

多层及高层建筑结构 空间分析程序

TBSA用户手册



中国建筑科学研究院高层建筑技术开发部

3.87221

73.87221
8909051

多层及高层建筑结构空间分析程序
TBSA用户手册

李 丹 编著

一九八九年四月

前 言

近年来, 复杂体型的高层建筑结构形式日益增多, 这种结构受力复杂, 工作状态是互相关联的空间形式。要较真实地反映结构的工作受力性质, 就需要有能较精确反映建筑结构空间工作的计算机程序, TBSA 就是这样一种建筑结构空间分析程序。它适用于各种建筑结构形式, 对于结构平面无任何限制, 可在 IBM-PC/XT、AT、386 及各种兼容机上运行, 也可在 68000 和 VAX 机上运行。

TBSA 的力学模型是依据《混凝土结构设计规范》(GBJ10-88) (以下简称新《规范》) 建立起来的, 程序的编制是以多年对高层建筑结构计算、研究、试验和设计经验为基础, 考虑了各种工程要求及新《规范》的构造规定。通过与国外空间分析程序的比较, 确认了本程序的正确性及可靠性。TBSA 程序已应用于国内近百个高层建筑结构的分析设计, 并被近百个设计单位引进使用。

该程序的主要特点是前后处理功能强、数据输入简单。对一个熟练者来说, 从拿到结构平面图到输出打印配筋结果, 一幢二十层的高层建筑只需二、三天时间。荷载的分配由程序自动进行。输出的结果可直接用于绘图, 极大地减轻了设计人员的劳动强度, 加快了设计周期。

该程序是高层建筑咨询、计算和设计软件包的主体部分, 今后程序的前处理功能还将包括高层建筑专家咨询、校核系统以及几何数据自动生成。结构分析部分还将有高层建筑局部有限元分析: 整体结构计算完后, 可按用户的要求对局部进行有限元分析, 自动划分网格, 确定边界条件。还有高层建筑地基分析、配筋等等。后处理功能为高层建筑结构的梁、柱、墙的配筋作图, 绘出实用的施工配筋图, 及梁表、柱表。

目 录

前言

第一部分 输入信息说明	(1)
一、功能简介	(1)
二、基本假定、单位制、坐标系的建立	(3)
三、计算简图的确定	(4)
四、对称性的利用	(7)
五、输入数据的填写	(8)
六、数检说明	(24)
七、绘图说明	(26)
八、自动导荷载程序ADLOA使用说明	(27)
九、程序的使用说明	(35)
第二部分 TBSA输出结果说明	(39)
一、原始数据输出(几何数据)	(39)
二、内力及配筋输出	(39)
三、结构层水平位移及有关地震作用量的输出	(40)
四、内力及配筋输出	(41)
附录A 错误信息表	(49)
附录B 开口薄壁截面的几何描述	(56)
附录C 例题说明	(57)
附录D 建筑物混凝土用量计算程序CTBLD使用及输出说明	(61)
附录E 英文提示的中文翻译及说明	(63)
附录F 程序清单	(71)
附录G TBSA程序运行一般步骤	(72)

第一部分 输入信息说明

一、功能简介

TBSA是面向微机的高层建筑结构空间分析程序，可在IBM-PC/XT、AT、386、长城0520及各种兼容机上运行，适用于分析各种杆系和薄壁杆系（剪力墙）等结构。其计算能力为：结构最大层数可达70层，每层可设120根柱（节点），200根梁。如果需要，计算能力可方便地扩充。其主要特点包括：

1. 本程序考虑结构的空问效应，对结构进行空间分析，更真实可靠地反映结构的性能，采用空间杆——薄壁柱单元，可方便地用于分析结构布置复杂的结构。

2. 输入数据采用自由格式，结构自重和楼面分布荷载由程序自动生成荷载文件，数据输入量少，简单。用户只需按建筑结构平面图就可以准备数据，不需要其它草图，非常方便。

3. 输出结果以表格形式表示，设有多项选择开关，可由用户自己确定输出数据的内容，可详可简。

4. 有较强的前处理功能，有对输入数据进行较为全面检查的数检程序，只要通过数检，可保证节点连接基本合理，节点编号正确，各种数据在合理值范围内，在主程序的运行中不会产生数据错误。有强有力的图形显示功能，在屏幕上可清晰地再现各标准层结构平面，图形真实，便于进一步校核。

5. 可分块接力运行，有停止再恢复功能。可随时中断停机，而且还可随时再开机续算。即使全部运算结束，如果发现荷载输入有错，可改动荷载后，只运行与荷载有关的块。不需要再进行刚阵的形成与分解过程，省时、省力、十分方便。

6. 对于具有对称性的结构，可只算1/2或1/4，输入数据减少，节省机时。

7. 装配有带直角刚域的柱单元, 可方便地处理上下层柱形心不重合及多根柱与一根薄壁柱相接的情形。

8. 有根据输入角度自动转换坐标功能, 对于需计算不同角度方向受力的复杂结构, 只要改变输入角度, 即可进行多方向受力计算和配筋, 不需要重新准备数据。

9. 本程序根据即将公布的新《规范》编制而成, 对梁、柱和剪力墙皆进行了正截面强度和斜截面强度的验算, 并给出了配筋。也可根据74规范进行计算和配筋, 具有双功能。

10. 高层建筑结构计算前, 将楼面分布荷载和结构自重形成荷载数据是非常繁琐、工作量大、易于出错的工作, 占用数据准备的大部分时间, 本程序的自动导荷载功能可以把用户从这繁琐的工作中解放出来。本程序静活荷载数据的形成由程序进行, 由机器产生程序所需要的荷载数据文件, 用户所要做的事情只是通过屏幕和机器进行图形交互对话就可以了。程序提供了多种楼面荷载传递方式, 可供用户选择, 当然也可以根据用户自己的意愿, 人工生成荷载数据文件。这样可减少数据准备工作80%以上, 还防止出错返工, 重复计算。

11. 本程序对结构平面无任何限制, 用户只需按照结构平面图准备数据, 无需其它草图。先进的前处理功能和简洁的数据输入相结合, 使进行空间计算所需准备数据的量和时间远远少于进行平面计算准备数据的时间。一个二、三十层的高层建筑, 对于熟练者来说, 数据的准备和输入只需二、三天即可完成。使用本程序算一幢三十层高层建筑, 每层35根柱(薄壁柱)、七十根梁, 只需三小时左右即可完成, 计算速度快。

12. 在进行垂直荷载作用下的内力分析时, 可模拟施工过程进行。解决了一般程序中一次加载时, 对柱子轴向变形估计过大而引起的计算误差问题, 更真实地反映了结构的受力情况。

13. 本程序后处理功能可为用户直接选定梁、柱、墙的纵筋和箍筋的根数与直径。可利用打印机或绘图机输出结构的平面图, 并在图上标出梁、柱、墙的配筋值。简洁明瞭, 为用户节省

了大量的时间。

14. 程序配有斜柱单元，可求解具有斜支撑的结构。梁、斜柱具有固接和铰接两种方式，由用户选定。有圆柱单元，并且给出圆柱的配筋。

15. 程序可计算出梁（分主、次梁）、柱和墙的混凝土体积和重量。

16. 程序的数检不但可以指出错误，而且可指出错误产生的原因及如何修改，并可指出错误在数据的哪一行。

二、基本假定、单位制、坐标系的建立

假定楼板在平面内为无限刚性的。

单位制选用国际单位制：kN-m制

$10\text{kN}=1\text{t}$ （这里kN——千牛顿，t——吨）

选用右手坐标系，Z轴向上。建立坐标系时结构的总体坐标系原点可选在任意位置。考虑对称性计算时，坐标轴必须和对称轴一致。坐标轴应尽可能选择与大部分柱局部坐标一致的方向，便于数据的准备（图1-1）。

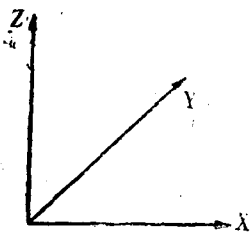


图 1-1

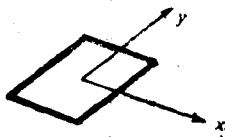


图 1-2

普通柱的局部坐标原点在柱截面形心处，分别选取两形心主惯性轴为x、y轴（图1-2）。

薄壁柱的局部坐标的选取由程序自动进行，用户不需计算。

三、计算简图的确定

1. 层数的划分

按一般设计习惯，从下向上划分，最底层为第一层，向上分别为第二、第三层等，依次类推。

使用TBSA程序仅需提供结构各标准层的平面图，以及对图上的梁、柱分别编号。标准层是指具有相同几何、物理参数的连续层，不论连续层层数多少，均称为一个标准层。

2. 编柱号

为减少数据输入，编柱号时建议按下述原则进行：

(1) 先编各标准层中截面、位置皆不变化或变化少的柱（薄壁柱）的柱号。每标准层柱号皆从1开始。

(2) 每标准层的无柱联节点号接柱号后编排。

无柱联节点指在第 $k+1$ 层某处有柱，在第 k 层此处无柱的情况，图1-3中节点J对第 k 层就是无柱联节点；或指仅有梁相交无柱相联的节点，可认为无柱联节点为一虚柱。

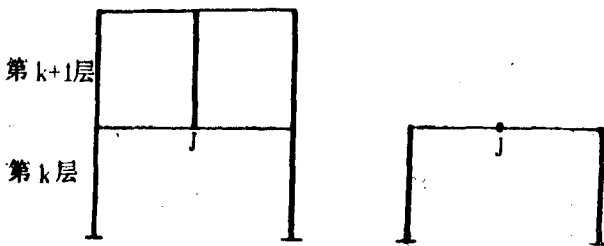


图 1-3

3. 拐角刚域和柱下端号

本程序设有下端带拐角刚域的柱（薄壁柱）单元，解决上下

层柱形心不重合，或多根柱接在一薄壁柱上，或具有不同几何截面的薄壁柱相连接等情况。有拐角刚域柱(薄壁柱)的填写是柱下端号填成负值。拐角刚域值由数检程序计算，即对带有拐角刚域的柱(薄壁柱)，在开始填表时用户只需将柱(薄壁柱)下节点号填成负值，DI、DJ填零。数检时，数检程序将检查拐角刚域的正误，如果DI、DJ不正确，数检程序将指出，并给出正确的DI、DJ值。用户可根据数检程序指出的拐角刚域值重新填写DI、DJ。

以下四种情况时需加拐角刚域：

- (1) 上下层普通柱形心不重合(图1-4)。
- (2) 多根普通柱接在一薄壁柱上(图1-5)。
- (3) 上下层相接的薄壁柱截面变化(即两根薄壁柱剪心不同)。
- (4) 多根薄壁柱同一根薄壁柱相接。

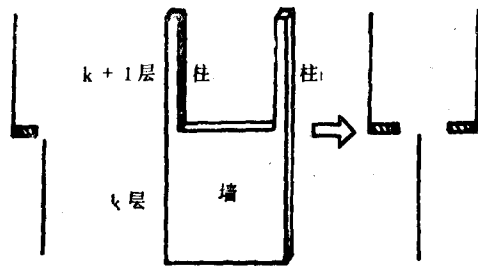


图 1-4

图 1-5

柱下端号的取法：相应的第k标准层的柱和第k-1标准层哪一根柱(或无柱联节点)相接，就取其柱号作为第k层相应的柱下端号，允许多根柱(薄壁柱)和一根薄壁柱相接。

4. 编梁号

编梁号可任意。原则是先编几何尺寸、位置在各标准层中无变化或变化少的梁，以减少数据输入。

5. 编号示例

图中##(##)形式为：括号外是柱号，括号内是柱下端号。

(1) 有“无柱联节点”的情况

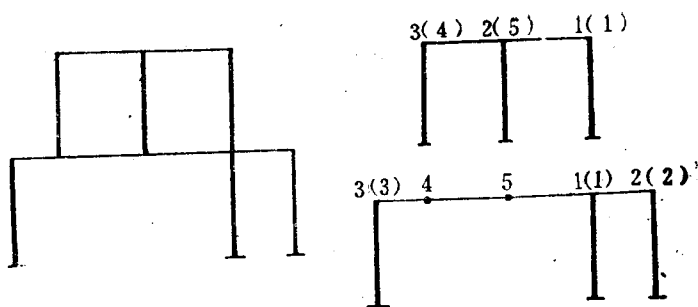


图 1-6

(2) 有拐角刚域的情况

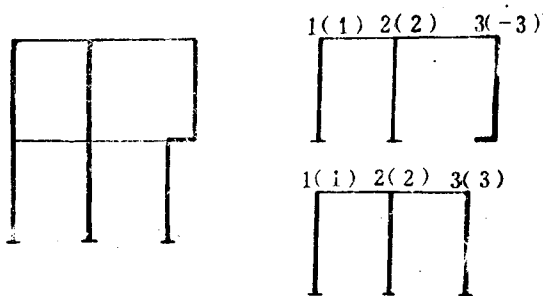


图 1-7

(3) 多根带拐角刚域的柱和一根柱相接

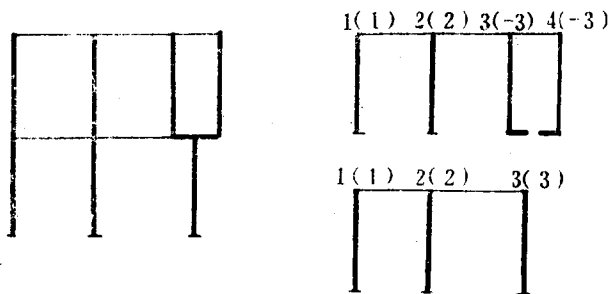


图 1-8

(4) 框支剪力墙

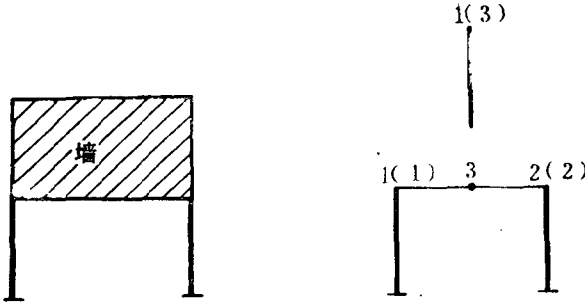


图 1-9

四、对称性的利用

如果结构具有双轴对称或单轴对称的性质，则可只计算 $1/4$ 或 $1/2$ ，相应的输入数据时应注意以下几点。

处于对称轴上的柱（薄壁柱），垂直力填 $1/2$ ，几何尺寸按全截面给出。

处于对称轴上的梁，垂直力只输入 $1/2$ ，梁宽填 $1/2$ 梁宽，输出结果乘 2 。

处于对称轴上的斜柱，柱宽填 $1/2$ 柱宽，结果乘 2 。

水平力和各层质量的输入，对只算 $1/4$ 或 $1/2$ 的情况，则分别只输入各层水平力和质量的 $1/4$ 或 $1/2$ 。

如果只有一个对称轴，则 X 轴放在对称轴上。

当结构具有对称性质或近似对称时，建议尽量利用结构的对称性，这样可使输入数据和输出结果减少 $1/2$ 或 $1/4$ ，计算速度也相应地提高。

对图1-10所示结构，梁 B_3 跨过对称轴，此时可将 B_3 在对称轴处截断，截断处设一无柱联节点 C_4 。

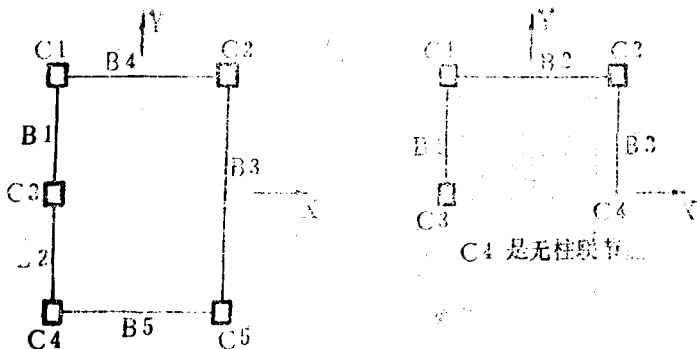


图 1-10

五、输入数据的填写

输入数据采用自由格式，以 I ~ N 为开头的变量为整型数，必须以整型输入，其它可用整型或实型数输入。数据间用逗号 (,) 隔开，每行数据间和结束后不应留有空格和空行。

数据分三类，分别为总体信息，几何信息和荷载信息。

几何数据按标准层逐层输入，从下往上依次进行。在当前标准层中有与前一标准层各项数据皆相同的柱、薄壁柱、无柱关节点和梁皆可省略不输入。在输入中要注意以下几点：

(说明：对下述注意事项如果不清楚也可不看，数据输入不正确时，数检程序可指出并说明如何改正。)

① 柱(薄壁柱)、无柱关节点和梁的输入按编号由小到大顺序输入。与上一层相同者可不输入。但每层具有最大编号的柱(薄壁柱)、无柱关节点和梁必须输入，即有编号 $LCO = MCOWA$ 的柱(薄壁柱)和 $LCO = MNODE$ 的无柱关节点必须输入。先输入柱(薄壁柱)，然后输入无柱关节点。

② 对薄壁柱的省略输入必须给予充分注意，薄壁柱的数据在程序内是整体存储的。假如在当前层中第二十根柱是薄壁柱，

与前一标准层的第二十根柱数据完全一致。如果在当前层前十九根柱中有五根薄壁柱，那么在前一层前十九根柱中也必须有，而且只有五根薄壁柱，并且类型，数据完全一致时，在当前层中的第二十根柱（是薄壁柱）才可省略不输入。为少输入数据。编柱号时可先编薄壁柱后编普通柱，先编上下贯通的薄壁柱。详细说明请参阅第三节“计算简图的确定”。对普通柱不存在上述问题，只要各项相同，就可省略不输入。

总 体 信 息

（总体信息和几何信息存放在文件名为STRUC的文件中）

(1—) NST, MST, NFL, LAQ, LEA, JZ, Uw, Sy,
Sw, KI1, KI2, Angle, Tz, XD, YD, WT

NST——总层数。NST \leq 70。（说明：当选购的是30层或45层版本时，NST \leq 30或NST \leq 45。）

MST——标准层层数。

NFL——需打印的层数。（说明：该参数在运行TBS74或TBS88前可改变，而TBS74或TBS88可多次运行。所以用户不需设定NFL=NST，特别是当工程比较大时。）

LAQ——地震烈度，取值6、7、8或9。非地震区填6。

LEA——场地土类型，取值1、2、3或4。4类仅对新规范而言。

JZ——近震取值1，远震取值2。采用“74规范”时，JZ=0。

- Uw——剪力墙竖向分布筋的配筋百分率，取值0.15~0.5。
- Sy——墙、柱和梁的钢筋级别，填±1，±2，±2.28，±3。热轧钢筋取正值，冷拉钢筋取负值。II级钢筋分两种， $d \leq 25$ 的可填±2， $d = 28 \sim 40$ 的可填±2.28。例如I级冷拉钢筋 $Sy = -1$ 。
- Sw——墙分布钢筋的级别，填法如上所注。
- KI1——柱的抗震等级，取值1，2，3。非地震区填3，采用74规范时填1。
- KI2——墙的抗震等级，取值1，2，3。非地震区填3，采用74规范时填1。
- Angle——坐标转角（弧度）， $ABS(Angle) \leq \pi$ 。该参数用于需进行多方向侧向力作用验算的复杂结构。当 $Angle = 0$ 时，侧向力作用方向与所选的坐标轴向一致。当 $Angle \neq 0$ 时，侧向力作用方向也随着旋转Angle。这里侧向力指风力或地震力。当需进行不同角度受力分析时，只需改变STRUC文件中的Angle值和LOADS文件中的风力值（因方向变化，体型系数也随着改变），运行数检程序CHKTB，数检通过后即可运行主程序进行计算。Angle的正负值由图（1-11）确定：

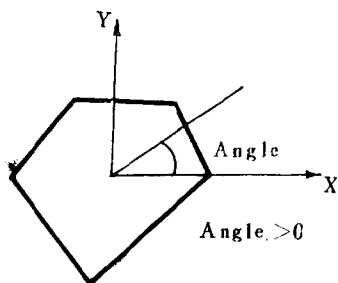


图 1-11

T_z ——周期折减系数, $0.4 \leq T_z \leq 1$ 。当场地土类型介于 1, 2 或 2, 3 或 3, 4 之间时, 也可利用此参数调整地震力, 这是因为地震影响系数 α 与周期和场地土皆有关。(请参考现行抗震规范)。

说明:

$$\alpha = \begin{cases} \frac{0.2\alpha_{\max}}{T \cdot T_z} & (\text{I类场地土}) \\ \frac{0.3\alpha_{\max}}{T \cdot T_z} & (\text{II类场地土}) \\ \frac{0.7\alpha_{\max}}{T \cdot T_z} & (\text{III类场地土}) \end{cases}$$

当场地土类型为 2.5 类时, $\alpha = \frac{0.5\alpha_{\max}}{T \cdot T_z}$ 。虽然是 2.5 类场地土, 但填成 II 类, 则 $\alpha = \frac{0.3\alpha_{\max}}{T \cdot T_z}$, 这时 $\frac{0.3}{T_z} = 0.5$, $T_z = \frac{0.3}{0.5} = 0.6$ 。也就是说, 2.5 类场地土, 填 II 类, T_z 填 0.6, 则求得的就是相当于 2.5 类场地土的地震力。

T_z 只对地震力计算起作用, 对周期计算不起作用。对于同一结构, 不管 T_z 填何值, 周期皆不变化。对于新《规范》, 当场地土类型是非整数时, 也可用上述办法调整地震力, 但要注意 α 的公式不同。

XD, YD ——结构位移参考点坐标 (m), 填结构形心坐标, 形心坐标上、下层不一致或位置不确切时, 可填一个近似值。该值的含义是结构在扭矩作用下有一不动点, 结构的位移应相对此点而言, 该不动点就是结构的形心。

WT ——结构构件 (梁、柱、墙) 的容重, kN/m^3 。

(2—) $KQO, KS_1, KS_2, BEK, BEC, BEZ, RAT,$
 NAT, PST, KT

KQO —— $0.2Q_0$ 剪力调整信息, 0 不调整, 1 调整。调整时, 对 $Q_k < 0.2Q_0$ 的楼层, 各层框架柱的总剪力取 $1.5Q_{k_{\max}}$ 和 $0.2Q_0$ 中的较小值。这里 $Q_{k_{\max}}$ 是各

楼层框架柱总剪力中的最大值。对于框架结构或剪力墙结构不能进行调整。

KS1—— $0.2Q$ 剪力调整开始楼层号。不调整时填1。

KS2—— $0.2Q$ 剪力调整截止楼层号。不调整时填1。

BEK——竖向荷载下梁端弯矩调幅系数，一般为 $0.7\sim 1.0$ ，不调时填1。此参数对和无柱联节点相连的梁端不起作用。

BEC——连梁刚度折减系数，一般为 $0.55\sim 1.0$ ，不折减时填1（连梁即一端或两端与薄壁柱相接的梁）。

BEZ——梁刚度增大系数（考虑翼缘作用），一般为 $1.0\sim 2.0$ ，不增大时填1。

RAT——突出屋面小楼地震力放大倍数，当采用3个振型进行组合时，可以考虑 $RAT=1.5$ 的放大系数；当采用6个振型进行组合时，一般可以不考虑地震力放大， $RAT=1$ 。

NAT——突出屋面小塔楼起算层数。无塔楼填1。

PST——层重计算信息， $PST=0$ 时，每楼层重量用户需正确输入， $PST>0$ 时，层重由机器自动计算，计算出的层重不放大时取 $PST=1$ ； $PST>1$ 时，层重放大； $PST<1$ 时，层重折减。计算出的层重用于地震力的计算。层重在TBSA2.OUT中输出。

KT——振型数，取3或6。但是KT必须小于或等于总层数NST。当结构只有两层时，本程序不能用于抗震计算。对于结构形状无突变或层数不多的建筑，建议选3以便节省计算时间。不做抗震计算时填3。

(3—) CZ, Sc, Sb, Sw, Uc, Ubo, Ubi, Uw, Ubv

CZ——结构影响系数，取值 $0.25\sim 0.45$ 。采用新《规范》时填0.25。

- Sc——柱箍筋间距，取值10~50cm。
- Sb——梁箍筋间距，取值10~50cm。
- Sw——墙横向分布筋间距，取值10~50cm。
- Uc——柱的最小配筋率，取值0.5~1.0。采用新《规范》时填0.5。
- Ubo——梁跨中截面最小配筋率，取值0.15~0.3。采用新《规范》时填0.15。
- Ubi——梁支座截面最小配筋率，取值0.15~0.3。采用新《规范》时填0.15。
- Uw——剪力墙暗柱最小配筋率，取值0.5~1.0，采用新《规范》时填0.5。
- Ulv——梁的最小配筋率，取值0.2~0.9。采用新《规范》时填0.2。

说明：

1. 当采用新《规范》时，Uc, Ubo, Ubi, Uw, Ubv, 不起作用，程序内定它们的值。

2. 该行数据和第(1—)行数据中与配筋有关的数据，如钢筋级别、配筋率和抗震等级等皆可在运行TBS74或TBS88前改变。因TBS74和TBS88可多次运行，结合打印层数NFL及打印层选择的改变，对每一层上述参数皆可不同。(注：CZ不能任意改变。)

(4—) MS(I), I=1, MST

MS(I)——第I个标准层所含的层数。

$$\sum_{I=1}^{MST} MS(I) = NST$$

(5—) NF(I), I=1, NFL (打印层选择，如果NFL=NST，则此项不填)

NF(I)——要打印的层号。例如某结构有五层，用户要打印第一、四层，则NFL=2，本项记录为1, 4。