

● 广播电视中专教材

机械原理及机械零件 学习指导书

北京市广播电视中等专业学校 编



冶金工业出版社

广播电视中专教材
机械原理及机械零件
学习指导书

北京市广播电视中等专业学校 编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 7 1/8 字数 186 千字

1987年6月第一版 1987年6月第一次印刷

印数00,001~17,000册

统一书号: 15062·4575 定价**1.10**元

前 言

本书是为与北京市广播电视中等专业学校组织编写的《机械原理及机械零件》教材(以下称“教材”)配套,为方便广播电视教学而编写的。

为了帮助学员进一步理解教材的基本内容,明确各章所要求的重点,本书对教材中可能遇到的难点及较难理解的基本概念作了进一步讲解。为使学员能较系统地掌握教材中的基础知识,在每章后面附有思考题。第九章至第二十章机械零件部分的重点,在于对机械零件的设计思路和一般设计方法的总结和提高。为开扩学员的设计思路,在各章中增加了补充例题。为方便查用有关标准,在某些章节后面还附有需要了解的有关标准。根据课程设计的要求、例题和题目的需要,本书以附录形式提供了有关参数和标准,供学员参考和选用。

为与教材相区别,本书所用图号一律以“附图×—×”,表号一律以“附表×—×”表示;附录中图号以“附图×”,表号以“附表×”表示。

本书是约请北京钢铁学院廉以智同志编写的。

编者殷切希望广大读者对本书中的错误和欠妥之处提出宝贵意见。

北京市广播电视中等专业学校

1986年6月

目 录

第一章	绪论	1
第二章	平面机构的活动度及其具有确定运动的条件	3
第三章	平面连杆机构	6
第四章	凸轮机构	12
第五章	齿轮机构	14
第六章	轮系	19
第七章	间歇运动机构	21
第八章	平衡和调速	22
第九章	弹簧	23
第十章	键联接和花键联接	30
附表10-1	普通平键 (GB1096—79)	33
附表10-2	键槽宽度 b 的公差	36
附表10-3	矩形花键的尺寸系列 (GB1144—74)	36
附表10-4	矩形花键孔的长度系列 (JB290—60)	38
附表10-5	矩形花键联接的定心方式及其特点和应用	39
附表10-6	矩形花键联接的标记示例 (GB1144—74)	40
附表10-7	矩形花键的配合 (GB1144—74)	40
第十一章	螺纹联接和螺旋传动	41
附表11-1	普通螺纹基本尺寸 (GB196—81)	49
附表11-2	30°锯齿形螺纹 (JB923—66)	54
附表11-3	梯形螺纹 (GB784—65)	58
附表11-4	小六角头铰制孔用螺栓 (GB27—76)	65
附表11-5	灰铸铁 (GB976—67)	67
第十二章	带传动	69
第十三章	链传动	75
第十四章	齿轮传动	80
第十五章	蜗杆传动	99

第十六章 轴	106
附表16-1 轴与套的倒角和倒圆半径 (JB5—59)	111
附表16-2 标准直径 (JB176—60) 和标准长度 (JB177—60)	112
第十七章 滑动轴承	114
附表17-1 对开式二螺柱正滑动轴承座 (JB2561—79)	118
第十八章 滚动轴承	120
附表18-1 单列向心球轴承 (GB276—64)	134
附表18-2 单列圆锥滚子轴承 (GB297—64, GB298—64)	137
第十九章 联轴器与离合器	148
附表19-1 刚性凸缘联轴器 (Q/ZB121—73)	151
附表19-2 柱销联轴器 (Q/ZB123—73)	153
附表19-3 弹性圈柱销联轴器 (JB108—60)	156
附表19-4 齿轮联轴器 (Q/ZB104—73, Q/ZB105—73)	159
第二十章 减速器	161
附录 机械零件课程设计	162
附表 1 机械传动效率的概略数值	182
附表 2 各类传动比的数值范围	184
附表 3 一般交流异步电动机J2、JO2系列三相异步 电动机技术数据	185
附表 4 JO2型电动机的外形及安装尺寸	191
附表 5 A型异径孔与B型异径孔	196
附表 6 毡封油圈沟槽尺寸 (FJ145—63)	202
附表 7 标题栏及明细表尺寸	203
附表 8 轴加工表面粗糙度荐用值	204
附表 9 轴的形位公差推荐项目	204
附表10 齿(蜗)轮加工表面粗糙度荐用值	205

附表11	轮坯形位公差的推荐项目	206
附表12	啮合特性表	206
附表13	地脚螺栓孔和凸缘(Q/ZB144—73)	207
附表14	紧固件通孔及沉头座尺寸(GB152—76)	208
附表15	扳手空间	210
附表16	六角头螺栓(粗制)(GB5—76)	212
附表17	等长双头螺柱(GB901—76)	213
附表18	双头螺柱 ($L_1=1.25d$) (GB898—76)	214
附表19	六角螺母(GB52—76)、六角扁螺母(GB54— 76)、六角厚螺母 (GB55—76)	216
附表20	轻型弹性垫圈 (GB859—76)、弹性垫圈(GB 93—76)	218

第一章 绪 论

一、基本内容和要求

本章主要介绍机器、机构、构件和零件的概念，并由此引出本课程研究的主要内容、性质和任务。

通过本章的学习，要求掌握机器、机构、构件和零件的概念，并对本门课研究的主要内容、性质和任务有所了解。

二、学习指导

1. 机器、机构、构件和零件

(1) 机器和机构 机器由原动部分、工作部分和传动部分组成。机器具有两大特征：1) 机器由具有确定的相对运动的构件组成；2) 机器能代替和减轻人类劳动来完成有用的机械功或转换成机械能。如果只具备第一条，就是机构，它只能传递运动和动力，而不能完成有用的机械功或转换成机械能，这是机器和机构的根本区别。如齿轮机构、蜗杆机构等。但是从结构上和运动角度来看，机器和机构又是相同的，因此人们为叙述方便，经常用“机械”一词来表示“机器”和“机构”的总称。

(2) 构件和零件 构件是运动的最小单元，是由一个或若干个零件刚性地联接成一体组成的。如齿轮、支承齿轮的轴以及联接齿轮和轴的键就组成一个构件，运转时三者成为一个整体一起运转，互相之间无相对运动。而零件是加工的最小单元，如一根轴，一个齿轮，一块键都是零件。

2. 本门课程的主要内容

本门课程包括两个基本内容：

(1) 机械原理部分（第一章至第八章） 机械原理是研究机构的结构、运动学和机械动力学的科学。本课程机械原理部分着重研究常用机构（平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构）的结构和运动特性以及机械动力学的一些基本知识（平衡和调速问题）。这一部分运用理论力学的基础知识较多，

希望学员能结合本课程内容及时复习有关部分。

(2) 机械零件部分(第九章至第二十章) 本课程机械零件部分着重研究一般参数通用零件的工作原理、结构和设计方法。这部分涉及的基础理论知识较多。在设计零件开始选择材料时,需要金属工艺学的基本知识;在对零件进行受力分析时,需要理论力学的基本知识;在进行应力分析和变形分析时,需要材料力学的基本知识;在进行零件的结构设计绘制零件工作图时,又需要公差与配合及制图的基本知识。这部分的重点在于运用以往所学的知识,结合实际进行单个零件的设计。要求学员能掌握单个零件的设计方法,并能设计简单的机械。

这门课是技术基础课,学习方法与基础课有很大区别。关于学习方法问题,还要在以后的章节中逐步介绍。

三、思考题

1. 机器是由哪三大部分组成的? 有哪些特征?
2. 机器和机构有哪些共同之处和不同之处?
3. 传动装置的主要作用是什么? 举例说明。
4. 什么叫构件? 什么叫零件? 举例说明。
5. 本课程学习的主要内容是什么? 任务是什么?

第二章 平面机构的活动度及其具有确定运动的条件

一、基本内容和要求

本章主要介绍平面运动副及其分类，平面机构运动简图的绘制，平面机构活动度的计算方法及平面机构具有确定运动的条件。

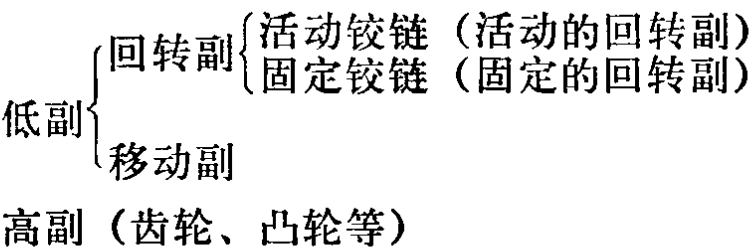
要求掌握平面机构运动简图的绘制方法，并能用平面机构活动度的计算式判别机构运动简图的正确性。

二、学习指导

机构运动简图是我们进行技术交流和革新的手段。如消化吸收引进的设备或向兄弟厂学习新设计与新改装的机器时，我们就可以由复杂的结构中分析出机器的运动特征，并绘出机构运动简图。具体步骤可归纳如下：

（1）弄清机器中各构件的运动情况，哪些是活动件，哪些是固定件（机架）。活动件中哪些是主动件，哪些是从动件。

（2）确定各构件之间是以哪种型式的运动副相联接的。运动副主要分类如下：



（3）合理选择视图，按比例绘制机构运动简图。一般以机构的运动平面作为主视图，若不能表达清楚时，可以再补充其它方向的视图。然后按比例定出各运动副的相互位置，用规定符号绘制机构运动简图。

（4）进行机构活动度的计算。为了不致使绘制出的机构简图出现错误，应进行机构活动度的计算，校核是否有确定的运动，

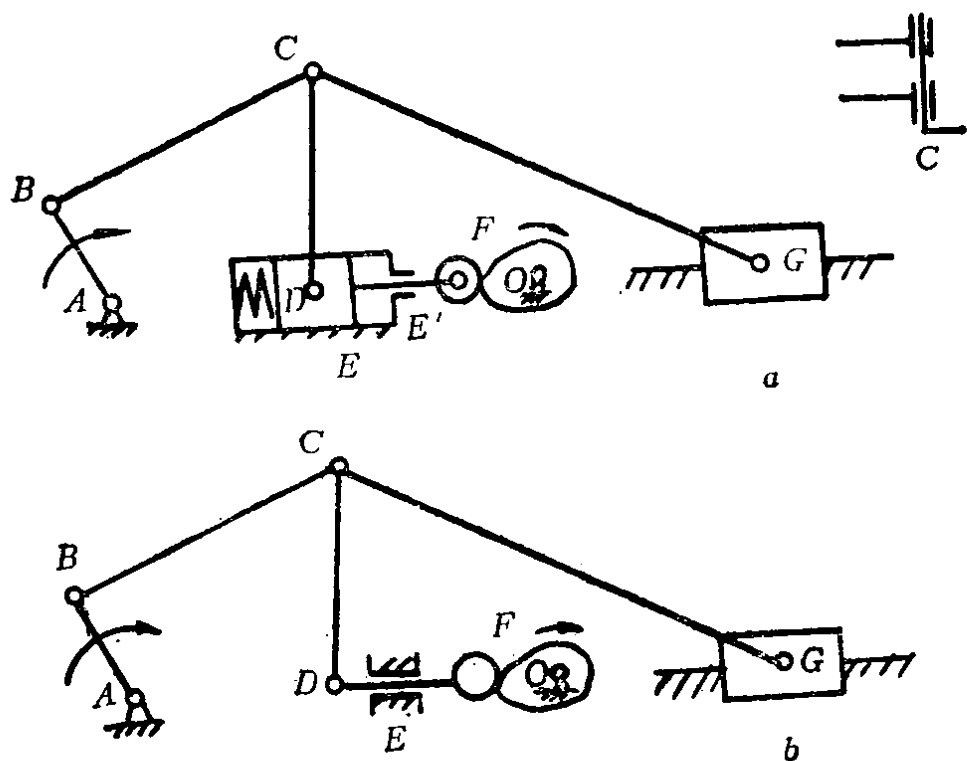
其计算式为：

$$W = 3n - 2P_L - P_H$$

在使用上述计算式时，要注意分清机构运动简图中是否有复合铰链、多余自由度和虚约束。如果有应正确处理，以免计算中出现错误。

〔例2-1〕 试计算附图2-1a中所示大筛机构的自由度。

〔分析〕 在计算活动度之前，首先要检查图中是否有复合铰链、多余自由度和虚约束，然后再分析有几个活动构件、几个回转副、移动副和几个高副。



附图 2-1 大筛机构运动简图

(1) 图中凸轮与滚子从动件在 F 处接触，由于从动杆上的滚子存在与否并不影响凸轮与从动杆的运动规律，所以滚子的自由度是多余的（即多余自由度），在计算中不应考虑。可假想将滚子焊死在从动杆上。

(2) 弹簧对滑块的运动规律无影响，所以不应该将弹簧算作活动构件。

(3) E 和 E' 处是两个互相平行的导轨，其中有一个是虚

约束。计算时应将 E 和 E' 看成是一个移动副。

(4) C 处是复合铰链, 有3个活动构件, 则此处回转副个数为

$$m-1=3-1=2$$

(5) 考虑以上四种情况, 机构可看成如附图2-1b所示的形式。则活动构件 $n=7$, 低副 $P_L=9$, 高副 $P_H=1$ 。

〔解〕机构的活动度为:

$$\begin{aligned} W &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 7 - 2 \times 9 - 1 = 2 \end{aligned}$$

〔结论〕此机构的活动度为2。即此机构若有确定运动, 应有2个原动件。

三、思考题

1. 什么叫运动副?
2. 什么叫高副? 什么叫低副? 它们各有几个约束? 几个自由度?
3. 什么叫机构运动简图? 它有什么实际意义?
4. 如何由实际机械中绘出运动简图? 具体步骤如何?
5. 什么叫机构的活动度? 如何计算? 在计算中应注意哪些问题?
6. 机构具有确定运动的条件是什么?

第三章 平面连杆机构

一、本章主要内容和要求

本章主要介绍铰链四杆机构的基本类型和应用；铰链四杆机构的基本性质和演化型式，并简单介绍铰链四杆机构的设计。

本章要求掌握铰链四杆机构的基本类型和应用，对其基本性质（行程速比、压力角、死点）有定性了解，会按给定的连杆轨迹或行程速比系数设计四杆机构。

二、学习指导

1. 曲柄摇杆机构的演化

曲柄摇杆机构是平面连杆机构中最基本的类型。平面连杆机构是由若干个刚性构件用平面低副联接组成的机构。平面连杆机构中最基本的型式是平面四杆机构，而平面四杆机构中以铰链四杆机构最具有代表性。铰链四杆机构最基本的类型就是曲柄摇杆机构，这主要是因为所有其他类型的平面四杆机构都可以看成是在曲柄摇杆机构的基础上演化出来的。若对曲柄摇杆机构取不同杆件为机架，就可以得到附图3-1 $a \sim d$ 的各种铰链四杆机构；若将曲柄摇杆机构中 C 处的回转副演化成附图3-2所示的移动副，则曲柄摇杆机构就成为曲柄滑块机构。如果取曲柄滑块机构中不同杆件为机架，则曲柄滑块机构又可演化成一个移动副的各种类型的四杆机构，如附图3-1 $e \sim h$ 所示。如果将曲柄摇杆机构中 B 处的回转副扩大，则曲柄摇杆机构又可演化成偏心轮机构。

2. 曲柄存在条件

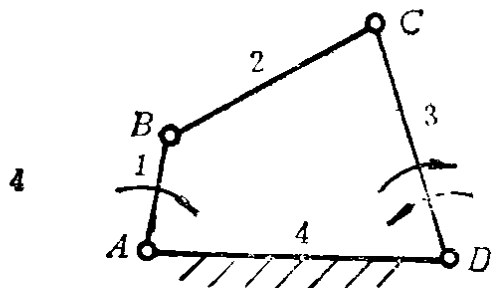
在设计四杆机构时，常常需要校核曲柄存在条件，以便准确地设计出所要求的四杆机构。在研究曲柄存在的条件时，根据曲柄摇杆机构分析得出了曲柄存在的条件：

- (1) 最短杆是曲柄；
- (2) 最短杆与最长杆的长度之和小于或等于其他两杆长度

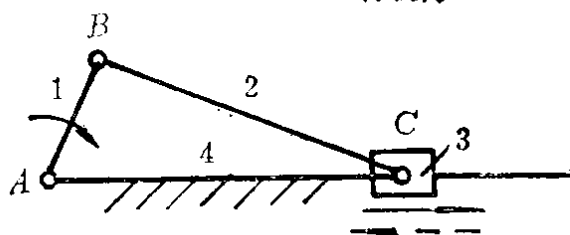
选作机架的构件

铰链四杆机构

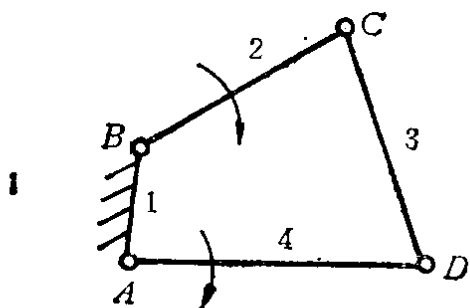
含有一个移动副的四杆机构 ($e \neq 0$)



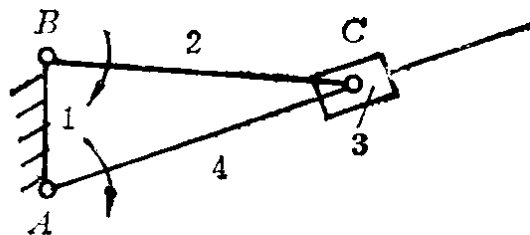
a - 曲柄摇杆机构



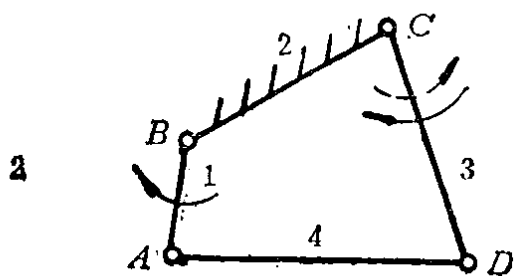
e - 对心曲柄滑块机构



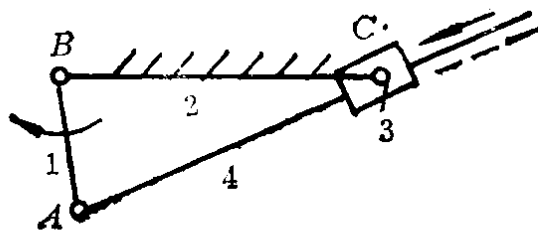
b - 双曲柄机构



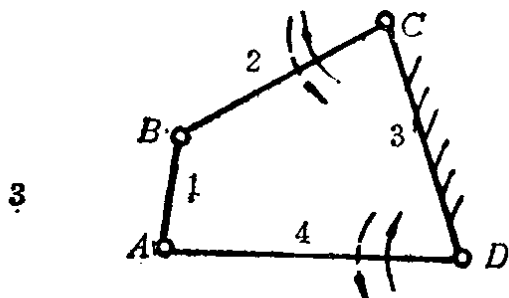
f - 转动导杆机构



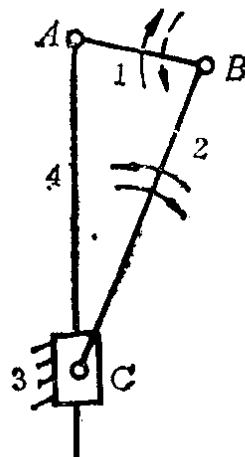
c - 曲柄摇杆机构



g - 摇块机构

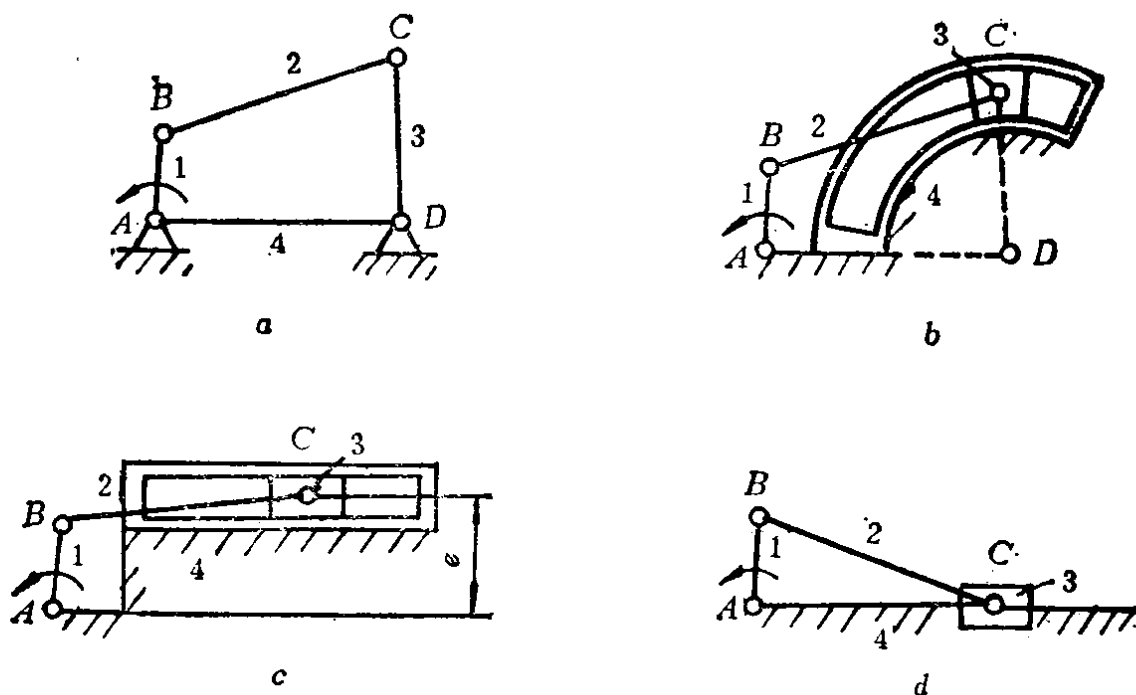


d - 双摇杆机构



h - 移动导机构

附图 3-1 铰链四杆机构的演化



附图 3-2 曲柄摇杆机构演化为曲柄滑块机构

之和。

但对于其他具有曲柄的四杆机构（如双曲柄机构）来说，上述第一个条件并不成立，如图3-1 b也存在着曲柄，但曲柄并不是最短杆。为准确地表示出四杆机构中曲柄存在条件，应修正上述第一条。四杆机构中曲柄存在条件应为：

- (1) 连架杆及机架中必有一个是最短杆；
- (2) 最短杆与最长杆长度之和小于或等于其他两杆长度之和。

根据上述曲柄存在条件，可作如下推论：

(1) 若铰链四杆机构中最短杆与最长杆长度之和小于或等于其他两杆长度之和，则可能有如下情况：

1) 以最短杆的相邻杆作机架时，为曲柄摇杆机构，如图3-1 a、c 所示。

2) 以最短杆为机架时，为双曲柄机构，如图3-1 b 所示。

3) 以最短杆的相对杆为机架时，为双摇杆机构，如图3-1 d 所示。

(2) 若铰链四杆机构中最短杆与最长杆长度之和大于其他

两杆长度之和，则不论以哪一杆为机架，均为双摇杆机构。

3. 铰链四杆机构的运动设计

铰链四杆机构运动设计的主要目的是根据机构的用途所提出的要求来确定各运动副之间的相对位置。常用的方法是图解法。设计时先假设机构已经设计出，根据机构运动简图和已知条件分析出哪几个运动副的位置是已知的，哪几个运动副的位置是未知的，然后尽量将各运动副位置之间的关系转化成平面几何的关系，再找出图解的方法和步骤。

为开扩学员的解题思路，下面仍以教材中按给定的行程速比系数 K 设计四杆机构的例题为例，采用另一种方法解题。

〔例3-1〕 已知摇杆 CD 的长度、摆角 ψ 和行程速比系数 K 。试设计此四杆机构。

〔分析〕 根据 K ，由式 $\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1}$ 求出极位夹角 θ 。由附图3-3可分析出，当摇杆 CD 长和摆角 ψ 已知时， C_1 、 C_2 和 D 点即为已知点。显然，设计此四杆机构的关键问题就是确定 A 点的位置。

因为极位夹角是曲柄与连杆两次共线的夹角，如果过 C_1 、 C_2 和 A 点作一个辅助圆“ O ”，则 C_1C_2 为圆“ O ”上的一个弦。根据平面几何知识可知，此弦所对的圆周角 θ 是所对圆心角之半，即 C_1C_2 弦所对的圆心角为 2θ 。由此为我们提供了设计思路。具体设计步骤如下：

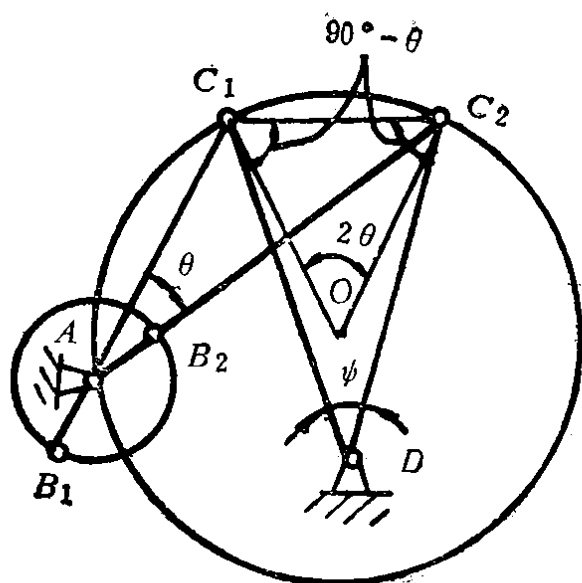
(1) 求极位夹角 θ ：

$$\theta = 180^\circ \frac{K-1}{K+1}$$

(2) 任取一点 D ，作 $\angle C_1DC_2 = \psi$ 。取适当比例尺，作 $C_1D = C_2D = CD$ 。

(3) 作 $\angle C_1C_2O = \angle C_2C_1O = 90^\circ - \theta$ ，两角边相交于 O 点。则 $\angle C_1OC_2 = 2\theta$ 。以 O 为圆心， OC_1 为半径作辅助圆“ O ”。

(4) 在“ O ”圆周上任取一点 A ，联 AC_1 和 AC_2 。此 A 点



附图 3-3 [例3-1] 题图解

即为所求的回转副 A 的位置。其 $\angle C_1AC_2 = \frac{1}{2}\angle C_1OC_2 = \theta$ (同一弦所对的圆心角为圆周角的二倍)。显然, 在“ O ”圆周上任一点与 C_1C_2 相连都可以满足要求, 有无穷多解。如果根据机架尺寸要求, 再给出 AD 长, 则可有一个或几个解。

(5) 求曲柄 AB 长:

由图知:

$$AC_1 = B_1C_1 - AB_1 \quad (1)$$

$$AC_2 = AB_2 + B_2C_2 \quad (2)$$

因为 $B_1C_1 = B_2C_2$, $AB_1 = AB_2$

式 (1) + 式 (2) 得:

$$BC = \frac{AC_1 + AC_2}{2}$$

式 (1) - 式 (2) 得:

$$AB = \frac{AC_2 - AC_1}{2}$$

三、思考题

1. 铰链四杆机构有哪几种基本类型?
2. 铰链四杆机构曲柄存在的条件是什么?
3. 如何根据曲柄存在条件区别铰链四杆机构的类型?
4. 什么叫摇杆的“行程速比系数”?它说明什么问题?
5. 什么叫四杆机构的压力角和传动角?其大小对四杆机构的工作有何影响?
6. 铰链四杆机构中在什么情况下才出现“死点”?如何克服?