

国内外车用缓速器技术与应用进展综述

黄俊刚¹, 周少艺¹, 张胜宾², 马冬¹, 冯家浪¹

(1. 广州铁路职业技术学院, 广州 510430; 2. 广东交通职业技术学院, 广州 510650)

摘要: 当前国内外市场上应用的车用缓速器主要有发动机缓速器、电涡流缓速器、液力缓速器以及水介质缓速器。本文从缓速器产品样式、技术原理、主要研发生产厂商及产品技术迭代升级的视角, 综述了国内外缓速器的技术及应用进展, 以为后续的技术研究与产品规划提供参考。

关键词: 国内外; 车辆; 缓速器; 综述

中图分类号: U463.53

文献标志码: A

文章编号: 1006-0006(2023)03-0001-04

A Review of Development and Application of Automotive Retarders at Home and Abroad

HUANG Jungang¹, ZHOU Shaoyi¹, ZHANG Shengbin², MA Dong¹, FENG Jialang¹

(1. Guangzhou Railway Polytechnic, Guangzhou 510430, China;

2. Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou 510650, China)

Abstract: At present, the automotive retarders used in the domestic and foreign markets mainly include engine retarders, eddy current retarders, hydraulic retarders and water medium retarders. This paper summarizes the technology and application progress of retarders at home and abroad from the perspective of retarder product types, technical principles, major R&D manufacturers and product technology iterative upgrades, in order to provide references for subsequent technical research and product planning.

Key words: Domestic and foreign; Vehicle; Retarder; Review

交通运输业在蓬勃发展, 车辆载运量、行车速度以及行驶里程在不断提高, 而负载和行驶速度的提高, 则意味着对制动效能、效率以及安全性提出了更高的要求。制动与行车安全是当今车辆运输中最突出的问题之一。由于接触摩擦制动经常发生制动器过热, 产生制动热摩擦失效现象, 因此常规接触摩擦式制动器显得难以适应高速高负载而又频繁制动的载运工程发展的需求, 造成运输技术在行车安全方面存有非常棘手的技术隐患^[1-4]。针对重载运输车辆由常规制动器热摩擦失效而频发重大事故的交通安全问题, 工信部于2012年8月修订产生 GB 7258-2012《机动车运行安全技术条件》, 重点规定了行驶在山区道路上的半挂牵引车和总质量大于12 000 kg的货车必须装备缓速辅助制动器^[5]。当前国内外市场上应用的车用缓速器主要有发动机缓速器、电涡流缓速器、液力缓速器以及水介质缓速器。

1 缓速器综述

早在1903年, 在欧洲诞生了电涡流缓速器的专利技术, 由法国工程师Steckel率先申报, 法国工程师Raoul Sarazin亦获得了电涡流缓速器专利技术的授权。二战后, 法国Telma公司正式收购了Raoul Sarazin的电涡流缓速器专利, 并开始大批量生产车用电涡流缓速器^[6]。

通过使用缓速器, 分摊承载车辆常规制动器的制动负荷, 避免常规制动器因刚性摩擦温升过高而导致的热摩擦失效, 不仅保障了车辆的行驶安全, 亦降低车辆刚性摩擦制动零件的磨损及维护成本, 从而得到终端客户的认可与欢迎^[7-8]。

目前国内外车用缓速器产品类型有发动机缓速器、电涡流缓速器、液力缓速器以及水介质缓速器。按安装方式可分为首级缓速器(安装于变速箱前端)和次级缓速器(安装于变速箱后端), 其中发动

机缓速器和水介质缓速器为首级缓速器,电涡流缓速器与液力缓速器为次级缓速器^[9-10]。

2 国内外缓速器发展与应用现状

2.1 国内外发动机缓速器发展与应用现状

发动机缓速器的工作原理是通过控制排气门的运动规律来增加发动机的排气行程阻力,对转动的曲轴产生拖滞力,进而对车辆传动轴产生缓速效果。

皆可博(Jacobs Vehicle Systems)是国外率先开展发动机缓速器研发与生产制造的企业,为了将正常输出动力的发动机转换成缓速耗能的装置,该公司提供了两种适用技术路径,分别是凸轮轴螺栓固定式和特制凸轮式,见图1。皆可博公司生产的发动机缓速器系列产品在北美中重型卡车上得到了广泛的推广使用,并已获得超过3万亿的行驶里程的道路应用经验^[11]。目前,皆可博(苏州)公司借助母公司的强大技术力量背景,在中国中重卡市场也获得了较为广泛的应用。



图1 皆可博发动机制动器(配置康明斯 ISM11)
Fig.1 Engine Brake of JACOBS (Arrange in ISM11 of CUMMINS)

国内方面,重庆良马制动器有限公司从2003年开始就研究发动机缓速器技术,所开发的VVEB技术完全具有自主知识产权,和玉柴通力合作,成功开发出YC6A、YC6J、YC6M发动机缓速器,见图2,并进行了大量的台架性能试验^[12]。

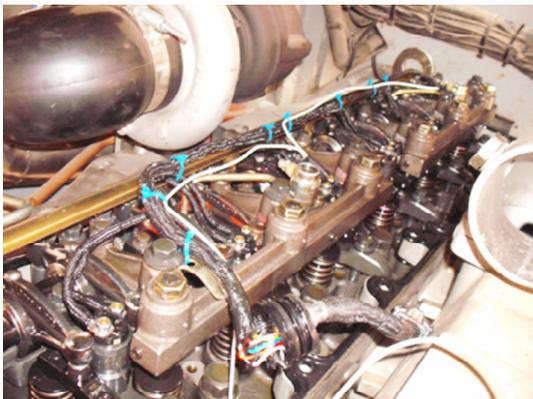


图2 良马发动机制动器(配置玉柴 YC6L310-30)
Fig.2 Engine Brake of LIANGMA

发动机缓速器以其质轻体小、制动响应迅速、成本低廉、制动稳定无热衰退的优势,在商用车中已得

到了较为广泛的应用,但由于存在制动功率不足的技术缺陷,需要搭配其他类型缓速器使用,加上存在噪音大、可靠性、以及特殊工况制动失效的问题,使其技术发展及应用受限^[13-14]。

2.2 国内外电涡流缓速器发展与应用现状

电涡流缓速器的工作原理是基于楞次定律,与车辆高速转动传动轴固联的金属转盘切割沿圆周方向的磁力线,转盘受到反向的阻滞力效应,进而对车辆传动轴产生缓速效果。电涡流缓速器将车辆行驶的机械能转化为转盘的热能,由于采用转盘翅片风冷技术,在长时间缓速制动时,转盘温度急剧升高,导致阻滞力效应降低,无法满足车辆长下坡的辅助制动使用需求,同时电涡流缓速器存在质量重、体积大、安装困难、制动扭矩较小、工作电流大、线圈易老化、火灾隐患、产品维护费用高等缺点^[15-16]。

国外电涡流缓速器的研发与生产厂商有法国的泰乐玛(TELMA)、西班牙的弗瑞纳萨(FRENRLSA)和克莱姆(KLAM)、德国的克罗伏特(KLOFT),其产品已发展成多系列。统计资料表明,在欧洲商用车缓速器市场,1989年电涡流缓速器能够占到68%,而到2007年,电涡流缓速器的市场份额已经跌至2%左右,近98%的市场份额已被液力缓速器占领^[17]。2010年中国三家民企联合收购法国泰乐玛电涡流缓速器公司全部股权^[18],泰乐玛电涡流缓速器(见图3a),公司搬到中国上海,基本退出了电涡流缓速器在欧洲的市场。

在我国,经过GB 7258-2004的政策性法规推动,电涡流缓速器以其技术原理与结构简单,易开发设计,制造难度低等优势,得到了迅速的发展,国内厂商有特尔佳(见图3b)、洛阳凯迈、浙江纽曼等,近年来,随着新能源客车的广泛应用,电涡流缓速器在客车市场的应用占有率不断萎缩^[19]。



a 泰乐玛电涡流缓速器(法国)



b 特尔佳电涡流缓速器(中国)

图3 电涡流缓速器
Fig.3 Eddy Current Retarder

2.3 国内外液力缓速器发展与应用现状

液力缓速器是一种输入机械能,输出转化散失热能的闭合阻尼系统,其工作原理是利用定轮和转轮形成的液流涡旋效应,以作用于车辆传动系统形成反向制动转矩的方式而产生缓速效果。液力缓速器在制动工况时,控制系统向定轮、转轮工作腔内充入一定量的油液,油液在与传动轴固联的转轮带动下产生涡旋损耗效应而产生缓速制动作用^[20-21]。

国外有多家研发生产液力缓速器的公司,主要有德国福伊特(Voith)、德国采埃孚(ZF)、美国通用艾利逊(Alisson)。其中以德国福伊特为最早开展液

力缓速器的研究与推广应用,并率先于1961年应用在美国落基山脉的货运列车上。福伊特液力缓速器产品型式多样、技术方案成熟,已形成适用于各种车型的系列产品,代表了当今车用液力缓速器行业的发展水平。目前,欧美国家在车辆辅助制动系统上普遍使用性能优良的液力缓速器,存在严重热衰退等技术缺陷的电涡流缓速器已被性能优势明显的液力缓速器取代。

国内方面,随着经济快速发展,对交通运输安全提出了更高的要求,国家工信部于2010年1月推出GB 7258-2012,重点规定了行驶在山区道路上的,车长大于9m的客车、总质量大于12000kg的货车、所有危险品货物运输车必须强制装备缓速辅助制动装置^[22]。在政策的推动下,国内资本市场加大对液力缓速器的研发投入力度,目前国内有研发生产液力缓速器的厂商主要有特尔佳(代表产品THP15,见图4b)、法士特(代表产品FHB320,见图4c),其中,法士特在自身变速箱应用场景丰富的条件支持下,其液力缓速器市场推广应用成果较为丰硕。福伊特对中国市场亦非常重视,已在上海建立其液力缓速器生产基地,福伊特专为中国卡车市场设计研发的VHR115-CT液力缓速器(见图4a),在我国主要搭配陕齿法士特变速箱销售使用,截止2021年,中国加装福伊特液力缓速器的重卡数量已超过10万台^[23-24]。



a 福伊特液力缓速器(VHR115-CT)



b 特尔佳液力缓速器(THP15CT)



c 法士特液力缓速器(FHB320)

图4 液力流缓速器
Fig.4 Hydraulic Retarder

2.4 国内外水介质缓速器发展与应用现状

不同于传统电涡流和液力缓速器的结构,水介质缓速器安装在发动机曲轴的缓速制动装置,其转轮与发动机曲轴固联,以其体积小、质量轻、制动功率大、无需附加专用换热器等性能优势,在欧美国家已被应用于重载车辆辅助制动。

国外对水介质缓速器研究源于德国福伊特,于1989年开始研发,于2012年在IAA汉诺威车展上

正式独家展出,名称为Aquatarder1450,如图5所示。据官方介绍,该款产品的特殊之处是工作介质是水,相比于磁介质与油介质缓速器,其体积小、质量轻、成本低、结构简单。官方数据显示,其质量是一般液力缓速器的50%,是一般电涡流缓速器的10%,同时它是免维护的,不需要额外的换油,减少大约80%的制动粉尘,对环境是友好的^[25]。除德国福伊特外,国外开展水介质缓速器研发工作的厂商还有

瑞典斯堪尼亚等。相对于国外水介质缓速器的研究进展,我国水介质缓速器的研究仅局限在电气控制策略研究与介绍新技术层面上^[26-27],尚无个人或机构开展对水介质缓速器产品开发的研究。



图5 福伊特水介质流缓速器(1450 N·m)
Fig. 5 Water Medium Flow Retarder of VOITH

3 结论

从缓速器产品样式、技术原理、主要研发生产厂商及产品技术迭代升级的视角,综述了国内外缓速器的技术及应用进展,结论如下:

(1) 发动机缓速器以其质轻体小、制动响应迅速、成本低廉、制动稳定无热衰退的优势,在国内外商用车中已得到了较为广泛的应用,但由于存在制动功率不足的技术缺陷,需要搭配其他类型缓速器使用,加上存在噪音大、可靠性、以及特殊工况制动失效的问题,使其技术发展及应用受限。

(2) 电涡流缓速器以其结构原理简单、易于研发制造等性能优势,作为初代缓速器曾得到广泛的应用,但由于存在质量重、体积大、安装困难、制动扭矩较小、工作电流大、线圈易老化、火灾隐患、产品维护费用高等缺点,已基本退出欧洲的市场,同时,近年来,随着我国新能源商用车的推广应用,电涡流缓速器在我国商用车市场的应用占有率不断萎缩。

(3) 液力缓速器以其制动功率大、制动平稳热衰退、噪声小、寿命长和结构紧凑等优点,在欧美国家已获得广泛应用,在我国,经过 GB 7258-2012 的政策性法规推动,推广用量获得了迅猛增长。

(4) 水介质缓速器以其体积小、质量轻、制动功率大、无需附加专用换热器等性能优势,在欧美国家已被应用于重载车辆辅助制动,而在我国,尚无个人或机构开展对水介质缓速器产品开发的研究。

参考文献:

[1] 李小强,张红玉. 浅析鼓式汽车制动器在实际应用中的缺陷[J]. 内燃机与配件, 2022(3): 103-105.
[2] 俞康. 浅谈汽车制动器的发展趋势[J]. 南方农机, 2021, 52(24): 196-198.

[3] 陈津. 法士特液力缓速器成效如何? 听听 11 年忠实用户的一手使用体验[J]. 商用汽车新闻, 2021(21): 36-37.
[4] 赵阳,王卫翼. 重型卡车液力缓速器工作原理解析[J]. 汽车维护与修理, 2022(1): 71-75.
[5] 王力. 浅谈《机动车运行安全技术条件》(GB 7258-2012)对汽车制动系要求的修改[J]. 汽车维护与修理, 2013(1): 76-77.
[6] 刘道春. 缓速器的发展与未来[J]. 汽车与配件, 2010(8): 74-77.
[7] 蔡鹏飞. 电涡流缓速器在营运客车中的应用分析[J]. 重型汽车, 2021(2): 34-35.
[8] 刘强. 我国卡车安装液力缓速器的必要性[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(4): 153-154.
[9] 王伟健. 法士特液力缓速器简介[J]. 机械工程师, 2014(8): 269-270.
[10] 何仁,唐彦莹. 自励式缓速器的研究现状和展望[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2020, 34(9): 1-16.
[11] 李腾. 康明斯拟收购发动机制动和停缸技术公司皆可博[J]. 今日工程机械, 2022(1): 64.
[12] 卡车之家. 解放你的刹车: 国内发动机制动产品全集[EB/OL]. <https://bbs.360che.com/thread-687937-1-1.html>, 2014-11-18.
[13] 耿凤明. 安装在发动机上的几种形式的缓速装置[J]. 汽车实用技术, 2016(1): 148-150.
[14] 李宏虎,李理光. 发动机缓速器技术[J]. 柴油机设计与制造, 2010, 16(1): 1-3+7.
[15] 刘兰涛. 公共汽车电涡流缓速器选择应用与维护探究[J]. 设备管理与维修, 2020(10): 48-49.
[16] 丛林鹏. 能量回收式电涡流缓速器制动策略研究[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(1): 46-49.
[17] 叶炜晨,甄姗姗. 液力缓速器与电涡流缓速器性能比较[J]. 城市车辆, 2009(6): 54-56.
[18] 吴超,徐鸣等. 车辆液力缓速器的特点分析及发展趋势[J]. 车辆与动力技术, 2011(1): 51-55.
[19] 温州网. 乐清三民企收购法国泰乐玛[EB/OL]. <http://news.66wz.com/system/2010/09/03/102055782.shtml>, 2010-09-03.
[20] 王东斌. 重型卡车缓速器的应用及发展趋势[J]. 汽车实用技术, 2012(6): 17-19.
[21] 尹利云. 基于内流场数值计算的液力缓速器结构参数优化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
[22] 王天利,初元博. 基于新旧 GB 7258 的机动车主被动安全技术对比分析[J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版), 2013, 33(4): 251-254.
[23] 肖雄建. 技术取得突破: 国产液力缓速器有望上市[J]. 商用汽车, 2011(19): 104.
[24] 刘一乐,严鉴铂. 液力缓速器再造一个法士特[J]. 商用汽车新闻, 2019(24): 1-2.
[25] 卡车之家. 以水为介质缓速器[EB/OL]. <http://www.360che.com/news/121011/23185.html>, 2012-10-12.
[26] 游登峰. 商用车水介质缓速器热管理[D]. 长春: 吉林大学, 2015.
[27] 郑宏鹏. 商用车水介质缓速器流体与控制关键技术研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.

(编辑 姜洪君)

作者简介: 黄俊刚(1985-),男,安徽怀远人,博士生,副教授,主要从事电涡流辅助制动系统研究。