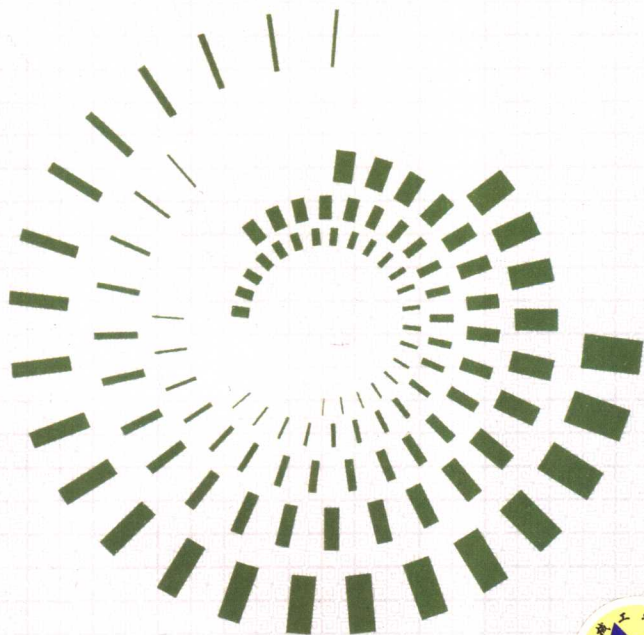




机构设计与应用创新丛书

# 凸轮机构设计与 应用创新

石永刚 吴央芳 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



机构设计与应用创新丛书

# 凸轮机构设计与应用创新

石永刚 吴央芳 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。内容包括从动件运动规律设计、机构基本尺寸及结构设计、平面凸轮和空间凸轮轮廓设计、高速凸轮机构分析和设计、凸轮轮廓切削加工方法及靠模凸轮设计、凸轮机构工作性能反求和原始误差校正设计以及凸轮机构的应用创新等。

本书可供从事机械类专业的工程技术人员阅读,也可供大专院校机械类专业的师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

凸轮机构设计与应用创新/石永刚,吴央芳编著. —北京:  
机械工业出版社, 2007. 8

(机构设计与应用创新丛书)

ISBN 978-7-111-21936-1

I. 凸… II. ①石…②吴… III. 凸轮机构-设计  
IV. TH112. 2

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第111041号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:黄丽梅 版式设计:冉晓华 责任校对:魏俊云

封面设计:陈沛 责任印制:杨曦

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2007年9月第1版·第1次印刷

169mm×239mm·11.75印张·456千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-21936-1

定价:35.00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

# 前 言

凸轮机构是工程中用以实现机械化和自动化的一种重要驱动和控制机构，在轻工、纺织、食品、医药、印刷、标准零件制造、交通运输等领域运行的工作机械中获得广泛应用。为了提高产品的质量和生产率，对机械设备的性能指标提出更高的要求，就凸轮机构而言，必须进一步提高其设计水平，在解析法设计的基础上开展计算机辅助设计的研究和推广应用。凸轮机构的解析法设计理论，虽在有关著作中已有较多论述，但用于工程实践中尚显不足。作者总结教学和研究的成果，向读者推出一组用解析方法设计计算的公式体系，用于平面凸轮机构、空间凸轮机构（包括圆柱凸轮机构和圆锥凸轮机构）的设计计算，而不必对凸轮轮廓曲线方程式进行求导处理，从而提高设计工作效率和设计计算准确性。同时还叙述了各类共轭凸轮机构的设计计算。

为适应高速凸轮机构分析和设计的需要，纳入了动态分析和动态设计的内容。作者的主要贡献是提出了高速凸轮机构动态响应的区段谐波分析法，用此法可获得比全循环谐波分析法更为精确的结果。

一般的凸轮机构设计，主要是设计能再现给定从动件运动规律的机构基本尺寸和凸轮轮廓。但是在工程中，必须通过具体的机械结构来保证设计结果的实现。因此本书还阐述了结构元件的结构设计。

合理的切削加工方案和正确的刀具中心轨迹坐标数据是获得符合设计要求的凸轮轮廓的关键。为此，论述了各类凸轮的切削加工方案、刀具中心轨迹坐标的计算方法及由刀具中心轨迹坐标确定加工时的控制参数的方法。在仿形机床上加工凸轮轮廓是提高凸轮生产率和稳定加工质量的主要途径。为此，论述了适用于加工各类凸轮轮廓的仿形靠模机构和靠模凸轮的设计方法。

剖析和掌握现有机械设备尤其是引进设备中的关键技术，是促进我国工业现代化的重要措施。凸轮机构的检测和反求研究是研究开发相关的自动机械设备时会涉及的一项重要课题，书中叙述了各种凸轮机构的从动件运动参数反求的方法，以及对原始凸轮轮廓参数中可能存在的，由于设计或制造的原因造成的误差进行校正设计的理论和方法。

针对凸轮机构的功能延伸，凸轮分度机构和凸轮式脉动无级变速机构成为近期研究和开发的热点。书中详细论述了空间凸轮分度机构的分析设计方法，推出一整套便于应用的分析计算公式；介绍了数种凸轮式脉动无级变速机构的工作原理，作为凸轮机构应用创新的范例。

#### IV

本书由石永刚撰写，吴央芳承担本书相关素材的调研收集和全文文稿的格式化处理。

本书在撰写过程中得到吕震、刘桦、孙建伟的支持和帮助，在此深表谢意。鉴于作者水平有限，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

# 目 录

## 前言

## 第1章 绪论 ..... 1

### 1.1 凸轮机构的基本结构、功能和分类 ..... 1

#### 1.1.1 凸轮机构的基本结构和功能 ..... 1

#### 1.1.2 凸轮机构的分类 ..... 1

### 1.2 凸轮机构在工程中的应用 ..... 6

### 1.3 凸轮机构的设计步骤和要求 ..... 15

#### 1.3.1 机构传动方案设计 ..... 15

#### 1.3.2 机构运动分配设计 ..... 15

#### 1.3.3 凸轮机构的选型和尺度设计 ..... 16

### 1.4 凸轮机构设计的进展 ..... 18

#### 1.4.1 凸轮机构的计算机辅助设计 ..... 18

#### 1.4.2 凸轮机构的反求设计 ..... 18

#### 1.4.3 高速凸轮机构的动态设计和动态测试 ..... 18

#### 1.4.4 凸轮机构功能的延伸、变异和组合创新 ..... 18

## 第2章 从动件的运动规律 ..... 20

### 2.1 运动规律的参数名称和定义 ..... 20

### 2.2 多项式类型运动规律 ..... 22

#### 2.2.1 等速运动规律——1次项运动规律 ..... 22

#### 2.2.2 等加速等减速运动规律——2次项运动规律 ..... 23

#### 2.2.3 等跃度运动规律——3次项运动规律 ..... 26

#### 2.2.4 5次项运动规律 ..... 28

#### 2.2.5 7次项运动规律 ..... 29

#### 2.2.6 多项式运动规律方程

系数的简捷算法 ..... 29

### 2.3 三角函数类型运动规律 ..... 30

#### 2.3.1 简谐运动规律 ..... 30

#### 2.3.2 双谐运动规律 ..... 31

#### 2.3.3 摆线运动规律 ..... 32

### 2.4 典型的组合运动规律 ..... 33

#### 2.4.1 修正型等速运动规律 ..... 33

#### 2.4.2 修正型等加速等减速运动规律 ..... 41

#### 2.4.3 组合摆线运动规律 ..... 47

### 2.5 回程期运动方程式的建立方法及其通式 ..... 49

### 2.6 从动件运动规律特征值及其评价 ..... 50

#### 2.6.1 特征值确定 ..... 50

#### 2.6.2 从动件运动规律的性能评价和选用原则 ..... 52

### 2.7 从动件运动规律计算举例 ..... 53

## 第3章 平面凸轮机构基本

### 尺寸设计 ..... 64

### 3.1 平面凸轮机构基本尺寸及其压力角 ..... 64

#### 3.1.1 基本尺寸参数定义及代号 ..... 64

#### 3.1.2 平面凸轮机构的压力角及其许用值 ..... 65

### 3.2 滚子（或尖底）直动从动件平面凸轮机构基本尺寸设计 ..... 66

#### 3.2.1 压力角计算 ..... 66

#### 3.2.2 作图法设计 ..... 67

#### 3.2.3 解析法设计 ..... 69

### 3.3 平底直动从动件平面凸轮机构压力角 ..... 75

3.4 滚子(或尖底)摆动从动件 平面凸轮机构基本尺寸设计 .....	76	4.4.1 滚子(或尖底)摆动从动 件平面凸轮机构 .....	109
3.4.1 压力角计算 .....	76	4.4.2 平底摆动从动件平面凸轮 机构 .....	111
3.4.2 作图法设计 .....	77	4.5 用等步长极角表示的平面 凸轮轮廓极坐标计算 .....	112
3.4.3 解析法设计 .....	83	4.5.1 极坐标向径线性插值法 .....	113
3.5 平底摆动从动件平面凸轮 机构压力角 .....	89	4.5.2 凸轮转角线性插 值逼近法 .....	114
3.6 摆动从动件平面凸轮机构 基本尺寸的动力性能优化 .....	90	4.6 几何锁合型平面凸 轮廓设计 .....	115
3.6.1 滚子摆动从动件 .....	91	4.6.1 沟槽式平面凸轮 .....	115
3.6.2 平底摆动从动件 .....	93	4.6.2 凸缘式平面凸轮 .....	117
3.7 平面凸轮机构基本尺寸 设计举例 .....	94	4.6.3 等径平面凸轮 .....	120
<b>第4章 平面凸轮轮廓设计</b> .....	97	4.6.4 等宽平面凸轮 .....	123
4.1 直动从动件平面凸轮机构的凸 轮廓画法 .....	97	4.6.5 双外缘共轭凸轮 .....	127
4.1.1 尖底直动从动件平面凸 轮廓机构 .....	97	4.7 平面凸轮轮廓曲率半径 .....	137
4.1.2 滚子直动从动件平面凸轮 机构 .....	99	4.7.1 滚子直动从动件平面凸轮 轮廓曲率半径计算 .....	137
4.1.3 平底直动从动件平面凸轮 机构 .....	100	4.7.2 平底直动从动件平面凸轮 轮廓曲率半径计算 .....	138
4.2 摆动从动件平面凸轮机构的凸 轮廓画法 .....	102	4.7.3 滚子摆动从动件平面凸轮 轮廓曲率半径计算 .....	139
4.2.1 尖底摆动从动件平面凸轮 机构 .....	102	4.7.4 平底摆动从动件平面凸轮 轮廓曲率半径计算 .....	139
4.2.2 滚子摆动从动件平面凸轮 机构 .....	104	4.7.5 平面凸轮轮廓曲率半径的 近似图解法 .....	140
4.2.3 平底摆动从动件平面凸轮 机构 .....	104	4.8 圆弧凸轮轮廓设计 .....	140
4.3 直动从动件平面凸轮机构的 凸轮轮廓解析设计 .....	105	4.8.1 滚子对心直动从动件 .....	142
4.3.1 滚子(或尖底)直动从动 件平面凸轮机构 .....	106	4.8.2 平底直动从动件 .....	146
4.3.2 平底直动从动件平面凸轮 机构 .....	107	4.8.3 特殊形式的六圆弧凸轮 .....	150
4.4 摆动从动件平面凸轮机构的 凸轮轮廓解析设计 .....	109	4.9 平面凸轮轮廓设计举例 .....	150
		<b>第5章 空间凸轮轮廓设计</b> .....	176
		5.1 滚子直动从动件圆柱凸轮 廓设计 .....	176
		5.1.1 基圆半径的确定 .....	176
		5.1.2 展开轮廓曲线的画法 .....	178
		5.1.3 展开轮廓曲线坐标的	

计算 .....	179	6.2 凸轮-从动件系统动力学模型 .....	209
5.2 滚子摆动从动件圆柱凸轮		6.2.1 构件等效动力学模型 .....	210
轮廓设计 .....	179	6.2.2 凸轮-从动件系统刚	
5.2.1 基圆半径的确定 .....	180	度测定 .....	215
5.2.2 展开轮廓曲线的画法 .....	182	6.2.3 凸轮-从动件系统阻	
5.2.3 展开轮廓曲线坐标		尼测定 .....	216
的计算 .....	182	6.2.4 动力学模型建立 .....	217
5.2.4 中心距的确定 .....	183	6.3 高速凸轮机构动态分析 .....	219
5.3 滚子直动从动件圆锥凸轮		6.3.1 工作端的运动方程式 .....	220
轮廓设计 .....	183	6.3.2 工作端的动态响应 .....	221
5.3.1 基圆半径的确定 .....	184	6.3.3 动态响应谐波分析方法 .....	230
5.3.2 展开轮廓曲线的画法 .....	185	6.4 高速凸轮机构设计 .....	240
5.3.3 展开轮廓曲线坐标的		6.4.1 不计系统阻尼时设计高速	
计算 .....	185	凸轮机构 .....	240
5.4 滚子摆动从动件圆锥凸轮		6.4.2 计及系统阻尼时设计高速	
轮廓设计 .....	185	凸轮机构 .....	243
5.4.1 基圆半径的确定 .....	187	6.4.3 锁合弹簧的刚度设计 .....	246
5.4.2 展开轮廓曲线的画法 .....	187	6.4.4 副凸轮轮廓的设计原则 .....	248
5.4.3 展开轮廓曲线坐标		<b>第7章 凸轮机构结构设计和</b>	
的计算 .....	188	<b>    零件工作图 .....</b>	<b>249</b>
5.5 共轭空间凸轮轮廓设计 .....	188	7.1 凸轮副材料 .....	249
5.5.1 直动从动件共轭		7.1.1 常见的失效形式 .....	249
圆柱凸轮 .....	189	7.1.2 选用凸轮副材料	
5.5.2 摆动从动件共轭		基本原则 .....	250
圆柱凸轮 .....	190	7.1.3 凸轮副常用材料 .....	251
5.5.3 直动从动件共轭		7.1.4 延长凸轮副使用寿命	
圆锥凸轮 .....	193	的措施 .....	252
5.5.4 摆动从动件共轭		7.2 凸轮副接触强度校核 .....	253
圆锥凸轮 .....	195	7.2.1 柱面型接触元素 .....	253
5.6 空间凸轮机构设计举例 .....	198	7.2.2 球面型接触元素 .....	253
<b>第6章 高速凸轮机构 .....</b>	<b>204</b>	7.2.3 许用接触应力 .....	254
6.1 凸轮-从动件系统动态特性及		7.3 凸轮机构制造精度指标 .....	255
其影响因素 .....	204	7.3.1 凸轮轮廓几何形状精度 .....	255
6.1.1 凸轮机构静态设计和动态		7.3.2 表面粗糙度 .....	256
设计 .....	204	7.3.3 凸轮基准孔精度 .....	256
6.1.2 凸轮-从动件系统动态		7.3.4 相对位置精度 .....	256
运动偏差 .....	205	7.4 从动件要素的典型结构 .....	258
6.1.3 凸轮-从动件系统的振动 .....	207	7.4.1 导轨的典型结构 .....	258



7.4.2	支承的典型结构	261	9.2	凸轮轮廓加工误差分析	301
7.4.3	滚子及其与从动件本体的连接	262	9.3	凸轮复制加工时的刀具中心轨迹	302
7.4.4	平底及其与从动件本体的连接	262	9.4	凸轮轮廓检测数据的双圆弧样条拟合	304
7.5	凸轮与轴的连接结构	264	9.5	平面凸轮机构从动件的运动规律反求	304
7.6	凸轮零件工作图	266	9.5.1	滚子直动从动件	305
7.6.1	平面凸轮	266	9.5.2	平底直动从动件	307
7.6.2	空间凸轮	269	9.5.3	滚子摆动从动件	308
<b>第8章 凸轮轮廓加工的控制数据及靠模凸轮设计</b>			9.5.4	平底摆动从动件	310
8.1	凸轮轮廓切削加工方法简述	270	9.6	空间凸轮机构的从动件运动规律反求	312
8.1.1	划线加工	270	9.6.1	圆柱凸轮机构	312
8.1.2	万能铣床加工	270	9.6.2	圆锥凸轮机构	316
8.1.3	数控机床加工	271	9.7	原始凸轮轮廓误差的修正设计	321
8.1.4	电火花机床加工	271	9.7.1	从动件运动规律有限差商计算	322
8.1.5	仿形机床加工	272	9.7.2	凸轮轮廓曲线误差修正	323
8.2	刀具中心轨迹计算	273	9.8	凸轮轮廓检测和反求举例	326
8.2.1	加工平面凸轮时的刀具中心轨迹计算	273	<b>第10章 凸轮机构的应用创新</b>		335
8.2.2	加工空间凸轮时的刀具中心轨迹计算	274	10.1	凸轮分度机构	335
8.3	实现刀具中心轨迹的控制数据	276	10.1.1	圆柱凸轮分度机构	335
8.3.1	加工平面凸轮	276	10.1.2	弧面凸轮分度机构	347
8.3.2	加工空间凸轮	282	10.2	凸轮式脉动无级变速器	358
8.4	靠模凸轮设计	284	10.2.1	凸轮连杆式脉动无级变速器	359
8.4.1	刀架运动式靠模凸轮设计	286	10.2.2	等宽凸轮式脉动无级变速机构	360
8.4.2	刀架固定式靠模凸轮设计	290	10.2.3	凸轮行星齿轮组合式脉动无级变速机构	361
8.5	凸轮轮廓加工及靠模凸轮设计举例	292	10.2.4	凸轮摆块式脉动无级变速机构	363
<b>第9章 凸轮轮廓检测和反求</b>			<b>参考文献</b>		365
9.1	检测凸轮轮廓的目的和方法	299			

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 凸轮机构的基本结构、功能和分类

### 1.1.1 凸轮机构的基本结构和功能

凸轮机构是一种由凸轮、从动件（又称推杆）和机架组成的传动机构。图 1-1 是它的最基本结构形式。凸轮 1 绕轴  $O$  旋转时，促使从动件 2 沿着机架 3 上的导轨作往复移动。通常是以凸轮作为机构的原动件。凸轮的运动方式主要是连续回转，也可以是往复移动或往复摆动。在有的机器中，根据工作性能的要求，也可将凸轮固定，以直动从动件的导轨（见图 1-1 中构件 3）作为原动件，绕凸轮轴  $O$  回转，则从动件与导轨的相对位置受凸轮轮廓控制。

凸轮机构运转时，凸轮（或者其他的原动件）的运动参数是给定的。从动件的运动状况（包括位移、速度、加速度和跃动度等参数）主要取决于凸轮的轮廓曲面参数。反之，为使从动件按某一给定的运动状况运动，需要赋予凸轮相应的轮廓曲面形状。工程中，需要再现的重复性机械动作是多种多样的，有简单的，也有非常复杂的，例如内燃机中气门的启闭，缝纫机中缝料的间断性送进，剑杆式织机中剑杆的往复运动，胶印机中递纸牙的特定的轨迹运动，机械控制的自动切削机床中尤其是标准件加工机床中刀具的工艺运动等。几乎所有简单的、复杂的重复性机械动作都可由凸轮机构或者包括凸轮机构的组合机构来实现。因此，凸轮机构在机械化、自动化生产设备中得到极其广泛的应用。

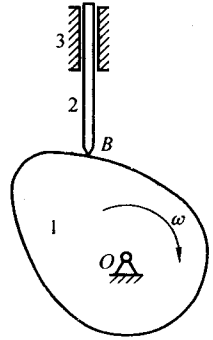


图 1-1 凸轮机构的基本结构  
1—凸轮 2—从动件  
3—机架

### 1.1.2 凸轮机构的分类

凸轮机构形式繁多，其工作特点和设计方法随机构形式而异，故需要对凸轮机构进行分类。凸轮的分类方法有三种：按凸轮的几何形状分类；按从动件的几何形状和运动方式分类；按凸轮与从动件维持接触的方式分类。

#### 1. 按凸轮几何形状分类

(1) 平面凸轮 凸轮呈扁平状(凸轮与轴连接的轮毂部分形状除外), 凸轮的运动平面与从动件的运动平面互相平行或重合。平面凸轮又有如下三种形式:

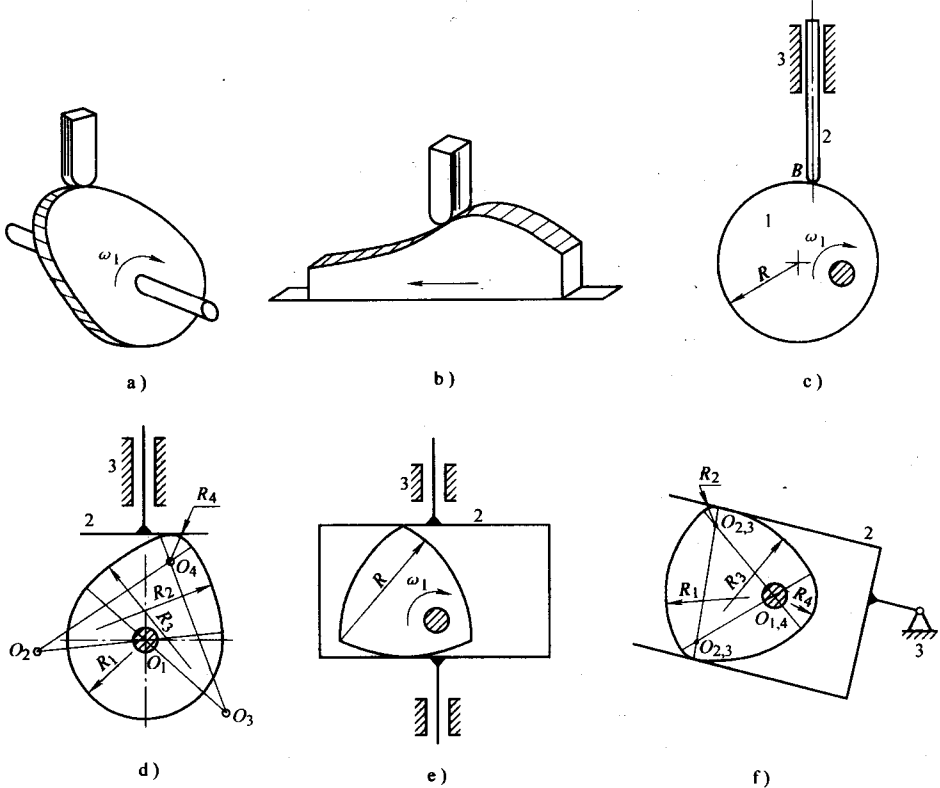


图 1-2 平面凸轮的类型  
1—凸轮 2—从动件 3—机架

1) 盘形凸轮: 是一般的平面凸轮, 如图 1-2a 所示。它的轮廓曲线按照给定的从动件运动规律设计。

2) 移动凸轮: 是盘形凸轮的一种特殊形式, 可视为转动轴线位于无限远的盘形凸轮, 如图 1-2b 所示。移动凸轮通常安装在机器的往复运动构件上, 也可以安装在固定的机架上。

3) 圆弧凸轮: 也是盘形凸轮的一种特殊形式, 它的轮廓可以是一个整体的偏心圆, 也可以由数段圆弧组成。图 1-2c 所示为单圆弧凸轮, 即偏心轮; 图 1-2d 所示为四圆弧凸轮; 图 1-2e 所示为三圆弧凸轮; 图 1-2f 所示为六圆弧凸轮。圆弧凸轮的设计计算方法与一般盘形凸轮不同。

(2) 空间凸轮 空间凸轮主要分为圆柱凸轮和圆锥凸轮两种。

1) 圆柱凸轮: 基体呈圆柱状, 它与从动件的接触位置沿凸轮轴线方向变化。

凸轮的轮廓曲面可以分布在圆柱体的端面，如图 1-3a 所示；也可以是分布在圆柱面上的曲线槽（见图 1-3b）或曲线凸缘（见图 1-3c）。在许多自动机床上，为了适应经常调整的需要，可以将凸轮轮廓做成瓦块状，安装在凸轮基体上。圆柱凸轮机构的工作特点是从动件的运动平面必须与凸轮的回转轴线平行。

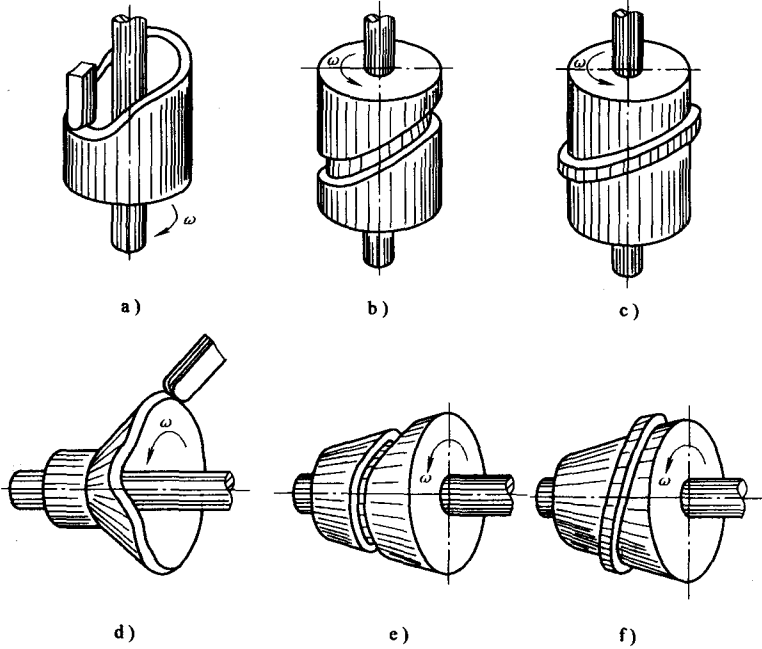


图 1-3 空间凸轮类型

2) 圆锥凸轮：基体呈圆锥状，它的工作表面分布在圆锥端面上（见图 1-3d）或圆锥面上（见图 1-3e、f）。从动件的运动平面与凸轮回转轴线的倾斜角，等于圆锥凸轮的圆锥角。

## 2. 按从动件形状和运动方式分类

从动件的运动方式通常采用直线往复移动和绕固定轴线的往复摆动两大类。下述各种形状从动件均可按这两种运动方式之一工作。从动件的形状是指它与凸轮的接触元素的几何特性，主要有以下五种类型。

(1) 尖底从动件 图 1-4a、b 所示为尖底从动件，其中图 a 所示为直动从动件，图 b 所示为摆动从动件。此类从动件是以它的尖端部分与凸轮轮廓接触。尖端部分实际上是一段半径相当小的圆弧，设计时视为一点。尖底从动件的优点是尖端与凸轮轮廓曲线可保持良好的接触，不会因凸轮轮廓曲线上某些部位曲率半径过小而导致运动失真。由于从动件的尖端部分容易磨损，且不利于润滑，仅适用于轻载和低速运转的场合。

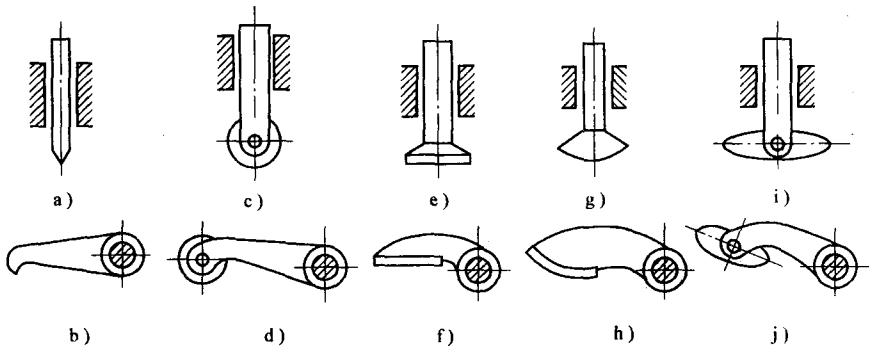


图 1-4 从动件类型

(2) 滚子从动件 图 1-4c、d 所示为滚子从动件。滚子与从动杆用转动副连接。工程中常采用深沟球轴承或圆柱滚子轴承作为滚子，也可用滚针轴承或圆柱形套筒作为滚子。凸轮机构工作时，滚子与凸轮轮廓作相对滚动，从而减小摩擦阻力，减轻从动件和凸轮轮廓的磨损。滚子从动件是一种应用最广的从动件形式。

(3) 平底从动件 图 1-4e、f 所示为平底从动件。平底从动件只能够与外凸的平面凸轮轮廓保持正确的接触和传动。若凸轮轮廓上存在内凹部分就不能正确再现给定的从动件的运动规律。平底从动件的特点是从动件上所受的作用力始终保持与平底线垂直（不计摩擦力时）；机构运转时，由于接触元素之间的相对运动，易于形成润滑油膜，从而大幅度减少摩擦损失和接触元素磨损。该类从动件适用于高速重载的凸轮机构中。

(4) 曲面从动件 图 1-4g、h 所示为曲面从动件。若该曲面是纯圆柱面，则相当于滚子从动件，但是在从动件和凸轮轮廓之间存在滑动摩擦。若采用高次曲面，则凸轮轮廓设计比较复杂，工程中应用很少。

(5) 滑船式从动件 图 1-4i、j 所示为滑船式从动件。当凸轮机构的工作周期所对应的凸轮转角超过  $360^\circ$  时，凸轮的轮廓将产生交叉现象。例如图 1-5 所示的凸轮机构中，凸轮旋转 2 周，从动件往复运动 1 次。从动件上的弧形滑块具有导向作用，在凸轮轮廓曲线槽的交叉部位上顺利通过并进入正确的轨道。此类凸轮机构能以较小的机构尺寸产生较大的从动件冲程，而机构的压力角不超过允许的数值。

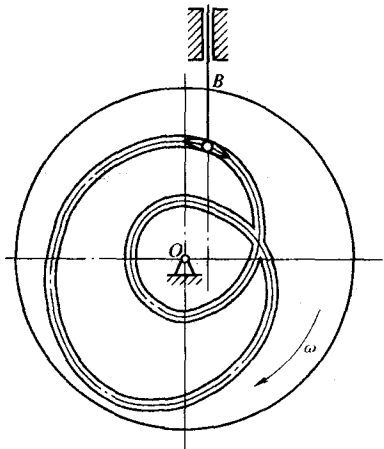


图 1-5 滑船式从动件凸轮机构

### 3. 按凸轮与从动件维持接触的方式分类

(1) 力锁合凸轮机构 图 1-6 给出两种利用外力维持凸轮与从动件接触的结构形式, 其中图 1-6a 所示为采用弹簧力, 图 1-6b 所示为利用从动件自身的重力。力锁合的优点是凸轮轮廓制造比较方便。机构运转过程中, 两接触元素间可以实现无间隙传动。但是在机构运转时, 若出现从动系统的惯性力超过锁合力, 则导致从动件与凸轮脱离接触, 使运动失去控制。此外, 锁合力对机构增加额外的负荷也是一项不利因素。

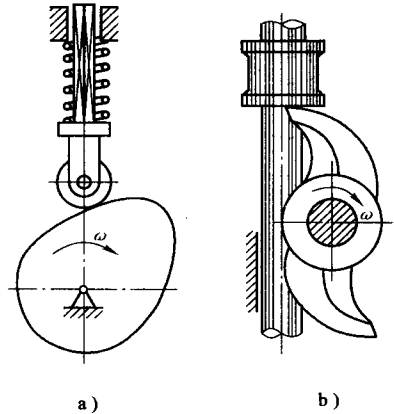


图 1-6 力锁合凸轮机构

(2) 几何形状锁合凸轮机构 这种凸轮机构有许多不同的形式, 可归纳为如下五种主要类型:

1) 槽形凸轮。图 1-7a、b 所示是两种槽形凸轮。凸轮的工作轮廓是一条等宽的曲线槽, 通常采用滚子从动件。凸轮槽的法向宽度与滚子直径的名义尺寸相等, 用控制制造公差的方法使滚子和凸轮槽之间具有适当间隙。该类凸轮机构的设计和制造均比较方便, 应用很广。

2) 凸缘式凸轮。图 1-7c、d 所示是两种凸缘式凸轮, 广义而言它也是一种共轭凸轮。采用双滚子形式的从动件, 两个滚子分别与凸缘的两个工作侧面相接触。滚子安装时, 可通过附加的调节装置使两个滚子同时压紧于凸轮的工作侧面, 预紧力调节适当。这样可以消除间隙, 从而避免从动件在工作循环中的空回现象。

3) 等宽凸轮。图 1-7e 所示是一种等宽凸轮机构, 凸轮轮廓上各处的宽度均相等。平底从动件有两个平底工作面同时与凸轮轮廓相接触。从动件的形状可以是框形或叉形。凸轮与从动件之间的间隙量必须加以控制, 目的是尽可能减少从动件变换运动方向时产生的运动滞后。工程中, 等宽凸轮常制成圆弧凸轮 (单圆弧、三圆弧或六圆弧)。此时, 从动件的运动规律受圆弧凸轮自身特性的制约, 不能任意设定。等宽凸轮机构的从动件也可采用摆动形式。

4) 等径凸轮。图 1-7f 所示是一种等径凸轮。从动件上安装两个滚子, 它们均与凸轮轮廓接触。所谓“等径”, 是指凸轮的理论轮廓曲线上沿两滚子中心线方向度量时距离处处相等。

5) 共轭凸轮。共轭凸轮由两组完整的凸轮机构组合而成, 其中同类构件相互刚性连接, 分别控制同一个从动件运动规律中的推程和回程。图 1-7g、h 所示是摆动从动件共轭凸轮机构的两种结构形式, 其中刚性连接的两个凸轮称为共轭

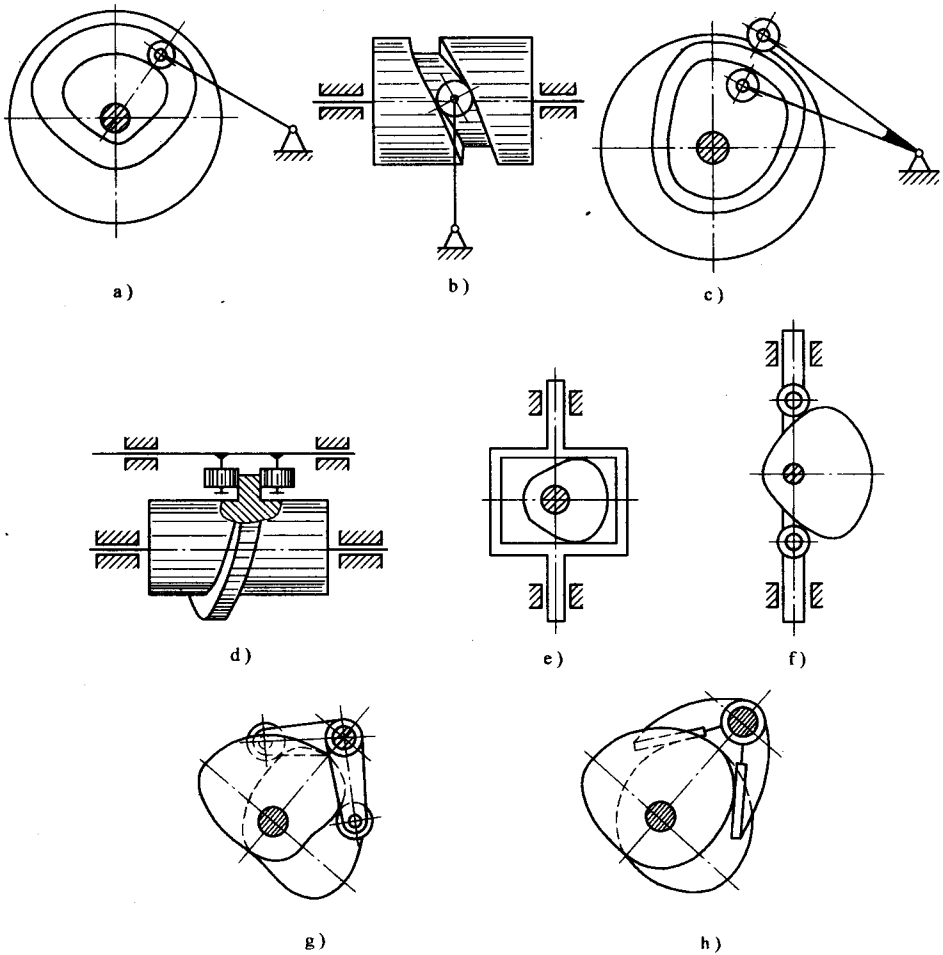


图 1-7 几何形状锁合凸轮机构

凸轮。安装时，通过调节从动件上的两个接触元件（滚子或平底）之间的相对位置，可以改变机构的工作间隙，甚至消除间隙。从动件的运动方式也可以是直动。两接触元素的形状可以不同，即可以一个用滚子，另一个用平底。广义而言，凸缘式凸轮和带双滚子的沟槽式凸轮均属于共轭凸轮。

## 1.2 凸轮机构在工程中的应用

由于凸轮机构和包含凸轮机构的各种组合机构能够再现各种预期的运动规律，凸轮机构在工程中获得了广泛应用。诸如在各种半自动和全自动金属切削机床、内燃机、矿石破碎机、模锻机、冷镦机、钢管冷轧机、自动包装

机、织机、家用和工业用缝纫机、自动绕线机、点焊机、印刷机以及多种农业机械等，均采用了凸轮机构。在许多自动化仪表中，也采用凸轮机构作为输出执行机构。下面仅举数例，说明凸轮机构在工程中的应用情况以及对凸轮机构的设计要求。

**【例 1-1】** 图 1-8 所示是一种加工水表零件的专用自动车床上的凸轮控制系统，加工零件的名义尺寸和几何形状已在图中给出。在凸轮轴（分配轴）上安装两个圆柱凸轮和一个平面凸轮。由这三个凸轮的从动件分别控制工件、钻头和刀架的运动，从而实现自动送料、车端面、开槽、钻孔和割断等依次交替的工序，完成对该零件的自动切削加工。加工过程中，夹头的松开和夹紧动作也由凸轮机构控制（图中未画出）。

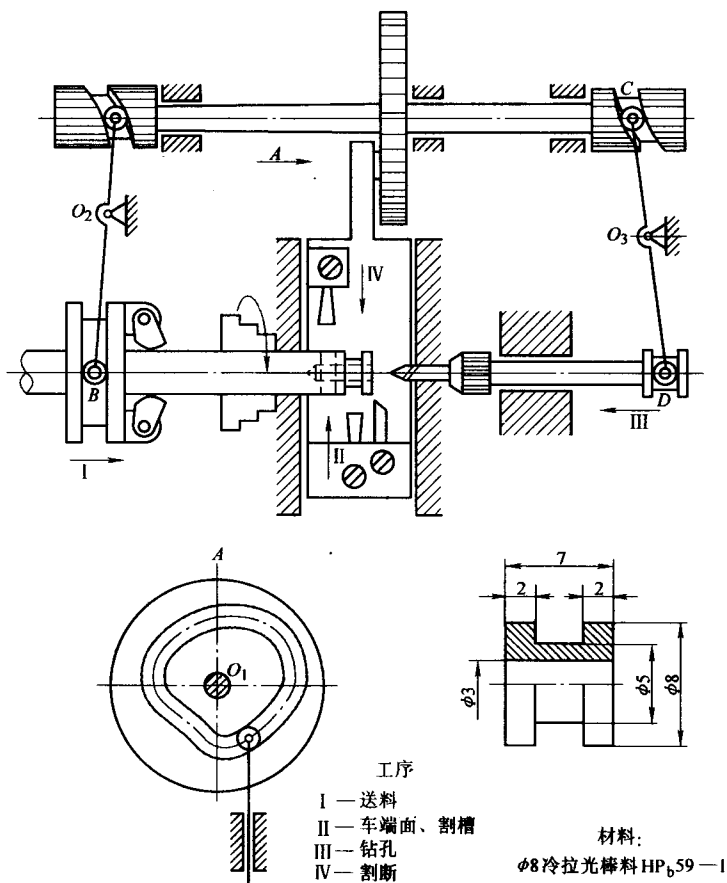


图 1-8 专用车床的凸轮控制机构

**【例 1-2】** 图 1-9 所示是一组用以铣削某一特定形状（图示为方形）零件



的凸轮控制系统。凸轮的轮廓曲线可根据铣削零件的几何参数进行设计。工件的回转轴与凸轮轴之间按传动比的要求用齿轮传动或链传动互相连接。

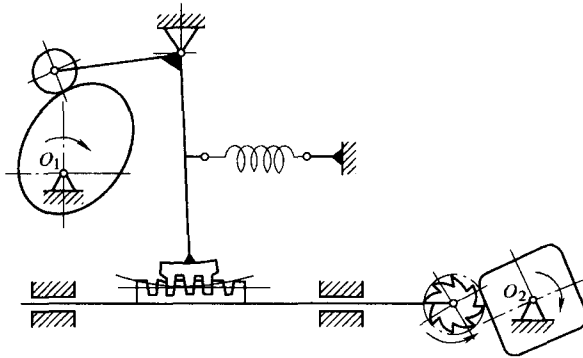


图 1-9 仿形铣削的凸轮控制机构

**【例 1-3】** 图 1-10 所示是一组用以刨削复杂形状零件的凸轮控制机构。为使刨刀切削刃的运动轨迹与工件的轮廓相适应，并且在切削曲线部分时形成合适的切削角，刀架在作向下切削运动到达曲线部分时还应作适当的摆动。该运动要求由圆柱凸轮机构和连杆机构的组合来实现。工作台的前进运动由另一组凸轮机构及其他传动机构来实现（图中未画出）。

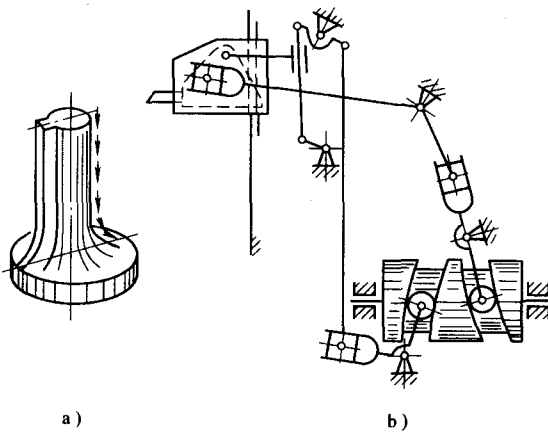


图 1-10 仿形刨削的凸轮控制机构

a) 工件 b) 控制切削运动的圆柱凸轮机构

**【例 1-4】** 图 1-11 所示是精密滚齿机中对工作台的分度蜗轮误差实行补偿的凸轮机构。补偿凸轮（校正靠模）与分度蜗轮同轴刚性连接。该凸轮机构的从动件通过齿轮齿条传动、齿轮传动和蜗杆蜗轮传动与圆锥齿轮行星机构相联系，从而