

张春林 余跃庆 主编  
李瑰贤 主审

# 机械原理 教学参考书

(中)



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

# 机械原理教学参考书(中)

张春林 余跃庆 主编  
李瑰贤 主审

高等教育出版社

## 内 容 提 要

全书共三册,本册为中册。本册主要介绍高副机构的分析与设计方面的内容,共分四篇:第一篇讨论平面高副机构设计,主要包括瞬心线机构及其应用、共轭曲线机构及其应用等内容;第二篇讨论凸轮机构设计,主要包括凸轮运动规律的组合设计、凸轮基本参数的设计、盘形凸轮廓线的解析设计、空间凸轮廓线的解析设计等内容;第三篇讨论变位齿轮传动,主要包括变位齿轮的概念、变位系数的选择、高度变位和角度变位齿轮传动的设计、内啮合变位齿轮传动的设计等内容;第四篇讨论轮系及其设计,主要包括轮系结构分析与轮系设计、轮系效率计算与各种形式的行星轮系介绍等内容。

本书可作为高等学校“机械原理”课程的教学参考书,也作为本科高年级学生和研究生学习辅导材料,亦可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械原理教学参考书. 中/张春林,余跃庆主编. —北京:高等教育出版社,2009.5

ISBN 978-7-04-026135-6

I. 机… II. ①张…②余… III. 机构学-高等学校-教学参考资料 IV. TH111

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第042848号

策划编辑 卢 广 责任编辑 贺 玲 封面设计 于 涛 责任绘图 尹 莉  
版式设计 马敬茹 责任校对 杨凤玲 责任印制 朱学忠

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	山东省沂南县汇丰印刷有限公司	畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×960 1/16	版 次	2009年5月第1版
印 张	16	印 次	2009年5月第1次印刷
字 数	280 000	定 价	20.80元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26135-00

# 机械原理教学参考书(中)

## 编写委员会

主任委员：张 策

副主任委员：张春林 余跃庆

委 员：翁海珊 申永胜 邓中全

王德伦 赵 韩 王 晶

秦 伟 谢 进 蓝兆辉

邹慧君 黄茂林 吴克坚

杨家军

## 分篇主编

李瑰贤：第一篇 平面高副机构设计

赵 韩：第二篇 凸轮机构设计

杨元山、杨家军：第三篇 变位齿轮传动

李树军：第四篇 轮系及其设计

# 序

教育部高等学校机械学科教学指导委员会机械基础课程教学指导分委员会在2001年第一次工作会议上,根据上一届课委会对我国当前高等工科学校教师队伍现状的分析,针对青年教师学历高、专业知识强,但缺少“机械原理”课程教学经验的特点,决定编写一套旨在提高青年教师教学水平的机械原理教学参考书,分工由教指委委员张春林和余跃庆二位教授负责该参考书的编写工作。

在2002年教指委第二次工作会议上,成立了以张策教授为主任的编写委员会,编委会讨论通过了本参考书的编写目的、定位、内容与体系,并根据学术水平、教学经验、国内知名度以及奉献精神等方面确定了各篇的主编,并取得高等教育出版社的支持。

在2003年教指委工作会议上,编写委员会讨论了各篇主编提供的编写大纲,并提出了反馈意见,明确了完成时间。

在2004年教指委工作会议上,张春林、余跃庆二位教授汇报了该参考书的编写进展情况。经过协商,确定了由前教指委委员谢存禧教授、李瑰贤教授、邹慧君教授分别为上册、中册和下册的主审,该参考书进入了有序的编写工作阶段。

在2005年教指委工作会议上提出了加快编写进度的要求。

2006年,各篇主编陆续把文稿寄到各分册主审处,2007年5月,所有参编人员在上海集中审稿,讨论了该参考书编写过程中出现的问题,就该书的定位、内容、衔接等问题取得了共识,并与高等教育出版社就出版时间进行了协商。

在2007年教指委第一次工作会议上,余跃庆委员代表编写组就上海会议的若干意见向新一届教指委作了汇报。

2008年5月,各篇主编完成了编写工作,由张春林教授和余跃庆教授最后统稿,各册主审审阅后交付高等教育出版社。

机械原理教学参考书主要是为从事“机械原理”课程教学的青年教师提高业务素质编写的,目的是使其在教学内容的深度和广度上得到补充和扩展。本书是介于教材和专著之间的教学参考书。国内已出版和使用的教材中普遍包含的内容,本书不再重点介绍,但可能有进一步的细化和深化。目前仍在研究但还没有成熟结论的内容,以及虽已有成熟结论但程度过深的内容,本书不做详细介绍。

本书采取开放式编写形式,每篇后都附有参考文献,以便读者根据需要自行选取。各分册和各篇内容均有独立性,可单独阅读或参考。为了使读者能更全面地了解有关文献的原始内容,本书各篇编写时所用的公式、符号、名词术语等大多采用原来的形式,因此各册、各篇或各章中有可能出现不同的表达方式。

本参考书由三个分册组成,每分册包含四篇内容。具体如下:

上册:

- 第一篇 平面机构结构分析
- 第二篇 平面连杆机构的分析与设计
- 第三篇 空间机构
- 第四篇 机器人机构

中册

- 第一篇 平面高副机构设计
- 第二篇 凸轮机构设计
- 第三篇 变位齿轮传动
- 第四篇 轮系及其设计

下册

- 第一篇 广义机构
- 第二篇 机械运动方案设计
- 第三篇 机构的组合与创新设计
- 第四篇 机械动力学

希望本参考书的出版能对从事“机械原理”教学的青年教师有所帮助,进一步提高我国“机械原理”教学的水平和质量。

教育部高等学校机械学科教学指导委员会机械基础课程教学分指导委员会  
机械原理教学参考书编写委员会

2008年5月

# 前 言

本书是机械原理参考书的中册,主要论述各类高副机构的基本理论、设计方法以及应用等问题。该书共分四篇 14 章,每篇均为独立内容。首先对瞬心线机构和共轭曲线机构的形成与设计作了介绍,然后重点介绍作为共轭曲线机构的凸轮机构、齿轮机构以及轮系的设计计算问题。

本书的第一篇“平面高副机构设计”由哈尔滨工业大学李瑰贤编写;第二篇“凸轮机构设计”由合肥工业大学赵韩编写;第三篇“变位齿轮传动”由华中科技大学杨元山和杨家军编写;第四篇“轮系及其设计”由东北大学李树军编写;大连理工大学的董惠敏和高媛也参加了部分章节的编写工作。全书由哈尔滨工业大学李瑰贤教授担任主审。

由于作者水平有限,在编写过程中难免出现误漏之处,特别是对难易程度的把握方面也会存在不足,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 3 月

# 目 录

## 第一篇 平面高副机构设计

<b>第 1 章 瞬心线及瞬心线机构设计</b> .....	2
1.1 瞬心线 .....	2
1.2 基于解析法设计瞬心线机构 .....	7
<b>第 2 章 共轭曲线机构的数学基础</b> .....	14
2.1 常用矢量代数 .....	14
2.2 坐标变换及在工程中的应用 .....	22
<b>第 3 章 共轭曲线机构的设计</b> .....	34
3.1 概述 .....	34
3.2 基于运动学法设计共轭曲线机构 .....	37
3.3 基于包络法设计共轭曲线机构 .....	51
3.4 基于齿廓法线法设计共轭曲线机构 .....	56
3.5 共轭曲面诱导法曲率的计算 .....	63
<b>参考文献</b> .....	70

## 第二篇 凸轮机构设计

<b>第 4 章 凸轮机构设计的基本理论</b> .....	71
4.1 从动件运动规律及其组合设计 .....	71
4.2 凸轮基本尺寸的确定 .....	76
4.3 凸轮机构的受力分析 .....	79
4.4 凸轮机构的效率 .....	86
<b>第 5 章 凸轮廓线的解析设计</b> .....	88
5.1 概述 .....	88
5.2 用解析法设计平面凸轮轮廓 .....	88
5.3 用共轭曲面原理设计凸轮轮廓 .....	96
<b>第 6 章 凸轮机构动力学</b> .....	109
6.1 概述 .....	109
6.2 凸轮机构的弹性系统及其振动原因 .....	110
6.3 凸轮机构动力学模型的建立 .....	112
6.4 凸轮机构动力学方程及分析 .....	119



参考文献 .....	125
------------	-----

### 第三篇 变位齿轮传动

<b>第 7 章 外啮合圆柱变位齿轮传动</b> .....	127
7.1 变位齿轮概述 .....	127
7.2 基本尺寸计算 .....	130
7.3 选择变位系数的限制条件 .....	137
7.4 选择变位系数的质量指标 .....	144
7.5 变位系数的选择 .....	148
7.6 斜齿圆柱变位齿轮传动 .....	157
<b>第 8 章 内啮合圆柱变位齿轮传动</b> .....	159
8.1 渐开线内啮合齿廓的啮合特性 .....	159
8.2 内齿轮变位系数和齿轮插刀 .....	160
8.3 基本尺寸计算 .....	161
8.4 选择变位系数的限制条件 .....	165
8.5 选择变位系数的轮齿干涉条件 .....	167
<b>第 9 章 直齿圆锥变位齿轮传动</b> .....	173
9.1 直齿锥齿轮的变位系数 .....	173
9.2 基本尺寸计算 .....	175
9.3 变位系数的选择 .....	178
参考文献 .....	179

### 第四篇 轮系及其设计

<b>第 10 章 轮系的结构分析</b> .....	181
10.1 轮系的组成 .....	181
10.2 周转轮系的分类 .....	184
<b>第 11 章 轮系的传动比及其计算方法</b> .....	189
11.1 定轴轮系的传动比 .....	189
11.2 计算周转轮系传动比的几种方法 .....	190
11.3 混合轮系传动比的计算要点与分析 .....	197
<b>第 12 章 轮系的设计</b> .....	202
12.1 轮系类型的选择 .....	202
12.2 行星轮系的运动学设计 .....	205
12.3 行星传动设计举例 .....	207
<b>第 13 章 常用少齿差行星传动</b> .....	210
13.1 渐开线少齿差行星传动 .....	210
13.2 摆线针轮行星传动 .....	215

---

13.3 谐波齿轮传动 .....	220
<b>第 14 章 其他行星传动简介 .....</b>	<b>229</b>
14.1 三环传动 .....	229
14.2 RV 传动 .....	231
14.3 同轴 K-H 型行星传动 .....	233
14.4 3-DOF 差动传动 .....	234
14.5 章动传动 .....	236
14.6 摩擦轮系及无级变速传动简介 .....	239
<b>参考文献 .....</b>	<b>241</b>

# 第一篇 平面高副机构设计

一个机构中主要是以高副接触来传递运动的,称为高副机构,如常见的凸轮机构、齿轮机构、瞬心线机构及共轭曲线机构等。

高副机构由于是点和线接触,虽然比低副机构易磨损,但能精确地实现预定的任意形状的运动轨迹,所以广泛地应用在精密仪器、精密伺服传动、自动化程度高的机械中,如航天航空仪表中的瞬心线机构、自动化程度高的机床、卷烟机等都应用大量的凸轮机构和齿轮机构。

高副机构之所以能精确实现任意曲线形状的运动轨迹,关键是靠高副机构的轮廓曲线。所以,如何设计出满足要求的高副机构的轮廓曲线是至关重要的。

所谓高副机构,是靠高副接触实现传动运动的机构。但一定要清楚,高副机构中不是不含低副,高副的回转中心往往都是靠转动副来实现的,因此平面高副机构,顾名思义是作平面运动的高副机构。当结构中包含高副时,根据两构件相对运动的观点,平面高副机构可分为两类:一类是构成高副的两轮廓之间的相对运动是纯滚动的高副机构,称为瞬心线机构;另一类是构成高副的两轮廓之间的相对运动是滚动带滑动的高副机构,称为共轭曲线机构。

本篇主要介绍平面高副机构(瞬心线机构和共轭曲线机构)的设计,为此也要介绍所需要的数学基础和常用的设计方法,使之能充分利用计算机来实现平面高副机构的设计。

# 第 1 章 瞬心线及瞬心线机构设计

## 1.1 瞬心线

### 1.1.1 瞬心和瞬心线的定义

当两构件互作平面相对运动时,在这两构件上绝对速度相同或者说相对速度等于零的瞬时重合点称为瞬心<sup>[1]</sup>。可见,两相对运动构件在瞬心处只有相对滚动,而无相对滑动。瞬心的位置是随两运动构件的连续运动而变动的,把在这两运动构件上的每一个构件上曾经作为瞬心的各点连接起来,所得到的两条轨迹曲线称为相对瞬心线,如果两构件中有一构件为机架,则在机架上的瞬心轨迹曲线称为定瞬心线,而把在运动构件上的瞬心轨迹称为动瞬心线。例如图 1.1 所示的一对摩擦轮机构,因构件 1 和构件 2 是纯滚动,瞬心位置在  $P_{12}$ ,则与轮 1 的轮缘相重合的圆  $S_1$  即为两轮瞬心  $P_{12}$  在轮 1 上的轨迹,而与轮 2 的轮缘相重合的圆  $S_2$  即为两轮瞬心  $P_{12}$  在轮 2 上的轨迹,故两轮的相对瞬心线即为两个圆  $S_1$  和  $S_2$ 。又如图 1.2 所示,一对渐开线齿轮啮合时,其节圆  $S_1$  和  $S_2$  也是相对瞬心线。图 1.3 中,轮子 1 在固定轨道 2 上纯滚动,这时直线  $S_2$  为瞬心  $P_{12}$  在轨道 2 上的轨迹,瞬心线  $S_2$  又称为定瞬心线;而轮 1 的圆周  $S_1$  为瞬心  $P_{12}$  在轮 1 上的轨迹,则称为相对瞬心线。

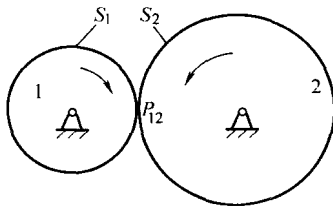


图 1.1 摩擦轮机构

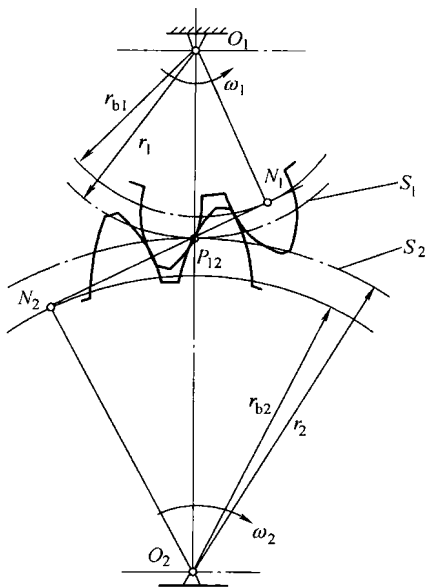


图 1.2 渐开线齿轮的啮合

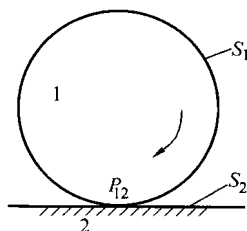


图 1.3 圆与直线的纯滚动

### 1.1.2 图解法求瞬心线原理

图解法求瞬心的原理是根据两构件在瞬心的绝对速度相等(只有相对滚动)从而求出两构件各运动位置的瞬心,再将求得一系列瞬心点连接起来即可得出瞬心线。具体步骤如下。

如图 1.4 所示,运动构件  $E$ , 其上  $A$  点和  $B$  点各沿机架(固定构件)  $E_0$  上的曲线  $\alpha\alpha$  和  $\beta\beta$  滑动, 换句话说, 构件  $E$  相对  $E_0$  的运动相当于  $AB$  杆对机架的运动, 因而构件  $E$  将从任一位置  $AB$  开始连续占据  $A'B'$ 、 $A''B''$ 、 $\dots$  一系列位置。过  $A$ 、 $A'$ 、 $A''$ 、 $\dots$  点作曲线  $\alpha\alpha$  的法线  $n_A$ 、 $n'_A$ 、 $n''_A$ 、 $\dots$ , 再过  $B$ 、 $B'$ 、 $B''$ 、 $\dots$  点作曲线  $\beta\beta$  的法线  $n_B$ 、 $n'_B$ 、 $n''_B$ 、 $\dots$ , 则构件的各位置  $AB$ 、 $A'B'$ 、 $A''B''$ 、 $\dots$  所对应的两法线  $n_A$  和  $n_B$ 、 $n'_A$  和  $n'_B$ 、 $n''_A$  和  $n''_B$ 、 $\dots$ , 它们分别交于  $P_0$  和  $P'_0$ 、 $P''_0$ 、 $\dots$  点, 则这些交点  $P_0$  和  $P'_0$ 、 $P''_0$ 、 $\dots$ , 即为运动构件  $E$  在上述一系列运动位置在机架  $E_0$  上的各个瞬心(绝对瞬心), 把它们连成光滑曲线  $S_0$ , 即为定瞬心线。根据定义, 可在图 1.4 中将  $\triangle A'B'P'_0$ 、 $\triangle A''B''P''_0$ 、 $\dots$  的边  $A'B'$ 、 $A''B''$ 、 $\dots$  覆盖到  $AB$  上, 则这些三角形的顶点  $P$ 、 $P'$ 、 $P''$ 、 $\dots$  即为运动构件  $E$  上曾经做过瞬心的各点(相对瞬心), 把这些点连成光滑曲线  $S$  即为其动瞬心线。

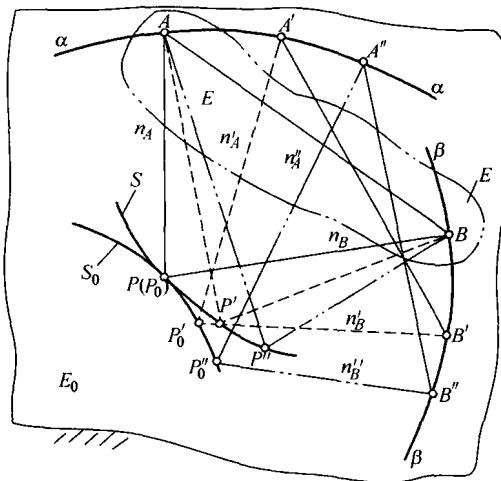


图 1.4 图解法求瞬心原理图

### 1.1.3 瞬心线的性质

在图 1.4 中,机架  $E_0$  上有一条定瞬心线  $S_0$  固连在  $E_0$  上不动,运动构件  $E$  上固连一条动瞬心线  $S$  并随  $E$  一起运动。从图 1.4 可以看出,当构件  $E$  上的  $A$ 、 $B$  两点在机架  $E_0$  上沿曲线  $\alpha\alpha$  和  $\beta\beta$  上滑动时,构件  $E$  的动瞬心线  $S$  上的点  $P$ 、 $P'$ 、 $P''$ 、... 将分别与其定瞬心线  $S_0$  上的点  $P_0$ 、 $P'_0$ 、 $P''_0$ 、... 依次作无相对滑动接触,或者说,动瞬心线上的每一个点都有定瞬心线上相对应的点与之作无滑动的接触,故构件  $E$  运动时,它的动瞬心线  $S$  将沿其定瞬心线  $S_0$  作无滑动的滚动。

现假设机架  $E_0$  和构件  $E$  都成为运动构件,但它们的相对运动不变,原来的动瞬心线  $S$  和定瞬心线  $S_0$  将成为一对相对运动的瞬心线,即作无滑动的滚动。这样,可以得到一个结论:互作平面相对运动两构件的相对瞬心线,必随两构件的相对运动而作无滑动的滚动,这是相对瞬心线的重要性质。现在反过来,如果主动使这对相对瞬心线作无滑动的滚动,则这两构件可得到原来的相对运动。换句话说,两构件的相对运动可用与这两构件相固连的一对相对瞬心线的纯滚动来实现。由于任意两个互作平面运动的构件总可求得它们的相对瞬心线,因此它们的相对运动总可由它们的相对瞬心线的纯滚动来实现。

### 1.1.4 瞬心线应用实例

**例 1.1** 已知铰链四杆机构(图 1.5),试用图解法求机架  $AD$  和连杆  $BC$  的瞬心线。

解: 1) 先求连杆相对机架的定瞬心线(参见图 1.5), 为此必须先求出连杆 2 相对机架的绝对瞬心  $P_{24}$  的一系列位置。由瞬心定义和机械原理中的三心定理, 首先求其在原动件曲柄  $AB$  转动到  $AB_0$ 、 $AB_1$ 、 $\dots$ 、 $AB_4$  位置时, 摇杆  $DC$  相应运动到  $DC_0$ 、 $DC_1$ 、 $\dots$ 、 $DC_4$  位置时, 分别找出  $AB$  与  $CD$  相对应位置连线的延伸线交点  $P_0$  (即  $B_0$  点)、 $P_1$ 、 $\dots$ 、 $P_4$ , 即为绝对瞬心  $P_{24}$  所在的各位置, 其连线即是连杆 2 相对于机架 4 的定瞬心线  $S_4$ 。

2) 继续求图 1.5 所示的四杆机构中构件 2 (连杆) 的相对瞬心线。

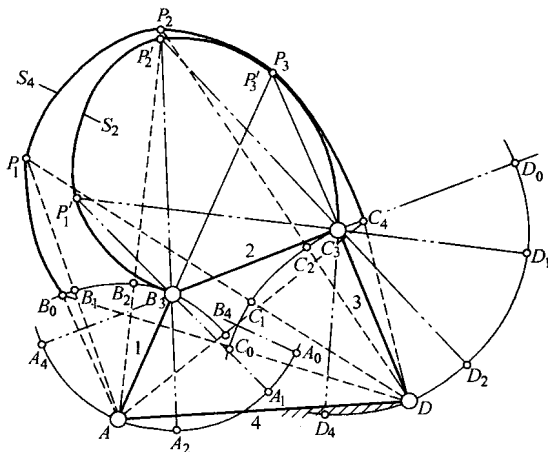


图 1.5 铰链四杆机构的瞬心

可以用前面介绍的三角形覆盖法求解动瞬心线  $S_2$ 。下面再介绍一种变换机架法。变换机架法的出发点是, 将构件 2 视为虚拟机架, 此时曲柄 1 和摇杆 3 的转动中心为铰链  $B$  和  $C$ , 则当其主动件  $BA$  绕  $B$  回转时, 即  $BA_0$ 、 $BA_1$ 、 $\dots$ 、 $BA_4$  位置时, 摇杆  $DC$  相应摆动到  $CD_0$ 、 $CD_1$ 、 $\dots$ 、 $CD_4$  位置, 则同样由三心定理可求连线  $BA_0$  和  $CD_0$ 、 $BA_1$  和  $CD_1$ 、 $\dots$ 、 $BA_4$  和  $CD_4$  的交点  $P'_0$  (即  $B_3$  点)、 $P'_1$ 、 $\dots$ 、 $P'_4$ , 即是相对瞬心, 其连线为所求的动瞬心线。

综上所述可以得出, 铰链四杆机构连杆 2 相对机架的运动相当于动瞬心线  $S_2$  在定瞬心线  $S_4$  上的纯滚动, 这种方法也可以说相当于低副高代。

**例 1.2** 如图 1.6a 所示的十字滑块机构, 4 为具有十字导槽的机架, 连杆 2 的两端分别与滑块 1 和 3 在铰链点  $A$  和  $B$  相铰接。滑块 1 和 3 在十字导槽中滑动时, 过点  $B$  和  $A$  点分别作垂直于导槽轴线  $Ox$  和  $Oy$  的直线 (图 1.6b), 其交点  $P$  即为连杆的瞬心。由图 1.6b 可见, 当连杆运动位于  $AB$ 、 $A_1B_1$ 、 $A_2B_2$ 、 $\dots$  时,  $P$  点到十字架中心  $O$  的距离  $OP$ 、 $OP_1$ 、 $\dots$  均为矩形  $OAPB$  的对角线 (即连杆长), 这说明不论连杆在何位置, 它的瞬心至原点  $O$  的距离为常数, 即连杆 2 的定瞬心线

是以  $O$  为圆心、以  $AB$  为半径的圆  $S_4$ 。又从图知,  $\triangle ABP$ 、 $\triangle A_1B_1P_1$ 、 $\triangle A_2B_2P_2$ 、 $\dots$  都是直角三角形, 如将各斜边  $A_1B_1$ 、 $A_2B_2$ 、 $\dots$  覆盖到  $AB$  上, 则这些直角三角形的顶点  $P$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$  都是以  $AB$  为直径的圆上的点(内接三角形上的点), 则  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$  的重合点  $P'_1$ 、 $P'_2$ 、 $\dots$  连接成一个以  $AB$  为直径并通过  $O$  点的圆  $S_2$ , 即为连杆 2 的动瞬心线(图 1.6a), 其中  $P'_1$ 、 $P'_2$ 、 $\dots$  点是连杆 2 的相对瞬心。根据上述瞬心线的性质知, 当连杆运动时, 圆  $S_2$  将在圆  $S_4$  上作无滑动的滚动。反过来, 当圆  $S_2$  沿圆  $S_4$  作纯滚动, 则它们的运动可以代替连杆 2 与十字导槽 4 的相对运动。显然, 动瞬心  $S_2$  上  $A$ 、 $B$  点的运动与原来机构中连杆上  $A$ 、 $B$  点的运动完全相同。

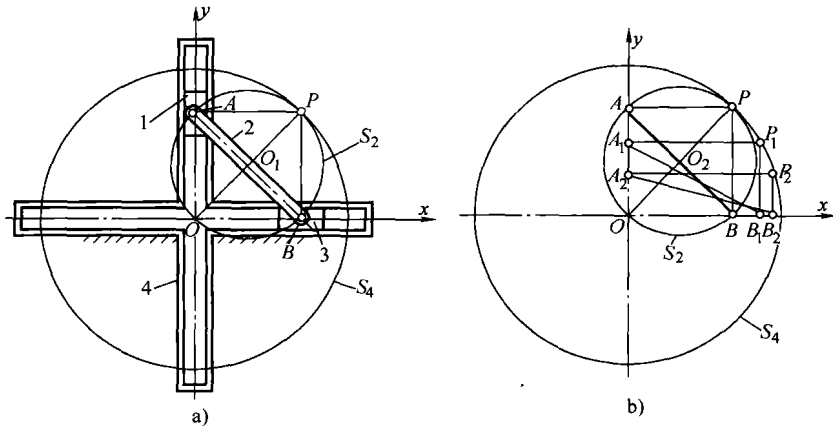


图 1.6 十字滑块机构的瞬心

**例 1.3** 如图 1.7 所示的反向双曲柄机构, 杆 1 和 3、杆 2 和 4 两两相等, 而  $AD < AB$ , 并以  $AD$  为机架。从图中可以看出, 不论机构运动到何位置,  $AB$  和  $CD$  的交点  $P$  即为连杆 2 的瞬心, 并可以证明,  $AP + DP = AB$  (常数), 故连杆 2 相对机架的定瞬心线是以  $A$  和  $D$  为焦点的一个椭圆  $S_4$ 。

应用上述更换机架法, 将连杆 2 作为新机架, 即可得出连杆 2 的动瞬心线, 即以  $B$  和  $C$  为焦点且与椭圆  $S_4$  全等的另一椭圆  $S_2$ 。当反向双曲柄机构运动时, 相当于椭圆  $S_2$  在椭圆  $S_4$  上作纯滚动, 同样用椭圆  $S_2$  在椭圆  $S_4$  上作纯滚动代替连杆 2 对机架 4 的相对运动。

现若将上述反向双曲柄机构的曲柄  $AB$  固定不动, 则椭圆  $S_2$  和  $S_4$  成为一对相对瞬心线, 它们各绕  $A$  和  $B$  回转。因此, 反向双曲柄机构的杆  $AD$  和  $BC$  的运动可用在  $A$ 、 $B$

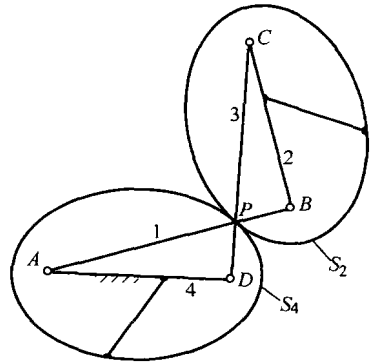


图 1.7 反向双曲柄机构



两轴上安装两个轮廓为相对瞬心线  $S_2$  和  $S_1$  的椭圆摩擦轮的运动来代替,则可以实现低副高代。

由以上三个低副机构例题可以总结出结论:应用瞬心线的运动原理可以实现用高副机构替代低副机构的运动,即常说的低副高代。

## 1.2 基于解析法设计瞬心线机构

### 1.2.1 基于运动关系建立瞬心线机构数学模型

所谓瞬心线机构,是用瞬心线来实现运动传递的机构。在例 1.3 中,反向双曲柄机构中的  $BC$  和  $AD$  杆间的传动可用相对瞬心为廓线的两个椭圆做成摩擦轮的运动来实现。

图 1.8 所示是以瞬心线  $S_1$  和  $S_2$  为廓线的瞬心线机构,它们分别以角速度  $\omega_1$  和  $\omega_2$  绕轴  $O_1$  和  $O_2$  回转。

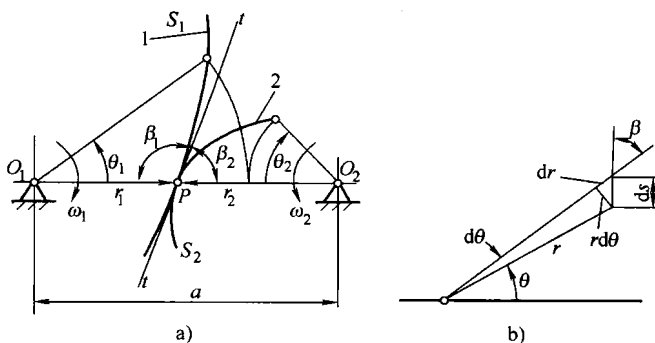


图 1.8 瞬心线及其性质

在设计这种运动时,可按照两廓线纯滚动的运动关系要求建立下列三个数学模型:

- 1) 两廓线的接触点  $P$  必须在构件回转中心连线  $O_1O_2$  上,即

$$O_1P + O_2P = r_1 + r_2 = a \quad (1.1)$$

- 2) 两廓线转过的弧长必须相等,则有

$$ds_1 = ds_2$$

或

$$r_1 d\theta_1 = r_2 d\theta_2 \quad (1.2)$$

- 3) 两廓线在接触点的斜率必须相等。如图 1.8a 所示,接触点的公切线  $t-t$  的正向与矢径  $r_1$  间的夹角为  $\beta_1$ ,  $t-t$  与矢径  $r_2$  间的夹角为  $\beta_2$ ,因而  $\beta_1 + \beta_2 = \pi$ ,故