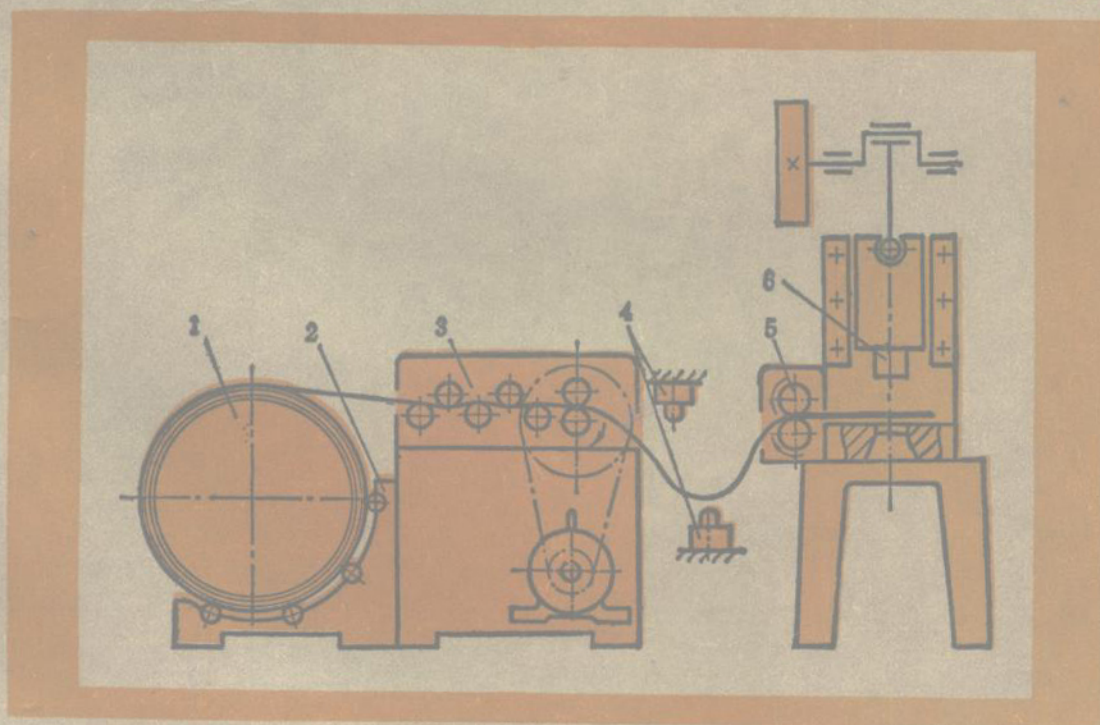


轻工机械设计

汤 瑞 编著

TONGJI UNIVERSITY PRESS



同济大学出版社

TH122
330

轻工机械设计

汤 瑞 编著

同济大学出版社

(沪)204号

内 容 提 要

本书共分三篇十二章, 主要介绍轻工机械中常用的典型机构的工作原理、结构特点及其设计计算方法; 并吸收机床设计的基础知识, 结合轻工机械的特点, 系统地论述轻工机械系统设计的一般原理和方法。

本书内容由浅入深, 图文并茂, 实践性较强, 理论严密, 便于组织教学。

本书为高等专科学校轻工机械类专业教学用书, 也可作为中等专业学校同类专业的教学用书, 以及工程技术人员的参考用书。

DZ82/07

责任编辑 郑元标

封面设计 王肖生

~~轻工机械~~设计

汤 瑞 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路1239号)

新华书店上海发行所发行

上海中行印刷厂常熟分厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 430千字

1994年6月第1版 1994年6月第1次印刷

印数: 1—5000 定价: 11.80元

ISBN 7-5608-1357-7/TH·32

序 言

《轻工机械设计》是为适应我国轻工机械专业教学和轻工生产迅速发展的需要而编著的。

本书共分三篇十二章,第一篇为机构设计,内含凸轮机构设计、自动上料机构、电磁振动供料器设计、步进传送机构、传动机构设计等五章;第二篇为切削类机械系统设计,内含机床主要参数确定、传动系统设计、主轴组件设计、进给传动设计等四章;第三篇为轻工自动机械系统设计,内含轻工自动机设计原理、轻工自动机总体设计、轻工自动机设计实例等三章。可满足70~80学时的教学要求。

本书为高等专科学校轻工机械类专业的教学用书,也可作为中等专业学校同类专业的教学用书,以及工程技术人员的参考用书。

本书由上海轻工业高等专科学校汤瑞编著,在编写过程中,力求贯彻由浅入深和少而精的原则;力求反映我国轻工机械的现状和发展;力求面向实际,面向应用,分析和解决轻工机械设计的实际问题。

本书由同济大学郭大津教授审核,在此谨表谢意。

由于编者水平有限,难免有不少错误和缺点,切望行家和读者批评指正。

编 者

1992.10

目 录

绪 论	(1)
-----	-----

第一篇 机构设计

第一章 凸轮机构设计	(9)
§ 1-1 概述	(9)
§ 1-2 凸轮机构结构设计	(13)
§ 1-3 从动件运动规律选择	(17)
§ 1-4 凸轮基圆半径确定	(22)
§ 1-5 凸轮工作图设计及其制造方法	(27)
第二章 自动上料机构	(33)
§ 2-1 概述	(33)
§ 2-2 卷料及包装纸自动上料机构	(33)
§ 2-3 棒料自动上料机构	(41)
§ 2-4 件料自动上料机构	(47)
第三章 电磁振动供料器	(55)
§ 3-1 概述	(55)
§ 3-2 工件受力和运动分析	(57)
§ 3-3 振动料斗中的工件定向方法	(60)
§ 3-4 电磁振动供料器设计计算	(62)
第四章 多工位自动机中的步进机构	(72)
§ 4-1 棘轮步进机构	(73)
§ 4-2 槽轮步进机构	(79)
§ 4-3 蜗形凸轮步进机构	(91)
§ 4-4 步进机构中的定位装置	(99)
第五章 传动机构	(102)
§ 5-1 概述	(102)
§ 5-2 齿轮变速传动机构	(103)
§ 5-3 少齿差齿轮传动机构	(106)
§ 5-4 摆线针轮传动机构	(114)
§ 5-5 谐波齿轮传动机构	(116)
§ 5-6 无级变速机构	(124)

第二篇 切削类机械系统设计

第六章 机床主要技术参数的确定	(139)
§ 6-1 机床的尺寸参数确定	(139)

§ 6-2 机床的主运动参数确定	(140)
§ 6-3 机床的动力参数确定	(145)
第七章 机床主传动系统设计	(150)
§ 7-1 概述	(150)
§ 7-2 机床主传动的运动设计	(152)
§ 7-3 主传动的特殊变速方式	(164)
§ 7-4 传动系统中的传动件计算转速的确定	(170)
第八章 机床主轴组件设计	(173)
§ 8-1 概述	(173)
§ 8-2 机床主轴组件的典型结构	(178)
§ 8-3 主轴组件设计计算	(179)
第九章 机床进给传动设计	(191)
§ 9-1 概述	(191)
§ 9-2 进给传动中典型机构的选择	(194)
§ 9-3 车床螺纹进给变速机构设计	(201)

第三篇 轻工自动机械系统设计

第十章 轻工自动机设计原理	(209)
§ 10-1 自动机设计的工艺基础	(209)
§ 10-2 自动机生产率理论	(214)
§ 10-3 自动机的传动原理	(216)
§ 10-4 自动机循环图设计	(220)
第十一章 轻工自动机总体设计	(233)
§ 11-1 概述	(233)
§ 11-2 自动机工艺流程图设计	(233)
§ 11-3 自动机的总体布局	(237)
§ 11-4 轻工自动机传动系统设计	(239)
§ 11-5 自动机功率的确定	(245)
第十二章 轻工自动机的设计实例	(247)
§ 12-1 粒状巧克力糖包装机设计	(247)
§ 12-2 塑膜瓶套自动机设计	(253)
§ 12-3 芯子铣槽机设计	(259)
参考书目	(266)

结 论

一、轻工业生产的地位和现状

轻工业在国民经济中占有极其重要的地位。轻工业产品关系着亿万人民的物质文化生活而且随着生产的发展,人们对物质文化生活需求必然越来越高,越来越广泛,轻工业生产也就越来越重要。

从下表可以看出,我国轻工业的产值约占工业总产值的五分之一。

年 份	全国工业总产值 (元)	全国轻工业产值 (元)
1980	5000 亿	1000 亿
1986	8759 亿	1750 亿
1990	18000 亿	3500 亿

轻工生产的利润和税收是国家经济建设资金的主要来源之一。

肩负着历史重任的轻工业,其生产现状是很不适应的。其生产方式(以上海为例)列表如下:

自动化生产	约占10%
机械和半机械化生产	占55%~60%
手工生产	占30%~35%

其生产设备(以上海为例)情况列表如下:

1950年前老设备	50年代设备	60~70年代设备	80年代设备
30%	30%	30%~35%	5%~10%

上述资料表明我国轻工业生产的机械化、自动化程度已有明显提高。这主要靠我国自己的力量设计和制造适合轻工业中各行各业生产的自动机和半自动机;同时也积极引进和消化国外具有现代化水平的各类轻工自动机和自动生产线,使上海和全国的轻工业生产面貌有了较大的改观。但总的来说,我国轻工业生产自动化程度还不高,生产方式和生产手段比较落后,与世界先进工业国家相比,差距还是很大的。因此,努力提高我国轻工业生产的自动化程度,赶上和超过世界先进水平,是我们面临的重大历史任务之一。

为了提高轻工业的劳动生产率,必须提高生产设备的自动化程度,必须使大量的手工操作转变为机械化、自动化生产。要实现这个巨大的转变,一是靠正确的政策,即在自力更生的基础上,实行对外开放,引进国外先进科学技术;二是靠科技人才,这是问题的根本。据有关资料统计,目前我国轻工业部门中技术人员在职工中的比例为:

全国轻工业技术人员比例	占3%~4%
上海轻工业技术人员比例	占5%~6%
某些工业国技术人员比例	占20%~30%

这表明我国在解放之后,确已培养了大批从事轻工业的科技人才,但与国际水准相比,差距还是明显的。因此,采取各种途径,努力培养轻工科技人才,是放在我们面前的历史任务。

二、轻工机械的发展趋向

经过几十年努力,我国轻工机械从设计到制造均有很大的发展,轻工机械制造厂、轻工机械研究所、设计院遍及全国各地。我国已能成套供应各种轻工机械,如成套造纸机械、卷烟机械、制糖和制盐机械、以及成套钟表、缝纫机、自行车、制笔、食品等机械。设计和制造水平不断提高,有的已达到国际先进水平。但总的情况看,与国外先进水平还有相当大的差距。

轻工机械的发展趋势,可大致归纳如下:

1. 提高轻工自动机的生产率

提高自动机的生产率,是轻工自动机的发展方向之一。现将具有代表性产品的自动机的生产率比较如下:

机 速	我国现有水平	国外已具水平
机 制 纸	<300m/min	1500~1800m/min
卷 烟 机	<3000Pcs/min	7000Pcs/min
工业缝纫机	<3000r/min	7500r/min
糖果包装机	<500Pcs/min	1200Pcs/min
烟 包 机	<250Pcs/min	500Pcs/min

2. 提高轻工机械的自动化程度

提高轻工机械的自动化程度也是重要的发展方向之一。例如采用机、电、液、气相结合的综合自动化技术;采用微机、数控技术;实现产品多样化、多规格、高速度、高精度;生产过程自动控制如自动检测、自动报警、自动显示、自动调整等功能。这是进一步提高轻工机械性能,提高产品质量的重要途径。

3. 联机组成生产自动线

随着轻工自动机的高速化和高度自动化,把几台、十几台、甚至几十台单机联结起来,组成生产自动线,这是当前轻工机械发展的又一个重要趋势。这样可进一步提高劳动生产率,降低生产成本,提高产品质量,改善工人劳动条件。

4. 提高轻工机械设计、制造技术

由于微型电子计算机技术的迅速普及,特别是电子计算机绘图技术日趋完善,计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)技术的普及,必然推动轻工机械设计制造技术的大变革。

三、轻工机械的分类

根据有关部门的统计,轻工业生产约有40多个行业,18个大门类,因此,轻工机械的产

品类型是极其繁多的。为便于分析,对轻工机械作如下分类:

1. 按轻工机械自动化程度分类

(1) 自动机 指一台机器经调整好以后,无需工人参与就能自动地、连续地完成产品的加工循环(包括工作行程和空行程),这样的机器称为自动机。应用于轻工行业的自动机概称为轻工自动机。

(2) 半自动机 指一台机器能自动地完成除工件的上料和卸料以外的一次工作循环,这样的机器称为半自动机。

(3) 一般机械 指需要工人的参与才能完成产品的加工工艺的机器,都属一般机械。

通常自动机和半自动机应用于大批、大量的生产。

2. 按轻工机械的工艺性质分类

(1) 切削加工机械 这类机械以刀具为切削工具,通过刀具与工件之间的相对运动(即切削加工),完成产品的加工工艺。

(2) 成型类机械 这类机械一般以模具来完成产品的成型工艺。

(3) 包装机械 这类机械具有一定的独特性,在轻工系统中应用十分广泛,属于这一类的有各种裹包机、充填机、灌装机、装盒机、封口机、捆扎机等。

(4) 装配机械 这类机械借助于专门工具或机械手,将零件装配成部件或产品,如自行车部件装配机、自行车链条装配机、自来水笔装配机、挂锁装配机等。

总之轻工机械的类型、品种是十分繁杂的。通过分类综合,本文选择轻工机械中自动化程度较高,具有先进水平的机械作为研究和讲述的对象,使读者触类旁通,并以此带动一般。

四 轻工自动机械的基本组成

轻工系统各行各业广泛使用着各种各样的自动机械,它们的加工对象虽然不同,但各种机械都具有共同的基本的组成部分:

1. 自动上料机构

自动上料机构,就是将坯件定量、定向、适时地送至加工位置。

2. 工艺执行机构

工艺执行机构就是具体执行工件的加工工艺的机构。由于轻工产品工艺的多样性,因此,工艺执行机构的形式也是各种各样的。

3. 工件在工位间的步进传送机构

多工位自动机在轻工系统应用很广,在多工位自动机中,将工件由一个工位移至下一个工位的机构,称为步进传送机构。

4. 原动机

轻工自动机中常用的原动机是电动机,有单速的,有双速或三速的,也有无级变速的如滑差电动机等,它为自动机提供运动和动力。

5. 传动机构

传动机构将原动机产生的运动和动力,传递给各工艺执行机构,实现降速、变速、变向、转换运动方式、提供力或扭矩。

6. 程序控制系统

轻工自动机的程序控制系统的主要型式是凸轮-分配轴系统,以此控制各工艺执行机构、辅助机构顺序地协调动作。

7. 机身

机身是自动机的支承件、骨架,起着支撑自动机各部件的作用。

五、轻工自动机设计的基本要求

轻工自动机设计一般应满足自动机使用单位的要求,如自动机性能优良,产品质量好,生产率高,操作、维修方便,价格便宜等。同时应满足自动机制造单位的要求,如自动机结构工艺好,制造方便,经济效益高等。因而轻工自动机设计的基本要求如下:

1. 自动机的功能与应用范围

自动机的功能,是指自动机所能完成的加工工序的种类。而自动机的应用范围,则是指自动机所加工的对象的材料种类、形状、尺寸大小,以及可能达到的技术条件,如加工精度、表面粗糙度等。

一般说来,增加自动机的功能和应用范围,可以一机多用,相对缩小占地面积,有利于扩大机器的制造批量,但使自动机结构复杂,成本提高。反之,减少自动机功能和应用范围,则可简化自动机的结构,降低制造成本,提高生产率,易于实现自动化。

2. 自动机的生产率

自动机的生产率是指在单位时间内自动机所能完成的工件数量。自动机的生产率主要与自动机的工作循环时间有关(这方面的理论在第十章中详述)。

影响自动机的生产率的因素是多方面的,包括生产准备、机器调整、各执行机构故障频率和产品的质量检测等。因此,要求自动机的生产率应根据实际情况在一定范围内可任意调节,使自动机保持最佳工作状态。

3. 自动机的自动化程度

自动机的加工过程是自动进行的,这是自动机最基本的特征。这里所说自动化程度一般指自动机辅助操作的自动化程度。例如是否具备产品质量自动检测装置、次品自动剔除装置、故障自动报警和显示装置、自动排屑装置、刀具磨损自动补偿装置以及自动调速装置等。

一般来说,自动化程度愈高,产品质量愈稳定,就越能提高劳动生产率。但自动化程度愈高,必然使机器复杂化,制造成本高,调整维修也较困难。因此,应根据实际情况来确定自动机的自动化程度。

4. 其它方面的要求

轻工自动机的制造精度,直接影响自动机的加工质量、工作稳定性、机械效率及机器噪音大小等。但自动机的制造精度要求过高,势必增加制造成本。因此自动机的制造精度等级,应视实际情况而定(一般取IT6~IT7)。

轻工自动机的“三化”(标准化、系列化、通用化)程度是自动机设计的重要课题。实行“三化”,可大大缩短自动机设计、制造的周期,降低成本。但目前这方面收效不大。因此必须发挥教育、科研、生产制造部门的积极性,共同促进轻工自动机的“三化”进程。

轻工自动机的寿命即设计年限,是指自动机保持正常运行的年限,一般以5~10年为宜。

轻工自动机的结构工艺性,通常在满足自动机使用要求的前提下,使自动机构造尽量简化,使之容易制造和装配、操作和维修方便、成本降低。

轻工自动机的噪声应控制在85 dB之下。

轻工自动机的外形应力求美观,色彩应与环境协调。

由上可知,上述各项要求是相互联系而又相互制约的。因此,在设计自动机时应作全面分

析和综合考虑。就一般轻工自动机而言,保证产品加工质量和生产率是最主要的。

六、轻工自动机的设计步骤

轻工自动机设计的一般步骤如下:

1. 调查研究、搜集资料

在接受自动机的设计任务书以后,设计人员应认真研究、全面掌握设计任务书中提出的各项要求,然后带着问题进行调查研究、搜集资料,把握自动机设计的客观依据。

(1) 访问自动机的使用单位,访问内容如下:

- ① 了解自动机的加工对象的物理化学性能、尺寸和重量范围、形状特征以及加工要求等;
- ② 了解原料来源、供应状况,产品供销情况,批量大小等;
- ③ 了解产品工艺方法种类和特点;
- ④ 了解操作工人文化技术水平,对新设计的自动机的要求;
- ⑤ 了解现有机器设备状况和存在的主要问题;
- ⑥ 了解使用自动机的车间状况,包括水、电、气、液等现状。

(2) 访问自动机的制造单位。主要了解自动机制造单位的机械设备状况,工艺条件,技术水平,生产历史以及材料供应情况等。

(3) 查阅有关的技术资料。包括国内外有关的技术文件、研究报告,以及同类型自动机的图纸、技术文件和经验总结等。

2. 自动机总体设计

在广泛调查研究、搜集资料的基础上,进行综合分析,并尽量采用当代科学技术的最新成就,包括采用新材料、新工艺、新技术和新设备,使自动机的总体设计方案具有一定的先进性和时代感。总体设计一般包括如下内容:

(1) 自动机的适用范围,生产能力;

(2) 自动机的总体布局图设计,即确定自动机的机型、组成部件、外形尺寸、各部件间相对位置尺寸等;

(3) 自动机的工艺流程图设计,即确定工件从毛坯到成品的全过程,包括工件的加工工位数目、各工位的工序内容、加工方式、执行件的工作原理等;

(4) 自动机的传动原理图设计,即确定从动力源到各执行件间的传动联系、传动件类型和数目及运动方式等;

(5) 自动机的工作循环图设计,即确定自动机的各执行部件间运动联系;

(6) 自动机总体设计方案的技术经济分析,包括自动机加工工艺分析、国内外同类自动机性能比较、自动机设计、制造的成本估算以及自动机期望的经济效益等。

总体设计是自动机设计的重要步骤,必须认真分析研究,作出必要的可行性论证或试验,最后写成文件,请主管部、使用单位和制造单位进行会审,并报请上级部门批准。总体设计方案一旦确定,就不应随便更动,以免影响全局。

3. 自动机结构设计

自动机的总体设计方案确定以后,就着手各部件和总体的结构设计,其内容如下:

(1) 自动机的总装配图设计;

(2) 各部件的装配图设计;

专用零件的工作图设计;

(4) 受力零部件的设计计算;

(5) 气、液、电和润滑及冷却系统的设计;

(6) 编写技术文件,包括:

① 编写自动机的设计计算说明书,说明自动机的设计依据、技术性能、各部件及各系统图的功用、与同类型自动机比较的优缺点、自动机的运动和功率计算、主要零件强度与刚度计算、以及在设计过程中应说明的问题等。

② 编写自动机的使用说明书,包括自动机的应用范围、自动机主要部件结构说明;运输、开箱、安装等注意事项;调整、试车、润滑、维修、可能发生的故障及其排除方法等说明;滚动轴承表、电器设备表、附件及备件表、易损零件表及其零件图等;以及验收标准和检验记录等。

③ 编写各种明细表,包括通用件、标准件、外购件、专用零件表等。

4. 自动机试制、鉴定、修改

完成上述各项设计计算任务后,设计人员应深入生产现场,了解自动机的制造过程,参加装配、调试工作。请有关各方作技术鉴定。并针对存在的问题,修改图纸,进一步完善自动机的技术性能。此后就可投入批量生产。

第 一 篇

机 构 设 计

第一章 凸轮机构设计

§ 1-1 概 述

一、凸轮机构在轻工自动机械中的应用

凸轮机构具有工作可靠、精度稳定、结构简单、制造成本低及维护容易等特点。因此,凸轮机构广泛应用于大量生产的轻工自动机械中。尤其适合高生产率即加工循环时间极短的各种机械的自动控制。

图1-1为CM1107纵切自动车床的天平刀架结构图。

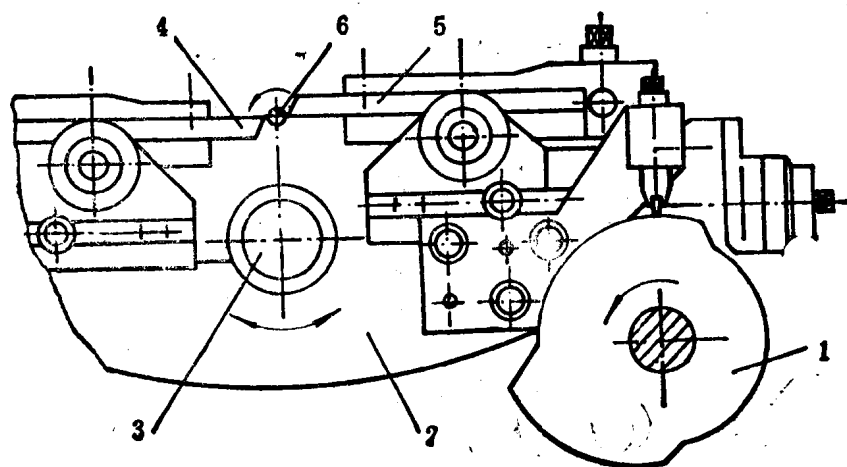


图1-1 天平刀架结构

1—凸轮; 2—天平刀摆架; 3—心轴; 4、5—刀具; 6—棒料

在凸轮1的推动下,天平摆架2绕心轴3摆动,使刀具4和5分别对高速转动的棒料6作切入进给运动。

图1-2为CM1107纵切自动车床的主轴箱移动机构结构图。

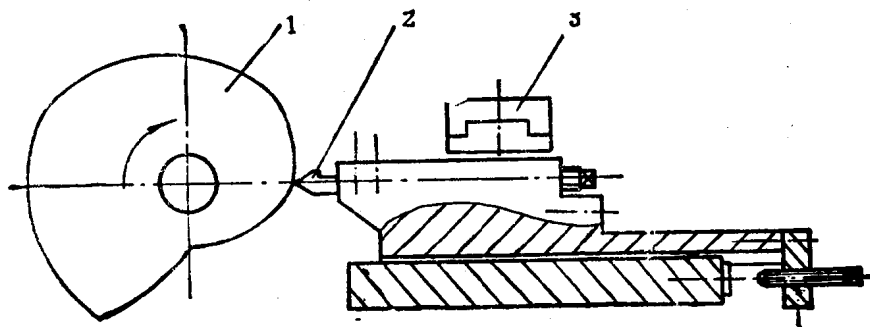


图1-2 主轴箱移动机构

1—凸轮; 2—直移从动件; 3—主轴箱移动滑板

在凸轮 1 的推动下,从动件 2 作直线往复移动,再通过直角杠杆,驱动主轴箱即滑板 3 作来回移动。

图1-3为糖果包装机的送糖机构结构图。

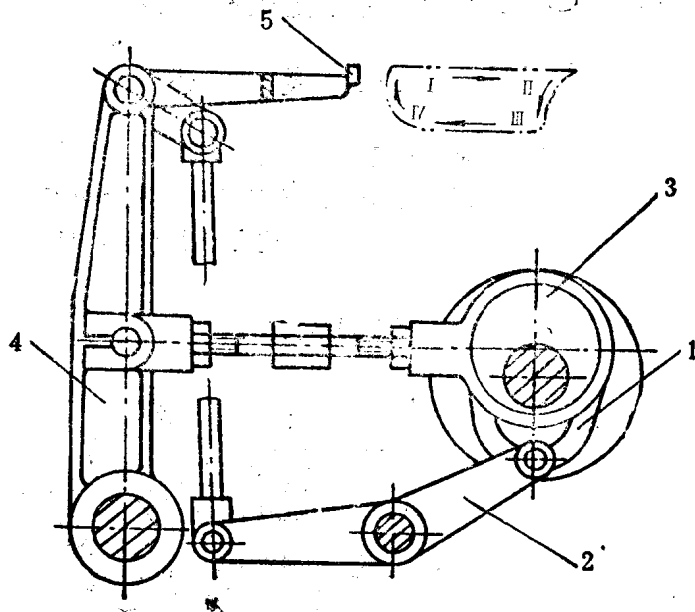


图1-3 送糖机构结构

1—平面槽凸轮； 2—连杆机构； 3—偏心轮； 4—摆杆机构； 5—糖块推头

在平面槽凸轮机构1、从动连杆机构2和偏心轮3、摆杆机构4的共同作用下,糖块推头5按所需的平面曲线轨迹Ⅰ→Ⅱ→Ⅲ→Ⅳ运动。其中轨迹Ⅰ→Ⅱ段为推头5的送糖工作行程,轨迹Ⅱ→Ⅲ→Ⅳ段为推头5空回行程。

图1-4为糖果包装机的糖纸扭结机械手的结构示意图。

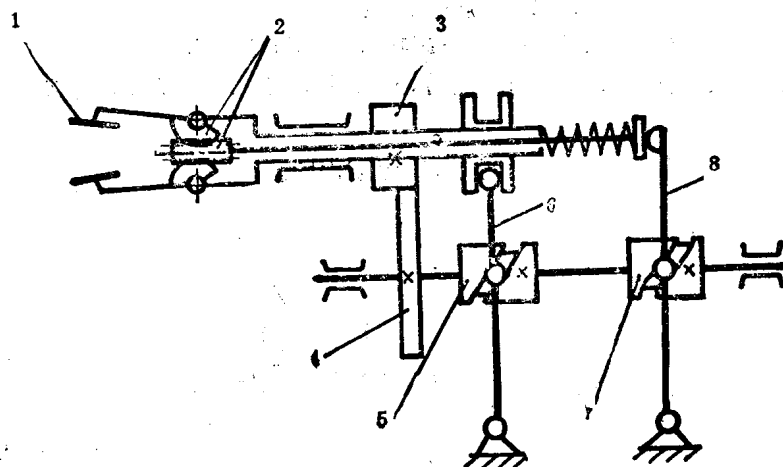


图1-4 糖果纸扭结机械手

1—机械手爪； 2—开爪齿条、扇齿； 3—小齿轮； 4—大齿轮；

5—手爪移动凸轮； 6—摆杆； 7—手爪开合凸轮； 8—摆杆

糖纸扭结机械手手爪1,在每个工作循环中需要完成三方面的动作要求:

(1) 在圆柱凸轮7的作用下,通过摆动杆8使手爪1作开合运动;

(2) 在圆柱凸轮 5、摆杆 6 的作用下,使手爪 1 作轴向送进和回退运动,以适应糖纸在扭结时长度会缩短的工艺需要;

(3) 在大齿轮 4 和小齿轮 3 的作用下,手爪 1 作连续的旋转运动。一般每一工作循环大齿轮转一转,小齿轮即手爪转 3 转,其中糖纸扭结为一转半。

图1-5为自动车床的棒料送料机构结构图。

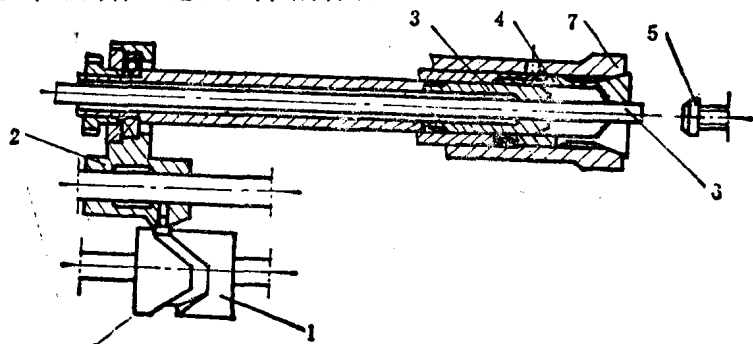


图1-5 棒料送料机构

1—圆柱凸轮；2—移动从动件；3—送料夹头；4—夹紧夹头；5—挡块；6—棒料；7—主轴

在圆柱凸轮 1 和移动从动件 2 的作用下,送料夹头 3 作轴向往复移动。其中,向右运动为棒料送料行程,向左运动(此时棒料被夹紧夹头 4 夹住)是回退空程。

图1-6为C1312六角自动车床送料长度调整和棒料用完时自动停车用的,摆动从动件圆柱凸轮机构结构图。

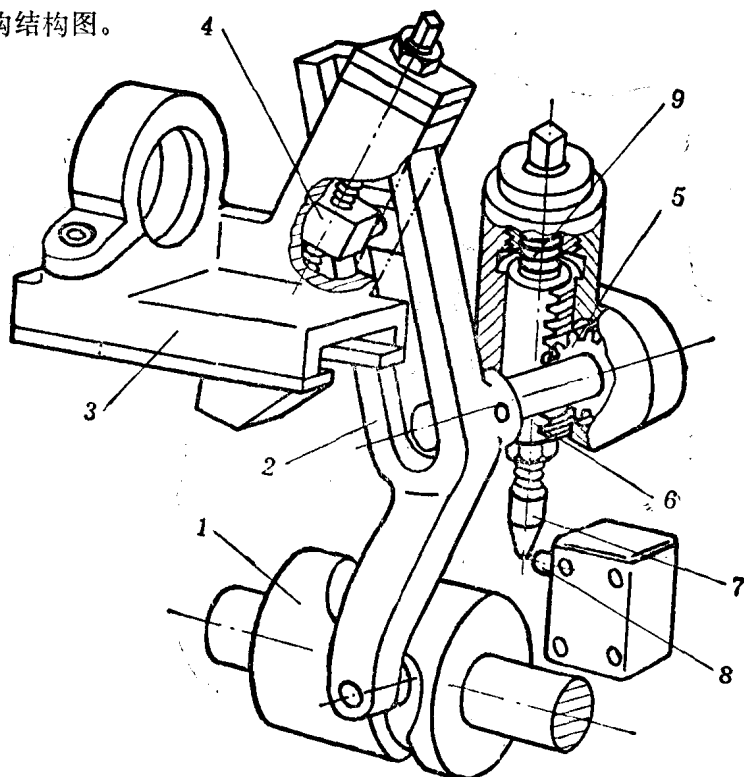


图1-6 送料长度调整及棒料用完自动停车机构

1—圆柱凸轮；2—摆动杠杆；3—送料夹头滑板；4—调整丝杆螺母机构；5—齿轮；6—齿条套；7—触头；8—微动开关；9—弹簧