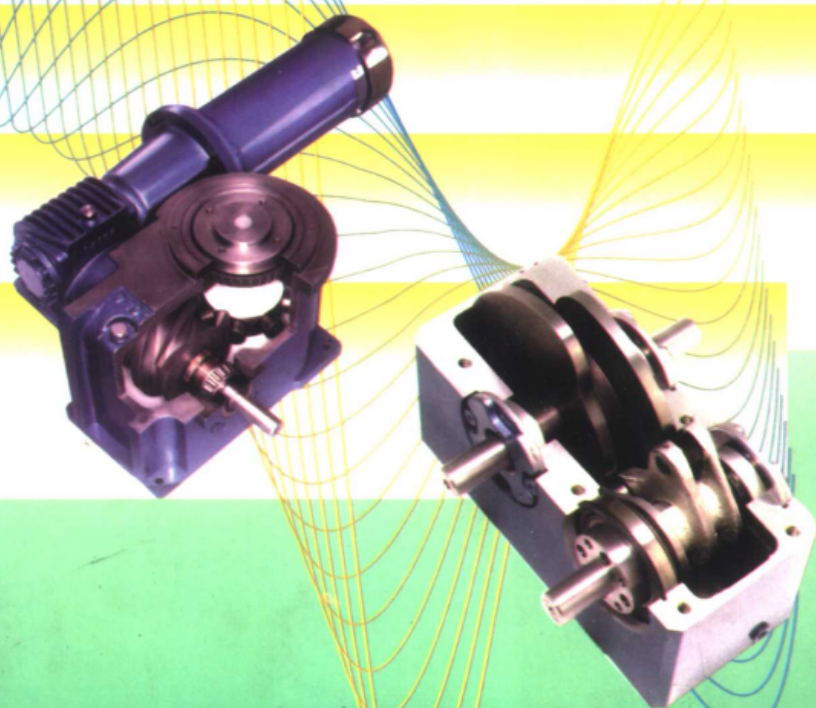


精密间歇机构

于云满 张敏 张义选 编著



机械工业出版社

精密间歇机构

于云满 张 敏 张义选 编著



机械工业出版社

本书总结了国内外最新成果,形成了精密间歇机构理论的完整体系。书中论述了将连续运动转变成间歇运动或摆动运动的方法,讨论了精密连续运动的凸轮与滚子的共轭原理。主要内容包括直角式桶形凸轮、滚子齿形式径向凸轮、平行分度式平面凸轮的廓面求解、受力分析、寿命计算、数控伺服系统、机构选择、精度测试以及计算机辅助设计与制造。这种精密间歇机构有广阔的使用前景。

本书是一本系统性、实用性很强的著作,可供机械制造工艺与设备、机械电子工程、自动化控制、仪器仪表等专业的大学、研究生阅读,也可供从事这些专业的科研人员、工程设计人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

精密间歇机构 / 于云满等编著. —北京:机械工业出版社, 1999.4
ISBN 7-111-05788-0

I. 精… II. 于… III. 间歇运动机构 IV. TH112.4

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第07496号

出版人:马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:刘小慧 版式设计:冉晓华 责任校对:张佳

封面设计:方芬 责任印制:路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999年5月第1版第1次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·7.25印张·186千字

0 001-2 000册

定价:14.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话:(010) 68993821、68326677-2527

前 言

机械工业是重要的基础工业，由于现代科学技术的迅猛发展，机械工业已发生了极为深刻的变化，特别是与微计算机技术的紧密结合，使现代机械技术较以往更为复杂和先进，与此同时，对在各种自动机、半自动机，自动线、半自动线中将连续运动转变为间歇运动的各种间歇机构也提出了越来越高的要求。

为了适应现代工业高速度、高精度、高生产率、机电一体化的要求，作者总结了国内外精密间歇机构的理论和技术，根据多年的工作经验，以及科研成果“WJ 蜗杆步进减速机系统工程”资料，编著了此书。该项成果经大连市科委鉴定属国内首创，填补了空白。其主要指标达到了国际先进水平；在学术理论方面进一步丰富了精密间歇机构啮合理论和空间曲面加工方法，并获得国家教委科技进步奖。

本书介绍了精密间歇机构的基本概念、原理，计算机辅助计算、设计、制造方法，着重论述了精密分度机构、精密摆动机构、纯滚动连续运动机构的种类和特性，并进一步阐述了影响精密间歇机构寿命的因素，数控伺服系统、计算机测试系统的设计和数误差分析等问题。可供从事这方面工作的广大读者参考。

在编著过程中承蒙大连理工大学戴曙教授、大连大学陈万钟教授、北京轻工业学院刘璣教授热忱指导和审阅，在此表示感谢。

本书获大连市委、市政府 1995 年度学术著作出版资助，在此向大连市委、市政府学术评审委员会表示谢意。

由于作者水平所限，错误和不当之处在所难免，竭诚欢迎同行和读者指正。

作者

1998 年 6 月

17952/1-100

目 录

前言

1 概述

- 1.1 什么是分度运动 1
- 1.2 从动系统工作原理 2
- 1.3 什么是凸轮驱动系统分度机构 2

2 凸轮驱动精密间歇机构的分类

- 2.1 凸轮驱动精密间歇机构的分类方法 4
- 2.2 精密间歇凸轮机构的基本类型 5
 - 2.2.1 直角式精密分度机构（端面蜗形凸轮或桶形凸轮） 5
 - 2.2.2 滚子齿形式分度机构（径向蜗形凸轮或滚子齿形凸轮） 5
 - 2.2.3 平行分度凸轮机构（平行平面凸轮） 9
 - 2.2.4 定制凸轮 9
 - 2.2.5 从动件 9

3 精密间歇机构凸轮的设计

- 3.1 运动的必要条件 11
- 3.2 运动学应考虑的问题 14
 - 3.2.1 运动廓面（曲线） 14
 - 3.2.2 压力角、曲率半径和根切 16
- 3.3 分度凸轮的求解 18
 - 3.3.1 平行分度凸轮 18
 - 3.3.2 分度桶形凸轮的平面近似解 28

3.3.3 分度桶形凸轮的加工坐标	32
3.3.4 分度桶形凸轮的精确解	33
3.3.5 滚子齿形凸轮压力角的近似解	39
3.3.6 滚子齿形凸轮的精确解	41
3.4 动力学应考虑的问题	46
3.4.1 凸轮机构的受力分析	46
3.4.2 凸轮和滚子表面的接触应力	47
3.5 精密分度凸轮机构设计应考虑的问题	48

4 影响精密分度机构寿命的因素

4.1 精密分度机构的寿命	54
4.2 接触表面压力	55
4.3 凸轮从动机构的基本动载荷	56
4.3.1 温度系数 (f_t)	57
4.3.2 硬度系数 (f_n)	57
4.4 寿命计算	57
4.4.1 变动载荷	57
4.4.2 额定动力转矩	58
4.4.3 可靠性系数 α_1	59
4.4.4 材料系数 α_2	60
4.4.5 润滑系数 α_3	61
4.4.6 间隙系数 α_4	61
4.4.7 根据寿命值选择分度装置	64

5 凸轮驱动精密间歇机构的选择

5.1 量值的符号、单位及其说明	65
5.2 循环中时间和速度的关系	70
5.3 输出轴的最大角速度和角加速度	71
5.4 惯性矩 M_J	71
5.5 摩擦力矩 M_F	71
5.6 外力矩 M_L	72

5.7 动力转矩总计 M_D	72
5.8 静态期的转矩 M_P	72
5.9 输出转矩的确立及分度装置的选择	72
5.10 所需最大输入转矩 M_e	73
5.11 功率需求 P	73
5.12 例证 (1~6)	73

6 数控传动伺服系统的分析

6.1 伺服驱动系统的数学模型	87
6.2 机械传动机构的数学模型	88
6.2.1 机械传动机构的等效动力学模型	89
6.2.2 机械参量的折算	90
6.2.3 机械传动机构的传递函数	92
6.3 数控传动系统的数学模型	94
6.4 数控传动系统特性的分析	97
6.4.1 系统增益	97
6.4.2 速度环	99
6.4.3 定位精度	100
6.4.4 伺服刚度	101
6.5 传动伺服系统参数的匹配	103

7 Cambot 型取置器

7.1 取置器的结构特点	105
7.2 取置器的工作原理	108
7.3 凸轮的设计与制造	108
7.4 取置器的应用	109

8 平行分度凸轮曲线的计算机辅助设计

8.1 工作原理和轮廓曲线	112
8.2 计算机设计基础	116
8.3 计算机设计曲线	117
8.4 计算机计算框图	120

9 精密间歇机构的计算机测试系统的设计

9.1 精密间歇机构的工作原理、特点及应用	121
9.2 精密间歇机构的测试系统结构	124
9.2.1 精密间歇机构测试系统结构的确立	124
9.2.2 精密间歇机构测试方法简述	124
9.2.3 精密间歇机构测试系统的特点	126
9.3 系统的硬件结构	127
9.3.1 硬件的设计思想	127
9.3.2 硬件的设计步骤	127
9.3.3 硬件结构各部分元件的选取与功用介绍	128
9.4 系统的硬件接口设计	133
9.4.1 微型机的接口及接口的任务	133
9.4.2 接口的功能	134
9.4.3 接口的特点	135
9.4.4 STD BUS 组成及工作原理 (RS-232C 接口设计) ...	135
9.4.5 STD 与 SMD-II 步进电机控制系统接口设计	138
9.4.6 系统计算机与数显表接口设计	142
9.4.7 系统流程图	144

10 精密间歇机构的计算机测试系统的数据误差分析

10.1 有关误差的基本概念	145
10.1.1 测量值(x_i), 真值(μ_x), 算术平均值($\bar{x}$)	145
10.1.2 误差的基本概念	146
10.2 粗差、系统误差、随机误差的性质及处理方法	147
10.2.1 粗差的定义及处理方法	147
10.2.2 系统误差的性质及处理方法	148
10.2.3 随机误差的性质及处理方法	151
10.3 各种误差的计算机处理	155
10.3.1 计算机综合分析处理三类误差的步骤	155
10.3.2 计算机综合分析处理三类误差的总框图	156

10.3.3 程序中各函数的说明	157
11 直角式精密分度凸轮的数控铣削	
11.1 柱形凸轮零件的数控铣削	162
11.1.1 对零件图进行工艺分析	163
11.1.2 制定工艺	163
11.1.3 设计夹具	163
11.1.4 凸轮的安装	165
11.1.5 选择铣刀	165
11.1.6 凸轮轨迹的数学处理及数值计算	166
11.1.7 凸轮轨迹数控加工的程序编制	172
11.2 平面凸轮零件的数控铣削	180
11.2.1 平面凸轮的分类	180
11.2.2 平面凸轮的编程方法	183
11.2.3 平面凸轮的加工方法和步骤	201
11.2.4 平面凸轮的检测	205
附录一 牛顿插值子程序	206
附录二 圆弧样条拟合列表曲线的子程序	209
附录三 双圆弧样条拟合列表曲线的子程序	214
参考文献	221

1 概 述

1.1 什么是分度运动

在机械设计中，分度运动主要有直线式的传送带或旋转式的工作台两类。这两类运动都必须满足精密的位置精度要求。能达到这种目的的机构很多，如棘轮棘爪机构、马氏机构、不完全齿机构、摆动机构和单向离合器等间歇运动机构。凸轮驱动的精密切割机构具有较高的分度精度，适于高速生产，并具有高承载能力和低维修率，并能满足用户所要求的特殊运动特性，是一种很有发展前途的新兴的凸轮驱动分度机构。这种机构是由凸轮、从动件、从动系统以及驱动系统组成的。其分度运动和分度机构如图1-

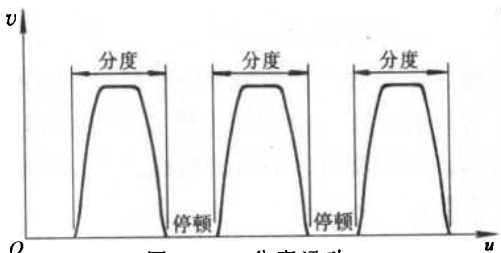


图 1-1 分度运动

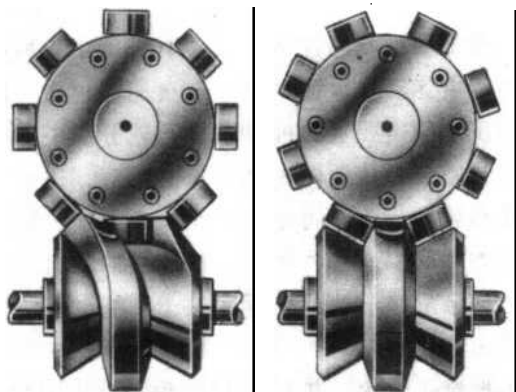


图 1-2 分度机构

1 和图 1-2 所示。

1.2 从动系统工作原理

分度机构的从动件一般为圆柱形滚子。滚子固定在从动盘上，而从动盘多固定在输出轴上，该轴支承在固定于箱体内的轴承上，从而构成了从动系统。

当电动机作用于驱动系统（一般多为降速的蜗轮蜗杆系统），使运动按一定要求输入到凸轮轴（主动轴）上时，凸轮轴便以一定的转速旋转，通过凸轮的轮廓带动与之啮合的从动轮，从而使精密间歇分度运动由输出轴输出。在啮合过程中，通过凸轮轮廓的变化来控制 and 引导从动件（输出轴）的旋转或停顿，以完成预先要求的间歇运动。这就是分度机构输入和输出轴的传动比。凸轮以固定的速度旋转、输出、停顿和起动（停顿和分度运动），这个过程周期性地循环。在一个循环中（从动件旋转 360° ）输出、停顿的次数称为停顿次数；在标准的分度中这种停顿次数也叫分度次数。若凸轮为单头蜗形曲线，停顿数则为从动盘滚子数；若凸轮为多头蜗形曲线，则停顿数为从动滚子数除以凸轮的头数。

1.3 什么是凸轮驱动系统分度机构

高速分度需要准确的控制、需要具有特定的加速度特性，这往往由机械组合运动来保证。凸轮分度驱动机构可以设计成最能充分满足精度和刚度要求的机构。在凸轮分度中，凸轮从动件总是和凸轮保持啮合，从动件在啮合中有预载，这是采用变化轴间距的方法在凸轮和从动件间建立一个微小干预。微小干预消除了任何制造公差和间隙。这种预紧方法产生的轴向力是依靠输入轴和输出轴上的锥形滚子轴承支承。这个预加载荷使输出运动的整个过程都是由凸轮控制，从而保证机构的精度。为了特殊运动的需要，简单地修正凸轮，并对精密凸轮和分度机构中的从动件、从动系统以及驱动系统进行精心设计，就可以使啮合中的冲击保

持最小，精度可达到精密级。与凸轮啮合的滚子采用滚针轴承，形成滚动接触，减少了摩擦和磨损，从而延长了寿命，减小了振动，提高了精度。该分度机构的速度和从动件的加速度曲线也可以人为地控制，所以成为当今最好的分度机构之一。

2 凸轮驱动精密间歇机构的分类

2.1 凸轮驱动精密间歇机构的分类方法

(1) 按输入和输出运动类型分类

- 1) 凸轮旋转，从动件直线移动；
- 2) 凸轮直线移动，从动件也直线移动；
- 3) 凸轮固定，从动件直线移动；
- 4) 凸轮固定，从动件旋转。

(2) 按从动件的形状分类

- 1) 刀口形从动件；
- 2) 滚子形从动件；
- 3) 平板形从动件；
- 4) 斜交平板形从动件；
- 5) 球面从动件。

(3) 按从动件分布位置分类

- 1) 对心直线从动件；
- 2) 偏心从动件。

(4) 按凸轮形状分类

- 1) 平板凸轮或圆盘凸轮，或开式凸轮；
- 2) 沟槽凸轮或闭式凸轮；
- 3) 圆柱形或桶形凸轮；
- 4) 球形凸轮；
- 5) 端面凸轮；
- 6) 驼峰凸轮。

(5) 按从动件结构构成分类

- 1) 自重结构：依靠从动件重量，保持充分接触；

- 2) 弹性结构: 弹簧必须合理设计, 以保持接触;
- 3) 刚性强制机械机构: 沟槽保持刚性强制作用。

2.2 精密间歇凸轮机构的基本类型

精密间歇分度凸轮机构的基本类型有三种:

- 1) 直角式精密分度机构, 其示意图和结构图如图 2-1a、b 所示。
- 2) 滚子齿轮式分度机构, 其示意图和结构图如图 2-2a、b 所示。
- 3) 平行分度凸轮机构, 其示意图和结构图如图 2-3a、b 所示。

2.2.1 直角式精密分度机构 (端面蜗形凸轮或桶形凸轮)

直角式分度机构采用桶形凸轮 (圆柱凸轮), 从动滚轮与从动盘端面垂直安装。输入轴和输出轴或直角空间交错, 直角分度机构的停顿范围在 3~24 等分中选取, 附加的停顿和特殊的运动也可以得到。

特点:

- 1) 最小的板面空间。凸轮和它上面的一套从动组件需要给出适用的最小腔内空间。
- 2) 固定的中心距。直角分度机构滚子靠在很宽的凸轮凸脊上, 保证在从动件上有一个预加载荷。在调整输出轴和输入轴之间的固定中心距时, 便可产生此预加载荷。
- 3) 紧凑性。对于同样的传递转矩, CAMCO 标准垂直分度驱动装置所占据的空间体积最小。

2.2.2 滚子齿形式分度机构 (径向蜗形凸轮或滚子齿形凸轮)

滚子齿形式分度机构由球形凸轮 (弧面凸轮) 和安装在从动轮圆周外径向方向的滚子从动件组成。该从动轮很象一个齿轮轮齿, 输入轴和输出轴成直角交错, 滚子齿形的分度范围在 2~24 等分中选取, 并可得到附加停顿和特殊的运动。

特点:

- 1) 径向深度小。凸轮和紧靠它安装的从动件, 确定了产品

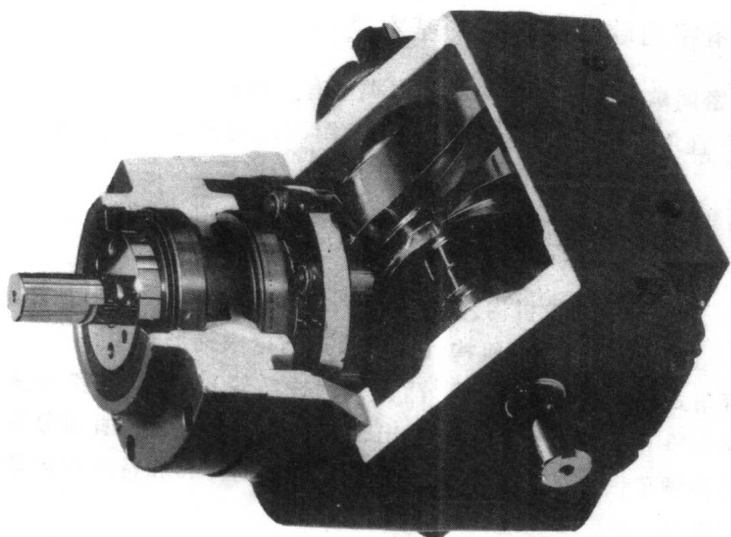
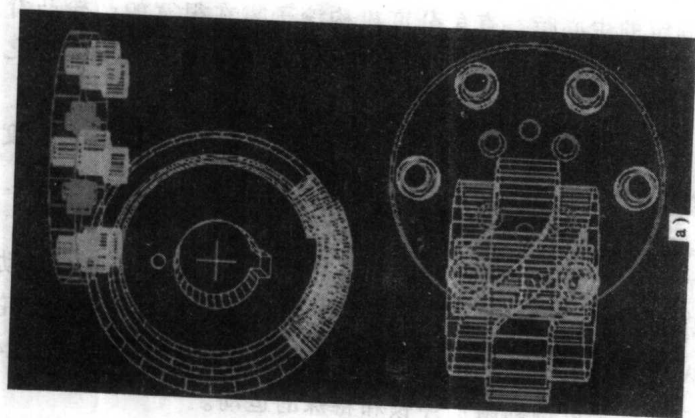


图 2-1 直角式精密分度机构
a) 示意图 b) 结构图

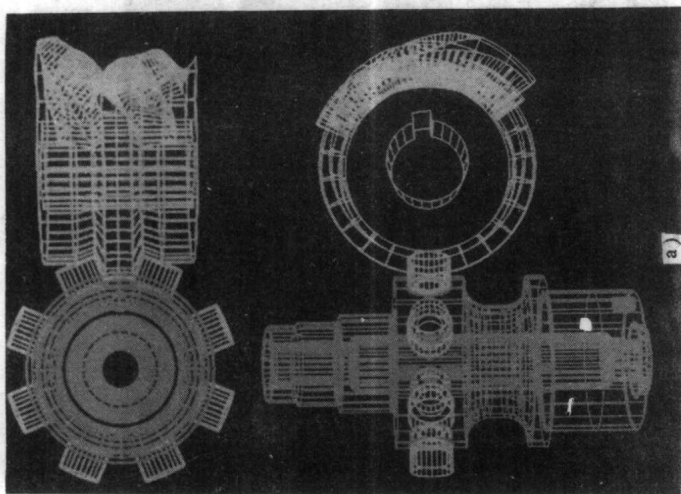
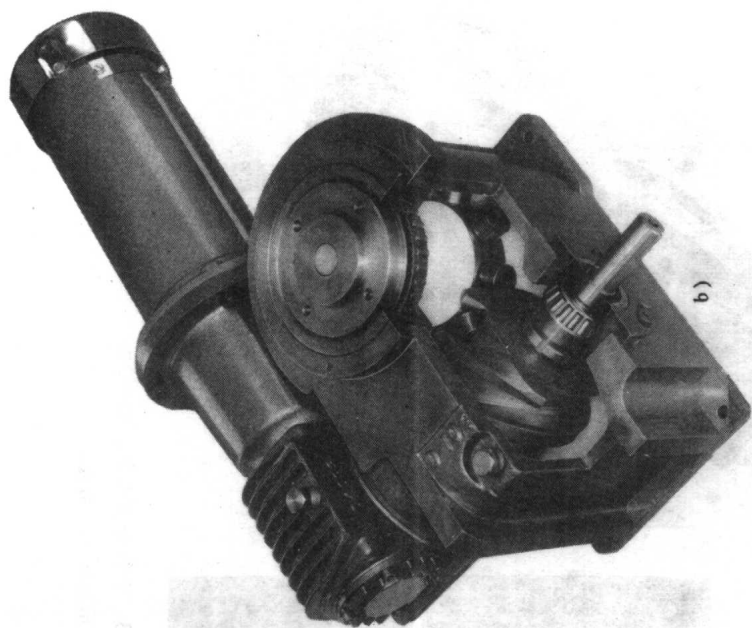


图 2-2 滚子齿轮式分度机构
a) 示意图 b) 结构图

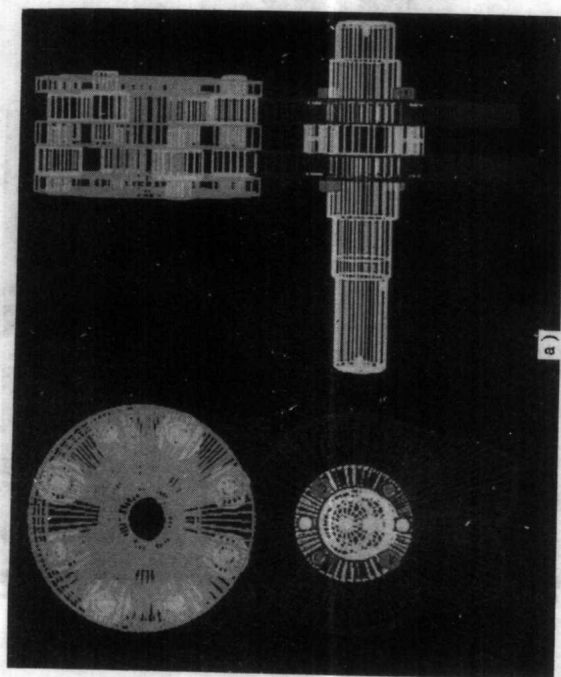
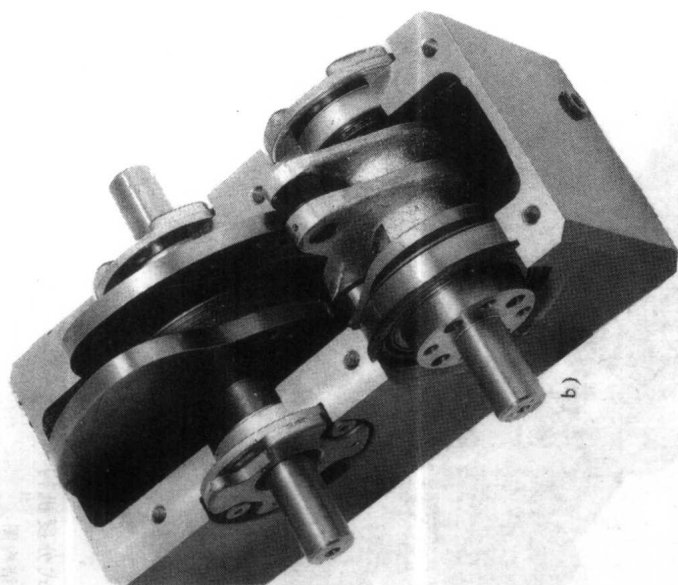


图 2-3 平行分度凸轮机构

a) 示意图 b) 结构图