

汽车材料及结构轻量化的研究进展

林 海

威海高丽亚专用汽车制造有限公司 山东威海 264211

摘要: 由于人们在生活中对车辆的依赖程度提高,车辆的产能需求增加,车辆轻量化也引起人们的重视,本文阐述车辆轻量化在国内的发展状况与发展趋势的同时,具体阐述车辆轻量化的两个重点方面:车身材料与结构轻量化。车辆用材轻量化中具体阐述了金属板材如高强度钢、铝合金、镁合金以及非金属材料如碳纤维、塑胶和树脂用量在汽车行业的应用;车辆架构轻量化主要利用架构设计实现降低车辆载重、节能减排目的,最后对车辆轻量化未来的发展趋势做出预测。

关键词: 汽车材料; 结构轻量化; 研究进展

Research progress of lightweight automotive materials and structures

Lin Hai

Weihai gaoliya Special Purpose Vehicle Manufacturing Co., Ltd. Shandong Weihai 264211

Abstract: as people's dependence on vehicles increases in their daily life, the demand for vehicle production capacity increases, and vehicle lightweight also attracts people's attention. This paper expounds the development status and development trend of vehicle lightweight in China, and at the same time, it specifically expounds two key aspects of vehicle lightweight: body material and structure lightweight. In the light weight of vehicle materials, the application of metal plates such as high-strength steel, aluminum alloy, magnesium alloy and non-metal materials such as carbon fiber, plastic and resin in the automobile industry is described in detail; The vehicle architecture lightweight mainly uses the architecture design to achieve the purpose of reducing vehicle load, energy saving and emission reduction. Finally, the future development trend of vehicle lightweight is predicted.

Keywords: automotive materials; Lightweight structure; Research progress

随着社会城市化发展,人们用车的程度增加,汽车的生产逐渐扩大,制造技术水平也日益提高,尽管车辆让人类日常生活中变得便捷,改善了人们的生存品质,但同时废气排放量的提高又带来了自然环境的不可逆污染日益加剧,燃料的使用率也日益增加。现如今在车辆领域节能减排实现低碳经济的重点有两个方面:第一,车辆材料轻量化;第二,车辆构造轻量化。据有关调查表明车辆重量每减少百分之十,燃料的用量减少百分之六~百分之八,废气的排放量减少百分之四~百分之十。轻量化车辆的运用能节约环境污染和减排的同时又提高了车辆的性能,改善了车辆运行的稳定性。目前,汽车车身轻量化已经成为汽车行业发展的主要趋势。

1 国内外汽车轻量化的发展现状及趋势

中国汽车行业在轻量化方面的进展还没有建设相对

完善的系统,与发达国家比较差异明显。首先,国内的自主创新相对薄弱,主要依靠外国领先科技。目前日本、德国、美国所发表有关车辆轻量化等方面的发明专利总量约占全世界发明专利总数的百分之七十,其中发表的核心发明专利约占世界百分之八十。企业要提高汽车轻量化技术专利发表的能力,增强对车辆轻量化的自主创新,从而自主开发出拥有卓越性能的汽车轻量化车型。其次,国内缺乏健全的整车轻量化的结构,整车厂商并未建立专业化的研发部门,没有注重公司、院校、研发中心之间的合作。国外政府不但有经济政策的大力支持,而且还同时推动形成了“企业+高校+研究机构”的行业管理制度。最后,外国政府也有措施支持、指导企业的轻量化发展,例如标准包括汽车燃料经济性标准、温室气体排放量标准、研究条件和方法;财税措施包括高额

燃油税、重量税、财务补助、财务处罚、科研项目、共性技术研究计划、引导与扶持跨领域协作。国内也应该加大政策引导,制定相应优惠政策,大力发展车辆的轻量化技术^[1]。

2 汽车轻量化的实际意义

车辆轻量化是指在车辆造价不变的情况下,从多方面对车辆重量加以优化,以提高车辆速度、降低废气污染和减少燃油消耗,与此同时,提高车辆的稳定性、舒适度和可靠性。在车辆轻量化过程中,达到车辆轻量化目标的同时,必须坚持几个基本原则:一是提高车辆抗震能力;二是符合现代车辆防撞性能特点;三是车辆结构适合新时期的人们审美。具体来说,通过汽车的轻量化发展促进了企业现代化建设,其实国际意义主要体现在如下两点:一是减少了能源消耗与环境污染的问题。很多研究已经指出,车辆的燃油消耗与车辆的自重是成正比的,车辆总体自重越高,车辆的燃油消耗就越大。采用车辆轻型技术可以有效地降低车辆总体自重,进而减少燃油损耗和减少车辆废气的排放量,从而减少生态环境问题。二是有助于提高车辆性能。通过车辆动能的计算公式可以知道,当车辆加速到规定车速时,车辆质量越大,所需要的能力也越大。而通过汽车轻量化技术可以降低汽车质量,当车辆的质量减小,也能够减少车辆加速时,可以提高车辆的启动特性,从而降低了车辆对动力系统传动系统的负载,达到了良好的车辆行驶特性^[2]。

3 汽车材料轻量化研究

车辆材料轻量化与车辆构造轻量化二者互补,利用降低车辆重量来降低污染、减少能源消耗、改善车辆性能。到了20世纪80年代,大多数车辆用材都是由钢材所构成,而在全球石油危机的出现后,人类也开始寻求更轻量化的车身材料,以减少汽油使用量。于是加大了诸如高强度钢、镁复合材料、铝复合材料、钛合金、锌合金,乃至塑料制品、橡皮等较低密度、高强度、加工性能良好的车身材料的应用,而钢铁材质在车辆方面的使用比重也有相应减少。

3.1 金属类材料

3.1.1 高强度钢

汽车用钢铁制造工艺不断更新的今天,由于相继产生的镁、铝合金等轻量化钢铁逐渐取代了常规钢铁,使得汽车钢铁制造行业困难重重。针对其需求量不断衰退的现状,钢铁公司迅速采取了相应举措,研究并生产出了密度较小,高浓度的车用高强度钢。而高强度钢又可分为高强度、超高强度钢和特高坚硬钢铁。对比于常规钢铁,高强度钢可降低汽车质量约百分之十六,改善燃料经济性约百分之十,尽管其密度远较镁、铝合金为高,但由于高强度钢同时具备硬度大、塑性较高、硬度较高、

稳定性好、成本较低等特性,因此仍在车辆领域中获得了广泛应用。由于整车自重为汽车整机重量的百分之四十~百分之六十,所以高强度钢的应用可以极大限度地降低汽车自重,从而实现了汽车轻量化^[3]。

3.1.2 铝合金

铝合金比钢铁有着相对较低的密度,其密度也只有普通钢铁的约1/3,还拥有金属比强度高、耐腐蚀好、导热性好、物理性能好的特性。但随着铝合金材质特点的差异,它在车辆中的使用情况也有不同,目前车辆制造使用的铝合金材质主要分成以下三种:压铸铝合金因其优异的耐腐蚀强度和导热性,在车辆的引擎气缸盖、热交换器和汽缸体使用普遍;变形铝合金因其强度高和硬度高的特性,在车辆的主要零部件、构造物、汽车表面中使用普遍;而铝基复合材料的耐疲劳、耐开裂的特性,在车辆的驱动轴承、摇臂等主要零部件上使用普遍。尽管铝合金型材的生产成本相对高昂,仅限于在国外的少数运动和豪华汽车中有所使用,但其显著的减重效果却使它在汽车材料轻量化领域中占有了重要的位置。

3.1.3 铝镁合金

铝镁合金是一类具有潜力的汽车轻量化结构材料,该材料有着优异的物理与化学特性。一是质轻、热密度较低。这一特性也是铝镁合金作为汽车车身最轻量化材料的基石,其相比于铝合金材质更轻,因此属于同一类中非常轻质的金属板材。二是强度也较高。铝镁合金的硬度相对铝合金和钢材的都更高,这就意味着在同等材质的前提下,它们的硬度都要更高。三是金属性强度也更高。相对于铝合金材质和钢铁材料,铝镁合金的拥有更好的金属性强度。四是阻尼系数和消振特性都比较突出。相比于铝合金,镁及铝合金拥有较高的承载能力,常被用来制作车身外壳,它可用来减低车身杂音,增强车身的安全与舒适感。五是机器制造较好。铝和镁复合材料的压铸特性和尺度安全性都非常优秀,且机器制造好,很少发生压铸废品。鉴于铝和镁合金都拥有这些卓越的特性,其前景将非常可观,有利于实现汽车车身轻量化,但是,目前该物质的实际应用仍然受限于其耐蠕变性和高温疲劳的能力较差。这两个领域有待科学家们进一步加以深入研究探讨,从而攻克制造难题,并拓宽了铝镁合金的生产应用。

3.2 非金属类材料

3.2.1 碳纤维

碳纤维材质是指一类总含碳量达到百分之九十的玻璃纤维状碳材,具备了低密度、耐热、高强度、耐腐蚀性强等特性。在欧日等先进国家的汽车行业巨头们,都推动并促进了碳纤维材质在轿车上的广泛应用,德国宝马集团还率先把碳纤维材质广泛地运用到了

轿车上,内容主要涉及:车体、底盘、车顶、车门、引擎盖、尾瓣、汽车仪表盘、驱动轴、头盖、压尾瓣、汽车中控台等系统。宝马集团制造的碳纤维材料量产电动汽车,其整车车身全为碳纤维材料制成,整体汽车总重仅有112.2公斤。目前不仅仅宝马企业,丰田、大众、奔驰、现代等各大汽车制造商都在加强对碳纤维材料的研究力量,并希望实现汽车轻量化。

3.2.2 树脂

树脂用量综合性较强,在车辆上的应用很广泛。由于它具备高耐冲性能、耐热性高、刚度好的特性,在车辆生产上广泛用于制作仪表盘、车体外板;其吸音降噪性和耐热性都较好,在轿车内饰板上也有所使用。虽然中国也是树脂消费国家,总的树脂用量约为全世界百分之三十,但树脂在轿车产品上的使用程度却很低,但随着轿车产品轻量化的开发,树脂塑料在汽车行业也有了很大的发展。

3.2.3 塑料

车用塑料具有质量轻、耐热、耐腐蚀、韧性好等优点,因此在汽车上的使用量也逐年增加。汽车上使用的塑料主要为用于仪表盘、轮圈盖和引擎部件的聚丙烯(PP);用于汽车地毯的聚乙烯(PE);用于汽车保险杠格栅的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)。现在国外的汽车厂商已经研制出性能更优异的车用塑料,不仅减重,还兼顾汽车制造成本、质量、功能,未来塑料在汽车上的使用范围将更加广泛。

4 汽车结构轻量化研究

4.1 拓扑优化方法

拓扑设计技术是车辆轻量化设计中最具潜力的技术之一,在近年来成果突出,已广泛应用于车辆结构设计中,尤其是广泛应用于产品结构概念设计。采用拓扑优化技术设计的系统大致可分成二类,它们为离散型结构和连续式结构,结构设计方法见图1给出。

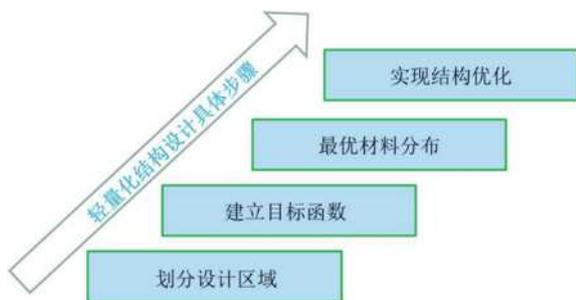


图1 汽车结构优化流程图

首先,重新划定设计范围,主要根据优化结构部件的具体位置加以重新划定,确保不影响其他零部件的正常工作;第二,设置目标函数,主要是根据已划定设计范围中的材料力学特性和具体参数设置满足优化要求的

目标函数;第三,为了达到结构材料的最优预期分布,可以使用目标函数进行运算,从而得到结构件材料的最优预期分布以及能量传递的最优化途径,进而使结构构件性能获得最佳状态。采用拓扑优化方式也能够设计出良好的汽车车身构件,同时该优化方式也相比于其他的设计方式更加快捷,从而可以有效缩短汽车结构设计的研究与试验时间,进而提升汽车制造效能和降低生产成本。

4.2 二尺度与外形优化

尺度与外形优化是在车辆构造轻量化设计中采用的结构优化方法。尺度优化是指在提高构造件质量的时候,对构造件的体积加以进一步优化,从而减轻结构自重。而外形调整则主要是用于整车零件的设计阶段,调整零件的设计形式,以最佳形式完成整车轻量化,并确保零件的稳定性不被改变。目前,计算机发展很快,通过这种方法可以创建数学模型并进行有限元计算,使体积与外形调整速度更为的简单、快速与准确。

5 汽车材料及结构轻量化展望

随着整车制造工艺的进一步提高,环境要求的提高、节能减排意识的提高,整车制造行业自主能力的进一步增强,未来的整车轻量化领域会有更大的进展。车辆生产公司在追求轻量化产品的同时还需要兼顾到车辆安全性,在确保安全使用的情况下进行车辆轻量化。

6 结语

现代化的要求对车辆工业化程度有了很高的要求,不但要兼顾安全、舒适,还要兼顾能源消耗和废气排放量。而车辆轻量化设计可以有效地降低车辆的总体自重,进而提高车辆效率、降低废气污染和减少燃油消耗,有减少环境污染问题和改善车辆安全性的重大作用。整车轻量化主要可以从材料和结构两种角度加以优化,在材质方面,整车轻量化建筑材料主要有高强度钢、钛、铝以及复合等;在结构方面,主要采用有拓扑结构技术,通过这种技术设计零部件结构,以最佳的材质配置与尺寸形式,从而达到整车轻质的效果。

参考文献:

- [1]李霞,张楠.复合新材料在地铁车辆轻量化设计中的应用[J].城市轨道交通研究,2021,24(10):272-273.
- [2]常树民,申永勇,石得春.城市轨道交通车辆轻量化设计研究[J].装备机械,2020(01):21-26.
- [3]王隆宇,王帅.基于复合材料的超轻量化电动汽车[J].汽车实用技术,2019(11):203-205.DOI:10.16638/j.cnki.1671-7988.2019.11.065.
- [4]郑冬,李向群,许新征.基于轻量化SSD的车辆及行人检测网络[J].南京师大学报(自然科学版),2019,42(01):73-81.