

机械设计实用机构 运动仿真图解

朱金生 凌云 编著

165例典型机构, 400多幅图解, 240个三维仿真动画



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

机械设计实用机构运动仿真图解

朱金生 凌云 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是作者多年实践经验的结晶,通过对精选的典型实用运动机构的三维仿真、图解、分析,让读者轻松、快速掌握其运动原理、特点,开拓设计思路,在工作中举一反三。在内容上,首先介绍构件数和运动副类型最少、并具有运动转化功能的基本机构,即平面连杆机构、凸轮机构和齿轮机构,包括它们的结构、运动特点等,然后讲解和分析 165 个各种机构及机构组合的应用实例。

本书结构清晰、语言简明、图例丰富,并附有一张包含各章仿真动画视频的光盘,适合于从事机械工程设计人员及相关专业的本科生、研究生和有关技术人员学习参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计实用机构运动仿真图解 / 朱金生,凌云编著. —北京:电子工业出版社,2012.1
ISBN 978-7-121-14999-3

I. ①机… II. ①朱…②凌… III. ①机构运动分析—图解 IV. ①TH112-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 227566 号

责任编辑:万子芬(wzf@phei.com.cn) 特约编辑:刘丽丽

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:12 字数:261 千字

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:39.00 元(含光盘 1 张)



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

机构设计是机械设计中的灵魂，一种独特、新颖的机构设计体现设计者的智慧与创新的精神。了解、掌握的机构越多，在研发设计新产品时就越主动，方法也越多，但是，熟练掌握各种机构的设计并能熟练运用并非易事，也非一日之功，它是一种“隐性知识”，需要日积月累，不断从生活、实践中学习，并结合理论不断总结，才能逐步掌握。

对于刚刚走上机械设计岗位的新人，或者想了解一些常用机构、暂时还不能快速阅读工程图纸的非机械设计者，是否有快捷的办法能尽快地了解掌握一些常用的机构呢？尝试下面所述的方法：利用三维软件的运动仿真技术，把在实践中用到的、见到的、学到的常用机构绘制成三维模型，进行运动仿真，让静止的平面工程图变成和实物一样的机构模型，并让它“动”起来，在较短的时间里对这些常用机构的运动原理及特点有初步的印象，并反复观察研究，以缩短掌握机构的时间，或为设计提供一些参考。





考虑到读者的实际情况，本书从介绍构件数和运动副类型最少并具有运动转化功能的基本机构仿真开始，即先介绍平面连杆机构、凸轮机构和齿轮机构的运动仿真。从简要介绍结构、运动特点到机构的应用及基本机构组合的应用实例，其中，有些实例是多年来的经验总结。但本书所介绍的多数机构，只讲为实现某种运动时的构成方法，不涉及具体的设计方法，它可作为机械设计手册的补充。

特别值得一提的是，针对书中介绍的每一例典型机构，作者制作了三维动画进行仿真，这些动画收录在附赠的光盘中，它们直观地反映了机构的运动状态，这使得本书不同于相关内容的其他同类图书。随着三维机械设计软件不断发展、升级，一定会有更多、更新的机构运动仿真供读者参考选用。

由于编著者的水平有限，书与光盘中难免有不妥之处，真诚地希望读者给予批评指正。

朱金生

目 录

第一部分 常用基本机构介绍	1
 1. 平面连杆机构.....	1
1) 铰链四杆机构.....	1
2) 单移动副四杆机构.....	9
3) 双移动副四杆机构.....	12
 2. 凸轮机构.....	17
1) 凸轮机构的组成及特点.....	17
2) 凸轮机构的分类.....	18
 3. 齿轮机构.....	19
1) 齿轮机构的组成.....	19
2) 齿轮机构的类型.....	20
 4. 轮系.....	21
1) 定轴轮系.....	22
2) 周转轮系.....	22
3) 混合轮系.....	25
第二部分 运动仿真应用实例	26
例 1 雨刷器.....	26
例 2 扇形齿轮做摇杆的停歇送料机构.....	28
例 3 搅拌撒草机构.....	30
例 4 插秧机.....	30
例 5 划桨机构.....	31
例 6 曲柄摇杆与曲柄滑块串接机构.....	32
例 7 齿轮副连接曲柄摇杆与摆动导杆机构.....	33
例 8 利用连杆上一点近似直线轨迹的皮革抛光机构.....	34
例 9 割草机驱动机构.....	35
例 10 双面刀刃割草机驱动机构.....	36

例 11	肘杆夹紧机构 1	37
例 12	肘杆夹紧机构 2	38
例 13	双肘杆联动夹紧机构	38
例 14	不自锁推拉夹紧机构	39
例 15	多轴钻	39
例 16	平行四杆机构用于带轮涨紧机构	40
例 17	电动机皮带轮涨紧机构	41
例 18	平行四杆机构做停歇送料机构	42
例 19	六组平行四杆机构	43
例 20	梨爪伸缩机构	44
例 21	孔销联轴器	45
例 22	十字滑块联轴器	46
例 23	可逆转坐席机构	46
例 24	砂箱翻转机构	47
例 25	开关炉门机构	48
例 26	前轮转向机构	49
例 27	卸料小车挡料板自动开启机构	50
例 28	转动导杆与摆动导杆串接机构	50
例 29	转动导杆与停歇运转的摆动导杆机构	52
例 30	转动导杆切纸机构	53
例 31	曲柄摇杆与正弦串接机构	54
例 32	曲柄摆动导杆与正弦串接机构	54
例 33	曲柄摇块滑块三级机构	55
例 34	曲柄摇杆滑块三级机构	56
例 35	双曲柄与曲柄滑块串接机构	56
例 36	斜直槽双移动副机构	57
例 37	摆动导杆与双滑块机构	58
例 38	曲柄双滑块机构用于金属丝(片)成型机构	58
例 39	偏置曲柄滑块机构(弓锯床运动机构)	59
例 40	曲柄滑块与转动导杆串接机构	60
例 41	增大滑块行程机构	62

例 42	曲柄摇块机构实现近似直线轨迹	62
例 43	输出摆杆有停歇的铰链连杆机构	63
例 44	双摇杆搬运机构	64
例 45	双曲柄与转动导杆串接机构	65
例 46	转动导杆机构应用实例	66
例 47	机架长度可调的摆动导杆机构	67
例 48	摆杆极限位置可调节的铰链六杆机构	68
例 49	深拉压力机	69
例 50	用转动导杆调节切纸速度的机构	69
例 51	输入/输出均为转动的导杆机构	71
例 52	输入/输出均为转动的导杆机构应用实例	71
例 53	直线运动机构	72
例 54	双连杆送料机构	73
例 55	可实现单侧停歇的摆动导杆机构	74
例 56	从动件在极限位置有较长时间停歇的机构	75
例 57	六杆压力机机构	76
例 58	双摇杆夹紧机构	77
例 59	组合夹紧机构	78
例 60	凸轮连杆组合输送薄板机构	78
例 61	热合联动机构	79
例 62	双凸轮与铰链四杆组合的步进输送机构	80
例 63	两个相同的曲柄摇杆组合的步进输送机构	82
例 64	输出构件做停歇摆动机构	83
例 65	等宽凸轮移动间歇机构	84
例 66	蜗轮蜗杆用于挑膜机构	84
例 67	齿轮齿条用于拉膜机构	85
例 68	风扇摇头机构	86
例 69	正反转销驱动摆杆机构	87
例 70	翻转机构	88
例 71	双偏心轮驱动导杆机构	89
例 72	凸轮与转动导杆组合机构	89

例 73	切膜（纸）机构	90
例 74	气钻行星齿轮机构	92
例 75	对开螺母机构	93
例 76	齿轮升降机构	93
例 77	凸轮调节锥齿轮周转轮系输出轴转速机构	94
例 78	凸轮调节输出轴转速机构	95
例 79	手动夹爪机构	95
例 80	量筒开盖落料机构	96
例 81	保持工件姿势不变的运转机构	97
例 82	手动搅拌器	98
例 83	开门机构	99
例 84	摆动式油泵	100
例 85	手动双联行星机构	101
例 86	双凸轮控制二维移动机构	102
例 87	增大凸轮升程角转动导杆机构	102
例 88	桨轮机构	104
例 89	转动导杆与正弦机构组合的机构	104
例 90	电磁夹紧机构	105
例 91	夯土机	107
例 92	抛光机构	107
例 93	四导杆机构	108
例 94	增大摆角的摆动导杆机构	109
例 95	凸轮齿轮机构	110
例 96	螺杆充填机	111
例 97	齿轮连杆组合机构	112
例 98	两偏心齿轮往复运动机构	113
例 99	一组锥齿轮传动机构	114
例 100	双发动机速度指示机构	114
例 101	后面夹紧机构	116
例 102	螺母驱动转动压板夹紧机构	117
例 103	翻转压板与楔夹紧机构	118

例 104	针孔传动机构	119
例 105	齿轮正弦机构	120
例 106	送膜机构	121
例 107	封膜机构	122
例 108	固定槽凸轮与摆动从动杆机构	123
例 109	移动夹紧机构	125
例 110	凸轮夹紧机构	125
例 111	可调行程的凸轮绕线机构	126
例 112	开袋热合机构	127
例 113	开锁机构	128
例 114	切膜机构	129
例 115	摆动齿轮行星减速机构	130
例 116	单万向联轴器	131
例 117	双万向联轴器	132
例 118	有缺口的齿轮传动机构	132
例 119	直线导轨组合机构	133
例 120	装载机	133
例 121	从动件在极限位置有较长停歇的机构	134
例 122	移动导杆有单侧停歇的机构	135
例 123	输出摆杆有双侧停歇的机构	136
例 124	连杆上一点直线轨迹平行于机架的四杆机构	136
例 125	车制椭圆机构	137
例 126	调整刀具车制八边形机构	139
例 127	加工卵形零件的车床夹具	139
例 128	机床尾座运动机构	140
例 129	双摆杆挠性件差动机构(抛磨机)	141
例 130	平衡吊直线引导机构	142
例 131	热合夹紧机构	143
例 132	实现精确直线行星轮系连杆机构	144
例 133	实现精确直线移动的双滑块机构	145
例 134	无导轨虎钳	147

例 135	主从动轴线重合的齿轮连杆机构	148
例 136	深拉压力机机构	149
例 137	齿轮-连杆组合机构	150
例 138	带轮驱动的导杆机构	151
例 139	带固定凸轮的凸轮连杆机构	152
例 140	移动导杆近似等速移动机构	153
例 141	锁扣眼机构	154
例 142	摆动式飞剪机构	155
例 143	封罐机	156
例 144	可变节距扭绞金属线机构	157
例 145	连轧机差动减速器	159
例 146	导杆行星齿轮组合机构	160
例 147	调位-对中机构	163
例 148	拉膜辊调节机构	164
例 149	齿轮-螺旋差动机构	164
例 150	用行星齿轮实现微量进给机构	165
例 151	宽三角带式机械无级调速器	166
例 152	直线引导机构	168
例 153	平行钳口的夹钳	169
例 154	简易平口钳	170
例 155	滑槽杠杆式抓取机构结构 1	170
例 156	滑槽杠杆式抓取机构结构 2	171
例 157	连杆杠杆式抓取机构结构 1	172
例 158	连杆杠杆式抓取机构结构 2	172
例 159	连杆杠杆式抓取机构结构 3	173
例 160	平板式抓取机构	174
例 161	平面平行移动连杆式抓取机构	174
例 162	手臂伸屈机构	175
例 163	圆锥齿轮行星机构机械手 1	176
例 164	圆锥齿轮行星机构机械手 2	178
例 165	开袋机构	179

第一部分

常用基本机构介绍

1. 平面连杆机构

平面连杆机构中结构最简单、应用最广泛的是铰链四杆机构。在铰链四杆机构的基础上，再依次连接二级杆组、三级杆组等，就成为多杆机构。它可以按照给定的运动规律和位置要求运动，也可以按照给定的运动轨迹运动。

1) 铰链四杆机构

铰链四杆机构是平面四杆机构的最基本的形态，其他形式的四杆机构都可以看做是在它的基础上演化而成的。铰链四杆机构有四个构件，用四个转动副相连，每两构件之间为面接触，结构、制造简单，可获得较高的精度，广泛应用在低速机械传动中。

(1) 曲柄摇杆机构

如图 1 所示的铰链四杆机构中，固定杆称为机架，与机架相连的两个杆称为连架杆，连接两连架杆的杆称为连杆。在连架杆中，若有一个杆能做整周旋转时，该杆又称曲柄，但并不是所有的铰链四杆机构中都有曲柄，



存在曲柄的几何条件：

- ① 与机架相连的曲柄为最短的构件；
- ② 最短的构件与最长的构件之和小于其余两构件之和。

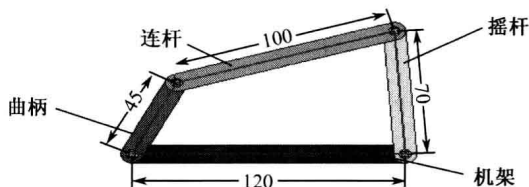


图1 曲柄摇杆机构

满足上述两个条件的铰链四杆机构又称为曲柄摇杆机构。

在图1中，用连杆做机架也是曲柄摇杆机构，因为也满足曲柄存在的几何条件。

仔细观察曲柄摇杆机构的运动仿真模型：主动的曲柄匀速转动时，从动的摇杆变速摆动，且曲柄转一周的过程中与连杆有两次共线(图2、图3)，此时摇杆的左右两个位置是极限位置；两次共线时，曲柄与机架的夹角也不同。这说明从动摇杆到达左右两个极限位置时，曲柄转过的角度也不同，即摇杆左右摆动时的速度不同。通常把摇杆的这种左右摆动速度不同的特性称为急回特性。实际应用时，常把慢速作为工作行程，快速作为回程。主动曲柄匀速旋转一圈的时间中，从动摇杆的工作行程所占的时间越长，工作行程的速度越平稳，返回行程所占的时间越短，急回特性就越强。设计时常根据给定的急回特性（急回系数），来确定各构件的尺寸。

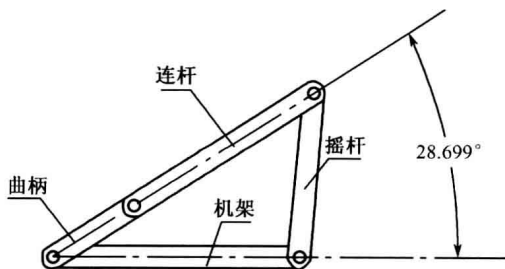


图2 曲柄与连杆共线1

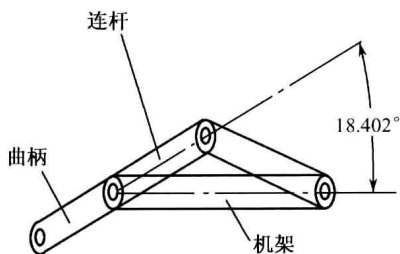


图3 曲柄与连杆共线 2

如果摇杆主动，即逆时针或顺时针转动，当从动的曲柄与连杆共线时，机构会停止运动（图4、图5），把该位置称为死点位置；为了使从动曲柄能做整周转动，需要增加防止卡死的构件，利用其构件所产生的惯性通过死点位置（图6、图7），但有些夹紧机构正是利用死点位置对安装、定位零件进行定位、夹紧的，见运动仿真实例11、实例12。



图4 摇杆主动，逆时针转动的死点位置



图5 摇杆主动，顺时针转动的死点位置

如图6所示为缝纫机脚踏板机构的示意图，为一个典型的曲柄摇杆机构。工作时用脚前后摆动脚踏板，脚踏板是曲柄摇杆机构中的摇杆，为主动件，而曲柄1为从动件。当连杆与从动件（曲柄）共线时，即出现图7所示的卡住情况，该位置就是死点位置，在此位置缝纫机可能会突然停止工作，而在实际操作时，只要不紧蹬脚踏板，利用皮带轮所产生的惯性就可通过死点位置。

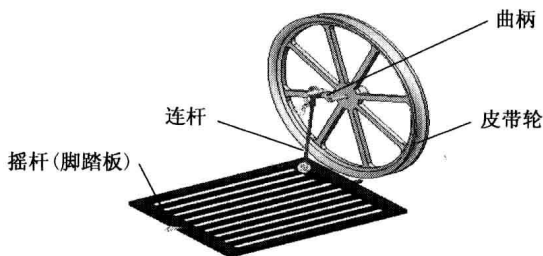
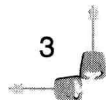


图6 缝纫机脚踏板曲柄摇杆机构



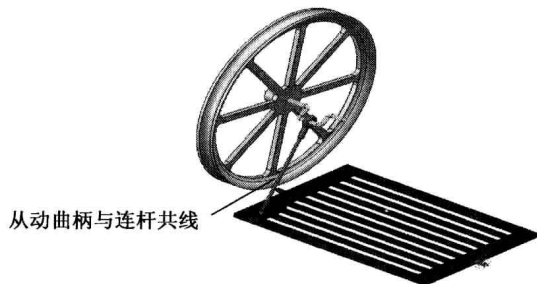


图7 连杆与从动件（曲柄）共线时的死点位置

常把曲柄的长度做成可以调节的，这样可调节摇杆的摆动角度，见运动仿真应用实例2。

曲柄摇杆机构中的曲柄整周旋转时，连杆做平面运动。在运动仿真模型的连杆上任意选择A、B、C三点，这三点的运动轨迹如图8所示。某些机构就是利用这些点的轨迹或其中某一段近似直线或圆的轨迹来实现预定的运动的。如运动仿真应用实例中的例3、例4，就是应用了C点的轨迹，来完成预定运动的。

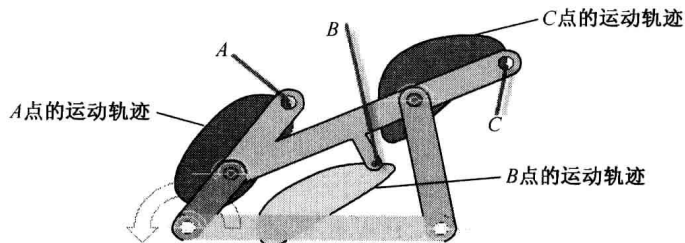


图8 连杆上A、B、C点的运动轨迹

(2) 双曲柄机构

用曲柄摇杆机构中的曲柄做机架时，可得到双曲柄机构（图9）。

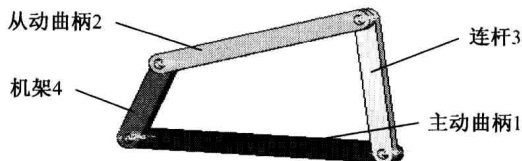


图9 双曲柄机构



仔细观察双曲柄机构的运动仿真模型：主动曲柄 1 匀速转动时，从动曲柄 2 变速转动，平均传动比为 1:1；连杆做平面运动；无死点位置。

当双曲柄机构中的四个杆的尺寸满足每两对边长度相等，即机架与连杆、两个曲柄的长度相等时，该铰链四杆机构又称为平行四杆机构（图 10）。该机构的两个曲柄都匀速转动，传动比为 1:1，瞬时速度相等；连杆平动，即运动的连杆始终平行于初始位置；从动曲柄 2 上任意点的轨迹都为圆，其半径为该点到转动中心（在机架上）的距离，如图 11 所示为 A 点的轨迹。

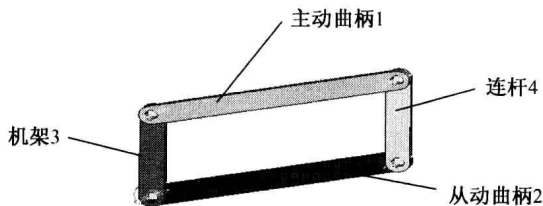


图 10 平行四杆机构

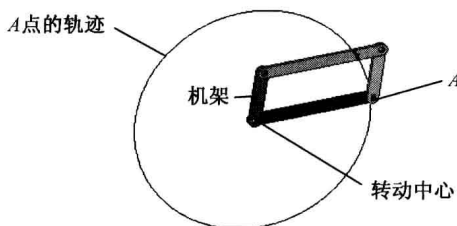


图 11 从动曲柄上 A 点的轨迹

平行四杆机构中的任何一个构件都可以做曲柄；当曲柄与连杆共线时，从动曲柄有发生逆转的可能（图 12）。当不能满足要求时，可用增加虚约束杆（图 13）或增设一个可产生惯性的偏心盘（图 14），也可同时使用多组平行四杆机构解决（图 15）。



图 12 从动曲柄发生逆转

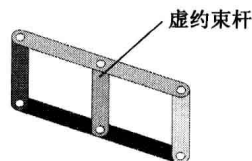
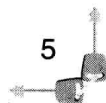


图 13 增加虚约束杆防止从动曲柄逆转





如图 14 所示, 由于使用了两个相同的偏心盘, 并与机架在 A 、 B 点铰接, 连杆与两个偏心盘用扩大的转动副连接, 可保证两个偏心盘的同步转动。该机构解决了从动曲柄可能发生逆转的问题。

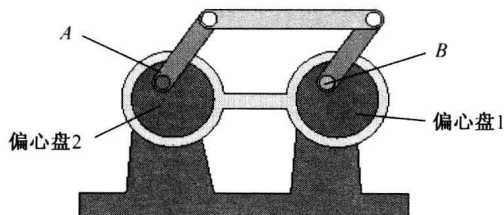


图 14 双偏心盘解决从动曲柄逆转

如图 15 所示包含相同的四个平行四杆机构, 图 16 为该机构的工程图。带有主动轴的曲柄 1 与转盘 2 固接, 固定板 3 为机架; 在转盘 2 上均匀分布四个孔 (图 17), 四个孔中心到圆盘的中心等于曲柄 1 的长度 ab ; 固定板 3 也均布着与圆盘相同的四个孔; 圆盘与固定板之间安装四个曲柄 4, 该曲柄与曲柄 1 的转动半径相等, $ab=ef$, 并分别与转盘 2 和固定板 3 铰接。当主动曲柄驱动转盘绕 $a-c$ 轴旋转时, 使转盘 2 带动四个曲柄 4 共同绕 $a-c$ 轴旋转, 四个从动轴转动方向及转速都相同。该原理可用于多轴钻, 见运动仿真应用实例 15。

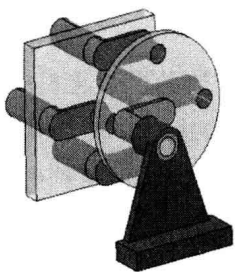
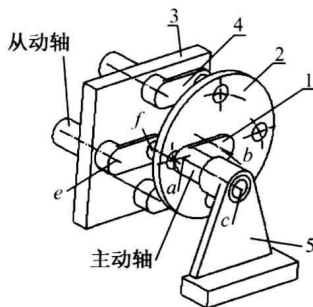


图 15 曲柄驱动四组平行四杆机构



1、4—曲柄; 2—转盘; 3—固定板 (机架); 5—轴座

图 16 曲柄驱动四组平行四杆机构工程图

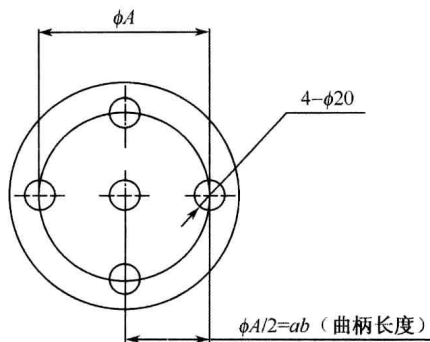


图 17 圆盘零件模型

如图 18 所示为三个联动的平行四杆机构。该机构用三个加长的连杆来解决主动轴与从动轴相距较远且不在同一平面的情况，其功能与图 15 相同。

如图 19 所示为该机构的工程图。为避免三个连杆转动时相互干涉，应使 A、B、C 三点到主动盘 1 的距离不同。

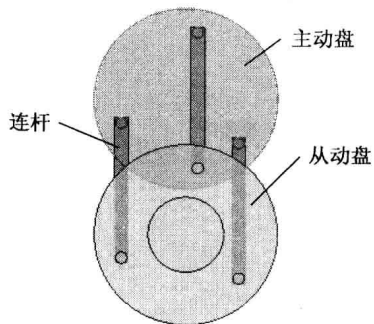


图 18 三个联动平行四杆机构（主视图）

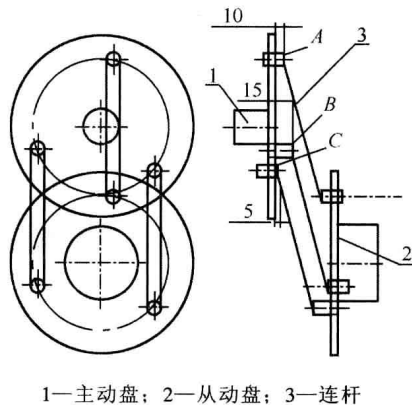


图 19 三个联动平行四杆机构工程图

(3) 双摇杆机构

在曲柄摇杆机构中，当用最短边的对边为机架时，得到双摇杆机构（图 20）。两个摇杆中，任一个主动旋转时，均有两个死点位置。实际应用时，为避免出现死点位置，应限制摇杆的摆动角度。

