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。

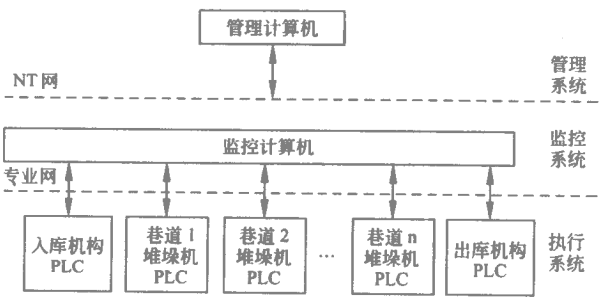


图 1-1

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，仓库在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。高层货架根据需要和库房构造进行安装，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。

2. 调节供需功能

现代化大生产形式是多种多样的。从生产和消费的连续性来看，各种产品都有不同的特点。有些产品的生产是均衡的；还有一些产品的生产是不均衡的，而消费却是均衡不断进行的。要使生产和消费协调起来，这就需要仓库起到“蓄水池”的调节作用。

3. 货物运输能力调节功能

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，海运一般是万吨级的，江河船也有几百吨至几千吨级；汽车的运输能力最小，一般每辆车装 4 吨～10 吨。它们之间的运输衔接是不平衡的，这种运输能力的差异也是通过仓库进行调节衔接的。

自动化立体仓库除了全部具备而且更能充分实现上述功能外，它显著地节省了仓库用地面积和充分利用空间，容易实现现代化的控制和管理，较好地适合特殊场合需要。由于物流的发展，要求仓库由保管型向流通型转变，立体仓库的出现，使仓库由储存、保管货物中心向流通、销售中心的转变成为可能。自动化立体仓库提高了仓库存取作业自动化程度，物流系统更加方便和合理。扩大了仓储系统的综合利用率和作业范围,增加了分拣、转运、配送、包装、流通加工、信息处理等设施,能够全面地为生产和商业流通服务。

2.1.4 自动化仓库的优点

使用自动化仓库可产生巨大的经济效益和社会效益，主要来自以下几个方面：

（1）高层货架存储。由于使用高层货架存储货物，存储区可以大幅度地向高空发展，充分利用仓库地面和空间，因此节省了库存占地面积，提高了空间利用率。

（2）自动存取。AS/RS使用机械和自动化设备，运行和处理速度快，提高了劳动生产率，降低、消除了操作人员的劳动强度。同时能方便地纳入企业的物流系统，使企业物流更趋合理化。

（3）计算机控制。计算机能够准确无误地对各种信息进行存储和管理，因此能减少货物处理和信息处理过程中的差错。

2.1.5 自动化立体仓库分类与构成

1. 自动化立体仓库的分类

（1）按照货架的形式分类

①单元式货架仓库。这种形式的仓库使用最广，通用性也较强，如图 2-1 所示。其特点是货架沿仓库的宽度方向分为若干排，每两排货架为一组，其间有一条巷道，供堆垛机或其他仓储机械作业。每排货架沿仓库纵长方向分为若干列，沿垂直方向又分若干层，从而形成大量货格，用以储存货物单元（一托盘或一货箱）。在大多数情况下，每个货格存放一个货物单元。在某些情况下，例如，货物单元比较小，则一个货格内往

往存放二三个货物单元，以便充分利用货格空间，减少货架投资。

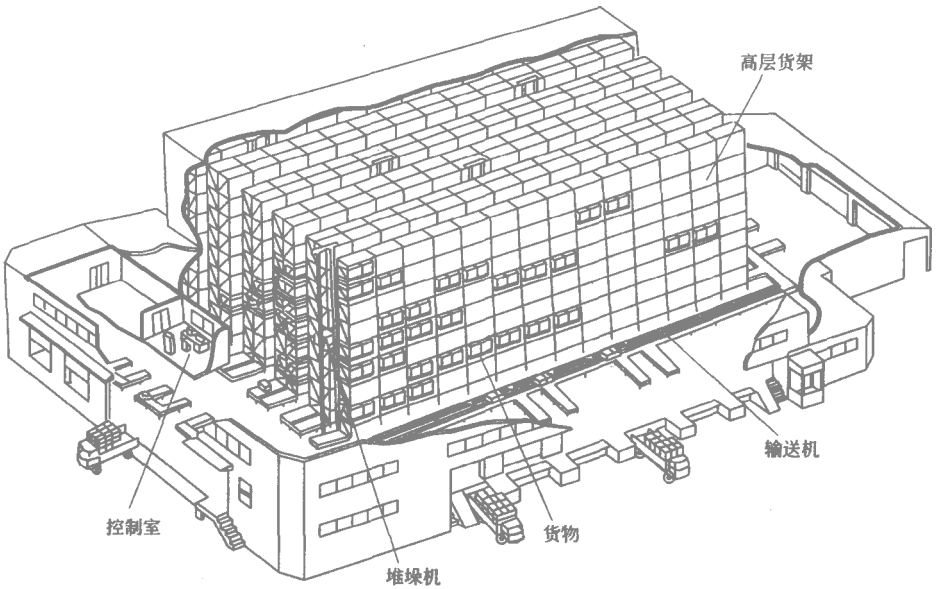


图 2-1　单元式货架仓库示意图

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，为了进一步提高仓库面积利用率，可以取消位于各排货架之间的巷道，将货架合并在一起,使同一层,同一列的货物互相贯通,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。根据货物单元在通道内移动方式不同，贯通式仓库又可进一步划分为重力式货架仓库和梭式小车式货架仓库。

在重力式货架中，存货滑道带有一定的坡度。入库起重机装入滑道的货物单元能够在自重作用下，自动地从入库端向出库端移动，直至滑道的出库端或者碰上已有的货物单元停住为止。位于滑道出库端的第一个货物单元被出库起重机取走后，位于它后面的各个货物单元便在重力作用下依次向出库端移动一个货位。由于在重力式货架中，每个存货滑道只能存放同一种货物，所以它适用于货物品种不太多而数量又相对较多的企业。

梭式小车式货架仓库的工作方式，是由梭式小车在存货滑道内往返穿梭似地搬运货物。要入库的货物由起重机送到存货滑道的入库端，然后由位于这个滑道内的梭式小车将货物送到出库端或者依次排在已有货物单元的后面。出库时，由出库起重机在存货通道的出库端叉取货物。滑道内的梭式小车则不断的将滑道内的货物单元依顺序一一搬到滑道口的出库端上，给起重机“喂料”。这种货架结构比重力式货架要简单得

多。梭式小车可以由起重机从一个存货滑道搬运到另一滑道。必要时，这种小车可以自备电源。

③循环货架仓库。这种仓库的货架本身是一台垂直提升机或在水平面内沿环形路线来回运行的输送机。前者可在垂直方向存取货物，后者可在平面内存取或拣选货物。

水平循环货架仓库：这种仓库的货架本身可以在水平面内沿环形路线来回运动。每组货架由数十个独立的货柜组成，用一台链式输送机将这些货柜串起来。每个货柜下方有支承滚轮，上部有导向滚轮。输送机运转时，货柜便相应地运动，需要提取某种货物时，操作人员只需在操作台上给出指令，相应的一组货架便开始运转。当装有该货物的货柜来到拣选口时，货架便停止运转。操作人员可以从中拣选货物，货柜的结构形式根据所存货物不同而变更。水平循环货架仓库对于小件物品的拣选作业十分合适。这种仓库简便实用，能够充分利用建筑空间，对土建没有特殊要求。在作业频率要求不高的场合是很适用的。

垂直循环货架仓库与水平循环货架仓库相似，只是把水平面内的环行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有货格。提升机根据操作命令可以正转或反转，使需要提取的货物降落到最下面的取货位置上。这种垂直循环式货架特别适用于存放长的卷状货物，像地毯、地板革、胶片卷、电线卷等。这种货架也可用于储存小件物品。

(2) 按照建筑形式分类

按建筑形式可分为整体式和分离式。

整体式：指货架除了储存货物以外，还可以作为建筑物的支撑结构，就像是建筑，即库房与货架形成一体化结构。货架是库房屋顶的支持架，它的高度一般在 12 米以上，如图 2-2(a)所示。

分离式：是指储存货物的货架独立存在，建在建筑物内部。现有建筑物改造为自动化仓库，也可以将货架拆除，使建筑物用于其他目的。分离式仓库主要用于高度不大或已经有建筑物的情况，它的高度一般在 10 米以下,如图 2-2(b)所示。

(3) 按照控制方法分类

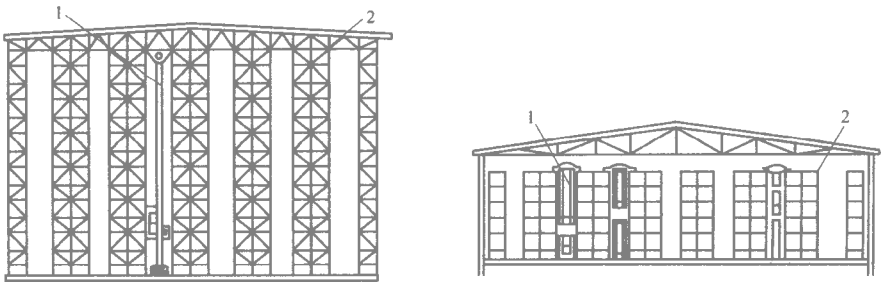
可分为手动控制、自动控制和遥控 3种立体仓库。

(4) 按照作业方式分类

可分为单元货架式、移动货架式和拣选货架式 3种立体仓库。

单元货架式是一种最常见的结构。货物先放在托盘或集装箱内，再装入单元货架的货格中。

移动货架式是由电动货架组成。货架可以在轨道上行走，由控制装置控制货架的合拢和分离。作业时，货架分开，在巷道中可进行作业。平时货架可以合拢，只留一条作业巷道，从而减小仓库面积，提高空间的利用率。



(a) 整体式　　(b) 分离式

1 一堆垛机；2 一货架

图 2-2　立体仓库结构示意图

拣选货架仓库的分拣机构是这种仓库的核心组成部分。它有巷道内分拣和巷道外分拣两种方式。两种分拣方式又分人工分拣和自动分拣。

(5) 按照在物流系统中的作用分类

可以分为生产性仓库和流通性仓库。

生产性仓库是指工厂内部为了协调工序和工序、车间和车间、外购件和自制件物流的不平衡而建立的仓库，它能保证各生产工序间进行有节奏的不间断生产。

流通性仓库是一种服务性仓库，它是企业为了调节生产厂和用户间的供需平衡而建立的仓库。这种仓库进出货物比较频繁，吞吐量较大，一般都和销售部门有直接联系。

(6) 按自动化仓库与生产联系的紧密程度分类

可分为独立型、半紧密型和紧密型仓库。

独立型仓库也称为“离线”仓库，是指从操作流程及经济性等方面来说都相对独立的自动化仓库。这种仓库一般规模都比较大，存储量大，仓库系统具有自己的计算机管理、监控、调度和控制系统，又可分为存储性和中转仓库。半紧密型仓库是指它的操作流程、仓库的管理、货物的出入和经济性与其他厂（或部门或上级单位）有一定关系，而又未与其他生产系统直接联系。

紧密型仓库也称为“在线”仓库，是那些与工厂内其他部门或生产系统直接相联的立体仓库，两者间的关系比较紧密。

(7) 按照库存容量分类

库存容量在 2000 个托盘(货箱)以下的为小型立体仓库；2000 到 5000 个托盘的为中型立体仓库；5000 个以上托盘的为大型立体仓库。

2. 自动化立体仓库的构成

自动化立体仓库主要由 3 大类设施组成 土建设施、机械设施和电器设施

(1) 自动化立体仓库的土建及公用工程设施

①厂房。仓库的货物和自动化仓库的所有设备都安放在厂房规定的范围内，库存容量和货架规格是厂房设计的主要依据。

②消防系统。由于仓库库房一般都比较大，货物和设备比较多而且密度大，而仓库的管理和操作人员较少，所以自动化仓库的消防系统大都采用自动消防系统。

③照明系统。

④通风及采暖系统。

⑤动力系统。

⑥ 其他设施。给排水设施、避雷接地设施和环境保护设施等。

(2) 机械设备

①货架。货架形式有多种，货架材料一般用钢材或钢筋混凝土制作。钢货架的优点是构件尺寸小，仓库空间利用率高，制作方便，安装建设周期短。而且随着高度的增加，钢货架比钢筋混凝土货架的优越性更明显。因此，目前国内外大多数立体仓库都采用钢货架。钢筋混凝土货架的突出优点是防火性能好，抗腐蚀能力强，维护保养简单。有关货架的内容将在以后章节详细介绍。

②货箱与托盘。为了提高货物装卸、存取的效率，自动化立体仓库一般使用货箱或托盘盛放货物。货箱与托盘其基本功能是装小件物料，同时还应便于叉车和堆跺机的叉取和存放。

③搬运设备。搬运设备是自动化仓库中的重要设备，它们一般是由电力来驱动的，通过自动或手动控制，实现把货物从一处搬到另一处。设备形式可以是单机、双轨、地面的、空中的、一维运行(水平直线运行或垂直直线运行)、二维运行、三维运行等。典型设备有升降梯、搬运车、巷道式堆垛机、双轨堆垛机、无轨叉车和转臂起重机等。

④输送系统。输送系统必须具有高度可靠性。在立体仓库内，一般只有一套输送系统，一旦发生故障，就会使整个仓库工作受到影响。所以，要求出入输送系统各个环节上的设备可靠、耐用、维修方便。对于自动控制系统应设置手动控制作后备。

2.2 立体货架

2.2.1 立体货架

1. 概述

仓库的储存方式自平面储存向高层化立体储存发展以来，货架即成为立体仓库的主体。由满足不同功能要求的各种不同形式的货架所组成的多种多样的自动化、机械化仓库，已成为仓储系统以至整个物流系统或生产工艺流程中的重要环节。

立体货架是立体仓库的承重构筑物，货架在仓储设备的总体投资中占比例最大，投

资约占整个仓库设备投资的 1/3～2/3 ，消耗钢材最多。所以根据存储方式和货物形状、体积、重量以及库房面积等，选择和设计经济合理的货架是很重要的。要在保证强度，刚度以及整体稳定条件，能满足仓库设备运行工艺要求的较高制造和安装精度的条件下，尽量减轻货架的重量，降低钢材消耗。

图 2-3 是货架断面简图，其中，货格为货架上储存货物占用的空间。在平面图上宽度方向的计数货格单位为排，长度方向的计数货格单位为列，在货架高度方向的计数货格单位为层。

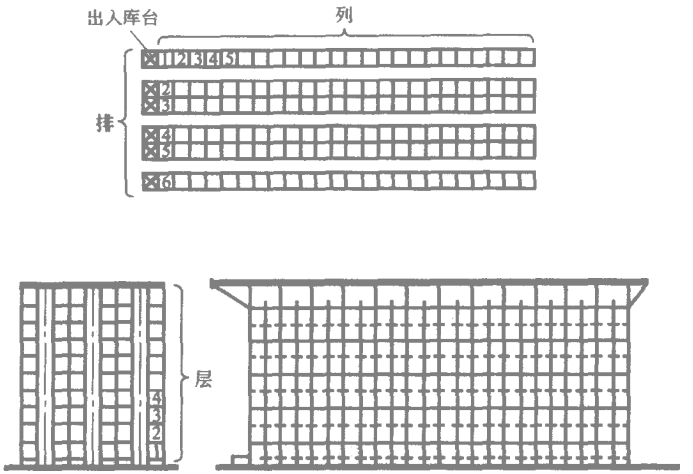


图 2-3　立体货架断面简图

不同类型的立体仓库采用不同结构的立体货架。本章将主要介绍单元货格式仓库的立体货架。

2. 立体货架的分类

(1) 按货架与构筑物关系分类

高层货架按其与仓库建筑物之间的相互关系可分为库架合一的整体式货架和库架分离的分离式货架两类。整体式货架是高层货架与仓库建筑合成一体的结构形式，货架顶上加屋盖，货架四周挂墙体材料便形成了一座仓库。这种货架不仅承受货物的重力,而且是仓库屋顶的承重结构,承受雨、雪、风载荷和其他建筑载荷。

分离式货架则是指在仓库建筑物的内部独立建起的货架，货架与建筑物是分开的。整体式货架无论在材料消耗、施工量，还是仓库空间利用方面，都是比较经济合理的。分离式货架则特别适用于利用原有建筑物改作库房，或者在车间原有仓库内的一部分面积上单独建一个高层货架的场合。这种仓库可以先建库房后建立货架，施工安装比较灵活方便，目前使用比较多。

(2) 按货格内的货位数分类

根据每一货格内的货位数，高层货架可分为单货位式和多货位式两种。

单货位式货架对货物单元的外形结构要求较低，单面和双面托盘均适用，有的货物也可以直接放入货格。多货位货架不适用于双面托盘，而且要求托盘叉孔高度能满足堆垛机的升降要求。但这种货架对货格横向尺寸利用较好，能比货位货架储存更多一些货物单元。

(3) 按货架制作工艺分类

高层货架一般都用钢材制作。早期也曾用过钢筋混凝土货架，取其耐火、耐腐蚀等优点。但由于施工周期长，尺寸大，重量重等原因目前已几乎不再使用。

钢架货架按其制作与装配不同可分为焊接式货架与组合式货架两类。

焊接式货架的货架片完全采用焊接结构，制造时不需特殊设备，所用材料为普通型钢或异型断面钢。这种货架一旦安装完成后，其货格尺寸便不能改变。

组合式货架的货架片用焊接或高强度螺栓连接而变成。货架片立柱上有许多冲孔，载货横梁可以通过凸爪与立柱组装，因此货格高度可以改变。组合式货架的构件一般采用厚度 3.5 毫米以下的带钢轧制成异型断面。这种货架只适用于带载货横梁的多货位式货架。其承重能力不如焊接货架，高度也较低，虽单重造价较高，但重量轻，因此，整个货架的总造价与焊接货架有可比性。

(4)按货架高度分类

分为高层立体货架(>12 米),中层立体货架(5 米～ 12 米)和低层立体货架(<5 米)。

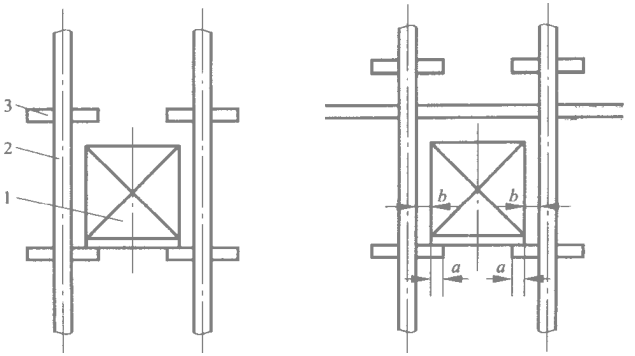
2.2.2 托盘货架

托盘货架以储存单元化托盘货物，配以巷道式堆垛机及其他储运机械进行作业。高层货架多采用整体式结构,一般是由型钢焊接的货架片(带托盘),通过水平、垂直拉杆以及横梁等构件联接起来。其货架的货格如图 2-4 所示,其侧面间隙 b,考虑在原始位置货物的停放精度，堆垛机的停位精度，堆垛机及货架的安装精度等；货物支承的宽度 a,必须大于侧面间隙 b，免得货物一侧处于无支承状态。图 2-3 是货架纵剖面。

2.2.3 重力式货架

重力式货架的每一个货格就是一个具有一定坡度的存货滑道。入库起重机装入滑道的货物单元能够在自重作用下，自动地从入库端向出库端移动，直至滑道的出库端或者碰上已有的货物单元停住为止。位于滑道出库端的第一个货物单元被出库起重机取走之后，在它后面的各个货物单元便在重力作用下依次向出库端移动一个货位。为减少货箱与货架之间的摩擦力，在存货滑道上设有辊子或滚轮。

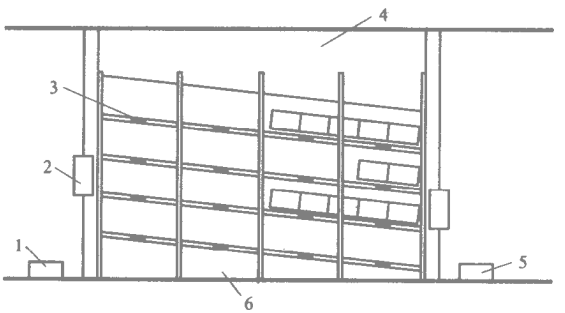
在重力式货架中，每个存货滑道只能存放同一种货物。它适宜于少品种大批量货



1—货物；2—立柱；3—托盘支承

图 2-4　货架货格简图

物的存取。进入货格后的货物都处于流动状态，存取迅速，保证先进先出，适于存放不宜长期积压的货物。重力式货架能充分利用仓库的面积，高大仓库的利用率则更高。缺点是仓库容量不能充分利用，滑道越长货架上下“死角”越大，如图 2-5 所示的重力式货架简图。所以，必须经综合分析后，再确定货架每个货格坡道的长度。为了防止滑行速度过高，有的货架每间隔 2 米～3 米设一根限速制动器。滑道坡度一般为 1.5%～3.5%。



1—入库台；2—堆垛机；3—中间制动器；
4—上死角；5—出库台；6—下死角

图 2-5　重力式货架

2.2.4　贯通式货架

贯通式货架在同样的空间内比通常的托盘货架几乎多一倍的储存能力，因为取消位于各排货架之间的巷道，将货架合并在一起，使同一层、同一列的货物互相贯通。托盘或货箱搁置于由货架立柱伸出的悬壁横梁上，叉车或起重机可直接进入货架每列存货通道内，如图 2-6 所示。对于必须强调先人先出的货物，在通道一端，由一台入库起

重机将货物单元装入通道，而在另一端由出库起重机取货，依次取完为止，再入货。

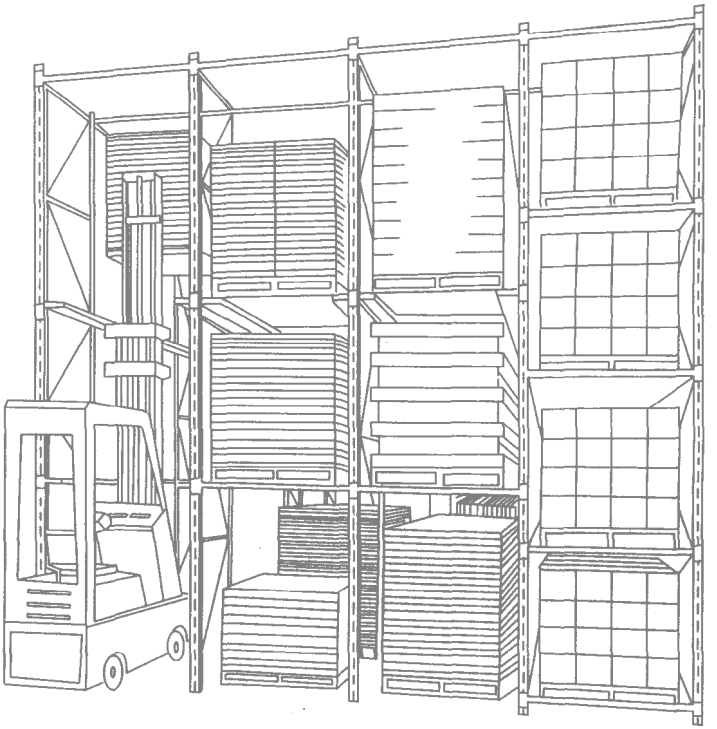


图 2-6　贯通式货架

2.2.5　阁楼式货架

这是一种充分利用空间的简易货架。在已有的货架或工作场地上建造一个中间阁楼以增加储存面积。阁楼楼板上一般可放轻泡及中小件货物或储存期长的货物，可用叉车、输送带、提升机、电动葫芦或升降台提升货物。阁楼上一般采用轻型小车或托盘牵引小车作业，如图 2-7 所示。

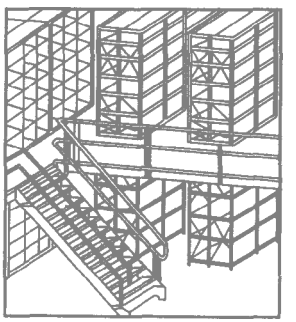
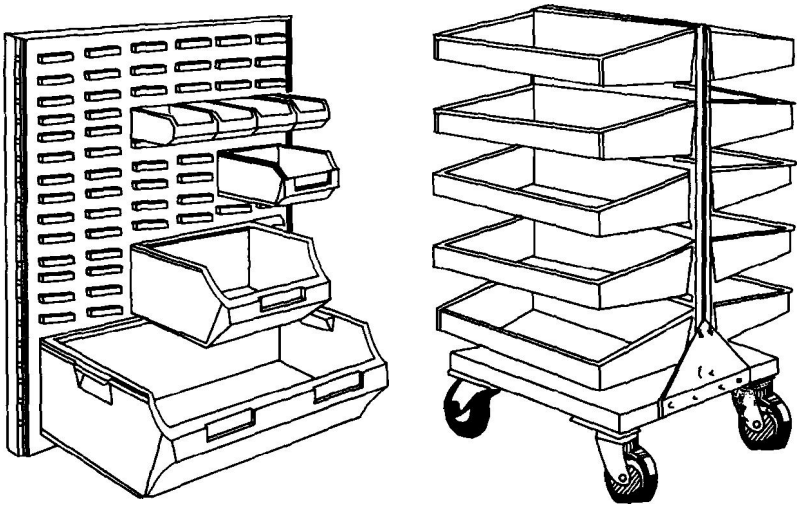


图 2-7　阁楼式货架

2.2.6　屏挂式货架

屏挂式货架由百页式挂屏和挂箱组成，适用于多品种或多规格的各种小型零件的储存，图 2-8(a)所示为固定式。也可设置在手推车或托盘上，做工序间临时储存或装配线供料用，如图 2-8(b)所示为移动式。



(a) 固定式　　(b)移动式

图 2-8　屏挂式货架

2.2.7　移动式货架

移动式货架易控制，安全可靠。每排货架有一个电机驱动，由装置于货架下的滚轮沿铺设于地面上的轨道移动。其突出的优点是提高了空间利用率，一组货架只需一条通道，而固定型托盘货架的一条通道，只服务于通道内两侧的两排货架。所以在相同的空间内，移动式货架的储存能力比一般固定式货架高得多，如图 2-9 所示。

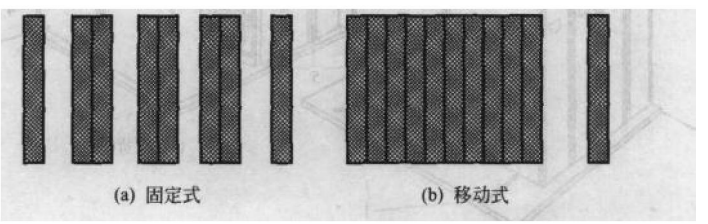


图 2-9　固定式移动式货架平面布置示意图

敞开式移动货架如图 2-10 所示。其传动机构设于货架底座内，操作盘设于货架端部，外形简洁，操作方便。货架的前后设有安全分线开关，一遇障碍物整个货架立即停止。

封闭式移动货架如图 2-11 所示。当不需要存取货物时，各货架移动到一起后，全部封闭，并可全部锁住。在各货架接口处装有橡皮封口，也称为封闭式货架。它的最大