

# 计算机辅助机械设计一瞥

王 钟 球

**摘要：**本文介绍了计算机辅助机械设计的主要内容。它包括：计算机制图、绘图机及计算机辅助设计系统、动力学系统模拟、平面杆件运动分析、平面杆件综合与分析和优化设计。本文的目的是以一些例子来描述计算机辅助设计的基本知识。

## 一、前 言

研制一种机械设备或装置，从社会需要提出要求，到最后制成用于实践，设计是其中基本的一环。设计工作的水平和质量直接影响到机械性能和使用的效果；影响到成本；影响到使用价值。进行一项设计，通常要经过调查研究、拟订方案、方案论证和绘图编制文件四个阶段。在上述每一个阶段中，电子计算机均能起到良好的助手作用。在调查研究阶段中，计算机可按照设计者的旨意，建立数据库，贮存设计参数和数据，并对数据进行分析。在拟订方案阶段中，计算机制图能使设计者的思想变为图形，并能使图形再现，进行实时修改。在方案论证阶段中，可用计算机进行计算，利用电子计算机具有运算速度高和内存大的特点（在这两点上，人是无法与之匹敌的），可将经验设计变为理论设计，将近似计算变为精确计算。设计者可以根据计算的结果，决定取舍，或改变参数重新设计。当有多种可行的设计方案同时存在时，可用计算机按照设计要求，从中选择最优的方案。在绘图和编制文件的阶段中，精密自动绘图机能将设计结果以图纸形式输出，能编制各种文件。并能将全部设计资料保存起来。

随着新技术、新工艺、新材料的日新月异，要求产品不断的更新换代，以适应变化了的新形势。在机械设计中利用计算机这个现代化的工具，可以提高产品质量，缩短设计周期，节省劳动力，达到多、快、好、省的目的。

在计算机中贮存的设计数据。还可以应用于计算机辅助制造，把计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)结合在一起组成的生产系统，称为集成生产系统(Integrated Manufacturing System)。据国际生产技术研究会的预测，到2000年，世界上先进工业国家将普遍采用集成生产系统。在这种生产方式下，图纸将失去它的作用。集成生产系统加上生产管理自动化以后，人们只要在生产的开始提出要求，就可以在生产系统的终端获得包装好了的成品。这就是自动化的无人工厂。

计算机辅助机械设计包括计算机制图学、动力学模拟、运动学分析、优化方法和有限单元法等。其中很多内容已经单独发展成为一个完整的子学科。

## 二、计算机制图在设计中的应用

### 1. 零件设计

根据每一个机械零件在整机中所承担的任务，设计合理的零件形状，尤其是对于一些常用的典型零件，可以根据所提供的参数用传统的书本上的公式或先进的数学技术分析计算，

确定其尺寸，最后在终端屏上显示图形。例如，有个联轴接的人机对话的计算程序，它要求输入的参数为螺钉分布圆的半径、联轴接的长度、法兰的厚度、螺钉的直径、轴孔的直径、轮毂直径、螺钉的数量、轴传递的功率、轴的转速和联轴接的屈伏应力。然后就能计算键、螺钉和法兰的挤压应力、剪切应力和安全系数。并能给出应力载荷曲线。每次可输入十组不同的参数。设计者可依据计算结果进行抉择，最后选定合适的联轴接的尺寸。

有关联轴器程序介绍如下：见图 1。

程序“联轴器”是一个人机对话式的计算机辅助设计程序，用以计算标准联轴器的键、螺钉和法兰的正应力、剪应力及其安全系数。使用此程序时先输入如下参数的值：

1. 螺钉分布圆半径
2. 法兰长度
3. 法兰厚度
4. 螺钉直径
5. 轴直径
6. 轮毂直径
7. 螺钉数（整数）
8. 轴功率、马力
9. 轮转速、RPM
10. 联轴器材料的屈伏应力

此程序还有如下功能：

1. 清屏前进行硬拷贝
2. 对不同的设计资料，每次可进行十种不同情况的运算
3. 上述 2至10项变动一次，可获得其载荷应力曲线

当被选的参数可用时，使用者可立即作出决定。如你欲拷贝此页，拷贝以后按回车键继续运算。

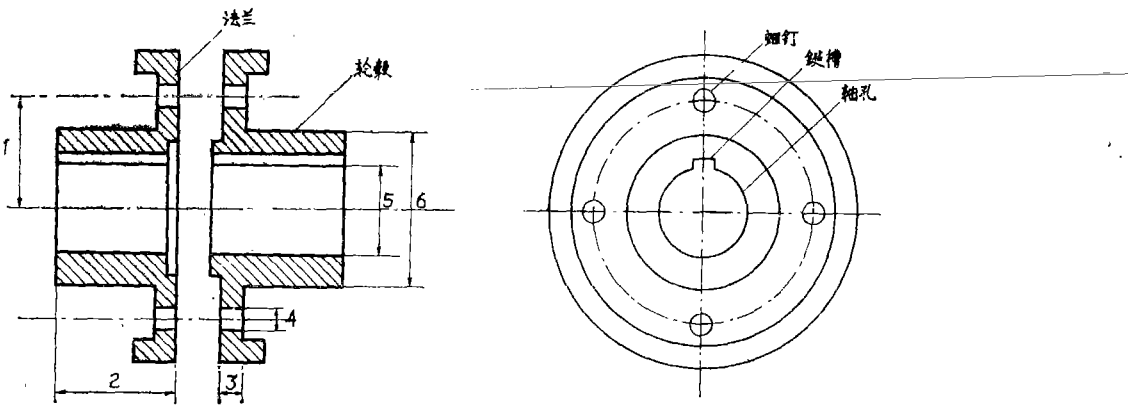


图 1 联轴器

- 1—螺钉分布圆    2—法兰长度    3—法兰厚度    4—螺钉直径    5—轴直径  
6—轮毂直径

## 2. 输入数据的图示

图 2 是一个人机对话式的动力学分析程序的输入数据图示。每一个子图形代表一种机构

的构件，可在终端键盘上，或用光笔，或用十字线，将元件的种类输入，并随即输入每个元件的参数。这个程序就能对机构进行动力学分析。

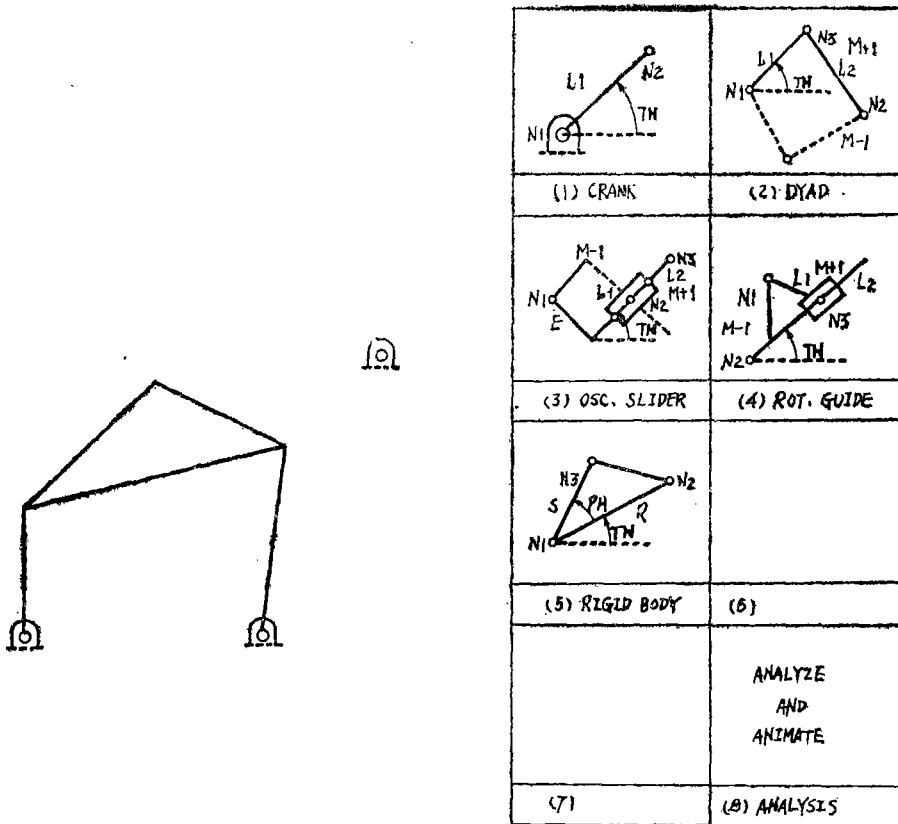


图 2 动力学分析程序输入图例

### 3. 中间结果的显示

图 3 是中间结果的显示。它显示了带有平衡块的曲柄滑块机构的振动力。改变平衡块的大小和几何形状时，振动力也随之变化。设计者按振动力的大小选定方案。当然，计算结果可以表格形式输出，但在人机对话时要实时抉择，看一大堆数据太费时，不如看曲线那样直观、清晰。

### 4. 分析数据以图形输出

图 4 是层压纤维复合材料在厚度方向的应力分布图。工程师可以从应力分布图出发改进设计。图 5 是板的热分析结果图，描述了板上各点的温度和热流。

### 5. 按比例的工程设计图纸

图 6 是弹簧片的工程图纸。程序可以米制或英制标注尺寸。这些数据均可贮存起来。并可作为计算机辅助制造的原始资料。

由上可知计算机制图可以用于设计的全过程。即使不熟悉计算机程序或几何图形的人，也可以很快运用现成的程序，掌握计算机图形显示的方法。使设计工作提高效率、提高精度。利用人机对话的计算制图程序，可以使得设计者有更多的选择，使设计工作增加创造性。

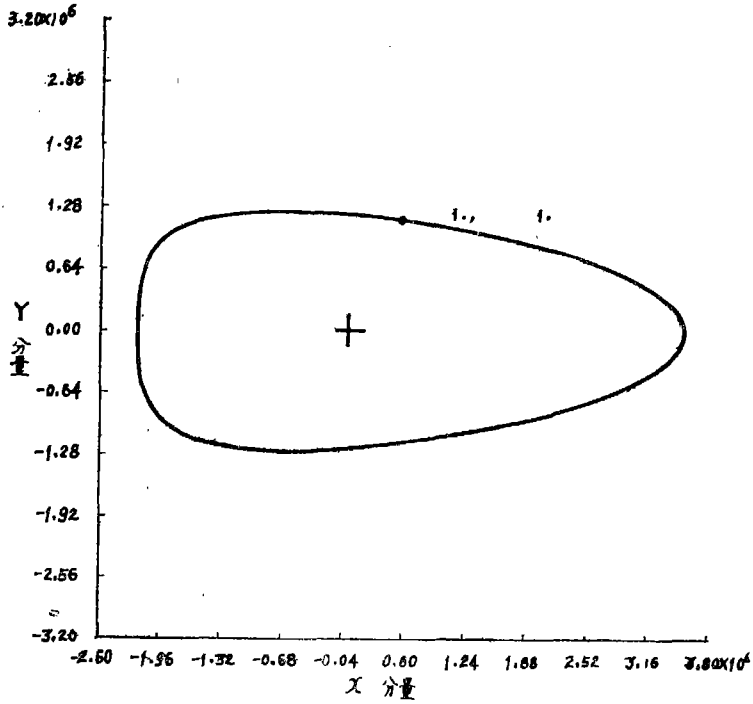


图3 振动力的中间结果

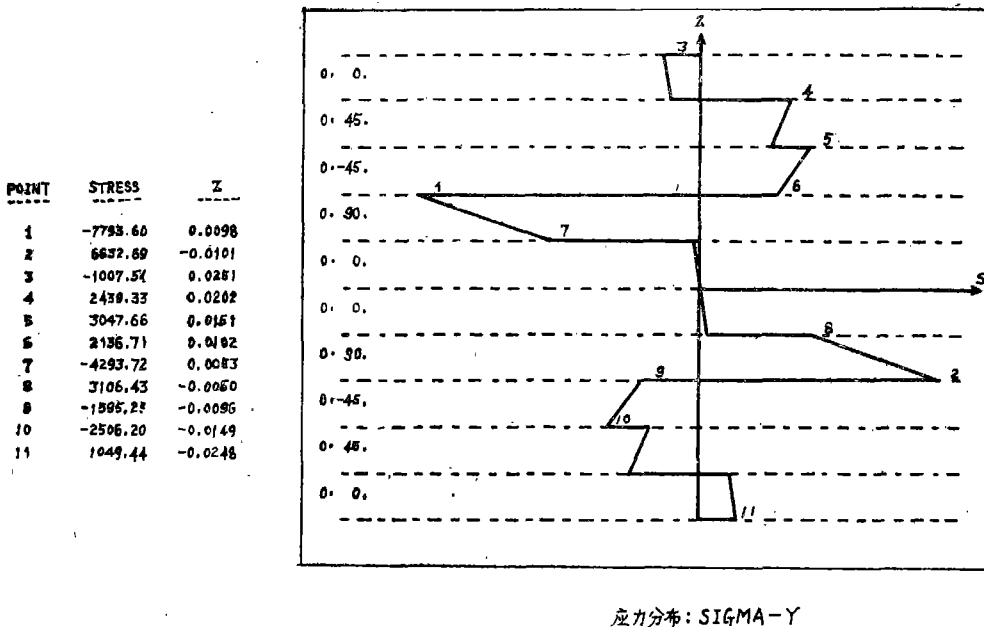


图4 层压纤维材料应力分析结果图

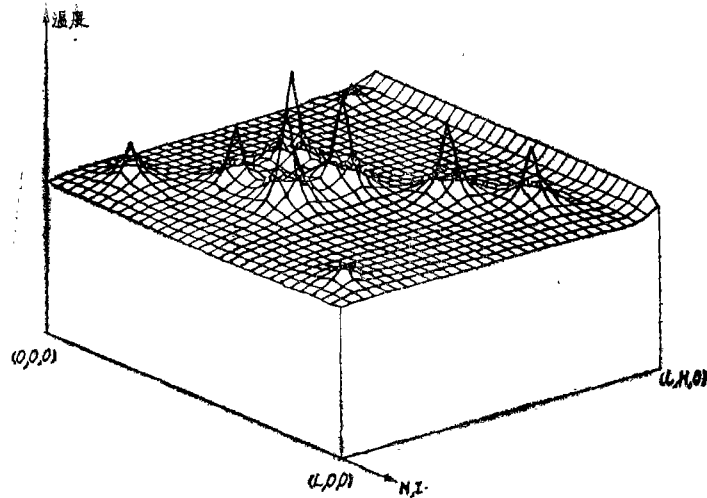


图5 热分析程序所呈现的表面热分布

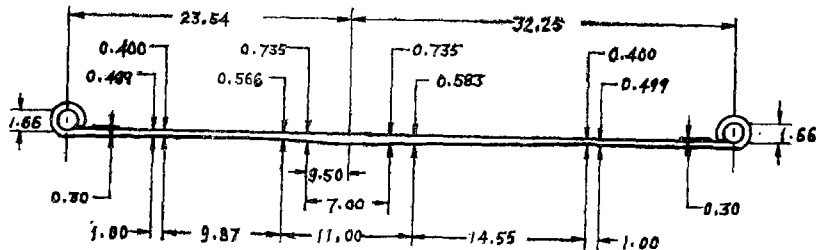


图6 弹簧片设计图

### 三、自动绘图机、计算机辅助设计系统

五十年代末期，Gerber发明APT 计算语言，从而出现了数控机床。这个成果移植到绘图，波音公司制成了第一台 $4.6 \times 1.8m$ 平台式自动绘图机。从此自动绘图机迅速发展，不断完善，目前自动绘图机已经普及很多领域，可用它绘制理论外形模线和结构模线、机械图纸、建筑物透视图、印刷电路板、地图、各种精细花样图案、统计图表、医学用的图形曲线等。在机械工程中常用自动绘图机绘制二维曲线、三维曲线、立体图、零部件图和传动系统图等。这些图的程序可以保存起来，一旦需要时，马上可以用自动绘图机输出图纸。有些工作，例如大规模集成电路的刻制过程，因为太精细，人工是无法进行的。可以在自动绘图机上先绘放大的图形，然后按需要的尺寸缩小刻制。

自动绘图机可以很高的速度，很高的精度输出图形。最高速度可达每分钟100m。综合精度可达 $0.1mm$ ，重复精度可达 $0.01mm$ 。

自动绘图机可按事先编好的程序输出图形。还可利用光笔图形显示器进行实时修改，自动绘图机再输出修改后的图形。这样就实现了人机对话。绘图机上有坐标读取装置，可以将图形转换成数字，以便存贮或图形再现。

绘图软件通常有多种子程序组成。包括：选择坐标、文字的格式及大小、数字的格式及大小、直线、虚线、点划线、线条粗细、圆弧等。

自动绘图的过程如图7所示。源程序通过读出器读入微型机，或是直接用键盘打入。微型机的输出，通过接口的插补，得到 $X$ 、 $Y$ 方向运动的指令脉冲。驱动装置得到指令脉冲以

后带动绘图笔运动。

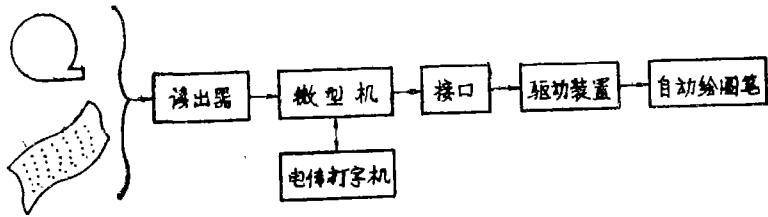
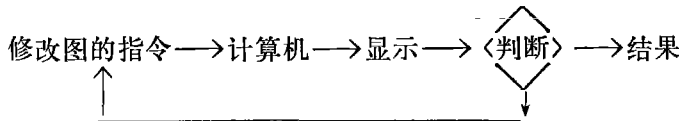


图7 自动绘图过程

计算机辅助设计系统,种类很多。可分成非会话系统和会话系统两类。在非会话系统中又有信息检索型、试行型和自动设计型三种。信息检索型适用于定型产品。各种标准图纸存入存储器内。系统能对某一规格的产品检索出最佳的标准图形。试行型辅助设计系统采用阴极射线管。工作过程如下:



自动设计型的辅助设计系统要求把按目标函数编成的源程序一次输入。同时数据库、解析程序和最优化程序等也一起装入。CPU 一次将全部结果算完,打印输出。所以自动设计型的辅助设计系统要求计算机容量大。

会话系统是当前最为流行的辅助设计系统,见图8。它的会话功能主要体现在能用电传打字机或光笔进行实时修改。修改量不大时可用电传打字机,利用光笔实时修改后可马上再显示。

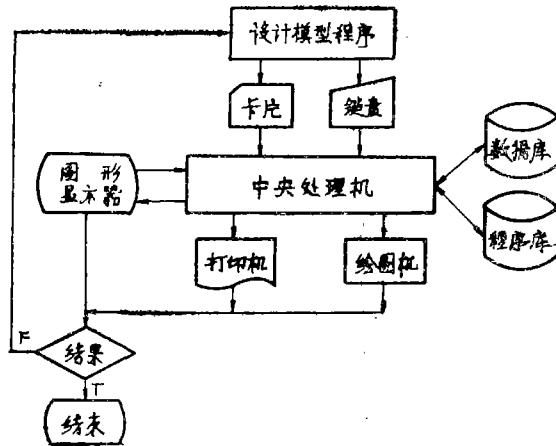


图8 会话型计算机辅助设计系统

### 四、动力学模拟

对一个工程系统进行动力学模拟,首先要对这个系统的每个元件按照传递能量的作用进行分类,有的元件在传递能量过程中几乎没有能量损失,有的元件在传递能量过程中消耗能量,有的元件在系统中有储能的作用。然后列出每个元件的动力学方程。求解这些方程,可以获得这个系统的动力学性能,算出每一瞬间的位移、速度及加速度。

美国IBM公司的软件S/360CSMP (Continuous System Simulation Program) 可以很好地用来进行工程问题的动力学模拟, 使用起来十分方便。例如对于下面左侧的方程组,

$$\begin{cases} \frac{d^2 y}{dt^2} + yt \frac{dy}{dt} + y = t^2 \\ y(0) = 1.0 \\ \dot{y}(0) = 2.0 \end{cases} \begin{cases} Y2DOT = TIME * TIME - Y - Y * TIME * YDOT \\ YDOT = INTGRL(2.0, Y2DOT) \\ Y = INTGRL(1.0, YDOT) \\ TIMER FINTIM = 3.0, PRDEL = 0.03 \\ PRINT Y \\ END \\ STOP \\ ENDJOB \end{cases}$$

只要编写八句简单的程序, 就可把结果打印出来, 在三个时间单元内打出一百个Y值。

例如: 一个质量、非线性弹簧、阻尼系统。它的弹簧特性和阻尼特性如图9示。

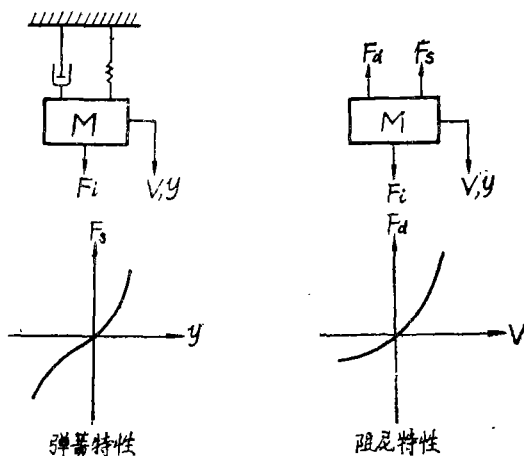


图9 非线性弹簧阻尼系统

按CSMP编的程序, 以及结果的输出如下:

### 1. 非线性弹簧阻尼系统的CSMP程序

```
TITLE NONLINEAR SPRING AND DAMPER SYSTEM
PARAM M=0.6, Y0=0.0, V0=0.0, U=1000.0
PARAM B=(1.0,1.5,2.0,2.5)
FUNCTION LIST1=(-5., -1100.), (-4., -800.), (-3., -540.), ...
              (-2., -310.), (-1., -160.), (0., 0.), (1., 160.), ...
              (2., 440.), (2.5, 680.), (3.5, 1500.), (3.7, 1800.), ...
              (5., 4000.)
FUNCTION LIST2=(-150., -800.), (-125., -700.), (-100., -580.), ...
              (-50., -320.), (0., 0.), (25., 200.), (50., 450.), ...
              (62.5, 650.), (75., 820.), (87.5, 1250.), (100., 1820.)
```

\*

DYNAMIC

FI = U \* STEP(0.0)

```

FS = AFGEN(LIST1, Y)
FD = AFGEN(LIST2, V)
DV = (FI - FS - B * FD) / M
V = INTGRL(V0, DV)
Y = INTGRL(Y0, V)

```

```

METHOD TRAPZ
TIMER FINTIM = 0.25, DELT = 0.001, OUTDEL = 0.005
ABEL MASS-NONLINEAR SPRING AND DAMPER SYSTEM
PRTPLT Y(0.0, 5. C, V, DV)
END
STOP
ENDJOB

```

## 2. 非线性弹簧阻尼系统计算结果

MASS-NONL INEAR SPRING AND DAMPER SYSTEM MINIMUM		PAGE 1	
TIME	V	Y VERSUS TIME B = 1.0000E+00	MAXIMUM 5.0000E+00
		I	DV
0.0	0.0	+	0.0
5.0000E-03	2.0386E-02	+	0.0528E+00
1.0000E-02	7.9613E-02	+	1.5534E+01
1.5000E-02	1.7479E-01	++	2.2433E+01
2.0000E-02	3.0298E-01	+++	2.8723E+01
2.5000E-02	4.6093E-01	++++	3.4335E+01
3.0000E-02	6.4526E-01	+++++	3.9278E+01
3.5000E-02	8.5268E-01	+++++	4.3575E+01
4.0000E-02	1.0800E+00	+++++	4.7235E+01
4.5000E-02	1.3238E+00	+++++	5.0121E+01
5.0000E-02	1.5798E+00	+++++	5.2156E+01
5.5000E-02	1.8440E+00	+++++	5.3368E+01
6.0000E-02	2.1123E+00	+++++	5.3808E+01
6.5000E-02	2.3804E+00	+++++	5.3255E+01
7.0000E-02	2.6433E+00	+++++	5.1664E+01
7.5000E-02	2.8948E+00	+++++	4.8681E+01
8.0000E-02	3.1280E+00	+++++	4.4370E+01
8.5000E-02	3.3367E+00	+++++	3.8953E+01
9.0000E-02	3.5162E+00	+++++	3.2687E+01
9.5000E-02	3.6618E+00	+++++	2.5356E+01
1.0000E-01	3.7681E+00	+++++	1.6997E+01
1.0500E-01	3.8308E+00	+++++	8.0348E+00
1.1000E-01	3.8485E+00	+++++	-8.9518E+00
1.1500E-01	3.8228E+00	+++++	-9.2532E+00
1.2000E-01	3.7577E+00	+++++	-1.6544E+01
1.2500E-01	3.6597E+00	+++++	-2.2338E+01
1.3000E-01	3.5370E+00	+++++	-2.6448E+01
1.3500E-01	3.3979E+00	+++++	-2.8949E+01
1.4000E-01	3.2492E+00	+++++	-3.0329E+01
1.4500E-01	3.0964E+00	+++++	-3.0630E+01
1.5000E-01	2.9446E+00	+++++	-2.9899E+01
1.5500E-01	2.7989E+00	+++++	-2.8213E+01
1.6000E-01	2.6638E+00	+++++	-2.5678E+01
1.6500E-01	2.5433E+00	+++++	-2.2423E+01
1.7000E-01	2.4404E+00	+++++	-1.8645E+01

1.7500E-01	2.3571E+00	-----+	-1.4677E+01	8.0422E+02
1.8000E-01	2.2938E+00	-----+	-1.0630E+01	8.1168E+02
1.8500E-01	2.2508E+00	-----+	-6.5860E+00	8.0297E+02
1.9000E-01	2.2278E+00	-----+	-2.6243E+00	7.7909E+02
1.9500E-01	2.2243E+00	-----+	1.1799E+00	7.3818E+02
2.0000E-01	2.2352E+00	-----+	4.7274E+00	6.7896E+02
2.0500E-01	2.2710E+00	-----+	7.9546E+00	6.1045E+02
2.1000E-01	2.3181E+00	-----+	1.0820E+01	5.3456E+02
2.1500E-01	2.3786E+00	-----+	1.3292E+01	4.5324E+02
2.2000E-01	2.4504E+00	-----+	1.5347E+01	3.6841E+02
2.2500E-01	2.5314E+00	-----+	1.6556E+01	2.6439E+02
2.3000E-01	2.6189E+00	-----+	1.7945E+01	1.3156E+02
2.3500E-01	2.7098E+00	-----+	1.8278E+01	2.9543E+02
2.4000E-01	2.8007E+00	-----+	1.7988E+01	-1.1744E+02
2.4500E-01	2.8887E+00	-----+	1.7123E+01	-2.2620E+02
2.5000E-01	2.9711E+00	-----+	1.5745E+01	-3.2048E+02

## 五、运动学分析

对机构进行运动分析的目的，在于确定机构在运动过程中，其各构件及构件上某些点的位移、速度和加速度。这对了解已有机器的运动规律及工作特性，或者设计新机器都是十分必要的。

对机构进行运动分析通常有图解法和解析法。图解法比较简单，易于掌握，但作图的误差较大，而且当分析的点多时也相当繁琐。解析法就能精确地分析机构的运动。尤其是大型电子计算机的出现，它的高速精确的计算给解析法带来了生机。一些计算机软件包使机构的运动分析更为精确，更为迅速，更为方便，更易于普及。

美国加利福尼亚大学 C. W. Radcliffe 教授首先研究平面杆件的软件包，后又经密执安大学 M. Y. Zarrugh 教授充实。这是一个 FORTRAN 子程序软件包。软件包中有一些典型构件，如曲柄、刚体、滑块等的子程序。例如对一个刨床机构（或称快速回程机构）进行运动分析。见图10，可将此机构分成曲柄、摆动滑块和导杆三个构件。已知杆的尺寸、曲柄的转速和曲柄的位置。编一个简短的人机对话的程序。在终端键盘上输入原始数据，调用软件包中相应的子程序。打印出便可输出所求点的位置、角速度和角加速度。刨床机构运动分析程序、程序执行过程和结果打印如下：

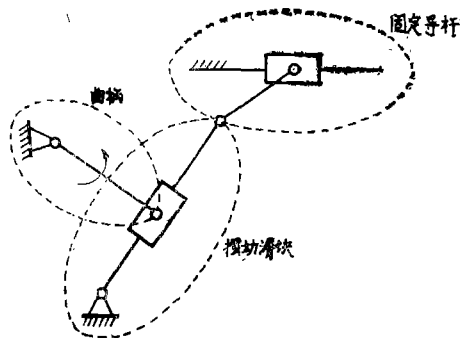


图10 刨床机构（快速回程机构）

### 1. 刨床机构运动分析程序

Listing of E×5.2 at 22:25:13 on DEC 2, 1983 for CCid=1M5M

```

1  C
2  C   SHAPER MECHANISM KINEMATIC ANALYSIS
3  C
4  COMMON/LINKS/PI(30,2), P(30,2), VP(30,2), AP(30,2), R(30),
5     & TH(30), W(30), A(30), PR(30), VR(30), AR(30), PHI(30), S(30)
6  C

```

```
7 C CLEAR ARRAYS IN COMMON BLOCK LINKS
8 CALL CLEAR
9 C
10 C PRINT OUT HEADING INITIALIZE OUTPUT UNIT TO 8
11 CALL HEAD('SHAPER',8)
12 C
13 C ENTER FIXED PIN COORDINATES
14 CALL RDFIX(1)
15 CALL RDFIX(3)
16 CALL RDFIX(6)
17 C
18 C ENTER LENGTHS OF MEMBERS
19 CALL RDLNGT(2)
20 CALL RDLNGT(4)
21 CALL RDLNGT(5)
22 C
23 C ENTER DRIVING CRANK PARAMETERS
24 CALL RCRANK(2,NTH,DEL)
25 C
26 C ENTER GUID PARAMETERS
27 CALL RGUIDE (1)
28 C
29 C ANALYZE LINKAGE
30 DO 20 K=1,NTH
31 C
32 C COMPUTE MOTION OF POINT 2
33 CALL CRANK(1,2,2)
34 C
35 C COMPUTE MOTION OF POINT 4
36 CALL AOSC(0,3,2,4,3,4,0.0)
37 C
38 C COMPUTE MOTION OF POINT 5
39 CALL AGUIDE(0,4,6,5,5,1,6)
40 C
41 C PRINT OUT THE RESULTS
42 CALL OUT(6,6,2)
42.5 CALL OUTREL(3,4)
43 CALL .OUTREL(6,1)
44 C
45 C UPDATE TH(2). ASSUMING W(2) A(2) IS CONSTANT.
46 20 TH(2) = TH(2) + DEL
47 STOP
48 END
```

## 2. 刨床机构运动分析程序执行过程

```

$ Log Output: 1M5M, 22:21:07 Fri Dec 02/83
#RUN *FTN SCARDS=E*5.2 SPUNCH=-R
#Execution begins
  No errors in MAIN
#Execution terminated
#   $.04.   $.05T
#RUN -R+K7WZ:LINKS 8=-OUT
#Execution begins
& INPUT X & Y COORDINATES FOR FIXED PIN NO. 1 IN 2F10 FORMAT
  0.0,0.0
& INPUT X & Y COORDINATES FOR FIXED PIN NO. 3 IN 2F10 FORMAT
  0.0,-5.0
& INPUT X & Y COORDINATES FOR FIXED PIN NO. 6 IN 2F10 FORMAT
  0.0,5.0
& ENTER LENGTH OF MEMBER 2 F10 FORMAT
  2.5
& ENTER LENGTH OF MEMBER 4 F10 FORMAT
  9.0
& ENTER LENGTH OF MEMBER 5 F10 FORMAT
  6.0
  FOR THE DRIVING LINK 2 INPUT:
  INITIAL ANGLE (DEG), ANG. VEL.(RAD/SEC)AND ANG. ACCEL.(RAD/SEC**2)
  -30.0,5.0,0.0
& HOW MANY POSITIONS?(I3 FORMAT)
  2
& ANGLE INCREMENT OF INPUT LINK,DEG.?
  -120.0
  ENTER ANGULAR POSITION, VELOCITY,AND ACCEL.
  OF GUIDE, MEMBER NO. 1, IN 3F 10.5 FORMAT
  0.0,0.0,0.0
#Execution terminated
#   $.06,   $.11T
#LOG OFF

```

## 3. 刨床机构运动分析结果打印

\*\*\*\*\* ACCELERATION RESULTS FOR THETA2= -30.00\*\*\*\*\*

MEMBER NO.	ANGULAR POSITION DEGREES	ANGULAR VELOCITY RAD/SEC	ANGULAR ACCELERATION RAD/SEC**2
1	0.0	0.0	0.0
2	-0.3000E+02	0.5000E+01	0.0
3	0.6000E+02	0.1101E-05	0.1448E+02
4	0.6000E+02	0.1101E-05	0.1448E+02
5	0.2157E+02	-0.8881E-06	-0.1164E+02

6 0.0 0.0 0.0

POINT NUMBER	POSITION		VELOCITY		ACCELERATION	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.217E+01	-0.125E+01	0.625E+01	0.108E+02	-0.541E+02	0.312E+02
3	0.0	-0.500E+01	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.450E+01	0.279E+01	-0.858E-05	0.496E-05	-0.112E+03	0.650E+02
5	0.101E+02	0.500E+01	-0.662E-05	0.909E-12	-0.868E+02	0.153E-04
6	0.0	0.500E+01	0.0	0.0	0.0	0.0

SLIDER 3 MOTION ON GUIDE 4:

PREL = 0.43301E+01 VREL = 0.12500E+02 AREL = -0.28191E-04

SLIDER 6 MOTION ON GUIDE 1:

PREL = 0.10080E+02 VREL = -0.66241E-05 AREL = -0.86824E+02

\*\*\*\*\* ACCELERATION RESULTS FOR THETA2 = -150.00 \*\*\*\*\*

MEMBER ANGULAR POSITION ANGULAR VELOCITY ANGULAR ACCELERATION

NO.	DEGREES	RAD/SEC	RAD/SEC ** 2
1	0.0	0.0	0.0
2	-0.1500E+03	0.5000E+01	0.0
3	0.1200E+03	-0.5286E-05	-0.1443E+02
4	0.1200E+03	-0.5286E-05	-0.1443E+02
5	0.2157E+02	-0.4263E-05	-0.1164E+02
6	0.0	0.0	0.0

POINT NUMBER	POSITION		VELOCITY		ACCELERATION	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	-0.217E+01	-0.125E+01	0.625E+01	-0.108E+02	0.541E+02	0.313E+02
3	0.0	-0.500E+01	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-0.450E+01	0.279E+01	0.412E-04	0.238E-04	0.113E+03	0.650E+02
5	0.108E+01	0.500E+01	0.506E-04	0.146E-10	0.138E+03	0.153E-04

## 六、机构的综合与分析

根据组成机构的各构件之间相对运动为平面运动或空间运动，可以把机构分为平面机构和空间机构两类。在各种机器中，平面机构得到特别广泛的应用。

机构综合与分析的任务，是根据使用的要求选定机构的形式以后，确定其构件的尺寸。连杆机构设计的要求通常可以归纳为两类：

1. 要求满足预期的运动规律。例如进行飞机起落架机构的综合时，必须保证机轮放下和收起时能达到预定的位置；又如进行冲床机构的综合时，必须保证冲头能完成预期的冲

程；再如用平面四连杆机构作为函数发生器时，要求所综合的四连杆机构的输入角与输出角满足预定的函数关系。

2. 要求满足预定的轨迹。例如在鹤式起重机的综合中，要求E点的轨迹为近似水平直线的移动。见图11。

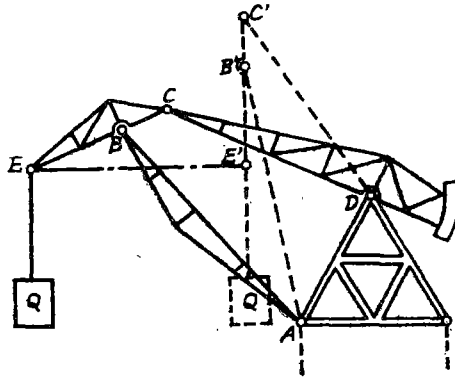


图11 鹤式起重机机构

Zarrugh 与作者研究了一个人机对话式的图形显示的程序\*。如设计一个平面四连杆机构，见图12，要求其连杆点的轨迹经过三个或者四个精确点，只要在计算机的终端上输入精确点的坐标，就可以立即在终端屏上显示出所期的平面四连杆机构。还可利用这个程序设计出一个平面四连杆机构，使得其输入角与输出角的关系满足一个函数关系。

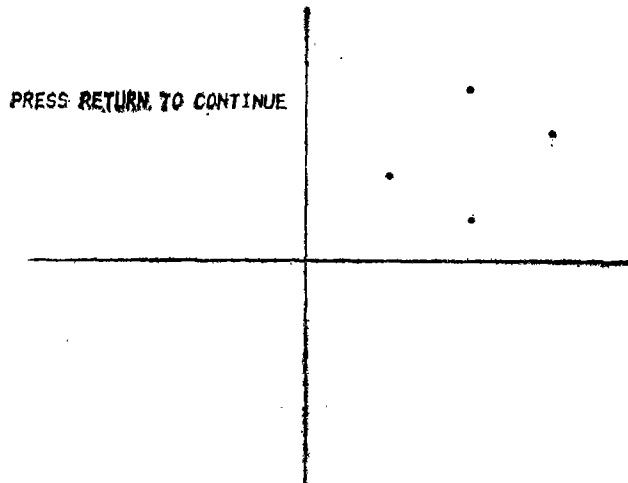


图12 (a)四个精确点的位置

\* 参阅 扎罗克, 王钟球 “用人机对话和图示的计算机程序进行平面四连杆机构的综合与分析”, 1984

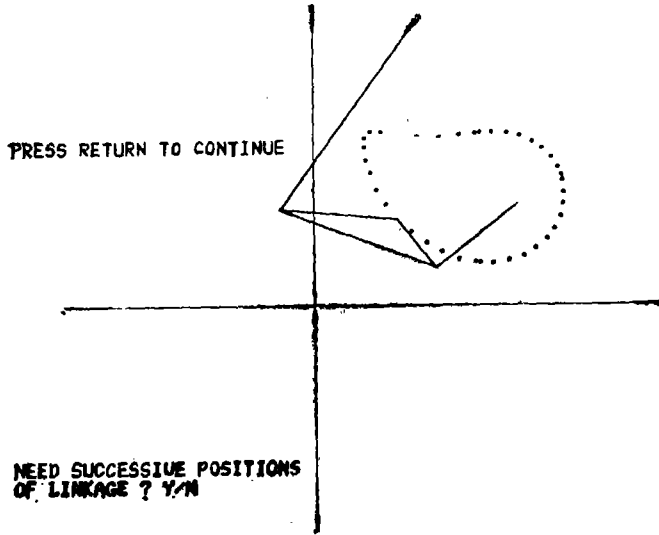


图12 (b) 连杆点的轨迹

A

TYPE OF THIS FOUR-BAR LINKAGE: ROCKER CRANK-A 2

DESIRED MOTION:

X1= 20.000	Y1= 20.000		
X2= 40.000	Y2= 10.000		
X3= 60.000	Y3= 30.000		
X4= 40.000	Y4= 40.000		
THETA 12= 0.0	THETA 13= 45.000	THETA 14= 90.000	

FIXED PINS:

AX0= 49.720	AY0= 24.000
BX0= 26.912	BY0= 69.000

CIRCLE POINTS:

AX1= 29.459	AY1= 8.478	BX1= -9.008	BY1= 22.159
-------------	------------	-------------	-------------

图12 (c) 点的坐标

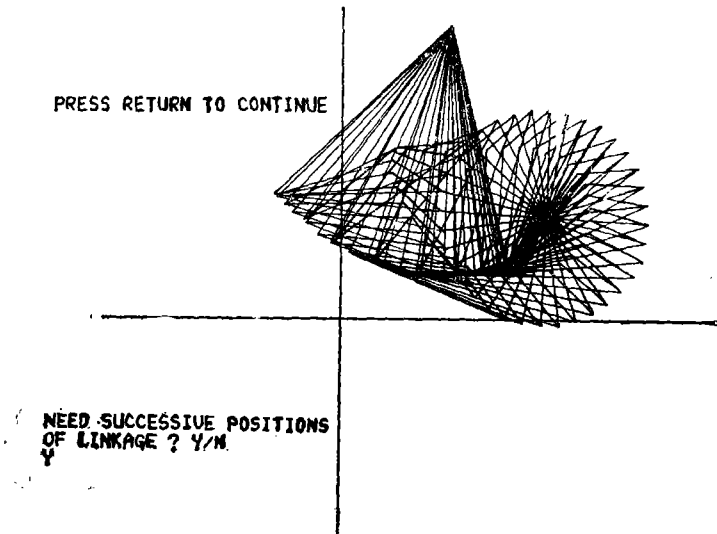


图12 (d) 曲柄旋转一周四杆机构的位置

## 七、机械最优化设计

设计一台机械产品，要求省料、效率高、操作性能好、维护方便、安全可靠。即要求技术经济效果最好。但设计对象的各项参数与性能之间往往发生矛盾。例如保证必要的强度与稳定性和节约材料是矛盾的。优化方法就是研究如何合理地确定设计对象的设计参数值的一种方法。用数学的语言来讲，优化方法就是：满足一定的约束条件下，选取适当的设计变量，使目标函数达到最优。波音公司的客机经过优化设计以后，使乘客的人数从192人增至253人增加了31%。很多机械产品经过优化以后，使得产品更有竞争能力，获得更大的经济效益。所以，机械的最优化设计是计算机辅助设计中一个重要的组成部分，从五十年代开始，由于电子计算机的出现，由数学规划最优化理论发展起来的最优化设计发展得很快，已经成为一门完整的学科。很多高等学校把它作为与计算辅助设计并列的一门课程来开设，和有限单元法一样具有生机。

由上面的简要介绍可以看出，计算机辅助机械设计包括的内容很广。当前，我们已经具备开展这项工作的初步条件。我们应当在工作中尽量地利用计算机这个先进的工具。尽量地开发使用方便、结果可靠的机械方面的软件。使得计算机辅助机械设计普遍地、深入地开展起来。使我们的工作提高工效、提高精度、增加创造性。

### 参 考 文 献

- [1] Zarrugh M. Y.; Computer Aided Mechanical Design Supplemental Notes, Dollar Bill Copying, 611 Church, Ann Arbor, Michigan, September, 1982.
- [2] Introduction to MTS, University of Michigan, 1982.
- [3] Foley J.D. and VanDam A.; Fundamental of Interactive Computer Graphics, 1982.
- [4] 俞长雄、蒋锡藩; 机械制造中的计算机辅助设计, 机械工业出版社, 1982.

## A Brief of Computer Aided Mechanical Design

Wang Zhongqiu

---

### Abstract

This paper is the introduction to Computer Aided Mechanical Design which contains Computer Graphics, Plotters and Interactive Graphics System, Simulation of Dynamic System, Kinematic Analysis of Planar Linkages, Synthesis and Analysis of Linkages, and Optimization. The purpose of the paper is to describe, with examples, the background information on CAD.