

高分子防撞护栏材料的研究进展

戴春霞

周拥仔

(长沙理工大学化学与环境工程学院,长沙 410076) (长沙理工大学汽车与机械工程学院,长沙 410076)

摘要 介绍高分子材料防撞护栏的一些优点,总结了聚乙烯护栏、聚丙烯护栏、玻璃钢护栏、聚氯乙烯护栏等几种典型高分子材料防撞护栏的研究发展现状,概述了防撞护栏的发展趋势;得出高分子材料防撞护栏众多的优点和发展方向使其将会越来越广泛地得到应用的结论。

关键词 防撞护栏 聚乙烯 聚丙烯 纤维增强塑料 聚氯乙烯

防撞护栏^[1]一般是安装在公路两侧或中央分隔带内与公路平行设置的拦阻设施,其主要作用是防止汽车司机失误或其它原因造成的非正常行驶车辆越出公路或穿越中央分隔带而闯入对向车道的交通事故发生,保护路侧行人、建筑物、汽车司机和车上乘员安全,同时兼有诱导驾驶员视线、增加行车安全感和美化公路环境的作用。传统的防撞护栏一般有混凝土护栏、铁制护栏、波纹钢护栏等。众所周知,传统防撞护栏的吸能能力差、造价与维修费用高且不能循环利用,使之可能会被其它材料所代替。

近些年来,新材料、新工艺的出现使得改善护栏材料从而改进其性能成为可能。高分子材料的应用异军突起,使得它成为了新型的护栏材料。高分子材料护栏与传统的混凝土和钢护栏相比具有如下优点^[2]:(1) 安全。混凝土或波纹钢护栏很容易发生车辆和乘员的重大伤害,而高分子材料护栏则具有极高的减振和缓冲性,可以最大限度地吸收碰撞能量,避免车辆损坏和人员伤害。(2) 价廉、质轻、弹性好。高分子材料护栏的弯曲强度比波纹钢护栏高 26%,冲击强度高出 15%,密度仅为钢的 1/3,造价比波纹钢护栏低 1/2 以上。(3) 拆装方便、快速。预制件用螺丝连接,安装速度快,效率高。(4) 耐用。高分子材料护栏的寿命可在 30 年以上。(5) 环保,可回收利用。老化以后,可全部拆下来回收,通过改性、添加抗老化剂来制作其它制品。以上优点注定了高分子材料护栏相对传统材料的护栏具有无可代替的优越性。

目前随着国家高速公路的快速发展,对护栏的需求非常迫切且用量巨大,而高分子材料不但可以满足护栏性能要求,并且可以为高分子材料提供广阔的应用范围和发展空间,以满足国内高速公路快速发展的需求。

1 高分子防撞护栏材料的发展现状

塑料(高分子材料)护栏一般是指用聚烯烃、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)等高分子材料制成的护栏。塑料护栏的发展起于 20 世纪 70 年代,美国 Yodock Wall 有限公司^[3]是最先发明公路塑料护栏的公司,其主要的专利产品——Yodock Barrier Model 2001 是一种轻便型载重塑料疏导工具,使用时充入水、沙子或其它弹性介质,使用的塑料主要为聚乙烯(PE)。由于塑料护栏有一系列的优点,到目前为止,相继有了 PE 护栏、PP 护栏、PE/PP 护栏、纤维增强塑料(FRP,

又称玻璃钢)护栏和 PVC 护栏等多种高分子材料防撞护栏。尤其是 PVC 防撞护栏,其发展可谓是后来居上,最早^[4]是由韩国于 20 世纪 90 年代开发的,因其极强的装饰和美化功能及终身不需维修等特点,近几年来迅速风靡欧、美、日、澳等国,大有取代传统钢、铁护栏之势。

由于金属和混凝土护栏有很多缺点,难以满足现在道路交通安全的要求,所以自从 20 世纪 70 年代发展起来的塑料护栏及目前发展迅速的 FRP 护栏的应用越来越广泛,现就几种常见的塑料护栏在国内外的发展现状作一介绍。

1.1 PE 护栏

PE 是最早用作公路护栏的塑料,PE 的种类较多,一般采用高密度聚乙烯(HDPE)和低密度聚乙烯(LDPE)。总的来说,其力学性能一般,只有冲击性能较好,所以一般采用与 PP 共混或用纤维(主要有木纤维^[5]和玻璃纤维等)来增强改性。

如美国 Recycled Plastic Products 公司使用 HDPE 制成护栏,Recycled Technology 公司用 PE 做护栏支柱,Amity Plastics 公司使用 HDPE 和 LDPE 共混制成护栏支柱等^[6]。

K. Dutta Piyush 等^[7]研究了木纤维增强可回收塑料(包括 PE)公路护栏的力学性能。结果表明,用同种材料制成的护栏支柱的设备测试结果与实地测试结果能够很好地吻合,因而护栏支柱为可回收塑料的发展提供了广阔的空间。A. Tabiei 等^[8]研究了玻璃纤维增强乙烯基酯树脂护栏横梁的冲击性能和准静态性能。结果表明,经过结构优化之后,这种横梁的厚度大约只有传统护栏横梁的 1/3,在同等的边界条件下,它有最大限度的强度和能量吸收特性。

国外有关 PE 护栏的专利^[3,9-11]比较多,W02004078445^[12]制成了直接挤出成型的滑石粉填充聚烯烃(有 HDPE、LDPE、线性 PE 及 PP)公路护栏,还研究了复合材料中组分的配比问题。EP1498549^[9]研制的可回收利用的 HDPE 公路护栏有很好的吸收碰撞能量的能力,并且易安装、成本低,可充分减少车辆翻车的可能性。

国内的李汉初^[2]研究了 PE8301 公路护栏不耐冲击的问题。结果表明,此种护栏的冲击性能与滚塑温度、风冷时间

和模具设计有关,发现将这些参数调整到滚塑温度为 250℃、风冷时间为 30 min 且模具连接处改成圆弧时制得的护栏符合要求。国内有关 PE^[3] 公路护栏的专利中,CN98247770.8 介绍了一种由 PE 搪胶材料滚塑而成的柔性道路护栏;CN200520032772.X^[13] 公开了一种由 PE 塑料制成的护栏整体外壳的柔性防撞交通安全护栏。

1.2 PP 护栏

与 PE 相比,PP 的强度、刚度和硬度都比较高,光泽性也好^[14]。如果需要高强度时,可选用增强 PP 或填充 PP 等。PP 的冲击强度对温度依赖性很大,其冲击强度特别是低温冲击强度低。PP 还具有优良的抗弯曲疲劳性,其制品可在常温下弯折 10 万次而不损坏。

目前国际上使用 PP 研制的防撞护栏不是很多,相关的文献和报道^[15] 也比较少。较早的有美国 Aloha Plastic Recycling 公司和 CAMMCO 公司曾使用 PP 制作护栏桩^[6]。H. V. S. Gangarao^[16] 测试了梯形 PP 护栏立柱的弯曲性能、拉伸性能和压缩性能,结果显示其底部边缘的拉伸弹性模量较大,约为 31 GPa,而其顶部边缘处的压缩弹性模量比中端要大一些。

上海挪亚环境资源开发有限公司成功开发出“利用造纸废浆污泥为填充剂制备 PP-N 塑料护栏”技术,首创将废浆污泥制成护栏,为造纸废浆污泥提供了有效利用方法。此种塑料护栏是利用造纸废浆污泥为填充剂,以 PP 为基体,通过适当的配方改性、熔融聚合制成的一种环境友好新材料,而且其牢固程度与一般铁质护栏相差无几,耐冲击性、抗弯曲性及耐老化性等指标都较好,并且可回收利用和具有“防盗”作用。

1.3 玻璃钢护栏

玻璃钢是国外 20 世纪初开发的一种新型复合材料,它具有质轻、高强、防腐、保温、绝缘、隔音等诸多优点。

A. Tabiei 等^[8] 研究了玻璃钢护栏的冲击性能,经过一系列的冲击试验和准静态试验优化了此种材料的护栏横梁,结果表明这种优化了的横梁有最大限度的吸能特性和强度。R. P. Bligh^[17] 等综述了美国使用 W-玻璃纤维增强 HDPE 等可回收塑料制作的护栏立柱,它是通过浇铸成型的。国外也有一些玻璃钢护栏的文献与专利^[18-19]。

魏荣^[21] 选用 191[#] 不饱和聚酯树脂作粘结剂,以表面毡、玻璃纤维原丝和玻璃纤维布为增强材料、空心玻璃微珠为填料、楠竹片为芯材制成玻璃钢护栏,经试验表明其强度可以满足实际使用要求。国内相关专利也比较多^[3,21-22]

1.4 PVC 护栏

在 20 世纪 90 年代由韩国率先发展了 PVC 护栏系列产品,并受到了日本及西方发达国家的欢迎。就目前的发展情况来看,PVC 护栏后来居上,如日中天,有着巨大的市场潜力和市场份额。

PVC 护栏也叫塑钢护栏,是以 PVC 型材为外套,以钢材为内部增强材料,采用特殊方法连接成型的一种新型护栏。

与传统的护栏材料相比,具有以下优点:(1) 坚固耐用,免维修,长新不旧,永远不需刷漆和维护保养。(2) 工期短,成本低,立柱和栅条内部采用镀锌钢管增强内衬,强度高,不生锈,无需维护,一般情况下不用砌垒底座直接安装,大大缩短了施工工期,更降低了工程成本。(3) 使用期长,耐候性好。由于护栏型材中加入了大量的进口抗老化剂、稳定剂,可在 -50 ~70℃ 范围内使用 30 年以上,且不会变形、褪色、发黄、开裂、起泡和虫蛀。(4) 绿色环保,低能耗。能耗仅为钢材的 1/8,是一种节能绿色环保产品。

PVC 护栏的生产和研究在国外比较广泛,成型方式一般是挤出成型^[23]。国内生产 PVC 护栏的厂家大部分分布在江浙等东部地区,其生产技术和设备大多从国外引进,并且大部分的护栏产品不能用作高速公路护栏,一般用于城市道路交通隔离用,以及别墅、社区、庭院、学校、工厂及其它建筑围墙、花坛、草地、园林、河滨、阳台、楼梯等对护栏性能要求不是很严格的场所。

PVC 塑钢护栏作为一种新型护栏产品其市场需求大,具有一定的投资价值。由于我国生产的 PVC 防撞护栏的各种性能与国外产品相比差距还较大,所以对这方面的研究仍需努力。

1.5 其它塑料护栏

其它塑料如聚碳酸酯(PC)、PS 和聚对苯二甲酸乙二酯(PET) 等也可用于制成护栏^[7]。美国专利 US4222522^[10] 研究了 PS、PP、PE 及其共混材料通过挤出成型制得的护栏,这些护栏不怕腐蚀并能防止机械性擦伤,而且其结构简单,经济耐用。美国专利 US20060102883 A1^[24] 研制了聚亚胺酯树脂护栏,其中增强材料采用多层结构,种类有碳纤维和 Kevlar 等(其体积分数为 40% ~60% 不等)。而且还研究了使用乙烯基酯树脂、环氧树脂、聚酯或其它高分子材料作护栏的基体,发现加入乙烷可提高材料的冲击性能。

国内除了使用 PP、PE 及 PVC 等热塑性树脂研制护栏外,使用其它种类树脂的研究还很少,几乎没有相关的文献和专利。

通过以上分析可知,就总体而言,我国的塑料护栏与国外相比无论在生产规模、产品质量、性能及塑料品种方面,还是在生产技术及工艺装备水平等方面均未达到经济规模批量生产与实际应用的水平。

2 防撞护栏材料的发展趋势

根据美国 Freedonia Group 咨询公司的最新报告,预计今后 5 年美国的塑料及树脂基复合材料护栏将以年均 10.3% 的速度增长。从 2000 年到 2005 年其消费量几乎翻番,由 1066.8 万 m 增至 2072.6 万 m,年增 14.2%。预计到 2010 年该市场将增至 3383.3 万 m。

在美国护栏市场上,塑料和树脂基复合材料业务一直在增长,其市场份额从 2000 年的 4.5% 增至 2005 年的 7.8%,预计到 2010 年将增至 11.4%。

今后防撞护栏材料的发展主要着重于以下几个方面:

(1) 材料的选择将不会考虑不能回收利用的材料,取而代之的是使用可回收再利用的高分子材料;(2) 目前塑料护栏的成型主要有挤出成型和注射成型,所以成型比较容易的材料将会受欢迎;(3) 权衡利弊,在选材时不要一味地选性能非常好的,这些材料报废后可能易污染环境,而且性能非常好的材料的生产成本都非常高,不易推广;(4) 材料的选择不要局限于一种或两种材料,而是选用多种塑料共混以便在性能上能够取长补短,纤维的选择也不要局限于一两种,也可选用多种纤维增强。

总之,生产具有优良综合使用性能的新型防撞护栏材料,可运用当前的一些技术优势优化材料组分,综合利用相关技术研究开发新工艺,除了在增强纤维、填料的研究上取得新的进展,更应该在树脂基体的研究上取得新的突破。

3 结语

塑料以其价廉、质轻和弹性好等优点在公路建设中越来越受到建设者们的关注,如将具有耐冲击性好、密度低、耐腐蚀、价格低廉的玻璃钢用作公路护栏,其弯曲强度比波纹钢护栏高 26%,结构抗冲击韧性强 15%,密度仅为钢的 1/3,在常规酸性条件下的使用寿命为 30 年,造价比波纹钢护栏低约 25%。PE 作临时性公路护栏的形式很多,其中 LDPE 护栏和 HDPE 护栏作道路施工和交通管制时的临时性护栏以其质轻、安装和拆卸方便、成本低而得到广泛的开发应用。可以预见,在解决 PE 易老化(环境耐候性能差)和冲击强度不足等问题后会迅速获得广泛的应用。目前 PVC 护栏已引起广泛关注,并且得到重视。因此,发展聚烯烃、PVC 护栏势在必行。

参考文献

- [1] 韩晓敏. 汽车与砼护栏碰撞仿真计算的研究[D]. 成都: 四川大学, 2002: 5.
- [2] 李汉初. 广东化工, 2003(3): 22-24.

- [3] 梁洁. 广石化科技, 2002(4): 57-62.
- [4] 谢玉洪, 等. 工程建设与设计, 2003(12): 40-43.
- [5] Davids W G, et al. Construction and Building Materials, 2006, 20(9): 733-743.
- [6] Bligh R P, et al. Summary and Recommendations of Recycled Materials in Roadside Safety Devices[M]. Texas: Texas Transportation Institute Press, 2001.
- [7] Dutta Piyush K, et al. Materials and Design Technology, 1994, 62: 345-349.
- [8] Tabiei A, et al. Composite Structures, 1998, 42(3): 231-237.
- [9] Arney John F III, et al. EP, 1498549[P]. 2005-01-19.
- [10] Matteo Sr, et al. US, 4222522[P]. 1980-09-16.
- [11] Alberson Dean C, et al. WO, 03076725[P]. 2003-09-18.
- [12] Okerson C A. WO, 2004078445[P]. 2004-09-16.
- [13] 王俊波. 中国, 2707806 Y[P]. 2005-07-06.
- [14] 黄丽. 高分子材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [15] Du Boisa P A, et al. International Journal of Impact Engineering, 2006, 32: 725-740.
- [16] Gangarao H V S. Recycled engineering thermoplastics in the transportation sector[EB/OL]. (2001-01-19) <http://www.electronicrecycling.org>.
- [17] Bligh R P, et al. Texas Transportation Institute[M]. Texas: Texas transportation Institute Press, 2001.
- [18] Ryan Daleb. WO, 9510665[P]. 1995-04-20.
- [19] Bank L C, et al. Applied Science and Manufacturing, 2001, 32(9): 1329-1338.
- [20] 魏荣. 玻璃钢/复合材料, 1998(3): 29-30.
- [21] 马治国, 等. 中国, 2880992[P]. 2007-03-21.
- [22] 季永生. 中国, 2746071[P]. 2005-12-14.
- [23] Yu Cheol-Lee, et al. WO, 2006011700[P]. 2006-02-02.
- [24] Dustin L Troutman, et al. US, 20060102883 A1[P]. 2006-05-18.

RESEARCH PROGRESS ON MACROMOLECULE CRASHWORTHINESS GUARDRAIL MATERIAL

Dai Chunxia

(Institute of Chemistry and Environmental Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, China)

Zhou Yongzi

(Institute of Automobile and Mechanical Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, China)

ABSTRACT The merits of macromolecule crashworthiness guardrail were introduced. The research status of several representative macromolecule crashworthiness guardrails, for example PE guardrail, PP guardrail, etc, were summarized and the development trend was formulated. Finally, it deduced that macromolecule crashworthiness guardrail would be applied more abroadly due to the development direction at the present and lots of merits.

KEYWORDS crashworthiness guardrail, PE, PP, FRP, PVC

甘肃武威将建两条 20 万 t 的 PET 生产线

最近福建达利集团与甘肃武威市凉州区政府签定协议,建设两条生产能力达 20 万 t、具有国内先进水平的聚对苯二甲酸乙二酯(PET)全自动饮料生产线,生产达利旗下的系列产品。该项目投资总额达 2 亿元。

福建达利集团是目前国内最大的休闲食品和饮料生产民营企业。2005 年 9 月该集团在成立了甘肃达利食品有限公司后,两年来已建成 5 套拥有现代化生产工艺的马铃薯全粉生产线,年生产规模达到 10 万 t,成为全国最大的马铃薯全粉生产基地,当地 5 万户农民因此受益。(工塑网)