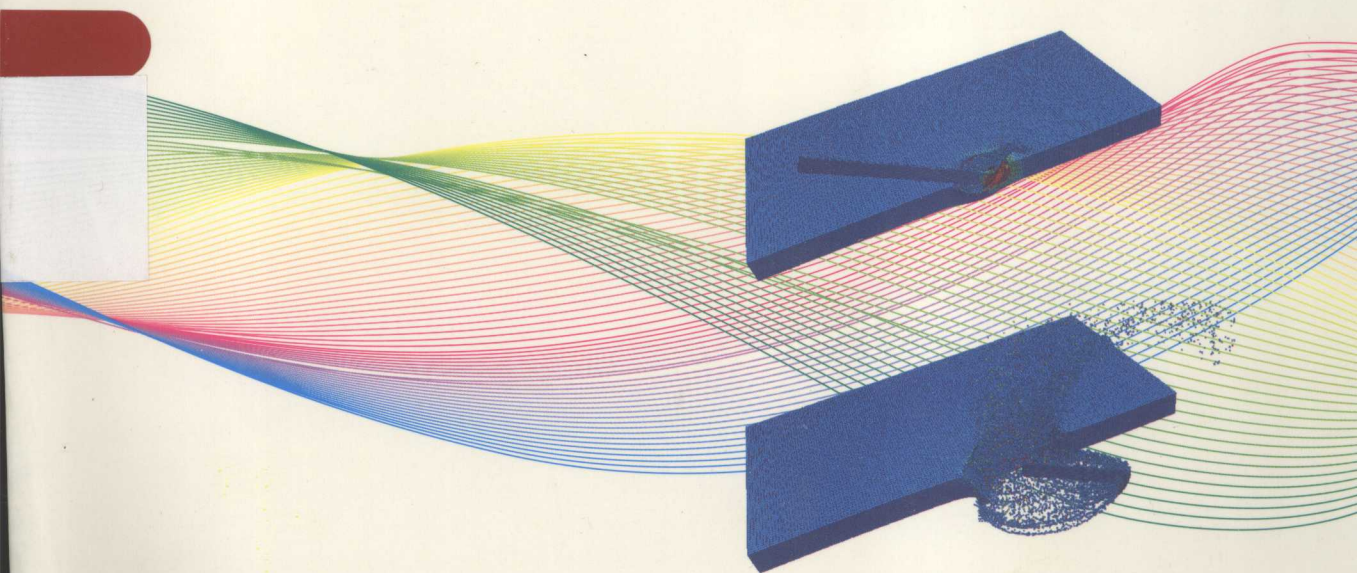


清华大学计算力学丛书

物质点法

张雄 廉艳平 刘岩 周旭 著



清华大学出版社

014006883

0302
15

清华大学计算力学丛书

物质点法

张雄 廉艳平 刘岩 周旭 著



北航

C1690183

清华大学出版社
北京

0302

15

内 容 简 介

物质点法是近年来迅速发展的一种兼具拉格朗日描述和欧拉描述优点的新型粒子型数值方法,特别适合分析具有超大变形和移动界面的问题。本书以冲击爆炸等问题为背景,系统地总结了物质点法的基本原理、程序实现方法及其典型应用,并以本课题组开发的三维显式物质点法程序MPM3D-F90作为示例程序,便于读者深入了解物质点法的基本原理和程序实现过程,并根据自己科研工作的需要对其进一步修改扩充。

本书可供计算力学、冲击动力学、爆炸力学及相关领域的科研人员、研究生和高年级本科生参考,也可作为相关研究生课程的教材。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

物质点法/张雄等著. --北京:清华大学出版社, 2013

(清华大学计算力学丛书)

ISBN 978-7-302-33909-0

I. ①物… II. ①张… III. ①计算力学 IV. ①O302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 217354 号

责任编辑:石磊 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘玉霞

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm 印 张:18.25 插 页:8 字 数:418 千字

版 次:2013 年 9 月第 1 版 印 次:2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:49.00 元

产品编号:045762-01

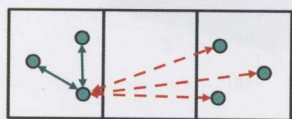


图 3.8 数值断裂

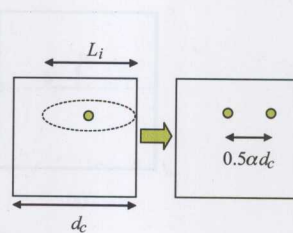


图 3.9 自适应分裂质点示意图



图 3.10 斜侵入问题的物质点法模拟

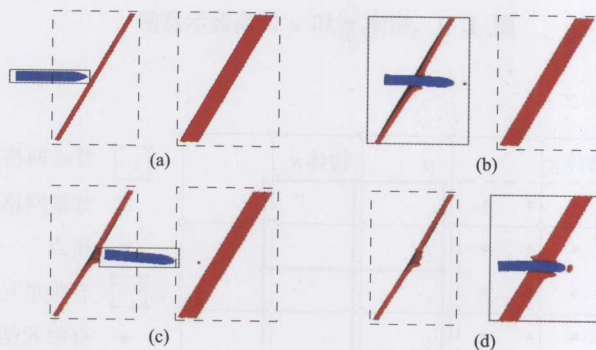


图 3.14 多重网格技术应用实例

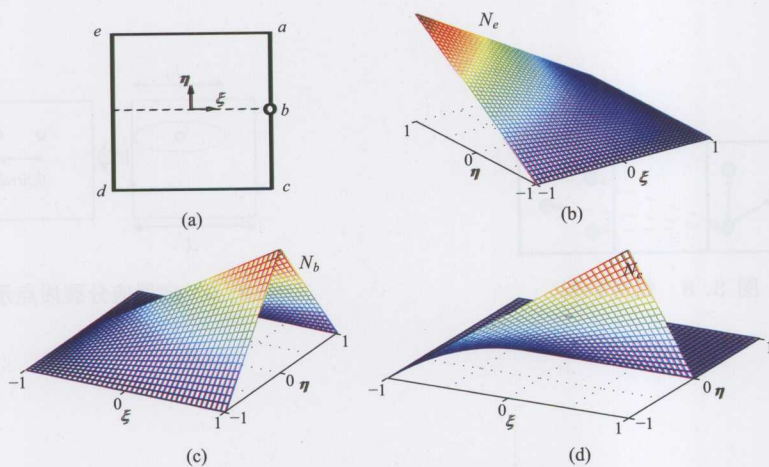


图 3.16 含有 1 个悬点的过渡单元

(a) 结点 b 将单元分成两个子区域; (b) 结点 e 的形函数; (c) 结点 b 的形函数; (d) 结点 c 的形函数

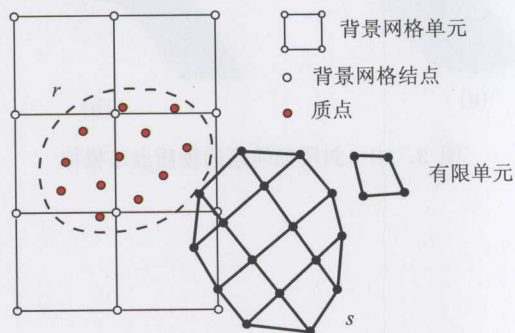


图 4.9 物体 r 和 s 的离散示意图

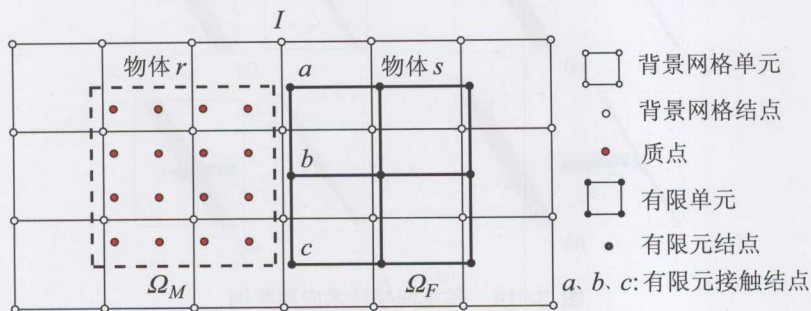


图 4.10 CFEMP 示意图

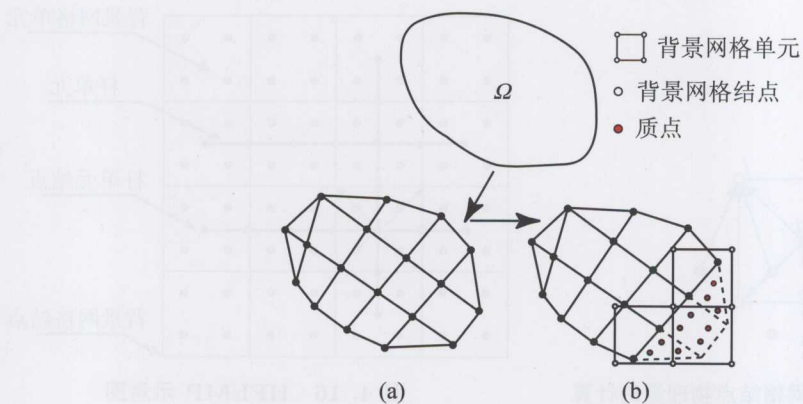


图 4.11 AFEMP 示意图
 (a) 有限元离散; (b) 时刻 t , 部分单元转化为质点

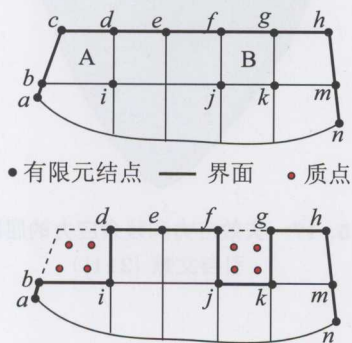


图 4.12 从单元到质点的转化

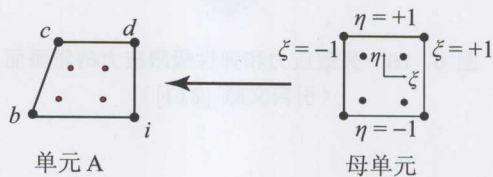


图 4.13 转化质点的位置计算

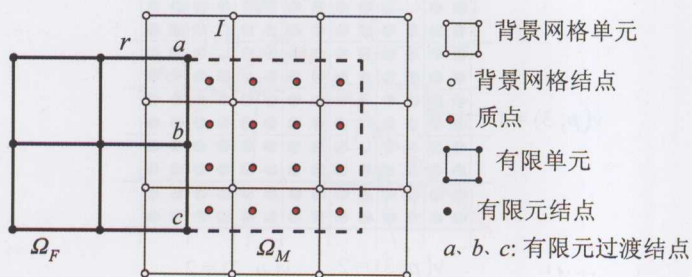


图 4.14 有限元法与物质点法的耦合

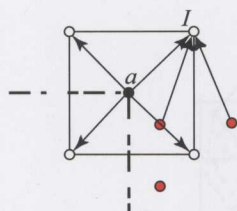


图 4.15 过渡区背景网格结点物理量的计算

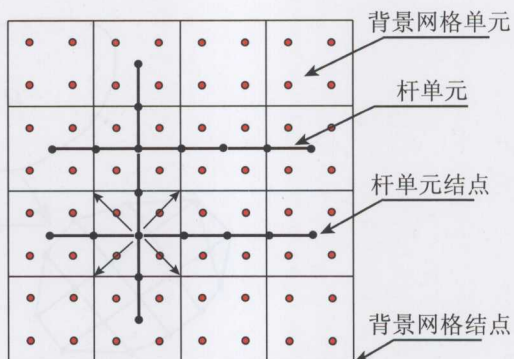


图 4.16 HFEMP 示意图

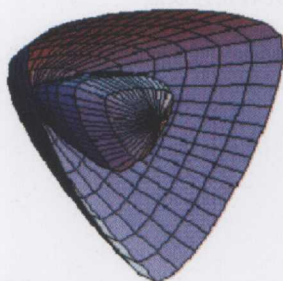


图 5.16 失效应力和弹性极限应力的屈服面
(引自文献 [211])

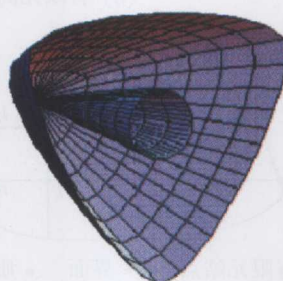


图 5.17 失效应力和残余应力的屈服面
(引自文献 [211])

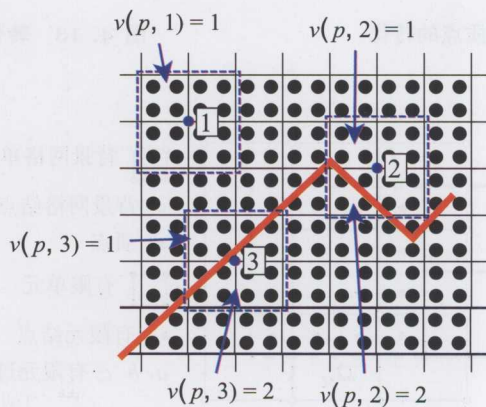


图 6.1 CRAMP 方法的裂纹面描述及多重速度场 (引自文献 [89,91])

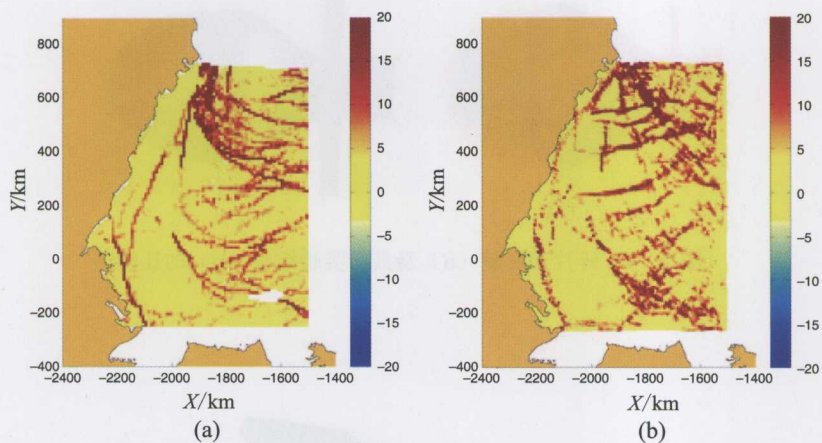


图 6.2 海冰不连续面的无量纲张开位移 ((a) 为卫星数据结果, (b) 为物质点法计算结果; 左侧及底部灰色区域为陆地, 引自文献 [229])

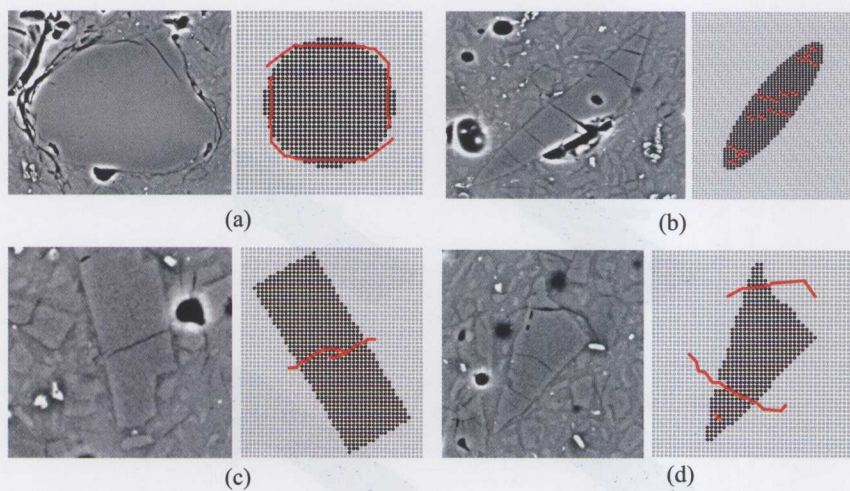


图 6.3 不同形状石英夹杂附近的裂纹模式 (图 (a)、(c) 为实验图片, 图 (b)、(d) 为物质点法计算结果; 引自文献 [231])

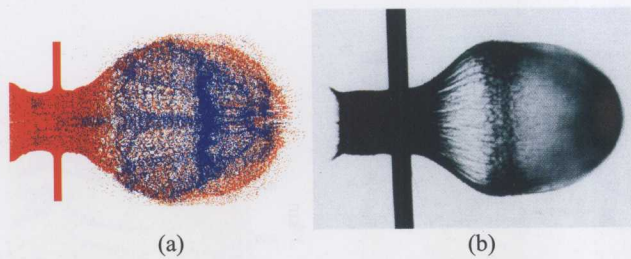


图 6.4 碎片云形貌 (a) 及其与实验结果 (b) 的比较

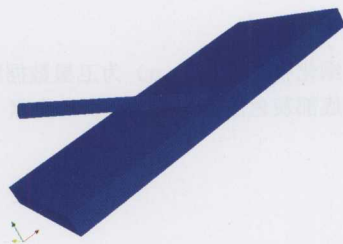
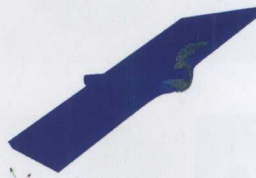


图 6.6 离散模型

$t = 0.01\text{ms}$

$t = 0.02\text{ms}$



$t = 0.03\text{ms}$

$t = 0.04\text{ms}$



图 6.7 长杆弹侵彻算例：工况 1 的各时刻数值模拟结果

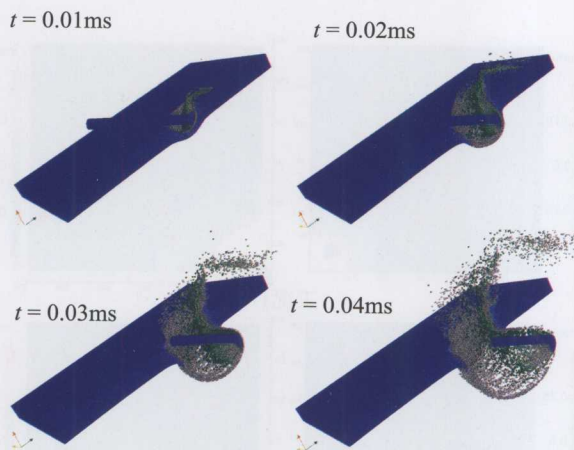


图 6.8 长杆弹侵彻算例：工况 2 的各时刻数值模拟结果

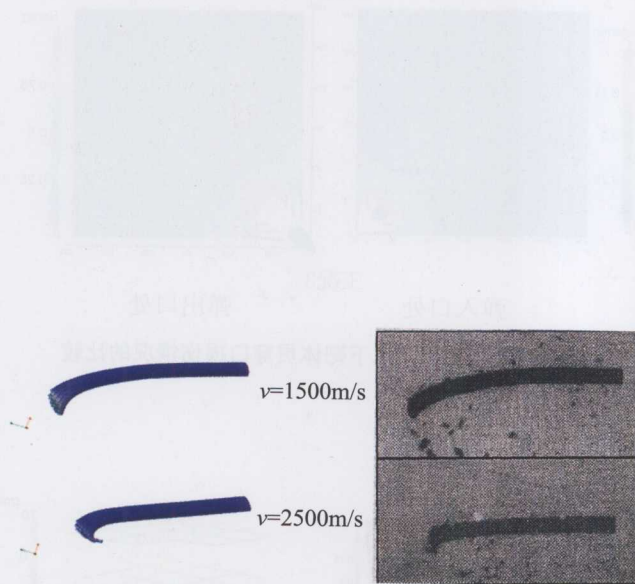


图 6.9 贯穿钢板后长杆弹剩余部分的构型（左图为模拟结果，右图为实验结果；上面两幅图为工况 1 结果，下面两幅图为工况 2 结果）

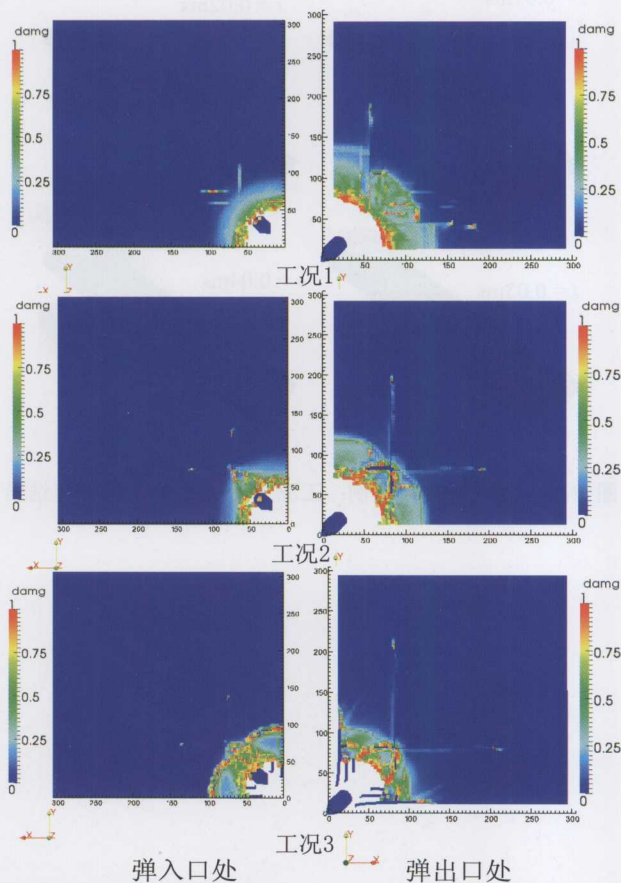


图 6.12 不同工况下靶体贯穿口损伤情况的比较

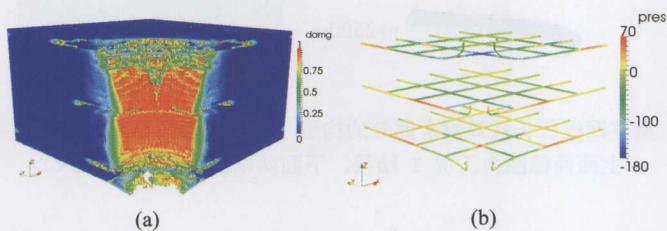


图 6.13 弹体侵入钢筋混凝土并打中钢筋情况下，0.5ms 时 (a) 靶体的损伤情况与 (b) 钢筋的变形和断裂状况

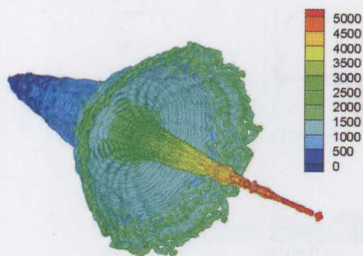


图 6.15 自适应物质点法得到的三维聚能射流构型（颜色代表速度）



图 6.20 物质点法得到的柱壳破碎形态 (a) 基于 Gurson 模型; (b) 基于宏观随机失效方案

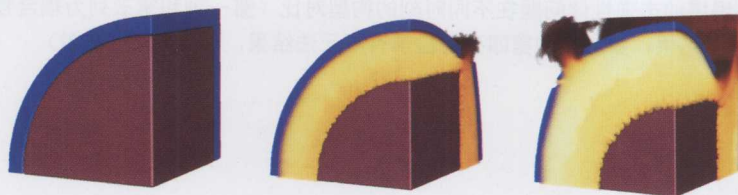


图 6.21 含能容器爆炸的物质点法-欧拉求解器耦合分析结果（引自文献 [121]）

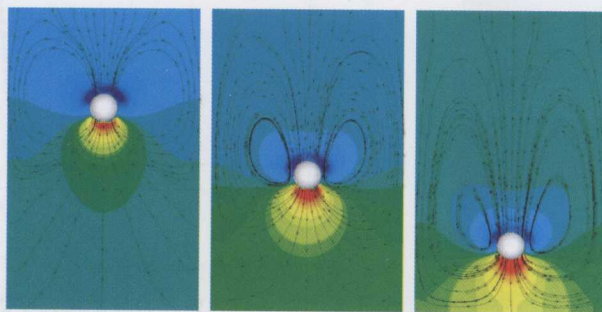


图 6.22 重力作用下的刚性圆球在竖管道中运动的压力云图和流场（从左至右分别为 $t = 0.4\text{s}$, $t = 0.8\text{s}$, $t = 1.2\text{s}$ 时刻的结果。引自文献 [251]）

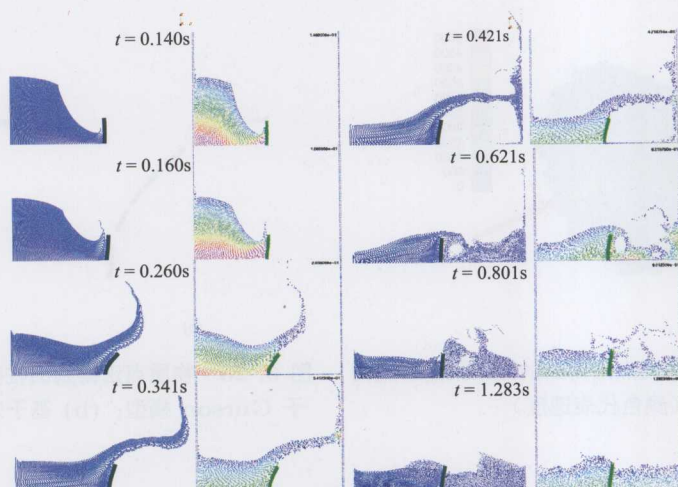


图 6.24 水柱坍塌冲击弹性体问题在不同时刻的构型对比（第一列和第三列为耦合物质点有限元法结果；第二列和第四列为粒子有限元法结果，引自文献 [252]）

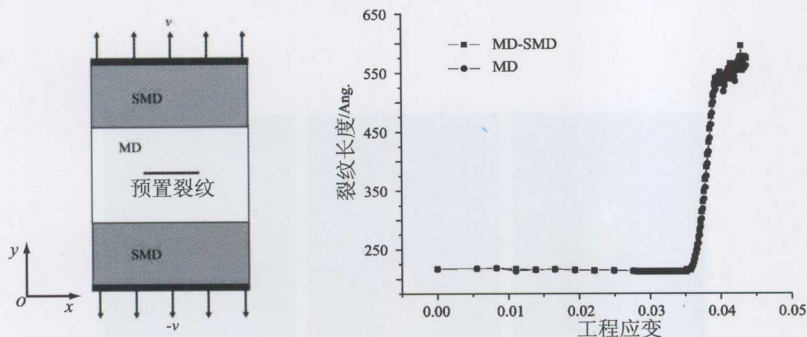


图 6.28 中心带裂纹板受单向拉伸算例

（左图为算例设置示意图，灰色为光滑分子动力学区域，白色为分子动力学区域，中间直线表示裂纹，位于分子动力学区内；右图为耦合方法和纯分子动力学方法给出的裂纹长度—拉伸应变曲线）

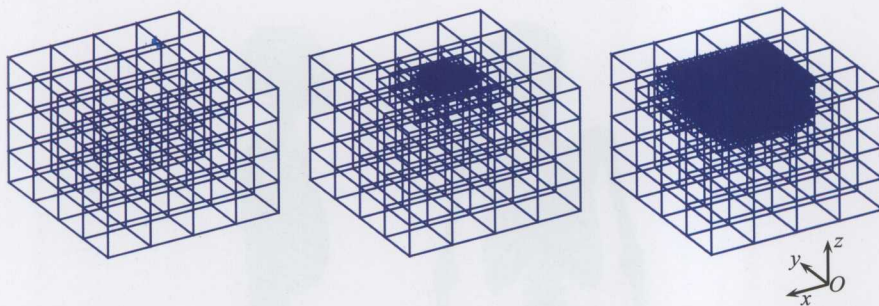


图 6.29 纳米压痕问题中自适应光滑分子动力学方法的背景网格随压入深度变化情况
(压入方向为 z 轴负向)

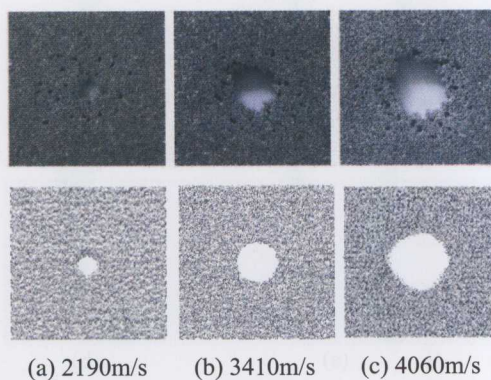


图 6.30 碎片高速撞击下泡沫铝防护层损伤的物质点法模拟结果(下)及其与
实验结果(上)的比较(图下方的数字表示撞击速度)

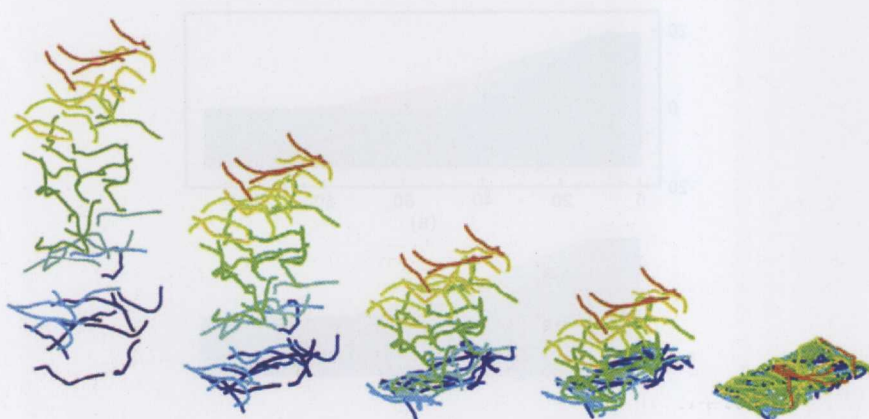


图 6.31 纳米碳管增强复合材料物质点微观结构的落管生成法



图 6.32 基于 CT 扫描图片生成的人体三维物质点模型 ((a) 为前视图, (b) 为侧视图)

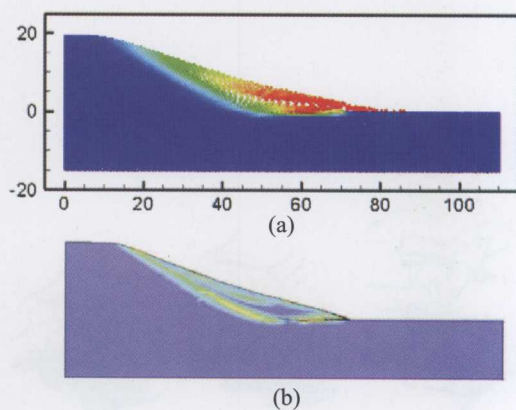


图 6.33 砂土边坡失效问题的物质点法 (a) 和有限元法 (b) 计算结果对比

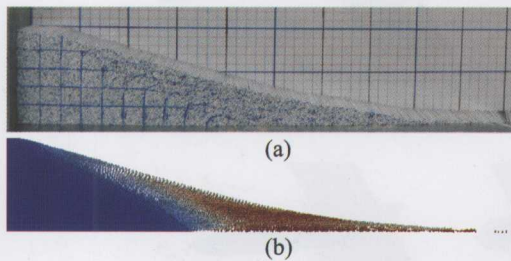


图 6.34 铝棒堆积物的最终构型实验结果 (a) 与计算结果 (b) 的比较

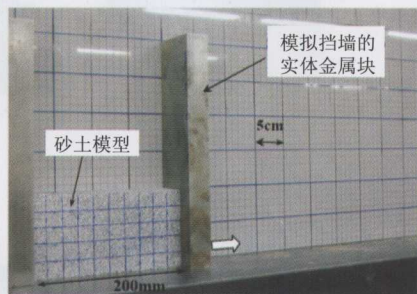


图 6.35 干燥铝棒堆积物的实验设置图 (引自文献 [270])

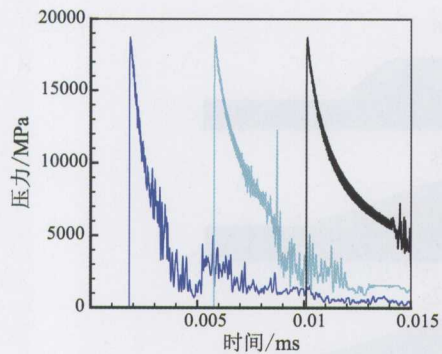


图 A.1 压力时程曲线

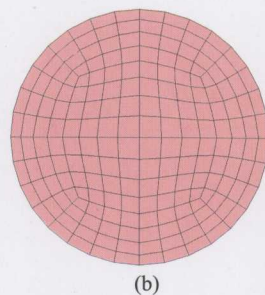
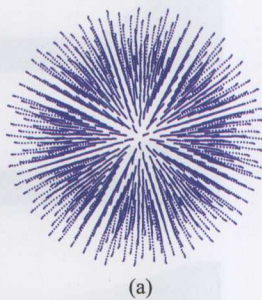


图 A.3 最终时刻铜杆的构型
(a) MPM; (b) FEM

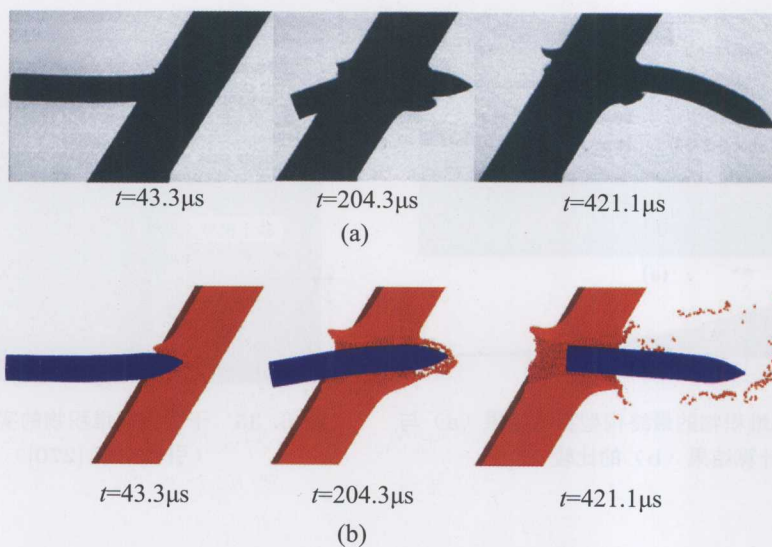


图 A.4 弹靶相互作用的实验结果和模拟结果 (初始弹速 400m/s)
(a) 实验结果, 剩余弹速 217m/s; (b) 计算结果, 剩余弹速 207m/s

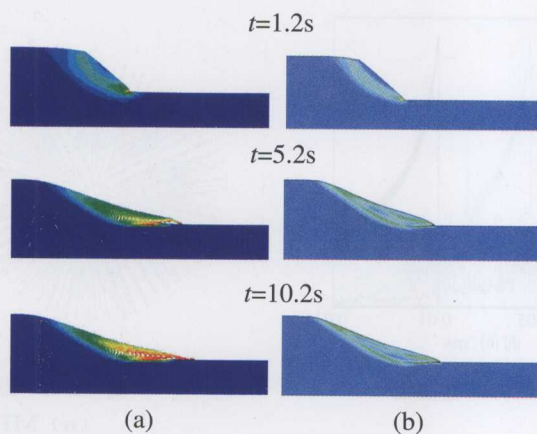


图 A.6 砂土边坡的失效模拟
(a) MPM; (b) FEM