

自动化仓库

〔苏〕A. A. 斯麦霍夫 著

机械工业出版社

自动化仓库

[苏] A. A. 斯麦霍夫 著

姜亦深 曹珏 译

机械工业出版社

本书探讨了自动化仓库的设计原则和参数的确定方法，列出了仓库的立体布置方案，介绍了自动化技术装备。书中对现有贮运过程的规划、控制系统作了分析，并给出了建立仓库自动化管理系统的步骤，列出了自动化管理系统的任务清单和内容。此外，书中还论述了自动化管理系统经济效益的计算方法。

本书供科学研究和设计单位及工厂的有关工程技术人员参考。

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СКЛАДЫ

А. А. Сыхов

МАШИНОСТРОЕНИЕ 1979 3-е ИЗД.

* * *

自动化仓库

[苏] А. А. 斯麦霍夫 著

姜亦深 曹珏 译

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第117号)

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 · 印张 11¹/₈ · 字数 244 千字

1984年11月重庆第一版·1984年11月重庆第一次印刷

印数0.001—4.300 · 定价1.80 元

*

统一书号: 15033·5222

序 言

1976~1980年苏联国民经济发展的主要任务之一，就是要从个别机器的制造和使用及其工艺过程的确立和实施，逐步过渡到生产和大规模应用高效机器系统、设备及仪器，制定和实施先进的工艺过程，以保证所有生产作业，尤其是辅助作业和贮运作业，实现机械化和自动化。

目前，装卸和贮运作业在国民经济中占用了大批劳动力。贮运工作机械化和自动化的主要优点，就在于提高劳动生产率和节省劳动资源。当前，这个因素具有头等重要的意义，从节省劳动资源和降低经营费用这个角度来看，如果贮运过程实现自动化，将达到最大的经济效果。

近几年来，在建立自动化仓库方面采取了一些行之有效的措施。在工业、技术物资供应、建筑业和商业等部门，都在建设高度机械化和自动化的仓库。苏联国家国民经济技术物资供应委员会关于广泛建立多层自动化仓库的计划正在顺利地实施。机械和仪表制造业计划建设 200 多个自动化仓库和单元库房。铁路运输部门、工业运输部门和水运业正在建立以“Ряд”型电子计算机系列为基础的综合仓库多级控制系统。自动化起重运输机、自动包装机和自动拆装机的结构正在进行改进。工业机器人和操作机在装卸和贮运作业中的推广应用也在顺利地进行。

本书旨在总结仓库中贮运过程自动化方面的国内外经验和最近的一些趋势。本书与第二版(1971年)不同，这次再版

的内容主要着重于仓库自动化控制系统应用中的经济和组织问题。

书中1.3、1.6和2.1.6三节是由A. A.斯麦霍夫 (Смехов) 和B. A.穆拉托夫 (Муратов) 二人执笔的, 第4.4节是由A. A.斯麦霍夫和T. A.尼古拉耶夫 (Николаев) 二人执笔的, 第5.5.5节由T. A.尼古拉耶夫执笔, 其余各章节均由A. A.斯麦霍夫执笔。

目 录

序言

第一章 自动化仓库的设计原则	1
1.1 仓库的分类及主要功能	1
1.2 设计自动化仓库的技术经济原则	3
1.3 各种装卸机械的效率	8
1.4 最佳技术装备	20
1.5 立体布置方案	41
1.6 仓库参数	53
第二章 自动化技术装置	70
2.1 装卸机和装卸设备的自动控制	70
2.2 打捆机、拆捆机及货物认址器	125
2.3 装卸作业操作机及工业机器人	136
第三章 自动化仓库的作业方式	160
3.1 成件包装货物仓库	160
3.2 集装箱仓库	190
3.3 木材仓库	198
3.4 金属仓库	211
第四章 关于建立仓库自动化管理系统的总原则	221
4.1 管理对象的特点	221
4.2 确立仓库自动化管理系统各主要阶段的内容和次序	222
4.3 仓库——分级管理系统	228
4.4 信息过程的分析	240
4.5 任务的内容	249

第五章	在自动化管理系统条件下贮运过程的计划 与管理	254
5.1	计划形式、计划周期、最佳化准则	254
5.2	最佳化任务的表达方式和经济数学模型的综合方式	257
5.3	原始信息和控制参数随机改变时仓库作业的规划	273
5.4	解决任务的算法	281
5.5	信息保证	292
5.6	任务的解决实例	313
第六章	仓库自动化管理系统的经济效益	328
6.1	结构	328
6.2	经济效益的确定方法	330

第一章 自动化仓库的设计原则

1.1 仓库的分类及主要功能

生产、供应和运输诸过程涉及原料、燃料、材料和成品的频繁搬运与贮存，因而也就关系到仓库的建立。正因如此，需要根据生产、供应和运输各个环节分别设立功能各不相同的仓库。

在生产环节，需要建立成品库。这类仓库的特点是，成品贮存期较短，一般不超过5~10昼夜。其主要功能是使货物成批配套，以便发送到用户。有时在这里还要进行质量检验、定量包装和其它工作。

在供应环节，要建立工业企业的原料、燃料和材料库。在这类仓库中货物的贮存期依供应方式而定，一般为15~16天到数月不等。其主要功能是根据企业的工艺要求进行货物分类，在货物输送给生产部门或提供使用之前负责保管。在货物的周转过程中，还要组织为地区很多用户服务的通用多品种调拨物资长期贮存仓库，这些贮存库隶属苏联国家国民经济技术物资供应委员会和国家农业技术装备委员会，另外还要组织商业部和苏联消费合作社中央联合社的商品库等。这类仓库的货物贮存期一般为4~5个月。

最后，设在铁路运输、汽车运输和水运等各交通枢纽的运输仓库，从其所担负的工作来看，是一种特殊类型的仓库，这类仓库一般位于铁路货运站、海港、河港和航空港。这种仓库起着协调各种运输工作的缓冲作用，适合于临时贮

存货物；在某些个别场合，也担负着各类货物的集中、分类和配套成批的工作。

工业企业的仓库也分为三类：车间仓库、车间之间的仓库和全厂性仓库。车间仓库和车间之间的仓库直接参与企业的生产过程，起着工序间和车间之间的缓冲作用，从而使毗邻的生产设备、生产线和车间的工作步调协调起来。图 1.1 所示为仓库和生产过程的连结方案。

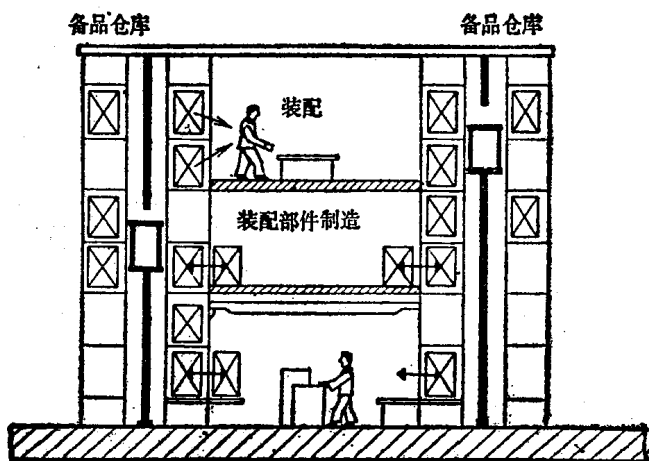


图1.1 仓库和生产过程连结示意图

在机械制造业，车间仓库就其功能特征来说又进一步细分为：毛坯生产（铸造、锻压）车间仓库和金属加工车间仓库（诸如铸件、锻压件、冲压毛坯件等仓库）。

全厂性的成品库、原料库、燃料库和半成品库直接与厂外运输干线（铁路运输、汽车运输或水运）建立业务关系。

仓库有室内仓库和露天仓库；按库房的型式来划分，有堆垛贮存式仓库、多层仓库和舱式（青贮窖式）仓库；按待加工物品的种类数量来划分，有通用仓库和专用仓库。

仓库一般都装备有各种不同类型的起重运输设备。仓库如按采用的起重运输设备的类型来划分,可分为三类。一是:主要配备周期性开动的起重运输机械(堆垛起重机、装卸机和升降机)的仓库;二是:主要配备连续运行的起重运输机械和装置的仓库;三是:配备周期性开动和连续运行的两种起重运输机械(诸如起重机、堆垛机、翻车机、翻松机以及配合使用的各种类型输送装置——传送带、驱动式和重力式输送机、辊式输送机、悬挂式输送机、刮板式输送带、牵引小车等)的仓库。

工业企业的仓库可以是单独的建筑物,也可以是生产车间建筑物的一部分。仓库在立体布置上也是有差别的。关于立体布置的各种典型方案,将在下面论述。如果在工业企业的专用线、货运站、通用货栈就近设置仓库,那么它们就共同构成了一个综合仓库系统。在贮运业务上彼此发生联系、互相产生影响。例如,在货运站和专用线上,这种互相作用关系表现在全厂性仓库和车间仓库的功能不同上,表现在调度车辆的一定次序上;而在通用货栈,这种相互作用关系则表现在进货的处理顺序形式上,即:称皮重、防腐处理、配套成批、集装箱装货和运输工具装载。从有系统地实现仓库自动化的观点来看,综合仓库系统各组成部分在贮运业务上的相互作用因素,是极为重要的。

1.2 设计自动化仓库的技术经济原则

现代化仓库的构成是复杂的,它是一个由彼此相互作用的诸因素和各个环节所构成的综合系统。研究这些因素的性质并弄清它们的相互作用,是建立自动化仓库的一个重要步骤。通过总结分析,可以取得综合解决下列问题的必要资

料，即：自动化管理系统的组织机构和职能机构的建立，最佳参数和技术装备能力的确定以及仓库的合理平面布置的选择等。

仓库设计的一般顺序示于图1.2。

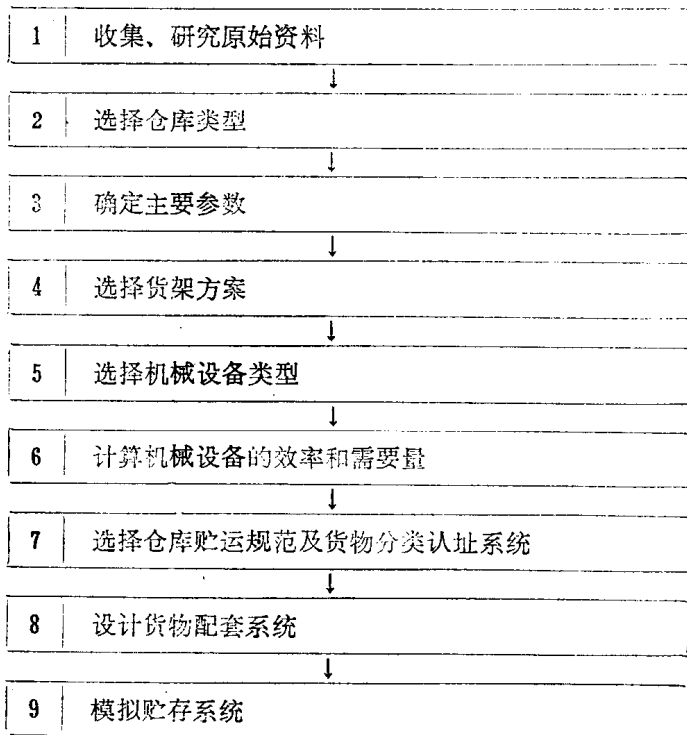


图1.2 自动化仓库的设计顺序

苏联国家国民经济技术物资供应委员会和国家农业技术装备委员会的综合仓库系统以及工业企业的成品仓库，在仓库的构造上是典型的范例。从其结构形式和功能特点来看，可以把它们看作是服务面广、货物流量大的多环节仓库系统。图1.3a所示为仓库从货物验收、贮存到出库的整个流程

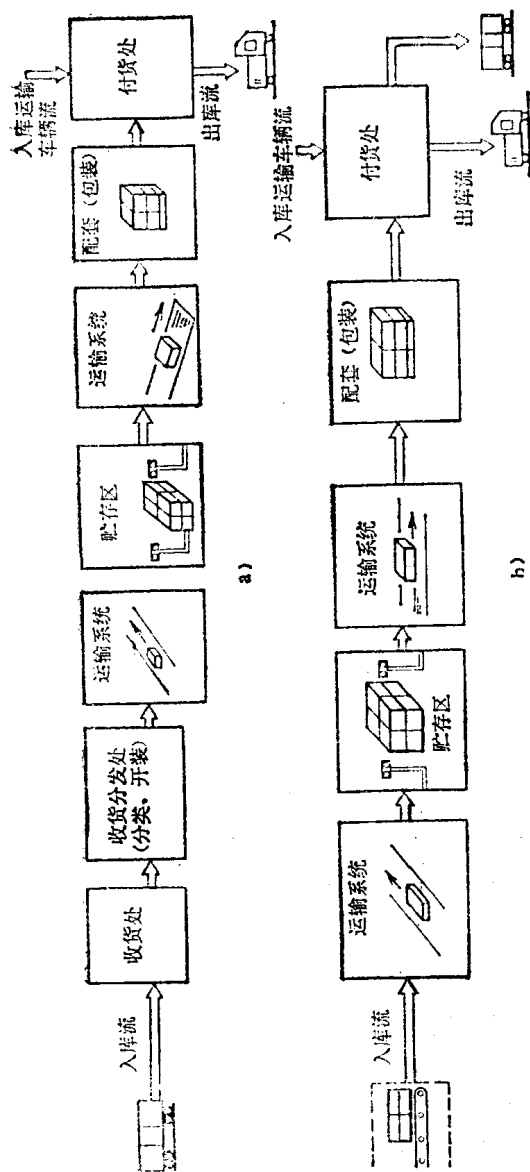


图1.3 仓库贮运流程方案
a) 来自运输干线的货物入库 b) 来自生产的货物入库

的示意图，其中包括货物的某些个别处理环节；图1.3b所示的贮运流程结构是在成品直接由生产输送装置进入贮存区的条件下起生产仓库作用的一种变型。本书不拟讨论其它不完整的结构形式方案，因为这种结构方案不包括普及型结构的某些个别环节。例如，在沿线仓库中实际上取消了将货物验收分发和配套这两部分，而与贮存区和货运处合并在一起了。

在仓库的每一个环节中，都要配备为出入库运输工具和物流提供服务的机械，诸如仓库用装卸机、自动打捆机、自动解捆机、自动包装机等。

确定仓库系统各个环节中的技术设备能力，是自动化仓库设计中的重要问题之一。要解决这个问题，首先必须取得有关库房所用装置完成的工作量和工作的可靠原始资料。通过分析这种原始资料，可以确定每一个环节的物流量及其构成。通过对仓库工作规范的研究发现，入库物流可能是固定不变的，有一定的规律性，也可能带有某种偶然性，即有一定的随机性。实践证明，这后一种情形是常见的，最为典型。入库物流的构成取决于为入库服务的运输工具和待贮运货物（或在给定的时间间隔内待贮运的货物量）之间的时间间隔分布规律。各环节的工作规范，同样也取决于所需服务时间的变化规律，即运输工具完成货物作业所需时间及起重运输机、自动包装机、自动打捆机、自动解捆机等的工作周期持续时间的变化规律。

总之，入库运输工具、入库货物和服务时间之间的间隔时间分布规律，就是一个贮运环节的数学模型。如果各环节的功能处于随机状态，在其入口处便形成等候服务的队列，出现等候时间。此外，在一定情况下，在申请入库的间隔时

间内还会出现服务设备的停机时间。队列长度和等候时间是按大规模服务理论确定的。这里不准备介绍该理论的内容和某些个别术语的涵义，但要使读者很好了解这个理论的一些原则。对于应用该理论方面的一个重要观点，仅加以适当讨论。

在没有任何臆断信息条件下编制服务系统的功能（其中包括仓库和货运处的功能）数学模型时，研究人员大都以最简单的（泊松）入库物流和指数服务时间为目标。作者认为，一些有利于编制这一数学模型的论据是很有说服力的。最简单的入库物流和指数服务时间，可用来模拟由于仓库工作规范的极大不平衡性所造成的最复杂情况。所以说，以这样的条件来确定各环节的技术装备，就能保证各个环节在最困难的工作条件下可靠地发挥其作用，其中，起重运输机械和其它服务设备在作业间隔中的停机，以及等待服务的运输工具和货物流队列，将被限制在最低限度。采用这种数学模型，还可以确定大规模服务系统的主要特点，即用一个闭环分析模型确定队列长度和等待时间。

统计试验法或仿真模拟法，是用来对仓库贮运工作进行数学描述的较为通用的方法。为了选择仓库的最佳参数，下面我们来讨论上述方法的应用。

不仅在确定仓库技术装备的最佳能力时要考虑随机过程，而且在计算起重运输机械的效率时也要考虑随机过程，其中，还要计入货架货格和集装箱等装货的随机性。

在选择自动化仓库的最佳设计方案时，要遵循设计机械化仓库时所采取的经济原则[5]。对于各种设计方案可按货币指标和实物指标进行比较选择，如投资、经营费用、投资回收期（或折旧费）、劳动生产率、材料消耗、货物完好率

以及运输工具停机时间等。同时,在选择仓库的参数和立体布置方案时,必须考虑到各种特殊的因素和技术经济指标。关于这些因素和指标,将在第三章中进行详尽的定性、定量分析。在这一章里,我们仅指出库房面积、库房高度和容积的利用系数,以及库房贮存区占地面积及其它各部分(如货物验收分发、货物配套区等)占地面积的比例关系。

1.3 各种装卸机械的效率

多层和桥式堆垛起重机的装卸效率 Q 按下式确定:

$$Q = \frac{3600q}{\bar{t}_s + \varphi \sum_k t_k + \Delta t}$$

式中 q ——同时搬运的货物量;

$\bar{t}_s$ ——货架货格和中间贮货点上、下货的总平均时间;

t_k ——堆垛机托架或堆垛机本身沿水平方向和垂直方向进行移动作业的平均持续时间;

φ ——计算起重运输机起重机构的协同动作系数;

Δt ——自动控制仪表的起动时间。

在一般情况下, t_k 值是起重机构的运动速度 v_k 和行程长度 l_k 的函数, 即:

$$t_k = t_k(v_k, l_k)$$

在计算 t_k 的平均数值和装卸效率时, 堆垛机及其托架的行程长度通常是按其起重机构相对于货架场所的某些中间位置计算的, 也就是说, 没有把货架货格装货的随机性计算在内; 而且忽略了有关起重机构的加速和制动的瞬变过程。此外, 对有中间贮货点的堆垛机的效率还缺少计算方法, 尤其是

在一个操作者同时自动操纵数台机器的情况下，对其效率的计算。

据研究，在毫无根据的假定条件下来确定堆垛机的效率时，其误差高达20%以上。

技术科学副博士 B. A. 穆拉托夫研究了货架的各种不同实际使用特点，他发现货格利用得既不均衡又不充分。实践证明，货架货格的上货量平均仅为其总容量的80~85%。

堆垛机沿水平方向或其托架沿垂直方向的行程持续时间 t ，如计入瞬变过程一般则写成：

$$t = t_p + t_y + t_r$$

式中 t_p 和 t_r ——加速和制动持续时间；

t_y ——起重机构的给定运动时间。

如果实际的计算结果相当精确，则可以认为堆垛机在加速和减速过程中的运动是伴随着相当于 $|a|$ 的等加速度（正加速度或负加速度）进行的。这时，堆垛机的行程长度如取 l ，其行程的持续时间则按下式确定：

$$t = \frac{|a|l + v^2}{|a|v} \quad (1.1)$$

式中 v ——加速过程结束时（或制动开始时）的速度。

给定的运动时间 t_y 为

$$t_y = \frac{|a|l - v^2}{|a|v}$$

大家知道，要提高堆垛机的装卸效率，托架起重机构及起重移动机构就得采取协同动作方式。而且还要计算出二者适宜的协同动作范围。设堆垛机沿水平方向的平均行程长度为 l_x ，托架的平均上升高度为 l_y ，堆垛机进行作业的货架区段长度为 L ，而其高度为 H ，则二者的平均协同动作时间

t_{xy} 由下式求出:

$$t_{xy} = \max(v_x/a_x, v_y/a_y)$$

式中 v_x 和 v_y ——堆垛机两机构在加速(或制动)中分别沿水平方向和垂直方向的平均运动速度;
 a_x 和 a_y ——堆垛机两机构在加速(或制动)中沿水平方向和垂直方向运动的平均加速度。

该表达式由下列联立公式展开:

$$\bar{t}_{xy} = \begin{cases} \frac{|a_x|l_x + v_x^2}{|a_x|v_x}, & \text{假设 } \frac{|a_x|L + v_x^2}{|a_x|v_x} \leq \frac{|a_y|H + v_y^2}{|a_y|v_y} \\ \frac{|a_y|l_y + v_y^2}{|a_y|v_y}, & \text{假设 } \frac{|a_x|L + v_x^2}{|a_x|v_x} \geq \frac{|a_y|H + v_y^2}{|a_y|v_y} \\ \frac{|a_x|l_x + v_x^2}{|a_x|v_x} = \frac{|a_y|l_y + v_y^2}{|a_y|v_y} \\ \text{假设 } \frac{|a_x|L + v_x^2}{|a_x|v_x} = \frac{|a_y|H + v_y^2}{|a_y|v_y} \end{cases} \quad (1.2)$$

发现,从堆垛机水平移动和垂直移动的最大限度协同动作这个角度出发,根据条件

$$\frac{|a_x|L + v_x^2}{|a_x|v_x} = \frac{|a_y|H + v_y^2}{|a_y|v_y}$$

就可计算出货架长度 L_0 和高度 H_0 之间的最佳比例。

如果在公式 (1.2) 中第一条条件成立,则堆垛机工作周期的平均持续时间 T_m 从下式求出:

$$T_m = \bar{t}_s + 2t_y + \Delta t \quad (1.3)$$

如果第二条条件成立,则按下式求出:

$$T_m = \bar{t}_s + 2t_x + \Delta t \quad (1.4)$$

最后,如果第三条条件成立,则按下式求出:

$$T_m = \bar{t}_s + (2t_x = 2t_y) + \Delta t \quad (1.5)$$