

产品·设计

汽车车门门洞密封条结构设计的研究

周 银¹, 张旭华²

(1. 汉腾汽车有限公司, 江西 上饶 334100; 2. 浙江大直汽车部件有限公司, 浙江 仙居 317300)

摘要:介绍汽车车门门洞密封条(简称门洞密封条)的断面结构、接角结构及轻量化设计。通过非线性软件MARC分析门洞密封条结构,设计合理的门洞密封条断面结构和接角结构;采用三元乙丙橡胶实胶或热塑性硫化胶作为接角材料,并对接角模具V字形开口角度进行调整;通过材料选择,实现门洞密封条的轻量化。优化设计的门洞密封条密封性能和外观质量均有提升。

关键词:密封条;汽车车门;门洞;断面结构;接角结构;轻量化;软件MARC

中图分类号:TQ336.4⁺2;U463.85

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2021)04-0280-06

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2021.04.0280



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着汽车工业的发展,密封条美观、环保和舒适的功能日益凸现,如外水切(车门玻璃上升与下降下缘外部两侧的橡皮刮水条)的外表面材质不同可以提供不同的装饰风格^[1-3]。汽车车门门洞密封条(简称门洞密封条)是指装配在车身骨架门洞止口边上的密封条(见图1),可以辅助门框密封,实现对乘员舱的防水、防尘、降噪作用^[4-7]。

本工作通过非线性软件MARC分析,研究适用于辊压窗框车门结构的门洞密封条的断面结构、接角结构及轻量化设计。

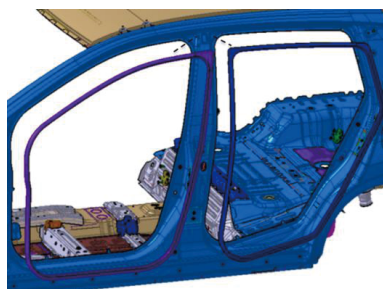


图1 门洞密封条装配位置示意

Fig. 1 Assembly position of doorway sealing strip

1 门洞密封条结构

1.1 按照泡管形式划分

按照泡管形式,门洞密封条可分为双泡管密封条、单泡管密封条和无泡管密封条3种^[8-10](见图2)。双泡管密封条主要用于单道密封结构,主要起密封作用,密封性能高;单泡管密封条一般适用于两道及两道以上的密封结构,起降噪、装饰和提升车门闭合声音品质的作用^[11];无泡管密封条主要起装饰作用,可遮挡侧围止口边和内饰之间的缝隙。

1.2 按照披风形式划分

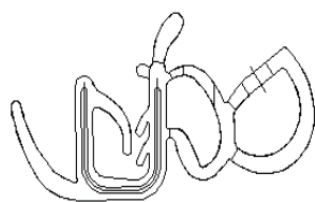
按照披风形式,门洞密封条可分为隐藏式、外观式和隐藏外观集成式3种(见图3)。基于与内饰的搭配关系不同,3种形式的密封条在装配顺序上有所不同。隐藏式密封条多用于欧式车型,其必须先行装配,再装配内饰件;外观式密封条多用于日韩系车型,在内饰装配完成后其再进行装配;隐藏外观集成式密封条多用于法系车型,其可能在多种内饰件装配之间进行装配,装配工艺可调整。

作者简介:周银(1988—),男,重庆人,汉腾汽车有限公司工程师,硕士,主要从事汽车车身附件密封系统的研究工作。

E-mail:zyclze@yeah.net

引用本文:周银,张旭华.汽车车门门洞密封条结构设计的研究[J].橡胶工业,2021,68(4):280-285.

Citation:ZHOU Yin,ZHANG Xuhua.Study on structural design of automobile doorway sealing strip[J].China Rubber Industry,2021,68(4):280-285.



(a) 双泡管



(b) 单泡管



(c) 无泡管

图2 泡管形式示意

Fig. 2 Forms of foam pipe

1.3 按照外观效果划分

按照外观效果,门洞密封条可分为橡胶黑面、滚花、竖条纹、彩胶、包布和自起绒6种形式(外观见图4)。橡胶黑面密封条为直接挤出成型,无特殊外观处理;滚花密封条是通过在口模外板上增加滚花滚轮压制披风表面而挤出成型,滚花形式多样;竖条纹密封条是通过口模在披风表面共挤海绵胶以形成竖条纹而成;彩胶密封条是通过采用彩色胶料挤出成型,可进行颜色搭配;包布密封条是在其挤出成型后通过高温可粘性胶将绒布贴覆在密封条披风表面而成;自起绒密封条是通过口模在披风表面共挤海绵胶以起绒而成。

1.4 按照拐角形式划分

按照拐角形式,门洞密封条可分为有接角和无接角2种形式(见图5),均只用于辊压窗框车门结构。有接角门洞密封条的拐角带接角,通过注压密封泡管来弥补辊压窗框密封面的缺陷;无接角门洞密封条无接角,但是车门窗框拐角



(a) 隐藏式



(b) 外观式



(c) 隐藏外观集成式

图3 披风形式示意

Fig. 3 Forms of cape

位置装有塑料压盖以充当密封面。

2 门洞密封条设计

辊压窗框车门结构的门洞密封条设计主要包括断面结构、接角结构及轻量化设计。

2.1 断面结构设计

门洞密封条断面结构需要适应密封条与周边的配合。

2.1.1 断面结构参数

以有接角门洞密封条为例,设计的密封条断面结构参数如表1和图6所示。

2.1.2 钣金结构

门洞密封条的钣金止口不允许整体为4层以上层板结构,4层板结构只能局部存在且连续长度小于40 mm(可以锯齿状避让达成)。止口钣金厚度尽量控制在2.0~3.7 mm,避免插入力过大造成

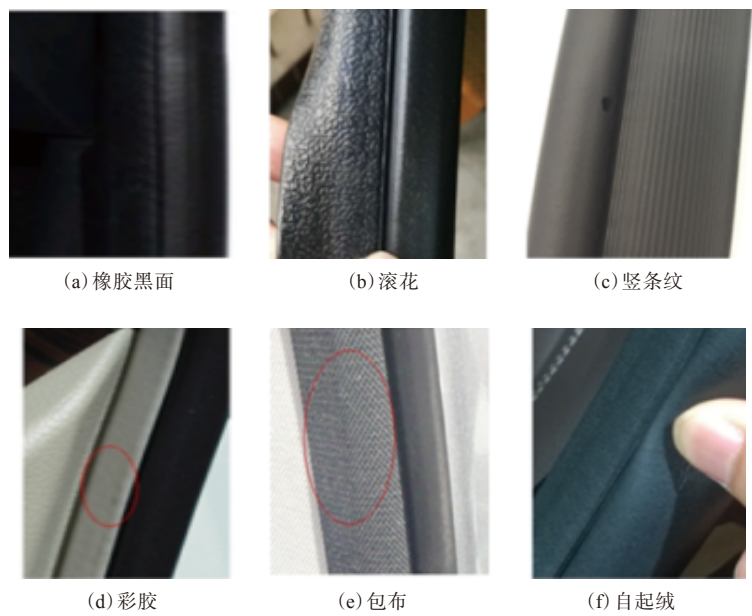


图4 外观效果示意
Fig. 4 Appearance effects

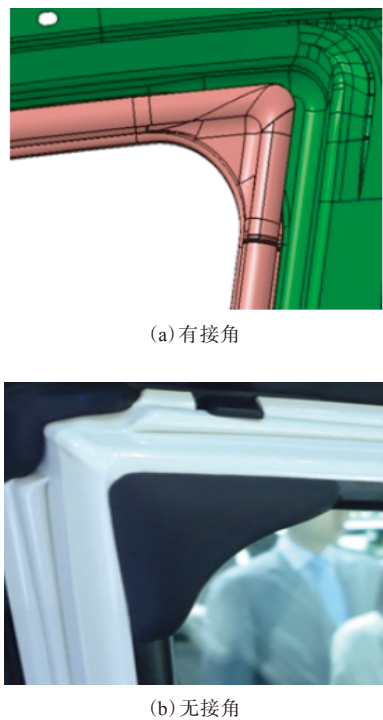


图5 拐角形式示意
Fig. 5 Forms of corner

装配困难, 钣金厚度小于2.0 mm时可通过局部做凸台补偿密封条卡接厚度[见图7(a)]。拐角区域圆弧半径需大于70 mm, 拐角处钣金止口宽度需做约1 mm补偿处理[见图7(b)], 避免泡管塌陷和贴

表1 门洞密封条断面结构参数
Tab. 1 Section structure parameters of doorway sealing strip

项 目	参 数
内间隙(A)	11~14
钣金止口宽度(B)	13
披风与内饰件干涉量(C)	4~7
钣金止口与密封条底部间隙(D)	1
内饰件与密封条本体间隙(E)	2~4
内饰件到钣金止口的高度差(F)	2~3
钣金止口根部倒角高度(G)	≥5
止口超过密封面的宽度(H)	>6
精密度(R)	3~5

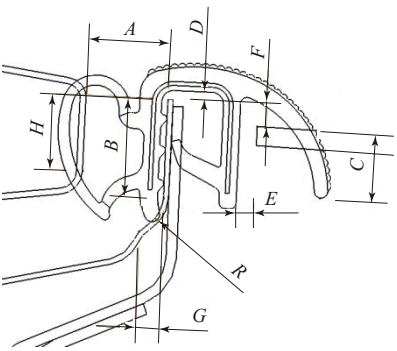


图6 门洞密封条断面结构参数示意
Fig. 6 Diagram of section structure parameters of doorway sealing strip

合不良。对于有接角密封条接角, 钣金止口根部倒角可放宽要求, 拐角处钣金止口宽度也无需补偿处理。

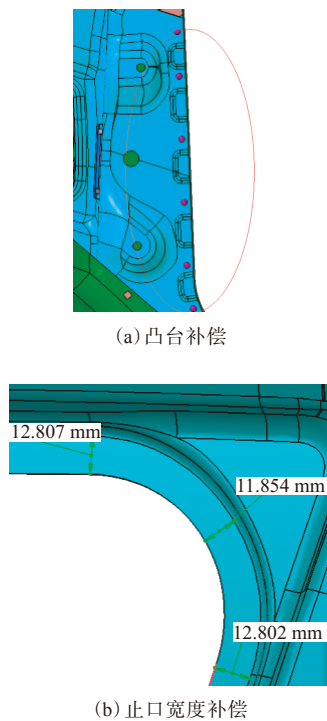


图7 钣金凸台补偿和止口宽度补偿示意
Fig. 7 Diagram of sheet metal boss compensation and seam width compensation

2.1.3 断面材料分布

门洞密封条采用一体复合挤出工艺,主体胶料采用三元乙丙橡胶 (EPDM) 密实胶,泡管密封位置胶料采用EPDM海绵胶,骨架材料采用金属材料 (钢带/铝带),泡管表面采用覆膜或喷涂涂层以增强耐磨效果,防止密封条磨损而污染钣金。密封条断面材料分布如图8所示。

门洞密封条泡管采用EPDM密实胶与海绵胶组合构成,密封位置采用海绵胶,根部支撑位置采

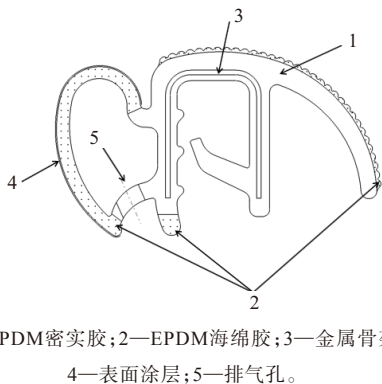


图8 门洞密封条断面材料分布示意
Fig. 8 Section material distribution of doorway sealing strip

用密实胶,以防止泡管拐弯塌陷,同时也有利于接角结构的设计。排气孔 (孔直径为3 mm,间距为100~120 mm) 隐藏在泡管根部不外露,泡管背部采用共挤形成竖条纹,可以提升密封条外观品质,规避背部出现“排骨印”的风险。

通过MARC软件对门洞密封条断面结构进行分析,不断优化断面结构,提升了密封条的密封性能。优化密封条的正常位置压缩载荷 (CLD) 值为 $0.022\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ [设计范围为 $0.02\sim0.04\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$]; 欠压和过压状态的CLD值分别为 0.007 和 $0.04\text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ 。泡管压缩变形后局部受力状态符合设计要求,欠压/正常/过压密封面的密封条泡管与钣金接触面宽度分别为7.0、11.6和12.4 mm。

2.2 接角结构设计

门洞密封条接角材料主要选用EPDM密实胶。这是采用EPDM海绵胶作接角材料时,经过长期使用后海绵胶压缩变形严重,密封条出现明显孔洞,接角部位容易出现密封不良现象;接角较大时,其更容易出现翘边、开裂问题。

2.2.1 接角外观和断面结构

门洞密封条接角外观如图9所示。接角泡管

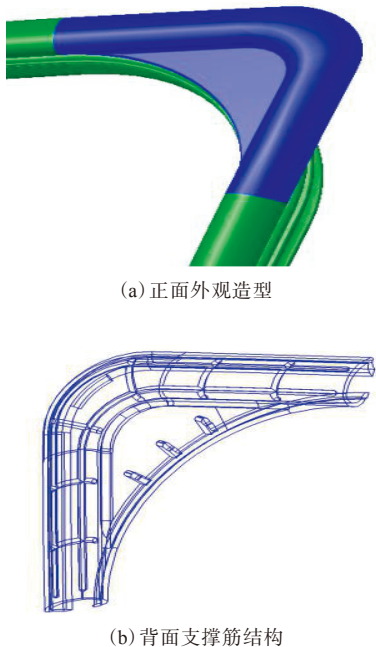


图9 门洞密封条接角外观
Fig. 9 Joint angle appearance of doorway sealing strip

遵循密封连续性的规则,泡管外观造型与密封条本体相同,但泡管下沉以与钣金配合,更有利于接角的稳定性。

门洞密封条接角断面结构如图10所示。门洞密封条接角背部增加十字加强筋结构,加强筋布置分为2个区域,一个是泡管内侧增加十字加强筋,提升泡管的稳定性和牢固度,另一个是在泡管根部台面的背部将接角台面和密封条本体以加强筋连接在一起,防止接角装配后翘起。

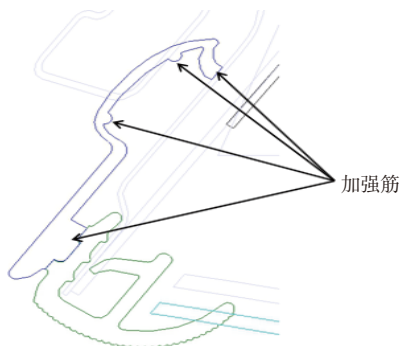


图10 门洞密封条接角断面示意

Fig. 10 Joint angle section of doorway sealing strip

通过MARC软件对接角部位断面结构进行分析,根据不同压缩状态的变形情况调整加强筋的位置,以确保接角稳定性。可以得出,调整加强筋后,接角欠压/正常/过压位置的CLD值分别为0.038,0.115和0.573 $\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$,密封面宽度分别为6.3,9.4和14.2 mm;接角变形后密封面的CLD值在直段泡管的基础上有所提升,加强筋在过压状态起到了很好的反弹作用,避免了用力过大关门时密封条接角过度衰减的现象。

2.2.2 接角模具

门洞密封条接角模具设计十分重要。门洞密封条接角由于有泡管,四周无固定结构,其模具设计比导槽接角模具设计^[12]难度要大很多,接角装配后容易出现上翘而不贴合的问题。该问题主要源于接角模具的V字形开口角度设计,通过大量车型使用验证,采用固定V字形开口角度的接角模具生产的接角会出现装配后上翘的问题,其主要原因是实际装配过程中,接角悬挂和钣金公差都会对接角装配后的状态有影响。因此,在模具设计初期,需要对密封条接角部位边缘线长度进行分析对比,根据接角的大小,将V字形开口角度调至比实际角

度大 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$,从而使接角装配后其直段部位内收,接角与接角底部侧围钣金更加贴合。

2.3 轻量化设计

汽车轻量化是提高汽车动力性、降低油耗、节约材料的关键^[13-15]。车身轻量化与使用材料密切相关,因此门洞密封条材料的选择很重要。门洞密封条材料轻量化可在满足密封性能前提下,通过选用微发泡海绵胶替代密实胶和减小金属骨架的厚度来实现。EPDM微发泡海绵胶密度可由原来密实胶密度 $1.3 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 减小到 $0.7 \sim 1.0 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$;金属骨架厚度可以从原来的厚度0.5 mm减小到 $0.35 \sim 0.45 \text{ mm}$;密封条接角材料也可以从原来的EPDM密实胶调整为热塑性硫化胶,这样其密度就能从 $1.3 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 减小到 $0.9 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$,而在接角质量减小的同时,接角外观也得到提升,避免了EPDM密实胶注压成型带来的飞边和毛刺。

3 结语

门洞密封条结构多种多样,本工作通过非线性软件MARC分析,设计了合理的门洞密封条断面结构及接角结构;采用EPDM密实胶作为接角材料,对接角模具V字形开口角度进行了调整;通过材料选择,实现了门洞密封条的轻量化。门洞密封条的优化设计在提升其密封性能的同时,也提升其外观质量。本研究可为新型门洞密封条的开发提供参考。

参考文献:

- [1] 周银. 车门外水切结构形式及设计分析[J]. 汽车文摘, 2020(1): 49-53.
ZHOU Y. Structural form and design analysis of door outer channel sealing[J]. Automotive Digest, 2020(1): 49-53.
- [2] 吴雄兴, 李林波, 蒙永种, 等. 一种汽车尾部举升门洞密封面设计及优化介绍[J]. 时代汽车, 2017(8): 97-100.
WU X X, LI L B, MENG Y Z, et al. Design and optimization of sealing surface of a automobile rear lift doorway[J]. Auto Time, 2017(8): 97-100.
- [3] 包林康. 我国汽车橡胶密封条生产技术的现状及发展新趋势[J]. 中国橡胶, 2005, 21(5): 20-24.
BAO L K. Current status of Chinese auto rubber seals technology and new trends[J]. China Rubber, 2005, 21(5): 20-24.
- [4] 邓辉, 孙友锋, 李劲, 等. 商用车驾驶室门窗防雨密封性提升与应

- 用[J]. 汽车工艺与材料, 2020(5): 25-29.
- DENG H, SUN Y F, LI J, et al. Improvement and application of rain tightness of commercial vehicle cab doors and windows[J]. Automobile Technology & Material, 2020(5): 25-29.
- [5] 顾翔. 浅谈车门橡胶密封条设计[J]. 内燃机与配件, 2018(17): 65-66.
- GU X. Design of automobile door rubber sealing strip[J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2018(17): 65-66.
- [6] 周银. 汽车车门密封条动态异响分析及结构优化[J]. 橡胶科技, 2020, 18(8): 440-444.
- ZHOU Y. Abnormal dynamic sound analysis and structure optimization of automobile door sealing Strip[J]. Rubber Science and Technology, 2020, 18(8): 440-444.
- [7] 冯新建, 陈建方, 周恒, 等. 汽车密封条对车门关门声品质的影响分析[J]. 时代汽车, 2020(14): 167-168.
- FENG X J, CHEN J F, ZHOU H, et al. Analysis of the effect of automobile sealing strip on the quality of door closing sound[J]. Auto Time, 2020(14): 167-168.
- [8] 张杰, 高丹, 于涵, 等. 汽车车门密封系统设计研究[J]. 汽车实用技术, 2018(14): 174-176.
- ZHANG J, GAO D, YU H, et al. Design and research of automotive doorway sealing system[J]. Automobile Technology, 2018(14): 174-176.
- [9] 罗勇. 汽车密封胶条防水原理及控制要点[J]. 时代汽车, 2016(6): 71-72.
- LUO Y. Waterproof principle and control points of automobile sealing strip[J]. Auto Time, 2016(6): 71-72.
- [10] 赵建才, 郭强强, 沈伟平, 等. 轿车车门洞密封条海绵泡管表面褶皱问题及改进措施[J]. 汽车零部件, 2020(9): 68-69.
- ZHAO J C, GUO Q Q, SHEN W P, et al. Analysis and improvement measures on the surface folding of foam tube for door seal inner[J]. Automobile Parts, 2020(9): 68-69.
- [11] 张黎宏, 董超, 郭晓青. 基于密封条反力优化的车门静态关闭力研究[J]. 汽车技术, 2020(1): 54-62.
- ZHANG L H, DONG C, GUO X Q. The research on door static closing force based on sealing strip reaction force optimization[J]. Automobile Technology, 2020(1): 54-62.
- [12] 魏敏. 汽车玻璃尼槽密封条接角设计[J]. 模具工业, 2015(5): 54-57.
- WEI M. Mould for seal strip joint of automobile windowpane run channel[J]. Die & Mould Industry, 2015(5): 54-57.
- [13] 高云凯. 汽车车身结构分析[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005.
- GAO Y K. Analysis of automobile body structure[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2005.
- [14] 曾季, 阙元元, 蔡尚脉, 等. 电动汽车轮胎的发展现状与设计思路[J]. 橡胶工业, 2019, 66(12): 883-894.
- ZENG J, QUE Y Y, CAI S M, et al. Development status and design ideas of electric vehicle tires[J]. China Rubber Industry, 2019, 66(12): 883-894.
- [15] 魏振洋. 汽车轻量化技术的研究现状[J]. 汽车工程师, 2020(11): 11-12.
- WEI Z Y. Research status of automotive lightweight technology[J]. Auto Engineer, 2020(11): 11-12.

收稿日期: 2020-12-12

Study on Structural Design of Automobile Doorway Sealing Strip

ZHOU Yin¹, ZHANG Xuhua²

(1. Hanteng Automobile Co., Ltd, Shangrao 334100, China; 2. Zhejiang Dazhi Automobile Parts Co., Ltd, Xianju 317300, China)

Abstract: The cross-section structure, joint angle structure and lightweight design of automobile doorway sealing strip (doorway sealing strip for short) was introduced. By using the nonlinear software MARC, the structure of the doorway sealing strip was analyzed, and the reasonable cross-section structure and joint angle structure of the doorway sealing strip were designed. Ethylene propylene diene rubber dense compound or thermoplastic vulcanizate was used as the joint angle material, and the V-shaped opening angle of the joint angle mold was adjusted. Through the material selection, the lightweight of the doorway sealing strip was realized. The appearance quality and sealing performance of the optimized doorway sealing strip were improved.

Key words: sealing strip; automobile door; doorway; section structure; joint angle structure; lightweight; software MARC