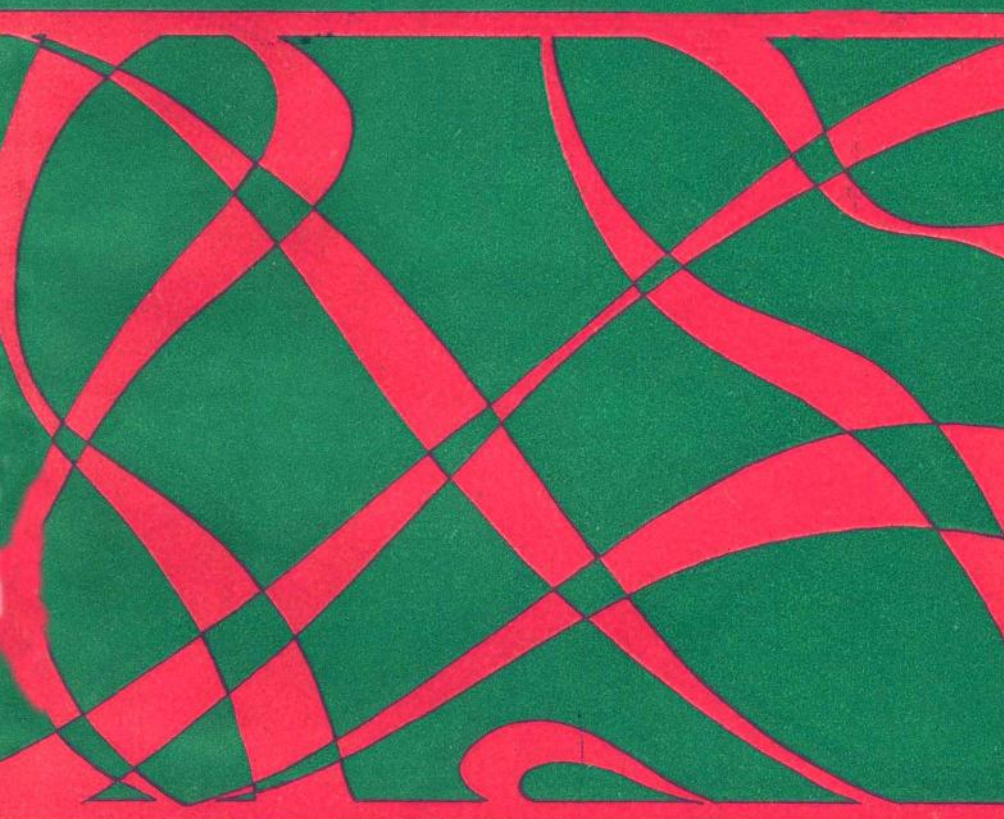


内燃机配气凸轮机构

# 设计与计算软件

FDCAM1·00版用户手册

尚汉冀 唐国安 王 皓 编



• 复旦大学出版社 •

# 内燃机配气凸轮机构 设计与计算软件

FDCAM 1.00版用户手册

尚汉冀 唐国安 王皓 编

复旦大学出版社

**责任编辑** 周仲良

**责任校对** 陆宏光

**内燃机配气凸轮机构**

**设计与计算软件**

**FDCAM1.00版用户手册**

尚汉冀 唐国安 王 皓 编

**复旦大学出版社出版**

(上海国权路 579 号)

新华书店上海发行所发行 复旦大学印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 1.625 字数 45,000

1990 年 11 月 第 1 版 1990 年 11 月 第 1 次印刷

印数 1—500

ISBN7-309-00607-0/T·24

定价: 5.00元

# 目 录

引言	1
软件描述	2
一、功能	2
二、性能	5
三、程序结构	5
运行环境	7
一、硬件设备	7
二、支持软件	7
使用规程	8
一、安装与初始化	8
二、数据输入	9
三、数据输出	24
四、出错与恢复	24
五、关于文件管理的建议	25
运行说明	26
一、运行表	26
二、运行步骤	26
三、AutoCAD 图形文件接口的使用	32
附录A    FDCA M1.00 版所涉及理论简要说明	33
一、凸轮设计	33
二、运动学和特性参数计算	37
三、配气机构动力学分析	39
附录B    FDCA M1.00 版输出文件中标识符说明	41
附录C    错误信息表	44
参考文献	46

## 引 言

FDCAM 是由复旦大学数学系尚汉冀教授主持、应用力学系教师唐国安、王皓共同研制的内燃机配气凸轮机构设计与计算软件。软件名称FDCAM取自 A Computer Program for CAM-Driven Valve Gear, Written by Shang Hanji, Tang Guoan and Wang Hao, FuDan University。本手册是为FDCAM 1.00版所配的用户使用手册。

此软件的核心部分是四个计算模块，其中凸轮设计与特性参数计算及配气机构动力学分析两个模块由王皓编制，实测凸轮升程分析及靠模计算两个模块由唐国安编制。软件所依据的理论和方法主要来自尚汉冀教授著的《内燃机配气凸轮机构——设计与计算》，该书已于1988年由复旦大学出版社出版。

内燃机配气凸轮机构的计算机辅助设计有着广泛的应用背景，对提高内燃机设计水平有重要作用。鉴于我国内燃机配气凸轮机构的理论研究与实际应用之间尚存在一定的距离，我们研制了 FDCAM1.00版，旨在两者间架设一座桥梁，为内燃机的研究部门和生产厂家提供一个辅助工具。FDCAM 1.00版是一个征求意见版本，期望通过用户的使用，找出其问题和缺陷，提出工程上的具体要求，及时反馈给我们，以便使以后诸版本的研制有的放矢，使FDCAM最终成为一个完整、正确、可靠、使用方便的软件。

本手册的附录中将给出软件设计所涉及理论的简单介绍，欲深入了解请查阅有关参考文献。

# 软 件 描 述

## 一、功能

FDCAM 1.00 版的主要功能是：

### 1. 凸轮设计与特性参数计算

本软件提供下列四种凸轮的设计方案：

- (1) 带余弦缓冲段的PFB2型凸轮设计；
- (2) 带等加速-等速缓冲段的多项式凸轮设计；
- (3) 带等加速-等速缓冲段的多项动力凸轮设计；
- (4)  $N$ 次谐波凸轮设计。

MFB2、FB2型凸轮作为PFB2型凸轮的特殊情况归入(1)中。

关于配气凸轮机构的特性参数计算，程序中提供：

- (1) 挺柱升程 $h(\alpha)$
- (2) 挺柱速度 $dh/dt$
- (3) 挺柱加速度 $d^2h/dt^2$
- (4) 凸轮曲率半径 $\rho$
- (5) 刚性假定下的气门升程 $X(\alpha)$
- (6) 凸轮与挺柱之间的接触应力 $\sigma_c$
- (7) 凸轮与挺柱之间的润滑特性数 $\gamma$
- (8) 气门与活塞间距离 $D_v$
- (9) 按刚性计算的气门瞬时通路面积 $F_p$
- (10) 按刚性计算的气门开启时间断面 $F(\alpha)$
- (11) 凸轮廓形上点的直角坐标 $(x, y)$
- (12) 凸轮廓形上点的极坐标 $(r, \theta)$

### (13) 丰满系数 $\xi$

限制:

(1) 上述四种凸轮的设计, 均按对称凸轮处理;

(2) 凸轮与滚轮挺柱间的润滑特性数, 由于缺乏适当的理论公式, 均以 0 输出, 没有实际意义。

## 2. 配气机构动力学分析

配气机构动力学分析, 除了适用于上述四种类型的凸轮以外, 还适用于由“实测凸轮升程分析”功能所提供的两种凸轮型线。

本功能计算以下参数:

(1) 气门开启瞬间的凸轮轴转角  $\alpha_0$

(2) 气门升程  $y(\alpha)$

(3) 气门速度  $dy/dt$

(4) 气门加速度  $d^2y/dt^2$

(5) 机构压缩量  $z(\alpha)$

(6) 气门与活塞间距离  $D_v$

(7) 凸轮与挺柱间的接触应力  $\sigma_c$

限制:

FDCAN 1.00 版, 配气机构动力学分析采用的是单自由度模型, 没有多自由度模型的分析功能。

## 3. 实测凸轮升程分析

配气凸轮机构的分析和综合, 需要对配气机构的各传动零件进行运动学和动力学计算, 还要计算各种特性参数 (如时间断面、曲率半径、润滑特性数、接触应力等)。所有这些计算, 都要知道凸轮从动件 (例如挺柱) 的升程函数  $h(\alpha)$  的形式。

但是, 在某些场合, 我们手中并没有  $h(\alpha)$  的解析表达式, 而只有给出离散数据的挺柱升程表, 这张升程表可能由计算而得, 也可能是由实际测量而得, 因而往往存在不同程度的误差, 尤其是  $h(\alpha)$  的高阶导数的误差更为严重。在这种仅有升程表的场合, 若要用数

值方法进行前述运动学、动力学及特性参数的计算，并进而分析现有配气机构的特性，对新的配气机构进行设计和预测，就首先应对原有的升程表进行一次光顺或逼近处理。光顺或逼近后的升程曲线能较好地反映出原来配气凸轮机构的特性。

本模块向用户提供了两种光顺或逼近处理方法：样条函数方法和 $N$ 次谐波逼近方法。用户只要输入未经光顺的凸轮挺柱升程表，计算机就能输出一张光顺或逼近后的挺柱升程表，同时还可得到决定函数 $h(\alpha)$ 的各项系数。升程函数 $h(\alpha)$ 的系数可用来计算第一模块中的各个特性参数，也可用来分析实测凸轮的动力学特性。

通常，设计图纸上仅给出升程表，为了得到升程函数，我们也用本模块得到升程函数。

#### 4. 凸轮磨床靠模的计算

利用凸轮磨床加工一种新设计的凸轮时，首先需要制作靠模。本软件FDCAM 1.00版向用户提供了与习惯使用的反靠法不同的新方法，可以根据凸轮的型线计算出与靠模相对应的从动件升程曲线，并利用平面磨床（或其他机床）来直接加工靠模，这样可以缩短靠模的制造时间和减少加工误差。

凡是用FDCAM 1.00版设计出来的四种类型凸轮（多项动力凸轮、多项式凸轮、 $N$ 次谐波凸轮、FB2凸轮和MFB2凸轮），以及实测数据经本软件分析、光顺处理后的凸轮，均可使用本方法计算和加工靠模。凸轮从动件（例如挺柱）限于平底。

#### 5. 其他功能

本软件的核心部分提供上述四种功能，下列功能属于非基本功能，可能受到硬件设备的限制，用户可视自己的条件选择使用。这些功能以工具箱的形式实现。

- (1) 屏幕图形显示 (PLOT, FIGURE)：要求有图像终端。
- (2) AutoCAD 软件接口：要求有图像终端。
- (3) 文本文件显示 (LIST)：不受终端限制。



利用本软件的作图功能，可以显示或绘制各种特性参数随  $\alpha$  变化的曲线（例如升程、速度、加速度曲线等）。但 FDCAM 1.00 版本不具有计算机机械制图功能，不能用以绘制零件图等。

## 二、性能

### 1. 精度

出于工程中的实际要求以及计算机内存、运算时间的考虑，本软件采用单精度数据进行计算，数据输出时有 7 位有效数字。

虽然数据输入时实型数据采用 10 位格式，但是计算机仍然只能取得 7 位有效数字。采用实型量 10 位输入格式，是为了便于准备数据。

### 2. 时间特性

本软件的运行时间因机型而变化。在 80286 CPU 但不带 80287 协处理器的机器上运行，每一功能模块的完成一般在 20 分钟之内。凸轮设计部分通常在 3 分钟内即可运行完毕。实测凸轮分析中回弹法光顺部分的运行时间随精度要求而变。

### 3. 灵活性

FDCAM 1.00 版本不提供源程序，也没有给用户留下自编程序的接口。当用户的要求有某些变化时，请径与尚汉冀教授联系。软件的灵活性将是以后版本所考虑的内容。

## 三、程序结构

FDCAM 1.00 版本是一个菜单式软件，其结构见下图：



a, b, c, d, e 是各自独立的功能模块, 它们受控于FDCAM主控程序。常用的计算流程是:

(1) a→b

(2) a→d

(3) c→a

(4) c→b

(5) c→d

不同模块的数据交换是通过外部文件的形式实现的。

# 运 行 环 境

## 一、硬件设备

(1) 机型: IBM PC/XT, AT, PS2 及其兼容机(如国产的长城、浪潮系列机), 使用 8086/8088/80286/80386 CPU, 内存不少于 384KB, 若加有协处理器将会大幅度提高计算速度。

### (2) 外部设备

硬盘: 系统文件占用 0.5MB 存贮空间, 计算时需要约 0.5MB 工作空间。如果没有硬盘, 则应有两个软盘驱动器。

终端: FDCAM 1.00 版核心程序在字符终端上即可工作。屏幕图像显示功能要求图像终端支持, CGA、EGA、VGA 以及 Hercules 终端均可使用。

打印机: 任何宽行打印机都可以打印计算结果。至于能否打印图像, 则视打印机型号及 AutoCAD 版本而定。

绘图仪: 可选。通过 AutoCAD 绘图。

## 二、支持软件

(1) 操作系统: MS-DOS 2.0 或以后版本。中文 DOS 系统可能使菜单显示发生变化, 但是不影响使用。

(2) 数据文件编辑软件: 类似于 EDLIN、WS、PE 的编辑软件都可以使用, 但是不宜使用那些会引入特殊控制符号的编辑系统。

(3) AutoCAD, 2.5 或以后版本。可选。

上述支持软件可以由作者提供。

# 使用规程

## 一、安装与初始化

本软件有三张系统盘，分别标有 SYSTEM(1)，SYSTEM (2) 和 TOOLS AND EXAMPLES。

安装前，请用户预先检查一下硬盘上是否留有 1 MB 空间，否则将导致安装失败。

安装步骤：

1° 将 SYSTEM(1) 插入软盘驱动器 A (或 B, 以下以 A 为例)，键入 A；

2° 键入

A>INSTALL

屏幕上将显示

Target drive <C>，

若要安装在 C 盘上，可直接按<回车>键；若要安装在 D 盘上，可按“D”键。

3° 当 SYSTEM (1) 安装完毕后，屏幕上提示

Insert the diskette labeled SYSTEM (2) into drive A;  
strike any key when ready...

此时将 SYSTEM (2) 插入驱动器 A，然后按<回车>键。

4° 如果需要安装图形软件，将 TOOLS AND EXAMPLES 盘插入驱动器 A，键入

A>INSTALL

导致安装失败的原因可能是：软盘已损坏；硬盘剩余空间不足。若用户无法排除故障，请与作者联系。

## 二、数据输入

### 1. 背景

FDCAM 1.00 版本的数据输入以预先准备数据文件的方式为主，也有少量数据是通过人机对话式输入的。凸轮设计与特性参数计算、配气机构动力学分析两个模块，涉及到许多零乱的参数，为了降低初始数据的出错率，数据文件是有格式的，请用户严格按照格式填写数据文件。

原始数据的来源应该是可靠的，否则将无法保证计算结果的可靠性，甚至会导致程序的非正常中止。

数据文件中各个参量的意义和所使用的单位请查阅附录 A。用户在准备数据文件之前，应该先熟悉这些参量的记号。

### 2. 输入数据格式

#### (1) 凸轮设计与特性参数计算模块输入数据文件格式

初始输入数据文件数目：一个。

文件名：由用户自己取定。

数据文件格式：

带余弦缓冲段的 PFB2 型凸轮

A. 注释卡：占第一行，共一行。不可缺省。

变 量 名	HEAD
变 量 类 型	字符型，A72
格式基准 (列)	1~72

B. 控制卡：占第二行，共一行。不可缺省。

变 量 名	ICAM	KEX
变 量 类 型	整型, 2I5	
格式基准 (列)	1~5	6~10

注：

1. 对于 PFB2 型凸轮, ICAM=1。
2. 这里所说的“格式基准 (列)”指的是该参量在本行中所占据的列位范围。对于整型和实型变量, 格式基准“ $n_1 \sim n_2$ ”表示该变量应写在  $n_1 \sim n_2$  列之间, 并且按  $n_2$  列对齐。
3. KEX 的意义见附录 A。

C. 凸轮设计参量：占第三~四行，共二行。不可缺省。

第三行：

变 量 名	FK	FL	FM	FM1	FM2	FP
变 量 类 型	实型, 6F10.0					
格式基准 (列)	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60

第四行：

变 量 名	RNC	H0	HH	AL0	ALB
变 量 类 型	实型, 5F10.0				
格式基准 (列)	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50

注：在 FORTRAN 77 中, F10.0 表示变量域宽为 10 字符, 并不是要求该变量不得有小数部分。

D. 确定基本的特性参数所需要的输入量：占第五~六行，共二行。  
 $KEX \geq 1$  时不可缺省； $KEX = 0$  时不起作用。

第五行：

变 量 名	R0	R00	X0	Y0	RR	RLB
变 量 类 型	实型，6F10.0					
格式基准（列）	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60

第六行：

变 量 名	DAL	PHI0	RK
变 量 类 型	实型，3F10.0		
格式基准（列）	1~10	11~20	21~30

E. 确定次基本的特性参数所需要的输入量：占第七~九行，共三行。  
 $KEX = 2$  时不可缺省； $KEX \leq 1$  时不起作用。

第七行：

变 量 名	RMS	RMSR	RMT	RMP	RJR	RLT
变 量 类 型	实型，6F10.0					
格式基准（列）	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60

第八行：

变 量 名	EE1	EE2	CC	F0	W	DD
变 量 类 型	实型，6F10.0					
格式基准（列）	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60

第九行:

变 量 名	GAMMA
变 量 类 型	实型, F10.0
格式基准 (列)	1~10

带等加速-等速缓冲段的多项式凸轮

A. 注释卡: 占第一行, 共一行。不可缺省。

变 量 名	HEAD
变 量 类 型	字符型, A72
格式基准 (列)	1~72

B. 控制卡: 占第二行, 共一行。不可缺省。

变 量 名	ICAM	KEX
变 量 类 型	整型, 2I5	
格式基准 (列)	1~5	6~10

注: 这里, ICAM=2。

C. 凸轮设计参量: 占第三~四行, 共二行。不可缺省。

第三行:

变 量 名	IQ	IR	IS
变 量 类 型	整型, 3I5		
格式基准 (列)	1~5	6~10	11~15



第四行:

变 量 名	G1	H0	HH	AL0	ALB
变 量 类 型	实型, 5F10.0				
格式基准 (列)	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50

D. 确定基本的特性参数所需要的输入量: 占第五~六行, 共二行。  
 $KEX \geq 1$  时不可缺省;  $KEX = 0$  时不起作用。

第五行:

变 量 名	R0	R00	X0	Y0	RR	RLB
变 量 类 型	实型, 6F10.0					
格式基准 (列)	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60

第六行:

变 量 名	DAL	PHI0	RK	RNC
变 量 类 型	实型, 4F10.0			
格式基准 (列)	1~10	11~20	21~30	31~40

E. 确定次基本的特性参数所需要的输入量: 占第七~九行, 共三行。  
 $KEX = 2$  时不可缺省;  $KEX \leq 1$  时不起作用。

第七行:

变 量 名	RMS	RMSR	RMT	RMP	RJR	RLT
变 量 类 型	实型, 6F10.0					
格式基准 (列)	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60