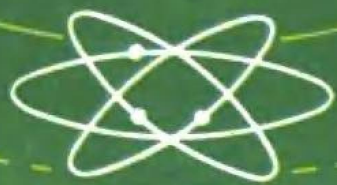


高等学校教材

电子精密机械设计

南京工学院 徐祥和 主编



国防工业出版社

内 容 简 介

本书主要介绍电子精密机械设计的基本概念、基本理论和方法。

全书共分十章：一、绪论；二、凸轮机构；三、间歇运动机构；四、自动上料机构；五、精密丝杠螺母机构；六、精密导轨；七、机座与机架；八、微位移机构；九、精密定位与自动对准；十、总体设计。

本书为高等院校电子精密机械专业教材，也可供从事设计和研制电子精密机械设备、邮电、轻工、食品、纺织等机械的工程技术人员参考。

电子精密机械设计

南京工学院 徐祥和 主编

责任编辑 张赞宏

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张17 390千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷 印数：10,001—2,790册

统一书号：15034·3171 定价：2.80元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材159种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人材的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》、中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构。并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共217种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评和建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系由电子机械教材编审委员会无线电专用机械设备编审小组评选审定，并推荐出版。

该教材由南京工学院徐祥和担任主编，北京邮电学院副教授费时雨担任主审。编审者均依据无线电专用机械设备编审小组审定的编写大纲进行编写和审阅的。

本教材的参考教学时数为98学时。内容较详细地阐述了电子精密机械设计的基本概念、基本理论和方法，常用典型机构的设计计算，精密定位与自动对准，总体设计方案的拟定原则及评价。书中还介绍了应用计算机程序进行机构设计与分析的方法，并列举了几种典型机构的程序设计实例。

在选用本书作为教材时，应在学生学完技术基础课，《电子精密机械导论》，《FORTRAN语言》，并对电子精密机械设备有一定了解之后进行讲授。书中带有*号者作为选修内容。各校可根据各自的特点，对教材内容作适当的增删。

本教材的第一、二、三、四、五章和第十章由徐祥和编写，第六、七、八章由李广安编写，第九章由金伯清编写，参加编写的还有党根茂（第六章第四节）、钱一呈（第十章第三节），徐祥和统编全稿。由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

主要符号

a ——加速度	I_a ——截面惯性矩
a_m ——最大加速度	I_p ——极惯性矩
A ——面积	j ——虚数单位
A ——振幅	j —— y 方向单位矢量
A ——无因次加速度	J_1 ——第一分量运算张量
A_m ——无因次最大加速度	J_2 ——第二分量运算张量
A_{mm} ——负的无因次最大加速度	J_3 ——第三分量运算张量
A_{mp} ——正的无因次最大加速度	k ——常数
B ——磁感应强度	k —— z 方向单位矢量
B ——长度已知而方向未知的矢量	K ——刚度
c ——轴间距离	K ——工艺生产率
c ——常数	K ——已知的变化矢量
C ——常数矢量	l ——长度
c_r ——曲率	L ——方向已知长度未知的矢量
d ——滚子直径	m ——质量
d_s ——刀具直径	M ——力矩
D ——凸轮直径	n ——法向矢量
e ——自然对数的底	P ——压力
e ——偏心量	p ——压强
E ——弹性模量	P ——功率
$E^{w\theta}$ ——旋转变换张量, 围绕 w 轴旋转 θ 角	P ——方向与长度均未知的矢量
$E^{i\theta}$ ——围绕 i 轴旋转 θ 角	Q ——生产率
$E^{j\theta}$ ——围绕 j 轴旋转 θ 角	q_m ——质量流量
$E^{k\theta}$ ——围绕 k 轴旋转 θ 角	r ——半径
f ——频率	r ——矢量 R 的长度
f_0 ——固有频率	r_0 ——凸轮基圆半径
F ——力	R ——一般矢量
g ——重力加速度	s ——位移
G ——切变模量	S ——无因次位移
h ——升程量	t ——螺距
i ——传动比	t ——时间
i —— x 方向单位矢量	t_f ——辅助时间
I ——转动惯量	t_h ——凸轮的上升时间或转位时间
	t_j ——工作时间

T ——热力学温度
 T ——无因次时间
 T_s ——周期时间
 u ——速度
 u ——单位矢量
 U ——电压
 v ——速度
 v ——单位矢量
 v_m ——最大速度
 V ——体积
 V ——无因次速度
 V_m ——无因次最大速度
 W ——重量
 ω ——旋转轴, 轴向单位矢量
 x ——未知数
 x ——位移
 y ——未知数
 y ——位移
 y_h ——最大位移
 y_h ——行程
 z ——分度数
 Z ——齿数
 α ——角度
 α ——弹簧的初预紧力比
 α_l ——材料的线胀系数

β ——角度
 γ ——角度
 η ——生产率系数
 η ——机械效率
 ζ ——阻尼比
 θ ——角度
 θ_h ——转位角
 θ_h ——中心角
 λ ——方向余弦
 λ ——波长
 λ_g ——极限周期比
 μ ——摩擦系数
 μ ——方向余弦
 ν ——阻力系数
 ν ——方向余弦
 ρ ——曲率半径
 τ ——切应力
 τ ——从动件摆角
 ϕ ——切线的幅角
 ψ ——压力角
 ψ_m ——最大压力角
 ω ——角速度
 ω ——圆频率
 ω_0 ——固有圆频率

目 录

第一章 绪论	1
第一节 工作机的基本概念	1
第二节 电子精密机械设备的作用及发展方向	2
第三节 设备的生产率分析	3
第二章 凸轮机构	5
第一节 凸轮机构的结构设计	5
第二节 从动件的运动规律	11
第三节 凸轮轮廓的计算机程序设计	17
* 第四节 高速凸轮机构简介	39
第三章 间歇运动机构	48
第一节 槽轮机构设计	48
第二节 空间凸轮转位机构近似设计	61
* 第三节 转位凸轮的精确设计	69
第四章 自动上料机构	81
第一节 概述	81
第二节 料仓式上料机构	83
第三节 自动定向料斗	94
第四节 电磁振动料斗	98
第五章 精密丝杠螺母机构	120
第一节 滑动丝杠螺母机构	120
第二节 滚珠丝杠螺母机构	137

第六章 精密导轨	151
第一节 概述	151
第二节 滑动导轨	153
第三节 滚动导轨	163
* 第四节 空气静压导轨简介	174
第七章 机座与机架	186
第一节 概述	186
第二节 机座的结构设计	188
第八章 微位移机构	201
第一节 低速微动的平稳性	201
第二节 微位移机构的主要类型	206
* 第九章 精密定位与自动对准	218
第一节 光栅精密定位	218
第二节 激光精密定位	222
第三节 光电自动对准	228
第四节 背散射电子定位	236
第五节 X射线自动对准	239
第十章 总体设计	241
第一节 总体设计的基本要求与步骤	241
第二节 总体方案的拟定	243
第三节 设计方案的评价	260
主要参考文献	263

第一章 绪 论

第一节 工作机的基本概念

常用机械分为动力机械和工作机械两大类。

动力机械是转换能量形式的设备；工作机械（简称工作机）是用来改变劳动对象的形状、性质、状态和位置的机械，如金属切削机床、锻压机械、纺织机械、印刷机械以及电子精密机械设备等。

现代工作机常由下列部分组成：

1. 原动机构

原动机构是工作机或机构的运动源。例如：电机、电磁铁、气缸等。原动机构虽与工作机完成预定的工艺过程无直接的关系，但选择得是否合理，对工作机的组成有着很大的影响。

原动机构的不断发展，如微分电机、步进电机、电液脉冲马达、音圈（直线）电机等的出现，有利于简化工作机的结构——特别是传动系统，并为实现数字程序控制创造了条件。因此，合理地选择原动机构，是使工作机结构简单、工作可靠和维修方便的重要因素。

2. 执行机构

执行机构是用来以特定的动作完成预定工艺任务的，它具体表现了工作机的使用特性。例如，白炽灯泡芯柱机有喇叭、实心杆、排气管和引出线等零件的上料机构，它们依次把这些零件送到能转位的夹钳上，经火焰加热，夹扁喇叭等工序，将五个零件封接在一起，吹出排气孔，制成灯泡芯柱。这些上料机构、固定各零件位置的夹钳、加热火头、夹扁机构、以及吹气机构等，都是执行机构。

有些运动较复杂的执行机构，能像手一样灵活动作，因而被人们称为机械手。而具有独立的原动机构、传动机构、控制机构、能按指令工作的机械手，已是一种独立的工作机了。

3. 传动机构

传动机构是用来在原动机构和执行机构之间传递运动和能量的。

传动机构的类型很多，除了常见的齿轮副、皮带传动和杠杆传动等机械传动外，还有气压、液压或其他形式的传动。选用传动机构时，应根据执行机构的运动要求、调整范围及其他条件进行综合考虑。

4. 控制机构

控制机构是用来保证执行机构严格按照预定的程序运动，并在一定时间内完成工作循环的。

早期的控制机构，大多是凸轮杠杆式的机械控制系统。随着电子技术的迅速发展，电子控制系统得到了普遍采用。目前，某些具有检测、监控装置的、由微处理机处理的电子控制系统，已达到能根据不同条件灵活进行控制的“随机系统”。

在一般的专用机械设备中,由于加工条件较稳定、加工程序和路线较有规律,因而可预先以数码形式编制好程序,记录在输入介质上,送入控制装置,按指令控制各执行机构工作。在某些专用机械设备上,也可以采用电-液,电-气,电-机,机-电等多种形式的信号互换的控制机构。

5. 监控机构

监控机构是用来监视和控制被加工零件或执行机构的工作参数的。它通常包括探测、显示、执行等部分。四十年代设计的白炽灯泡芯柱机上,就有检查实心杆、喇叭等是否已经上料的机构。若实心玻璃杆由于某种原因未能落入夹钳,夹钳移位时不能推开下一个工位的探杆,因而喇叭上料机构不动作,喇叭不上料。总之,只要前一个零件没有上料,后续的零件全部不再上料,这是早期的机械式监控机构。

随着电子控制技术的发展,机械监控已较少使用。目前的监控机构,不论监控的对象是电子密度、电磁场、红外线、光亮度等,均应通过转换元件,使其转化为电信号,经处理后反馈到中央控制单元,经过比较、核算后发出控制信号。集成电路制版设备上的光栅、激光检测定位装置,是一种光电转换的监控机构;电子束曝光机上的背散射电子或二次电子检测定位装置,是一种电子-光-电信号的监控机构。

第二节 电子精密机械设备的作用及发展方向

电子精密机械设备是指用来生产电子元器件的专用工艺设备。随着电子元器件及其工艺、材料的迅速发展,电子精密机械设备逐代演变,已由当初生产白炽灯泡、电子管等电真空专用机械设备,发展到当今全自动、高效率的半导体大规模和超大规模集成电路精密机械专用设备。这类设备的特点是技术密集,需要的专业面和知识面广,涉及到机、电、光、磁、真空、计算机、物理、化学等领域;它品种多,数量少,更新快。在技术先进的国家中,半导体集成电路专用设备的更新周期已从七十年代3~5年缩短到近几年来2~3年,所以有人认为,集成电路工业的竞争,实质上是专用设备工业的竞争,可见专用设备在电子工业生产中所起的重要作用。

电子精密机械设备伴随着电子元器件的发展而发展,而电子元器件及其工艺的研究开发又要有专用设备与之紧密配合,例如,要研制线宽 $1\sim 2\mu\text{m}$,甚至亚微米数量级的超大规模集成电路,没有高精密、高可靠的制版、光刻设备是无法实现的;而要保证电子元器件在质量上和数量上充分满足市场需要,没有能适应工业化大生产的全自动、高效率的专用设备和自动化生产线也是不可能的。由此可见,在电子元器件的生产中,产品-工艺-专用设备之间是相互依赖而又相互促进的,而其中专用设备又起着十分关键的作用。

随着科学技术的发展,以及电子元器件本身的发展,尤其是半导体集成电路的迅速发展,促进了专用设备的迅速发展,其发展方向是提高精度、提高自动化程度和生产效率。对于半导体集成电路工艺设备,高精度就意味着需由高分辨率、高对准定位精度的制版、光刻、测试等设备,这就要求机、光、电、工艺等各方面的专业人员相互协作,密切配合,共同完成。自动化,不仅意味着实现单机自动化,而且要实现整条生产线或分段生产线的生产自动化。国外已出现了彩色显象管阴罩生产自动线,集成电路光刻自动线,封装自动线,内引线焊接机的群控系统。近年来,微机控制、电视显示等技术

已广泛应用于光刻、制版、测试、硅片分选等设备上，这就使设备的自动化水平和可靠性提高到了一个新水平。在这些自动化设备和自动生产线上，广泛地采用了片盒自动上、下料及气垫传送系统，这样就减少了人工操作对器件参数的影响，提高了产品质量和生产效率。

第三节 设备的生产率分析

在连续生产的设备上，加工一个工件或装配一个组件的循环时间为

$$T_c = t_j + t_f \quad (1-1)$$

式中 T_c ——在设备上加工一个工件的循环时间，或叫工作周期时间；

t_j ——工作时间，即直接用在加工或装配一个工件上的时间；

t_f ——辅助时间，即在一个工作循环内，除 t_j 外所消耗的时间，如上、下料、夹紧、移位等所消耗的时间。

这个工作周期时间，就是完成一个工件的加工或装配的时间间隔，而在单位时间内完成的产品数量，亦即工作循环的重复频率，就是设备的生产率

$$Q = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{t_j + t_f} \quad (1-2)$$

生产率 Q 的单位随工件的计量和计时单位而定，常用单位有：件/h，件/min，m/min 等。

为便于分析，兹将生产率公式 (1-2) 作如下变换

$$Q = \frac{\frac{1}{t_j}}{1 + \frac{t_f}{t_j}} = K \cdot \frac{1}{1 + K t_f} = K \cdot \eta \quad (1-3)$$

$$K = \frac{1}{t_j} \quad (1-4)$$

$$\eta = \frac{1}{1 + K t_f} \quad (1-5)$$

式中 K ——工艺生产率，即无需辅助时间的理想生产率；

η ——生产率系数，表示设备对时间的有效利用程度。

式 (1-5) 表明，生产率系数 η 是工艺生产率 K 和辅助时间 t_f 的函数，其变化曲线如图 1-1 所示。

由式 (1-3) 可知，改进工艺方法、提高工艺生产率，可提高设备的生产率。但由式 (1-5) 和 $\eta-K$ 曲线看出，在辅助时间不变的情况下，工艺生产率的增加，将使生产率系数 η 减小，又使设备的生产率降低，其结果将导致生产率增长速度逐渐缓慢，最终趋近于某一极限，即当 t_f 为常数时，此生产率极限为

$$Q_{\max} = \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{K}{1 + K t_f} = \frac{1}{t_f} \quad (1-6)$$

图 1-2 表示在不同辅助时间 $t_f (t_{f1} > t_{f2} > t_{f3})$ 时设备的生产率曲线。此曲线表明，对某一不变的 t_f 而言，仅依靠减少工作时间，即提高工艺生产率，开始时生产率 Q 有明显增加，而后增长速度逐渐减慢，当 K 增加到一定数值后，再继续改进工艺方法，增加工

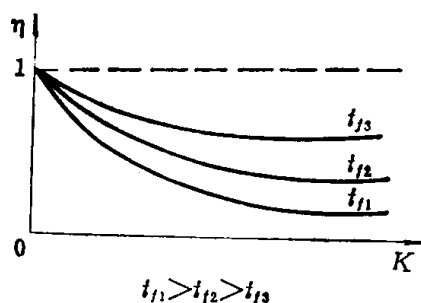
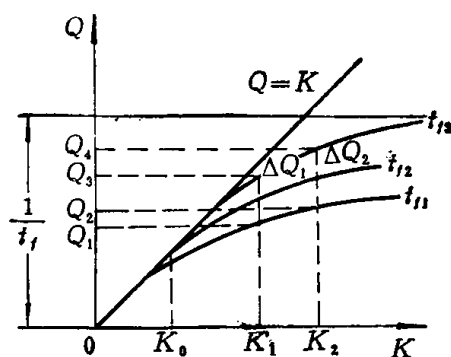
图1-1 $\eta-K$ 曲线

图1-2 设备的生产率曲线

艺生产率就毫无意义了，因这时的设备生产率已被辅助时间所限制，不会再增加。但若减少辅助时间，例如 t_{f1} 减少为 t_{f2} ，设备的生产率又随着工艺生产率的增长而增长，且辅助时间越小，增加工艺生产率时，设备生产率提高越显著。如图 1-2 中所示，当工艺生产率从 K_1 增加到 K_2 时，则 $(Q_4 - Q_3) > (Q_2 - Q_1)$ 。另一方面，工作时间越小，即工艺生产率越大时，减少辅助时间，对提高生产率收益越大，即 $\Delta Q_2 > \Delta Q_1$ 。

由此可见，工作时间和辅助时间对提高生产率的影响是互为条件又互相促进的。当产品加工工艺发展到一定水平，工艺生产率提高到一定程度时，必须提高设备的自动化程度，即进一步减少空程辅助时间，才能发挥先进工艺的作用，促使生产率不断提高。而在提高设备的自动化程度时，又要有更先进的工艺，即更高的工艺生产率与之相适应。在相对落后的工艺基础上，即工艺生产率较低时，如图 1-2 中 K_0 位置，提高设备的自动化程度，其生产率的提高是有限的。因此，应当在先进的工艺基础上实现加工自动化或装配自动化，这在设计或改装设备时，必须认清这个规律。

上面分析了一个工作循环内的生产率规律。如果按照较长的一段时间确定设备的生产率，则其生产率还要低些，因为在设备工作时，除了加工循环内的时间消耗外，还有加工循环外的时间消耗，如周期性的停车装料，更换磨损了的工具，设备的维修，更换新品种时的重新调整等。考虑了循环外的时间消耗，则设备的生产率为

$$Q = \frac{1}{t_j + t_f + t_n} \quad (1-7)$$

式中 t_n 为循环外的时间消耗，即设备在某一时间内的停顿而分摊到每一个被加工工件上的时间。

从上述对生产率的分析中可以看出，要提高机器的生产率，一要采用先进的工艺，以减少工作时间 t_j ，二要提高自动化程度，以减少辅助时间 t_f ，三要提高机器的可靠性和生产管理水平，以减少循环外的时间损失 t_n 。

第二章 凸轮机构

凸轮机构是机械控制系统中的主要构件，它具有刚性好、工作可靠、并能依靠拟定凸轮轮廓形状来实现预期的运动规律等优点。

凸轮机构的设计，主要是选择结构形式和设计轮廓曲线。

第一节 凸轮机构的结构设计

一、凸轮机构的类型

凸轮机构由凸轮、推杆和机架三部分组成，其结构形式主要由凸轮和推杆决定。凸轮的形式很多，常用的有盘形凸轮、圆柱凸轮和作直线运动的楔形凸轮（凸块）。推杆的形式更多，按其运动形式可归纳为直动和摆动两种。由这三种形式的凸轮和两种运动形式的推杆，可组成如图2-1所示的常用凸轮机构形式。但这些仅仅是基本类型，推杆亦只是单环节的，如果按实际需要，把这些基本类型加以转化，尤其是变化推杆，就会出现更多、更巧妙的凸轮机构。如图2-2所示的卸料机构，它的吸嘴7的升降和回转，分别由分配轴1上的盘形凸轮2和端面凸轮3控制。凸轮2通过摆杆4使吸嘴升降，凸轮3通过摆杆5（另一端为扇形齿轮）、齿轮6使吸嘴回转。在图2-3所示的打标志机构中，凸轮1通过两对交叉的齿轮齿条2、摆杆3带动打标志机构4的推杆5，使字模6作直线往返运动。7是印泥盘。

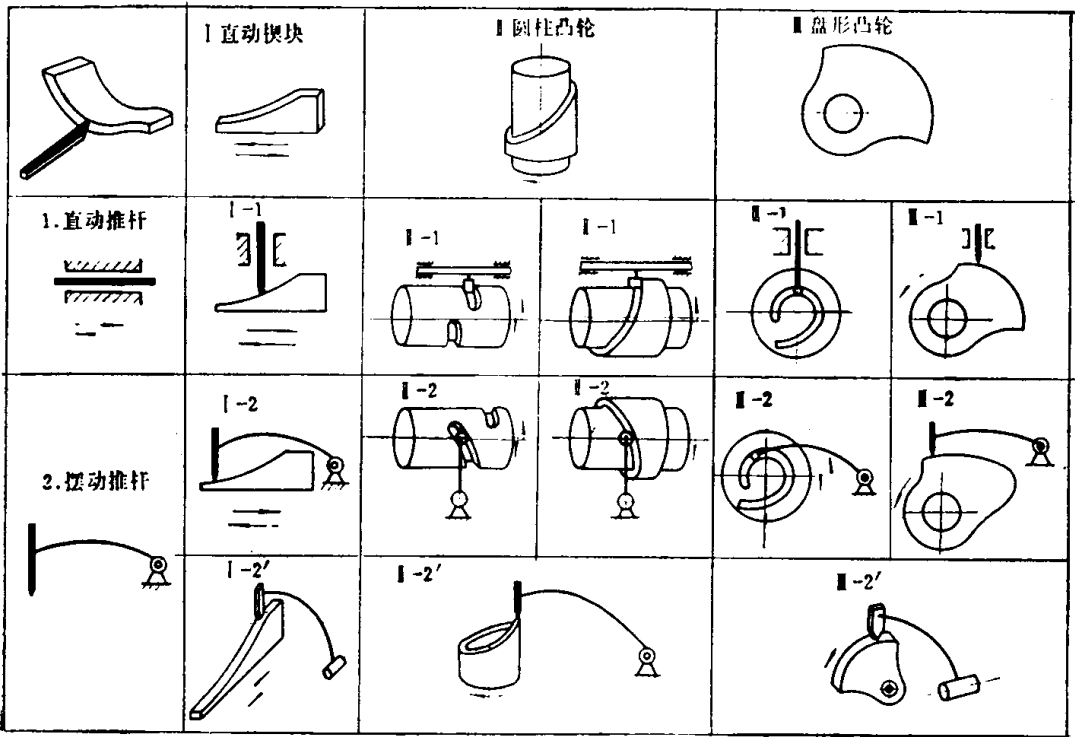


图2-1 常用凸轮机构的类型

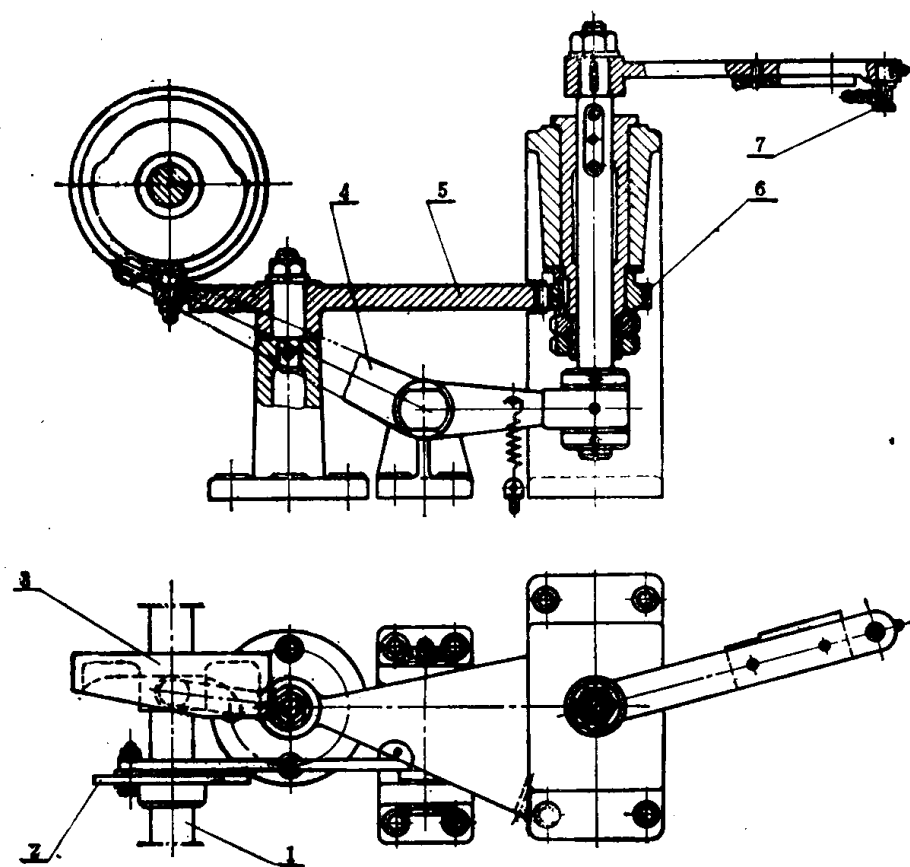


图2-2 卸料机构

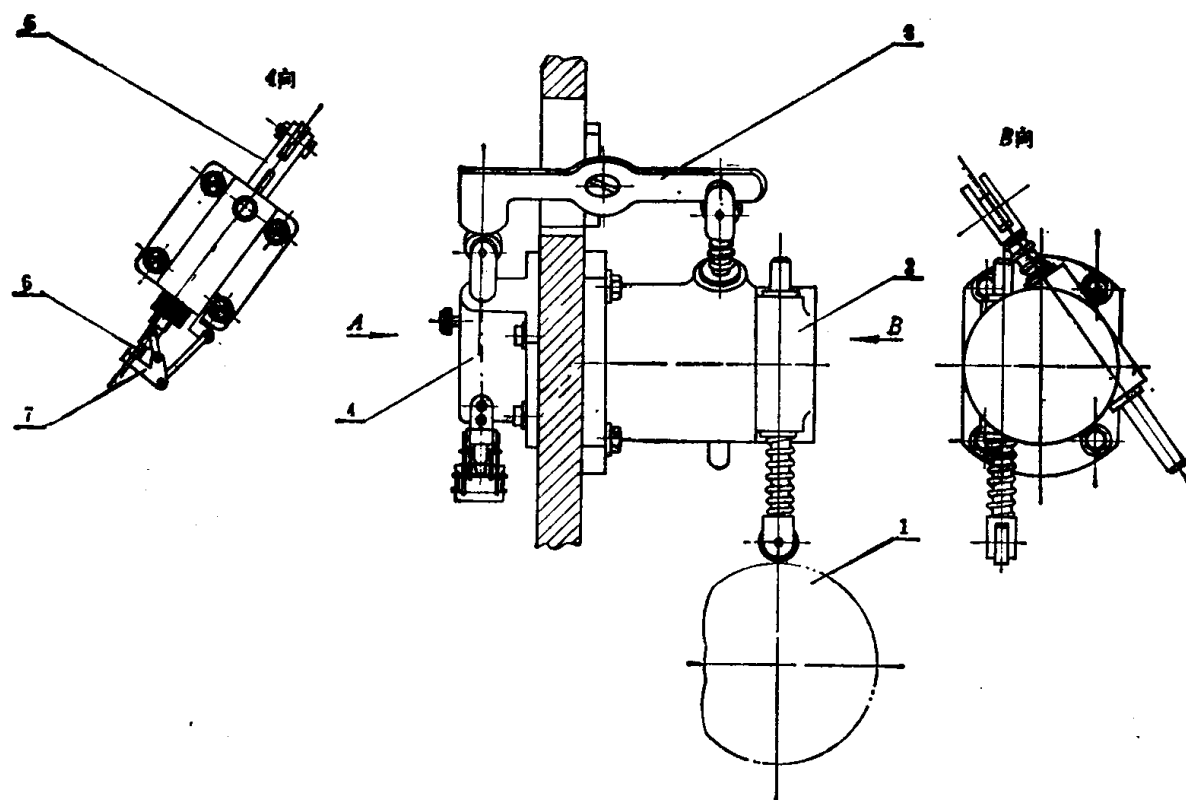


图2-3 打标志机构

二、凸轮机构的调整

为满足设备装配调试的需要和适应多品种生产的要求，在设计凸轮机构时，常常要考虑设置一些必要的调整环节。主要的调整环节有：

1. 调整凸轮与凸轮间的相对角度关系

设备上各执行机构的执行构件，其动作的顺序和始末，已由工作循环图所定。因此，在装配各凸轮机构时，每个凸轮上曲线起始点的相对位置，应按工作循环图调整好，以保证各执行构件能按预定程序协调地动作。为此，在结构上要求每个凸轮能分别沿各自的圆周方向转动，并可靠地加以固定。最简便的方法是采用紧定螺钉固定凸轮，或用紧定螺钉预固定，待调整后再用销子固定。还常采用图2-4所示的在凸轮片上开圆弧槽来调整，也有采用图2-5所示的牙嵌式结构，靠齿牙相互错动来调整凸轮曲线的起点位置。

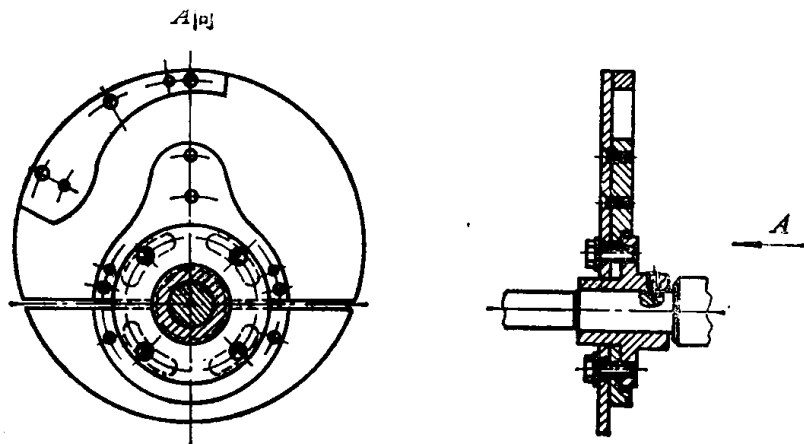


图2-4 凸轮曲线起始点的调整

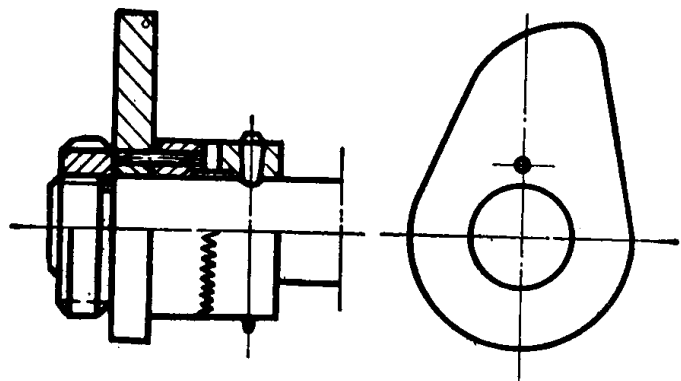


图2-5 凸轮曲线起始点的调整

2. 调整执行机构的始末位置

由于制造与装配产生的误差，使执行构件在装配后不能达到所需始末位置，或由于更换产品，而要改变执行构件的始末位置，都要求在设计凸轮机构时，考虑设置执行构件起始位置的调整环节。调整起始位置并不需要调整行程长度，因而要在不改变凸轮升程和杠杆传动比的情况下进行。如图2-6所示，在12轴自动喇叭机上，操纵扩口机构升降的摆杆，由二根杠杆1与2组成，利用其组合作用，并借助螺钉3可以方便地调整执行构件的始末位置。图2-7所示为借助左右螺纹改变拉杆长度，以调整冲头的起始位置。

3. 调整执行机构的行程

为适应设备的多品种加工，执行机构的行程应可调整，其常用方法有：

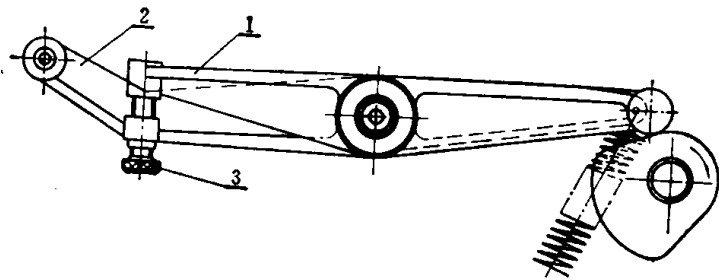


图2-6 执行构件起始位置的调整

(1) 更换凸轮 就是把轴上的原有凸轮取下来，换上为新品种而预制的新凸轮，这就要求在结构上确保更换方便、迅速，以提高机器的利用率。

图2-8所示为在轴的二支承间快速更换盘形凸轮的结构。更换时只要把凸轮上的缺口对准轴上的平面，插上后旋转90°，再用圆螺母拧紧即可。图2-4所示结构，其凸轮是剖分式的，更换时只要拧动螺钉，即可迅速而方便地换上为新产品预制好的凸轮片。

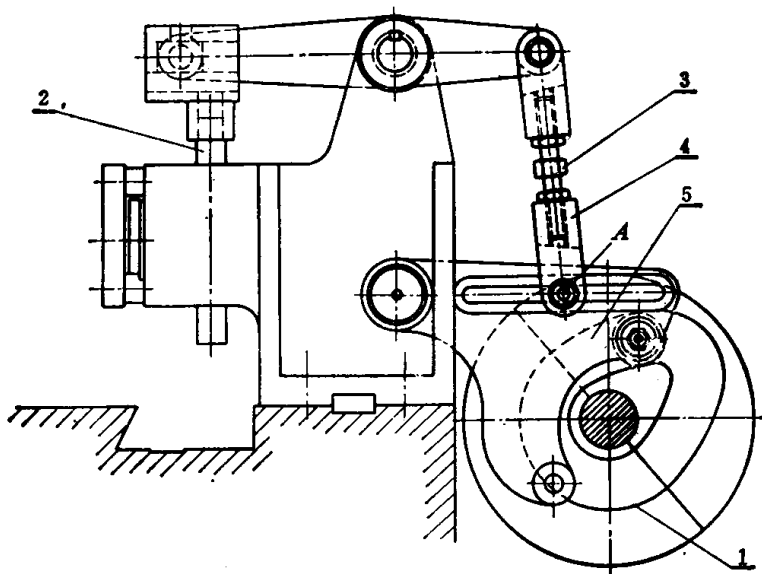


图2-7 执行构件起始位置和行程的调整

1—凸轮；2—冲头杆；3—左右螺纹连接杆；4—拉杆；5—摆杆。

(2) 改变传动杠杆的臂长比 图2-9所示为借改变杠杆臂长比，以调整引出线焊接机引线送进长度的示意图。图中的端面凸轮6，驱动摆杆2，带动滑座1作直线往返运动，以送进引线。当要调节送进长度时，只要拧动支座4上的螺钉5，改变支点3的位置，即可改变摆杆的臂长比，得到不同的送进长度。

在图2-7中，只要沿摆杆的导槽移动拉杆和摆杆的连结点A，即可改变摆杆的臂长比，从而可改变冲头的行程。

三、凸轮机构结构选择的依据

选择凸轮机构的结构时，应综合考虑下列原则：

1. 主动件和从动件的相对位置

这通常是指凸轮轴和执行机构间的相对位置，它往往决定了应该选用何种型式的推杆。在位置相近、受力不大、不需调整的情况下，应选用直动推杆，以保证有较高的刚性。在一般情况下，应选用摆动推杆，因它易于调节和闭合方便，且设计时可用较大的

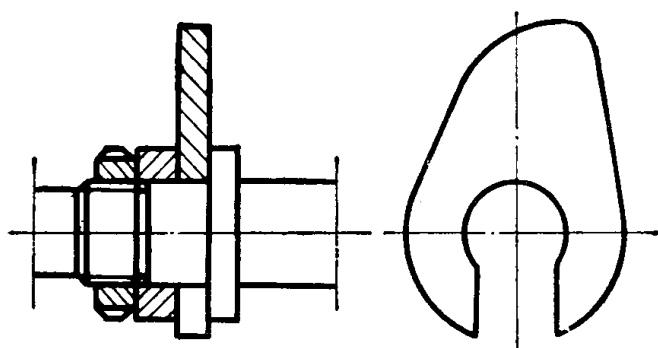


图2-8 快速更换凸轮的结构

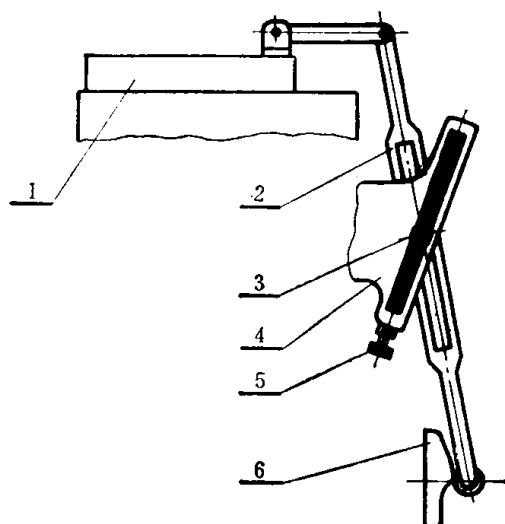


图2-9 改变杠杆臂长比的方法

压力角，又由于摆杆有放大作用，故可使凸轮尺寸减小。在相对位置间有障碍或方向变换多端时，可采用多环节的摆杆，或选用钢珠传动、钢丝传动。若执行机构行程较大，则可在钢珠传动后再用摆杆放大。

图2-10为钢珠传动示意图。图中钢管1内装满钢珠，推杆2和5分别装在钢管两端，当凸轮3旋转而推动推杆2时，运动便通过钢管里的钢珠传递给另一端的推杆5而使执行构件7运动。反向运动靠弹簧6。由于钢珠之间为点接触，为增加接触面，提高工作载荷，可在钢珠之间加放垫圈4。

钢珠传动的优点是传动精度高，不受凸轮与执行构件间相互位置的限制，故分配轴上的凸轮可紧凑地装在一起，甚至可将分配轴作成是一个独立的组合件，装在设备上。缺点是把钢管弯曲成预想的形状比较困难。

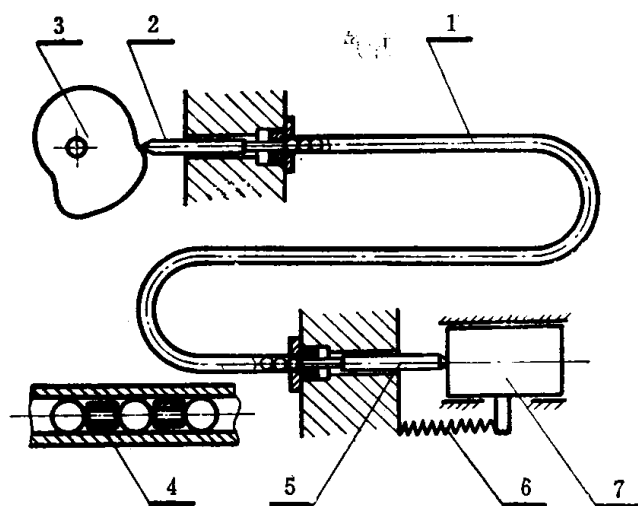


图2-10 钢珠传动示意图

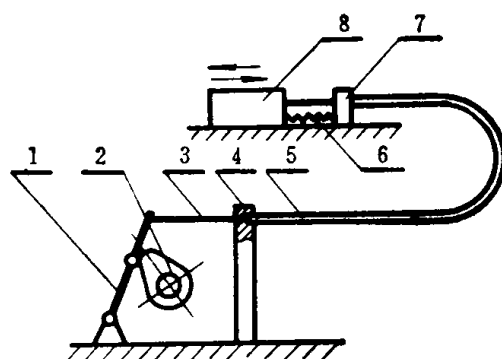


图2-11 钢丝传动示意图

图2-11为钢丝传动示意图。图中，钢丝绳外面的套管5的两端分别插在固定块4和7的孔中，当凸轮2旋转时，推动摆杆1拉动钢丝绳3，使执行构件8动作。反向运动靠弹簧6。

钢丝传动的优点，是不受凸轮与执行构件间相互位置的限制，制造简单，取材容易。

缺点是由于钢丝绳的变形, 传动精度不高。

从凸轮到执行构件之间的传动越复杂, 机构的刚性就越差, 导致工作精度降低并引起振动。设计时应尽量避免采用复杂的传动。

2. 设备的通用性

设备的应用范围决定了执行机构的尺寸特性, 也决定了凸轮机构要不要设置调整环节和如何设置等问题。

3. 升程量

执行机构的行程 l , 经过传动比为 i 的杠杆传动之后, 最终要求凸轮的升程量 h 为

$$h = l / i$$

一般可以由要求的凸轮升程量 h 来选用凸轮的形式。 $h \leq 75\text{mm}$, 选用盘形凸轮; $h > 75\text{mm}$ 选用圆柱凸轮。

4. 发令件的运动形式及其变换的可能性, 以及允许的空间尺寸等。

四、对凸轮机构的基本要求

1. 空行程时间少

空行程时间少, 可以提高自动化设备的生产率。减少空行程时间可以从下列两方面着手:

(1) 提高空行程时的转速 在空行程时, 分配轴以高于工作行程时的转速旋转。但分配轴具有两种转速时结构较复杂。

(2) 减小空行程所对应的中心角 在推杆行程和凸轮基圆半径一定时, 廓线所对应的中心角越小, 其压力角越大, 故中心角减小的程度应以最大压力角不超过许用值为限。空行程时间的减少, 会使此行程中惯性力增加。因此, 必须通过事先计算, 或在各种参数已定后来验算中心角恰当与否。

2. 刚性

凸轮机构的刚性不足, 会使推杆运动不符合预定要求, 并产生振动。机构的刚性不仅与构件本身的刚性有关, 而且与各个环节连接处的间隙有关。机构的环节越多, 其刚性就越差。故提高机构刚性的主要办法, 是尽可能地减少其环节数。

3. 耐磨性

凸轮机构的耐磨性对其能否长久地保持工作精度有极大影响。工作时在推杆及其导轨间各个环节的连接处, 以及凸轮轮廓表面均有磨损产生。前两者的磨损使导轨及环节连接处的间隙加大, 使机构刚性下降, 产生振动, 并使推杆的运动不符合预定要求。但对推杆运动规律影响最大的还是凸轮轮廓的磨损。其磨损值在各点均不相同。图2-12为凸轮轮廓磨损图(磨损值 U 为从垂直于摩擦表面测得)。设未磨损凸轮传递的运动规律为

$$h = f(\theta)$$

式中 h —— 凸轮升程(mm);

θ —— 凸轮转角($^\circ$)。

在轮廓磨损后, 半径减小 Δh (Δh 在轮廓的不同部分均不相等), 即

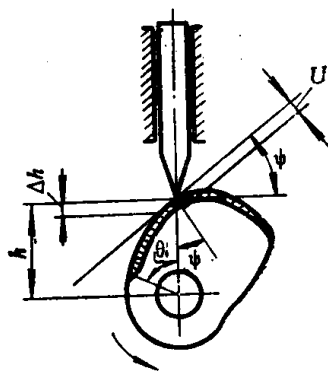


图2-12 凸轮轮廓的磨损图