

[苏] B. H. 苏瓦洛夫 著

食品工业 自动机 与生产线

轻工业出版社

83.094
261

食品工业自动机与生产线

〔苏〕B. H. 苏瓦洛夫 著

魏钟、徐尧润、章怡飞、潘永康 译

李佩玉 校

34322 / 2

轻工出版社

内 容 简 介

本书论述了食品工业生产中各类自动机、半自动机和生产线设计和运行的理论与实践。内容有：自动机与生产线最佳设计和分析的理论依据；自动机与生产线的基本机构与装置；自动机与生产线的各种专用机构与装置；自动机与生产线的布置与操纵。本书特别注重于提高自动机与生产线的质量、生产能力和效率，考虑其可靠性、工艺性及采用通用零件使机器具有既定性能。

本书可供食品、肉、乳工业，食品机械制造业及通用机械制造业的设计、研究人员和高等院校有关师生参考。

В. Н. ШУВАЛОВ МАШИНЫ-АВТОМАТЫ И ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ

本书根据苏联列宁格勒“机械制造”出版社

1973年第二版译出

食品工业自动机与生产线

〔苏〕В. Н. 苏瓦洛夫 著

魏钟、徐尧润、章怡飞、潘永康 译

李佩玉 校

轻工业出版社出版

（北京阜成路8号）

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米1/32印张：18³/₃₂字数：467千字

1986年8月 第一版第一次印刷

印数：1—7,000 定价：4.70元

统一书号：15042·2011

译 者 序

本书是根据苏联B.Н. 苏瓦洛夫 (B.Н. Шувалов) 编著的《自动机与生产线》(Машины-Автоматы и поточные линии) (1973年第二版) 一书翻译的。该书论述食品工业生产过程中各类自动机、半自动机与生产线的理论基础、设计原理与结构, 故改为现名。

在我国实现社会主义现代化的进程中, 密切关系着人民生活的食品工业的迅猛发展是可以预期的。但目前我国食品工业生产过程机械化和自动化程度较低, 劳动强度较高, 劳动生产率较低, 为改变这种状况所需的有关食品机械设计、特别是食品生产用自动机与生产线设计的参考书极为缺乏, 为此我们翻译本书, 以适应食品工业大发展的需要。

本书翻译者为: 魏钟 (第一、二、三、四章)、徐尧润 (第六、八、九、十一章)、潘永康 (第十二、十三、十四章)、章怡飞 (第五、七、十章)。

由于我们水平有限, 书中错误缺点在所难免, 希读者批评指出。

译者

原 序

苏联共产党第二十四次代表大会决议规定：要进一步高速度地增加人民生活必需品（其中包括食品）的生产，并改进其质量。

要实现所提出的任务，须由食品生产部门及机械制造部门共同努力，改进现有的工艺装备，尤其是研制新型的自动机、加工机器及流水作业生产线。

因此，探讨机器设计的理论问题与制造方法、流水作业生产线的设计及其合理运行，已成为日益迫切的问题。本书即专注于这些问题的研究。本书特别注意根据各种可能方案的分析，探讨最佳设计方法。在此情况下，由机器有效总产量（即机器潜力）与其生产和运行总费用之比确定的国民经济利用效率，作为最佳化的判据。

本书研究了决定食品自动机质量及效率的各项因素，还特别着重研究了提高自动机可靠性问题。介绍了保证应用通用元件所设计机器的预定性能的方法。介绍了生产线、机器及机构的分类，并引证了典型执行机构工程计算的综合方法、机构组合、劳动量最低的最佳设计法的探索。这就为利用电子计算机进行设计过程的机械化打下了基础。

本书内容是以通用典型结构的系统化与分析，自动化流水作业生产线运行经验与科学研究院、设计局、食品工业企业、食品机器制造业及相近工业部门许多先进经验的综合为根据的。

本书的理论公式均用无量纲式，因为这对任何单位制均属正确。引自一些研究论文的经验公式沿用原著中所采用的量纲。

作者谨向对本书第一版（1966年）提出批评意见的读者致以谢意。

目 录

第 一 篇

最佳设计和分析的理论基础

第一章 工艺过程和机器	(1)
一、工艺工序和机器结构	(1)
二、过程和机器的循环周期性	(4)
三、按动作特征机器的分类	(8)
四、按自动化程度和系统分类	(14)
五、设计前的工艺调查	(18)
六、结构形式的意义和设计机器型式的选择	(20)
第二章 结构质量	(23)
一、质量、效率及其评定准则	(23)
二、结构工艺性、标准化、机组化	(33)
三、运行的经济性	(40)
四、安全性、人-机适应性、艺术性	(44)
第三章 可靠性	(52)
一、概述和术语	(52)
二、事故分类与符号标志法	(55)
三、不可修理产品的可靠性指标	(62)
四、可修理产品的可靠性指标	(76)
五、持续工作的时间分布	(82)
六、保证可靠性的措施	(86)
第四章 生产能力	(92)
一、机器生产能力的实质与分析	(92)
二、机内输送机的输送能力	(99)
三、各类机器的循环生产能力	(106)
四、生产线的分类及生产能力、缓冲存贮器计算	(119)

第 二 篇

基本循环机构和装置

第五章 凸轮机构的一般原理与设计.....	(136)
一、食品自动机执行机构分类	(136)
二、运动规律的无量纲参数	(139)
三、凸轮机构结构方案及结构元件	(148)
四、运动规律的特征及选择	(164)
五、凸轮机构中力的传递及其效率	(198)
六、根据机构无故障运行条件选择凸轮基圆半径	(210)
七、根据耐久性条件选择凸轮基圆半径	(222)
八、设计凸轮轮廓曲线	(230)
第六章 杠杆铰链机构和间歇机构	(243)
一、概述	(243)
二、四杆杠杆铰链机构循环周期时间间隔的计算	(245)
三、四杆杠杆铰链机构可靠工作的条件	(255)
四、最简单的四杆杠杆铰链机构的设计方法	(260)
五、导向和有停顿的杠杆铰链机构的设计	(273)
六、间歇机构	(282)
第七章 液压和气动自动化系统	(299)
一、对比和分类	(299)
二、容积式液压传动装置的动力元件	(303)
三、液压控制装置	(314)
四、液压传动装置的应用和液压系统设计实例	(323)
五、容积式液压传动装置的计算	(330)
六、气动传动元件和基本系统	(340)

第 三 篇

专用机构和装置

第八章 单件制品自动加料器	(347)
---------------------	---------

一、加料器的结构、分类和基本形式	(347)
二、料斗定向加料装置	(351)
三、非料斗定向	(360)
四、自动定向的理论基础	(366)
五、定向单件制品的自动计量器	(368)
六、从叠料中分离单页材料及其传送机构	(379)
第九章 自动加料器的输送装置和带材牵引装置	(384)
一、槽、溜槽、提升机	(384)
二、单件制品流的分流器和集流器	(389)
三、脉动输送机的机构	(392)
四、带材加料器和软管成型加料器	(404)
第十章 计量器	(419)
一、液体计量器	(421)
二、塑性食品计量器	(431)
三、散粒食品计量器	(439)
第十一章 夹持、包装、装箱机构和联锁机构	(447)
一、夹持机构和卡紧机构	(447)
二、包装机构	(451)
三、装箱机构	(459)
四、联锁机构	(463)

第 四 篇

布置和操纵

第十二章 自动机循环图编制	(471)
一、运动的配合与循环图计算	(471)
二、主动件在分配控制轴上的安装	(482)
第十三章 自动机与生产线的典型布置	(489)
一、机器布置的多样性	(489)

二、生产线的布置	(501)
三、瓶子洗涤、灌装和包装的自动机与生产线	(516)
四、生产奶油的自动机和生产线	(541)
第十四章 自动机的运行和修理特点	(561)
一、调整和运行	(561)
二、修理和改进	(564)
参考文献	(567)

第一篇 最佳设计和分析的理论基础

第一章 工艺过程和机器

一、工艺工序和机器结构

人工作用于劳动对象以期改变其性质、形状或大小的加工过程称为工艺过程。这种作用靠工艺装备来实现。工艺装备对被加工对象作用的方法极其不同，但其中任何一种方法都同能量消耗和能量转化相关联。所利用的能量形态及其转化的方法决定着过程的特征及装备的型式。据此，工艺装备通常分为设备与机器。

在设备中所实现的过程，是依靠化学反应、生物化学反应及类似的各种反应而进行的，或者同作用于被加工对象的某种力场（热场、电场、重力场等）相关。这种由能源或特种载体（工质）例如热载体所产生的。这样的加工过程与机械能的消耗无关。如果同时还要作机械功，那么这仅仅用于被加工物料的输送（如液体的抽送）或用于强化加工过程（热交换时的搅拌）。设备中实现的加工过程称为设备加工过程。

用机械功来改变被加工对象的外形、状态、大小、组织及其他性质的工艺过程称为机械加工过程，如果这些加工过程用机器完成，则称为机器加工过程。

目前将食品生产工艺过程划分为机器加工过程与设备加工过程，而将工艺装备划分为机器和设备都是有点假定性的。也有这样的装备，在这种装备中机械加工还须伴有加热、冷却、质交换、化学反应，而且很难说某一过程起着主导作用。但类似这样的情况毕竟较少。我们仅限于从狭义上研究工艺机器。

原料及成品的形态对于工艺机器的结构具有一定的影响。两者可能都是分散的，即单件的；也可能都是成团的，即非单件的。一般可能有以下几种组合：

非单件原料—非单件成品（例如，生牛奶—巴氏杀菌奶品、炼乳、奶粉）；

单件原料—非单件成品（水果—果酱、果汁）；

非单件原料—单件成品（面团—面包，粉料—压块产品，凝乳—凝乳点心，卷筒薄钢板—罐头筒）；

单件原料—单件成品（商标纸裹包糖果）。

也可能有一些综合情况。例如奶品或酒类灌瓶时，就有两种原料：非单件原料和单件半成品（瓶子）。

将非单件原料加工成非单件成品的过程最宜用机器实现。在此情况下，就没有必要用单件加料装置和单件分送装置，而工作过程可用简单的一些机构来完成。

加工和生产单件成品的机器就复杂得多。本书就是重点研究这些自动式机器。

最简单的工艺机器就是一些相互联系的工作机构、人工机械能源（电动机）和中介传动装置的有机组合。

工作机构直接或借助器械作用于被加工对象。

中介传动装置—这种装置或是将一种能转变为另一种能的转换器，例如液压传动，或是机械运动的转换器，即改变位移轨迹和速度、以及改变所传递的力和力矩大小的机构。

机器通常具有所谓主轴。将电动机与主轴联系起来的动力的传递机构称为减速器（将转速降低）和增速器（将转速增高）。

电动机和相应的能量转换器与中介传动装置总称为机器的传动装置。

将机器主轴与工作机构联接起来，或直接将能量转换器（如液压泵）与工作机构联接起来的动力机构称为执行机构。执行机构将由这些基本运动源所得到的运动转变为工作机构所必要的运

动。工作机构乃是执行机构的从动件，但往往难以分辨出彼此之间的精确界限

任一工艺过程都是具有特定目的性的过程，通常可分为一系列工序，而这些工序按照既定程序完成。

工艺过程的工序有主要工序与辅助工序。前者用于直接改变被加工对象的性质、形状或大小。辅助工序（例如加工对象的输送、装卡、夹紧、卸取）用以保证主要工序的实现。根据工序的特征，工作机构又可分为主要工作机构与辅助工作机构。

另外，还可将工序划分成：将工作机构调整到特定的工作规程或生产成品所要求的参数的调整工序；被加工对象状态及影响其加工过程的各种因素的检查工序；工作机构及机器的控制工序，即其接通与切断。因此机构相应分为：调整机构、检测仪表、控制机构（起动按钮、联锁装置等）。

完成工艺过程的程序是既定的，而且可能以不同方式实现，因此工艺机器自动化程度可能不同。

采用最简单的机器〔图1-1，(1)〕时，操作者本身把必要动作的程序施加于机器，而且还是操作者本身，通过同电动机相联系的机器工作机构借助传动装置来实现这一程序。同时操作者依靠检测仪表监视加工过程的进程，而且在必要时以适当方式重新调整工作机构，即实现加工过程的调整。

对于较复杂的机器，控制加工过程的功能部分地转交给机器本身。图1-1，(2)示出多工序自动机结构系统图，其中分配控制轴既是程序载体，同时又是由电动机至执行机构与工作机构的能量分配器。分配控制轴上装有执行机构的主动件，例如凸轮，其轮廓曲线决定着工作机构的运动规律。

图1-1，(3)示出全自动控制机器的典型结构系统。此种机器组成中装有由辅助电源供电的调节器，加工过程实际进展的信息送入调节器中。这一信息与既定的程序相比较，调节器即向执行机构发出消除失调现象及完成后面各工序的指令。在这种情况下

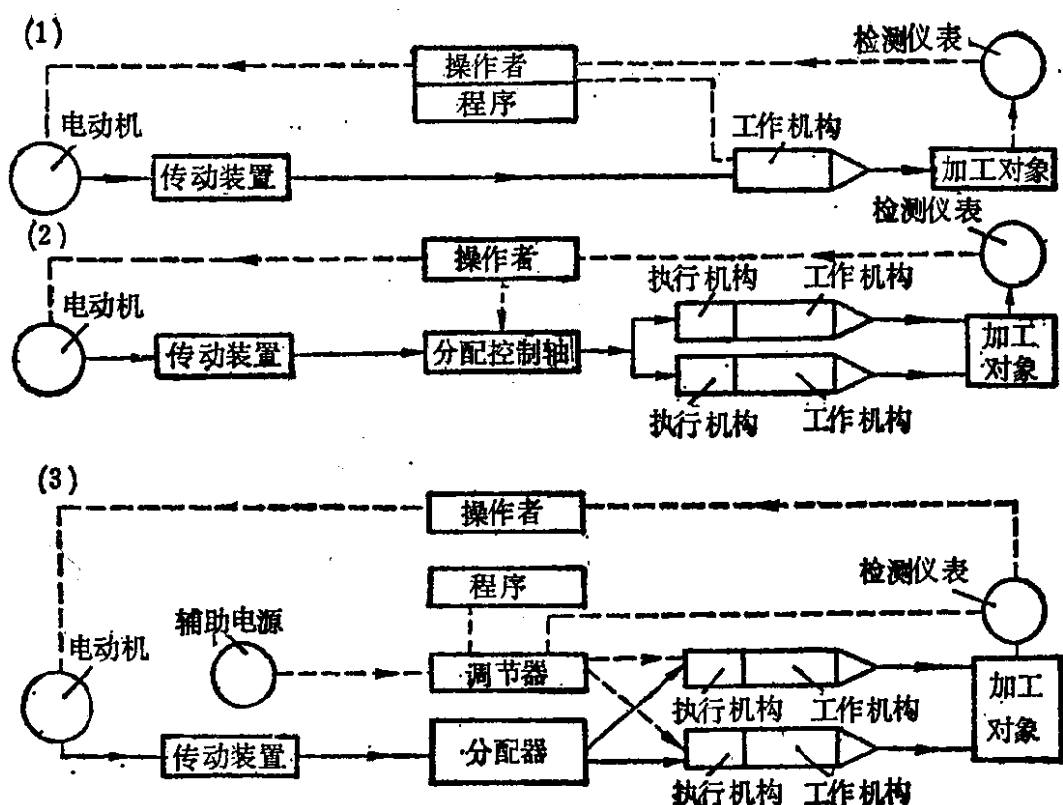


图 1-1

下，分配控制轴就有分配和控制的功能、指令功能。图上动力系统均用实线表示，而信息及指令系统均用虚线表示。

能完成几个基本工艺工序的机器称为多工序机器。一些单台机器，其中包括多工序机器，可以组成完成复杂工艺过程的机器系统。

用输送装置联接起来的机器系统称为工艺生产线，运输装置用来将加工对象依次由一台机器转送到另一台机器。

二、过程和机器的循环周期性

同样的工艺过程往往可能随时间与空间不同而按不同方式组织安排，因而相应地用动作特点上有着原则差别的机器或设备来实现。

根据这一特征，通常将工艺装备分成周期式装备和连续式装备。这些术语不能精确表达它们所表明的概念的意义，因为把周

期性同连续性相对比，原则上就不正确。连续性只可与断续性、不连续性相对比，而周期性只能与非周期性相对比。同时把加工过程划分为连续的与断续的本身就是颇有条件性的，因为，这种划分取决于测量单位比例的选择。特别是，连续变量（时间）人为地表示为各个编号的瞬间的形式，而时间的函数则作为“有间距的”不连续的变量。

某一加工对象由开始阶段至完成的全部加工过程所必要而充分的时间，称为加工过程的工艺循环周期 T'_r 。加工过程的一个阶段转换到另一个阶段，可能是突变式的，即宛如出现连续性的中断。例如，容器内被搅拌的乳脂，由于来自搅打器机械作用的结果，经过一定时间间隔突然转变为奶油粒和脱脂乳。所加工的乳脂这种逐步量变而突然转化为新质的现象，作者在研究奶油搅打过程的流体动力学时发现^[87]：接在电动机线路中的瓦特表指针在奶油粒形成瞬间沿刻度盘急剧转动，说明工艺阻力突然增高。如果搅打过程继续进行下去，阻力又下降。因此，消耗功率或加工对象的物理特性的变化现象可作为循环式机器和设备的自动化基础。

所研究的奶油搅打过程也可用其它方式实现，就是不在密闭容器内，而在内装有搅打器的《直通》管内进行。乳脂由管子一端连续送入加工，而奶油粒及脱脂乳由另一端连续排出。这样，“在流动中”进行加工。同时，被加工的乳脂流速 V 及管子长度 L 应选得使乳脂通过管子的时间 T_r 最好等于，或在任何情况下都不应小于完成该过程所必需的时间 T'_r 。

加工对象在机器内停留的时间称为机器的工艺循环周期 T_r 。正确设计机器时，应当遵从下面的等式：

$$T_r = T'_r \quad (1-1)$$

有时使 $T_r = T'_r + \Delta T$ ，即使设计的机器有一定的工艺时间裕量。但是，这一工艺时间裕量不应过长，否则，象前例所示，可能会将奶油粒“打碎”，从而影响奶油质量。

由此可见，使加工对象的参数有目的地变化，直至达到预期数值，这样的工艺过程实质上总是循环过程，但是，这种过程可随时间与空间的变化而以不同方式组织安排。据此，其机器或设备的形式可能有原则区别。

我们以变量 Y 表示工艺过程的进程，而该变量力求达其最终值 Y_K ，而且取决于许多因素 α 、 β 、 γ 及时间 τ 。研究结果可以确定关系式 $Y=f(\alpha, \beta, \gamma, \dots, \tau)$ 。特殊情况下，当 α 、 β 、 γ 为常量时， $Y=A \cdot f(\tau)$ 。这一关系式表征循环式机器中所实现的加工过程。

循环可能是单循环。只是在经过严格固定的时间间隔(周期)循环再次重复的那种情况下，循环式机器才变成周期式机器。循环式机器(和设备)最好称为单工位机器或“非通过式”机器，因为加工对象全部工艺加工过程在一个“工位”上，即在某一密闭容积内进行，而产品不通过机器。在此容积内加工对象可能处于运动中，例如移动或转动。但其前移速度相对于该容积来说等于零。因此，这种过程的“延续”具有时间量纲。

如果将同样的工艺过程依照加工对象运动行程组织到生产线中，则关系式 $Y=A \cdot f(\tau)$ 可用 $Y=A f(L)$ 代替，其中 L —加工对象在其加工过程中所通过的行程长度。在外界因素作用不变而被输送加工对象的速度 v 恒定的情况下，可以预计两种情况下图示过程进程的曲线彼此相似，只是曲线之一是由 $Y-\tau$ 坐标系表示，而另一曲线则由 $Y-L$ 坐标系表示。因之，过程的“延续”在后一种情况下不仅可用时间单位度量，而且可用长度单位度量。

可以用 $Y-L$ 坐标图示的工艺过程的组织形式，称谓流水作业过程，而与其相应的机器(和设备)称为流水作业机器(和设备)或通过式机器(和设备)。如果流水作业发生“脉动”，即加工对象的运动与停顿相互交替，则进行这种流水加工作业的机器称为断续式流水作业机器，即使所加工对象或生产的产品不是单件的。如果流水作业连续动作，特别是匀速动作，则进行这样流水

加工作业的机器称为连续式流水作业机器或匀速式流水作业机器，即使这一流水作业是由单件产品组成。如果被加工对象在机器中所经历的全部运动时间内均受到有效的工艺作用，则可称这种流水作业的机器为持续式机器。

机器的工作机构可能是固定不动的，也可能具有连续运动（特殊场合为匀速连续运动），或作有停顿的运动。变速运动的工作机构称为循环式工作机构，固定不动的或具有固定不变的运动参数的工作机构称为非循环式工作机构。非循环式工作机构的运动轨迹乃是封闭曲线，例如圆，不能充分肯定指出这些封闭曲线的始点。

大多数食品自动机中，由其执行机构拖动的工作机构为循环式。这些工作机构作周期性的变速运动并能回到其“起始”位置。工作机构或其执行机构两次起始位置之间的时间间隔称为运动循环周期或机构运动节拍 T_K ，通常情况下为：

$$T_K = t_p + t_x + t_{\text{ост}} \quad (1-2)$$

式中 t_p —工作行程时间，即与工作机构克服加工对象产生的工艺阻力的行程相对应的时间间隔； t_x —空行程时间； $t_{\text{ост}}$ —停顿或停住时间。

单值位移时间间隔内也可能有数次停顿。在 T_K 范围内，循环周期的时间图解称为循环图。可以有条件地把非循环机构的传动轴，一整转的时间看作是非循环机构的运动循环周期。

非循环机构，例如圆周运动机构、链传动机构、输送机，可在单工位的循环式机器中使用。另方面，均匀流水作业机器中通常采用循环式机构，如灌装机的计量器。

工艺生产线中也可能有相似的情况，由经过固定加工时间生产出成品的数台单工位机器和设备组成一个整“组”，使它们的工作循环彼此相错开。开始先往第一台机器装料，而在第一台机器工作时，再往第二台机器装料，然后再往第三台装料，等等。经过一定时间之后，第一台机器开始卸料，之后再往第一台机器装

料，而此时第二台机器卸料，等等。这样，即使应用数台单工位机器时，也可以构成连续式脉动的成品流水作业，有时可构成连续均匀的成品流水作业。

由机器或生产线生产出一件成品（或一批成品）所需的时间称为生产循环周期或工作循环周期，并以 T_P 表示。对于生产非单件产品的连续流水作业的机器，生产出单位成品的单位时间可看作是 T_P ，而单位成品以某种产品规定的量纲（公斤、米、米²、米³）等表示。

三、按动作特征机器的分类

机器分类有两重目的：

（1）便于分析现有机器的工作与结构；

（2）帮助设计者设计新机器时选择既定条件下的最佳方案。

工艺机器特殊用途和功能方面的差异如何，我们不考虑，而从特别关注的两种主要特征对工艺机器进行分类，即按动作特征和按自动化程度及系统进行分类。这样的分类方法也适用于机器的功能部件及设备。

按动作特征分类，即按加工对象与工作机构的运动和相对配置的特征分类，是以工艺过程随时间与空间的变化而在组织形式上的差异为根据的。

按照这一特征，可将所有工艺机器分成两种：

（1）单工位的或非通过式的循环式机器，这种机器特点是加工对象在机器内不需输送（零度连续性），且机器生产循环周期同工艺循环周期相等（ $T_P = T_T$ ）；

（2）流水作业式或通过式机器，这种机器特点是加工对象须有机器内的输送，而且通常 T_P 与 T_T 不相等。

流水作业式机器可分为：

（1）断续式流水作业机器或“脉动式”机器，加工对象交