

文章编号:1005-0523(2003)02-0033-03

锅炉钢架分析软件的三维建模

张维锦, 徐海燕, 刘迎春, 曹志辉

(华东交通大学 土建学院,江西 南昌 330013)

摘要:用 VC++ 设计基于 OpenGL 图形标准的绘图平台, 实现锅炉钢架的三维建模, 具备了钢架构件的编辑修改、加载、边界条件设置、单元信息显示、三维有限元分析、计算结果输出等功能。

关 键 词:锅炉钢架; VC++; OpenGL; 单元

中图分类号:TP311.52

文献标识码:A

1 引言

本文是江西江联锅炉股份有限公司委托开发的一个项目, 由于锅炉钢架的结构、荷载随着锅炉吨位及锅炉类型的不同而变化, 结构尺寸没有规则, 很难用现有 CAD 软件进行分析与设计, 目前该公司的设计方法是:首先把三维的空间问题简化平面问题, 再用结构力学的方法进行手工计算, 计算工作量大、设计周期长、设计保守。本文用 VC++ 结合 OpenGL 开发锅炉钢架三维的结构分析及设计, 解决了三维有限元的前处理问题, 能很快地建立锅炉钢架空间模型, 模型非常直观, 避免了人工大量的数据输入, 计算结果准确, 可直接用于锅炉钢架的设计, 大大缩短了设计时间, 也使设计更加合理, 并节约了成本。目前国内的结构分析软件不少, 但还是以平面形式进行建模, 图形平台大都是在 AutoCAD 上进行二次开发, 更没有用 OpenGL 开发的应用软件。本文用 VC++、OpenGL 开发三维结构分析软件的绘图平台具有自主知识产权, 虽还处于探索阶段, 但解决了三维图形的空间交互的难题, 已具备了锅炉钢架的三维建模, 实体感强, 具有空间图形交互编辑功能, 可进行锅炉钢架的单元加载、边界条件的设置、单元及结点自动编号, 并进行三维

有限元分析, 计算结果输出等功能, 已初步达到厂家的要求。

1 钢架构件单元的数据结构

OpenGL 是 SGI 公司开发的图形标准, 由于它在三维真实感图形制作中具有优秀的性能, 已成为 IT 工业界广泛接受的三维图形软件接口标准, 被广泛地应用于可视化、实体造型、CAD/CAM、仿真和虚拟现实等领域, OpenGL 不仅仅是一个图形库, 更是一个 API, 它本身是个与硬件无关的编程接口, 可以在不同的硬件平台上得到实现, 也正是如此, OpenGL 中没有包含处理窗口和用户输入的命令; VC++ 在可视化编程环境中有着非常卓越的性能, 窗口界面美观, 与用户交互能力强, 是图形应用软件的首选开发语言, 把 VC++ 与 OpenGL 相结合能充分发挥各自的特点。锅炉钢架的构件单元, 主要有梁和柱两种类型, 采用 C++ 类的概念设计梁、柱构件单元的数据结构, 包括单元的两端结点坐标、结点号、单元的荷载信息、单元的各种内力数组、单元的绘图函数等。在单元的绘制函数中调用 OpenGL 三维图形标准库, 绘制的钢架模型非常直观, 其中单元坐标数组、内力等数组采用 VC++ 中动态数组, 能极大地减小内存开销, 构件选择函数在单元编辑、单

收稿日期:2002-06-21

作者简介:张维锦(1962-),男,福建永泰人,华东交通大学副教授。

元加载、单元信息显示等操作中调用,构件最大边界计算函数能使构件重画时,重画的边界尽可能地小,以提高显示效率。钢架构件的主要数据结构如下:

```
class LZ: public CObject
{
protected:
    CDrawBase();
    DECLARE _ SERIAL(CDrawBase)

    char pb;      //是否删除
    char ceng;    //所在层
    int ei, ej, en; //i 端结点,j 端结点、单元号
    int kd;      //1 为柱,2 为梁
    float za;    //柱子转角
    CArray< MyPoint, MyPoint > m_point; //坐标数组
    CString mz;    //构件名称
    float q, d, qh, qhl, dh, dh1; //均载 q 的大小,d 为均载的轴
    线偏移
    CArray< float, float > p; //竖直方向集中力的数组
    CArray< MyPj, MyPj > Yingf; //单元应力数组
    .....

public:
    CDrawBase( int Layer); //构造函数
    virtual void draw(); //构件绘图函数,在其中调用 OpenGL 函数
    virtual void Serialize(CArchive& ar); //构件数据存取函数
    virtual int PointSelect(float x, float y); //构件选择函数
    virtual void GetRect(float * minx, float * miny, float * maxx,
    float * maxy); //构件的最大边界计算
};

//定义浮点型的结点坐标
typedef struct
{
    float x; float y; float z;
} MyPoint;
```

2 钢架构件的图形编辑

输入钢架构件单元时,先采用对话框的形式,按钢架的 X、Y 的跨数及高度方向的层数,建立初始的模型,然后再进行构件的添加或删除,在生成初始的模型同时,生成梁、柱构件单元的端点及中点的捕捉点,当添加梁、柱单元时,能在空间位置上捕捉到已画构件单元的捕捉点,若要添加的单元不在已生成的捕捉点上时,可以采用键盘输入构件端点坐标的方式进行添加,即本应用程序具备了鼠标及键盘两种形式输入,键盘输入方法有:绝对坐标、

相对坐标、绝对极坐标、相对极坐标,可以输入空间中任意位置的构件单元。还实现了偏移复制的方式,能很方便地添加某构件的水平及高度方向的平行复制单元。若添加的单元端点落在另一单元上而不在端点相交,则另一单元应以交点为断点分成两个单元;本应用程序还有放大、缩小、移动、旋转等功能,还可用上下左右键方式观察三维模型的任意位置。

3 构件单元截面属性赋值及加载

由于型钢种类多数据量大,建立一个 Access 数据库,用存放所有型钢的 A、I 等截面参数,本应用程序设置了实际工程中所有可能的截面组合类型及锅炉钢架经常采用的型钢截面的组合方式,以对话框的形式设置该工程中所有用到的截面类型,单元的截面类型也设计成截面属性类,保存在设计的工程中,以截面名称进行索引,在截面属性设置对话框中,能根据不同截面组合形式,自动计算其所有截面参数,在本软件的窗口界面的工具条上设计一下拉组合框,用以显示已设置好的截面属性名称。当编辑完所有的钢架构件时,选择好截面属性名称,用鼠标左键点击相应的构件单元,就把属性中所有截面参数赋给了该单元,在单元中实际只保存截面属性名称,在三维有限元进行内力分析时,根据其截面属性名称,索引到其所有截面参数,截面属性已赋值的单元会显示不同的颜色,还没赋值的单元显示成另一颜色,设置好截面属性再添加构件单元时,所添加的单元就具有了所选择的截面属性,即截面属性可以在画完所有的构件后赋值,也可以在添加构件单元的同时赋值,操作非常方便。锅炉钢架构件截面赋值方法的论文,已被第十一届全国工程设计计算机应用学术会议录用。

在对构件单元进行加载时,必须对已形成的三维模型进行单元、结点编号,加载形式有:结点荷载、单元非结点荷载;结点荷载以 VC++ 中动态数组形式保存,不必设置数组的大小,数组中每一个元素有:结点号、X、Y、Z 方向的集中力及力偶,共 7 个量,类似于结点坐标数组中,每一元素有 X、Y、Z 三个方向坐标值;添加结点荷载操作较容易,只需用鼠标捕捉构件单元的端点就弹出一对话框,对话框中显示结点号及各个方向的力的大小,可以给它们赋值或修改,确认并退出对话框,就完成了结点荷载赋值操作;添加单元的非结点荷载,以对话框

的形式进行,即用鼠标左键点击构件单元,就弹出一对话框,在对话框中,可设置单元的任意多个水平面内集中力、竖直方向的集中力及竖向均布荷载,该均载还可有一定的轴线偏移,这主要根据锅炉中墙体经常有一定的轴线偏移,单元非结点荷载,直接存贮该单元的数据结构中;若某单元加了非结点荷载信息后,由于又再次进行了单元的添加,使该已加载的单元分段成两个单元,则非结点荷载全部变成零,要按分段后情况重新赋值。

边界条件的设置,根据锅炉钢架的特点,设置固定、铰支两种,边界条件的数据结构与结点荷载数据结构相类似,在设置边界条件时,若还没有进行单元、结点编号,则自动调用单元、结点编号函数,与结点荷载的赋值操作类似。设置好边界条件后,就能很直观地显示相应的三维支座模型。

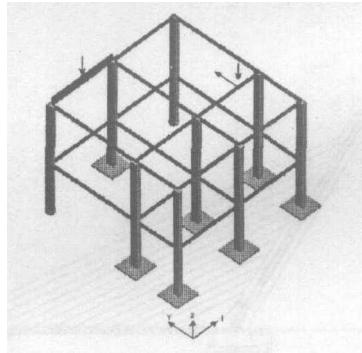


图1 三维钢架模型

有时在对单元加载、引入边界条件后,再修改或删除构件单元,因在加载、设置边界条件时,就对模型进行单元、结点编号,也就是在添加单元时,应进行结点号、单元号设置,若添加的单元的端点落在已有的结点上,则不需要增加结点号,否则就需要添加结点号,在程序中始终保存着当前的最大结点号及最大单元号,但有可能改变已设置的结点号,这样就造成已设置的结点荷载信息、边界条件

信息发生变化,因这两种信息与结点编号有关,改进的方法是,结点荷载信息、边界条件信息改成与结点号无关,只与坐标有关,通过X、Y、Z的坐标值找到与其对应的结点编号,实验表明,这种方法在建模时,添加单元、设置结点荷载、边界条件操作前后无关,没有互相影响,不必在设置结点荷载、边界条件前就进行单元、结点编号,只要在调用有限元进行内力分析时,才进行单元、结点编号。

4 结 论

图1为用本文开发的软件所建的三维钢架有限元模型,图中显示了固定支座及固定铰支座,所设置的荷载也能显示在模型上,调用本软件中的三维有限元程序计算出的结果,与Ansys分析软件结果相吻合,用鼠标移动到所建模型的相应杆件上时,能显示出该单元的结点号、单元号,用鼠标右键点击构件单元时,弹出对话框,显示该单元的内力计算结果,还可以记事本文件形式输出所有单元的计算结果。本软件建立钢架三维有限元模型,操作简单,建模速度快,计算结果正确,提高厂家的设计效率,更主要的建立三维CAD绘图平台,具有自主知识产权,解决了三维CAD的空间交互难题;后处理部分、梁、柱等构件的真实的三维模型显示,有待于今后进一步的完善。

参考文献:

- [1] 吴斌,毕丽蕴. OpenGL编程实例与技巧[M].北京:人民邮电出版社,1999.
- [2] 白燕斌,史惠康. OpenGL三维图形库编程指南[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [3] Kate Gregory著. Visual C++ 6 开发使用手册[M].北京:机械工业出版社,1999.

3D Frame Model of Boiler Steel's Analysis Software

ZHANG Wei-jin, XU Hai-yan, LIU Ying-chun, CAO Zhi-hui

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang Jiangxi 330013, China)

Abstract: A standard drawing float based on OpenGL is developed with VC++, which can easily make 3D boiler steel frame model. In the same time it has some functions such as boundary, displaying element information, 3D finite element analysis and exporting result.

Key words: boiler steel frame; VC++; OpenGL; element