

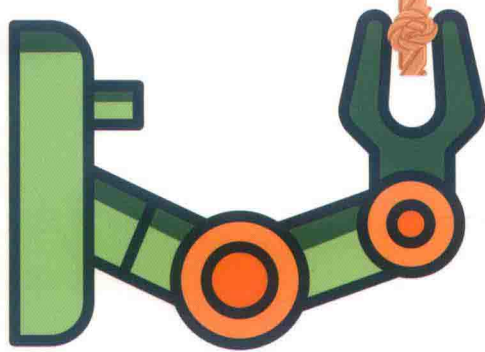
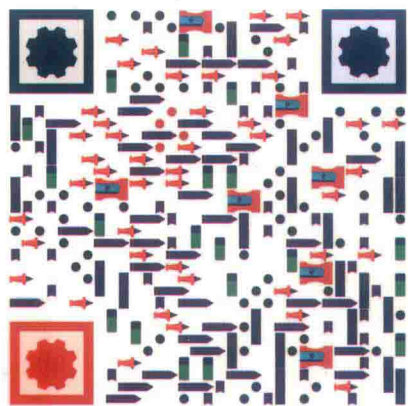
全彩
印刷

机械设计 实用机构运动

(第3版)

仿真图解

朱金生 编著



 中国工信出版集团

 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3版)

朱金生 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书将机械设计中常用的机构及应用实例用三维软件建模,并生成机构运动仿真视频来展示机构的运动原理及可实现的运动。全书分为三个部分,第一部分介绍了常用基本机构及其运动特性,并对机器视觉系统应用中的机构做了简单介绍;第二部分对244种机构应用实例进行描述,并按输出构件的运动特点进行分类,以方便学习和查找;第三部分展开介绍了一个多功能给袋包装机的执行机构系统设计,描述了从工艺过程所需的动作开始,到各子执行机构的确定,最后用“机构运动循环图”来确定执行机构各子系统组合的设计方法。

本书案例丰富、主打三维运动仿真,形象直观,适合机械设计人员开拓设计思路、激发设计灵感,帮助相关专业学生快速吸收并消化教科书上的理论知识,也供有关技术人员在产品研发、创新时参考。

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 / 朱金生编著. —3版. —北京:电子工业出版社,2019.6

ISBN 978-7-121-36902-5

I. ①机… II. ①朱… 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(2019)第118882号

责任编辑:许存权

文字编辑:宁浩洛

印 刷:北京市大天乐投资管理有限公司

装 订:北京市大天乐投资管理有限公司

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:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:390.4千字

版 次:2012年1月第1版

2019年6月第3版

印 次:2019年6月第1次印刷

定 价:79.00元

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)88254888,88258888。

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

本书咨询联系方式:(010)88254465, ninghl@phei.com.cn。

第3版前言

时隔五年,《机械设计实用机构运动仿真图解》一书第3版同读者见面了。本书将继续坚持以机构运动仿真视频为主、文字说明为辅的特点,目的只有两个:一是让读者快速了解实用机构,从而拓宽设计思路;二是让本书成为机械设计者、非机械专业的设计者和技术工人都能看得懂的科普读物。

本书分为三个部分,收集了393个运动仿真视频、244个应用实例,并介绍了一个“多功能给袋包装机”的产品设计实例,通过模拟包装工艺过程确定各执行机构子系统所需的运动,再通过“机构运动循环图”完成执行机构系统协调设计,并用机构子系统的运动仿真来说明机构特点。

由于应用实例的增加,为阅读和查找方便,本书对应用实例按输出构件(从动件)的运动特点进行了简单分类。

近十年来,作者有幸参与了用于检测目的的机器视觉产品的研发工作。机器视觉属于信息技术,其产品具有智能化的机电一体化特征,集光学、软件、电子、机械多个学科为一体。机械系统成为机电一体化产品的组成部分,机械设计从机电产品设计中的主导地位下降到了辅助地位;各执行机构系统从以往满足产品的总功能要求,变成了需要满足光学、软件所提出的各项要求。机器视觉产品中的机构设计大致有两种类型:一是光学系统(相机、光源)调整机构的设计;二是各类输送机构的设计。本书将机器视觉产品中的机构讨论放在第一部分的基本机构中,其应用实例还按照输出构件的运动特点放在本书的第二部分。

本书不是教科书,用很短的时间就可以观看完全部的视频。正如在本书第二版,凌云博士为本书撰写的前言中所说的,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。经常看看,一定会有收获。

目 录

第一部分 常用基本机构介绍

- 1. 平面连杆机构 // 1
 - 1.1 铰链四杆机构 // 1
 - 1.2 单移动副四杆机构 // 6
 - 1.3 双移动副四杆机构 // 9
- 2. 凸轮机构 // 16
 - 2.1 凸轮机构的组成及特点 // 16
 - 2.2 凸轮机构的分类 // 16
- 3. 齿轮机构 // 17
 - 3.1 齿轮机构的组成 // 17
 - 3.2 齿轮机构的类型 // 17
- 4. 轮系 // 19
 - 4.1 定轴轮系 // 19
 - 4.2 周转轮系 // 20
 - 4.3 混合轮系 // 25
- 5. 槽轮机构 // 25
 - 5.1 外啮合平面槽轮机构 // 26
 - 5.2 内啮合平面槽轮机构 // 27
 - 5.3 空间槽轮机构 // 28
- 6. 机器视觉系统应用中的机构 // 30
 - 6.1 视觉系统的调整机构 // 31
 - 6.2 相对运动机构 // 32

第二部分 运动仿真应用实例

- 1. 连续旋转机构的仿真实例 // 35
 - 例 1 多轴钻 // 36
 - 例 2 平行四杆机构做停歇送料

- 机构 // 37
- 例 3 六组平行四杆机构 // 38
- 例 4 孔销联轴器 // 39
- 例 5 十字滑块联轴器 // 39
- 例 6 手动双联行星齿轮机构 // 40
- 例 7 桨轮机构 // 40
- 例 8 行星抛光机构 // 41
- 例 9 螺杆充填机 // 41
- 例 10 一组锥齿轮传动机构 // 42
- 例 11 双发动机速度指示机构 // 43
- 例 12 针孔传动机构 // 44
- 例 13 机械计数器 // 45
- 例 14 封膜机构 // 46
- 例 15 单万向联轴器 // 47
- 例 16 双万向联轴器 // 47
- 例 17 有缺口的齿轮传动机构 // 48
- 例 18 连轧机差动减速器 // 49
- 例 19 双摆杆挠性件差动机构
(抛磨机) // 50
- 例 20 双曲柄与转动导杆串接
机构 // 51
- 例 21 转动导杆机构应用实例 // 52
- 例 22 带轮驱动的导杆机构 // 52
- 例 23 带固定凸轮的凸轮连杆
机构 // 53
- 例 24 气钻行星齿轮机构 // 54
- 例 25 凸轮调节锥齿轮周转轮系

- | | | | |
|-------------------------------|-------|---------------------------|-------|
| 输出轴转速机构 | // 55 | 例 52 气弹簧翻转机构 | // 81 |
| 例 26 凸轮调节输出轴转速机构 | // 56 | 例 53 齿轮副连接曲柄摇杆与
摆动导杆机构 | // 81 |
| 例 27 保持工件姿势不变的
运转机构 | // 56 | 例 54 前轮转向机构 | // 82 |
| 例 28 液体计量机构 | // 57 | 例 55 换向机构 | // 83 |
| 例 29 转动导杆切纸机构 | // 58 | 例 56 双连杆送料机构 | // 84 |
| 例 30 转动导杆调速机构 | // 59 | 例 57 输送机构 | // 84 |
| 例 31 输入 / 输出均为转动的
导杆机构 | // 60 | 例 58 正反转销驱动摆杆机构 | // 85 |
| 例 32 输入 / 输出均为转动的导杆
机构应用实例 | // 61 | 例 59 翻转机构 | // 86 |
| 例 33 凸轮齿轮机构 | // 62 | 例 60 安装吸盘的翻转机构 | // 86 |
| 例 34 用行星齿轮实现微量
进给机构 | // 62 | 例 61 量筒开盖落料机构 | // 87 |
| 例 35 宽三角带式机械无级
调速器 | // 64 | 例 62 开门机构 | // 88 |
| 例 36 钢球无极变速器 | // 65 | 例 63 摆动式油泵 | // 88 |
| 例 37 棱锥无极变速器 | // 67 | 例 64 简易气动转阀 | // 89 |
| 例 38 行星锥无极变速器 | // 69 | 例 65 电磁夹紧机构 | // 90 |
| 例 39 普通回轮式六角车床
装刀盘运动机构 | // 70 | 例 66 往复摆动两侧停歇的
挠性件机构 | // 91 |
| 例 40 旋转取纸机构 | // 71 | 例 67 往复摆动一侧有停歇的
挠性件机构 | // 92 |
| 2. 往复摆动运动机构的仿真实例 | // 72 | 例 68 圆锥齿轮行星机构机械手 | // 92 |
| 例 41 双滑块与齿轮齿条组合
机构 | // 72 | 例 69 卸料小车挡料板自动
开启机构 | // 93 |
| 例 42 四杆导杆机构 | // 73 | 例 70 转动导杆与有停歇的
摆动导杆机构 | // 94 |
| 例 43 摇台机构 | // 73 | 例 71 曲柄滑块与转动导杆
串接机构 | // 95 |
| 例 44 雨刷器 | // 74 | 例 72 增大凸轮转角的转动
导杆机构 | // 96 |
| 例 45 车外球回转刀架 | // 75 | 例 73 增大摆角的摆动导杆机构 | // 96 |
| 例 46 车内球回转刀架 | // 77 | 3. 往复移动机构的仿真实例 | // 97 |
| 例 47 扇形齿轮作摇杆的间歇
送料机构 | // 77 | 例 74 三联动丝杠定位机构 | // 97 |
| 例 48 可逆转坐席机构 | // 78 | 例 75 增大滑块行程机构 | // 98 |
| 例 49 砂箱翻转机构 | // 79 | 例 76 两组平行四杆机构串接的
升降机构 | // 99 |
| 例 50 单侧停歇机构 | // 79 | 例 77 电动机皮带张紧机构 | // 99 |
| 例 51 开关炉门机构 | // 80 | 例 78 从水平到水平的输送 | |

机构	// 100	机构	// 117
例 79 曲柄摇杆串接正弦机构	// 101	例 105 开锁机构	// 117
例 80 曲柄摆动导杆串接正弦机构	// 101	例 106 切膜机构	// 118
例 81 曲柄摇块滑块三级机构	// 102	例 107 机床尾座运动机构	// 119
例 82 曲柄摇杆滑块三级机构	// 102	例 108 主从动轴线重合的齿轮连杆机构	// 119
例 83 双曲柄与曲柄滑块串接机构	// 103	例 109 开袋机构	// 120
例 84 摆动导杆与双滑块机构	// 103	例 110 双滑块原理用于食品机械 1	// 122
例 85 曲柄双滑块机构用于金属丝(片)成型机构	// 104	例 111 双滑块原理用于食品机械 2	// 123
例 86 偏置曲柄滑块机构(弓锯床主运动机构)	// 104	例 112 三齿轮行程放大机构	// 124
例 87 深拉压力机	// 105	例 113 无导轨虎钳	// 125
例 88 斜直槽双移动副机构	// 106	例 114 纠偏机构	// 126
例 89 用开口同步带实现往复运动	// 106	例 115 单张纸输送机构	// 126
例 90 夯土机	// 107	例 116 单张纸输送纠偏机构	// 128
例 91 平衡吊直线引导机构	// 108	例 117 转动导杆与摆动导杆串接机构	// 129
例 92 热合夹紧机构	// 109	4. 点的运动轨迹机构运动仿真实例	// 130
例 93 交换平台	// 110	例 118 精确直线行星轮系连杆机构	// 130
例 94 移动导杆近似等速移动机构	// 111	例 119 活塞行程可调节的行星齿轮机构	// 131
例 95 曲柄摇杆与曲柄滑块串接机构	// 111	例 120 导杆行星齿轮组合机构 1	// 132
例 96 割草机刀片驱动机构	// 112	例 121 导杆行星齿轮组合机构 2	// 134
例 97 双面刀刃割草机驱动机构	// 113	例 122 外啮合行星齿轮往复导杆机构	// 135
例 98 六杆压力机机构	// 113	例 123 四次瞬时停歇的内啮合行星齿轮导杆机构	// 135
例 99 对开螺母机构	// 114	例 124 两次瞬时停歇的外啮合行星齿轮导杆机构	// 136
例 100 齿轮升降机构	// 114	例 125 行星齿轮连杆滑块机构	// 137
例 101 夹爪机构	// 115	例 126 行星齿轮摇杆机构	// 138
例 102 简易夹紧机构	// 115		
例 103 可调行程的凸轮绕线机构	// 116		
例 104 行程可调的凸轮导杆			

- 例 127 用两个行星齿轮机构
实现方形轨迹 // 139
- 例 128 搅拌撒草机构 // 139
- 例 129 插秧机 // 140
- 例 130 划桨机构 // 140
- 例 131 利用连杆上一点近似直线
轨迹的皮革抛光机构 // 141
- 例 132 曲柄摇块机构实现近似
直线轨迹 // 142
- 例 133 利用直线轨迹实现导杆
停歇的机构 // 142
- 例 134 实现精确直线移动的
双滑块机构 // 143
- 例 135 简易直线机构 // 144
- 例 136 摆杆滑块机构中连杆上一点
的直线轨迹机构 // 145
- 例 137 直线运动机构 // 146
- 例 138 连杆上一点的直线轨迹平行
于机架的四杆机构 // 146
- 例 139 直线引导机构 // 147
- 例 140 输出摆杆有停歇的铰链
连杆机构 // 148
- 例 141 利用轨迹为近似圆弧段的
机构 // 149
- 例 142 从动件在极限位置有较长
时间停歇的机构 // 149
- 例 143 固定槽凸轮与摆动从动杆
机构 // 150
5. 间歇运动机构的仿真实例 // 151
- 例 144 六槽轮机构应用 // 151
- 例 145 槽轮机构与齿轮组合
机构 // 152
- 例 146 可实现长时间停歇的差动
齿轮双导杆机构 // 152
- 例 147 输出构件做间歇摆动的
机构 // 153
- 例 148 等宽凸轮移动间歇机构 // 154
- 例 149 输出轴有停歇的凸轮
连杆机构 // 154
- 例 150 移动导杆有单侧停歇的
机构 // 155
- 例 151 输出摆杆有双侧停歇的
机构 // 156
- 例 152 可实现单侧停歇的摆动
导杆机构 // 156
- 例 153 利用圆弧轨迹实现导杆
停歇的机构 // 157
- 例 154 槽轮与链轮组合机构 // 158
- 例 155 槽轮与行星齿轮机构的
组合机构 // 158
- 例 156 外啮合行星齿轮与槽轮
组合机构 1 // 159
- 例 157 外啮合行星齿轮与槽轮
组合机构 2 // 160
- 例 158 从动件在极限位置有较长
停歇的机构 // 160
6. 复合运动和合成运动机构的仿真
实例 // 161
- 例 159 齿轮-螺旋差动机构 // 161
- 例 160 风扇摇头机构 // 162
- 例 161 椭圆车削机构 1 // 163
- 例 162 椭圆车削机构 2 // 164
- 例 163 椭圆车削机构 3 // 166
- 例 164 封罐机 // 167
- 例 165 可变节距扭绞金属线
机构 // 167
- 例 166 垂直输送机构 // 169
- 例 167 应用平行四杆机构的皮带
张紧机构 // 169
- 例 168 从倾斜到水平的输送
机构 // 170
- 例 169 双摇杆铰链机构 // 171

- 例 170 凸轮连杆组合输送薄板机构 // 172
- 例 171 热合联动机构 // 172
- 例 172 凸轮与铰链四杆组合的步进输送机构 // 173
- 例 173 步进输送机构 // 174
- 例 174 装载机 // 175
- 例 175 行星锥齿轮机构机械手 // 176
- 例 176 双摇杆搬运机构 // 177
- 例 177 双偏心轮驱动导杆机构 // 177
- 例 178 凸轮与转动导杆组合机构 // 178
- 例 179 切膜机构 // 178
- 例 180 双凸轮控制二维移动机构 // 179
- 例 181 转动导杆与正弦机构组合的机构 // 180
- 例 182 两偏心齿轮往复运动机构 // 181
- 例 183 直线导轨组合机构 // 182
- 例 184 深拉压力机机构 // 182
- 例 185 齿轮-连杆组合机构 // 183
- 例 186 摆动式飞剪机构 // 183
- 例 187 手臂伸屈机构 // 184
- 例 188 犁爪伸缩机构 // 185
- 例 189 齿轮正弦机构 // 185
- 例 190 摆动齿轮行星减速机构 // 187
- 例 191 锁扣眼机构 // 187
- 例 192 车制卵形轮廓机构 // 188
- 例 193 车制近似八边形轮廓机构 // 189
- 例 194 手动搅拌器 // 190
- 例 195 加工卵形零件的车床夹具 // 191
- 例 196 辊子输送机构与靠边机构组合 // 191
- 例 197 视觉系统三维检测机构 // 192
7. 其他机构运动仿真实例 // 193
- 例 198 肘杆夹紧机构 1 // 193
- 例 199 肘杆夹紧机构 2 // 194
- 例 200 铰链杠杆夹紧机构 1 // 194
- 例 201 铰链杠杆夹紧机构 2 // 195
- 例 202 铰链杠杆夹紧机构 3 // 196
- 例 203 双肘杆联动夹紧机构 // 197
- 例 204 不自锁推拉式夹紧机构 // 197
- 例 205 大型构件的联动夹紧机构 // 198
- 例 206 不自锁的浮动夹紧机构 // 198
- 例 207 螺纹夹紧机构 1 // 199
- 例 208 螺纹夹紧机构 2 // 200
- 例 209 螺纹夹紧机构 3 // 200
- 例 210 螺纹夹紧机构 4 // 201
- 例 211 靠圆柱螺母驱动的卡爪夹紧机构 // 202
- 例 212 后面夹紧机构 // 203
- 例 213 螺母驱动转动压板夹紧机构 // 203
- 例 214 翻转压板与楔夹紧机构 // 204
- 例 215 移动夹紧机构 // 205
- 例 216 凸轮夹紧机构 // 205
- 例 217 使用调整螺钉的偏心夹紧机构 // 206
- 例 218 偏心轮(凸轮)夹紧机构 // 207
- 例 219 偏心夹紧机构 // 207
- 例 220 方轴、圆轴简易夹紧装置 // 208
- 例 221 简易轴夹紧装置 // 209
- 例 222 平行钳口的夹钳 // 209
- 例 223 简易平口钳 // 210
- 例 224 滑槽杠杆式抓取机构 1 // 210
- 例 225 滑槽杠杆式抓取机构 2 // 211

- | | | | | | |
|-------|-----------------------|--------|-----------------------------|-----------------|--------|
| 例 226 | 连杆杠杆式抓取机构 1 | // 212 | 例 236 | 齿轮齿条用于拉膜机构 | // 218 |
| 例 227 | 连杆杠杆式抓取机构 2 | // 212 | 例 237 | 垂直度调整机构 | // 218 |
| 例 228 | 连杆杠杆式抓取机构 3 | // 213 | 例 238 | 成像系统微调机构 | // 219 |
| 例 229 | 平板式抓取机构 | // 213 | 例 239 | 侧光源调整机构 | // 221 |
| 例 230 | 平面平行移动连杆式
抓取机构 | // 213 | 例 240 | 受冲击力轴的保护机构 | // 221 |
| 例 231 | 机架长度可调的摆动
导杆机构 | // 214 | 例 241 | 消除齿轮配合间隙的
装置 | // 222 |
| 例 232 | 微量调节活塞行程机构 | // 215 | 例 242 | 调宽 - 对中机构 | // 223 |
| 例 233 | 用偏心轴调节滑块行程的
曲柄摇杆机构 | // 216 | 例 243 | 拉膜辊调节机构 | // 224 |
| 例 234 | 摆杆极限位置可调节的
铰链六杆机构 | // 217 | 例 244 | 送膜机构 | // 224 |
| 例 235 | 蜗轮蜗杆用于挑膜机构 | // 218 | 第三部分 执行机构系统协调设计的应用实例 | | |
| | | | 例 245 | 多功能给袋包装机 | // 226 |

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。

1.1 铰链四杆机构

铰链四杆机构是平面四杆机构最基本的形态，其他形式的四杆机构都可以看作是在它的基础上演化而成的。铰链四杆机构有四个构件，用四个转动副将四个构件连接，两两构件之间为面接触，其结构、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

在铰链四杆机构中，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如下：

- ① 连架杆为最短的构件；
- ② 最短的构件与最长的构件长度之和小于或等于其余两构件的长度之和。

满足上述两个条件的铰链四杆机构又称为曲柄摇杆机构，如图 1 所示。

在图 1 中，用连杆作机架也满足构成曲柄

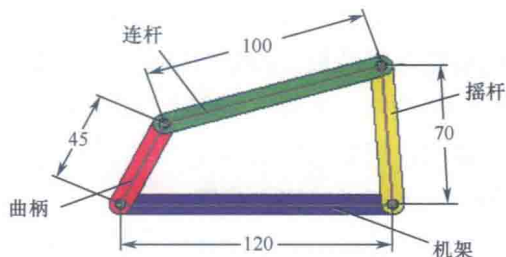


图 1 曲柄摇杆机构

摇杆机构的几何条件。

仔细观察曲柄摇杆机构的运动仿真模型：主动的曲柄做匀速转动时，从动的摇杆做变速摆动，且曲柄转一周的过程中与连杆有两次共线（见图 2、图 3），此时摇杆所在的左右两个位置是极限位置；两次共线时，曲柄与机架的夹角不同。这说明从动摇杆在两个极限位置间运动时，曲柄转过的角度不同，即摇杆左右摆动的速度不同。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。在实际应用中，常把慢速运动行程作为工作行程，快速运动行程作为空回行程。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，空回行程所占的时间越短，急回特性就越强。设计时根据给定的急回特性系数，来确定各构件的尺寸。当然，急回系数越大，惯性力越大。

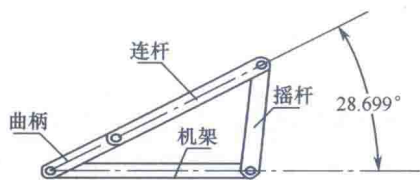


图 2 曲柄与连杆共线 1

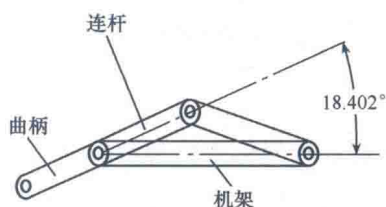


图 3 曲柄与连杆共线 2

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（见图 4、图 5），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，利用该构件所产生的惯性通过死点位置（见图 6、图 7）；但有些夹紧机构正是利用死点位置对零件进行定位、夹紧的，详见运动仿真实例 198、实例 199。



图 4 摇杆主动，逆时针转动的死点位置

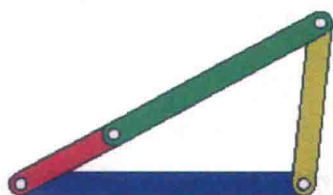


图 5 摇杆主动，顺时针转动的死点位置

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。

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的大小，详见运动仿真应用实例 47。

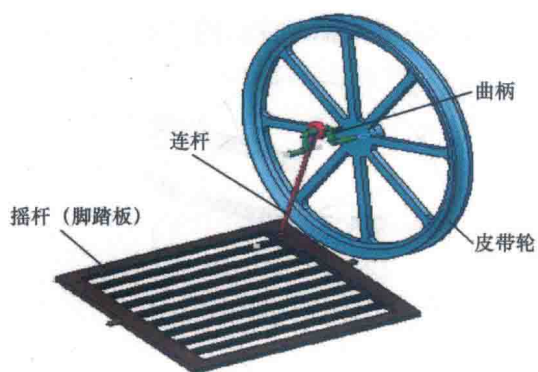
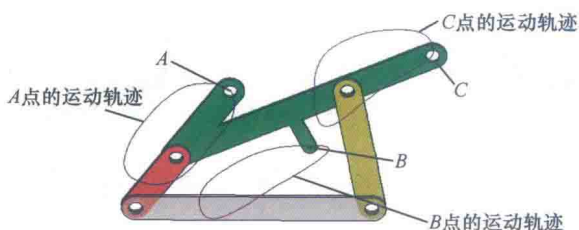


图6 缝纫机脚踏板曲柄摇杆机构



图7 连杆与从动件(曲柄)共线时为死点位置

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运动的, 如运动仿真应用实例中的例 128、例 129, 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作机架时, 可得到双曲柄机构(见图 9)。

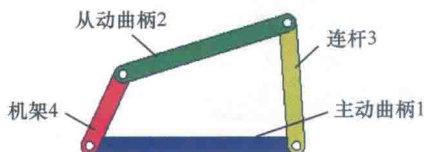


图9 双曲柄机构

仔细观察双曲柄机构的运动仿真模型: 主动曲柄 1 做匀速转动时, 从动曲柄 2 做变速转动, 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(见图 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, 即急回特性系数等于 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所示为从动曲柄上A点的轨迹。

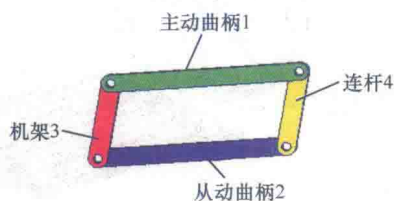


图10 平行四杆机构

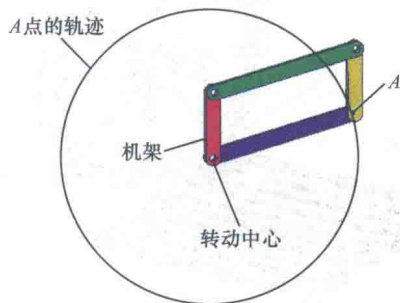


图11 从动曲柄上A点的轨迹

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(见图12)。当不能满足要求时,可增加虚约束杆(见图13)或增设一个可产生惯性的偏心盘(见图14),也可同时使用多组平行四杆机构解决(见图15)。

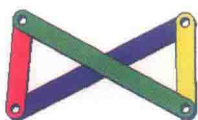


图12 从动曲柄发生逆转

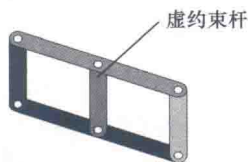


图13 增加虚约束杆防止从动曲柄逆转

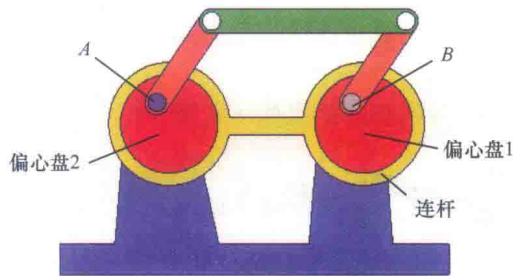


图14 双偏心盘解决从动曲柄逆转

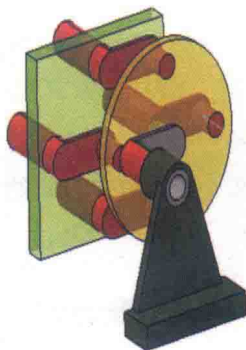
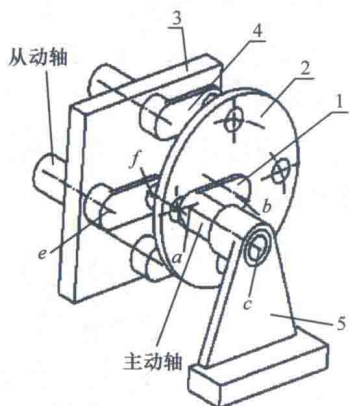


图15 曲柄驱动四组平行四杆机构

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。

如图15所示包含相同的四组平行四杆机构,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(见图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从动曲柄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 带动四个从动曲柄 4 共同旋转, 四个从动轴转动方向及转速都相同。该原理可用于多轴钻, 详见运动仿真应用实例 1。



1—曲柄; 2—转盘; 3—固定板(机架); 4—从动曲柄; 5—轴座

图 16 曲柄驱动四组平行四杆机构工程图

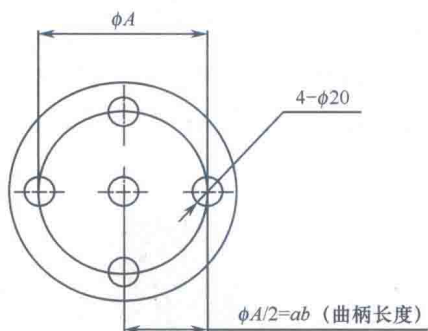


图 17 圆盘零件模型

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上的问题, 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。

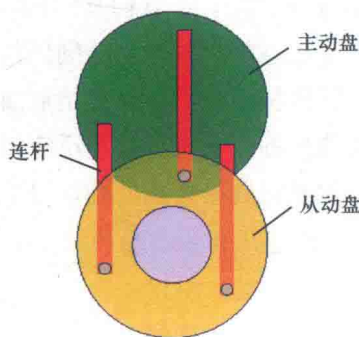
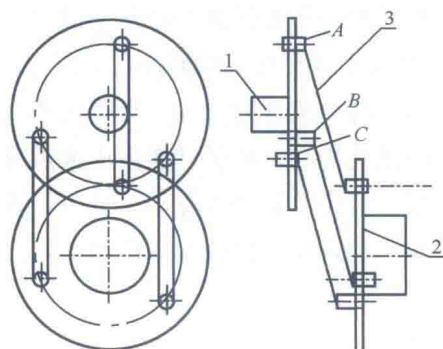


图 18 三个联动平行四杆机构(主视图)



1—主动盘; 2—从动盘; 3—连杆

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(见图 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。

当最短的构件与最长的构件长度之和大于另两个

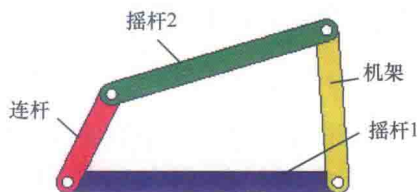


图 20 双摇杆机构

构件之和, 用任一杆为机架时, 所得到的铰链四杆机构都为双摇杆机构。

在双摇杆机构中, 有时可用一个齿轮副 (见图 21) 解决双摇杆机构不能连续摆动而且有死点的问题, 但要求两齿轮的中心距等于其中一个摇杆的长度, 即摇杆的两端安装一对啮合的齿轮。图 22 是其工程图。在铰链四杆机构 $ABCD$ 中, 5 为机架, 1、2 为两个摇杆, 齿轮 3 上的两点 B 、 C 构成曲柄; 齿轮 3、齿轮 4 空套在摇杆 2 的两端点 B 、 A 上; 两齿轮中的任一个转动时, 曲柄 BC 可转动 360° , 摇杆 1、2 可以连续摆动。如用蜗轮副代替齿轮副, 即为摇头风扇运动机构, 见运动仿真应用实例 160。

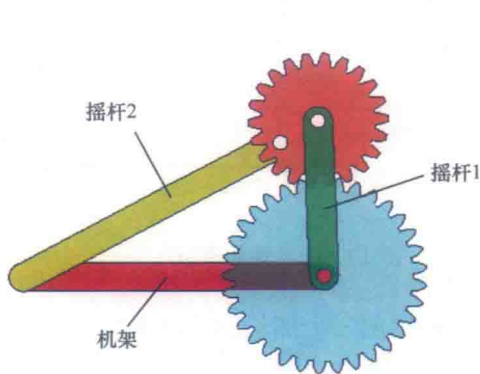
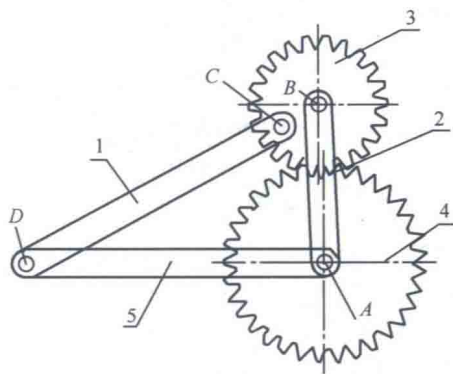


图 21 用齿轮副驱动双摇杆机构



1、2—摇杆; 3、4—齿轮; 5—机架

图 22 齿轮驱动双摇杆机构的工程图

以上介绍的三种铰链四杆机构, 其基本机构为曲柄摇杆机构。在掌握其结构特点 (铰链连接)、几何尺寸要求 (曲柄存在的条件) 的基础上, 除了连杆之外, 当分别用其余三个杆中的任意一杆作机架时, 就可得到另外两种机构; 平行四杆机构可以看作是双曲柄机构的特例, 但该机构在实际设计实例中大量存在, 尤其是连杆的平动特点被广泛应用。了解三种铰链四杆机构的运动特点, 对分析、掌握和设计各种新机构是有益处的, 对了解后面所介绍的单移动副四杆机构与双移动副四杆机构也会有帮助。

1.2 单移动副四杆机构

当把铰链四杆机构中的一个转动副转化为移动副时, 可将铰链四杆机构转化为单移动副四杆机构。当以其中任意杆为机架时, 可得到下述的几种机构类型: 曲柄滑块机构、转动 (或摆动) 导杆机构、曲柄摇块机构及移动导杆机构。

(1) 曲柄滑块机构

把曲柄摇杆机构中的摇杆与机架相连的转动副转化为移动副时, 若维持原来的运动关系, 即曲柄主动, 机架固定, 可得到曲柄滑块机构 (见图 23)。与前述的几种铰链四杆机构不同, 该机构可将输入的旋转运动 (曲柄主动时) 转化为滑块的往复直线运动, 或把滑

块的往复直线运动（滑块主动时）转化为曲柄的转动。

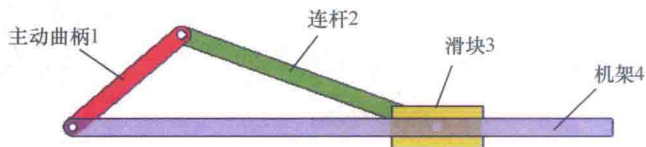


图 23 曲柄滑块机构

该机构实际上是用一个滑块替代了原铰链四杆机构中的摇杆，滑块是二副杆，即用移动副与机架连接，用转动副与连杆连接。

观察该机构的运动仿真，主动曲柄 1 旋转时，滑块 3 做变速运动，并有急回特性。当滑块移动的轨迹中心通过曲柄的转动中心时，称为对心曲柄滑块机构，该机构滑块移动的距离 S 等于曲柄半径 r 的 2 倍 ($S = 2r$)；当滑块移动的轨迹中心不通过曲柄的转动中心时，称为偏置曲柄滑块机构。对心曲柄滑块机构的运动原理可用于插床的主运动，见运动仿真实例 83，偏置曲柄滑块机构运动原理可用于弓锯床的主运动，见运动仿真实例 86。

(2) 转动导杆机构

如图 24 所示的机构为转动导杆机构。该机构是将图 23 曲柄滑块机构中的主动曲柄 1 固定（作机架），并令连杆 2 主动旋转（转变为曲柄），来使曲柄滑块机构转化为转动导杆机构的，原不动的机架转变为从动导杆，可做整周旋转。

转化后，主动曲柄 1 做匀速转动时，从动导杆 3 做整周变速转动；滑块 4 随导杆转动的同时还在导杆上滑动，需要注意的是，应保证转换后的曲柄长度大于机架的长度。

由模型运动仿真可以看出，滑块离导杆的转动中心越近，导杆的转动速度越快，反之亦然。

若导杆主动，并做匀速转动时，从动曲柄做变速转动（见图 25）；当机架长度可调节时，并在从动曲柄转动中心固接一个输出轴，该轴随从动曲柄做变速转动，成为一个输出轴转速可调节的机构。如运动仿真应用实例中的例 29、例 30 都是该机构运动原理的应用，即利用从动轴做变速运动这一结论，来调节切纸刀的瞬时速度使其与送纸速度同步。

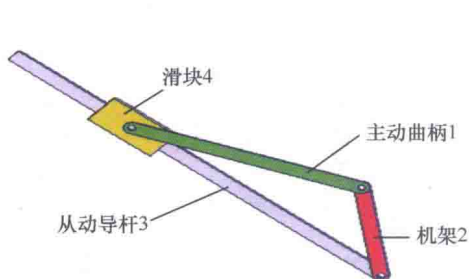


图 24 转动导杆机构

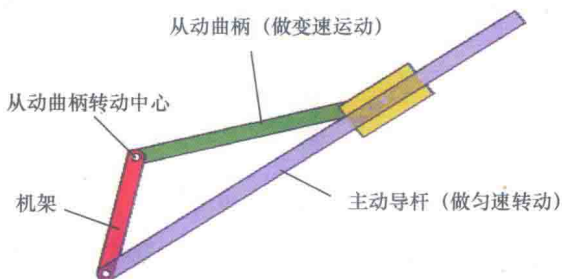


图 25 导杆主动，曲柄从动时的转动导杆机构