

# 《边界元法》

## 图书基本信息

书名：《边界元法》

13位ISBN编号：9787040286090

10位ISBN编号：7040286092

出版时间：2010-4

出版社：高等教育

作者：姚振汉//王海涛

页数：394

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介以及在线试读，请支持正版图书。

更多资源请访问：[www.tushu000.com](http://www.tushu000.com)

# 《边界元法》

## 前言

边界元法是在有限元法之后发展起来的一种精确高效的工程数值分析方法。我国开展工程中边界元法研究的创导者是杜庆华先生，本人有幸于三十年前作为他的主要合作者开始有关研究，并和研究生一起经历了边界元法在我国的三十年发展历程。今年是已故杜先生的90岁诞辰，谨以此书表达对先生的敬仰和怀念之情。边界元法具有深厚的数学基础，它作为一种重要的工程数值方法是在有限元法的启发之下发展起来的，同时也始终处于和有限元等其他数值方法的竞争之中。传统的边界元法由于求解方程组的系数矩阵是非对称满阵，解题规模受到很大限制，难以处理大规模的工程实际问题。快速多极算法的引入已经使这一状况有了改观，快速多极边界元法已能求解一些其他数值方法难以处理的复杂的大规模工程分析问题。从事工程中边界元法研究的同行应把研究重点放在有限元等其他数值方法难以处理的问题，为工程设计分析提供有力的工具。三十年来坚持开展边界元法研究，从常规方法到快速多极边界元法，得益于研究组不断有博士生加入这方面的研究。边界元法的进一步发展也把希望寄托在中青年学者和研究生身上。作为教科书，除了讲清基本概念之外，必须列出问题的数学描述，因此书中有大量的数学公式。其中除研究组取得的成果之外，也有一部分引自相关的文献。对于有大量公式的文献，印刷错误也是难免，作者在引用时对于印刷错误已经注意做了更正。尽管如此，作者还是希望读者在阅读本书或相关文献时，对于关键的数学公式要学会推导，亲自核对，特别是在编程计算时尤其必要。学会对主要公式的推导，应该是读者需要掌握的基本功。本书是本人和王海涛博士合作编著的，第八、第九两章是由他执笔，附录中的c++程序和三维位势问题的常规与快速多极边界元程序也都是由他提供的。书中还介绍了我在校期间从事相关研究的其他学生的工作，书中列出了他们和我联名发表的文章，在此对他们的工作一起表示感谢！

# 《边界元法》

## 内容概要

《边界元法》是在有限元法之后发展起来的一种精确高效的工程分析数值方法。经过近五十年的发展，它不仅在固体与结构分析领域成为有限元法最重要的一种补充，而且在微机电系统电磁场分析和大型结构电磁波散射分析等领域也得到广泛应用。

《边界元法》分为传统边界元法的基本内容和近年发展的快速多极边界元法等新进展两大部分。前七章包含了传统边界元法的基本内容，分为三个单元：前三章为数学力学基础部分，介绍各种问题边界积分方程的建立；第四、第五章为基本数值方法部分，包括分元离散，数值积分和方程求解，并结合二维问题介绍其程序实现；第六、第七章为几类应用专题，主要是含时间问题、几种非线性问题和反问题。

第八、第九章介绍快速多极边界元法和大规模快速多极边界元并行算法，第十二章介绍与边界积分方程相关的边界型无网格法。另外在第十、第十一两章简要介绍国际上边界元法比较成功的应用，包括在机械、结构工程中的应用，和声场、电磁场分析设计中的应用。

书中的内容多于48学时或32学时的课程能够讲授的内容，便于不同学校、不同专业的老师根据需要选讲部分内容，同时为研究生提供课外的补充学习材料。《边界元法》附带光盘，提供弹性力学平面问题的边界元法C++和Fortran源程序、一个三维位势问题的常规和快速边界元分析程序的执行文件，以及相应的考题和算例，供读者试用。

《边界元法》也可以作为有关教师和工程技术人员学习边界元法的参考书。

引言 1 边界元法的数学基础 2 边界元法的发展历史 3 我国边界元法研究概况 4 边界元法研究的最新进展 5 边界元法的应用举例 6 边界元法的优缺点 7 本书的内容安排 参考文献第一章 位势问题的边界积分方程与边界元法 1 调和方程的基本定解问题 2 Green等式、基本解及解的积分表达式 3 边界积分方程的建立 4 对于一般问题的推广 5 位势问题的边界元法简介 习题 附录1 指标符号与笛卡儿张量简介 A1.1 指标符号 A1.2 矢量 A1.3 张量和张量场 参考文献第二章 线弹性静力学问题的边界积分方程 1 线弹性静力学定解问题的微分提法 2 Betti定理、Kelvin解及Somigliana等式 3 线弹性静力学的边界积分方程 4 建立基本解的一种一般方法 习题 参考文献第三章 几种常见的直接法和间接法边界积分方程 1 核函数的扩充 2 回转体问题 2.1 变截面轴的扭转问题 2.2 轴对称问题 2.3 回转体的弯曲问题 3 弹性薄板弯曲问题 3.1 弹性薄板弯曲问题的微分提法 3.2 弹性薄板弯曲问题的基本边界积分方程 3.3 弹性薄板弯曲问题的补充边界积分方程 4 弹性裂纹问题的对偶边界积分方程 4.1 位移边界积分方程 4.2 面力边界积分方程 5 半空间、半平面问题 5.1 半空间问题 5.2 半平面问题 6 位势问题的间接法边界积分方程 7 虚应力法建立的边界积分方程 8 位移间断法建立的边界积分方程 9 域外回线虚载荷法建立的回线积分方程 10 域外奇点法建立的边界积分方程 11 边界积分方程的正则化和基本解的恒等式 习题 参考文献第四章 二维问题的边界元数值方法与程序实现 1 边界的离散化 1.1 二维域边界的几何描述及单元自动划分 1.2 二维域的边界线元单元描述 2 边界积分方程的离散化 2.1 由加权余量法配点格式将边界积分方程化为线性代数方程组 2.2 核函数与形函数乘积的等精度Gauss积分 2.3 奇异积分的处理 2.3.1 弱奇异积分的处理 2.3.2 Cauchy主值积分和超奇异积分的简单特解法 2.3.3 Cauchy主值积分和超奇异积分的有限部分积分的一般性处理方法 3 方程的求解以及边界应力、内点位移和应力的确定 3.1 离散化的边界积分方程的求解 3.2 边界应力的确定 3.3 内点位移和应力的确定 4 边界元法计算误差的一种直接估计 4.1 内点变量趋于边界点极限的确定 4.2 边界元解误差的一种直接估计 4.3 基于边界元解误差直接估计的边界元自适应计算简例 5 边界元子域法 5.1 边界元链状子域法 5.2 边界元重复相似子域法 5.3 边界元行列子域法 习题 附录4 弹性力学平面问题边界元分析软件部分源程序 A4.1 FORTRAN程序BIEBE2说明 A4.2 C++源程序 参考文献第五章 三维问题的边界元数值方法 1 边界的离散化 1.1 用I-J映射法自动划分单元 1.2 三维域的界面元单元描述 2 边界积分方程的离散化 2.1 核函数与形函数乘积的等精度Gauss积分 2.2 弱奇异积分的处理 2.3 奇异积分和近奇异积分的简单特解法 2.4 Cauchy主值积分的直接算法 2.5 超奇异积分的有限部分积分 3 线性代数方程组的求解 4 裂纹问题对偶边界元法 4.1 裂纹面的分元离散 4.2 确定应力强度因子的方法 5 边界元—有限元耦合方法 习题 附录5 三维位势问题边界元分析软件使用说明 A5.1 FMBEM-LAPLACE3D简介 A5.2 使用方法 A5.2.1 前处理 A5.2.2 运行程序 A5.2.3 结果信息 A5.3 前处理转换软件PAq、—TRANSI。ATOR使用说明 A5.3.1 生成MSC.PATRAN前处理文件 A5.3.2 生成BEM\_INP.DAq、前处理文件 参考文献第六章 与时间有关问题的边界元法 1 瞬态热传导问题 1.1 Laplace变换法 1.2 边界元—时间差分耦合法 1.3 与时间有关的基本解 2 弹性动力学问题 2.1 基于与时间有关基本解的边界积分方程与边界元法 2.1.1 与时间有关的基本解 2.1.2 时间—空间域的边界积分方程 2.1.3 时间—空间域的弹性动力学边界元法 2.2 Laplace变换法 2.2.1 在Laplace变换空间的边界积分方程 2.2.2 边界积分方程的离散 2.2.3 Laplace反演方法 2.3 双重互易法 习题 附录6 弹性动力学边界元法补充公式 A6.1 弹性动力学二维问题的时间—空间域基本解 A6.2 弹性动力学三维问题时间—空间域基本解的时间积分 A6.3 弹性动力学三维问题的一种新的时空域边界积分方程 A6.4 弹性动力学三维问题的一种新的高效的时空域边界元法 参考文献第七章 固体力学非线性问题和反问题的边界元法 1 弹塑性问题的边界元法 1.1 弹塑性问题的微分描述 1.2 初应变法的积分描述 1.3 边界积分方程的离散 1.4 求解算法 2 弹性接触问题的边界元法 2.1 三维弹性接触问题边界元法的求解方程 2.2 三维弹性接触问题边界元法的增量迭代解法 2.3 三维弹性接触问题边界单元的选择及Gauss积分方案 2.4 三维弹性体移动接触问题的一种固定节点-可动节点三角形单元方案 3 弹性结构形状优化的边界元法 4 用于识别残余应力场反方法的边界元法 4.1 识别弹性体内残余应力场的反问题 4.2 识别弹性体内残余应力场的边界积分方程 4.3 残余应力计算及反问题求解 4.4 此方法与直接采用最小二乘法处理实验数据和采用有限元法的比较 附录7 弹塑性问题边界元法的简要补充 A7.1 一维与率不相关各向同性强化的弹塑性本构关系 A7.1.1 应变率 A7.1.2 应力率 A7.1.3 屈服条件 A7.1.4 塑性流动法则 A7.1.5 加卸载条件 A7.1.6 一致性条件 A7.1.7 切线模量

# 《边界元法》

A7.2 三维与率不相关各向同性强化的弹塑性本构关系 A7.2.1 应变率 A7.2.2 应力率 A7.2.3 屈服条件 A7.2.4 塑性流动法则 A7.2.5 加卸载条件 A7.2.6 一致性条件 A7.2.7 弹塑性切线模量张量  
A7.3 三维弹塑性问题边界点的应力 A7.4 三维弹塑性问题边界积分方程中奇异积分的处理 A7.4.1 体积分中近奇异积分的处理 A7.4.2 体积分中弱奇异积分的处理 A7.4.3 体积分中强奇异积分的处理  
A7.5 三维弹塑性问题域内六面体网格的形函数 A7.6 弹塑性平面问题初应变法的积分方程和相应公式 A7.7 初应力法和虚体力法 参考文献第八章 快速多极边界元法 1 快速多极算法的发展历史 2 快速多极边界元法的基本原理 2.1 核函数的展开 2.2 多极展开系数 2.3 多极展开系数的传递 2.4 局部展开系数 2.5 局部展开系数的传递 2.6 新型算法的指数展开 2.6.1 指数展开的定义 2.6.2 多极展开向指数展开系数的传递 2.6.3 指数展开系数的传递 2.6.4 指数展开向局部展开系数的传递 2.7 自适应树结构 3 快速多极边界元法的计算步骤 3.1 计算步骤 3.1.1 边界单元离散 3.1.2 生成树结构 3.1.3 下行(从叶子往根方向)遍历计算多极展开系数 3.1.4 上行(从根向叶子方向)遍历计算局部展开系数 3.1.5 利用树结构计算积分 3.1.6 更换迭代矢量 3.2 新型算法 3.2.1 上行遍历计算指数展开系数 3.2.2 上行遍历传递指数展开系数 3.2.3 上行遍历计算局部展开系数 3.3 计算复杂度的量级分析 3.3.1 存储量 3.3.2 计算量 4 快速多极边界元法的迭代预处理技术 5 快速多极边界元法精度和效率的验证 5.1 计算精度与多极展开、局部展开阶数的关系 5.2 大规模计算的精度 5.3 不同类型单元计算精度的比较 5.4 快速多极边界元法计算量和存储量与常规边界元法的比较 5.5 快速多极边界元法的迭代收敛验证 6 快速多极边界元法在复合材料模拟中的应用 6.1 长纤维增强复合材料二维模型的快速多极边界元模拟 6.2 颗粒增强复合材料三维模型的快速多极边界元模拟 6.3 短纤维增强复合材料三维模型的快速多极边界元模拟 7 快速多极边界元法在含裂纹二维弹性体模拟中的应用 7.1 含大量裂纹二维无限弹性体的数值模拟 7.2 一种特殊的裂尖单元和计算应力强度因子的一点裂纹张开位移(COD)公式 7.3 核函数和边界积分方程的快速多极展开及方程求解 7.4 用于二维裂纹分析的快速多极对偶边界元法 7.4.1 对偶边界积分方程 7.4.2 快速多极算法的展开格式 7.5 模拟裂纹疲劳扩展的数值方法 7.5.1 裂纹疲劳扩展长度的确定 7.5.2 裂纹疲劳扩展方向的确定 7.5.3 几何模型的更新 7.5.4 裂纹相互连接的模拟 7.6 含大量裂纹二维弹性体模拟的数值算例 7.6.1 在一个方形区域内含大量裂纹的二维无限弹性体的数值模拟 7.6.2 快速多极对偶边界元法精度与效率的验证 7.6.3 快速多极对偶边界元法大规模计算的精度验证 7.6.4 疲劳裂纹扩展的快速多极边界元模拟 7.6.5 疲劳裂纹扩展的快速多极边界元大规模模拟 7.6.6 二维含大量微裂纹弹性固体等效弹性模量计算 8 二维弹塑性问题的快速多极边界元法 8.1 二维弹塑性问题边界元法的快速多极展开与数值实现 8.1.1 多极展开 8.1.2 多极展开系数之间的传递 8.1.3 局部展开 8.1.4 局部展开系数之间的传递 8.1.5 快速多极算法的数值实现 8.2 增量分析与迭代求解 8.2.1 弹塑性状态的判断 8.2.2 迭代求解步骤 8.2.3 辅助树结构的使用 8.3 数值算例 8.3.1 开孔矩形板承受单向拉伸 8.3.2 含有256个周期性分布圆孔的方板的大规模弹塑性计算 附录8 快速多极边界元法具体公式 A8.1 三维Laplace方程 A8.1.1 核函数的展开 A8.1.2 多极展开系数 A8.1.3 多极展开系数的传递 A8.1.4 局部展开系数 A8.1.5 局部展开系数的传递 A8.1.6 新型算法的指数展开 A8.2 三维弹性静力学问题 A8.2.1 核函数的展开 A8.2.2 多极展开系数 A8.2.3 多极展开系数的传递 A8.2.4 局部展开系数 A8.2.5 局部展开系数的传递 A8.2.6 新型算法的指数展开 A8.3 三维Stokes方程 A8.3.1 核函数的展开 A8.3.2 多极展开系数 A8.3.3 多极展开系数的传递 A8.3.4 局部展开系数 A8.3.5 局部展开系数的传递 A8.3.6 新型算法的指数展开 参考文献第九章 大规模问题的快速多极边界元并行算法 1 常规边界元法的并行计算 2 快速多极边界元并行计算流程 3 不平衡树结构的一维映射 4 任务划分 4.1 计算量预测 4.1.1 传递算子计算时间的标定 4.1.2 边界单元负载的标定 4.1.3 结点负载的标定 4.2 基于树结点的任务划分方式 5 通信关系的建立和数据通信过程 5.1 通信关系的建立 5.1.1 任务间“相互作用列表”结点通信关系的建立过程 5.1.2 任务间直接积分计算部分结点通信关系的建立过程 5.2 数据通信的过程 6 精度与效率的测试 6.1 大规模计算精度测试 6.2 并行计算的性能和效率 6.3 并行计算加速比的比较 6.4 在复杂形状纤维增强复合材料模拟中的应用 6.5 在弯曲纤维增强复合材料模拟中的应用 6.6 在碳纳米管增强复合材料模拟中的应用 6.7 在微机电系统流体仿真中的应用 参考文献第十章 边界元法在机械与结构工程中的应用 1 边界元法在机械结构完整性评定方面的应用 1.1 耐久性评定 1.2 损伤容限评定 1.3 压力容器和管道适用性评价 1.4 修补和维护 2 边界元法在机械结构应力分析方面的应用 2.1 常规边界元法应力分析大规模计算实例 2.2 快速多极边界元法应力分析大规模计算 3 我国学者在机械与结构方面成功应用边界元法的若干典型实例 3.1 边

# 《边界元法》

界元法在水工结构方面的应用 3.2 边界元法在轧制工程接触分析方面的应用 参考文献第十一章 边界元法在声场、电磁场问题中的应用 1 声场计算和声学设计 1.1 常规边界元法和边界元-有限元耦合方法 1.2 快速多极边界元法 2 结构防腐阴极保护系统设计 2.1 舰船等结构的阴极保护系统 2.2 优化舰船防腐设计减小静电场 3 电磁场分析 3.1 静电场分析 3.2 静磁场分析 3.3 时间简谐电磁场和涡流分析 3.4 带电粒子射线分析 3.5 高频电磁场分析 4 快速多极边界元法在电磁波散射方面的应用 参考文献第十二章 几种边界型无网格法简介 1 二维位势问题的边界点法 1.1 移动最小二乘插值 1.2 边界积分方程及其离散化 2 二维位势问题的杂交边界点法 2.1 杂交边界点法的积分方程 2.2 杂交边界点法的计算方案 2.3 二维位势问题杂交边界点法数值算例 2.4 权函数中参数的取值对计算精度的影响 3 二维位势问题的正则杂交边界点法 3.1 正则杂交边界点法 3.2 正则杂交边界点法数值算例 4 三维位势问题的正则杂交边界点法 4.1 一般三维曲面的一种移动最小二乘近似方案 4.2 三维位势问题的正则杂交边界点法 4.3 数值算例 5 弹性力学问题的正则杂交边界点法 5.1 弹性力学平面问题 5.2 弹性力学平面问题算例 5.3 三维弹性力学问题 5.4 三维弹性力学问题算例 6 弹性力学平面问题的奇异杂交边界点法 6.1 奇异杂交边界点法的改进措施 6.2 奇异杂交边界点法数值算例 7 快速多极算法加速的杂交边界点法 8 边界型的无网格局部Petrov-Galerkin法 参考文献

边界积分方程—边界元法 (Boundary Integral Equation-Boundary Element Method) 简称边界元法 (BEM), 是用以求解工程与科学问题的常用数值分析方法之一。它以边界积分方程为数学基础, 同时采用了与有限元法相似的划分单元离散技术, 通过将边界离散为边界元, 将边界积分方程离散为代数方程组, 再用数值方法求解代数方程组, 从而得到原问题边界积分方程的解。边界元法具有边界积分方程的深厚的数学根基, 又是在计算机飞速发展的前提下, 在有限元法之后发展起来的一种有效的数值分析方法。它不仅可用于分析弹性力学等固体力学问题, 同时也应用于流体力学、热传导、声场, 以及电磁场等其他物理学研究领域。当人们研究一类工程或科学问题时, 首先要建立它的物理模型, 对于同一物理模型往往还能建立多种互相等价的数学模型, 而针对每一种数学模型就能发展相应的一种或多种数值分析方法。例如对于描述固体、机械与结构等承受荷载发生小变形弹性变形规律的弹性力学的物理模型, 就有三种互相等价的数学模型, 或称三种提法: 微分提法建立了偏微分方程边值问题, 变分提法建立了泛函极值问题, 而积分提法建立了边界积分方程。差分法是针对微分提法的数值方法, 有限元法是针对泛函极值问题的数值方法, 而边界元法是求解边界积分方程的数值方法。基于互相等价的各种数学模型的不同数值分析方法往往各有千秋, 不仅互相借鉴, 而且在计算精度与计算效率等方面互相竞争, 不断发展出更加精确高效的计算方法。这就给应用者提供了选择解决各类问题更好手段的可能。在固体与结构力学分析方面通常占主导地位的是有限元法, 而在流体力学分析方面差分法则占有主导地位, 但对某些问题其他方法可能更加精确高效。边界元法的最大特点是降低了求解问题的维数, 将二维问题化为其边界线上的一维问题, 将三维问题化为边界面上的二维问题。它只以边界变量为基本变量, 域内未知量可以在需要时根据边界变量求出。这种方法通常具有较高的精度, 而且在一些情况下比有限元法更为有效。

# 《边界元法》

## 精彩短评

- 1、就是侧边有点破，其它都不错。。。
- 2、值得仔细研读！
- 3、边界元书籍中是最全面的一本书了，最后还和无网格法联系起来，但对于非线性的问题讲解不是很清楚，多是关于位势问题，这种问题太简单，没有什么实际意义（至少对于流体力学）。
- 4、力学研究时先看学学
- 5、相当管用
- 6、书籍运输过程对书的保护不够仔细，收到后有一定的折损和灰尘。

# 《边界元法》

## 版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问：[www.tushu000.com](http://www.tushu000.com)