

专题报告

# 单自由度平面闭链机构构型方法的研究

张美麟, 张 晔, 杨治义

(北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029)

**[摘要]** 提出了一种关于自由度平面闭链机构的构型方法, 即“平面图形构造方法”。利用这种方法进行机构结构综合的主要过程是: 先根据机械功能确定运动链的组成成分; 再按这些成分构造平面图; 最后在平面图上进行机构的构型和变异, 并将其中结构最优者转换为机构简图。

**[关键词]** 机构; 运动链; 平面图

**[中图分类号]** TH112 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2002)06-0005-04

当进行机械运动方案设计时, 首要的问题是按机械功能要求对执行机构进行选型和构型。若机械的功能要求比较简单, 并且执行构件只有 1 个时, 可直接选择机构类型。例如, 四连杆机构、三构件凸轮机构、齿轮机构等。但若机械功能要求比较复杂, 或执行构件不止 1 个时, 单纯靠选型就不一定能满足其功能, 这就需要设计者按功能要求进行构型设计。一般构型设计常采用简单机构的组合法。常用有串联组合、并联组合及复合式组合等等。作者在文中讨论平面图形构造法。

所谓“图”是指由一系列顶点和边组成的相互连通的网络, 见图 1, 其点 1、2、3、……是图中两边的联结顶点, 其边  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、……是指两点之连线。而平面图则是指图中各边均在顶点处相交, 其他处不相交。从图中可以看出一系列边的集合形成了两个封闭的环路, 被称为图中的简单回路。根据欧拉 (Euler) 定理可知简单回路的个数  $L$  是由图中的顶点数  $N$  和边数  $P$  确定的, 即

$$L = P - N + 1, \quad (1)$$

而图与运动链的关系则是: 顶点代表运动链中的杆, 边代表运动链中的运动副 (简称副), 简单回路代表运动链中的子链。若将图 1 (a) 中的平面图转换为运动链, 则如图 1 (b) 所示。平面图中

的 3 点和 5 点均为 3 条线的顶点, 被称之为三度点, 它门相当于运动链中的三副杆 3 和 5。而其余顶点均为二度点, 相当于运动链中的二副杆。图中有两个回路, 分别相当于运动链中的两个子链。

平面图形构造法的思路是: 首先根据机器功能要求确定执行机构运动链的组成条件, 再按运动链组成条件构造平面图, 最后在平面图上进行机构构型、变异, 并将其中结构最优者转换为机构简图。

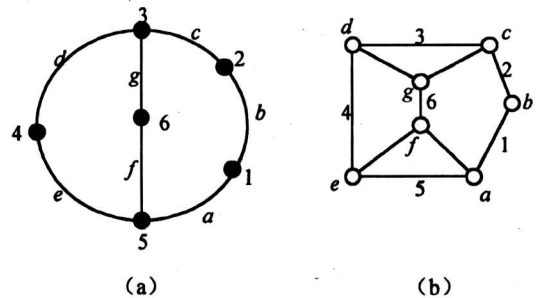


图 1 图与运动链的关系

Fig.1 The relationship of the graph and the kinematic chain

## 1 运动链的组成条件

运动链的组成条件是按照机械功能要求确定的, 它包括: 运动链的杆数  $N$ , 副数  $P$ , 子链数

$L$ , 杆型及其组合方式。

### 1.1 运动链杆数 $N$

杆数的确定主要取决于执行构件, 即输出杆的个数与它们的运动形式。随着输出杆的个数增加和运动形式的复杂化, 运动链中的杆数也增加。它们之间的关系可用1个式子表达, 即

$$N \geq 2(1 + U), \quad (2)$$

式中  $N$  为运动链中的杆数, 1 是单自由度输入杆,  $U$  为输出杆的个数。

例如  $U=2$ , 则运动链的杆数  $N$  应大于或至少等于6。

### 1.2 确定运动副数 $P$

根据平面运动链自由度计算公式

$$F = 3(N - 1) - 2P,$$

即可求出运动副数

$$P = (3N - 3 - F)/2. \quad (3)$$

例如  $N=8$ ,  $F=1$ , 用式 (3) 计算结果为

$$P = 10$$

### 1.3 确定子链数 $L$

根据公式 (1) 可求得。例如  $N=8$ ,  $P=10$ , 则  $L = P - N + 1 = 10 - 8 + 1 = 3$ 。

### 1.4 确定杆型及其组合方式

所谓杆型是用杆中所含副数而定义的, 杆中含有2个副就定义为二副杆, 杆中含有3个副就定义为三副杆, 以此类推, 并用符号  $n_2$ 、 $n_3$ 、 $n_4$ ……分别表示之。

杆型组合方式是指运动链中具有几种杆型, 以及各种杆型的个数, 对于多杆运动链, 杆型组合方

式不止一种, 其组合原则需满足下列关系式, 即

$$N - (F + 3) =$$

$$n_3 + 2n_4 + 3n_5 + \cdots (n - 2)n_n \quad (4)$$

$$n_2 = N - \sum n_i. \quad (5)$$

组合时先用式 (4) 确定运动链中多副杆的组合方案, 并且注意  $n_{\max} = L + 1$ , 例如  $L=3$ , 则运动链中含副最多的杆型为四副杆。再用式 (5) 确定每种方案中二副杆的个数。以八杆十副运动链为例, 共有3种组合方案, 如表1所示:

表1 八杆十副运动链杆型组合方案

Table 1 The combination project of the eight links' and ten kinematic pair's kinematic chain

| 组合方案 | $n_2$ | $n_3$ | $n_4$ |
|------|-------|-------|-------|
| 1    | 4     | 4     | 0     |
| 2    | 5     | 2     | 1     |
| 3    | 6     | 0     | 2     |

## 2 平面图的构造

### 2.1 构造基础图

在运动链中, 一般多副杆是少数, 二副杆是多数。即图中多度点是少数的, 而且它们均为回路与回路之间的隔离点。因此, 当根据运动链的组成条件构造平面图时, 最简单的方法是先构造仅由多度点及其连线构成的图, 可称之为基础图, 然后再根据机构的特定要求确定二度点的位置。

下面以八杆运动链为例, 按照表1中杆型组合方案构造基础图如图2所示:

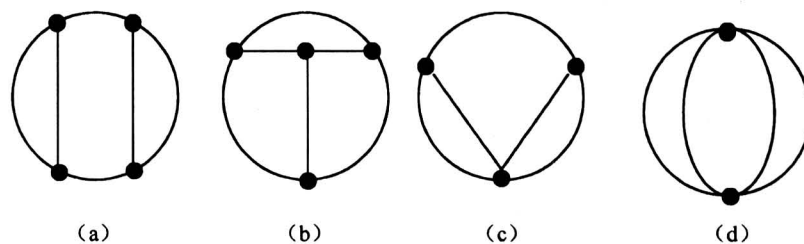


图2 八杆运动链的基础图

Fig.2 The basic graph of the eight links' kinematic chain

其中图2 (a)、(b) 是方案1, 图2 (c) 是方案2, 图2 (d) 为方案3。

### 2.2 构造平面图

在基础图上继续确定二度点的位置, 完成平面图的构造。根据机构的特定要求, 即各构件之间应

具有确定的相对运动, 因此在确定二度点位置时首先应使每个环所包含总的点数大于等于4, 否则所构造的子链会成为桁架。其次要注意基础图的特性, 包括边的个数及特性, 回路的个数及特性。以图2 (c) 为例, 该基础图有5个边, 其中4个边



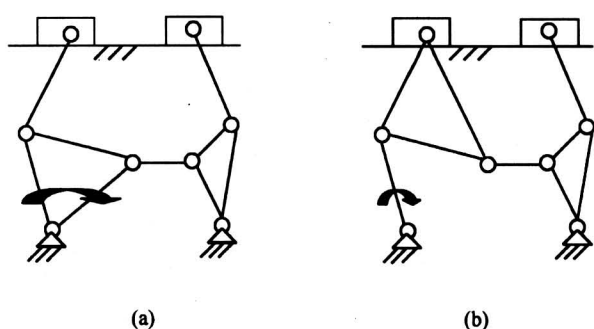


图 5 机构简图

Fig.5 The diagram of the mechanism

## 参考文献

- [1] 孟宪源. 现代机构手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994
- [2] 杨廷力. 机械系统基本理论—机构学 运动学 动力学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996
- [3] 颜鸿森. 颜氏创造性机构设计(1~3)[J]. 机械设计, 1995:10~12
- [4] 张春林, 曲继方, 张美麟. 机械创新设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999
- [5] 曹惟庆, 徐曾荫. 机构设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000

## Study on the Method About Type Synthesis of the One-dof Planar Closed Chain's Mechanisms

Zhang Meilin, Zhang Ye, Yang Zhiyi

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

[Abstract] This paper puts forward a kind of method about type synthesis of the one-dof planar closed chain's mechanisms, that is, "type synthesis by planar graph".

The program of the method is that components of the chain are set up by the mechanical function first of all, then the planar graph is configured by the chain, finally the type synthesis and inversion of mechanisms are made by the graph, and the optimum structural kinematic scheme is formed.

[Key words] mechanisms; kinematic chain; planar graph

### 《中国工程科学》2002 年第 4 卷第 7 期要目预告

|  |      |
|--|------|
| 北方旱农区水肥效应分析 .....                      | 高亚军等 |
| 卫星重力梯度数据用于精化地球重力场的研究 .....             | 宁津生等 |
| 虚拟企业敏捷性度量的 AFHW 方法 .....               | 王 硕等 |
| 动态二叉树表示环境的 A* 算法及其在足球机器人路径规划中的实现 ..... | 唐 平等 |
| 城市爆破拆除的粉尘预测和降尘措施 .....                 | 郑炳旭等 |
| 移动 agent 在智能交通系统中的应用 .....             | 张云勇等 |
| 水稻节水灌溉及其对环境的影响 .....                   | 茆 智  |
| 长江中游典型浅滩演变整治研究 .....                   | 陆永军等 |
| 大体积混凝土受寒潮袭击时半无限平面问题的无限平面化 .....        | 黄达海等 |
| 实施 ISO 14000 标准 促进中国企业可持续发展 .....      | 袁 俊  |
| 动态快速路由查找算法 .....                       | 刘亚林  |
| 火灾烟气危害性研究及其进展 .....                    | 黄 锐等 |
| 新 3G 系统——移动无线互联网 .....                 | 侯自强  |