

微型机结构计算机软件系统

之 十 五

构 架 式 动 力 基 础

魏文莹 编

北京科技协作中心

计算机软件部

一九九二年五月

目 录

一、程序的功能及使用范围	1
二、计算模型与简图的准备	2
三、原始数据的输入	4
四、几点注意事项	17
五、例题	20
六、输出数据	26
七、操作说明	36

一、程序的功能及使用范围

本程序适合于对各种不同容量的构式汽轮发电机基础、调相机基础及各种构架式动力基础，进行动力分析和地震计算(动力部份)。进行静力分析、荷载组合及配筋计算(静力部份)。

程序要求被分析的结构是杆件正交的空间刚架。每个结点可以具有0至六个自由度(三个角位移和三个线位移)。每根杆件都考虑了拉压、扭转、两个方向的弯曲及剪切变形。同时，程序提供了按弹簧假定考虑地基反力的可能。

动力计算中每根杆的质量都向两端的结点集中。忽略了三个方向的转动惯量(刚度不变)。铅垂振动和水平振动分开计算。动力计算的内容包括：计算1.4倍工作转速范围内结构的全部自振频率与振型，然后，按振型分解法计算在简谐强迫力作用下所有可动点的三个方向的线位移及杆件两端的六个动内力(两个方向的弯矩和剪力；轴力及扭矩)。最后输出1.3倍工作范围内的动内力包络。计算时可随意选用索氏阻尼理论，粘滞阻尼理论或无阻尼理论。在动力分析之前，程序还首先算出基础在自重(包括设备重)作用下，所有可动点的静变位，供不均匀沉降校核用。强迫振动分析结束后，进入地震计算，并输出地震内力包络。

静力分析包括对各种静力荷载作用下空间刚架进行内力分析，计算杆件两端(若杆件具有刚性域，则计算刚弹性域交点处的内力，而不是端点处的内力)及跨中的内力，并按《动力机器基础设计规范》第三章的要求进行荷载组合，也可以分别计算和输出单组荷载作用下的结构内力。

柱配筋计算包括：轴心受拉、轴心受压；单向偏心拉、压；双向偏心受压等内容。对于双向偏心受压的计算，可以化作两个单向偏心受压来计算，也可以按双向偏心受压构件作优化配筋计算。柱截面中各边的配筋，是根据分别对18种内力组合(三种荷载组合，每一种中又有六项内力组合)进行配筋后，从中挑出来的最大者。

梁配筋仅按单向受弯构件来计算。在输出配筋包络的同时，输出各截面最大的剪力和扭矩，供用户校核抗剪、抗扭强度用。

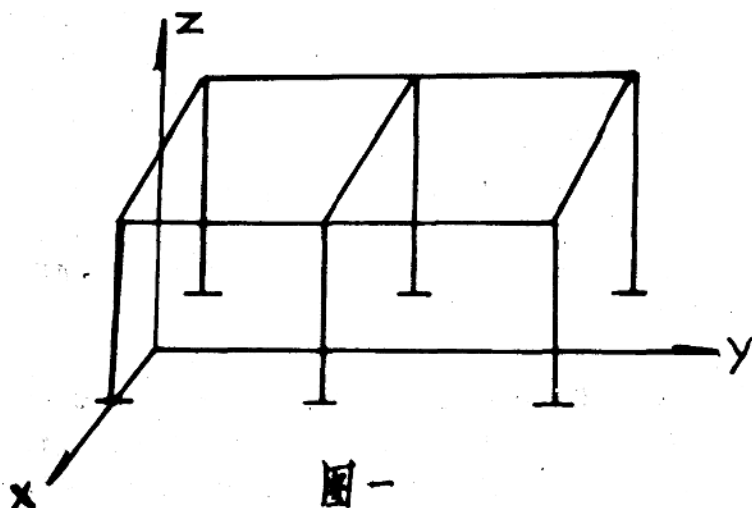
对于异型截面。程序可以自动按惯性矩相等的原则折算成矩形截面进行计算。也可以由用户输入相应的计算配筋用的矩形截面宽和高的尺寸，为安全起见，应尽量采用后者。

二、计算模型与简图的准备

本程序可用于沿纵轴对称或不对称的空间正交刚架。不对称者按整体结构计算；沿纵轴对称者只须取整个结构的一半进行计算，这种结构在实际中是常见的。计算前必须先绘制计算简图、规定整体坐标和局部坐标、对结点杆件进行编号，在数据填写之前完成上述各项准备工作。

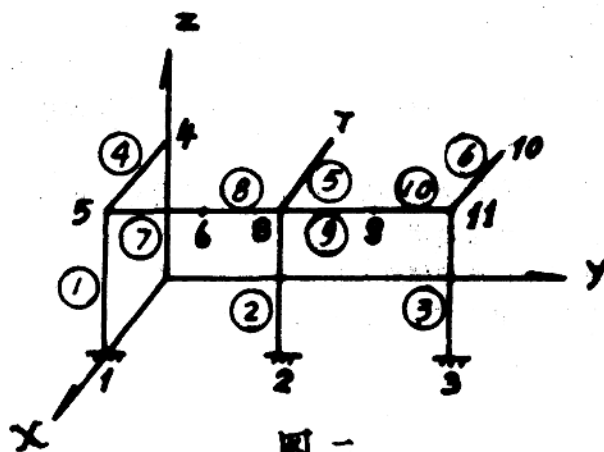
(1) 建立总体坐标

当按整体结构进行计算时，坐标原点可任意选择。通常，Z轴总是垂直向上的，X轴垂直于汽轮发电机组的纵轴，而Y轴则与纵轴平行，如图一：



图一

当按半结构计算时，程序规定，所有对称面上的点都必须同时置于YZ平面之内。各坐标轴的方向同上。如图二：



图二

(2) 节点编号

在进行编号时必须注意：

- a. 所有结点都必须依次编号, 不能遗漏也不能重复。图二中以1, 2, 3,表示。
- b. 固定端编号必须编在前面。即所有可动点的编号均不能小于任何固定端的编号。
- c. 所有相邻结点的编号宜尽量接近, 以缩小结点号差, 达到减小刚度阵体积和节省机时的目的。

(3) 杆件编号

- a. 所有杆件必须依次编号 (图二中以①②③表示)。不能遗漏, 也不得重复。
- b. 先编柱, 后编梁, 所有梁的杆号都不得小于任一柱的杆号。
- c. 相同类型的杆件宜连续编号, 其目的在于减少输入信息。所谓“相同类型”杆, 必须满足下述条件。
 - 1) 材质相同。
 - 2) 截面形状, 大小完全相同 (杆长可以不同)。
 - 3) 取出这一组杆件中的任意两根, 倘将其中一杆的截面假想地迭合到另一杆的截面上时, 其二截面的局部座标系 Y' 轴与 Z' 轴分别重合。

(4) 绘制计算模型简图

- a. 在轴线简图上进行节点编号; 杆件编号;
- b. 各结点在整体坐标中的位置;
- c. 作用在各结点上的附加重量和抗力;
- d. 作用在基础上的所有静力荷载 (基础自重除外, 因程序可以自动计算)。

(5) 绘制各类杆件的截面简图:

首先对杆件的局部座标 $X'Y'Z'$ 作如下规定:

定义杆件的小号端为左端。大号端为右端。 X' 轴规定从左端指向右端。(即小号端指向大号端); 对于铅垂杆 (柱) 来说 Y' 轴指向 (柱) 总体座标系的 X 轴正向, 对水平来说 Y' 轴一律指向下 (即总体座标负 Z 向); 然后按右手法确定 Z' 轴指向。如图三所示。

按照上述关于局部座标的规定, 绘制各类杆件的截面简图, 并在图上注以有关的尺寸。

(6) 本程序单位可以采用吨.米.秒制, 也可采用法定计量单位。

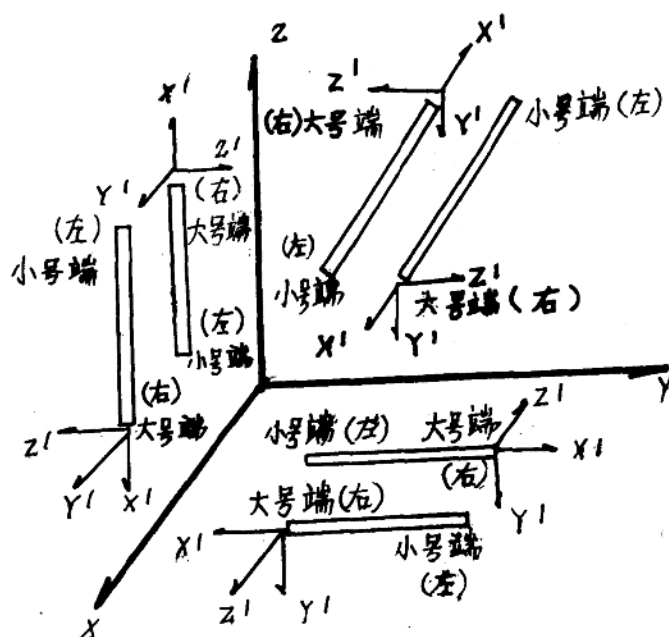


图 三

(7) 本程序有微机版 (PC-XT或PC-AT机5550机和VAX机版, 由于计算内容较多, 在微机上, 我们把计算内容分成两个程序, 相继运算, 先进行动力计算, 计算结构的自由振动, 强迫振动和地震并将其内力记入中间文件。然后再进行静力计算, 计算各组静力荷载作用下的结构内力, 并由中间文件读出动力计算的结果, 进行荷载和内力组合及配筋。在VAX机上, 只须进行一次计算即可得到配筋结果。

三. 原始数据的输入

动力部份:

(一) 总信息:

N, M, NC, SND, ADM, GG, SD, ZS, PS, HZ, DW

其中:

- N—结点总数
- M—杆件总数
- NC—固定端总数
- SND—杆件截面分类数
- ADM—有附加重量的节点数 (不包括自重)
- GG—弹性支承数
- SD=0表示不算动力, 不算地震;
- SD=1表示只算平方和开方的动内力;

(工程中计算中常用)

SD=2表示计算平方和开平方动内力与单扰力动内力。

(工程计算中很少用,因输出结果太繁)

ZS—柱数

PS—工作转速的百分之一。若考虑刚性域,则在PS前冠负号。

HZ—荷载组合或荷载组数信息。

当HZ>0表示荷载分组进行计算,不进行组合。小数点前(最多五位),表示总的荷载组数,小数点后(最多三位)表示反对称荷载组数。若用HZ1表示对称荷载组数, HZ2表反对称荷载组数,则:

$HZ=HZ1+HZ2+HZ2/1000$,即:xxxxx.xxx

(荷载总组数。反对称荷载组数)

HZ=0表示不作静力计算;

当HZ=-1表示只算自重;

当HZ=-2表示按<动力机器基础设计规范>要求组合;

DW=1表示按法定单位算。DW=2表示按吨·米·秒制计算。

(二)杆端编号数组:

(1)杆左端编号数组:

HL[1:M]

其中HL[I]——表示第I杆件左端(小号端)的编号。

(I=1,2,...,M)

(2)杆右端编号数组:

HR[1:M]

其中HR[I]——表示第I根杆件右端(大号端)的编号。

(I=1,2,...,M)

(三)结点坐标数组:

(1)X方向结点坐标数组:

X[1:N]

其中X[I]表示第I个结点在总坐标杆系中的X向坐标值。

(2)Y方向结点坐标数组:

Y[1:N]

其中Y[I]表示第I结点在总坐标系中的Y向坐标值。

(3)Z方向结点坐标数组:

Z[1:N]

其中Z[I]表示第I个结点在总坐标系中的Z向坐标值。

(I=1,2,...,N)

(四)杆件截面分类号数组:

MXX[1:SND]

其中MXX[I]表示第I类最后一根杆件编号。若为非矩形截面杆,则在其杆类号前加负号。

(五)弹性支承信息数组:

(1)KG[1:2,1:GG]

当GG>0(即有弹性支承)时,才输入此数组。第一维表示弹性支承点号;第二维表示弹性支承方向(X向填1;Y向填2;Z向填3)

(2)VG[1:GG]

当GG>0时才输入。分别表示各弹簧之刚度系数(千牛/米或吨/米)。

(六)RR,EE,KO,REVISE

其中:RR——表示混凝土容量(例:2.5T/M³或25KN/M³)。

EE——表示混凝土弹性模量(例:2600000T/M²或26000MPa)。

KO——表示混凝土剪切模量(例:1150000T/M²或11500MPa)。

KO前冠负号表示机器不再计算A(各类截面面积),JY(各类截面对Y'轴的惯性矩),JZ(各类截面对Z'轴的惯性矩),GJP(各类截面的扭转常数)值,而是由计算者事先算好,分四个数组输入。

若无剪切模量的资料,KO值也可下按式手算后填表:

$$K0 = \frac{EE}{2 \times (1 + \mu)} = 0.43EE$$

其中: μ 为泊桑比,混凝土的泊比为1/6。

REVISE—生成初始迭代向量信息,填0表示按结构刚度与质量的分布,由机器自动生成初始迭代向量;填4表示利用上题的振型作为本题的新的初始迭代向量。(工程计算一般填0)。

(七)截面特性数组：

若K0前冠负号，则分4个数据段直接输入下列实型数组：

- (1) A[1:SND]
- (2) JY[1:SND]
- (3) JZ[1:SND]
- (4) GJP[1:SND]

其中：A—各类杆件的截面面积；

JY—各类杆件截面绕Y'轴的惯性矩；

JZ—各类杆件截面绕Z'轴的惯性矩；

GJP—各类杆件的扭转常数(几何抗扭刚度)。

(八)若K0前无负号，则输入下列两个数据段：(注意：同一道题中，七、八两大数组不能同时输入，因为或 $K0>0$ 或 $K0<0$)

- (1) ROU[1:SND]
- (2) F[1:SND]

其中ROUF及按下列规定填写：

数组标识符	ROU	F
当 $MXX[I]>0$ $ROU[I]>0$ 时表示矩形断面	ROU[I]填第I类杆件沿Y'轴之长度。(即截面高H)长度。	F[I]填第I类杆件沿Z'轴之(即截面宽B)
$MXX[I]>0$ $ROU[I]<0$ 表示环形断面	ROU[I]填第I类杆件外直径的负值。	F[I]填第I类杆件内直径负值。
$MXX[I]<0$ 表示异形断面	ROU[I]填多边形截面的边数	F[I]填-1或该类杆的几何抗刚度(这时，机器不再计算该类杆的GJP值。

(九)异型以断面坐标数组：

(1)XX[1:ROU[I]-1]

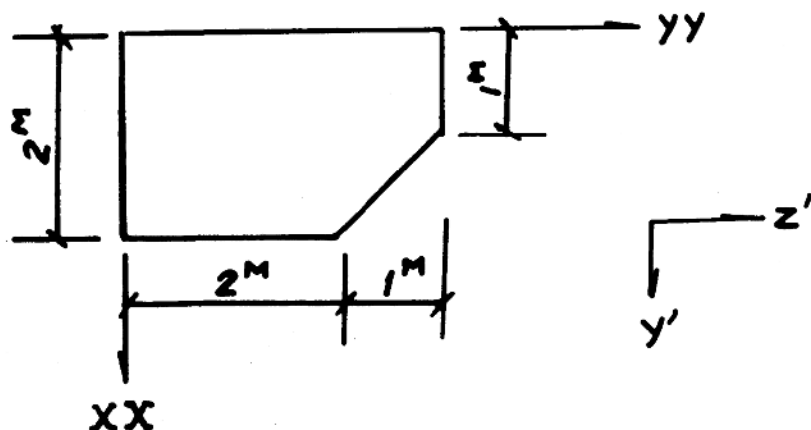
(2)YY[1:ROU[I]-1]

当MXX数组中负元素存在时，才输入数据段。第一对XX;YY;数组，对应于MXX中的第一个负元素表示的杆件“截面坐标”。其余依此类推。“截面坐标”按如下原则填写：将局部坐标系的原点选在截面的任一个顶点上(Y'、Z'轴的指向必须符合局部座标的规定)，其余顶点必须按逆时针方向编号，然后依次填写除原点以外各顶点的座标值，XX数组填Y'向座标，YY数组填Z'向座标。

例：图四中：

XX:2,2,1,0

YY:0,2,3,3



图四

(十)付加重量信息数组：

(1)MSXX[1:ADM]

集中重量(付加重量)点号数组，(至少要填一个点，若无付加重量时，可任填一点，其付加重量为零即可。因为ADM>=1)。

(2)MSD[1:ADM]

相应MSXX数组中各点的付加重量(吨或KN)。若基础自重不要机器算，可通过本数组填入，此时RR必须填零。

(十一)杆件左、右端刚性域长度数组：

(1)KL1[1:M]

(2)KL2[1:M]

当 $PS < 0$ (即要考虑刚性区的影响)时，才输入此数据段。

其中：

KL1[I]—表示第I根杆件左端(小号端)刚性域长度；

KL2[I]—表示第I根杆件右端(大号端)刚性域长度；

(I=1,2,...,M)

(十二)NT,FT,WT

其中：

NT—表示自由度受到约束的结点个数(固定端除外)。对按半个结构计算的结构，填写对称面上的结点个数。

FT—表示约化质量的指标。对每个可动点来说有六个自由度，相应六个质量分量：MX,MY,MZ,IX,IY,IZ；其中前三个是线位移质量分量(数值相等)，后三个是转动惯量分量，一般计算时为简化起见可不计，来程序中FT允许下列三种取法：

FT=1：表示 $IX=IY=IZ=0$ (垂直、水平振动都计算)

FT=2：表示 $IX=IY=IZ=MZ=0$ (只算水平振动)

FT=3：表示 $IX=IY=IZ=MX=MY=0$ (只算垂直振动)

WT表示结构计算形式的参数。

WT=1：表示按整个结构计算。(如：算非对称结构)。

WT=2：表示取对称结构的一半作为计算模型，依次完成对称和反对称的各项计算。

WT=3：表示取对称结构的一半作为计算模型，但只作反对称的各项计算。

荷载组合信息HZ与WT对应的计算内容请见下表：

动 力 部 份	WT=1		WT=2		WT=3	
	1.自由振动计算；		1.对称自由振动计算；		1.反对称自由振动计算；	
	2.Z向强振计算；		2.Z向强迫振动计算；		2.X向强迫振动计算	
	3.Y向强振计算；		3.Y向强迫振动计算；			
	4.X向强振计算；		4.Y向地震计算；			
	5.Y向地震计算；		5.反对称自由振动计算；			
	6.X向地震计算；		6.X向强迫振动计算；			
			7.X向地震计算；			
静 力 部 分	WT=1		WT=2		WT=3*	
	HZ>0	不分对称与反对称，分别计算各组荷载下的内力。	1.计算HZ1组对称荷载。 2.计算HZ2组反对称荷载。		只算HZ2组反对称荷载；	
	HZ=0	/	/		/	
	HZ=-1	只算自重	对称计算时，算自重； 反对称计算时，空运行；			
	HZ=-2	1、自重计算； 2、单向恒载计算； 3、双向恒载计算； 4、短路力矩计算	1、自重计算； 2、对称单向恒载计算； 3、对称双向恒载计算； 4、反对称双向恒载计算； 5、反对称双向恒载计算； 6、短路力矩计算；			

(十三)约束状态信息:

KNT[1:2,1:NT]

只有当NT>0并且WT=1时才输入此数据段。第一维表示受约束的点号;第二维表示受约束点的特征数。(详见“几点注意事项”中1的说明)。

以上(十三)段数据,描述了结构的几何尺寸,物理特征,输入这些数据后,程序即可进行自由振动计算。同时,上述数据也是静力分析所必须的。

(十四)强迫振动总信息:

AMPLI,QQ,ADDQ,IND,RN,DAM,R,

其中:

AMPLI—阻尼信息。填0表示按无阻尼理论计算;填1表示按索氏阻按索氏阻尼理论计算;填2表示按粘滞粘阻尼理论计算。

QQ——干扰力个数。

ADDQ——选择振幅计算内容的信息。

当ADDQ=1表示计算平方和开平方的振幅,(按规范的要求)

当ADDQ>1表示计算平方和开平方与单机扰力的振幅,

当ADDQ前冠负号时,表示只输出扰力作用点的振幅,否则输出全部可动点的振幅。

IND—验算干扰力转速范围的信息。

IND=1表示从0开始至1.3倍工作转速为止,对其间每一自振频率验算强振振幅。

IND=2表示对0.2倍至1.3倍工作转速范围内的每一自振频率验算强振振幅。

IND=3表示对0.7倍至1.3倍工作转速范围内的每一自振频率验算强振振幅。

IND=4表示按输入的转速至1.3倍工作转速范围内的每一自振频率验算强振振幅。

IND=5表示按指定的转速初值,步长、终值,验算其间每一转速的强振振幅。

IND=6表示按照输入的RN个输入转速,验算强振振幅。对于IND=1—4时,除满足各自的要求外,还将验算工作转速下的振幅。

注意:当AMPLI=0时(即按无阻尼理论计算),不得按自振频率验算强振。

RN—当IND≤5时,填工作转速的1%,当IND=6时,填需要验算转速的个数。

RN=0,表示不作强振计算。

GAM——对钢筋混凝土结构均填0.125(索氏阻尼系数)。

对于不同的AMPLI值,程序将自动对GAM进行修改。

R5—扰力幅调整因子。即扰力随转速变化的幂指数。本程序规定强振所采用的干扰力按下列公式计算:

验算转速 R5

$$P[I] = QV[I] \times (-----)$$

工作转速

式中：I为扰力序号；QV[I]为第I个扰力工作转速时的力幅，P[I]为第I个扰力在“验算转速”时的力幅。

一般而言，当工作转速 ≤ 3000 转/分时，各扰力的力幅按其频率比值的平方进行力幅调整，即R5=2。若扰力不随转速变化，则：R5=0。

(十五) 扰力荷载信息数组：

(1) QXX[1:2,1:QQ]

第一维表示扰力作用的结点号：

第二维表示扰力作用的方向，X向填1；Y向填2；Z向填3。

当WT=1时。或当WT=2时，扰力方向均填3，即先算Z向强振，当算Y向或X向强振时，程序自动将所有方向改为2或1。

当WT=3时扰力方向填1（若填的不是1，则程序自动改为1）。

(2) QV[1:QQ]

表示工作转速时相应各扰力幅值。按“动规”规定计算。

例：图二中，按对称结构的一半计算，在对称面上的4,7,10三点上，各有转子重量为20KN,40KN,10KN,（或2T,4T,1T）因按半个结构计算，所以对对称面上各点转子重量也只能考虑一半，分别为10KN,20KN,5KN,（或1T,2T,0.5T）。

这样在算Z向强振填写：QXX:4, 7, 10,3,3,3,

QV 2.0,4.0,1.0(或0.2,0.4, 0.1)

QV为0.2倍转子重量。当算Y向强振时，程序自动将QXX的第二维全变为2，将QV的每一个值除以2,（即0.1倍转子重量）。当算X向强振时，程序自动将QXX的第二维全变为1,而QV值仍恢复到0.2倍转子重。

(十六) 对应IND=4(5,6)时才需要的输入，当IND=4,输入简变量AFY,表示进行强计算的起始转速：AFY

当IND=5时，输入三个简单变量，分别表示强振验算的起始转速，步长、终止转速：

AFY,AFZ,GJD

当IND=6时，输入数组RPV[1:RN],表示需作强振验算的指定转速：

RPV[1:RN]

RN此时为需验算转速的个数。

(十七) 地震计算信息：DZH[1:9]

(十七)地震计算信息：DZH[1:9]

- DZH[1]— 地震烈度。若小于7度地震，则程序自动不进行地震计算。
DZH[2]— 场地土类别。
DZH[3]— 周期折减系数。
DZH[4]— 填0表示近震，填1表示远震。
DZH[5]— X向地面加速度投影。
DZH[6]— Y向地面加速度投影。
DZH[7]— 所需水平振型(X向和Y向)的总个数。
DZH[8]— 地震结果输出信息。填零表示一般正常输出，即只输出地震频率及其内力包络，不输出各阶位移及内力。
填1表示除正常输出外还输出每阶地震位移。填2表示正常输出外还输出每阶地震位移及内力。
DZH[9]— 抗震等级KZD(等待静力部份定稿后再加此项)
KZD=0 表示6度以下的地震
KZD=1 表示一级抗震
KZD=2 表示二级抗震
KZD=3 表示三级抗震
KZD=4 表示四级抗震

当WT=1或2时，程序总是进行两次地震计算。第一次按DZH[5],DZH[6]所给的加速度方向计算，第二次自动将DZH[5]与DZH[6]的值互换后，再进行计算，为了先计算Y向地震，再计算X向地震，程序自动应填写：

DZH[5]=0,DZH[6]=1。

静力部分数据：

在微机上，动计算结束后，动力包络存在中间文件中，然后输入静力数据文件，文件的(一)段至(十三)段同动力数据文件，并在后面加上以下数据段，形成静力数据文件，而对VAX对只形成一个数据文件。

(十四)荷载总信息：

HG[1:JS]

荷载个数数组。HG[I]表示第I组荷载的个数。(I=1,2,...,JS)

对于不同的HZ,有不同的JS值：

当 $HZ > 0$	当 $HZ = -1$ 时	当 $HZ = -2$ 时	
则 $JS = HZ1 + HZ2$ 其中: $HZ1$ 为对荷载组数。 $HZ2$ 为反对荷载组数。	则 $JS = 1$	$WT = 1$ 时, $JS = 3$ HG[1] 填单向恒荷载的个数。 HG[2] 填双向恒荷载的个数。 HG[3] 填短路力矩荷载的个数。 不足 3 组荷载的 应填 0 补足	$WT = 2$ 时, 则 $JS = 5$ HG[1] 填对称单向恒荷载的个数。 HG[2] 填对称双向恒荷载的个数。 HG[3] 填反对称单向恒荷载个数。 HG[4] 填反对称双向恒荷载的个数。 HG[5] 短路力矩荷载个数。 不足 5 组荷载的, 应填 0 补足

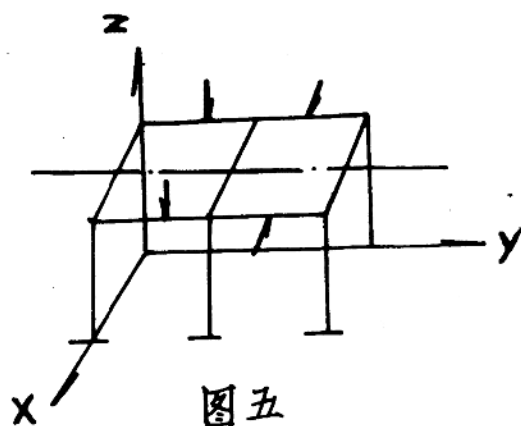
应该注意: 对 $WT = 2$ 情况, 本段数据需要输入两次, 第一次在对称单向恒载信息之前输入, 第二次在反对称单向恒载信息之前输入。

单向恒载—是指只可能在一个方向发生的荷载。例: 自重、设备重产生的荷载。

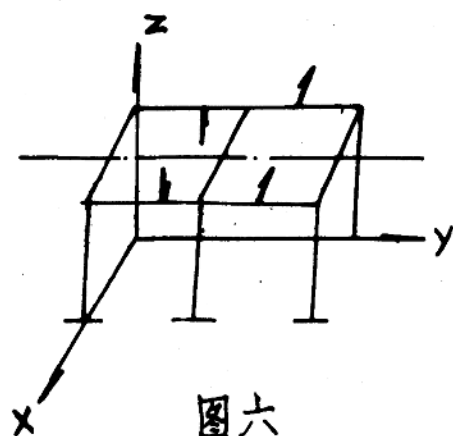
双向恒载—是指正反两个方向都有可能发生的荷载。例: 管道推地震等产生的荷载。

对称荷载—指对于总坐标 Y 轴对称的荷载。如图五。

反对称荷载—指对于总坐标 Y 轴反对称的荷载。如图六。



图五



图六

(十五)荷载信息数组：(每组荷载对应于一个数据段，若按<动规>组合：

当WT=1时应有3个数据段，当WT=2时，应有5个数据段)

HX[1:T,1:5]

其中：T表示某组荷载的总个数即HG[I]。

HX[J,1]—第J个荷载所在的杆号。

HX[J,2]—第J个荷载的方向。(按总坐标方向填)X向填1；Y向填2；Z向填3。

HX[J,3]—第J个荷载的大小或线密度(对分布荷载而言)符号规定：

与总体坐标系同向为正，反向为负。对于集中力矩，按右手法则表示成向量。当该向量的方向与总体坐标系同向时为正，反向为负。

当填温度荷载时，用温差(度)代替此项。若升温方向与总体坐标同向时温差值为正，反之为负。

HX[J,4]—第J个荷载作用点距左端之距离。当荷载连续分布时，荷载终端距左端之距离。温度荷载填线膨胀系数(混凝土为：0.00001)。

HX[J,5]—第J个荷载的荷载类型。

1—表示垂直于杆轴的集中力。

2—表示垂直于杆轴的均布荷载。程序规定：

均布荷载起点只能在杆件左端，终点可以任意。

3—表示三角形分布荷载。

规定刚性区上不允许有三角形荷载，即三角形荷载的起点只能在净跨的左端。

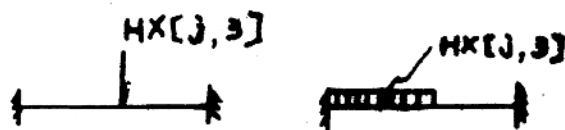
4—表示集中力矩。

5—表示杆件两边的温差荷载。

6—表示集中扭矩。

7—表示全杆均匀升温。

8—表示平行杆轴线的集中轴力。



恒载包括：自重(程序可自动计算，也可手算输入)，设备重、汽缸温度膨胀力、管道推力、凝汽器真空吸力、温差产生的荷载等。

填表格式举例说明：如图七所示。