

# 机械设计 实用机构图册

张丽杰 徐来春 主编

JIXIE SHEJI  
SHIYONG JIGOU  
TUCE

机构构件设计

机构设计图例

机构运动分析与仿真



化学工业出版社



# 机械设计 实用机构图册

张丽杰 徐来春 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是一本兼具实用性、典型性和启发性的机械设计机构图册。书中对各种常用和典型机构、零部件的工作原理、功用、设计禁忌及应用等做了系统介绍。本书内容共3篇23章,包括机构基础和基本构件、机构设计图例和机构运动分析与仿真三篇。

第1篇包括机构的基本知识,传动机构类型、特点及应用,实现功能的机构和结构等基础性内容。第2篇包括平面连杆机构,凸轮机构,齿轮机构,轮系,间歇运动机构,螺旋机构,挠性传动机构,组合机构,机器人机构,连接轴和轴上零部件,气动、液动机构,电磁机构和光电机构等。第3篇主要介绍机构运动分析与仿真方法,并列举了仿真设计的典型实例。本书内容丰富,叙述精炼,以图为主,表格化风格,突出实用性。

本书是机械设计人员及相关技术人员快速查阅和参考的简明工具书,旨在解决机械设计中的各类设计问题,并激发创新设计思路,也是广大相关专业院校师生拓展应用知识的宝贵资料。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械设计实用机构图册/张丽杰,徐来春主编. —北京:  
化学工业出版社, 2019.9

ISBN 978-7-122-34514-1

I. ①机… II. ①张…②徐… III. ①机械设计-图集  
IV. ①TH122-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第092779号

---

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈喆

责任校对:王素芹

装帧设计:王晓宇

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:高教社(天津)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张25 $\frac{3}{4}$  字数589千字 2019年9月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 118.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

机构和零件是机械产品的核心，其设计的实用性和创新性决定了其先进性。作为一名机械设计人员，要想设计出更多、更新的机械装置，除掌握专业知识外，还得正确合理选择典型机构并能将它们灵活地应用、组合、升级创新，这就需要一本图册作为参考。为此，本书系统搜集整理了各种常用、实用、典型、创新机构及零部件，并对它们的工作原理、功能用途、应用图例、设计禁忌等内容进行了全面系统的介绍，从实用性和工程性的角度编写此书。

本书依托大量工程实例，以图为架，以文作结，尽力阐明实例的工作原理、功能用途、设计禁忌和选用要点等，对开拓机械设计思路，灵活运用机构有所帮助。对机械工程技术人员来说也是一本实用的、有参考价值的工具书。本书内容全面、图文翔实、深入浅出、分析透彻，便于理解，也是广大相关专业院校师生拓展应用知识的宝贵资料。

本书由张丽杰、徐来春任主编，谢霞、杨甫勤、徐柳、刘雅倩、王晓燕任副主编，参加编写工作的还有郝振洁、张健、陶泽南、白丽娜、王文照、孙爱丽、柴树峰、张晓丽、马超、谢坤。全书由朱诗顺主审。

编著者殷切希望广大读者在使用过程中，对本书的不足之处提出批评并指正。

编著者

# 目 录

## 第 1 篇

### 机构基础和基本构件

<b>第 1 章 机构的基本知识</b> .....	2
1.1 机器、机构与构件 .....	2
1.2 运动副与运动链 .....	2
1.3 机构图示方法 .....	3
1.3.1 机构运动简图 .....	3
1.3.2 机构装配图 .....	10
1.3.3 机构构造图 .....	10
1.3.4 机构轴测构造示意图 .....	10
1.3.5 机构轴测简图 .....	11
1.4 机构自由度 .....	11
1.4.1 机构的自由度 .....	11
1.4.2 机构具有确定运动的条件 .....	12
1.4.3 常见机构自由度计算实例 .....	12
1.4.4 计算平面机构自由度时应注意的问题 .....	13
1.5 机构的分类 .....	15
1.5.1 执行动作和执行机构 .....	15
1.5.2 执行构件的基本运动和机构的基本功能 .....	15
1.5.3 按功能对机构分类 .....	16
<b>第 2 章 传动机构类型、特点及应用</b> .....	18
2.1 机械传动的功用及类型 .....	18
2.2 常见传动机构的特点及应用 .....	19
2.3 机械传动选型主要参考参数 .....	20
<b>第 3 章 实现功能的机构和结构</b> .....	21
3.1 直线运动导向及直线运动传动机构 .....	21
3.2 回转运动机构及回转运动和直线运动的变换机构 .....	22
3.3 上下直线运动、平行移动机构 .....	23
3.4 实现动作转换的机构 .....	23
3.5 产生各种变形的机构 .....	24
3.6 实现承载功能的结构 .....	25
3.7 实现传递力及力矩功能的结构 .....	26
3.8 实现定位功能的机构及结构 .....	27

3.9 实现零件固定、连接功能的结构 .....	28
3.10 实现零件间位置配合功能的结构 .....	29
3.11 各种零件的基本形状及功能 .....	30

## 第 2 篇

### 机构设计图例

<b>第 4 章 平面连杆机构</b> .....	<b>34</b>
---------------------------	-----------

4.1 概述 .....	34
4.1.1 平面四杆机构的基本类型 .....	34
4.1.2 平面四杆机构的基本特性 .....	36
4.2 平面四杆机构设计 .....	38
4.1.2 平面四杆机构设计的基本问题和方法 .....	38
4.2.2 平面四杆机构类型的选用禁忌 .....	38
4.3 平面四杆机构应用图例 .....	45
4.3.1 平面连杆机构应用图例 .....	45
4.3.2 平面四杆机构演化及拓展机构应用图例 .....	56

<b>第 5 章 凸轮机构</b> .....	<b>69</b>
-------------------------	-----------

5.1 凸轮机构的分类和特点 .....	69
5.1.1 凸轮机构的分类和应用 .....	69
5.1.2 凸轮机构的工作原理和基本参数 .....	71
5.1.3 凸轮机构从动件运动规律 .....	72
5.2 凸轮机构应用图例及禁忌 .....	74
5.2.1 盘形凸轮应用图例 .....	74
5.2.2 移动凸轮应用图例 .....	82
5.2.3 圆柱凸轮应用图例 .....	85
5.2.4 凸轮机构结构设计禁忌 .....	88

<b>第 6 章 齿轮机构</b> .....	<b>92</b>
-------------------------	-----------

6.1 齿轮传动概述 .....	92
6.1.1 齿轮机构的分类 .....	92
6.1.2 齿轮机构工作原理及基本参数 .....	93
6.2 齿轮机构应用图例及禁忌 .....	95
6.2.1 齿轮机构应用图例 .....	95
6.2.2 齿轮机构结构的设计禁忌 .....	101

<b>第 7 章 轮系</b> .....	112
7.1 轮系概述 .....	112
7.2 轮系应用图例及禁忌 .....	112
7.2.1 定轴轮系应用图例 .....	112
7.2.2 周转轮系应用图例 .....	119
7.2.3 复合轮系应用图例 .....	123
7.2.4 轮系结构设计禁忌 .....	126
<b>第 8 章 间歇运动机构</b> .....	132
8.1 间歇运动机构概述 .....	132
8.2 间歇运动机构应用图例及禁忌 .....	133
8.2.1 棘轮机构应用图例 .....	133
8.2.2 槽轮机构应用图例 .....	139
8.2.3 凸轮式间歇机构应用图例 .....	141
8.2.4 不完全齿轮机构应用图例 .....	145
8.2.5 其他间歇机构应用图例 .....	148
8.2.6 间歇运动机构结构设计禁忌 .....	153
<b>第 9 章 螺旋机构</b> .....	157
9.1 螺旋传动概述 .....	157
9.1.1 螺旋机构的工作原理 .....	157
9.1.2 螺旋传动的类型和特点 .....	158
9.2 螺旋机构应用图例及禁忌 .....	158
9.2.1 传力螺旋机构应用图例 .....	158
9.2.2 传导螺旋机构应用图例 .....	162
9.2.3 调整螺旋机构应用图例 .....	165
9.2.4 滚动螺旋机构应用图例 .....	169
9.2.5 螺旋机构结构设计禁忌 .....	170
<b>第 10 章 挠性传动机构</b> .....	174
10.1 挠性传动机构概述 .....	174
10.2 挠性传动机构应用图例及禁忌 .....	174
10.2.1 摩擦带传动应用图例 .....	174
10.2.2 同步带传动应用图例 .....	182
10.2.3 链传动应用图例 .....	184
10.2.4 挠性传动机构结构设计禁忌 .....	188
<b>第 11 章 组合机构</b> .....	200
11.1 组合机构组合方式分析 .....	200

11.2	组合机构应用图例及禁忌	202
11.2.1	凸轮-连杆组合机构应用图例	202
11.2.2	齿轮-连杆组合机构应用图例	206
11.2.3	凸轮-齿轮组合机构应用图例	209
11.2.4	其他组合机构应用图例	211
11.2.5	组合机构设计禁忌	223
<b>第 12 章</b>	<b>机器人机构</b>	<b>228</b>
12.1	机器人简介	228
12.1.1	机器人定义	228
12.1.2	固定自主工业机器人	229
12.2	机器人图例	229
12.2.1	ABB 工业机器人图例	229
12.2.2	自主和半自主移动机器人图例	231
12.2.3	其他自主或半自主机器人图例	236
<b>第 13 章</b>	<b>连接</b>	<b>240</b>
13.1	连接概念	240
13.2	连接图例及禁忌	240
13.2.1	螺纹连接及螺纹装置图例及结构设计禁忌	240
13.2.2	键连接图例及结构设计禁忌	259
13.2.3	花键连接图例及结构设计禁忌	267
13.2.4	销连接图例及结构设计禁忌	271
<b>第 14 章</b>	<b>轴</b>	<b>275</b>
14.1	概述	275
14.1.1	轴的功用和类型	275
14.1.2	轴的材料	276
14.2	轴结构设计图例及禁忌	277
14.2.1	提高轴的疲劳强度的结构设计图例及禁忌	277
14.2.2	方便加工的轴系设计图例及禁忌	281
14.2.3	方便安装的轴系设计图例及禁忌	282
14.2.4	保证轴运动稳定可靠的结构设计图例及禁忌	284
<b>第 15 章</b>	<b>滑动轴承</b>	<b>286</b>
15.1	滑动轴承概述	286
15.2	滑动轴承图例及结构设计禁忌	286
15.2.1	必须保证良好润滑的结构设计图例及禁忌	286
15.2.2	避免严重磨损和局部磨损的结构设计图例及禁忌	289



15.2.3	保证较大的接触面积的结构设计图例及禁忌	291
15.2.4	应使拆装、调整方便的结构设计图例及禁忌	292
15.2.5	轴瓦、轴承衬结构设计图例及禁忌	293
15.2.6	合理选用轴承材料的禁忌	295
15.2.7	特殊要求的轴承设计图例及禁忌	296
<b>第 16 章</b>	<b>滚动轴承</b>	<b>298</b>
16.1	滚动轴承概述	298
16.2	滚动轴承结构设计图例及禁忌	298
16.2.1	滚动轴承的类型选择图例及禁忌	298
16.2.2	轴承组合的布置和轴系结构图例及禁忌	303
16.2.3	轴承座结构设计图例及禁忌	304
16.2.4	保证轴承拆装方便设计图例及禁忌	308
16.2.5	钢丝滚道轴承设计图例及禁忌	310
<b>第 17 章</b>	<b>联轴器</b>	<b>313</b>
17.1	联轴器概述	313
17.2	联轴器应用图例及设计禁忌	313
17.2.1	联轴器应用图例	313
17.2.2	联轴器结构设计禁忌	329
<b>第 18 章</b>	<b>离合和制动装置</b>	<b>334</b>
18.1	离合和制动装置概述	334
18.2	离合和制动装置图例及禁忌	334
18.2.1	离合器应用图例及禁忌	334
18.2.2	制动器应用图例及禁忌	335
<b>第 19 章</b>	<b>弹簧</b>	<b>337</b>
19.1	弹簧概述	337
19.1.1	弹簧的功用和类型	337
19.1.2	弹簧的制造和材料	338
19.2	弹簧图例及禁忌	339
19.2.1	弹簧实用图例	339
19.2.2	弹簧结构设计禁忌	351
<b>第 20 章</b>	<b>气动、液动机构</b>	<b>354</b>
20.1	气动、液动机构概述	354
20.1.1	气动机构概述	354
20.1.2	液动机构概述	354

20.2	气动、液动机构图例 .....	355
20.2.1	气缸或液压缸驱动的机构图例 .....	355
20.2.2	气动机构和其他应用图例 .....	358
<b>第 21 章</b>	<b>电磁机构 .....</b>	<b>363</b>
21.1	电磁机构概述 .....	363
21.2	电磁机构应用图例 .....	365
21.2.1	永久磁铁应用图例 .....	365
21.2.2	电动锤机构图例 .....	372
21.2.3	恒温机构图例 .....	375
21.2.4	其余电磁机构图例 .....	376
<b>第 22 章</b>	<b>光电机构 .....</b>	<b>378</b>
22.1	光电机构概述 .....	378
22.2	光电机构应用图例 .....	378

### 第 3 篇

#### 机构运动分析与仿真

<b>第 23 章</b>	<b>机构运动分析与仿真方法 .....</b>	<b>382</b>
23.1	机构运动分析方法 .....	382
23.2	机构运动分析仿真方法 .....	382
23.3	常用机构运动仿真实例 .....	384
23.3.1	连杆机构仿真实例 .....	384
23.3.2	轮系仿真实例 .....	387
23.3.3	间歇运动机构仿真实例 .....	389
23.3.4	组合机构仿真实例 .....	392
23.3.5	无级变速器仿真实例 .....	395
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>401</b>

# 第 1 篇

## 机构基础和 基本构件

# 第1章

## 机构的基本知识

### 1.1 机器、机构与构件

#### (1) 机器

在生产过程和日常生活中，人们广泛使用着名目繁多的各种机器。它们虽然有着不同的构造和用途，但都是由许多不同的机构和构件组成的。组成机器的各个部分都有着确定的相对运动，能代替人类的劳动去做有用的功（如各种机床可以加工零件、起重机吊起重物等），或进行能量转换（如内燃机将热能转换为机械能）。任何一部完整的机器，其主体都是由原动部分、传动部分和执行部分组成的。

#### (2) 机构

在机器中使用的机构类型很多，但它们大都由刚性体所组成（有的机构使用挠性体，如传动带、链条等），且组成机构的各刚性体之间互相做有规律的相对运动，各刚性体在完成运动的传递和变换的同时，也完成力的传递和变换。因此可以说，机构是一个具有一定相对运动的刚性体的组合系统。通常把机器和机构统称为机械。

#### (3) 构件

在机构中，参与运动的刚性体称为机构的构件。构件与零件是有区别的，构件可以是单一的零件，也可以是由若干零件连接而成的刚性结构。

构件之间用运动副按照一定的规律进行连接就组成了机构，否则构件就会失去全部运动，而成为一个不能运动的机械结构，见图 1-1。

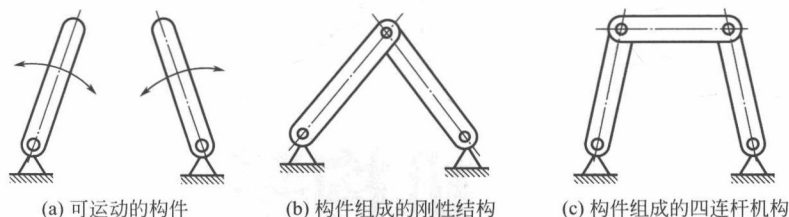


图 1-1 构件组成的机构

构件可以用简图表示。用简图表示构件时，只要把与运动有关的连接方式及主要长度用简单的线条表示出来即可。

### 1.2 运动副与运动链

机器中的每一个构件，至少必须与另一构件相连接，绝无孤立存在的构件。两个构件之

间的这种连接,显然不应构成刚性系统,而是在两构件之间仍能产生某些相对运动。我们将由两个构件组成的这种仍能产生某些相对运动的连接称为运动副。运动副可以用来约束或限制构件的自由运动,即除去构件不需要的运动,而保留所期望达到的运动。显然,这取决于构件间相互连接的方式,即取决于运动副的结构。

按其运动范围划分,运动副有空间运动副和平面运动副两大类。在一般的机器及机械设备中常使用的是平面运动副。

平面运动副的分类见表 1-1。

表 1-1 平面运动副的分类

类别	特点	举例	优缺点
按运动形式分	转动副	两构件之间的相对运动为转动 ①轴与轴承的连接 ②曲轴和连杆的连接	—
	移动副	两构件之间的相对运动为移动 ①气缸和活塞组成的运动 ②滑块与导槽组成的运动	—
	螺旋副	两构件之间的相对运动为螺旋运动 螺杆与螺母构成的运动	—
按接触的方式分	低副	组成运动副的两构件为面接触 ①轴与轴承的接触 ②气缸与活塞的接触	①由于是面接触,承载能力大 ②容易加工和维修 ③为滑动摩擦,效率低
	高副	组成运动副的两构件以点或线接触 ①凸轮机构 ②圆柱直齿轮的线接触	①可以得到多种形式的运动 ②接触处的压力较高,容易磨损,寿命低

用运动副将两个以上的构件连接起来就成了运动链。运动链有两种形式,即开链和闭链。在开链中首尾两构件不相连,在闭链中首尾两构件相连。机构是封闭的运动链。

## 1.3 机构图示方法

在工程实践中,要说明机器的工作原理、运动、构造以及制造和使用、维修等问题,最清晰、明确、简洁的“语言”即是工程图样。表示机械运动和工作原理的图形通常有机构运动简图、机构装配图、机构构造图、机构轴测构造示意图、机构轴测简图五种。

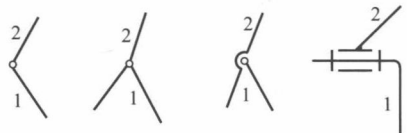
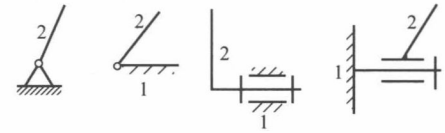
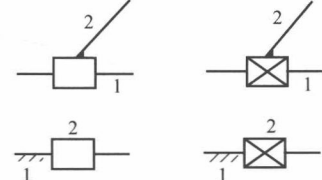
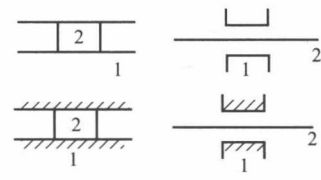
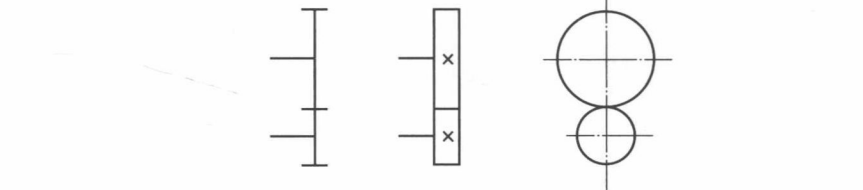
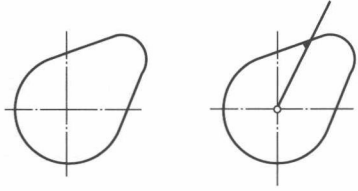
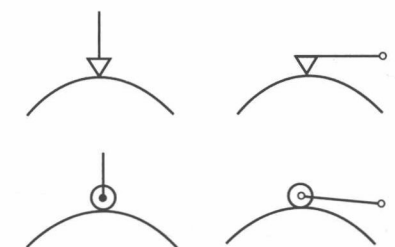
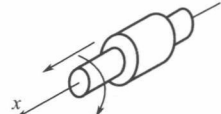
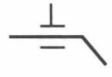
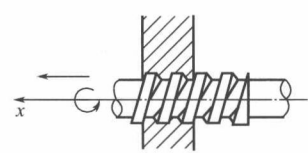

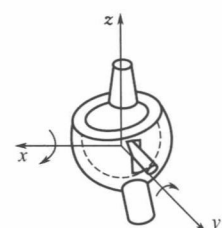

### 1.3.1 机构运动简图

机构的运动仅取决于运动副的类型和位置,而与构件的形状无关,因而描述机构运动原理的图形,可以用表征运动副类型(运动副元素形状)和位置的简单符号以及代表构件的简单线条来画出。如果要准确地反映机构运动空间的大小或要用几何作图法求解机构的运动参数,则运动副的位置要与实际机构中的位置相同或成比例关系,这样画出的简图称为机构运动简图。

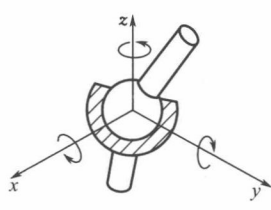

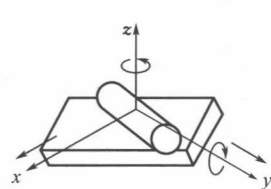
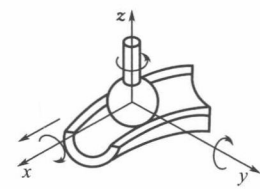
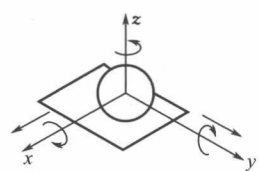

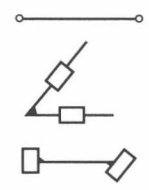
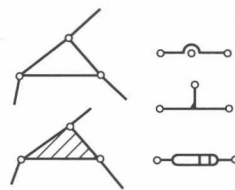
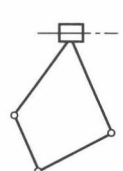
#### (1) 运动副、构件简图的表示方法

常用运动副和构件的表示方法如表 1-2 所示。

表 1-2 常用运动副和构件的表示方法

类别	两运动构件所形成的运动副	两构件之一为机架时所形成的运动副
转动副	 <p>1,2—活动构件</p>	 <p>1—固定构件;2—活动构件</p>
移动副	 <p>1,2—构件</p>	 <p>1,2—构件</p>
齿轮		
凸轮		<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">凸轮从动件的符号</p> 
圆柱副	 	
螺旋副	 	
球销副	 	

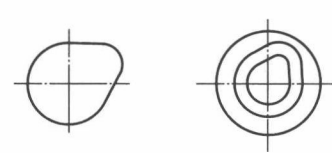
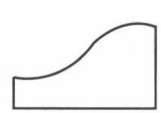
续表

类别	两运动构件所形成的运动副		两构件之一为机架时所形成的运动副
空间球面副			
空间线高副			
空间点高副			
构件	双副元素构件	三副元素构件	多副元素构件
			

(2) 机构简图的表示方法

常用机构的简图符号见表 1-3。

表 1-3 常用机构的简图符号

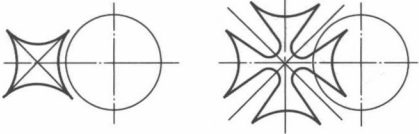
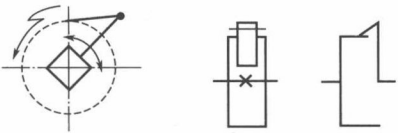
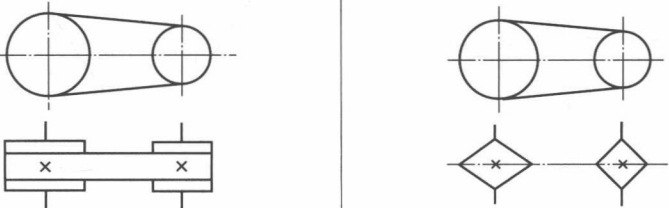
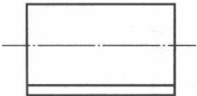
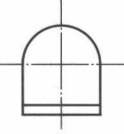

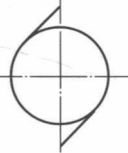
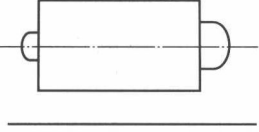
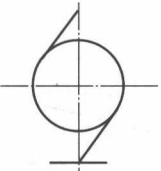
名称	简图符号	
	盘状凸轮	移动凸轮
平面凸轮机构		

名称	简图符号	
	外啮合	内啮合
圆柱齿轮机构		
非圆齿轮机构		
圆锥齿轮机构		
交错轴斜齿轮机构		
蜗杆蜗轮机构		
齿轮齿条机构		

齿  
轮  
机  
构



续表

名称		简图符号	
槽轮棘轮机构	槽轮机构		
	棘轮机构		
挠性传动机构		带传动	链传动
			
原动机	通用符号 (不指明类型)		
	电动机 (一般符号)		
	装在支架上的电动机		

### (3) 机构简图的作用

设计工作机构时, 首先就是要绘制机构运动简图, 其主要作用有以下几个方面。

① 表达机构设计的目标 设计机器时, 首先是要确定采用怎样的运动方式来实现机器的功能, 接着是要选择或创造合适的机构来实现要求的运动, 最后, 是确定机构与运动有关的尺寸, 以较好地实现要求的运动规律, 使机构有良好的工作特性。这一工作的结果, 是以机构的运动简图来表达的。

图 1-2 为小型压力机机构运动简图。图 1-3 为颚式破碎机压碎机构运动简图。