

# 图解法设计四杆机构的新方法

高虹霓, 杨增选, 曹泽阳

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**为满足四杆机构的设计需要,丰富设计理论,对图解法设计四杆机构的方法进行了扩充,提出了在已知曲柄摇杆机构的摇杆、曲柄、连杆这三构件之一的长度及机架长度、摇杆摆角的条件下用图解法设计曲柄摇杆机构的新方法,并给出了设计方法的全过程。该方法具有较好的理论和实用价值。

**关键词:**图解法;四杆机构;设计

**中图分类号:**TH122 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)04-0071-03

在图解法设计四杆机构时,一般只给出了四种情况下的设计方法,即给定行程速比系数,或给定连杆位置,或给定两连架杆对应位置,或给定某点的运动轨迹进行四杆机构的设计。而在实际运用中,用图解法设计四杆机构的已知条件不仅仅局限于这四种情况,以曲柄摇杆机构为例,若已知曲柄摇杆机构的摇杆长度、曲柄长度、连杆长度这三构件之一的长度及机架的长度、摇杆的摆角均可设计曲柄摇杆机构。

## 1 已知机架长度 $d$ 、摇杆摆角 $\phi$ 及摇杆长度 $c$ 设计曲柄摇杆机构

已知  $d$ 、 $\phi$ 、 $c$  设计曲柄摇杆机构的任务就是确定曲柄的长度  $a$  和连杆的长度  $b$ 。利用机构在极限位置时的几何关系可作图设计。

首先作一线段  $\overline{AD}$  等于机架长度  $d$ ,并以  $D$  为顶点,以摇杆长度  $c$  为半径作圆弧  $\widehat{C_1C_2}$ ,使  $\angle C_1DC_2 = \phi$ ,如图 1 所示。

由于  $\overline{AC_2} = b + a$ ,

$\overline{AC_1} = b - a$ ,

故: 
$$a = \frac{\overline{AC_2} - \overline{AC_1}}{2}$$

于是以  $A$  为圆心,以  $\overline{AC_1}$  为半径作弧交  $\overline{AC_2}$  于  $E$ ,则

$$a = \overline{EC_2}/2$$
$$b = \overline{AC_2} - \overline{EC_2}/2$$

以  $A$  为圆心,  $a$  为半径作圆,交  $\overline{C_1A}$  的延长线和  $\overline{C_2A}$  于  $B_1, B_2$ ,则  $AB_1C_1D$  和  $AB_2C_2D$  为曲柄摇杆机构的两个极限位置。因为  $C_1, C_2$  是在以  $D$  为圆心,  $c$  为半径的圆弧上任意取的两点仅满足  $\angle C_1DC_2 = \phi$ ,所以满足要求的曲柄摇杆机构不是唯一的。

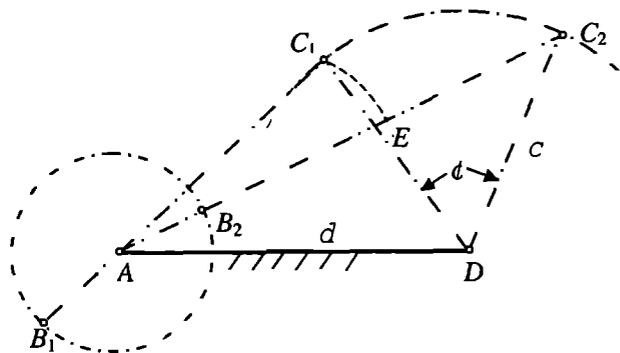


图1 已知  $d$ 、 $\phi$ 、 $c$  设计曲柄摇杆机构

## 2 已知机架长度 $d$ 、摇杆摆角 $\phi$ 及曲柄长度 $a$ 设计曲柄摇杆机构

已知  $d$ 、 $\phi$ 、 $a$  设计曲柄摇杆机构实际就是确定连杆的长度  $b$  和摇杆的长度  $c$ 。只要确定出连杆与摇杆相联的转动副  $C$  的一个极限位置  $C_2$  (或  $C_1$ ) 就确定了摇杆的长度,于是设计转化为已知  $d$ 、 $\phi$ 、 $c$  设计曲柄摇杆机构,就可用上述方法 1 进行设计。

由图 1 知,给定曲柄长度  $a$  时,固定铰链  $A$  至活动铰链  $C$  的两极限位置  $C_2$ 、 $C_1$  的距离之差为一定值  $2a$  ( $\overline{AC_2} - \overline{AC_1} = 2a$ )。如果  $C_2$ 、 $C_1$  为两固定点,  $A$  为一动点,则动点  $A$  到两定点  $C_2$ 、 $C_1$  的距离之差为一定值  $2a$ ,说明  $A$  点的轨迹是一双曲线。实际上曲柄摇杆机构的铰链  $A$  是固定不动的,而铰链  $C$  是活动铰链,所以只要将定点  $A$  至两动点  $C_2$ 、 $C_1$  的距离之差为一定值  $2a$  转化为一动点  $C_2$  至两定点  $A$ 、 $K$  的距离之差为一定值  $2a$ ,就得出动点  $C_2$  点的轨迹为一双曲线,于是可确定出转动副  $C$  的一个极限位置  $C_2$ 。具体作法如下:

如图 2 所示,首先作直线  $\overline{DN}$  与机架  $\overline{AD}$  的夹角为  $\phi$ ,并在直线  $\overline{DN}$  上截取  $\overline{DK}$  使其长度为  $d$ ,然后从点  $D$  作  $\overline{AK}$  的中垂线  $\overline{DM}$ ,交  $\overline{AK}$  于  $O$ ;其次以  $O$  为中心,以  $A$ 、 $K$  为焦点,以  $2a$  为实轴作双曲线。在此双曲线被  $\overline{DN}$  切取的实线部分任取一点为摇杆上  $C$  点的一个极限位置  $C_2$ ,若  $\overline{C_2A} = a + b$ ,则由双曲线特性可知  $\overline{C_2K} = b - a$ 。 $C$  点的另一极限位置  $C_1$  点由  $\phi$  角得到,因为  $\triangle AC_1D \cong \triangle KC_2D$ ,则  $\overline{AC_1} = \overline{KC_2} = b - a$ 。所以  $\overline{AB_1C_1D}$  和  $\overline{AB_2C_2D}$  为曲柄摇杆机构的两个极限位置。由于  $C_2$  是在双曲线被直线  $\overline{DN}$  所切取的实线部分任取的点,所以满足设计要求的曲柄摇杆机构不唯一。

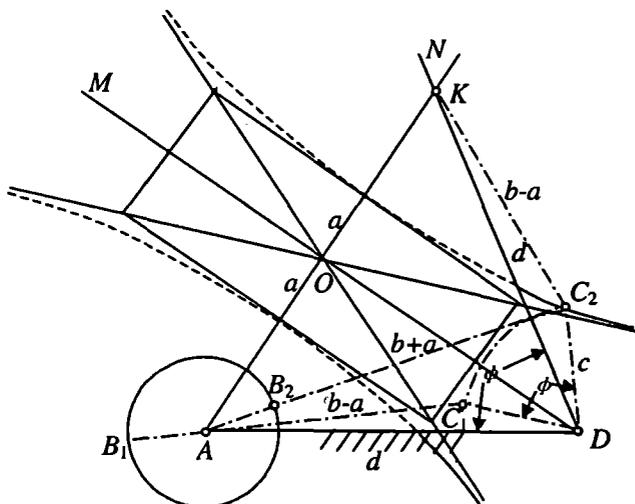


图 2 已知  $d$ 、 $\phi$ 、 $a$  设计曲柄摇杆机构

## 3 已知机架长度 $d$ 、摇杆摆角 $\phi$ 及连杆长度 $b$ 设计曲柄摇杆机构

已知  $d$ 、 $\phi$ 、 $b$  设计曲柄摇杆机构的实质是确定曲柄长度  $a$  和摇杆长度  $c$ 。同设计方法 2 类似,只要找出连杆与摇杆相联的转动副  $C$  的一个极限位置  $C_2$  (或  $C_1$ ) 就可将设计转化为已知  $d$ 、 $\phi$ 、 $c$ ,设计曲柄摇杆机构,同样可用设计方法 1 设计。

由图 1 可知,当给定连杆长度  $b$  时:

$$\overline{AC_2} = b + a \quad (1)$$

$$\overline{AC_1} = b - a \quad (2)$$

若式(1)加式(2),则其和为一定值  $2b$ 。说明定点  $A$  至两动点  $C_2$ 、 $C_1$  的距离之和为一定值。如果将定点  $A$  至两动点  $C_2$ 、 $C_1$  的距离之和为一定值  $2b$  转化为一动点  $C_2$  至两定点  $A$ 、 $K$  的距离之和为一定值  $2b$ ,就得出动点  $C_2$  的轨迹为一椭圆。具体作法如图 3 所示。

首先做出机架长度  $\overline{AD}$  为  $d$ ,过点  $D$  做直线  $\overline{DN}$  使  $\angle LND = \phi$ ,并在直线  $\overline{DN}$  上截取  $\overline{DK}$  使其长度为  $d$ ;其次以点  $A$ 、 $K$  为焦点,以  $2b$  为长轴,

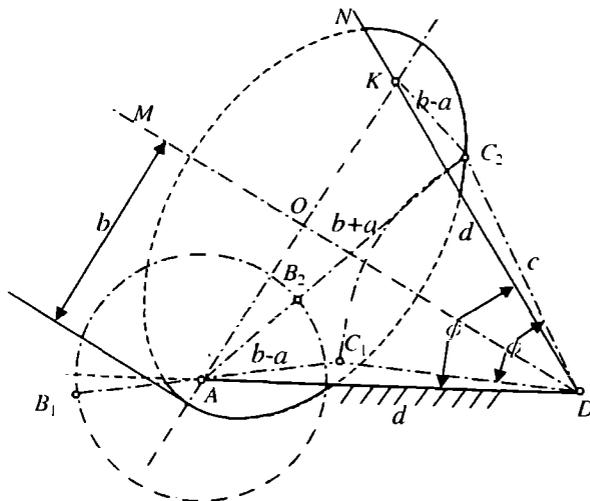


图 3 已知  $d$ 、 $\phi$ 、 $b$  设计曲柄摇杆机构

以  $\overline{AK}$  的中点  $O$  为中心做椭圆, 则  $C_2$  点的轨迹就是此椭圆被直线  $\overline{DN}$  所切取的实线部分。在  $C_2$  点的轨迹上任取一点做为摇杆上  $C$  点的一个极限位置  $C_2$ , 若  $\overline{C_2A} = b + a$ , 则  $\overline{C_2K} = b - a$ 。由  $\varphi$  角可找出  $C$  点的另一极限位置  $C_1$ 。因  $\triangle AC_1D \cong \triangle KC_2D$ , 故  $\overline{C_1A} = \overline{C_2K} = b - a$ 。则  $AB_1C_1D$  和  $AB_2C_2D$  为曲柄摇杆机构的两个极限位置。由于  $C_2$  是在其轨迹上任选的一点, 所以满足设计要求的曲柄摇杆机构同样不唯一。

## 4 结论

本文提出的四杆机构设计的新方法, 在理论教学中, 丰富了教学内容, 开阔了学生的视野, 培养了学生对机构设计的兴趣和设计能力; 在工程实际中, 为在各种不同的已知条件下设计四杆机构提供了有效的方法, 具有较好的实用价值。

### 参考文献:

- [1] (日) 盐崎义弘·日根, 夫·末永腾彦. 新机构学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983.
- [2] 杨可桢, 程光蕴. 机械设计基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [3] 刘惟信, 孟嗣宗. 机械最优化设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1986.
- [4] 施格利 J E, 尤克 J J. 机械与结构的设计原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985.
- [5] 陶全心, 李著景. 结构优化设计方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 1985.
- [6] 机械设计师手册编写组. 机械设计师手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989.

(编辑: 田新华)

## New Methods of Designing Four – Bar Mechanism by Illustrating

GAO Hong – ni, YANG Zeng – xuan, CAO Ze – yang

( The missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

**Abstract:** To meet the needs of designing four – bar mechanism and enrich the theory in design, this paper expands the method of designing four – bar mechanism by illustrating, and also presents some new methods and the whole process of each designing method on condition that the length of one of the three components ( i. e. rocking lever, crank and link) in the crank – rocker mechanism, the length of the mechanism frame and the angle of the rocking lever are given. The methods are of some value in theory and practice.

**Key words:** graphic method; four – bar mechanism; design