

研究简报

焊接结构件有限元分析中的前处理技术

PREPROCESS TECHNOLOGY IN FINITE ELEMENT ANALYSIS FOR WELDED STRUCTURES

查德根

(上海水产大学工程技术学院, 200090)

沈景凤

(上海理工大学机械学院, 200093)

黄宗益

(同济大学机械学院, 上海 200092)

ZHA De-Gen

(College of Engineering & Technology, SFU, 200090)

SHEN Jin-Feng

(College of Mechanical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, 200093)

HUANG Zong-Yi

(College of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092)

关键词 有限元分析, 焊接结构件, 前处理技术, 网格样板

KEYWORDS finite element analysis, welded structures, preprocess technology, mesh pattern

中图分类号 TG44

前处理技术是有限元分析中最关键技术之一。在使用有限元软件有限元分析之前必须对具体的结构进行网格划分和信息输入,从而产生大量的分析数据供计算机分析和计算[王春燕和雷中平 1995]。在实际应用中通常采用的划分网格和信息输入的过程比较复杂,费时且易出错,影响效率和输出结果精度。本文根据在机械组成中占较大比重的焊接结构件的特点,对常用的 Super-SAP 有限元分析软件作二次开发(该软件的有关资料此处略),探索出一种适合焊接结构件的计算机可自动处理的有限分析前处理技术,主要包括:①对焊接结构件组成元素进行分类;把各典型形状的组元定义为子块,建立网格划分样板。②合理划分结构件子块,实现子块由局部坐标向整体坐标转换,对子块进行粘接,形成结构网格。③编写程序自动地为网格结点加上正确的载荷、约束条件和材料特性,为有限元分析与计算作好准备。本技术利用了较成熟的有限元分析软件,可直接应用于焊接结构件的有限元分析,能方便技术人员对焊接结构件进行设计及优化。

1 焊接结构件的分类与子块定义

1.1 焊接件的分类

焊接件是由一定数量的构件(组成元素)焊接而成的,各构件之间的连接关系(焊接)较简单,对应的边界条件容易确定[田锡唐 1992]。因此,焊接结构有限元分析的网格划分最终是对各构件的网格划分。焊接件的组成元素形状一般比较规则,可以划分为板材、型材和特殊件三大类。其中板材可分为平面板和曲面板,平面板有多边形板、四边形板和三角形板,曲面板主要是圆柱面板、圆锥面板和球面板;型材有角钢、工字钢、槽钢等;特殊件是指形状较复杂的结构件,如运动导轨、工作台、轴承座等。在本文中仅介绍平面板网格划分问题,其基本思路和方法可以推广到曲面板等的网格划分。

1.2 子块的定义

由于多边形板可以分解成符合一定条件的四边形板和三角形板,可以通过这两种形状简单的板件来解决平面板构件的网格划分问题。这里称各种四边形板和三角形板等形状简单的构件为子块。为了简化网格划分算法,根据焊接结构件中常用的平面板的形状特点,对子块作如下规定:①子块的板厚是均匀的;②梯形子块的最小内角不小于 60° ,三角形子块的最小内角不小于 30° ;③四边形子块一定是梯形或矩形板;④四边形子块中若有矩形孔,孔的一对对边必定与子块的一对平行边平行;⑤当四边形板的中间位置有孔存在时,假设孔到各边的距离足够大,不会出现单元扩展到结构的边界或外部的情况。

2 结构件的子块划分及网格样板的建立

自动生成有限元网格,是有限元前处理中最主要的工作,网格划分后将产生节点坐标、节点编号、单元拓扑(即组成单元的节点号)等信息。有限元网格生成的主要步骤是:将结构件分解离散成子块→确定子块的边棱节点数→划分各子块的网格→局部坐标向全局坐标转换→各子块的粘接。

2.1 子块划分

将构件划分为子块是正确划分有限元网格的至关重要的一步。在组成焊接结构件的构件中,简单的三角形、矩形或梯形就是一个子块,无须再分。但是,一般情况下构件要根据一定的方法划分成两个或几个子块。对于待分析的结构件的每个组成构件,按以下各种情况将其分解成子块:①当结构是复杂形状构件时,按子块划分原则将其划分成梯形、矩形或三角形等简单子块;②一个子块上只允许有一个孔存在。因此,当待分构件上有两个或多个孔时,应将其分解为两个或多个带单孔的子块;③为保证子块拼接时构件相接处的节点重合,在相应的构件中按相连构件的厚度单独划分出一个子块。

2.2 子块边界线上节点密度的确定

为使划分出的单元均匀、连续,且接近最优单元(即单元边长比为1:1),并保证各子块粘接

后任意两个相邻子块在公共边上的节点相互重合,必须在边界上确定出适当的节点密度,在此过程中,可能要反复调整某些边界上的节点数,以使所有子块在公共边上的节点数相等,具体步骤如下:①找出所有组成结构件子块的最小厚度;②根据最小厚度,确定结构件 X、Y、Z 三个方向的单元参考长度;③根据单元参考长度,确定子块各边的单元密度和单元长度。

2.3 有限元网格样板的建立

子块的网格划分是通过网格样板来实现的。所谓网格样板(mesh pattern),就是子块的网格划分方案以及定义相应网格的节点坐标公式。通过这些方案和公式计算出的数据可建立 Super-SAP 网格划分程序所需的数据文件,再运行 Super-SAP 网格划分程序形成子块的网格。网格样板设计的任务是:在给定子块边界线上节点的条件,将其内部划分成网格,并计算网格的节点坐标(局部坐标)。网格样板建立的步骤是:输入边界上单元密度→确定加密区域→划分非加密区的网格→划分加密区的网格→形成有限元网格样板。

在孔的周围一般应力集中,故在进行网格划分时应适当加密。孔边加密区域为沿孔边向四周扩散适当的距离所形成的与孔形状相似的区域。在向外扩展时,应尽量保证加密区的宽度均匀。当加密区的边缘接近子块的边缘时,还要同时兼顾边缘网格的划分。各子块边界上的节点在子块单元密度确定后就随之确定下来了。在划分非加密区的网格时,这些节点保持不变,从而保证了子块粘接时的正确性。网格加密区域通常在离孔最近的区域网格最密,加密区的网格通常通过三角形网格向非加密区过渡。

3 子块的粘接及有限元分析模型的建立

3.1 子块粘接

有限元分析的研究对象是整个结构件,因而在各子块的网格形成后必须将各子块粘接起来产生正确的结构件网格。子块粘接可由 Super-SAP 软件中的“粘接”程序来完成。由于前面讨论的各网格样板的节点计算是在局部坐标系中进行的,需要在各子块网格划分后,将其转化为整体坐标系中的信息,才能实现正确的粘接。所以,子块粘接的主要任务是局部坐标向整体坐标的转换。坐标转换公式可参照计算机图形学[孙家广和许隆文 1987]中的相关计算公式。限于篇幅这里仅给出坐标转换的程序框图(图1)。

3.2 有限元分析模型的建立

由上述处理过程和 Super-SAP 前处理程序的功能所建立的只是有限元网格模型,这样的模型仅仅是其几何特征模型,还不能直接用于计算。一个完整有限元分析模型还必须知道其相应的材料特征、约束条件和载荷情况。图2所示的程序框图可完成给结构件加载、加约束和材料信息的任务,即有限元分析模型的建立。

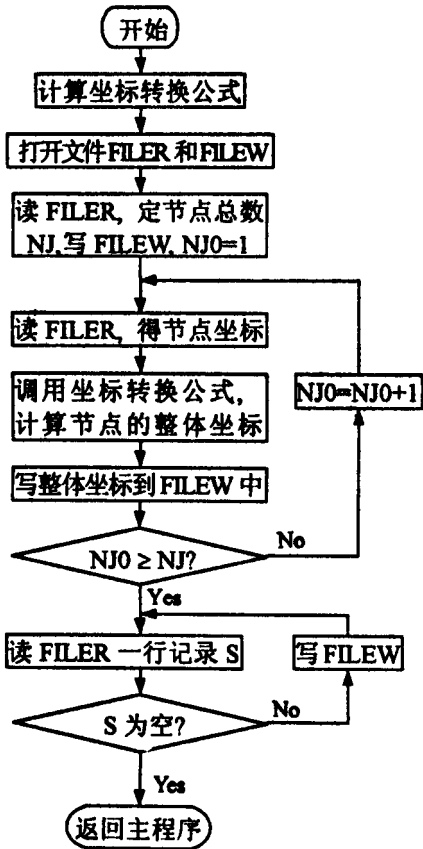


图1 局部坐标向整体坐标转换程序框图

Fig.1 Transferring diagram from local coordinate to global coordinate

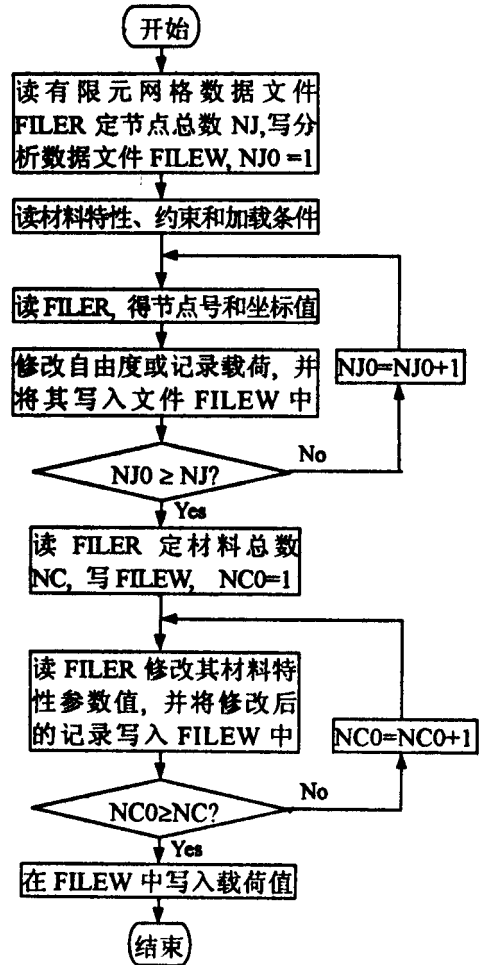


图2 建立有限元分析模型的框图

Fig.2 Diagram of FEA modeling

4 结论

利用本文所讨论的技术,在对 QA95-630型钢坯剪板机焊接机身进行有限元分析时,只要把机身划分为90个子块(图3),准备这90个子块的数据即可完成网格划分的数据准备任务,生成的有限元网格如图4所示,该网格的划分经后续计算验证正确。若采用传统的方法,仅在几何数据准备时就要准备300多个粗单元(一个粗单元的数据量相当于一个子块的数据量)的数据,而且在加载、加约束等信息时难度也较大。上述使用结果表明,该项技术可以简化数据准备工作,降低出错率,具有一定的实用价值。

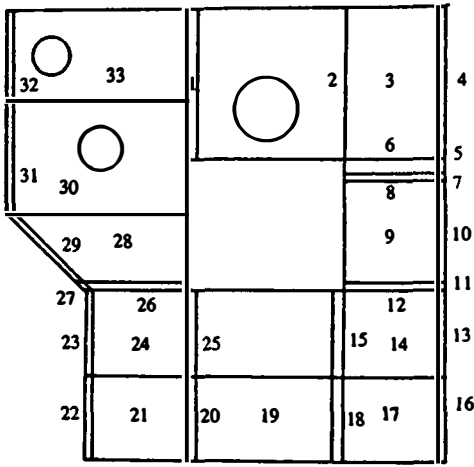


图3 QA95-630 型剪板机焊接机身前墙板
各子块的划分
Fig. 3 Divided sub-blocks of the welded
body's former wall for QA95-630 steel
billet cut-off machine

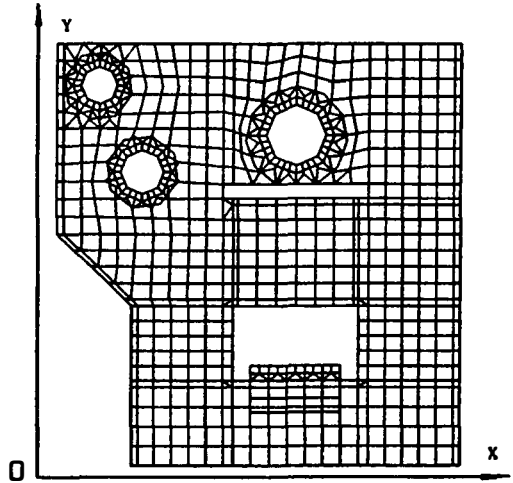


图4 焊接机身的有限元网格图
Fig. 4 Finite element mesh diagram of
the welded body

本研究为校青年科研基金(科98-04)资助项目。

参 考 文 献

王春燕, 雷中平. 1995. 有限元分析的前置处理. 太原重型机械学院学报, (9): 232~236.
田锡唐. 1992. 焊接手册[3]. 北京: 机械工业出版社, 19~132.
孙家广, 许隆文(编著). 1987. 计算机图形学. 北京: 清华大学出版社, 109~185.