POST程序在CAE中的应用

李思白

摘要：本文叙述开发有限元后处理程序的必要性以及POST 程序的特点、功能和不足，着重介绍POST程序在Apollo工作站上的移植和对现有POST程序的改进。

一、简 介

SAP6/SAP7程序是美国加州大学研制，由美国SAP用户协会提供的有限元分析程序，POST程序是独立于SAP6/SAP7程序的有限元分析后处理程序。

SAP6/SAP7 对结构进行静力学或动力学分析后，将产生大量的数据，为使工程技术人员对这些数据结果能迅速地加以评价，就需要采用一种用户可理解的形式来表达，借助于直观、清楚的图形方式代替打印出来的大量数据，更为用户接受。由此产生的有限元分析后处理程序，广为用户欢迎。

POST就是这样一个后处理程序，用于检查有限元程序（MODEL,SAP6/SAP7等）输

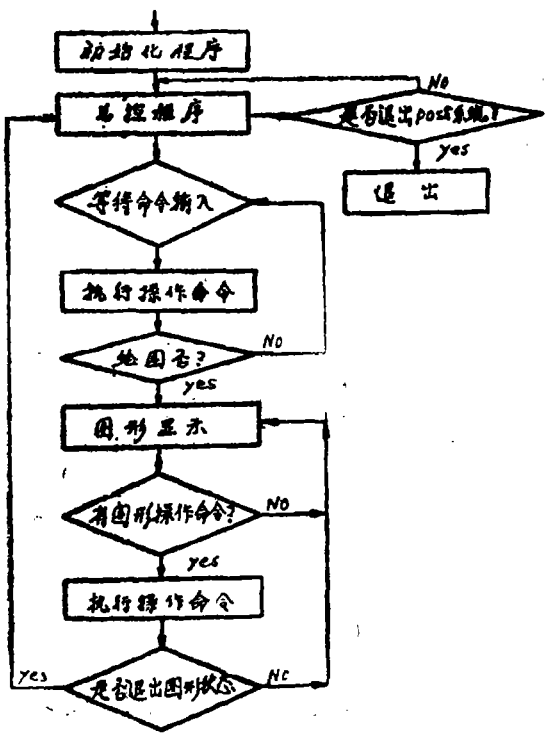


图 1 POST结构框图

入数据（包括有限元模型中单元、节点、边界条件，及载荷工况等）的正确性以及用图形方式输出静力学或动力学结构分析结果，这样就可使用户根据显示图形来检验输入数据的有效性、正确性，并对分析结果作出迅速的评价，从而得到最优化可行性方案。

POST程序包括91个子程序(函数段)，整个程序有近6千余条FORTRAN源程序，其结果框图如图1所示：其中图形操作命令是指进入图形状态后用户要进行操作所选择的命令。

由于要在Apollo工作站上对工程任务进行模拟与分析，需要运行有限元结构分析程序，所以决定将现有POST程序移植到Apollo工作站中。经过装机、移植及改进等一系列工作，目前已基本实现了POST程序在Apollo上的应用，并对具体工程分析问题进行实际验证，取得较好效果。

二、POST 程序的主要功能和移植时遇到的问题

POST程序为用户提供一个简洁的命令集，来帮助用户完成有限元分析的后处理过程。所有这些命令，程序都为用户提供详尽的命令提示，并且用户与程序之间完全采用人——机交互式完成命令的输入，用户不必死记，易学、易掌握。

POST程序主要功能如下

（1） 显示或绘制变形前、后图形。

（2） 应力大小及方向（定性表示）。

（3） 位移，速度、加速度和应力在节点和单元上的时间历程响应曲线。

POST程序还具有检查有限元模型数据的功能，并能够自动显示或绘制（括号中为使用命令）

（1）网格图形的单元连接状况（ELTS, SHRING）

（2）标出单元号（EN）

（3）标出节点号（PN）

（4）标出总体座标轴的方位（AXIS）

（5）标出节点位置（打点DOTS）

（6）边界约束条件（BCS）

（7）载荷方向和大小（LOAD）

此外，POST还可对模型作任意角度旋转，局部放大、消除隐线以及修改节点座标。

所有这些功能都是移植前的POST程序基本功能，POST程序是在IBM计算机上生成，它与Apollo机器不兼容，所以POST程序中所调用的系统功能子程序（函数段），在Apollo系列上不能使用，因此必须对POST程序加以修改，对POST移植后，使用时发现POST的不足，对此也作了改进。

在移植中主要遇到下列问题

（1）原系统设置的屏幕显示座标与Apollo系统的座标设置不同，所以要对POST程序的座标系进行变换。

（2）POST在实现变形前、后图形叠加显示时，只使用线条的虚实来加以区别，这不利于用户的观察与分析。

（3）图形的局部放大功能使用不灵活，不能直接在图形显示过程中随心所欲地对图形进行放大。

（4）单元应力分布采用箭头方式标出，很难从图中直观地反映出应力大小。

（5）对动力学中振型未能实现动画显示。

针对上述问题，我们一一加以改进，使移植后的POST程序较原来程序功能更强，使用更灵活，画面更美观。

三、装机与移植的实现

由于POST程序中调用的系统功能函数（子程序）与Apollo工作站中的系统功能函数（子程序）在功能和调用方法上不一致，所以在实现上存在许多困难。为便于移植的尽快完成，采用将Apollo工作站中的系统功能函数，编制成与POST程序所调的功能函数相一致的一系列功能函数（子程序），大大减轻了移植工作量，下面就移植的实现加以论述。

1．座标系转换

研制POST程序的机器的显示器座标系Apollo工作站显示器座标系相反，POST在完成将座标系转换成习惯上的座标系时，在调用系统功能函数（或子程序）时做了大量的座标变换工作，现在在Apollo上实现POST，不再需要这种变换，但若重新改写，整个POST程序都会受到影响，工作量太大。所以通过研究两个座标系的特点，做了一个座标变换公式，使问题迎刃而解。图2所示两种座标系情况。

Apollo座标系（左）　　POST座标系（右）

图 2

从图上可以看出，POST程序原座标系与Apollo显示器座标系，在x轴的方向一致，只y轴方向相反，因此，在座标变换时，只将y轴加以相反变换，见式（1）。

$$\begin{cases} y_A = (800 - y_P) \\ x_A = x_P \end{cases} \qquad (1)$$

（其中，A代表Apollo，P代表研制POST机器（x_A，y_A），表示在Apollo中的座标，（x_P，y_P）表示POST座标）

2．将POST程序中变形前后图用不同颜色显示

POST程序只采用实虚线来显示变形前、后图的叠加。对用户来讲，简单的有限元图形，还可以清楚地看出变形前、后的差别，但对复杂的有限元图形，一但有限元网格划分过密，单纯的实、虚线变换，不能直观地表现出变形前、后图形的差别。因此，在移植时，增加了由用户自行选择画线颜色，并加以实、虚线的结合，在显示屏幕上就可绘出清晰、美观的前、后变形叠加图。有助于用户的观察。

```
 LOAD CASE OR MODE SHAPE NUMBER
 ?
1
 PLOT OF UNDEFORMED STRUCTURE OR DEFORMED OR BOTH ?
 ?
3
 TYPE COLOR CODE OF LINE FOR UNDEFORMED STRUCTURE?
 ?
7
 TYPE OF LINE FOR UNDEFORMED STRUCTURE ? SOLID OR DASHED
 ?
5
 TYPE COLOR CODE OF LINE FOR DEFORMED STRUCTURE?
 ?
2
 TYPE OF LINE FOR DEFORMED STRUCTURE ? SOLID OR DASHED?
 ?
D
 TYPE DASHED LINE CODE OR HIT CARRIAGE RETURN
 ?
4
                        *** P O S T  FEB-1981 ***
 ---------------------------------------------------------------------
 I              PLOT  COMMANDS AND THEIR CONDITION                   I
 I        +  ,  INDICATE THE ON/OFF SWITCH IS IN ON POSITION         I
 ---------------------------------------------------------------------
 I     AXIS     ,     BCS     ,     BOX     ,     CAL     ,        I
 I     CHAR     ,     COOR    ,     DOTS    ,     EDIT    ,        I
 I     ELTS  +  ,     EN      ,     EXIT    ,     GROU    ,        I
 I     HELP     ,     HIDE    ,     HIST    ,     HP      ,        I
 I     IGL      ,     LABE    ,     LOAD    ,     NEXT    ,        I
 I     PLOT     ,     PN      ,     RAMT    ,     RESE    ,        I
 I     ROTA     ,     SCAL    ,     SELE    ,     SEND    ,        I
 I     SHOW     ,     SHRI    ,     STR     ,     STYP    ,        I
 I     TITL     ,     VDIR    ,     VPT     ,     WIOF    ,        I
 I     WION     ,
 ---------------------------------------------------------------------
 &
PLOT
```

图 3

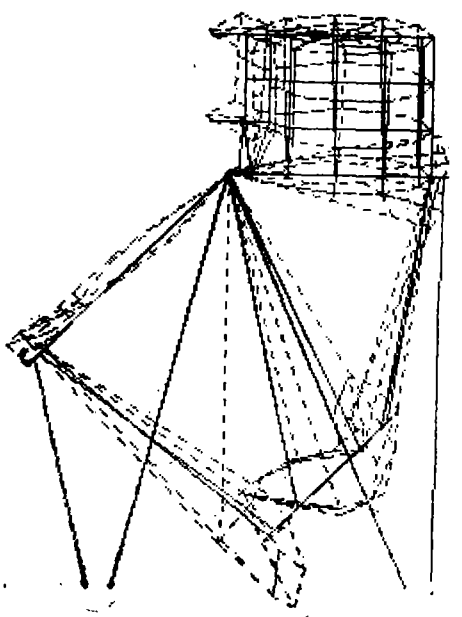


图 4

所有命令的选择均采用人——机对话方式完成，提示与命令输入如图 3 所示：

由上述命令所画的图形如图 4 所示，其中虚线为变形前图形，实线为变形后图形。

3．图形打印

由于打印机使用方便，用户在更多情况下可将屏幕图形硬拷贝到打印机上，为此在 POST 程序中增加必要的屏幕硬拷贝功能，有助于用户保存图形的需要和随后检查的需要。

在实现上采用将屏幕缓冲区内容直接由打印机打出，具体框图如图 5 所示。

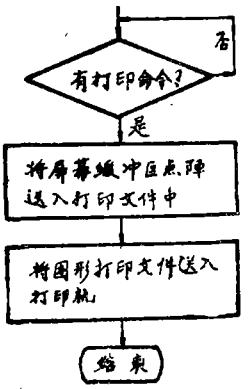
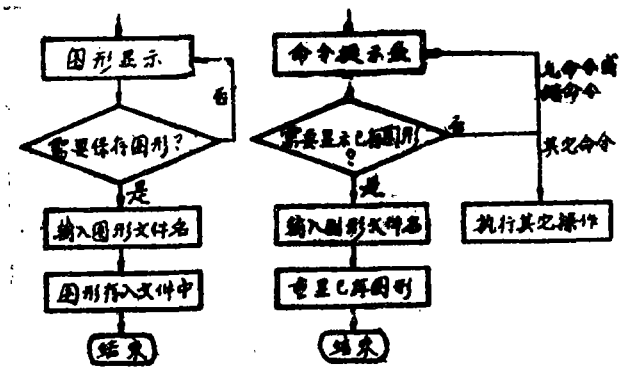


图 5

4．对已完成的有限元图形的再调用

POST程序在输入一系列命令后，在屏幕上显示出图形，一但需要显示另外一幅图形或退出后处理系统，原来屏幕上显示的图形消失，系统不能保存图形，一但用户需要重新调用此图形时，必须重新输入一系列命令，重画图形，对用户来讲完全是一个“冗余”工作，因此在移植时，增加了对已完成图形的保存和再显示功能，以便用户多次调用。具体算法框图如图 6 所示。



（保存图形算法）　（重现已存图形算法）

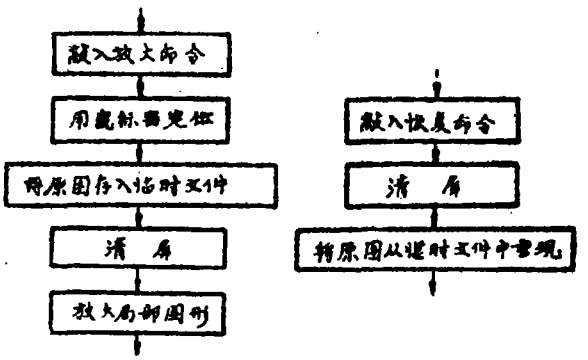
图 6

5. 局部放大功能的改进

POST中规定了局部放大功能，BOX命令，它用于将用户感兴趣部分放大，例如：输入下列命令：

```
&
BOX
?
XMIN, XMAX, YMIN, YMAX, ZMIN, ZMAX (即将输入的数据)
&
PLOT
```

根据上述命令POST就将放大用户所感兴趣部分，从例中看出，用户必须在输入绘图命令PLOT前，事先规定好所要放大部分的范围，而不能直接在图形上规定放大位置，因此一但用户已进入显示图形状态，就不能再对图形某部分放大，若要进行放大，必须退出图形状态重新输入命令。所以移植时，增加从图形上任意定位放大观察位置功能。具体算法如图(7a, b)示：



(a) (定位放大算法)　　(b) (恢复图像算法)

图 7

6. 采用等值线和着色法实现应力分布图

POST程序是以用箭头标志应力大小，这种方法不直观，而且当有限元网格划分过密时用户就更难以观察应力大小和分布情况，所以在彩色屏幕上用等值线和着色法实现颜色来标识应力和分布情况较为直观。

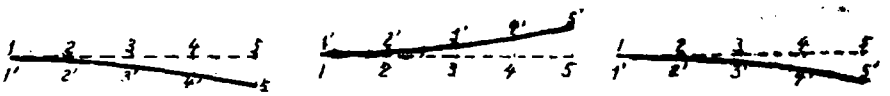
7. 动画显示的实现

动画显示问题，主要是为用户提供一形象、生动的显示手段，以便显示结构振型的动态过程。

在实现时，设计了画线子程序*drawline*，消线子程序*erase*，和图形延迟子程序*delay*，用这三个子程序来实现动画显示。

以悬臂梁的结构振型动画显示为例，图 8 *a*，为在时间 t_1 时，悬臂梁的变形后图形（变

形比例SCAL = 4)。图 8 b为在时间t_2时，悬臂梁的变形后图形。图 8 c 为在时间 t_3 时，变形后图形



(a) (b) (c)

图 8

由图中可看出，在显示结构振型时，设y轴上的节点位移最大值与向下位移最大值相等。

以节点 1 全约束为固定点，节点 2 ～ 5 在y 轴方向关于未变形梁为对称轴，生成新的镜像点 2′～5′。

这种方法就可求出各阶模态振型的镜像振型，加上消线，延迟，并选择适当的显示频率，就可生成活生生的动画效果。

四、结 束 语

随着高技术发展，对信息处理要求更高，人们要求在尽短时间内对工程分析做出判断、决策，这使得图形后处理技术起着越来越重要的作用，POST后处理程序今后将在更高层次的工程分析图形后处理上发挥越来越大作用，POST将使工程分析后处理更加形象化，动画化，同时还将在交叉学科的后处理及优化设计方面发挥更大作用。

在POST移植过程中，得到了卢锷和高品忱老师的悉心指导，在写作本文过程中，得到卢锷老师的多次指教，在此表示衷心的感谢。

The Application of POST Program in CAE System

Li Sibai

Abstract

This paper introduces the necessity of developing the POST Program of finite element, including its features, functions and drawbacks, with the emphasis on the transplantation and improvement of POST program.