求主要包括两个方面: ①货架立柱的垂直度; ②牛腿的位置精度和水平度。

货架的力学计算可以采用两种假设。

一是刚性假设。即假设地基是刚性的, 不发生变形。这种方法简单、便于计算, 但与实际结构的力学特性有差距, 会产生误差。

二是弹性基础梁假设。即将地基混凝土层视为弹性基础梁或板, 下面的土层看做是等效弹簧。这样的假设与实际结构相近似, 产生的误差就比较小。但计算方法相对要复杂得多。

货架的精度要求与堆垛机的定位精度关系很大, 堆垛机的定位精度提高以及货架精度的提高, 都会进一步提高立体仓库的空间利用率和存取效率。

2.3 货箱与托盘

在自动化立体仓库中存储货物时, 并不是将货物直接放入货格内, 而是将货物放在托盘、托板、专用箱架等载体上, 然后由叉车、堆垛机等进行搬运、存储操作(见图 2-3 和图 2-4)。

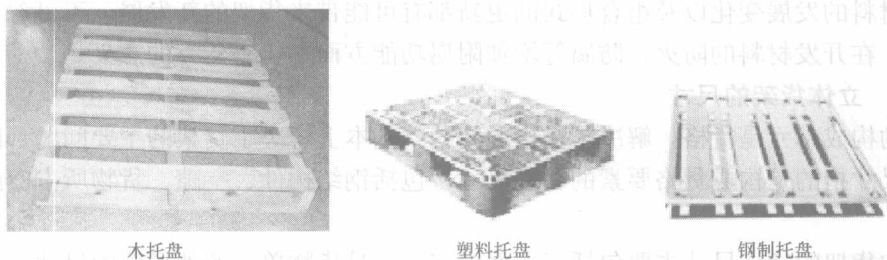


图 2-3 托盘的种类

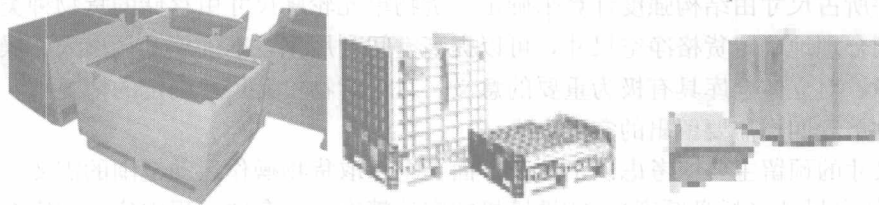


图 2-4 各种货箱

货箱或托盘的主要功用包括: ①用于装载货物以承担货物载荷; ②便于叉车、堆垛机的叉取, 同时防止货物损伤; ③统一货箱、托盘的规格, 便于标准化操作。

托盘的种类、样式较多, 其材质多为钢材、木头、塑料等。集装箱由钢板制作, 可以进

行货物的周转。在自动化立体仓库中,托盘和货箱应该是标准的或统一的。托盘和货箱虽然是附属器具,但也是进行货物存储、搬运的一项保障。在设计时应保证其强度、刚度和寿命,同时应考虑其制造成本。

2.4 巷道式堆垛机

巷道式堆垛机是自动化立体仓库进行出入库搬运的重要设备,它是随着自动化立体仓库的出现而产生的一种专用起重机。它的主要功用是在货架间的巷道内往返运行,将位于巷道口附近的货物单元送入货格内,或将货格内的货物单元运至巷道口。简而言之,即是完成存取货的操作。

堆垛机的形式也有很多种,如单柱式和双柱式、单轨式和双轨式、单叉式和双叉式等。巷道式堆垛机主要有三个机构:行走机构、升降机构和存取机构。机构的速度决定搬运的工作效率,机构的定位精度影响货格尺寸的设计。巷道式堆垛机的组成除了以上三个机构外,还有机架结构和电气设备,共有五个部分。

巷道式堆垛机的主要参数有三项:①额定载重量,一般从几十千克到几吨,常用的为半吨左右;②行走速度,一般为 $120/4\text{m}/\text{min}$;③升降速度,一般为 $30/3\text{m}/\text{min}$ 。

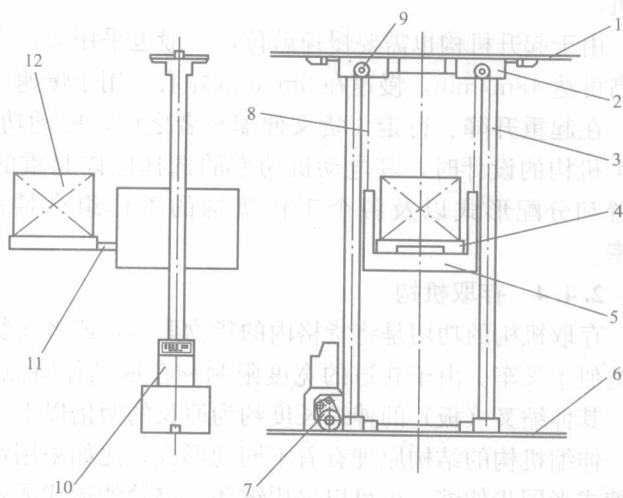


图 2-5 双柱式巷道式堆垛机

1—上导轨; 2—上横梁; 3—立柱; 4—托盘;
5—载货台; 6—下导轨; 7—行走驱动; 8—升降
钢丝绳; 9—滑轮; 10—控制台; 11—货叉; 12—货箱

2.4.1 机架

堆垛机的结构部分称为机架,机架为各个机构提供支撑。

机架分为单立柱式和双立柱式。双立柱式主要由两个立柱和上下横梁组成一个方形框架。与单立柱式相比,双立柱式具有结构强度高、刚性好、运行稳定等优点。适用于起重量比较大、起升高度较高的情况。而单立柱式机架只有一根立柱和一根下横梁,结构相对简单紧凑,若人工驾驶操作,司机的视野比较开阔。但起重量较小,刚度较差。

堆垛机在满载运行时,由于制动和加减速所产生的惯性作用,立柱会产生弹性变形,尤其在载货台处于高位时,振幅达到最大值,为最危险工况。设计时应该进行计算、核算。堆垛机呈高而窄的长方形,其稳定性较差,故一般采用双轨式,即机架顶端通过导引轮沿导轨运行,从而保证了整体的稳定性。

2.4.2 行走机构

堆垛机在巷道内的行走要靠行走机构来实现。行走机构的驱动方案有三种:地面驱动、顶部驱动和中部驱动。地面驱动方式应用最为广泛;顶部驱动可以是悬挂的形式,既不需要地面轨道,直接挂在天轨上运行。如果非特殊需要,应尽量选用地面驱动的形式,因为这种