

# 基于 Isight 的冲压驱动桥壳参数化有限元建模方法

刘博林<sup>1</sup>, 谢里阳<sup>1</sup>, 张娜<sup>2</sup>, 罗义建<sup>2</sup>

(1. 东北大学 机械工程与自动化学院, 辽宁 沈阳 110819; 2. 中国第一汽车股份有限公司  
汽车振动噪声与安全控制综合技术国家重点实验室, 吉林 长春 130011)

**摘 要:** 针对目前冲压驱动桥壳有限元建模方式繁琐低效的问题, 在多学科优化集成软件 Isight 环境中, 综合运用 Pro\_E 参数化建模功能和 ABAQUS 有限元分析功能, 建立了考虑冲压工艺和焊接工艺影响的驱动桥壳参数化有限元分析流程及参数化有限元模型. 该方法有效地解决了复杂结构参数化有限元分析过程中的模型描述、参数驱动、自动更新等问题, 不仅为解决类似问题提供了一种新的解决方案, 也为桥壳可靠性预测和评估等问题提供了有效的工具. 实例结果表明, 该方法合理、可行.

**关 键 词:** 驱动桥壳; Isight; 参数化; 有限元; 冲压

中图分类号: TP 319

文献标志码: A

文章编号: 1005-3026(2018)03-0373-05

## Finite Element Modeling of Punching Drive Axle Housing Parameterization Based on Isight

LIU Bo-lin<sup>1</sup>, XIE Li-yang<sup>1</sup>, ZHANG Na<sup>2</sup>, LUO Yi-jian<sup>2</sup>

(1. School of Mechanical Engineering & Automation, Northeastern University, Shenyang 110819, China; 2. State Key Laboratory of Vehicle NVH and Technology, China FAW Ltd., Co., Changchun 130011, China.

Corresponding author: LIU Bo-lin, E-mail: strive\_1980@163.com)

**Abstract:** In order to solve the inefficient problem about the finite element modeling of drive axle housing, by combining the parametric modeling function of Pro\_E with the finite element analysis function of ABAQUS and considering the influence of punching process and welding process, the parametric finite element analysis process and the model of drive axle housing were built based on the multidisciplinary design optimization software Isight. This method effectively solves the problems of model description, parameter driving and automatic updating in the process of parametric finite element analysis of complex structures. It not only provides a new solution to similar problems, but also provides an effective tool for the reliability prediction and evaluation of drive axle housing. The results demonstrated that the proposed method is reasonable and feasible.

**Key words:** drive axle housing; Isight; parameterization; finite element; punching

驱动桥壳是汽车上重要的结构件之一, 其强度和刚度对汽车的安全性和可靠性产生直接影响. 目前桥壳主要采用冲焊成型制造工艺. 但冲焊工艺存在成型差, 焊接质量不稳定等问题. 文献[1-2]对冲焊桥壳的成型过程进行了数值模拟, 指出冲压工艺导致桥壳厚度分布不均, 文献[3]阐述了冲焊桥壳在焊缝处易发生疲劳破坏, 因此, 在桥壳有限元分析过程中有必要考虑此类问题的影响.

现有的有限元模型建立方法大多是先采用三维软件建立几何模型, 然后导入有限元软件进行计算; 或是在有限元软件里直接由下到上建立分析模型. 上述2种方法中, 当需要进行多次建模和分析时, 前者工作量巨大, 后者需要对模型进行大量简化, 且对于一些复杂的模型如驱动桥壳等无法通过该方法实现. 随着计算机技术的不断发展, 参数化有限元建模技术得到人们越来越多的关注, 通过 CAD, CAE 软件的集成, 构建一体化工

作环境,可极大地减少花在模型修改和重建上的时间<sup>[4]</sup>.目前,很多软件开发商都致力于开发可以实现对 CAD 和 CAE 进行联合仿真的软件,Isight 是其中之一.通过 Isight 软件集成 CAD 和 CAE 软件进行机械产品优化设计、可靠性设计已经成为机械产品设计领域研究的热点<sup>[5-7]</sup>.但 Isight 集成技术在驱动桥壳上的应用还未见报道.

本文以 Isight 软件为平台进行驱动桥壳参数化有限元建模集成工作的研究.基于 Isight 强大的多学科仿真集成能力,综合应用 Pro\_E 的三维参数化建模功能和 ABAQUS 的有限元自动化分析功能,对构建驱动桥壳集成建模平台的方法进行了研究,将参数化三维实体建模和有限元分析集成在一起,实现仿真流程的自动化.

# 1 桥壳厚度变化规律及三维参数化建模方法

驱动桥壳先由钢板冲压成型两个半桥壳,再将两个半桥壳焊接成桥壳本体.此类桥壳结构如图 1 所示,由半桥壳、半轴套管、钢板弹簧支座、制动法兰、后桥盖、减速器壳等部件焊接而成.冲压桥壳的关键尺寸为矩形截面高度、宽度、厚度、圆角半径及过度圆角半径等参数.目前,驱动桥壳一般设计为等厚截面,但冲压工艺导致桥壳厚度分布不均,圆角半径误差较大.有限元分析有必要考虑这些因素的影响.图 2 是测点分布图,图 3 是某样件测得的冲压后桥壳的厚度变化趋势.

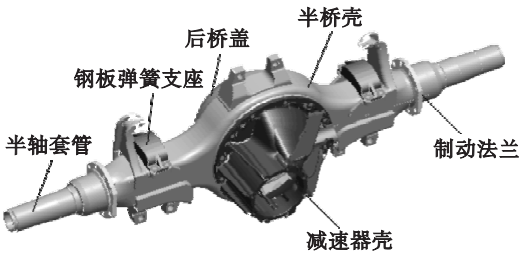


图 1 冲压桥壳  
Fig. 1 Punching drive axle housing

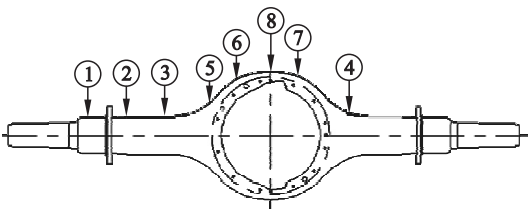


图 2 冲压桥壳厚度测点分布  
Fig. 2 Distribution of thickness measuring points of punching drive axle housing

鉴于冲焊驱动桥壳结构的复杂性,采用基于

Pro\_E 的参数化造型功能建立桥壳的参数化模型和基于 Pro\_E 提供的 trail. txt 轨迹文件建立桥壳参数化模型模板的方法<sup>[8-10]</sup>.该方法与二次开发 Pro\_E 方法相比无需复杂编程即可实现建模的自动化,同时 trail. txt 模板可有效实现 Pro\_E 与 Isight 集成.基于此方法,桥壳参数化几何建模的过程如下:根据图 3,将桥壳分为 8 个设计区域,如图 4 所示,并定义各区域的参数化变量.

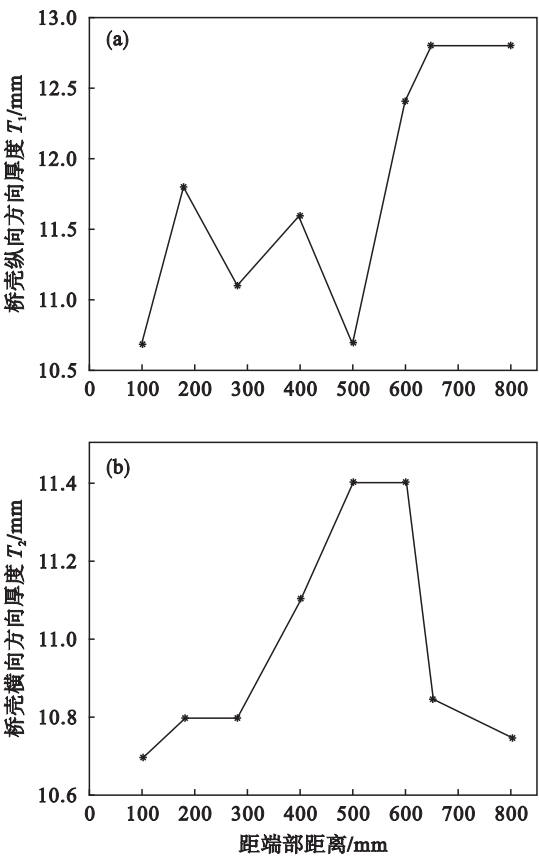


图 3 某冲压桥壳的厚度变化规律  
Fig. 3 Variation of the thickness for punching axle housing  
(a)—纵向厚度变化;(b)—横向厚度变化.

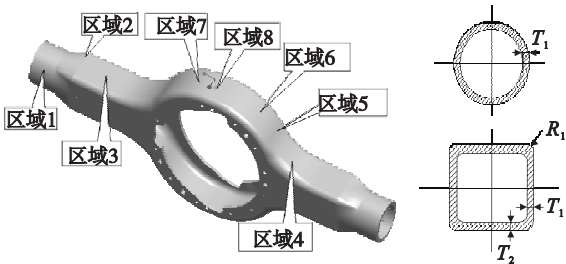


图 4 桥壳不等厚度设计区域及参数化变量  
Fig. 4 Design area with different thickness and parametric variables of axle housing

分别建立 8 个设计区域的桥壳几何截面并扫描成型,建立参数化变量与各特征之间的映射关系,并考虑焊缝等细部特征,然后制作 trail. txt 参数化模型模板,最终建立的三维参数化模型如图

5 ~ 图 7 所示.

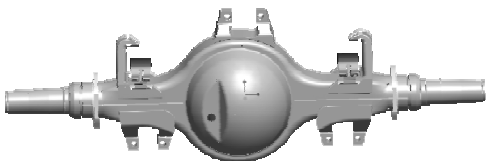


图 5 桥壳 Pro\_E 三维参数化模型

Fig. 5 Pro\_E 3D parametric model of axle housing

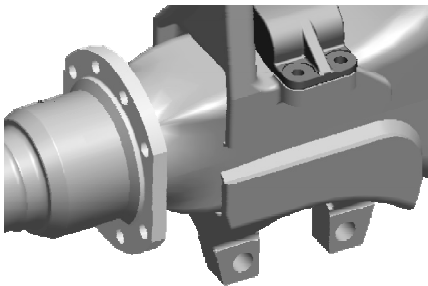


图 6 桥壳局部放大图

Fig. 6 Partial enlarged drawing of axle housing



图 7 桥壳厚度方向剖视图

Fig. 7 Section view of thickness of axle housing

## 2 有限元分析自动化实现方法

复杂模型的网格划分是有限元建模过程中耗费时间最长的部分. 同时, 为了优化设计及保证结果的正确性, 还需要对不同的模型进行重复计算. 因此, 实现有限元建模流程的自动化十分必要.

ABAQUS 软件被认为是功能最强大的有限元软件之一, 其主体框架由 Python 编程语言构成, 利用 Python 语言可以编写适合需求的脚本程序, 控制 ABAQUS 内核来完成各种操作<sup>[11-13]</sup>.

本文基于 Python 语言建立驱动桥壳有限元分析模板, 集成仿真知识, 自动实现驱动桥壳的几何模型导入、材料属性添加、网格划分、结合面处理、约束载荷加载、计算分析及结果提取等一系列操作, 图 8 为所开发的脚本程序流程图.

## 3 Isight 软件集成

本文以 Isight 为平台集成 Pro\_E 参数化建模功能和 ABAQUS 自动化有限元分析功能, 实现驱动桥壳建模的流程化, 流程图如图 9 所示. 具体如下: 通过 Isight 调用 Pro\_E 批处理文件 (GoProe. bat) 并读取 trail 文件, 读入参数化变量值, 实现

Isight 与 Pro\_E 之间的参数传递及模型重建. 通过 Isight 调用 ABAQUS 的批处理文件 (GoABAQUS. bat), 实现 Isight 与 ABAQUS 的数据传递及自动化有限元分析<sup>[14]</sup>.

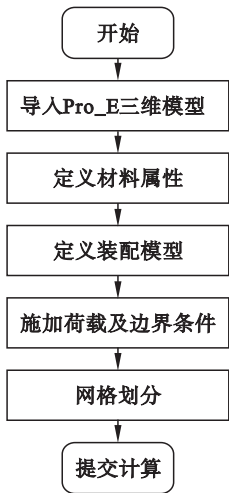


图 8 脚本程序流程图

Fig. 8 Flow chart of script programs

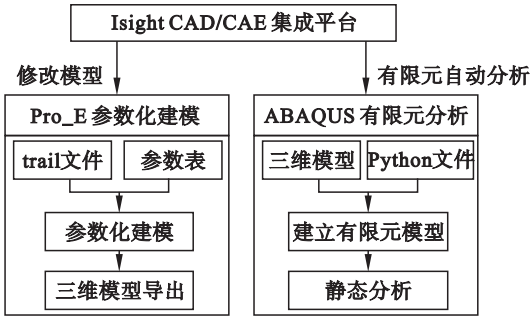


图 9 集成平台流程图

Fig. 9 Flow chart of integration platform

基于 Isight 软件集成 Pro\_E 和 ABAQUS 建立的 CAD/CAE 集成平台如图 10 所示.

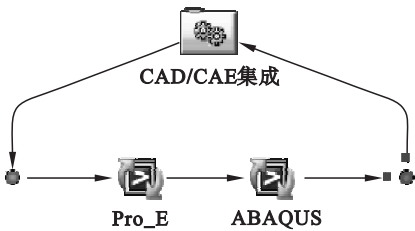


图 10 CAD/CAE 集成平台

Fig. 10 CAD/CAE integration platform

集成系统包括 Pro\_E 和 ABAQUS 两个模块, 分别实现驱动桥壳的参数化几何建模功能及有限元分析功能.

1) Pro\_E 模块: canshu. txt 作为输入文件提供结构尺寸参数, 实现对几何模型的修改, qiaoke. stp 是输出给 ABAQUS 的模型输入文件.

2) ABAQUS 模块: abaqus. py 为输入文件,

实现有限元模型的建立及计算,abaqus. bat 是输出文件,从中可以得到最大应力等信息.

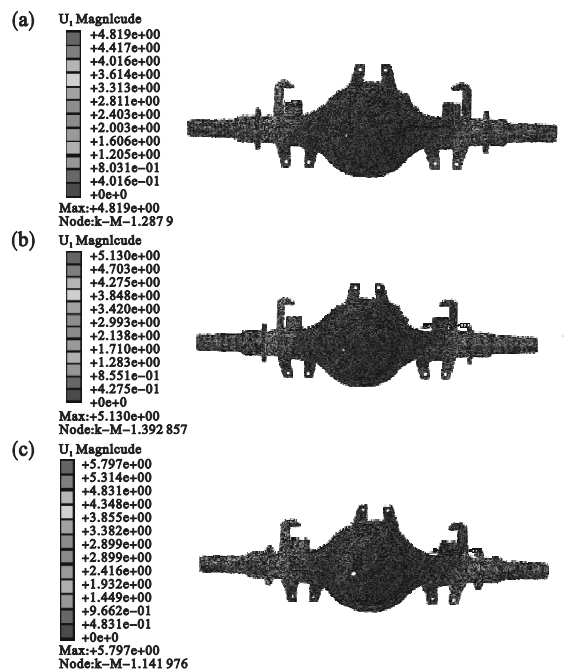
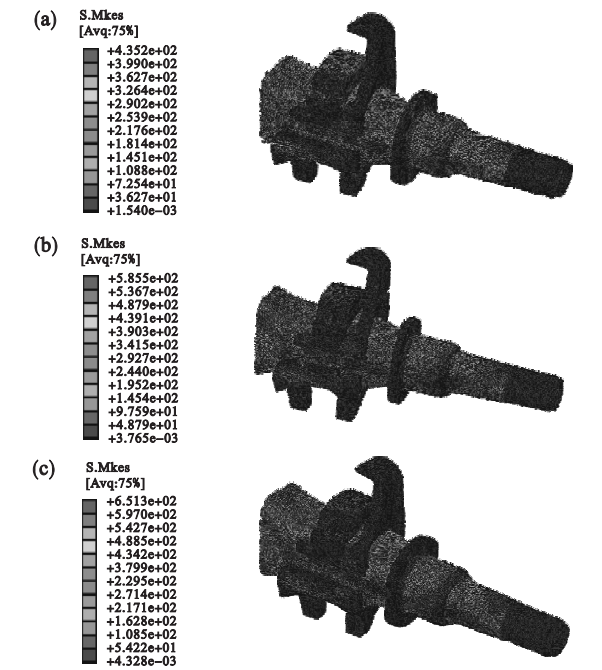
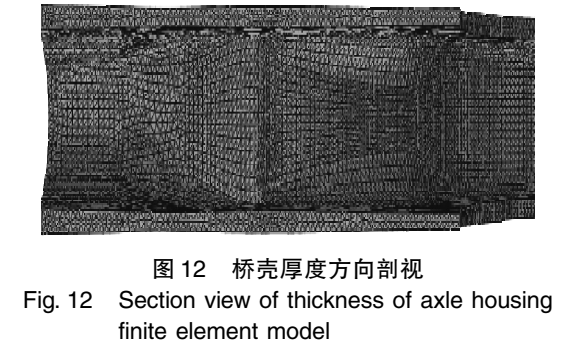
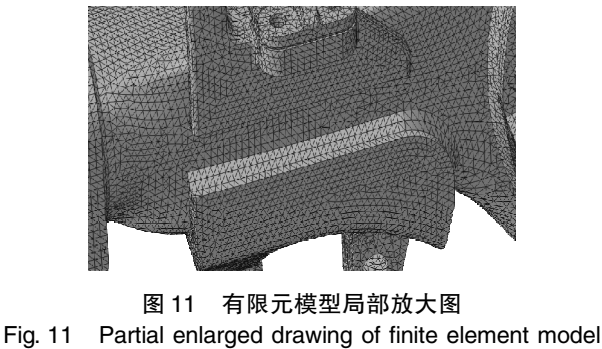
4 集成结果

利用平台参数化建模功能,选取 3 组不同壁厚的桥壳进行有限元分析,具体取值见表 1,生成的有限元模型见图 11~图 12,从图中可以看出模型考虑了桥壳厚度沿轴向的变化趋势. 计算结果

见图 13~图 14 所示.

从图中看出,桥壳厚度不同,桥壳在同样载荷下最大应力值及变形量也不同. 桥壳厚度变薄 10% 应力增加 8%,变形增加 6%;桥壳厚度变薄 20% 应力增加 18%,变形增加 8%. 应力对桥壳厚度变化较敏感,变形受厚度变化影响较小,因此,在计算桥壳应力时,考虑冲压影响的变厚度桥壳更加合理.

表 1 桥壳厚度取值																								
Table 1 Thickness value of drive axle housing																								
桥壳 组号	mm																							
	1			2			3			4			5			6			7			8		
	T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>		
1	14.0	14.0	14.0	22.0	14.0	14.0	22.0	14.0	14.0	22.0	14.0	14.0	39.0	14.0	14.0	22.0	14.0	14.0	22.0	14.0	14.0	22.0		
2	12.6	14.0	12.8	20.1	13.1	12.8	20.1	13.7	13.1	20.6	12.7	13.4	37.3	14.6	13.5	21.2	15.0	12.9	20.3	15.0	12.8	20.1		
3	10.7	11.9	10.8	17.0	11.1	10.8	17.0	11.6	11.1	17.4	10.8	11.4	31.8	12.4	11.4	18.0	12.7	10.9	17.1	12.7	10.8	17.0		





## 5 结 语

基于 Isight 平台, 通过对 Pro\_E 软件和 ABAQUS 软件的二次开发及过程集成, 实现了有限元建模的自动化; 以某驱动桥壳为例, 建立了三维参数化有限元建模集成系统, 验证了所提方法的可行性, 同时为解决类似问题提供了一种新思路。

平台运行结果表明该 CAD/CAE 集成系统能够大大减少设计人员的工作量, 大幅提高分析效率, 短短几分钟的时间即可完成从建模到分析计算的全过程, 具有很大的工程应用价值。

桥壳有限元分析结果说明忽略冲焊工艺导致桥壳厚度不均的影响, 将使有限元计算结果与实际结果偏差较大, 因此考虑变厚度的桥壳更加合理。

本文提出的驱动桥壳 CAD/CAE 集成系统的思想也可应用于驱动桥壳的多目标优化、可靠性预测和评估等问题。

## 参考文献：

[ 1 ] 任利. 基于 Isight 的多学科设计优化技术研究与应用[ J ]. 起重运输机械, 2008, 30( 5 ) : 45 - 48.  
( Ren Li. Research and application of multi-disciplinary design optimization based on Isight [ J ]. *Hoisting and Conveying Machinery*, 2008, 30( 5 ) : 45 - 48. )

[ 2 ] 卢健钊, 殷国富, 王玲. 基于 Isight 的机床结构 CAD\_CAE 集成优化方法研究[ J ]. 组合机床与自动化加工技术, 2013 ( 2 ) : 22 - 24.  
( Lu Jian-zhao, Yin Guo-fu, Wang Ling. The research of CAD \_ CAE integrated optimization method of machine tool structure based on Isight [ J ]. *Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique*, 2013( 2 ) : 22 - 24. )

[ 3 ] 宋起峰, 刘柯军, 乔小兵, 等. 冲焊桥壳疲劳寿命影响因素分析[ J ]. 汽车工艺与材料, 2012( 2 ) : 31 - 33.  
( Song Qi-feng, Liu Ke-jun, Qiao Xiao-bing, et al. Analysis of influence factors of fatigue life of overweld bridge shell [ J ].

*Automobile Technology & Material*, 2012( 2 ) : 31 - 33. )

[ 4 ] Chen X. An integrated method of CAD, CAE and multi-objective optimization [ C ] // Proceedings of the 2009 IEEE 10th International Conference on Computer Aided Industrial Design & Conceptual Design. Wenzhou, 2009 : 1010 - 1014.

[ 5 ] Wang W, Mo R, Zhang Y. Multi-objective aerodynamic optimization design method of compressor rotor based on Isight [ J ]. *Advanced in Control Engineering and Information Science*, 2011, 15 : 3699 - 3703.

[ 6 ] Cheng C, Xu W B, Leng W H. Design and optimization of open water performance of propeller based on Isight platform DOE method[ J ]. *Computer Engineering and Design*, 2007, 28( 6 ) : 6 - 7.

[ 7 ] Pei X Q, Yuan B. Multidisciplinary design optimization for satellite on Isight platform[ J ]. *Spacecraft Engineering*, 2009, 18( 5 ) : 32 - 36.

[ 8 ] Fu J S, Wang J F, Wang J. Finite element analysis of drive axle housing based on the solid element and the shell element [ J ]. *Advanced Materials Research*, 2012, 383 : 559 - 562.

[ 9 ] 高霄汉, 张予川. 基于参数化技术的 Pro/E 二次开发和应用[ J ]. 交通信息与安全, 2003, 21( 1 ) : 69 - 72.  
( Gao Xiao-han, Zhang Yu- chuan. The second development and application of Pro/E based on parametric technology [ J ]. *Journal of Transport Information and Safety*, 2003, 21 ( 1 ) : 69 - 72. )

[ 10 ] Fan Q M, Liu G, Wang W. Development of die sets standard parts library based on Pro/E [ J ]. *Advanced in Control Engineering and Information Science*, 2011, 15 : 3802 - 3807.

[ 11 ] Sugandhi R, Swamy R, Khirwadkar S. Use of EPICS and Python technology for the development of a computational toolkit for high heat flux testing of plasma facing components [ J ]. *Fusion Engineering & Design*, 2016, 112 : 783 - 787.

[ 12 ] Park H S, Dang X P. Structural optimization based on CAD-CAE integration and metamodeling techniques [ J ]. *Computer-Aided Design*, 2010, 42( 10 ) : 889 - 902.

[ 13 ] Mikael M, Hans P L. High performance Python for direct numerical simulations of turbulent flows [ J ]. *Computer Physics Communications*, 2016, 203 : 53 - 65.

[ 14 ] Liu J, Guan Y J, Sun S, et al. Process optimization of laser micro-bending using Isight [ J ]. *Materials Science Forum*, 2008, 575 : 408 - 415.