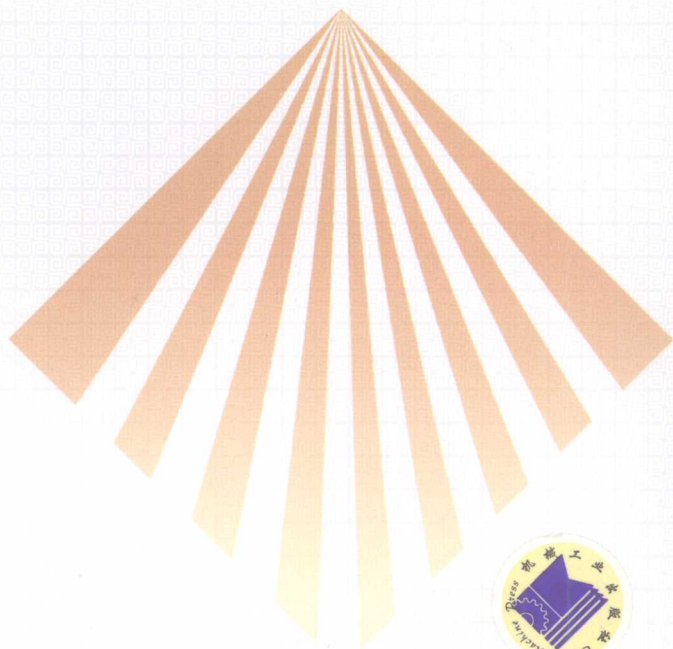




机构设计与应用创新丛书

间歇运动机构设计与 应用创新

邹慧君 殷鸿梁 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



◎ ISBN 978-7-111-24711-1

◎ 策划：黄丽梅 / 封面设计：陈沛



机构设计与应用创新丛书

- 1 · 机构系统设计与应用创新
- 2 · 凸轮机构设计与应用创新
- 3 · 连杆机构设计与应用创新
- 4 · 组合机构设计与应用创新
- 5 · 间歇运动机构设计与应用创新
- 6 · 空间机构设计与应用创新
- 7 · 齿轮机构设计与应用
- 8 · 广义机构设计与应用创新

上架指导：工业技术 / 机械工程 / 机械设计

ISBN 978-7-111-24711-1

编辑热线：010-88379770

地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
联系电话：(010)68326294 网址：<http://www.cmpbook.com> (机工门户网)
(010)68993821 E-mail: cmp@cmpbook.com
购书热线：(010)88379639 (010)88379641 (010)88379643

定价：32.00 元



9 787111 247111 >

机构设计与应用创新丛书

间歇运动机构设计 与应用创新

邹慧君 殷鸿梁 编著



机械工业出版社

本书是“机构设计与应用创新丛书”之一。间歇运动机构设计与应用创新是机械装备自主创新中十分重要的内容,是实现机器周期性转位、分度、步进、瞬时停歇或带停歇区间等运动要求必不可少的机构。

本书内容包括棘轮机构设计、槽轮机构设计、针轮机构设计、不完全齿轮机构设计、共轭盘形分度凸轮机构设计、分度凸轮机构的常用运动规律、弧面分度凸轮机构设计、圆柱分度凸轮机构设计、具有瞬时停歇特性或停歇区的间歇运动机构设计以及广义间歇运动机构设计等。这些内容对于进行间歇运动机构设计与应用创新有较大的参考价值。

本书可供从事机械工程专业的工程技术人员和科研设计人员阅读,也可供大专院校机械工程专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

间歇运动机构设计与应用创新/邹慧君,殷鸿梁编著. —北京:
机械工业出版社, 2008. 10
(机构设计与应用创新丛书)
ISBN 978-7-111-24711-1

I. 间… II. ①邹…②殷… III. 间歇运动机构—机构综合
IV. TH112.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第108482号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:黄丽梅 责任编辑:黄丽梅 责任校对:魏俊云
封面设计:陈沛 责任印制:邓博
北京京丰印刷厂印刷
2008年9月第1版·第1次印刷
169mm×239mm·20.25印张·390千字
0 001—4 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-24711-1
定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 68351729
封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

18 世纪下半叶, 资本主义在欧洲兴起, 在英国发生了世界第一次工业革命, 大大推动了用机械化生产代替手工业生产的进程, 纺织机械、缝纫机械、农业机械、蒸汽机、内燃机等各种工作机械、动力机械应运而生。这些机械的发明和应用, 促进了机械工程学科的形成和发展。同时, 机构学在原来机械力学的基础上发展成为一门独立的学科。通过对各类机械中机构的结构学、运动学和动力学系统、深入的研究, 形成了早期机构学独立的体系和独特的研究内容。机构学的形成反过来对于上述各类机械的结构完善和性能提高, 发挥了不可替代的作用。机构学成为机械产品发明创造的手段, 也是一门实用性很强的机械工程基础学科。

随着科学技术的飞速发展, 当今世界又在经历一场新的产业革命。计算机技术、控制技术和传感技术在机械产品上广泛采用, 计算机逐步成为信息处理和控制手段, 使机构和机器的概念发生深刻的变化。但是机构和机器的基本特性没有变。如果说机械化生产可以看作人类双手巧妙的延伸, 机械化主要依靠各种机构来加以实现, 那么自动化、智能生产可以看作人类双手和大脑有机结合的实际工程应用, 自动化、智能化生产主要还是依靠各种机构来加以实现。

机械产品的核心是机构, 深入研究各种机构的设计与应用创新, 将会有利于提高机械产品的创新性和国际竞争能力。目前一些工业发达的国家都十分重视机构学的研究, 应用机构学的理论和方法开发出不少具有自主知识产权的机械产品。同样, 我们应该重视机构学的研究。运用机构学的研究成果有利于推动我国从制造大国走向制造强国。机械产品性能的提高离不开机构学, 机械产品发明专利的取得离不开机构学, 机械产品规避国外专利同样离不开机构学, 机械产品自主知识产权的取得更是离不开机构学。

中国机构学专业委员会近十几年来十分重视机构学的应用, 从 2005 年起连续两次与相关的机械行业协会举办了机构与机器科学应用 (CCAMMS) 会议, 受到了企业界的欢迎, 取得了很好的效果。为了推动机构学在机械行业各个领域中的应用, 我们组织编写了“机构设计与应用创新丛书”其计有八本书, 依次为《机构系统设计与应用创新》、《连杆机构设计与应用创新》、《凸轮机构设计与应用创新》、《齿轮机构设计与应用》、《空间机构设计与应用创新》、《间歇运动机构设计与应用创新》、《组合机构设计与应用创新》及《广义机构设计与应用创新》。这套丛书篇幅很大, 内容也比较详尽、联系实际应用, 在当前强调开

发具有自主知识产权的机械产品、增强企业市场竞争能力的形势下,估计会得到机械行业的设计人员和制造人员的欢迎。同时,对于高校从事机械工程、动力工程、精密机械等方面师生也有较大的参考价值。

中国机构学专业委员会主任 邹慧君
机构设计与应用创新丛书编委会主任

前 言

随着制造业的不断发展,各种各样的自动化机械设备应运而生。这些自动化机械设备为了满足多种多样的机器工作机理和生产工艺动作的需要,在机械运动方案设计中常常要采用一些机构来实现周期性的转位和步进分度动作,以及需要实现瞬时停歇运动和带有停歇区间的断续性运动。实现以上运动的机构系统称为间歇运动机构。

总体来说,间歇运动机构由于其不同的结构特征和动作原理,可以分成两大类:一类是实现步进运动的间歇运动机构,如棘轮机构、槽轮机构、针轮机构、不完全齿轮机构、共轭盘形分度凸轮机构、圆柱分度凸轮机构以及弧面分度凸轮机构;另一类是实现瞬时停歇运动或实现停歇区的间歇运动机构,如凸轮-连杆组合机构以及差动链轮机构。

实现步进运动的间歇运动机构中,棘轮机构、槽轮机构、针轮机构、不完全齿轮机构一般用在低速场合,除棘轮机构外,采用一些特殊措施可以用在中速场合,而共轭盘形分度凸轮机构、圆柱分度凸轮机构以及弧面分度凸轮机构可以用在中、高速场合。

为了使读者根据工作需要能合理选择、设计创新间歇运动机构,本书对各类间歇运动机构的工作原理、设计计算方法、具体步骤和有关的数据、图表均作了较全面的阐述。在各章中均附有设计计算实例,便于工程技术人员在进行间歇运动机构的创新设计时参考。

本书共分11章,第1章间歇运动机构概述,第2章棘轮机构设计,第3章槽轮机构设计,第4章针轮机构设计,第5章不完全齿轮机构设计,第6章共轭盘形分度凸轮机构设计,第7章分度凸轮机构的常用运动规律,第8章弧面分度凸轮机构设计,第9章圆柱分度凸轮机构设计,第10章具有瞬时停歇特性或停歇区的间歇运动机构设计,第11章广义间歇运动机构。

本书由殷鸿梁负责初稿编写,邹慧君负责补充、修改和定稿。

由于编著者水平所限,错误或不当之处在所难免,衷心希望广大读者不吝指正。

目 录

丛书序

前言

第1章 间歇运动机构概述..... 1

1.1 步进运动间歇机构 1

1.2 具有瞬时停歇特性或停歇 区的间歇运动机构 8

第2章 棘轮机构设计 12

2.1 棘轮机构的基本形式 与工作特点 12

2.2 齿式棘轮机构的参数 选择与设计 16

2.3 摩擦式棘轮机构的参数 选择与设计 23

2.4 棘轮机构的应用实例 25

2.5 擒纵机构 28

第3章 槽轮机构设计 31

3.1 槽轮机构的基本形式 与工作特点 31

3.2 槽轮机构的运动分析 33

3.3 槽轮机构的动力学计算 41

3.4 槽轮机构设计 42

3.5 具有特殊结构和工作要求 的槽轮机构 46

第4章 针轮机构设计 52

4.1 针轮机构的基本形式与 工作特点 52

4.2 外针轮机构 54

4.2.1 齿槽廓线 54

4.2.2 星轮齿槽的基本参数 55

4.2.3 转角比 σ 及半径比 μ 57

4.2.4 运动系数 59

4.2.5 针轮上锁止弧所对中

心角 γ 59

4.2.6 运动分析 59

4.2.7 外针轮机构的设计计算 步骤 63

4.3 内针轮机构 65

4.3.1 $\mu < 1$ 的内针轮机构 65

4.3.2 $\mu > 1$ 的内针轮机构 68

4.3.3 $\mu < 1$ 和 $\mu > 1$ 两种内针轮 机构的特性比较 70

4.3.4 内针轮机构与外针轮机构 中 σ 和 μ 的极值比较 73

4.3.5 内针轮机构的运动分析 73

第5章 不完全齿轮机构 设计 76

5.1 不完全齿轮机构的基本形式 与工作特点 76

5.2 不完全齿轮机构的啮合 过程 77

5.2.1 普通渐开线(完全)齿轮 机构的啮合过程 77

5.2.2 不完全齿轮机构的啮 合过程 77

5.3 齿顶干涉问题与主动轮首、末 齿齿顶高系数的确定 80

5.3.1 齿顶干涉现象 80

5.3.2 主动轮首、末齿齿顶高 系数的确定 81

5.4 锁止弧的设计 85

5.4.1 从动轮锁止弧的设计 85

5.4.2 主动轮锁止弧的 设计 86

5.5 从动轮的停歇时间与运动 时间 89

5.6 改善传动性能的措施	89	运动规律	131
5.7 不完全齿轮机构的设计	91	7.1 无量纲运动参数	131
5.7.1 初始数据的选择	91	7.2 分度凸轮机构的常用运动规律	132
5.7.2 连续传动条件的校验	91	7.2.1 余弦加速度运动规律 (简谐运动规律)	132
5.7.3 停歇时间的满足	92	7.2.2 正弦加速度运动规律 (摆线运动规律)	133
5.7.4 不完全齿轮机构设计计算 步骤与公式	93	7.2.3 3-4-5 次多项式运动 规律	133
第6章 共轭盘形分度凸轮机构 设计	102	7.2.4 改进等速运动规律	134
6.1 共轭盘形分度凸轮机构的基本 形式与特点	102	7.2.5 改进梯形加速度运动 规律	137
6.2 共轭盘形分度凸轮机构 的主要运动参数和几何 尺寸	103	7.2.6 改进正弦加速度运动 规律	140
6.3 共轭盘形分度凸轮机构的设 计方法和步骤	105	7.3 分度凸轮机构常用运动规律 的特性比较及选择	141
6.4 用作图法绘制共轭盘形分 度凸轮的理论廓线和工作 廓线	109	7.3.1 各种运动规律的主要特性 值及其对分度凸轮机构工 作性能的影响	141
6.5 共轭盘形分度凸轮理论 廓线和工作廓线的精确 计算	111	7.3.2 分度凸轮机构中几种常用 运动规律主要特性值的比 较及其适用场合	141
6.5.1 坐标系的建立	111	7.3.3 几种常用运动规律的运动 参数值的查表算法	142
6.5.2 与 No. 1 滚子接触的凸轮 理论廓线和工作廓线方 程式	111	第8章 弧面分度凸轮机构 设计	161
6.5.3 与 No. 3 滚子接触的凸轮 理论廓线和工作廓线方 程式	115	8.1 弧面分度凸轮机构的基本形式 与特点	161
6.5.4 共轭盘形分度凸轮后侧 面的廓线	116	8.2 弧面分度凸轮机构的主要运动 参数和几何尺寸	162
6.5.5 凸轮理论廓线的曲率 半径 r 的计算	116	8.2.1 凸轮分度廓线头数、转盘 滚子数与转盘分度数之 间的关系	162
6.5.6 均分向径角 ϕ 处的向径 值 R 的确定	117	8.2.2 凸轮与转盘在分度期与停 歇期的运动参数	162
6.6 共轭盘形分度凸轮机构的设计 计算实例	117	8.2.3 动停比与运动系数	163
第7章 分度凸轮机构的常用		8.2.4 啮合重叠系数	163

8.2.5 弧面分度凸轮机构的主要几何尺寸计算	163
8.3 弧面分度凸轮工作曲面的设计原理和方法	165
8.3.1 空间共轭曲面设计时必须满足的基本条件	165
8.3.2 坐标系的选取	166
8.3.3 从动转盘上滚子的圆柱形工作面在坐标系 S_2 中的方程式及法线矢量	167
8.3.4 凸轮工作轮廓与滚子圆柱形工作面的共轭接触方程式	167
8.3.5 滚子圆柱形工作面上的接触线	171
8.3.6 凸轮工作轮廓在坐标系 S_1 中的曲面方程式	171
8.4 弧面分度凸轮工作曲面的计算机辅助设计	172
8.5 双头弧面分度凸轮廓线设计时的特殊问题	177
8.6 弧面分度凸轮机构的压力角	178
8.7 弧面分度凸轮机构的动力学参数计算	180
8.7.1 弧面凸轮、从动转盘和工作台的质量和转动惯量	180
8.7.2 在分度期间转盘与工作台上所受的最大力矩	181
8.7.3 产生凸轮上的最大驱动力矩所需要的电动机功率	182
8.7.4 当凸轮及传动系统具有足够大的转动惯量时,电动机功率的计算方法	182
8.7.5 凸轮及传动系统转动惯量的验算	183
8.7.6 凸轮与转盘上的受力	

计算	184
8.8 弧面分度凸轮机构主要零部件的材料与技术要求	185
8.9 弧面分度凸轮机构设计计算实例	186
第9章 圆柱分度凸轮机构设计	202
9.1 圆柱分度凸轮机构的基本形式与工作特点	202
9.2 圆柱分度凸轮机构的主要运动参数和几何尺寸	202
9.3 圆柱分度凸轮工作曲面的设计原理和方法	207
9.4 圆柱分度凸轮工作曲面的计算机辅助设计	215
9.5 圆柱分度凸轮机构的压力角	219
9.6 圆柱分度凸轮工作曲面展开成平面时的设计计算	222
9.7 圆柱分度凸轮机构的动力学参数计算	226
9.8 圆柱分度凸轮机构主要零部件的材料与技术要求	227
9.9 圆柱分度凸轮机构设计计算实例	227

第10章 具有瞬时停歇特性或停歇区的间歇运动机构设计	238
10.1 凸轮机构	238
10.2 平面连杆机构	253
10.3 凸轮-连杆组合机构	255
10.4 齿轮-连杆组合机构	257
10.5 凸轮-齿轮组合机构	264
10.6 具有挠性件传动的组合机构	267

第11章 广义间歇运动机构	270
11.1 概述	270
11.2 挠性件的变形波传动	

原理	270	11.6 步进电动机驱动的间歇运	
11.3 挠性件变形波传动的间歇		动机构	295
运动机构	274	11.7 压电式微动步进机构	306
11.4 行星式链条-连杆机构	288	参考文献	311
11.5 行星式变形波传动的			
间歇运动机构的参数			
计算	292		

第1章 间歇运动机构概述

在许多机械设备中,特别是自动机和半自动机中,由于生产工艺的要求,往往需要机构来实现周期性的转位、分度动作以及作带有瞬时停歇或停歇区的断续性运动。例如:转塔车床和数控机床中的转动刀架在完成一道工序后要转位;牛头刨床中刀具每一次往复行程后,工作台要进给;牙膏管拧盖机的转盘式工作台,在拧紧一个管盖后要分度转位;糖果包装机推料机构在一个工作循环中需要有一段停歇时间,以进行包装纸的传送、折叠或扭结。这种输出构件呈现周期性停歇状态的机构称为间歇运动机构。

间歇运动机构的形式众多,根据其主要工作特性可以分成两大类,即步进运动间歇机构和具有瞬时停歇特性或停歇区的间歇运动机构。下面分别介绍其主要类型和功用。

1.1 步进运动间歇机构

步进运动间歇机构的主要特征是其输出构件作具有周期性停歇的单向运动,即其断续运动的特点是单方向的、有规则的、时动时停的。例如:多工位组合机床中,工作装在转盘式工作台上,沿转台圆周方向按工艺要求装有几个动力头。转台在步进运动间歇机构驱动下作周期性分度转位动作,使工件经过不同工位依次由各个动力头进行所需的不同工艺加工。加工工件时,转台应停止不动,当第一个动力头完成了应进行的工艺动作后,转台转过一定分度角使工件转到下一个工位,然后又停止不动,使第二个动力头进行其工艺动作。这种步进运动间歇机构应用非常广泛,在金属切削机床、冲压机械、包装机械以及轻工、纺织等行业的许多设备中都有应用。这是本书的重点内容,主要包括:棘轮机构、槽轮机构、针轮机构、不完全齿轮机构、平行轴共轭分度凸轮机构以及交错轴空间分度凸轮机构等。现以分度转位工作台为例,说明步进运动间歇机构的运动特征及其主要性能。

1. 棘轮机构

图1-1a表示应用于转位工作台中的棘轮机构。输入轴3连续旋转时,与输出轴11相连的工作台作周期性的步进运动。输入轴3上装有两个端面凸轮:凸轮4使从动件2摆动,并通过一套铰链四杆机构12控制转位棘爪6的摆动;凸轮7使从动件9摆动,从而控制装在凸轮7的滚子摆动从动件9上的止回棘爪10的

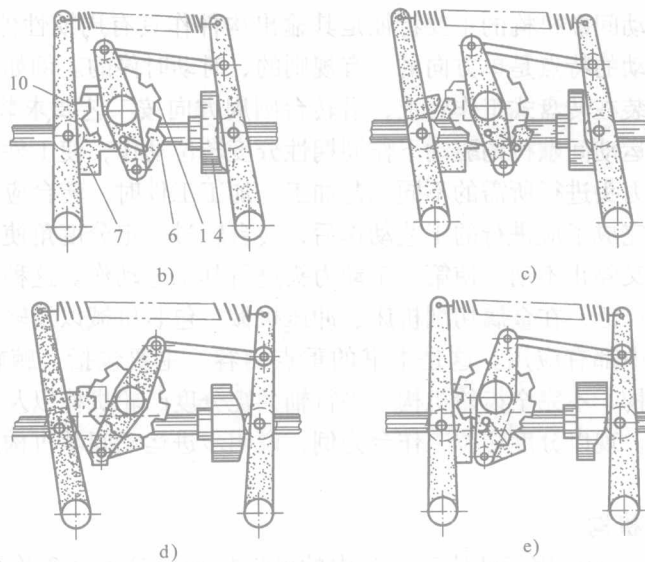
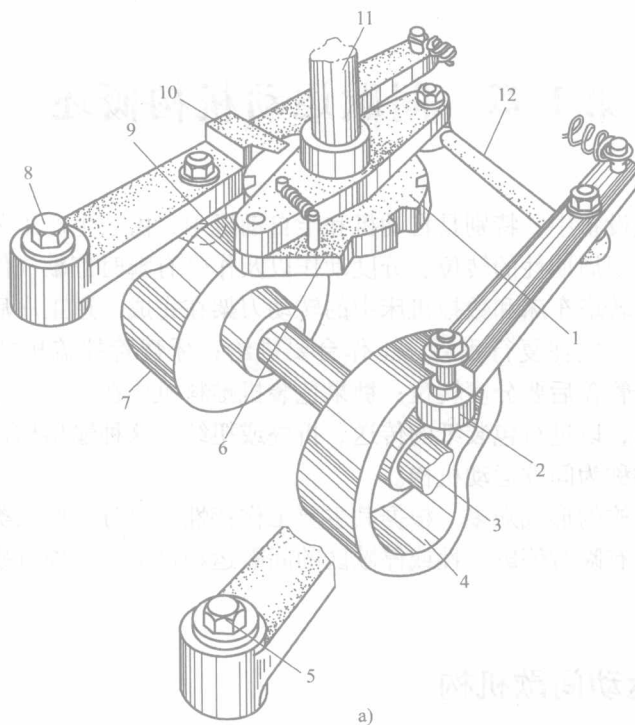


图 1-1 棘轮机构

1—棘轮 2—凸轮 4 的滚子摆动从动件 3—输入轴 4—控制转位棘爪的凸轮
5、8—固定支点 6—转位棘爪 7—控制止回棘爪的凸轮 9—凸轮 7 的滚子摆动从动件
10—止回棘爪 11—输出轴 12—铰链四杆机构

摆动。棘轮 1 和转位工作台装在同一输出轴 11 上。图 1-1b ~ e 表示分度转位过程的示意图。图 1-1b 为输出轴即将结束停歇的位置, 此时止回棘爪 10 和转位棘爪 6 均进入棘轮 1 的相应齿槽中。图 1-1c 表示输出轴开始转位的位置, 此时止回棘爪 10 在凸轮 7 的作用下已从棘轮 1 的齿槽中脱出, 而转位棘爪 6 在凸轮 4 与铰链四杆机构 12 的作用下带动棘轮 1 开始转位。图 1-1d 为转位棘爪 6 摆动, 使棘轮 1 顺时针向转过一个分度角。图 1-1e 为输出轴开始停歇的位置, 此时转位棘爪 6 在棘轮 1 的外圆周上滑过返回其起始位置, 止回棘爪 10 重新进入棘轮 1 的齿槽中。转位棘爪在每一次分度中推动棘轮转过的角度, 可根据铰链四杆机构的摆角行程来确定; 为了适应多种转位角度的需要, 常将四杆机构的摇杆长度设计成可调节的。

2. 槽轮机构

图 1-2a 表示一用于转位工作台中的槽轮机构。输入轴 1 与主动盘 2 相连, 主动盘 2 上装有滚子 3。从动件为槽轮 4, 开有径向等分槽, 槽轮 4 与转位工作台装在同一输出轴 5 上。图 1-2b ~ e 为其分度转位过程示意图。图 1-2b 为起始位置, 主动盘上的滚子刚开始进入槽轮的槽中。图 1-2c 为输入轴继续转动, 滚子推动槽轮转动。图 1-2d 为槽轮转过一个分度角后, 滚子开始从槽中脱出, 槽轮转位结束。图 1-2e 为槽轮停歇期, 这时主动盘上的凸圆弧与槽轮上的凹圆弧接触, 从而将槽轮锁住。通过这种槽轮机构, 可使输入轴的连续转动变换为输出轴的周期性步进运动。所以槽轮机构是一种应用很广的转位分度机构, 在多工位自动机械中经常用到。但缺点是啮合过程加速度较大, 运动不够平稳, 高速时有较大冲击, 因此只宜用于低速场合。

3. 针轮机构

图 1-3 为针轮机构。输入构件为转盘 1, 绕输入轴 A 连续旋转。转盘 1 上装有几个圆针销 (故称为针轮) 和一段锁止凸圆弧。输出构件是星轮 2, 其上分布有与转盘 1 上圆针销共轭啮合的齿廓和锁止凹圆弧 C。针轮以角速度 ω_1 连续旋转, 当针轮与星轮齿啮合时, 推动星轮 2 以角速度 ω_2 绕输出轴 B 转动; 针轮转过 φ_1 角时, 星轮相应转过 φ_2 角。当针轮转到其锁止凸圆弧与星轮的锁止凹圆弧接触时, 星轮被锁住而停歇不动。于是, 主动针轮的连续旋转变换为从动星轮的周期性步进运动。

4. 不完全齿轮机构

图 1-4 为不完全齿轮机构。输入构件为轮缘上未全部分布轮齿的不完全齿轮 1, 其上还制出锁止凸圆弧 3。输出构件为具有完整轮齿的齿轮 2, 其上另外制出锁止凹圆弧 4。不完全齿轮 1 绕输入轴 A 连续旋转, 当其齿廓与齿轮 2 的齿相啮合时, 带动齿轮 2 绕输出轴 B 转动; 当不完全齿轮 1 的锁止凸圆弧与齿轮 2 的锁止凹圆弧接触时, 齿轮 2 被锁住而停歇不动; 于是齿轮 2 便产生周期性的步进运动。为了防

止齿廓啮合始末的冲击，在不完全齿轮 1 和齿轮 2 上各制有相互作用纯滚动的瞬心线 5 和 6，以 5 和 6 的滚动接触过渡到不完全齿轮 1 和齿轮 2 的齿廓啮合。

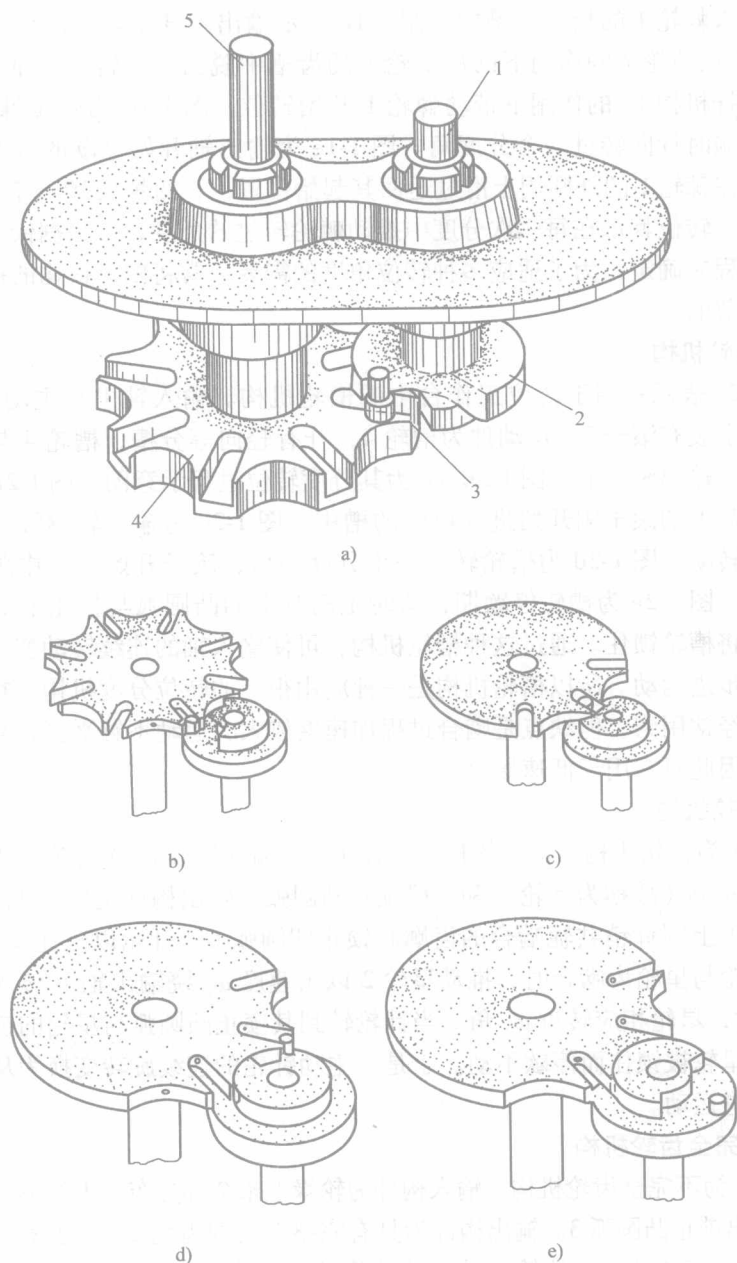


图 1-2 槽轮机构

1—输入轴 2—主动盘 3—滚子 4—槽轮 5—输出轴

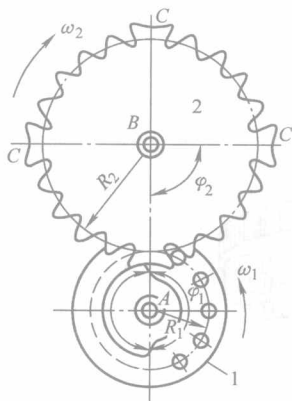


图 1-3 针轮机构

1—转盘 2—星轮

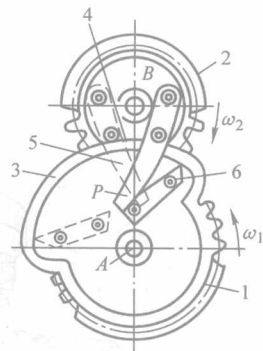


图 1-4 不完全齿轮机构

1—不完全齿轮 2—齿轮 3—锁止凸圆弧
4—锁止凹圆弧 5、6—瞬心线

5. 共轭盘形分度凸轮机构

图 1-5 为共轭盘形分度凸轮机构。输入轴 4 上装有两片形状完全相同，但安装时成镜像对称，且错开一定相位角的盘形凸轮 5 和 6。输出轴 3 与输入轴 4 平行。输出轴上装有转盘，转盘也有前后两块侧板 2 和 7，各装有若干个滚子 1 和 9。图中所示前后侧板各装有 4 个滚子，即转盘滚子数为 8，前后滚子分别与相应的盘型凸轮接触。当输入轴连续旋转时，前后两片盘形凸轮依次推动滚子使从动转盘绕输出轴分度转动。当凸轮转到其与输入轴同心的圆弧廓线部分时，从动转盘停歇不动。由于两共轭凸轮的廓线始终与转盘上的滚子保持接触，故具有较好的几何封闭性能，能保证正确定位。而且，从动转盘在分度期的运动规律可以根据工作要求选定，从而设计出不同的凸轮廓线，以保证

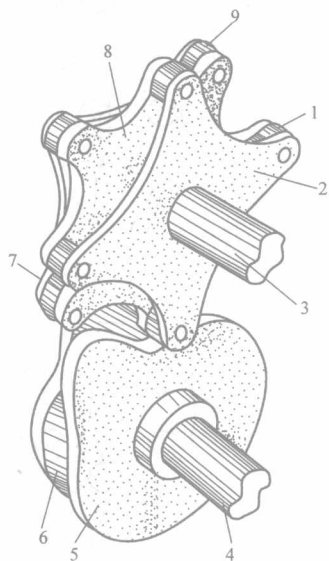


图 1-5 共轭盘形分度凸轮机构

1—转盘前侧滚子 2—转盘前侧板 3—输出轴
4—输入轴 5—前侧盘形凸轮 6—后侧盘形凸轮
7—转盘后侧板 8—转盘中间板 9—转盘后侧滚子

良好的动力学性能, 故可适用于比上述槽轮机构等分度机构运转速度较高的场合。

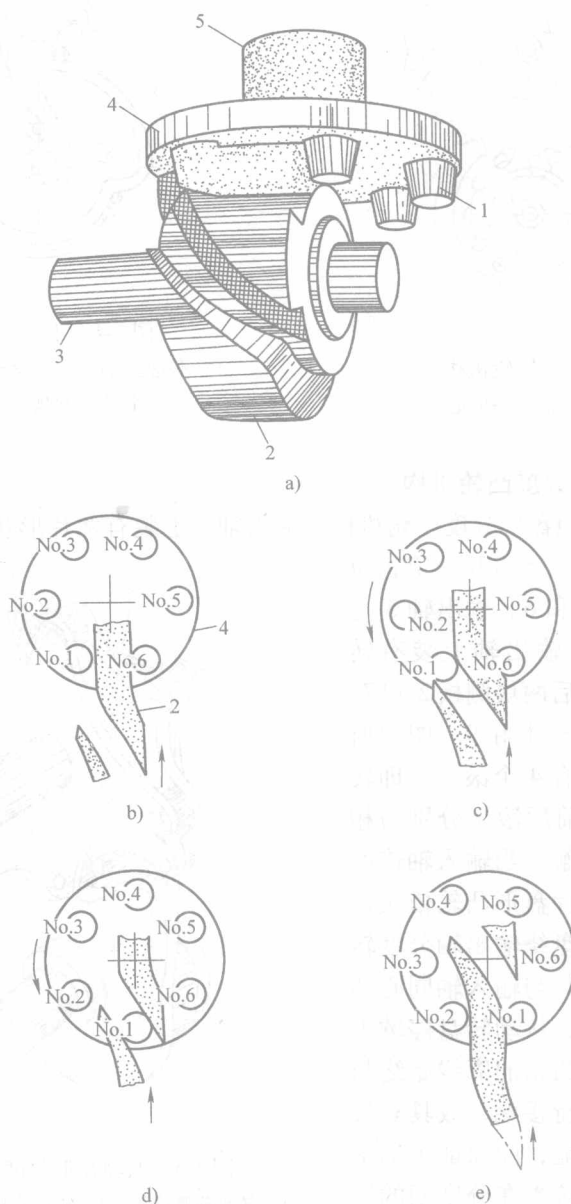


图 1-6 圆柱分度凸轮机构

1—滚子 2—圆柱凸轮 3—输入轴 4—从动转盘 5—输出轴