

汽车空调扭矩限制器结构设计以及仿真分析

王荣胜^{1,2}, 陈凯¹, 刘元宝^{1,2}

(1.安徽昊方机电股份有限公司, 安徽 蚌埠 233000;

2.蚌埠市汽车空调压缩机驱动技术省级实验室, 安徽 蚌埠 233000)

摘要: **目的** 解决汽车空调压缩机扭矩限制器成本高、产生断裂碎片、可靠性低、耐久性差等问题。**方法** 采用 CAE 分析以及实物样品验证相结合的方法, 从安全、降本的角度研究设计新型的扭矩限制器。**结果** CAE 分析以及试验验证均满足设计要求。**结论** 新型扭矩限制器是安全可靠的, 且成本低廉, 该新型扭矩限制器有效解决了现有产品存在的安全、成本问题, 为汽车的安全性提供一份保障。

关键词: 扭矩限制器; 仿真分析; 样品验证; 安全; 汽车空调

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2017.04.020

中图分类号: U463.23+4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2017)04-0112-04

Structural Design and Simulation Analysis of Automobile Air-conditioner Torque Limiter

WANG Rong-sheng^{1,2}, CHEN Kai¹, LIU Yuan-bao^{1,2}

(1.Anhui Hao Fang Electrical and Mechanical Co., Ltd., Bengbu 233000, China;

2.Bengbu City Air-conditioning Compressor Drive Technology Provincial Laboratory, Bengbu 233000, China)

ABSTRACT: This paper aims to solve problems of high cost, broken fragments, low reliability and poor durability of torque limiter for auto air-condition compressor. CAE analysis and physical sample verification method were used to design a new type of torque limiter from the point of view of safety and cost reduction. Both CAE analysis and test verification met the design requirements, which concluded that the new torque limiter is safe and reliable, and low cost. The new torque limiter effectively solves the existing product security and cost problems and guarantees the safety of the car.

KEY WORDS: torque limiter; simulation analysis; sample verification; safety; auto air conditioner

汽车的安全性对人类生命财产的影响不言而喻, 有关汽车安全性能的研究和新技术的应用也发生了日新月异的变化。因汽车空调系统中压缩机系统与发动机有着紧密的联系, 压缩机系统的安全性能越来越地被企业所关注。针对智能汽车空调系统, 如何在空调系统出现故障时, 能够有效保护发动机轮系, 保障汽车的正常工作, 已经成为企业的重要研究课题之一。目前已有部分企业从研究汽车空调压缩机驱动器中给出了解决方案, 虽然能够有效解决此问题, 但其

研发空调压缩机驱动器的成本过高, 部分存在安全隐患。文中从安全、降本的角度出发, 研究设计了汽车空调扭矩驱动器, 其具有过载保护、高扭矩、成本低等优点^[1-4]。

1 扭矩限制器结构

扭矩驱动器见图 1, 该扭矩限制器安装在压缩机的传动轮上, 结构包括预紧板、簧片、花键盘、

收稿日期: 2017-06-15

基金项目: 安徽省科技计划 (1604a0902160)

作者简介: 王荣胜 (1968—), 男, 高级工程师, 主要研究方向压缩机、电磁离合器设计。

铆钉 A、铆钉 B、铆钉 C、垫片, 其中顺时针为正向转动, 逆时针为逆向转动。预紧板的作用是保护簧片, 承受簧片逆向的弯矩, 花键盘是压缩机主轴驱动器, 簧片可以连接带轮与花键盘, 扭矩过载时, 起到断裂保护作用, 铆钉 A 分担簧片逆向转动时的压应力, 铆钉 B 连接预紧板、簧片、花键盘, 并提供预紧力, 铆钉 C 提供预紧力, 分担簧片逆向转动时的压应力, 垫片承受锁紧扭矩^[5-7]。

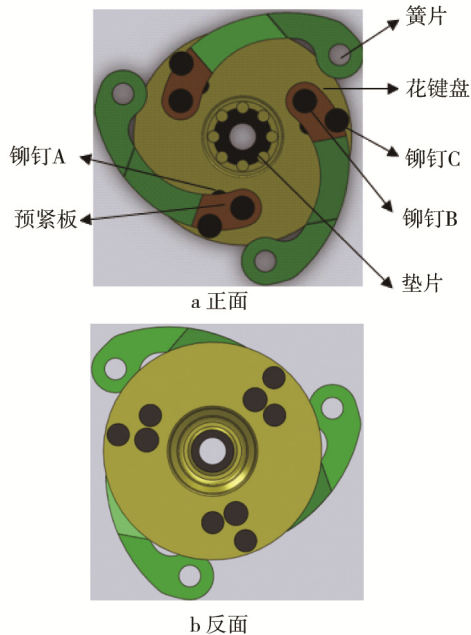


图1 扭矩限制器
Fig.1 Torque limiter

当扭矩限制器负载达到设定值(100 ± 10) $\text{N} \cdot \text{m}$ 时, 簧片最薄处会瞬间断裂, 扭矩限制器停止工作, 压缩机相继也停止工作, 此过程有效保护了压缩机的安全。由此可以判断出, 簧片是整个扭矩限制器的核心零件, 其结构的合理性, 将决定着整个扭矩限制器设计的可行性, 因此研究簧片的受力情况是非常必要的, 以下将通过扭矩限制器的正转及逆转 2 种情况分别对簧片进行受力分析。

1) 正转。扭矩限制器正转示意图 2a, 以簧片最薄处为受力点: 该处受到拉力 $F_{\text{等效}}$ 、摩擦力 F_f 、铆钉阻力 $F_{\text{阻}}$ 的作用。在 $F_{\text{拉}}$ 作用下, 簧片与铆钉 A 和 C 之间产生微间隙 δ , 拉力完全作用于最薄处。

2) 逆转。扭矩限制器逆转示意图 2b, 以簧片最薄处为受力点: 该处受到摩擦力 F_f 、铆钉阻力 $F_{\text{阻}}$ 的作用; 铆钉 A、C 分别受到 F_{R1} 、 F_{R2} 作用。在 $F_{\text{压}}$ 作用下, 簧片与铆钉 A、C 之间紧密结合, 共同承担压力, 使最薄处只承担少许压力。

此设计保证了桥部只受到拉应力, 延长疲劳寿命。

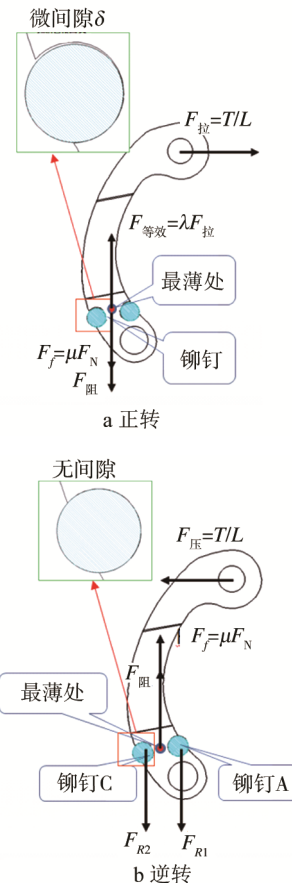


图2 受力分析
Fig.2 Force analysis

2 扭矩限制器仿真分析

2.1 材料选择及网格划分

吸盘、垫片、花键盘、簧片以及铆钉材料均采用 10# 钢, 查手册可知弹性模量为 210 GPa, 泊松比为 0.27, 密度为 7850 kg/m^3 ^[2]。利用 ANSYS workbench 软件对模型进行网格划分, 单元选择 Solid186 单元, 该单元为六面体单元, 是一种高阶三维 20 节点实体结构单元, 有支持弹性和大应变的能力。网格划分完成后, 共有单元数为 16 381, 节点数为 30 656^[8-10]。

2.2 载荷和边界条件加载

根据扭矩限制器真实运行工况, 边界条件施加在花键盘的花键孔内, 约束为 Fixed support; 因扭矩限制器的负载为扭矩, 为了便于分析, 将扭矩转化为 Force, 分别加载在 3 个簧片上, 其 Force 的大小为 861 N, 折算扭矩为 $100 \text{ N} \cdot \text{m}$ ^[11-15]。

2.3 仿真分析结果

扭矩限制器仿真分析结果见图 3。可以看出, 应力最大点出现在簧片的最薄处, 其最大应力值为 215

MPa, 而 10#钢屈服强度为 250 MPa。故其安全系数 S 为: $S = \frac{250 \text{ MPa}}{215 \text{ MPa}} = 1.16$, 扭矩限制器的安全系数 > 1 , 故扭矩限制器的强度满足设计要求。

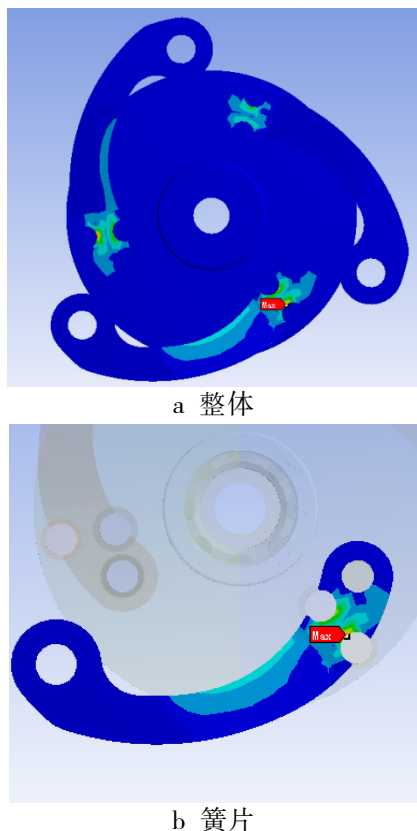


图3 扭矩限制器仿真分析结果
Fig.3 Results of torque limiter simulation analysis

3 试验验证

利用扭转试验台, 对 3 个扭矩限制器样品 (见图 4) 进行常温扭断试验, 测得 1#扭矩为 $95.9 \text{ N} \cdot \text{m}$, 2#扭矩为 $97.2 \text{ N} \cdot \text{m}$, 3#扭矩为 $99.1 \text{ N} \cdot \text{m}$, 平均扭矩为 $97.4 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。通过试验结果可以判定, 该扭矩限制器完全满足设定扭矩值要求。



图4 扭矩限制器样品
Fig.4 Torque limiter sample

4 结论

从安全、降本角度出发, 设计了全新的汽车空调扭矩限制器, 该结构结构简单, 加工工艺成熟, 安装容易。通过仿真分析以及试验验证, 证实了结构设计的可行性及准确性, 且能够有效的保障压缩机、发动机轮系的正常运转。簧片和铆钉的有机组合, 使得该结构还具有高耐久性。

参考文献:

- [1] 夏云桦. 汽车空调[M]. 沈阳: 辽宁科技技术出版社, 2002.
XIA Yun-hua. Automotive Air Conditioning[M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 2002.
- [2] 刘利芝. 汽车空调压缩机现状及展望[J]. 制冷, 2003, 22(1): 31—34.
LIU Li-zhi. Automotive Air Conditioning Compressor Status and Prospects[J]. Refrigeration, 2003, 22(1): 31—34.
- [3] 高佛佑. 汽车空调的发展动态[J]. 天津商学院学报, 1991(1): 78—80.
GAO Fo-you. Development of Automobile Air Conditioning[J]. Journal of Tianjin University of Commerce, 1991(1): 78—80.
- [4] 肖军. 现代汽车空调系统的技术发展趋势[J]. 电子技术, 2006(9): 52—53.
XIAO Jun. Modern Automobile Air Conditioning System Technology Development Trend[J]. Electronic Technology, 2006(9): 52—53.
- [5] 王元礼. 汽车空调压缩机电磁离合器的设计分析[J]. 信息系统工程, 2011(3): 49—51.
WANG Yuan-li. Design and Analysis of Electromagnetic Clutch for Automobile Air Conditioning Compressor[J]. Information Systems Engineering, 2011(3): 49—51.
- [6] 任晓力. 一种新型扭矩限制器的设计[J]. 煤矿机电, 2015(3): 28—30.
REN Xiao-li. A New Type of Torque Limiter Design[J]. Coal Mine Electromechanical, 2015(3): 28—30.
- [7] 唐修俊, 部小平, 周斌, 等. 汽车起重机械力矩限制器的研究[J]. 建筑机械化, 2008, 29(12): 29—31.
TANG Xiu-jun, BU Xiao-ping, ZHOU Bin, et al. Department of Equality. Research on Torque Limiter of Truck Crane[J]. Construction Mechanization, 2008, 29(12): 29—31.
- [8] 高宗仁. 常用钢材选用手册[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2003.
GAO Zong-ren. Commonly Used Steel Selection Manual[M]. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 2003.

- [9] 曾攀. 有限元分析及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- ZENG Pan. Finite Element Analysis and Application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.
- [10] 徐奎利. 基于 ANSYS 的新型电磁离合器电磁特性研究[J]. 机械, 2012(9): 47—48.
- XU Kui-li. Study on Electromagnetic Characteristics of New Electromagnetic Clutch Based on ANSYS[J]. 2012(9): 47—48.
- [11] 杨善文, 李萍, 薛克敏, 等. 汽车空调电磁离合器电磁场有限元分析[J]. 精密成形工程, 2012, 4(1): 45—48.
- YANG Shan-wen, LI Ping, XUE Ke-min, et al. Finite Element Analysis of Electromagnetic Field of Electromagnetic Clutch for Automobile Air Conditioning[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(1): 45—48.
- [12] 杨善文, 李颖, 袁宝国. 汽车空调电磁离合器三维静磁场有限元分析[J]. 精密成形工程, 2012, 4(6): 103—106.
- YANG Shan-wen, LI Ying, YUAN Bao-guo. Finite Element Analysis of Three-dimensional Static Magnetic Field of Electromagnetic Clutch for Automobile Air Conditioning[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(6): 103—106.
- [13] 蔡成江. 汽车空调压缩机电磁离合器驱动盘设计改进[J]. 黑龙江科技信息, 2014(12): 95.
- CAI Cheng-jiang. Automobile Air Conditioning Compressor Electromagnetic Clutch Drive Disk Design Improvement[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2014(12): 95.
- [14] 龚曙光, 谢桂兰. ANSYS 操作命令与参数化编程[M]. 机械工业出版社, 2004: 12—13.
- GONG Shu-guang, XIE Gui-lan. ANSYS Operation Command and Parameterized Programming[M]. Machinery Industry Press, 2004.
- [15] 徐柏兴, 杨瑞, 李征伟, 等. 基于 Maxwell 3D 的汽车空调压缩机电磁离合器电磁力仿真研究[J]. 制冷与空调, 2012(4): 12—13.
- XU Bai-xing, YANG Rui, LI Zheng-wei, et al. Study on Electromagnetic Force Simulation of Electromagnetic Clutch of Automobile Air-conditioner Compressor Based on Maxwell 3D[J]. Refrigeration & Air-Conditioning, 2012(4): 12—13.