

ESI虚拟样机技术及应用

——2012年ESI中国用户峰会论文选集

ESI中国 主编



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

ESI 虚拟样机技术及应用 ——2012 年 ESI 中国用户峰会论文选集

ESI 中国 主编



知识产权出版社
全国百佳图书出版单位

内容提要

本书介绍了 ESI 虚拟样机技术在碰撞冲击安全性、振动噪声、复合材料、铸造、钣金成型、焊接、流体力学多物理场等应用领域的最新研究成果，内容涉及核电、轨道交通、汽车制造、飞行器、海洋平台建设等的有限元分析、模拟分析、仿真分析。本书可供航空航天、交通、钢铁制造、模具制造、电子信息等行业的研发团队、相关专业的技术人员参考。

责任编辑：张 冰
装帧设计：刘 伟

图书在版编目 (CIP) 数据

ESI 虚拟样机技术及应用：2012 年 ESI 中国用户峰会
论文选集/ESI 中国主编. —北京：知识产权出版社，
2013. 4

ISBN 978-7-5130-1528-8

I. ①E… II. ①E… III. ①计算机仿真—文集 IV.
①TP391. 3—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 217297 号

ESI 虚拟样机技术及应用——2012 年 ESI 中国用户峰会论文选集
ESI 中国 主编

出版发行：知识产权出版社

社 址：北京市海淀区马甸南村 1 号

网 址：<http://www.ipph.cn>

发行电话：010-82000860 转 8101/8102

责编电话：010-82000860 转 8024

印 刷：北京中献拓方科技发展有限公司

开 本：787mm×1092mm 1/16

版 次：2013 年 4 月第 1 版

字 数：787 千字

ISBN 978-7-5130-1528-8/TP·009 (4382)

邮 编：100088

邮 箱：bjb@cnipr.com

传 真：010-82005070/82000893

责编邮箱：zhangbing@cnipr.com

经 销：新华书店及相关销售网点

印 张：27.25

印 次：2013 年 4 月第 1 次印刷

定 价：98.00 元

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题，本社负责调换。

目 录

第一篇

碰撞冲击安全性

- 3 核电站主泵三维泵壳有限元分析
孙明明 郭春华
- 6 B 型地铁列车虚拟碰撞仿真分析
王卉子 伊召锋 高峰
- 9 采用 Mapping 方法考虑初始应变的整车侧碰模拟
罗登科 吴峻岭 连志斌
- 12 Integrated Numerical Simulation Technique of Bird Impact on an Aircraft Windshield
J. Liu Y. L. Li P. Xue
- 19 PAM-SAFE 在驾驶员离位保护方面的应用
梁 榘 叶 威
- 23 摩擦系数对模拟正碰主驾乘员小腿损伤的影响
刘国操 葛安娜 万薇薇
- 26 膝关节在侧向低速载荷下的剪切和弯曲仿真
翟广凤 李海岩 赵 玮 崔世海
- 31 汽车安全气囊在计算机中的模拟研究
靳云飞 吴瑞源 韩 啸
- 35 基于 PAM-CRASH 的气囊 UP 及 FPM 方法的对比分析
万薇薇 葛安娜 刘国操
- 38 使用 PAM-CRASH 隐式求解乘用车后排座椅非线性准静态工况
刘 雍 张耿耿 连志斌 吴峻岭
- 42 六岁儿童头部颅内响应的有限元分析
崔世海 李向楠 赵 玮 李海岩

第二篇

振动噪声

- 49 VA One 预计中阻尼损耗因子确定方法研究
扈西枝
- 51 某动车组车内噪声控制方案设计研究
郭 涛 赵新利
- 55 统计能量分析在预测车辆隔声性能中的应用
刘从光 吴行让 程育虎 刘宏玉

- 60 SCS 动车组预期噪声的仿真分析
李敬雅 吕志龙 谢红兵
- 63 复杂外形飞行器声振环境的统计能量法预示技术研究
杨 巍
- 68 海洋平台上噪声分析方法的研究
张艳春 惠 宁 沈志恒
- 72 基于 Matlab 的 VA One 模型优化
白玉儒 马 上
- 77 基于统计能量分析方法的平台噪声仿真
姜聪聪 马 骏
- 82 一种混合方法在声-固耦合系统中的应用
谢晓忠 李 卓 陈 林 徐 伟
- 86 舰船基座连接形式声学研究
丛 刚 吕 帅 郑 律
- 90 舰船结构损耗因子优化研究
吕 帅 谢晓忠 王耀辉 丛 刚 庞福振
- 94 敷设阻尼材料的圆柱壳振动与声辐射预报研究
李 卓 陈 林 谢晓忠 徐 伟
- 97 声学建模和阻尼损失系数对舱室噪声影响研究
郑 律 邱中辉
- 103 约束阻尼层对水下圆柱壳声辐射性能的影响
陈 林 李 卓 谢晓忠 徐 伟
- 107 VA One 在 175m 抛石船机控室噪声控制中的应用
徐芹亮 王 波 孙玉海 李 峰 陈丕智
- 111 海洋平台的噪声预测与降噪技术
纪晓懿 韩华伟 霍 斌 王 娜
- 115 商用飞机噪声仿真流程研究
马 楠

第三篇

复合材料

- 119 风机叶片上蒙皮注胶口 RTM 优化模拟分析
秦贞明 王丹勇 李冰川 贾华敏 郭建芬 徐井利
- 123 热压罐工艺仿真技术
王 翔

第四篇

铸 造

- 129 冲击板的缺陷分析和铸造工艺优化
冯长海
- 136 基于 ProCAST 的消失模铸造工艺优化及研究
沈焕弟 李 日 冯传宁 郭仁军 尹海军 冯长海

- 140 基于 ProCAST 对破碎机锤头的工艺优化及微观组织模拟
尹海军 李 日 冯传宁 郭仁军 冯长海 沈焕弟
- 145 基于 ProCAST 软件对搅拌臂的消失模铸造工艺的优化
冯传宁 李 日 尹海军 沈焕弟 冯长海 郭仁军
- 151 计算机模拟在衬板铸造工艺设计上的应用
郭仁军 李 日 冯传宁 冯长海 沈焕弟 尹海军
- 157 桑塔纳轿车后制动鼓铸造过程数值模拟
殷平玲
- 162 ProCAST 模拟软件在熔模铸造快速样品前期工艺设计上的应用
郭印丽 张志军 颜 宏 田 毅
- 166 基于 ProCAST 壳体件数值模拟分析及工艺改进
薛丽娟 孙红梅 张春辉 金福斌 贵 菁 潘国昌

第五篇

钣金成型

- 173 BenQ 明基电子某液晶电视机后盖板钣金成型工艺仿真分析报告
张 增 王 玮
- 176 New Progress of the Virtual Prototyping Solution for Hot-forming with PAM-STAMP 2G
Martin Skrikerud Bahia Dahmena Caroline Borot Wang Wei
- 179 基于 PAM-STAMP 2G 软件的飞机钛合金钣金零件橡皮囊成形模拟技术研究
王厚闽 徐应强 顾俊海 胡 丹 鲍益东
- 182 V 形件弯曲回弹数值模拟精度研究
张兴振 李小强 李东升
- 187 基于快速回弹补偿的橡皮囊液压成形模面设计方法
李小强 杨伟俊 李东升 张 鑫 何德华
- 193 汽车用高强度钢板冲压回弹模拟探讨
王祖勇 陶长城 代耶峰 戴 勇 侯启军
- 197 橡皮液压成形工艺的可靠性稳健优化设计方法
王 森 李东升 李小强 杨伟俊
- 204 唐山车辆厂 PAM-STAMP 顶端板冲压成形数值仿真方案与分析报告
栾小东 王 玮
- 208 某型号电机产品外壳多工位冲压成形仿真分析结果与对实际工艺的指导
胡玮华 陈卫卫 王 玮
- 213 某型号电视机后盖板钣金成形工艺仿真分析
胡玮华 陈卫卫 王 玮
- 215 上海大众××车门外板覆盖件后期拉延成形仿真及缺陷分析
涂小文 凌 琳 王 玮
- 218 飞机铝合金大型钣金件精确成形研究
白 颖 张引引 陈 磊
- 223 Influence of Die-punch Gap to Hot Stamping Quality of a Door Anti-collision Beam
ZHANG Mi-lan SHAN Zhong-de JIANG Chao
ZHANG Min XU Ying ZHANG Zhen

- 227 PAM-STAMP 有限元分析软件在钣金零件展开计算中的应用
张亚兵
- 231 基于仿真技术的刚模胀形工艺分析
陈振林
- 238 基于数值模拟的不等高盒形件多道次深拉深成形工艺研究
白颖 王倩 曹锋 陈磊
- 243 浅析不规则拉深件的成形
王健 赵刚 张京图 韩钢
- 248 斜礼帽零件钣金成形工艺研究
章文亮
- 253 PAM-STAMP 2G 在预测汽车外覆盖件面品缺陷上的应用
薛飞 李超
- 257 TA15 板材冷折弯成形过程数值仿真应用研究
高海涛 刘章光 苗建芸 刘太盈
- 262 冲压成形件回弹补偿仿真分析
李成
- 265 阶梯零件拉深成形模拟仿真分析
苗建芸 高海涛 刘章光
- 269 铝合金管弯曲回弹的有限元模拟与试验分析
刘章光 苗建芸 高海涛 李建辉
- 273 钛合金 (CP-3) 钣金零件冲压成形模拟技术研究
王厚闽
- 275 双曲度板弯零件精确展开仿真
胡高林

第六篇

焊 接

- 279 工艺仿真技术在车体结构焊接变形控制中的应用研究
刘海鹏
- 284 基于固有应变法对大型构件焊接装配数值分析预测
冯和永 陈星 张宝东 李国强 高金良 耿景刚 张宏
- 288 镁合金点焊中电极球半径对熔核形状影响的数值模拟
王军 梁志敏 张玉凤 汪殿龙
- 292 16Mn 钢输油管道在役焊接修复的数值模拟
岑康 张宏
- 296 SYSWELD 新功能浅谈
李洪林 张宏
- 300 材料硬化模型对 316L 奥氏体不锈钢焊接残余应力的影响
徐济进
- 304 轨道车辆用铝合金自动焊搭接接头裂纹研究
王陆钊 王德宝

- 308 基于 SYSWELD 的不锈钢板管焊接应力变形模拟
路 浩 刘英臣 耿义光
- 312 基于 SYSWELD 的钻杆键条焊接接头的残余应力分析
徐兴全 赵海燕 于兴哲 朱小武
- 316 基于固有应变法对大型构件焊接装配数值分析预测
张 宏 陈 星
- 320 基于固有应变法某大型罐体焊接仿真变形分析
张 宇 张 宏 陈 星
- 323 基于四面体单元焊接过程的数值模拟
徐济进
- 326 基于体积收缩法预测及验证某大型罐体焊接装配数值计算
陈 星 张 宏
- 329 摩托车平叉轴管与侧管 CO₂ 焊数值仿真
齐喜岑 凌泽民 王高见 张 宏
- 334 基于 SYSWELD 的载荷对高速列车车体焊缝残余应力的影响研究
徐 浩 陈 鹏 朱忠尹 陈永红
- 338 基于 SYSWELD 焊接顺序对高速列车车体焊接残余应力的影响研究
陈永红 陈 鹏 朱忠尹 许 浩
- 343 基于 SYSWELD 软件焊接温度场数值探讨
凌泽民 张 宏
- 346 平板对接焊接温度场的数值模拟计算
苏 杭 常荣辉 倪家强
- 349 平板天线焊接变形仿真技术
张光元 李晓艳 谢义水 黄本林 陈永盛
- 352 钛合金构件的 SYSWELD 焊接模拟分析
苏 杭 常荣辉 倪家强
- 355 火焰温度对 8V 对接接头火焰矫正分析
于金朋 王贵国 陈 辉 刘春宁 张立民
- 359 基于局部-整体方法的货车底门焊接变形有限元分析及工艺优化
刘海鹏 谷志飞 班永华
- 365 基于 VISUAL 平台焊接工艺模板开发流程定制研究
董 雯 钟 奎 文 超 朱小武 刘北南 张 宏
- 368 SYSWELD 在热处理加热模拟中的参数修正
雷晓娟 沈丙振

第七篇

流体力学多物理场

- 373 Effects of Mold Geometries and Initial Resist Thickness on Filling Behavior in UV-NIL
DU Jun WEI Zhengying HE Wei TANG Yiping
- 381 内送粉等离子喷涂的三维数值模拟
胡福胜 魏正英 刘伯林 杜 军

- 386 差分格式及限制器对气动热数值模拟影响的研究
张 磊
- 393 喷漆及漆雾捕捉分析
赵 锐
- 398 ESI Solutions in Computational Electromagnetics
- 402 Recent Technology Advances in the Computational Electromagnetics Code Efield® for Large Scale Sensor Integration Simulations
B. Strand B. W. stberg E. Abenius
- 405 CFD—ACE+微电子行业应用方案

第八篇 平 台

- 419 结构设计制造性的快速预测评估
杨 军 王凌云
- 423 准确定位差异化用户的 ESI 航空航天钣金仿真集成平台
王 玮 魏战冲 张久松 袁安杰

第一篇 碰撞冲击安全性

核电站主泵三维泵壳有限元分析

孙明明 郭春华

东方阿海珐核泵有限责任公司，四川德阳，618000

摘要：本文应用有限元分析软件 SYSTUS，对反应堆冷却剂泵重要的承压部件——主泵泵壳——进行三维有限元分析，并采用该软件的核电分析模块对计算结果进行 RCC-M 分析。计算结果表明，主泵泵壳的设计完全满足 RCC-M 标准的要求。

关键词：主泵；泵壳；应力；RCC-M。

1 前言

反应堆冷却剂泵（以下简称主泵）是核岛设备最重要的组成部分，其作用是驱动反应堆冷却剂在主回路里循环，将反应堆产生的热量传递给蒸发器。

泵壳部件位于主泵的最下部，其进出口直接连接一回路主管道，上部则通过法兰连接主泵电机部件。作为主泵的主要压力和温度腔室以及承压边界的重要组成部分，主泵泵壳的应力水平直接影响到整个反应堆的安全性，是重要的核安全部件。

采用大型有限元分析软件 SYSTUS 对主泵泵壳进行三维有限元计算，同时依照法国 RCC-M 标准对计算结果进行校核。

分析是选用 RCC-M 规定的第四类工况即事故工况进行计算，该工况涵盖了主泵所承受的主要内部及外部载荷。

计算结果表明，主泵泵壳部件具有足够的安全裕度，能够保证主泵安全可靠运行。

2 计算程序 SYSTUS 简介^[1]

SYSTUS 软件是一款大型通用有限元分析软件，其功能涵盖了结构、传热、电磁等多个物理场及各物理场间耦合的有限元分析。

该软件具有很强的前处理功能，提供了与主流三维造型软件（如 UG、CATIA 等）的接口，三维模型可以方便地从造型软件导入 SYSTUS；

强大的有限元网格控制和划分功能，使得有限元模型的建立快捷准确；多样的结果数据处理功能以及各类图形、动画的显示和输出功能，极大地方便了对于计算结果的分析评价。

SYSTUS 主程序最大的特色是包含了核工业分析模块——RCCM/ASME 程序。

RCCM/ASME 模块是 SYSTUS 的一个独立后处理模块，可以实现在 SYSTUS 程序内部直接用 RCC-M 标准的 B3200 章节或 ASME 标准的 Section III, division 1, article NB3200 来验证计算结果，校核结构特性。SYSTUS 的 RCCM/ASME 程序模块将设计人员从大量结果数据的人为比对和校核操作中解放出来，可以有效避免人为错误的出现。保证结果的精确性、可靠性，提高计算分析的效率。SYSTUS 目前版本的 RCCM/ASME 模块的参考标准为 RCCM 2007 版与 ASME 2007 版。

3 主泵主要参数

功率：	8032kW（冷态） 5932kW（热态）
同步转速：	1500 r. p. m
机组高度：	9.4 m
机组重量：	104.7 t
额定流量：	23790 m ³ /h
冷却剂主压力：	152 bar
正常运行温度：	293 ℃

4 有限元模型

本文采用的有限元网格划分软件为法国 ESI

集团的 Visual-Mesh^[2], 使用该软件可以非常方便地实现与 SYSTUS 的数据交换。

主泵泵壳的三维整体有限元模型如图 1 所示。泵壳的三维实体 CAD 模型见图 2, 其作为 .IGS 文件输入 Visual-Mesh 并完成网格划分。

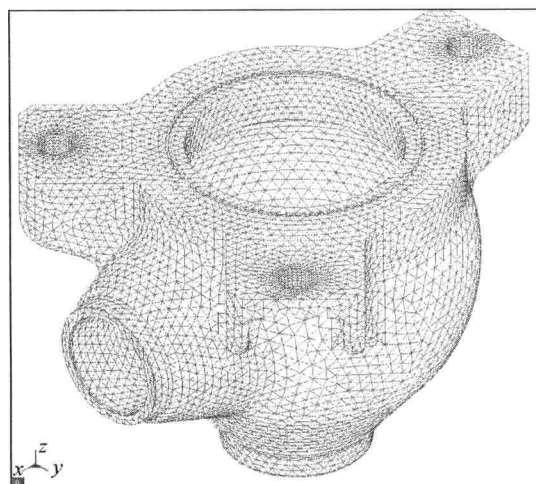


图 1 泵壳有限元模型

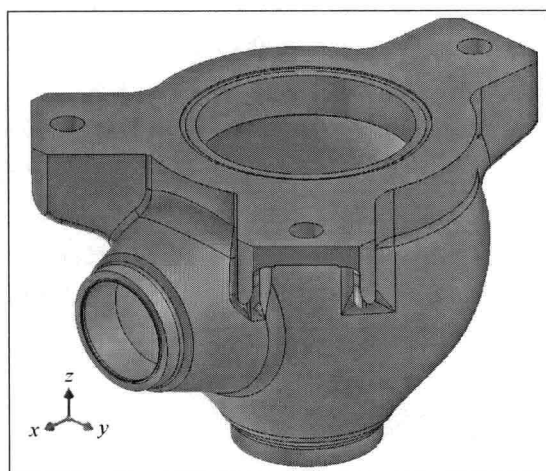


图 2 泵壳几何模型

5 计算工况及载荷

计算工况为 RCC-M 中规定的第四类工况, 即事故工况, 该工况主要载荷如下:

- 主泵正常运行时的压力。
- 安全停堆地震载荷 (SSE)。
- 冷却剂断水事故及主管道破裂产生的载荷 (LOCA)。

事故工况时主冷却剂最高的可能温度为

352.4℃, 主回路最大压力为 18.7MPa。

事故工况下的主泵泵壳三维计算, 主要考察其一次应力水平, 即 RCC-M 所规定的 P_m (一次薄膜应力) 和 $P_m + P_b$ (一次薄膜与弯曲应力之和)。

6 计算结果

使用 SYSTUS 软件的核电专用功能-RCC-M 分析模块, 可以方便快捷地计算出泵壳部件上各选定分析位置的一次薄膜应力 (P_m) 及一次薄膜应力与弯曲应力之和 ($P_m + P_b$) 的数值。

表 1 是泵壳最危险位置的应力计算结果。图 3 是事故工况 (18.7MPa) 下, 泵壳应力分布云图。

表 1 部分应力计算结果 单位: MPa

泵壳 分析截面	一次薄膜应力 P_m	一次薄膜应力+弯曲应力 ($P_m + P_b$)	
		泵壳 内表面	泵壳 外表面
1	152.0	164.7	158.0
2	146.6	162.3	139.8
3	135.1	143.6	137.9
4	123.8	140.0	124.3
5	121.0	139.2	108.7
6	119.0	140.8	114.4
7	114.6	94.2	138.9
8	113.9	90.8	142.2
9	82.3	91.6	98.7
10	97.4	115.5	92.0
11	95.1	102.1	118.7

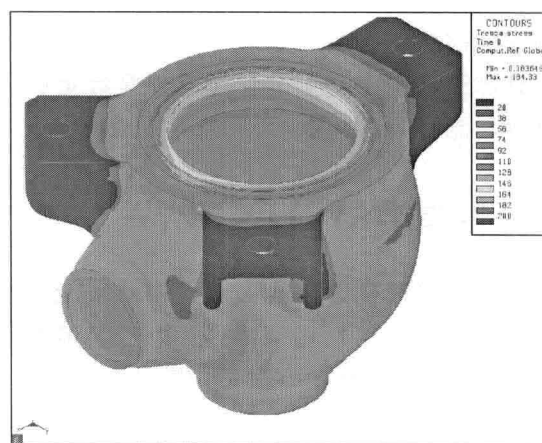


图 3 泵壳应力分布云图——事故工况 (18.7MPa)

计算结果表明，主泵泵壳的一次应力水平满足 RCC-M 的要求，能够满足主泵安全可靠运行的要求，泵壳结构设计是安全的。

参 考 文 献

[1] SYSTUS 2011 用户手册。
[2] Visual-Mesh 7.0 用户手册。
[3] 法国核岛设备设计、建造在役检查规则协会，RCC-M 压水堆核岛机械设备设计和建造规则。

7 结果评价及结论

RCC-M 对第四类工况应力评判有专门的要求（见表 2）。承压边界部件材料不同，许用应力也不同，可以在 RCC-M 附录 ZF 中查询到主泵泵壳材料在对应温度下的许用应力值及极限应力，并对计算结果进行校核^[3]。

表 2 RCC-M 对第四类工况的应力准则

RCC-M level D criteria	Sub-section B; Class 1 components (B 3236 – B 3254)
除螺栓外的 承压部件	B 3236 ZF 1323.1b $P_m < \min (2.4 S_m; 0.7 S_u^{\text{①}})$ 一次薄膜应力 ZF 1323.1b $P_l < 1.5 \min (2.4 S_m; 0.7 S_u)$ 局部一次薄膜应力 ZF 1323.1b $P_m + P_b < 1.5 \min (2.4 S_m; 0.7 S_u)$ 一次薄膜应力 + 弯曲应力
螺栓	B 3254 – B 3251 ZF 1323.1b $\sigma_{memb.} < \min (2.4 S_m; 0.7 S_u)$ 薄膜应力
特殊应力	没有要求

① 0.7 Su 代替 $\min (2.4 S_m; 0.7 S_u)$ 对于铁素体材料。

B 型地铁列车虚拟碰撞仿真分析

王卉子 伊召锋 高峰

唐山轨道客车有限责任公司，唐山，063035

摘 要：以 B 型地铁列车为研究对象，对车体模型合理简化，运用 PAM-CRASH 专业仿真软件，对两列 AW0 地铁列车在 25km/h 相对速度碰撞工况下，进行了虚拟碰撞仿真分析研究，对列车碰撞结构的设计及优化提供理论指导依据。

关键词：地铁列车；虚拟碰撞仿真；PAM-CRASH。

1 前言

地铁列车作为城市轨道交通的一种运输工具，越来越受到人们的青睐。地铁列车运行载客量大，人流密集，其安全性也成了公众关注的焦点，地铁列车的碰撞性能指标对列车的安全运行至关重要。本文采用 PAM-CRASH 专业分析软件对 B 型地铁列车的碰撞性能进行了虚拟仿真分析。

2 列车仿真模型的建立

B 型地铁列车为 6 辆编组列车，共有 Tc 车、Mp 车和 M 车三种车型，成对称分布。根据参考文献 [4]，前三节车对于第一界面的动态响应有至关重要的影响，第三节以后的车辆在碰撞中对第一界面的动态响应影响很小，因此，本次计算中为了减少计算规模，对于列车的碰撞仅考虑了前三辆车的编组，编组的有限元模型如图 1 所示。

碰撞问题是一个系统级的动态响应问题，各级吸能结构的简化和等效严重影响最终的计算结果，尤其是接触力的响应。列车所采用的防爬器是金属刨削式，其仿真中所采用的算法与碰撞仿真所采用的大变形算法是不一样的，根本不可能在一个仿真模型中同时完全表达；头车车钩在碰撞过程中，当碰撞力大于所设计的剪切螺栓所承受的剪切，车钩将会脱离车体退出碰撞。本文重



图 1 三辆编组对碰列车的模型示意图

点关注的是列车的变形问题，为简化问题，对防爬器和头车车钩所吸收的能量从碰撞系统中扣除，只关注列车车体在防爬器达到最大吸能能力以后的情况，为保证列车在碰撞中力的传递路径与实际一致，特保留了防爬器在达到有效行程以后的安装状态。

3 两列 AW0 列车以 25km/h 相对速度相撞仿真结果分析

从碰撞系统的能量图和碰撞力曲线来看，整个碰撞过程保持能量守恒原则，整个系统的能量为 1856.67kJ。随着碰撞的进行内能逐渐增加，动能逐渐减少，碰撞开始的前 19ms，是刚度较弱车司机室铝骨架发生变形，随后才进入刚度较大的司机室铝合底架的碰撞变形，因此能量图中动能和内能曲线均在 19ms 处有拐点，碰撞力曲线在前 19ms 碰撞中第一界面的碰撞力（两个头车的碰撞面）并不大，20ms 防爬器开始接触，碰撞力急速增加，第一个峰值为 3160.2kN，发生在 25ms。25~93ms 之间，司机室底架发生变形，碰撞力在这个时间段内围绕 1800kN 波动，在 93ms 之后第一界面的碰撞力出现急速下降，114ms 降为 0，此后第一界面上车体前端不再接触，司机的变形量也在此刻以后没有较大的变化。但在 152ms 时，碰撞力再次急速增加，这是由于后继车辆对头车的冲击影响造成的，其碰撞力在 3000kN 左右波动。在碰撞计算时间内，第一界面发生两次碰撞，在整个碰撞过程中车体主体结构保持完整，始终处于弹性变形阶段，大变形区域主要集中在司机

室铝骨架和底架横梁上,如图2所示。冲击车辆和被撞车辆的第二界面上等效车钩的吸能区已达到最大,冲击车辆和被撞车辆的第三界面上等效车钩发生了部分变形,但并没有达到吸能极限,在计算时间内第二界面和第三界面上车体还未发生碰撞。

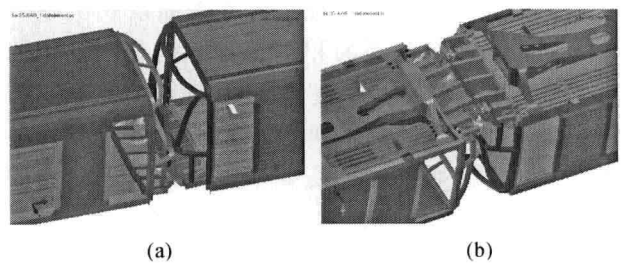


图2 Tc车司机室变形

(a) $t=180\text{ms}$ 车体变形情况; (b) $t=180\text{ms}$ 车体变形情况

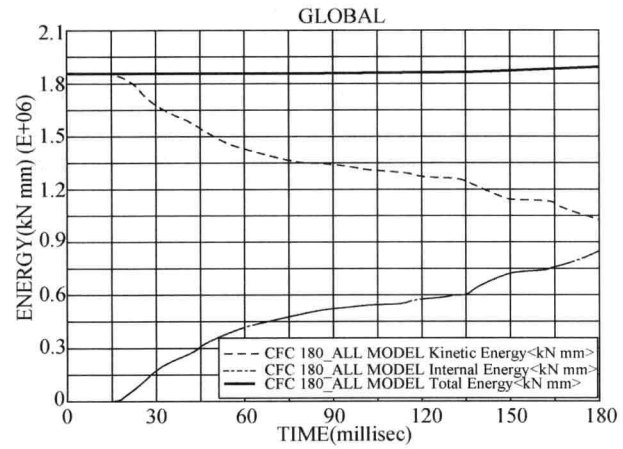


图3 碰撞系统能量随时间变化的曲线

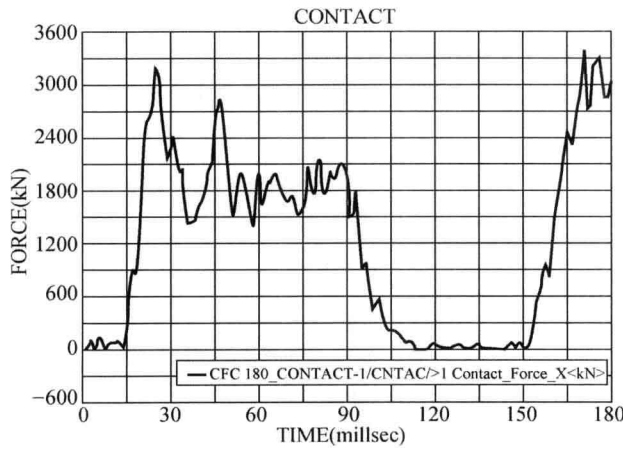
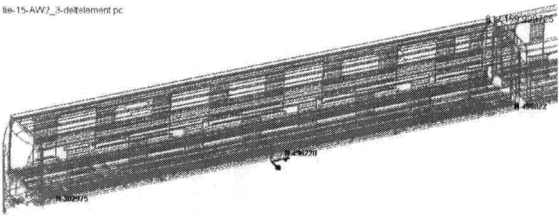


图4 第一界面碰撞力随时间变化的曲线

图5为冲击车辆第一节车采点位置的纵向速度曲线图,图6为冲击车辆第一节车采点位置的纵向位移图。180ms时,车体二位端纵向位移达到最大,约785.9mm。由于第一界面在114ms碰撞力降为0,以冲击车辆第一节车的二位端采点作为参考点,此时,该点的纵向位移值为528.8mm,纵向速度为 -3.127mm/ms ,冲击车辆第一节车在第一次冲击中的平均加速度约为 -30.69m/s^2 (即约 $-3.1g$),被撞车辆第一节车在第一次冲击中的平均加速度约为 31.34m/s^2 (即约 $-3.1g$,见图7)。



(一位端边梁, 302975; 车体中部边梁, 496220; 二位端边梁, 496822)

图5 冲击车辆第一节车采点,位置的纵向速度曲线图

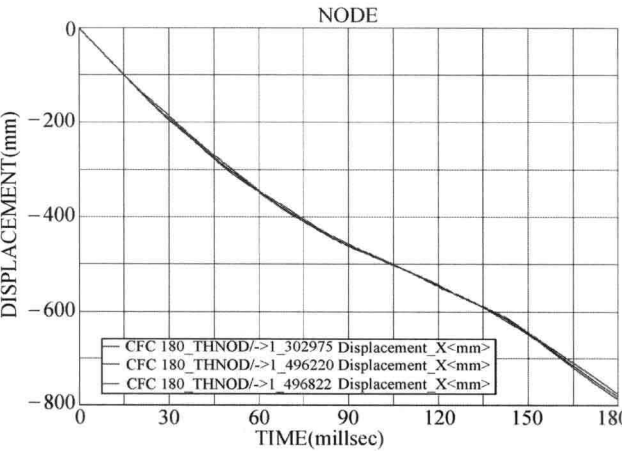


图6 冲击车辆第一节车采点位置的纵向位移图

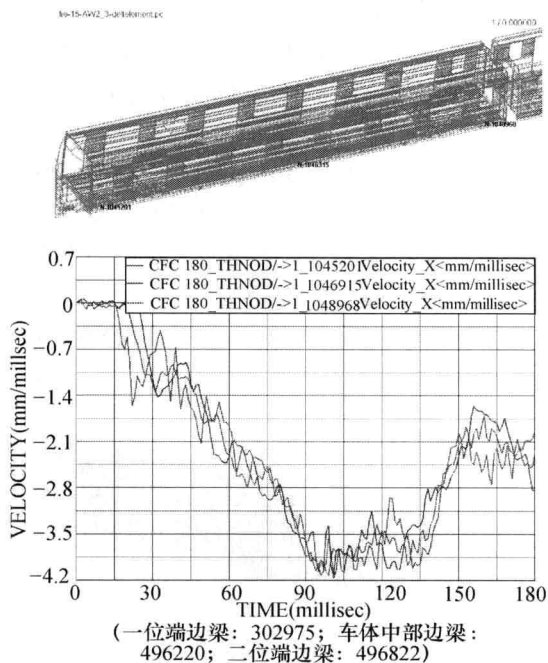


图7 被撞车辆第一节车采点位置的纵向速度曲线图

4 结论和展望

借助于 PAM-CRASH 专业碰撞分析软件, 初

步完成了两列 AW0 地铁列车以 25km/h 相对速度的碰撞仿真分析。列车在碰撞中的平均减速度满足标准 EN15227 的要求, 除司机室有较大的变形外, 客室区保持完整, 但司机室与车体的接口较弱, 应适当加强。

本文在碰撞分析时对某地铁列车碰撞系统做了大量的简化, 在计算时间内也未能反映出整个碰撞系统中后继车辆的相继冲击效应。因此, 如何考虑采用更能准确表达车钩缓冲装置和吸能结构的动态行为特性的简单简化模型, 以便更为准确地捕捉碰撞系统的动态响应, 需要做进一步的工作。

参 考 文 献

- [1] 谢素明, 兆文忠, 闫学冬. 高速车辆大变形碰撞仿真基本原理及应用研究 [J]. 铁道车辆. 2001.
- [2] 刘金朝, 王国成. 城市轨道交通车辆防碰撞性研究 [J]. 现代城市轨道交通. 2005.
- [3] 房加志, 刘金朝, 焦群英, 等. 铁路客车结构大变形碰撞特性的仿真研究 [J]. 中国农业大学学报. 2004.
- [4] G Lu. 耐碰撞车辆的能量吸收要求 [J]. 国外铁道车辆. 2006.