

全彩  
印刷

# 机械设计

(第2版)

实用机构运动仿真图解

◎朱金生 凌云 编著

## 设计 传奇



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

(第2版)

朱金生 凌云 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是作者几十年实践经验的结晶,通过对 234 个精选的典型实用机构的三维仿真、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,然后讲解和分析典型机构及机构组合的应用实例。

本书内容实用,语言简明,图例丰富,并附有一张包含 348 个仿真动画视频的光盘,适合从事机械工程的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. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2014.1

ISBN 978-7-121-22034-0

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(2013)第 283338 号

责任编辑: 万子芬

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

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: 787×1092 1/16 印张: 15.75 字数: 403 千字

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 69.00 元(含 DVD 光盘一张)

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 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

## 第 2 版前言

相对于电气技术和信息技术而言，机构设计是一门比较成熟的传统学科。从 18 世纪中叶完成的蒸汽机改良到今天，经过 200 多年不断的完善，机构设计由当年的高新科技，到如今已经积累和沉淀了大量的成熟技术。对于一名机构设计人员，暂且不谈如何创新，仅就如何快速吸收和消化前人留下的精华，就非常需要思考和探寻。很多人都说机构工程师越老越吃香，潜台词就是必须见多识广，只有积累了足够的经验，在面对新的设计任务时才能思路开阔、游刃有余。

朱老师是一位孜孜不倦、勤于钻研与探索的长者，退休前一直在一家大型国企从事机构设计工作，积累了几十年的专业经验；退休后又返聘于一家国产 CAD 软件公司做顾问，因此熟练并深入掌握了主流 CAD 软件的应用，深谙其三维运动仿真功能；近几年，尽管已经是 70 岁高龄，朱老师依然老当益壮，奋斗在机构设计的第一线，同时还肩负了指导新人的责任，并且以极大的热忱乐在其中，这一切，都使其成为难得的集“设计经验 + 软件仿真 + 培养新人”于一身的行家里手，这也是本书能够给读者启迪的根本保证所在。

我本人从事的领域并不是机构设计，而是机器视觉。机器视觉属于信息技术，模拟人的眼睛和大脑，它必须依附在一个健康的肌体上才能发挥作用，这个肌体就是机构。正是因为工作的关系，我有缘与朱老师相识、相知。作为一名非机构专业的人员，在跨专业的合作中，我渴望有一个快捷的途径了解常用的各种机构，尽管市场上结构设计方面的书很多，但是适合的实在太少，不是太专业，就是不直观，有较高的学习门槛。

另外，在朱老师负责指导的学生中，除了我这样的非专业人士外，更多的是结构设计专业毕业的大学生、研究生，他们面临的挑战是如何快速地把书本知识吃透，并活学活用到实践中，他们最先表现出来的不足是设计思路不开阔，对于很多常用机构或理解不到位，或理解不全面。

在这样的背景下，朱老师萌生了要为非专业人士和刚刚毕业的大学生、研究生写一本书的想法，希望达到的目的是：**让读者快速了解常用机构，从而拓宽设计思路。**那么，如何才能做到快速？相比于文字、图片而言，三维动画的效果是最好的。由于三维动画可以变换视角，并用多种颜色区分组件，因此比实际机构视频的学习效果更好。

因此，本书是一位机构设计专家的倾囊相授，旨在写意，并非讲解如何进行三维仿

真,也没有系统介绍各种机构的原理。在实例的选择上不图花哨,只选择常用机构,很多实例在身边的机械中随处可见,为的是让读者拓展视野、举一反三。

书中的实例绝大多数都是用 Solid 3000 软件制作的,一小部分是用 SolidWorks 软件制作的。每个实例先进行三维建模仿真,然后截取图片并标注、录制动画、编写说明文字,工作量非常大。

本书第1版《机械设计实用机构运动仿真图解》出版后受到读者欢迎,一年多时间内数次重印,很多热心的读者在充分肯定本书的同时也提出了中肯的建议,针对这些建议,我们在第2版中进行了修改和完善,主要有以下几点:

①为了更好地理解应用实例机构运动的特点,在第一部分,加大了基本机构部分的介绍,例如,增加了“行星齿轮上一点的轨迹及轨迹形状”的讨论,新增了槽轮机构的讲解,并对一些常用的基本槽轮机构的运动特点进行了简单讨论,使读者在阅读第二部分运动仿真实例时有事半功倍的作用。

②在第二部分,新增近70例典型机构,对应170多幅图片、100个三维仿真动画,对机构的编排顺序也进行了较大的调整。

③为便于学习,将部分图片配成了彩色。

④针对一些读者反映的实例文字解释太简练、阅读有困难的情况,对部分实例的文字解释进行了丰富。在阅读本书时,要先看动画,自己揣摩,再看文字。本书的精髓在动画,文字是为动画服务的,不是动画为文字做注解。

每个人的知识构成很难全面,本书依然有一些局限性,它所涉及的机构仅适用于机构的运动原理设计,不适合零组件的具体结构设计,因此,详细设计时请参考有关手册。

本书不是教科书,它更像正餐之后的甜点,能够在大餐之后给读者一种轻松、愉悦且充满启迪的阅读体验。我再次有幸协助完成本书,并成为其第一个读者,就像给白居易聆听新诗的老妪,只是我是在品尝甜点。

凌 云

# 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	7
3) 双移动副四杆机构	9
2 凸轮机构	15
1) 凸轮机构的组成及特点	15
2) 凸轮机构的分类	15
3 齿轮机构	16
1) 齿轮机构的组成	16
2) 齿轮机构的类型	17
4 轮系	18
1) 定轴轮系	18
2) 周转轮系	19
3) 混合轮系	25
5 槽轮机构	25
1) 外啮合平面槽轮机构 (简称外槽轮机构)	26
2) 内啮合平面槽轮机构 (简称内槽轮机构)	27
3) 空间槽轮机构	29
第二部分 运动仿真应用实例	31
例 1 多轴钻	31
例 2 平行四杆机构做停歇送料机构	33
例 3 六组平行四杆机构	34
例 4 孔销联轴器	35
例 5 十字滑块联轴器	35

例 6	双转块与齿轮齿条组合机构	36
例 7	手动双联行星机构	37
例 8	桨轮机构	38
例 9	行星抛光机构	39
例 10	四杆导杆机构	40
例 11	螺杆充填机	40
例 12	齿轮连杆组合机构	41
例 13	一组锥齿轮传动机构	42
例 14	双发动机速度指示机构	42
例 15	针孔传动机构	44
例 16	机械计数器	44
例 17	封膜机构	46
例 18	单万向联轴器	47
例 19	双万向联轴器	47
例 20	摇台机构	47
例 21	有缺口的齿轮传动机构	48
例 22	封罐机	49
例 23	可变节距扭绞金属线机构	49
例 24	连轧机差动减速器	51
例 25	齿轮-螺旋差动机构	52
例 26	三联动丝杆定位机构	53
例 27	六槽轮机构应用	55
例 28	槽轮机构与齿轮组合机构	55
例 29	增大滑块行程机构	56
例 30	雨刷器	57
例 31	车外球回转刀架	59
例 32	车内球回转刀架	60
例 33	扇形齿轮做摇杆的停歇送料机构	60
例 34	齿轮副连接曲柄摇杆与摆动导杆机构	61
例 35	平行四杆机构用于带轮涨紧机构	63
例 36	两平行四杆机构串接的升降机构	63
例 37	电动机皮带轮涨紧机构	64
例 38	可逆转坐席机构	65
例 39	砂箱翻转机构	65
例 40	单侧停歇机构	66

例 41	开关炉门机构 .....	67
例 42	垂直输送机构 .....	68
例 43	从倾斜到水平的输送机构 .....	68
例 44	从水平到水平的输送机构 .....	69
例 45	气弹簧翻转机构 .....	70
例 46	双摇杆铰链机构 .....	71
例 47	前轮转向机构 .....	72
例 48	换向机构 .....	73
例 49	转动导杆与摆动导杆串接机构 .....	74
例 50	曲柄摇杆与正弦串接机构 .....	74
例 51	曲柄摆动导杆与正弦串接机构 .....	75
例 52	曲柄摇块滑块三级机构 .....	75
例 53	曲柄摇杆滑块三级机构 .....	76
例 54	双曲柄与曲柄滑块串接机构 .....	77
例 55	斜直槽双移动副机构 .....	77
例 56	摆动导杆与双滑块机构 .....	78
例 57	曲柄双滑块机构用于金属丝(片)成型机构 .....	79
例 58	偏置曲柄滑块机构(弓锯床运动机构) .....	79
例 59	深拉压力机 .....	80
例 60	双连杆送料机构 .....	81
例 61	输送机构 .....	82
例 62	凸轮连杆组合输送薄板机构 .....	82
例 63	热合联动机构 .....	83
例 64	双凸轮与铰链四杆组合的步进输送机构 .....	84
例 65	两个相同的曲柄摇杆组合的步进输送机构 .....	86
例 66	正反转销驱动摆杆机构 .....	87
例 67	翻转机构 .....	88
例 68	安装吸盘的翻转机构 .....	89
例 69	量筒开盖落料机构 .....	89
例 70	开门机构 .....	90
例 71	摆动式油泵 .....	91
例 72	简易气动转阀 .....	92
例 73	电磁夹紧机构 .....	92
例 74	夯土机 .....	93
例 75	装载机 .....	94



例 76	双摆杆挠性件差动机构 (抛磨机).....	95
例 77	用开口同步带实现往复运动 .....	96
例 78	往复摆动两侧停歇的挠性件机构 .....	98
例 79	往复摆动一侧有停歇的挠性件机构 .....	98
例 80	平衡吊直线引导机构 .....	99
例 81	热合夹紧机构 .....	100
例 82	交换平台 .....	100
例 83	移动导杆近似等速移动机构 .....	101
例 84	圆锥齿轮行星机构机械手 1 .....	102
例 85	圆锥齿轮行星机构机械手 2 .....	104
例 86	曲柄摇杆与曲柄滑块串接机构 .....	105
例 87	割草机驱动机构 .....	106
例 88	双面刀刃割草机驱动机构 .....	106
例 89	卸料小车挡料板自动开启机构 .....	107
例 90	转动导杆与停歇运转的摆动导杆机构 .....	107
例 91	曲柄滑块与转动导杆串接机构 .....	108
例 92	双摇杆搬运机构 .....	110
例 93	双曲柄与转动导杆串接机构 .....	110
例 94	转动导杆机构应用实例 .....	111
例 95	六杆压力机机构 .....	112
例 96	双偏心轮驱动导杆机构 .....	112
例 97	凸轮与转动导杆组合机构 .....	113
例 98	切膜 (纸) 机构 .....	114
例 99	对开螺母机构 .....	115
例 100	齿轮升降机构 .....	115
例 101	手动夹爪机构 .....	116
例 102	简易夹紧机构 .....	117
例 103	双凸轮控制二维移动机构 .....	117
例 104	转动导杆与正弦机构组合的机构 .....	118
例 105	两偏心齿轮往复运动机构 .....	119
例 106	送膜机构 .....	120
例 107	可调行程的凸轮绕线机构 .....	121
例 108	行程可调的凸轮导杆机构 .....	122
例 109	开袋热合机构 .....	123
例 110	开锁机构 .....	124

例 111	切膜机构	125
例 112	收幅机构	126
例 113	直线导轨组合机构	127
例 114	机床尾座运动机构	127
例 115	主从动轴线重合的齿轮连杆机构	128
例 116	深拉压力机机构	128
例 117	齿轮-连杆组合机构	129
例 118	带轮驱动的导杆机构	130
例 119	带固定凸轮的凸轮连杆机构	130
例 120	摆动式飞剪机构	131
例 121	实现精确直线行星轮系连杆机构	132
例 122	活塞行程可调节的行星齿轮机构	133
例 123	导杆行星齿轮组合机构 1	134
例 124	导杆行星齿轮组合机构 2	136
例 125	外啮合行星齿轮往复导杆机构	137
例 126	手臂伸屈机构	138
例 127	开袋机构	139
例 128	梨爪伸缩机构	141
例 129	转动导杆切纸机构	142
例 130	输入/输出均为转动的导杆机构	144
例 131	输入/输出均为转动的导杆机构应用实例	145
例 132	风扇摇头机构	145
例 133	齿轮正弦机构	146
例 134	摆动齿轮行星减速机构	147
例 135	四次瞬时停歇的内行星轮导杆机构	148
例 136	两次瞬时停歇的外行星轮导杆机构	149
例 137	行星齿轮连杆滑块机构	150
例 138	行星齿轮摇杆机构	151
例 139	用两个行星齿轮机构实现方形轨迹	152
例 140	搅拌撒草机构	153
例 141	插秧机	153
例 142	划桨机构	154
例 143	利用连杆上一点近似直线轨迹的皮革抛光机构	155
例 144	曲柄摇块机构实现近似直线轨迹	156
例 145	利用直线轨迹实现导杆停歇的机构	156

例 146	利用圆弧轨迹实现导杆的停歇机构 .....	157
例 147	简易直线机构 .....	158
例 148	摆杆滑块机构中连杆上一点的直线轨迹机构 .....	159
例 149	直线运动机构 .....	160
例 150	连杆上一点的直线轨迹平行于机架的四杆机构 .....	161
例 151	车制椭圆机构 .....	162
例 152	调整刀具车制八边形机构 .....	162
例 153	加工卵形零件的车床夹具 .....	163
例 154	锁扣眼机构 .....	164
例 155	直线引导机构 .....	166
例 156	肘杆夹紧机构 1 .....	167
例 157	肘杆夹紧机构 2 .....	168
例 158	铰链杠杆夹紧机构 .....	168
例 159	铰链杠杆夹紧机构 .....	169
例 160	铰链杠杆夹紧机构 .....	170
例 161	双肘杆联动夹紧机构 .....	171
例 162	不自锁推拉夹紧机构 .....	171
例 163	大型构件的联动夹紧机构 .....	172
例 164	螺纹夹紧 - 不自锁的浮动夹紧机构 .....	173
例 165	螺纹夹紧机构 1 .....	174
例 166	螺纹夹紧机构 2 .....	175
例 167	螺纹夹紧机构 3 .....	176
例 168	螺纹夹紧机构 4 .....	177
例 169	靠圆柱螺母驱动的卡爪夹紧机构 .....	177
例 170	双摇杆夹紧机构 .....	178
例 171	组合夹紧机构 .....	179
例 172	后面夹紧机构 .....	180
例 173	螺母驱动转动压板夹紧机构 .....	180
例 174	翻转压板与楔夹紧机构 .....	181
例 175	移动夹紧机构 .....	182
例 176	凸轮夹紧机构 .....	183
例 177	使用调整螺钉的偏心夹紧机构 .....	183
例 178	偏心轮 (凸轮) 夹紧机构 .....	184
例 179	偏心夹紧机构 .....	185
例 180	平行钳口的夹钳 .....	186

例 181	简易平口钳 .....	187
例 182	滑槽杠杆式抓取机构结构 1 .....	188
例 183	滑槽杠杆式抓取机构结构 2 .....	188
例 184	连杆杠杆式抓取机构结构 1 .....	189
例 185	连杆杠杆式抓取机构结构 2 .....	190
例 186	连杆杠杆式抓取机构结构 3 .....	190
例 187	平板式抓取机构 .....	190
例 188	平面平行移动连杆式抓取机构 .....	191
例 189	输出摆杆有停歇的铰链连杆机构 .....	192
例 190	可实现单侧停歇的摆动导杆机构 .....	192
例 191	利用轨迹近似圆弧段的机构 .....	193
例 192	从动件在极限位置有较长时间停歇的机构 .....	194
例 193	可实现长时间停歇的差动齿轮双导杆机构 .....	195
例 194	输出构件做停歇摆动机构 .....	196
例 195	等宽凸轮移动间歇机构 .....	197
例 196	输出轴有停歇的凸轮连杆机构 .....	197
例 197	移动导杆有单侧停歇的机构 .....	198
例 198	输出摆杆有双侧停歇的机构 .....	199
例 199	槽轮与链轮组合机构 .....	200
例 200	槽轮与行星的机构组合 .....	200
例 201	外啮合行星轮与槽轮的组合机构 1 .....	202
例 202	外啮合行星轮与槽轮的组合机构 2 .....	202
例 203	机架长度可调的摆动导杆机构 .....	203
例 204	微量调节活塞行程机构 .....	204
例 205	用偏心调节滑块行程的曲柄摇杆机构 .....	205
例 206	摆杆极限位置可调节的铰链六杆机构 .....	206
例 207	用转动导杆调节切纸速度的机构 .....	207
例 208	蜗轮蜗杆用于挑膜机构 .....	208
例 209	齿轮齿条用于拉膜机构 .....	209
例 210	气钻行星齿轮机构 .....	210
例 211	凸轮调节锥齿轮周转轮系输出轴转速机构 .....	211
例 212	凸轮调节输出轴转速机构 .....	212
例 213	保持工件姿势不变的运转机构 .....	212
例 214	手动搅拌器 .....	213
例 215	增大凸轮升程角转动导杆机构 .....	214

例 216	增大摆角的摆动导杆机构 .....	215
例 217	三齿轮行程放大机构 .....	216
例 218	凸轮齿轮机构 .....	217
例 219	固定槽凸轮与摆动从动杆机构 .....	218
例 220	从动件在极限位置有较长停歇的机构 .....	218
例 221	实现精确直线移动的双滑块机构 .....	219
例 222	双滑块原理用于食品机械 1 .....	221
例 223	双滑块原理用于食品机械 2 .....	222
例 224	液体计量机构 .....	223
例 225	无导轨虎钳 .....	225
例 226	垂直度调整机构 .....	226
例 227	成像系统微调机构 .....	227
例 228	调位 - 对中机构 .....	228
例 229	拉膜辊调节机构 .....	229
例 230	用行星齿轮实现微量进给机构 .....	230
例 231	宽三角带式机械无级调速器 .....	232
例 232	钢球无级变速器 .....	233
例 233	棱锥无级变速器 .....	236
例 234	行星锥无级变速器 .....	237

## 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是在它的基础上演化而成的。铰链四杆机构有四个构件，每个构件均为二级杆组，用四个转动副将四个构件连接，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长度之和小于其余两构件的长度之和。

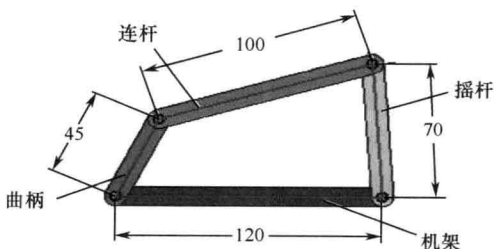


图 1 曲柄摇杆机构

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。当然急回系数越大,惯性力越大;各构件的尺寸还与行程有关,行程越大,其尺寸也越大。

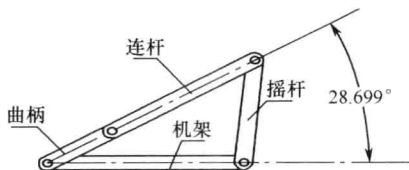


图2 曲柄与连杆共线1

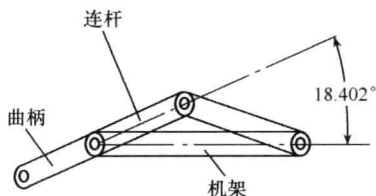


图3 曲柄与连杆共线2

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156、实例157。



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所示卡住的情况,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。

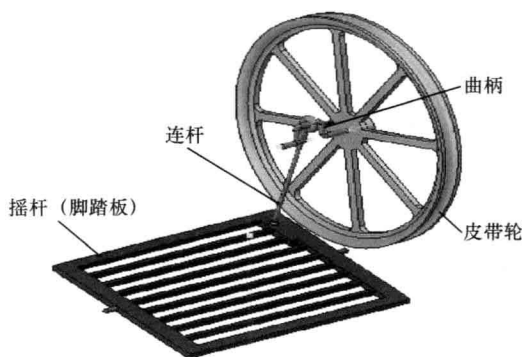


图6 缝纫机脚踏板曲柄摇杆机构



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, 这样可调节摇杆摆动角度的大小; 见运动仿真应用实例 33。

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 140、例 141, 就是应用了  $C$  点的轨迹, 来完成预定运动的。

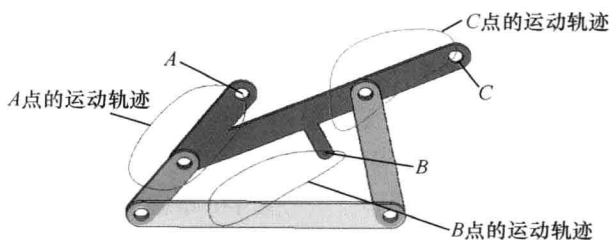


图8 连杆上  $A$ 、 $B$ 、 $C$  点的运动轨迹

## (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)。



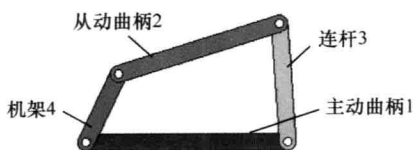


图9 双曲柄机构

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3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）。该机构的主从动曲柄都做匀速转动，传动比为1:1，从动曲柄没有急回作用，即急回系数等于1，瞬时速度相等；连杆平动，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。

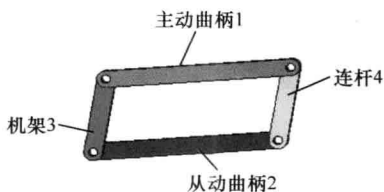


图10 平行四杆机构

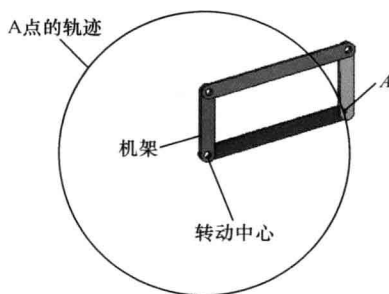


图11 从动曲柄上A点的轨迹

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

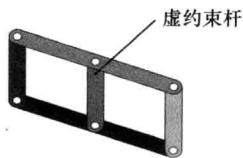


图13 增加虚约束杆防止从动曲柄逆转

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。