

IBM-PC 系统

机械原理分析  
与设计

数学模型与程序使用指南

曹志奎 吕恬生 编著

上海交通大学出版社

IBM-PC 系统

# 机械原理分析与设计

数学模型与程序使用指南

曹志奎 吕恬生 编著

上海交通大学出版社

**IBM-PC 系统**  
**机械原理分析与设计**  
**数学模型与程序使用指南**  
**上海交通大学出版社出版**  
(淮海中路 1984 弄 19 号)  
**新华书店上海发行所发行**  
**上海市崇文印刷厂印装**

---

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 0078 字数 10600

1987 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—3500

ISBN 7—313—00045—5 TP31 科技书目:158—289

---

**定价: 2.50 元**

# 前 言

机械原理分析设计程序包，简称“JK”程序包，适用于 IBM-PC 及其兼容机系统。它用 BASIC、FORTRAN 两种语言编制；由中文导引、人机对话、图形显示、规范化的曲线图，并伴以音乐综合而成。

本程序包自1986年初公开出售以来，在高等院校、中专技校以及轻工、纺织缝纫、印刷、装订等行业的研究所以及工厂中，已拥有众多的用户。主要用于现有机械、进口机械和新机械的分析、设计、研究，以及机械工程类师生的课程设计之用。本程序包在一年之中，在印刷机、缝纫机、自动锁线机等项目的引进、消化、改进设计和科研中取得了成果及效益，受到了用户的欢迎和重视，并打算扩充空间机构（包括机器人机械手）分析设计、平面机构综合问题、运动机构等方面的软件，老用户可按优惠价格不断补充。

本程序包在1986年上海市微型计算机 CAD 应用技术展示会上，作为通用机械 CAD 系统的一个重要组成部分获得了优秀项目奖。

本书主要叙述两方面的内容：1，“JK”程序包的使用指南，使用户知其然，会应用；2，“JK”程序包的数学模型，使用户知其所以然。再配以其它参考书，用户会自行扩展设计程序，解决更多的实际工程问题。

本书由曹志奎、吕恬生编著。在程序包的研制、调试过程中，还得到了沈乃勋、孙毅、何景光、俞乐康等同志很大的帮助，胡贵钱同志做了许多具体工作，在此深表感谢。

编 著 者      1986年9月

# 目 录

## 前言

第一章 概论.....	( 1 )
§ 1-1 概述.....	( 1 )
§ 1-2 “JK”程序包的内容.....	( 1 )
§ 1-3 “JK”程序包的特点.....	( 3 )
第二章 “JK”程序包使用指南.....	( 6 )
§ 2-1 启动.....	( 6 )
§ 2-2 “JK”程序包的一般使用规则.....	( 8 )
§ 2-3 平面四杆机构运动、动力分析程序使用指南.....	( 10 )
§ 2-4 平面多杆(五、六、九杆)机构运动、动力分析程序使用.....	( 25 )
§ 2-5 凸轮设计程序使用指南.....	( 48 )
§ 2-6 离散点凸轮廓线设计和凸轮廓线坐标圆整计算程序使用指南.....	( 68 )
§ 2-7 凸轮系统工作循环图辅助设计程序使用.....	( 79 )
§ 2-8 齿轮范成演示实验程序的使用指南.....	( 86 )
第三章 平面连杆机构计算机辅助运动分析的数学模型.....	( 87 )
§ 3-1 概述.....	( 87 )
§ 3-2 构件的运动分析.....	( 88 )
§ 3-3 曲柄运动分析.....	( 90 )

§ 3-4	二杆链运动分析	( 90 )
§ 3-5	连杆滑块链运动分析	( 93 )
§ 3-6	导杆滑块链运动分析	( 96 )
§ 3-7	计算机辅助运动分析的一般步骤	( 98 )
<b>第四章</b>	<b>平面连杆机构计算机辅助动态静力分析的数学模型</b>	<b>( 100 )</b>
§ 4-1	概述	( 100 )
§ 4-2	曲柄力分析	( 100 )
§ 4-3	二杆链力分析	( 102 )
§ 4-4	导杆滑块链力分析	( 103 )
§ 4-5	连杆滑块链力分析	( 106 )
§ 4-6	计算机辅助动态静力分析的一般步骤	( 108 )
<b>第五章</b>	<b>凸轮设计数学模型</b>	<b>( 109 )</b>
§ 5-1	概论	( 109 )
§ 5-2	常用从动杆运动规律	( 109 )
§ 5-3	凸轮廓线设计方程	( 119 )
§ 5-4	凸轮从动杆运动规律的检测与计算	( 129 )
§ 5-5	从动杆离散位移值的插值微分计算	( 134 )
<b>第六章</b>	<b>凸轮系统工作循环图辅助设计</b>	<b>( 136 )</b>
§ 6-1	概论	( 136 )
§ 6-2	摆动从动杆盘形凸轮系统工作循环图辅助设计	( 137 )
§ 6-3	摆动从动杆盘形凸轮系统中凸轮相对位置计算	( 141 )
<b>第七章</b>	<b>齿轮范成演示实验</b>	<b>( 143 )</b>
<b>参考文献</b>		<b>( 145 )</b>

# 第一章 概 论

## § 1-1 概 述

微型计算机的普及应用方兴未艾，并正以越来越高的势头飞速发展。IBM 公司生产的个人计算机(简称 IBM-PC)配有各种系统软件和语言。由于其软件的标准、系列化和兼容性，我国已选定与 IBM-PC 兼容的长城 0520 机作为优选系列，并在研制、生产、应用服务等方面形成了一个完整的体系。近几年内将在国内大量推广与普及。

我们研制的机械原理分析、设计程序包——“JK”程序包，就是选准 IBM-PC 及其兼容机系统来进行开发的。它是机械设计 CAD 中的一部份，为用户提供了程序包中所述机器的运动、动力分析和各种凸轮机构的设计软件。它和以后不断扩充的机械设计方面的软件，可以形成一个完整的小体系，并能利用 IBM-PC 系统不断扩展的软、硬件使机械设计程序包更趋完善，水平更高。

## § 1-2 “JK”程序包的内容

“JK”程序包的主要内容为：

- ① 平面连杆机构(各种四杆、五杆、六杆、九杆机构)的运动、动力分析；
- ② 各种凸轮(直动、摆动滚子从动件盘形凸轮，直动、

摆动平底从动件盘形凸轮、直动、摆动滚子圆柱凸轮)机构的设计;

③ 给定离散点凸轮廓线(或运动规律)的凸轮设计;

④ 凸轮系统工作循环图及凸轮相对位置计算机辅助设计;

⑤ 计算机模拟齿轮范成演示实验。

上述内容中,共包括了下列31种功能的设计程序:

1. 直动滚子从动件盘形凸轮设计;
2. 直动平底从动件盘形凸轮设计;
3. 摆动滚子及尖端从动件盘形凸轮设计;
4. 摆动平底从动件盘形凸轮设计;
5. 直动滚子从动件圆柱凸轮设计;
6. 摆动滚子从动件圆柱凸轮设计;
7. 给定离散点凸轮廓线(或运动规律)的凸轮设计;
8. 凸轮系统工作循环图计算机辅助设计;
9. 凸轮系统中凸轮相对位置计算机辅助设计;
10. 铰链四杆机构运动分析;
11. 铰链四杆机构动力分析;
12. 曲柄滑块机构运动分析;
13. 曲柄滑块机构动力分析;
14. 导杆机构运动分析;
15. 摇块机构运动分析;
16. 牛头刨六杆机构运动分析(摆动导杆上接连杆滑块链);
17. 牛头刨六杆机构动力分析;
18. 插床六杆机构运动分析(摆动导杆下接连杆滑块链);



19. 插床六杆机构动力分析;
20. 运输机六杆机构运动分析 (铰链四杆中从动连架杆外接连杆滑块链);
21. 运输机六杆机构动力分析;
22. 拉深压力机六杆机构运动分析 (铰链四杆中连杆外接连杆滑块链);
23. 拉深压力机六杆机构动力分析;
24. 缝纫机挑线刺布六杆机构运动分析 (铰链四杆中曲柄外接连杆滑块链);
25. 缝纫机挑线刺布六杆机构动力分析;
26. WATT 六杆机构运动分析 (铰链四杆并联二杆链);
27. STEPHENSON 六杆机构运动分析 (铰链四杆串联二杆链);
28. 双肘杆精冲压机九杆二自由度机构运动分析;
29. 振摆式轧机运动分析;
30. 计算机模拟齿轮范成演示实验;
31. 凸轮廓线圆整计算程序。

这些设计、分析程序分别贮存在两张软盘中。

第一张软盘“JK1”，具有 1~15 及 31 的功能；

第二张软盘“JK2”，具有 16~29 的功能。

### § 1-3 “JK”程序包的特点

本程序包采用两种语言编制，既利用了 BASIC 语言的屏幕绘图功能，又利用了 FORTRAN 语言的运算快、编程简洁的功能。通过接口、数据文件与批处理文件，把这两种语言的模块汇成一体，达到自动运算、输出结果、绘图、打印曲线的目的。

本程序包采取中文导引、人机对话、图像显示的形式，使用甚为方便。用户可根据中文提示的内容，逐项输入。即使不懂英文，不熟悉计算机语言亦能方便地进行操作运算。进一步扩大了使用面。

### 一、连杆机构运动、动力分析软件的特点

连杆机构运动、动力分析程序，是把机械工程中常见的一些机器的机构提炼归并后加以研制的，如曲柄滑块机构的运动、动力分析程序可进行内燃机、压气机或类似机构的机器进行运动、动力分析；又如铰链四杆机构运动、动力分析程序可对起重机的变幅机构、铰链四杆的仪表机构、铰链四杆的飞机起落架机构等一系列机构进行运动或动力分析；再如拉深压力机六杆机构，虽然给了它一个“拉深压力机”的名，但其实质是铰链四杆中连杆外接连杆滑块链所构成，其它机器只要能归并成这种类型的机构，同样可对其进行运动、动力分析，只是输入的结构、运动、物理参数不同而已。综上所述，这些程序已包括了四杆、五杆、六杆、九杆等能用Ⅱ级杆组组合的典型机器的机构模型，所以具有较强的通用性。这些程序具有绘制机器在一个完整周期内的运动、动力规律曲线的功能，可打印出机构上任意点的运动信息，可作为工程技术、研究人员分析现有机器，设计新机器之用，亦可作为高等、中等学校机械类师生课程设计之用。

### 二、凸轮设计软件的特点

凸轮设计程序能根据要求计算各种凸轮的理论廓线、实际廓线和刀具中心线的坐标，并能自动进行压力角和曲率半径的校核。刀具中心线坐标(或实际廓线坐标)可直接提供给数控线切割机床、数控铣床进行凸轮加工。程序库中贮有九种常用凸轮从动件运动规律(等速、等加速等减速、正弦加

速度、余弦加速度、改进正弦、改进梯形、改进等速)，可任意组合。各凸轮设计程序都具有绘制运动曲线和凸轮廓线的功能；数据可以修改、重算。尤其是给定离散点凸轮廓线（或离散点运动位移）的设计程序，可用实际测得的离散点数据对凸轮进行模拟设计。这对消化分析进口机械、改进现有机械的凸轮，以及设计新凸轮机构是极其有效的。凸轮系统工作循环图和凸轮相对位置的计算机辅助设计，针对多个凸轮机构组成的机器，为用户提供了自动设计循环图和凸轮相对位置的手段。

### 三、计算机模拟齿轮范成实验

可以任意选择模数、齿数和修正系数，形象直观便于教学演示之用。

## 第二章 “JK”程序包使用指南

### § 2-1 启 动

整个 PC 机的工作是在磁盘操作系统, (简称 DOS) 控制之下进行的。用户和机器打交道是通过键盘发出命令, 由 DOS 接收并解释, 然后交计算机执行的。“JK”程序包所使用的是 CCDOS, 它是在 DOS 的基础上扩充了汉字显示功能, 其用法与 DOS 基本一致。

#### 一、如果计算机尚未接通电源

按下列步骤启动:

1. 插入 CCDOS 盘片到驱动器 A 中并关上驱动器的门。
2. 插入 CCLIB (使用 CCDOS 时, 需同时使用字库盘 CCLIB) 盘片到驱动器 B 中并关上驱动器的门。
3. 打开打印机的电源, 再打开显示器的开关或旋钮。
4. 打开计算机的电源(开关在机箱的右侧, 拨到 ON 的位置), 这时计算机开始自行测试。对 PC 机来说, 屏幕左上角有光标在闪动; 对 PC/XT 机来说在屏幕左上角显示  $\times \times \times K$  OK, 即显示自行测试的内存量, 每次增加 64 K 字节, 直到装机的全部内存测试完为止。之后会听到磁盘驱动器转动的声音, 驱动器 A 的指示灯亮, 待屏幕出现 P/C 字样后, 按 C 键, 就把 CCDOS 从 A 盘装入内存。接着 B 驱动器的指示灯自动发亮, 又会听到磁盘驱动器的转动声, 直到指示灯熄灭。这时 CCLIB 从 B 盘装入内存。这样一个过程称为系

统的“冷启动”。

5. 接着，在显示屏幕上看到如下字样：

Current date is the ..-.-.-.- (现行日期是…)

Enter new date: —

按下“Enter”键，又会显示出：

Current time is ..-.-.-.-

Enter new time:

再按“Enter”键。最后屏幕显示 DOS 提示符 A)，这时可输入命令了。

二、如果计算机已经接通电源

按下列步骤启动：

1. 把 CCDOS 盘片插入驱动器 A 中并关上驱动器 A 的门。

2. 把 CCLAB 盘片插入驱动器 B 中并关上驱动器 B 的门。

3. 将“Ctrl”与“Alt”键同时按下并保持住，然后按下“Del”键，再将它们全部放开。

接下来的情况与一中的情形相同。这个过程称为系统的重新启动。

三、如果只有一个软盘驱动器

将仅有一张的 CCDOS 盘片(中文字库 CCLIB 的内容已包含在该盘片内)插入软盘驱动器，同样按上述方法“冷启动”或重新启动，直至屏幕显示提示符 A)。

如果用户使用的是 9 针打印机，则在 A) 状态下键入“ALL9P”，再按“Enter”键；如果用户使用的是 24 针打印机，则在 A) 状态下键入“2024 P”（注意：CCDOS 盘中必须有 2024 P 的程序），再按“Enter”键，这样就把打印机

的状态设置好了，接着就可输入命令了。

## § 2-2 “JK”程序包的一般使用规则

### 一、“JK1”盘片使用规则

1. 在屏幕上出现A)后，把“JK1”盘片放入驱动器A；把已初始化的数据盘放入B驱动器。对IBM-PC/XT机，数据直接送入硬盘(C驱动器)。

2. 从键盘上敲入“JK1”三个字后，再按“ENTER”键，待几秒钟后就会出现音乐声及“机械原理程序包”字样。

3. 按一次“空格”键出现一个屏幕显示，直到文件索引表显示。

4. 用户要计算某一个文件，如文件“C”，则敲入文件索引表上那那个文件前的字母“C”即可。

5. 接着屏幕上出现了该文件的机构简图，再按“空格”键，就会出现输入数据的提示符。

6. 每个文件中都采用人机对话形式，由中文提示，要求用户输入拟定的参数值。提示几个参数值就输入几个数值(无格式输入)，但数值之间需用逗号“，”分开。打完最后一个数值，即按“ENTER”键，而不能按逗号“，”，否则将出现输入错误，计算机将要求您重新输入，直到完全符合要求为止。

7. 在打入参数过程中，如发现数值打错情况，需要重新开始时，可按“Ctrl”和“Break”键后，再按“F2”键。

8. 每个文件都有提示，问您是否要打印(y/n)?要打印则按“y”，否则要按“n”；是否要画曲线(y/n)?要画则按“y”，最终屏幕上会显示出所需的曲线。若要把屏幕上的曲线打印到纸上，可同时按“↑”、“Prtsc”键并同时释放之。

这样就能把曲线“硬拷贝”到纸上，如不需显示曲线则按“n”。

9. 屏幕上的曲线坐标是规范化的，坐标旁标有比例，如1:70.263，则说明纵坐标的最大绝对值为70.263。这样不管输出多大的值或多小的值，总能在屏幕规定的范围内画出曲线来，并有利于用户识读坐标值。

10. 程序运行过程中如要中断，可按“Ctrl”和“Break”两个键；如要继续运行则按“F5”键。

11. 文件运行到最后会出现提示：“运算是否结束(y/n)?”，结束按“y”，系统回到文件索引表；没有结束按“n”，系统回到该文件的开始处再输入数据进行运算。

## 二、“JK2”盘片使用规则

“JK2”盘片的的屏幕绘图的软件是由 BASIC 语言编制，而运行软件是由 FORTRAN 77 语言编制，所以在运行过程中涉及到两种语言的转换问题，故其使用规则与“JK1”盘片不全相同。

1. 屏幕上出现A>或B>后，可把“JK2”盘片放入驱动器A或B中。

2. 从键盘上敲入“JK2”三个字后，再按“Enter”键，等待几秒钟后就会出现“JK2”的文件索引表，用户需要计算那个文件就敲入那个文件前的序号(1,2,3,...9)。

3. 接着屏幕上出现该文件的机构简图，按“空格”键，等待十几秒钟，文件就转到 FORTRAN 程序运行，然后按提示输入数据。每行的数据间用逗号分隔，最后一个数据后按“ENTER”键。如果数据个数输入少了，屏幕显示“Redo from start”，接着用户可重新输入这一行的数据。

4. 当所有的输入数据全部结束，屏幕上会显示“要重新

输入数据吗 (y/n)?" 的提示。如果用户发现输入的数据有误, 则按“y”, 屏幕重新出现输入参数的提示, 否则按“n”。

5. 在运行过程中如要中断, 则按“Ctrl”和“Break”键, 屏幕显示“Terminated Batch Job (y/n)?”, 若还需进行“JK2”盘片有关文件的运行, 可按“n”, 这时屏幕会重新显示“JK2”的索引表。若按“y”, 则回到当前驱动器A)或B)。

6. 屏幕上提示“要打印结果吗(y/n)?”, 按“y”则打印, 否则按“n”。前者屏幕不显示结果的内容; 后者屏幕上显示结果内容。如需停住屏幕上的内容, 可同时按“Ctrl”和“Numlock”键。

7. 屏幕上提示“要打印×××曲线吗(y/n)?”, 按“y”, 则当前驱动器红灯亮, 然后屏幕上会显示出所需的曲线。如果需要把曲线拷贝下来, 则同时按“↑”和“Prtsc”键。每显示一条曲线之后, 按“空格”键, 就接着显示另一条曲线, 直到规定能画的曲线完全显示出来为止。

## § 2-3 平面四杆机构运动、动力 分析程序使用指南

本节中的文件在“JK1”盘片中, 用 BASIC 语言编制。为了便于用户了解机构简图与输入、输出符号的意义, 列表如下:



表 2-1

数学符号	程 序 号	单 位	备 注	数 学 符	程 序 号	单 位	备 注
$R_i$	$r(i)$	米	第 $i$ 杆长	$\ddot{\theta}_i$	$a(i)$	$1/\text{秒}^2$	第 $i$ 杆的角加速度
$S_i$	$S(i)$	米	结构参数	$\ddot{P}_{ix}$	$AP(N_1, 1)$	米/秒 <sup>2</sup>	$N_i$ 点的 $x, y$ 加速度分量
$e$	$e$	米	偏 距	$\ddot{P}_{iy}$	$AP(N_1, 2)$	米/秒 <sup>2</sup>	计算的位置数
$P_{ix}$	$P(N_1, 1)$	米	$N_i$ 点的 $x, y$		$nt$	最多 90 点	装配模式 ( $\pm 1$ )
$P_{iy}$	$P(N_1, 2)$	米	坐标分量	$M$	$M$		第 $i$ 杆的质量
$\theta_i$	$th(i)$	度	第 $i$ 杆的角位移	$m_i$	$XM(i)$	公 斤	第 $i$ 杆的惯性半径
$\phi_i$	$ph(i)$	度	结构参数		$Kr(i)$	米	