

# 岩土工程中 CAD 与 ANSYS 联合建模的数据交换

黄小华,金艳丽

(广西电力工业勘察设计研究院,广西 南宁 530023)

**摘 要:**在岩土工程的建模中,常遇到向 ANSYS 已有模型中导入 CAD 图形的情形。对这一情形产生的 ANSYS 模型与 CAD 图形间数据交换问题进行了详细分析。对交换问题进行了分类,并提出了相应的解决办法,然后用 ANSYS 的 APDL 语言和 CAD 的 Autolisp 语言分别实现了这些办法。最后,通过两个简单实例验证了这些办法的有效性。

**关键词:**CAD; ANSYS; 建模; 数据交换

**中图分类号:**TU4 **文献标识码:**A **文章编号:**1004—5716(2009)12—0009—04

## 1 概述

CAD 作为专业的图形设计软件,以强大的图形造型技术和实体建模能力被广大设计工作者所采用。ANSYS 作为专业 CAE 软件,以先进的计算方法和良好的可靠性、开放性被广泛应用于机械、航空航天、能源、交通运输、土木水利工程、生物医学等领域的计算分析中。当需要将 CAD 设计出的图形作为 ANSYS 计算分析的对象时,自然地产生了 CAD 与 ANSYS 之间的数据交换问题。一般地,ANSYS 为 CAD 软件提供了接口,利用这些接口,能将 CAD 的图形文件导入 ANSYS 软件中,大量文献<sup>[1-4]</sup>对此进行了详细的介绍。实质上,这一过程是将 CAD 的图形造型功能完全取代 ANSYS 的建模能力。

但在岩土工程的建模中,我们常遇到向 ANSYS 已有模型中导入 CAD 图形的情形,如向 ANSYS 的地下厂房模型中仅导入 CAD 的地形等高线、断层等。因此产生了 ANSYS 已有模型与 CAD 模型间的数据交换和统一问题。根据两模型间内在联系,此问题可细分为以下两类导入问题:

I 型导入问题是导入的 CAD 模型与 ANSYS 模型(或 ANSYS 模型的平面部分)原本同属于一张 CAD 图纸,即它们本来具有同一个 CAD 坐标系,只是现在 ANSYS 模型选择了自己的坐标系,于是,这种导入的 CAD 模型需转换到现在的 ANSYS 模型坐标系下。如地下厂房平面布置的 CAD 图纸常包含地形等高线、断层等,当在 ANSYS 中创建地下厂房的三维模型后,需将原 CAD 图中的地形等高线导入此 ANSYS 模型中,此时将遇到这类问题。

II 型导入问题是导入的 CAD 模型与 ANSYS 模型(或 ANSYS 模型的平面部分)原本不同属于一张 CAD

图纸,但此 CAD 模型是与 ANSYS 模型所在的 CAD 图纸有种内在联系。如在水电站地下厂房的稳定性计算中,需导入地层数据以形成相应的覆盖层。地层数据常相对地质剖面方式单独保存为一 CAD 文件,而地质剖面的位置被标识在地下厂房平面布置的 CAD 图纸中。

下面就这两类导入问题分别给出解决办法。

## 2 联合建模的 I 型导入问题

实质上,联合建模的 I 型导入问题涉及两种软件系统下模型坐标系的统一问题。解决这类导入问题的办法有以下两种:

(1) 在输出 CAD 图形文件前,利用 CAD 的平移和旋转工具,将 CAD 图形的坐标系与 ANSYS 模型坐标系完全一致,然后将图形输出到 ANSYS 中;

(2) 按默认输出 CAD 图形文件后,建立 ANSYS 模型坐标系与 CAD 模型坐标系的联系,然后用 ANSYS 的 APDL 语言实现这一联系,从而将导入 CAD 图形移动到正确的位置。

对于类型 I 的导入问题,将详细介绍采用上述第二种解决方法的具体实施过程,包括首先从理论上建立 CAD 模型与 ANSYS 模型之间的联系,并用 ANSYS 的 APDL 语言实现这一联系。

如图 1 所示,假定 CAD 模型坐标系 XYZ 与 ANSYS 模型坐标系 X'Y'Z'具有以下关系:

- (1) 两坐标系的 Z 轴和 Z'轴平行;
- (2) 在坐标系 XOY 下,坐标系 X'O'Y'原点 O'的坐标为( $x_0, y_0, z_0$ ),且坐标轴 OX 逆时针方向转到 O'X'的角度为  $\theta$ 。

按默认输出 CAD 图形文件后,图形在坐标系 XYZ 下的坐标为已知,需要求解对应点在坐标系 X'Y'Z'下的坐标。假定空间任意点 XYZ,它在坐标系 XYZ 与 X'

$Y'Z'$  的坐标分别记为  $(x_A, y_A, z_A)$  和  $(X_A, Y_A, Z_A)$ , 根据矢量关系有:

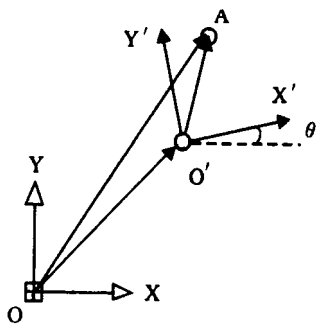


图1 CAD与ANSYS模型坐标系

$$OA = OO' + O'A \quad (1)$$

则:

$$O'A = OA - OO' = \{e_1, e_2, e_3\} \begin{Bmatrix} x_A - x_0 \\ y_A - y_0 \\ z_A - z_0 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

在坐标系  $X'Y'Z'$  有:

$$O'A = \{e'_1, e'_2, e'_3\} \begin{Bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{Bmatrix} \quad (3)$$

式中, 矢量  $e_i (i=1, 2, 3)$  为坐标系  $XYZ$  的坐标基矢量; 矢量  $e'_i (i=1, 2, 3)$  为坐标系  $X'Y'Z'$  的坐标基矢量。根据上述假定, 有:

$$\{e_1, e_2, e_3\} = \{e'_1, e'_2, e'_3\} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

将式(4)代入式(2), 并根据式(3)得:

$$\begin{Bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_A \\ y_A \\ z_A \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{Bmatrix} \quad (5)$$

式(5)表示任意点  $A$  在两坐标系下的坐标转换关系。根据计算的优先等级, 在 ANSYS 中, 该坐标转换可通过以下两步来实现:

(1) 按默认输出 CAD 图形文件后, 首先平移 CAD 图形, 其平移距离为  $(-x_0, -y_0, -z_0)$ ;

(2) 将平移后的图形绕  $Z$  轴逆时针转动角  $-\theta$ 。

下面解释步骤(2), 即为什么绕  $Z$  轴逆时针转动角  $-\theta$ , 而非  $\theta$ 。假定:

$$\begin{cases} r = \sqrt{(x_A - x_0)^2 + (y_A - y_0)^2} \\ \varphi = \arctan\left(\frac{y_A - y_0}{x_A - x_0}\right) \end{cases} \quad (6)$$

则:

$$\begin{cases} x_A - x_0 = r \cos(\varphi) \\ y_A - y_0 = r \sin(\varphi) \end{cases} \quad (7)$$

将式(7)代入式(5)得:

$$\begin{Bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} r \cos(\varphi) \\ r \sin(\varphi) \\ z_A - z_0 \end{Bmatrix} = C \begin{Bmatrix} r \cos(\varphi) \\ r \sin(\varphi) \\ z_A - z_0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} r \cos(\varphi - \theta) \\ r \sin(\varphi - \theta) \\ z_A - z_0 \end{Bmatrix} \quad (8)$$

式(8)右式表明, 坐标转换矩阵  $C$  作用于点  $[r \cos(\varphi), r \sin(\varphi), z_A - z_0]$  后, 该点坐标角由  $\varphi$  变成了  $\varphi - \theta$ , 则该点绕  $Z$  轴逆时针转动角  $-\theta$ 。

这两步用 ANSYS 的 APDL 语言实现如下:

```
LSEL, NONE $ ASEL, NONE
FINISH $ /AUX15
IGESIN, 'CAD_fig', 'igs', ' ! CAD 图形文件
CAD_fig.igs
FINISH $ /PREP7
CSYS, 0 $ LGEN, , ALL, , , -X0, -Y0,
-Z0, , , 1
LOCAL, 11, 1 $ LGEN, , ALL, , , -Theta, , , 1
```

CSYS, 0 \$ ALLSEL \$ LPLT

为了方便, 称此 APDL 命令流为联合建模的 I 型导入命令流。

### 3 联合建模的 II 型导入问题

一般地, II 型导入问题会涉及 3 个或 3 个以上对象, 下面将通过导入 CAD 地层数据这一实际问题来具体介绍 II 型导入问题的解决过程。

如图 2、3 所示, 此问题共涉及 3 个对象: 一是 CAD 地质剖面线; 二是 CAD 地层数据; 三是地下厂房的 ANSYS 模型。这 3 个对象是依据 3 不同坐标系建立的, 而又相互联系的。其中, 地质剖面线是在 CAD 模型坐标系下建立的, CAD 地层数据是依据地质剖面线和高程坐标系建立的, ANSYS 模型是依据 CAD 模型某点坐标系建立的。

鉴于此, II 型导入问题的解决思路如下:

(1) 按第 2 部分介绍那样将 CAD 地质剖面线导入 ANSYS 模型中 (注意: CAD 地质剖面线的高程统一为 0);

(2) 利用 Autolisp 语言输出 CAD 地层数据文件。该文件除了应包含地层数据信息外, 还应包含与 ANSYS 结合的信息, 这里, 将采用 ANSYS 的 APDL 脚本

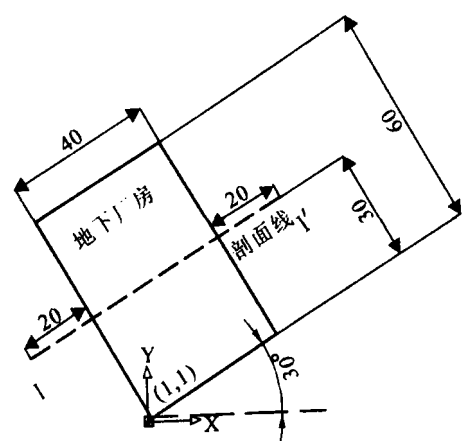


图 2 CAD 中的地下厂房(粗实线)和地质剖面线

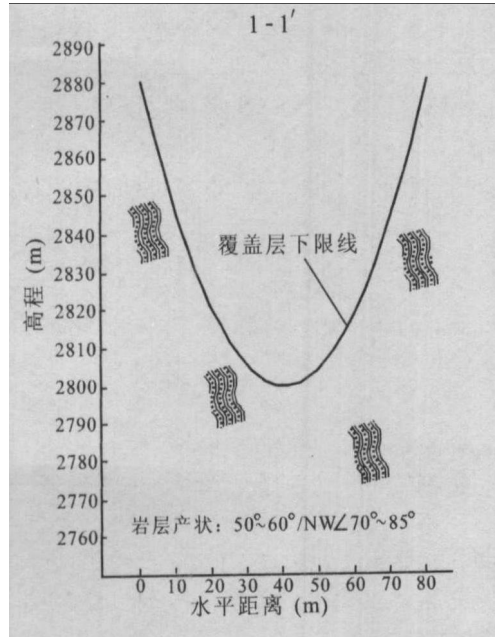


图 3 CAD 中的地层下限线

语言来构建该文件。图 4 显示了部分该文件的内容。

(3)基于导入的地质剖面线,在 ANSYS 中建立局部坐标系,其中,坐标原点取该地质剖面线的起点,坐标轴 x 沿该地质剖面线方向(正向为剖面线起点至终点方向)。坐标轴 y 沿高程方向(正方向为高程增加方向)。在此坐标系下,读入步骤(2)中新生成的 CAD 地层数据的 APDL 文件。

4 实例分析

实例 1:如图 5 所示,CAD 图形文件包含矩形 1 和矩形 2,其中,矩形 1 将在 ANSYS 中直接建模,而矩形 2 将通过 CAD 导入到 ANSYS 中。CAD 模型坐标系为 XOY,ANSYS 模型坐标系为图中 X'Q'Y'。下面介绍如何将 CAD 图形文件(矩形 2)导入 ANSYS 模型中。

(1)在 CAD 中建立矩形 2,如图 6 所示。将它输出

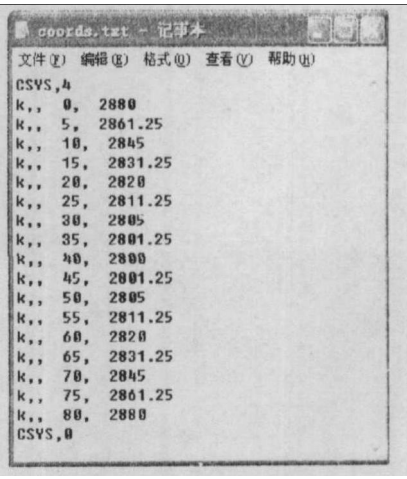


图 4 CAD 地层数据的 APDL 文件

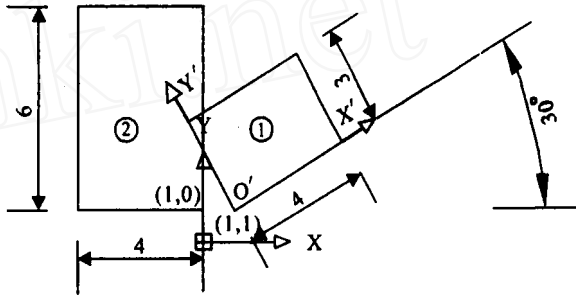


图 5 CAD 中的矩形 1 和矩形 2

为 CAD\_fig.igs 文件,并将其放置到 ANSYS 工作目录下。

(2)在 ANSYS 中建立矩形 1,如图 7 所示/PREP7 \$ RECTNG,,4,,3, \$ LPLLOT。

(3)按下面设定参数后,运行联合建模的 I 型导入命令流,结果如图 8 所示。

X0=1 \$ Y0=1 \$ Z0=0 \$ Theta=30

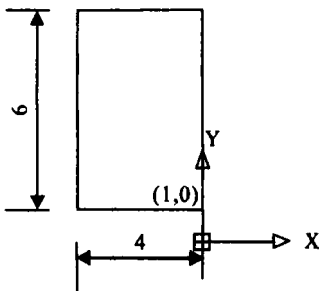


图 6 CAD 中的矩形 2



图 7 ANSYS 中的矩形 1

实例 2:将图 3 所示的 CAD 地层下限线导入 ANSYS 模型中,这里 ANSYS 模型指图 2 地下厂房,假定厂房所在高程为 2800~2845m,且图 3 的地层下限线为

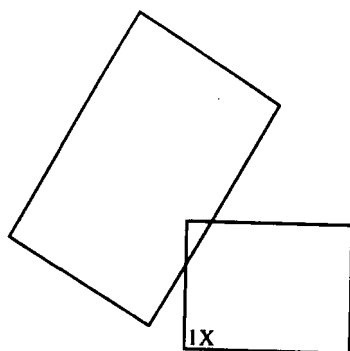


图8 ANSYS中的矩形1和矩形2

函数  $f[x]=2800+0.05 \times (x-40)^2 \text{m}$ ,  $x \in [0, 80]$ 。下面介绍如何将CAD地层下限线导入ANSYS模型中。

(1)在ANSYS中建立地下厂房

BLOCK,,40,,60,2800,2845,

(2)导入CAD地质剖面线,结果如图9所示。

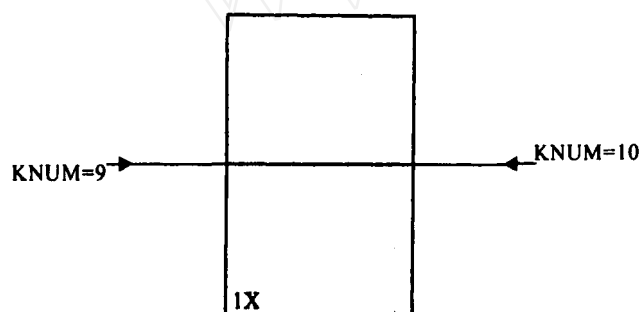


图9 ANSYS中的地下厂房和地质剖面线

(3)利用Autolisp语言输出CAD地层数据的APDL文件 coords.txt,如图4所示。

(4)读入下述APDL文件后,利用这些地层数据点在ANSYS中生成样条曲线,结果如图10所示。

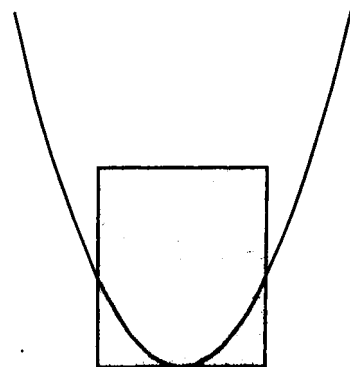


图10 ANSYS中的地下厂房和地层下限线

CSYS,0 \$ NUMSTR,KP,1000,

k,,kx(9),ky(9),10 \$ KWPLAN,-1,9,10,1000

/INPUT,'coords','txt'

## 5 结束语

关于CAD与ANSYS的联合建模,常见办法是将CAD完全取代ANSYS的建模功能,即利用CAD图形造型技术创建ANSYS分析所需的全部模型。

然而,在岩土工程的建模中,常遇到向ANSYS已有模型中导入CAD图形的情形。如仅导入CAD的地形等高线、断层等。对这一情形产生的ANSYS模型与CAD图形间数据交换问题进行了详细分析。根据被导入的CAD图形与ANSYS模型间内在关系,对导入问题进行了分类,并提出了相应的解决办法,然后用ANSYS的APDL语言实现了这些办法。最后,通过两个简单实例验证了这些办法的正确性。

不仅为CAD与ANSYS联合建模提供了理论依据和方法指导,而且用APDL和Autolisp实现了它们联合建模的快速和自动化。减少了建模所需的时间、精力,提高了建模效率。

这些工作将对今后岩土工程CAD与ANSYS的联合建模及类似工程的联合建模提供指导和借鉴。

## 参考文献:

- [1] 徐惠琳,杨帆,谢波. ANSYS与CAD联合建模时的数据接口及数据转换[J]. 山西建筑,2007,33(33):366-367.
- [2] 贾现召,季晔,张步斌,等. Pro/E与ANSYS之间三维模型数据交互方法[J]. 机床与液压,2008,36(2):146-148.
- [3] 郝钟雄. ANSYS与CAD软件的接口问题研究[J]. 机械设计与制造,2007(7):75-76.
- [4] 任晓莉,李力,廖湘辉. 基CAD软件的ANSYS实体建模[J]. 机械与电子,2004(10):77-79.

## Data Conversion of Models Using ANSYS and CAD in Geological Engineering

HUANG Xiao-hua, JIN Yan-li

(Guangxi Electrical Industry Investigation and Design Institute, Nanning Guangxi 530023, China)

**Abstract:** In geological engineering, it frequently occurs that CAD model is exported into ANSYS where another model has existed. The problem of data conversion and consolidation of two models is detailed discussed. Classification and method which is realized with APDL language of ANSYS to the problem are put forward. In the end, the method is validated by two practical examples.

**Key words:** CAD; ANSYS; modeling; data conversion