

塑料回收利用与再生塑料在建材中的应用^{*}

黄海滨 刘 锋 李丽娟

(广东工业大学土木与交通工程学院,广州 510006)

摘要 介绍了塑料废弃物的回收再利用现状,对目前废弃塑料的回收再利用技术进行了分析与总结,对再生塑料在建筑材料中的发展和应用前景进行了探讨,并对再生塑料改性混凝土提出了一些研究与应用过程中有待解决的问题和建议。

关键词 再生塑料 回收再利用 建筑材料 混凝土 应用

随着塑料制品工业的飞速发展,塑料制品与人们的生活和生产密不可分,大量的塑料制品被广泛地应用。2001 年,全球年消耗塑料材料已经接近 1 亿 t^[1]。我国的塑料制品工业发展迅猛,2000 年塑料的生产量达 1 000 万 t^[2]。2007 中印塑料行业合作与发展高峰论坛的报告显示,2006 年我国规模以上企业塑料制品总产量已经达到 2 800 万 t。

然而,在塑料制品工业蓬勃发展的同时,如此大规模地生产和使用塑料制品,必然会伴随大量废弃塑料的产生。2000 年美国生产塑料 3 500 余万 t,同年废弃塑料高达 1 700 万 t(约占塑料年产量的 48%)^[3];英国 2001 年塑料消费量为 470 万 t,而同年塑料废弃物高达 300 万 t(约占塑料年产量 63%);西欧国家 2003 年塑料消费量为 2 500 万 t 左右,而废弃塑料量为 1 600 万 t^[4](约占塑料年产量 64%)。2007 年我国回收废塑料总量就已达 1 480 多万 t。因此,如何有效地进行废弃塑料的回收再利用,是摆在人们面前的一项重要课题。

1 塑料的回收利用

1.1 塑料应用现状

20 世纪 50 年代以来,塑料工业在原料、生产、加工、研究等方面都进入了新阶段,其应用领域也迅速扩大,并逐渐成为在国民经济中与钢铁、木材、水泥并驾齐驱的重要材料^[5]。塑料材料被广泛地应用于包装、电气、建筑、医学、日用品、汽车、航天航空等各个领域,普及程度逐年提高,已经深入人类生活和生产的各个方面,市场前景广阔,是推动社会生产力发展的新型材料。其中热塑性塑料应用比例越来越大,已经占塑料用量 95% 以上^[6]。

1.2 塑料的回收再利用现状

塑料制品的大规模生产和广泛应用的同时会产生大量塑料废弃物,易破坏环境并危害人类健康。面对日益严重的塑料废弃物污染,许多发达国家已

经建立了比较完善的塑料废弃物回收体系并制定了相应的法律法规。近年来我国也越来越重视塑料废弃物的回收和再利用,特别是最近关于《循环经济促进法》、废旧物资回收的增值税政策及其它相关配套政策措施的制定和调整,将对我国再生塑料产业的发展起到深远的意义和影响。

然而,从现时情况来看,废弃塑料只是做到了“回收”却没有真正做到“再利用”。世界各国处理回收塑料废弃物的主要方法是丢弃、填埋、焚烧、或者运往他国。欧洲 2003 年回收的废旧塑料仅有 11% 得到了真正再利用,14% 运往国外,21% 被焚烧^[7]。2003 年欧洲塑料制造商协会(APME)在布鲁塞尔举行的塑料回收工艺会议上,专家们认为欧洲塑料回收业处境维艰。我国对每年产生的废弃塑料处理方法中,填埋占 93%,焚烧占 2%,回收利用率仅为 5%^[8]。

焚烧和填埋塑料废弃物不仅会造成环境的污染,危害人类的生存发展,而且还造成巨大的资源浪费,这与可持续发展战略是背道而驰的。因此,为了循环利用资源,废弃塑料的再生利用是能够产生经济和社会效益的。根据国家中长期科学技术发展纲要,对再生资源领域里废塑料部分规划的战略目标是:到 2020 年再生利用废塑料 293 万 t,再生利用率达到 50%,研究废塑料材料再生利用技术,提出现行废塑料再生工艺的改进方法。在解决预处理技术的基础上,借鉴国外的先进经验,研究推广适合我国国情的废塑料再生技术,以提高再生塑料制品的性能和质量。由此可见,我国对废弃塑料的回收再利用任重道远,提高塑料废弃物的回收利用率是当务

^{*} 国家自然科学基金资助项目(10872052),广东省自然科学基金重点资助项目(07117419),广东省科技攻关项目(2008 B010600011)

收稿日期:2009-04-24

之急。

1.3 废弃塑料再利用技术

目前,塑料废弃物的再利用技术可以分成两类^[9]:一类是直接再利用,另一类是改性再利用。

直接再利用是将回收的塑料废弃物经过分类、清洗、粉碎、造粒然后直接加工成型。其制作工艺简单,但再生制品质量较差。从20世纪70年代开始,废弃塑料的机械回收技术在我国江西、浙江一带乡镇兴起,将塑料粉碎再添加一些新料,经熔融、进料、压模,制成塑料容器、厨房用品、拖鞋等制品^[10]。

改性再利用是将塑料废弃物通过物理或者化学方法进行改性后再加工成型。其制作工艺复杂,往往需要特定的配套设备和大的投资,但是再生制品的性能能够得到改善和提高,其质量也会相对较好。

然而,目前使用的再生塑料制品均需要将废弃塑料加热到200℃或是更高温度时才能够充分软化,以进行再成型。这种方法除消耗大量能源并带来一定环境污染外,还会破坏塑料的分子链,最终降低塑料的强度,使其不能进行循环再利用^[11]。若进行物理或者化学的改性,则存在技术复杂、成本高等缺点。因此,塑料废弃物的直接利用受到越来越广泛的关注,将废弃塑料回收处理破碎成颗粒或者粉末直接使用在其它材料当中,是塑料废弃物回收再利用的最佳选择。

2 再生塑料在建筑材料中的应用

随着废弃塑料的综合利用技术的不断进步,近年来将塑料废弃物经过加工处理后形成新型材料得到了广泛的应用。世界各国都在积极开展废旧塑料回收利用的研究工作,其中以物理改性生产新的复合材料最为重要,开发应用前景十分广阔^[12]。

再生塑料是将废弃塑料经过加工粉碎后形成的。其自身具有一定的弹性、较高的强度及耐磨性能、较好的绝缘性能,因此已经被越来越多地运用于建筑行业。

2.1 在节能建材方面的应用

从目前国内外研究成果来看,再生塑料主要用于制成各种保温隔热型的建筑材料。禹练英^[13]研究了用废旧热塑性塑料和锯末粉生产阻燃建筑装饰材料的工艺及性能,所得材料的阻燃性能达到国家标准(GB 5464-1985)中规定的建筑材料不燃性材料的要求。张金安等^[14]通过大量试验研究,以二级粉煤灰和42.5R普通硅酸盐水泥为胶凝材料,以废旧泡沫塑料为骨料,辅以憎水剂和自配的微膨胀剂,

研制开发了废旧泡沫塑料-粉煤灰防水保温材料。清洁·日本·中心将塑料颗粒作为原料,制成人工超轻质骨材,其具有材质轻、隔热、高强度等优良特性^[15]。

2.2 在道路方面的应用

国内外的研究成果表明将再生塑料应用在道路工程中是可行的,并已经运用在实际工程当中。俄罗斯研究人员^[16]在道路建设中将泡沫塑料作为一种新型道路隔温材料,用来替代传统的防冻层,以保障路基不产生冻结、聚流和层状冰晶体的析出,并起到预防道路冻胀和翻浆的作用。张金喜等^[17]也利用废发泡塑料修筑道路的防冻胀层,对废发泡塑料稳定路基土和基层材料的力学性能和隔热性能进行了试验,并修筑了试验路。试验证明,掺加废发泡塑料骨料可以提高路基土、特别是软弱粘性土路基的承载力。廖利等^[18]利用混合废塑料改善道路沥青的性能,研究发现废塑料的掺加有利于降低沥青的温度敏感性、提高沥青的高温稳定性能,而且废塑料的掺加在一定范围内对于沥青低温性能的改善也起到了积极的作用。张智勇等^[19]的研究也是将废弃塑料应用在沥青路面中,同样发现废旧塑料能够显著改善沥青及沥青混凝土的高温稳定性能。匈牙利研究人员^[20]则使用新技术将废弃塑料加工成一种新型合成材料,这种合成材料与沥青按比例混合后可用于铺路,增加路面的坚硬程度,减少碾压痕迹的出现。重庆交通大学的卢波等^[21]则以焚烧垃圾渣、废弃塑料为对象,通过研究、试验、设计和开发,将它们改造成一系列的筑路材料,并应用在道路结构中,提高了道路结构的工作性能。宁波工程学院蔡可键等^[22]则将聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)用于路堤填筑工程,可以显著地减少路堤引起的地基沉降和对桥台台背产生的侧土压力,提高地基稳定性。

2.3 在混凝土方面的应用

将再生塑料粉碎成不同粒径的颗粒直接加入混凝土材料中制作成新型混凝土称为再生塑料改性混凝土。目前,将再生塑料应用到混凝土中仍然处于实验室研究阶段,对再生塑料改性混凝土的研究并不多见,国内目前亦未有对再生塑料改性混凝土进行研究的报道。从国外已经发表的文献资料来看,主要是将再生塑料颗粒部分替代或者全部替代混凝土中的骨料,并进行了一系列再生塑料改性混凝土的物理、化学和力学性能的研究。

O. Y. Marzouk 等^[23]将废弃 PET 瓶子破碎成颗

粒后按照不同的体积分数(2% ~100%) 将其加入混凝土中,试验结果表明再生塑料颗粒的粒径、体积分数对混凝土性能的影响十分重要。Z. Z. Ismail 等^[24] 也进行了类似的试验,其获得的实验结果与 O. Y. Marzouk 的结果相吻合。香港理工大学的 S. C. Kou 等^[25] 则用再生 PVC 管颗粒和膨胀粘土制作了非承重的轻质混凝土,该轻质混凝土具有低密度、更好的延展性、低干缩和较高的抗氯离子渗透性等特点。

再生热固性塑料方面,Phaiboon Panyakapo 等^[26] 将热固性的三聚氰胺塑料颗粒、粉煤灰和铝粉等混合研制成塑料轻质混凝土,其密度和强度等均能满足 ASTM C 129 - 05 Type II 的标准。而 H. S. Dweik 等^[27] 将三聚氰胺 - 甲醛(MF) 替代 0 ~60% 的砂用量,试验结果表明,当替代率从 0 增至 30% 时,混凝土试块的密度随替代率的增大而降低,而抗压强度随替代率的增大而提高,其原因是再生 MF 颗粒的形状、级配、强度等均比天然砂要好。

可见,将再生塑料应用于建筑材料中可以达到相应的标准,并且能够获得优良的力学和物理性能,因此在建筑工程中的应用将会越来越广泛,发展再生塑料改性建材具有非常广阔的前景。

3 再生塑料改性混凝土的研究与展望

从国外对再生塑料改性混凝土的研究成果可以发现,再生塑料用于改性混凝土是可行的。将塑料废弃物进行回收、分类、清洗、破碎成颗粒状或粉状后掺入混凝土当中,所形成的再生塑料改性混凝土虽然在物理、力学等性能方面有所降低,但能够约束混凝土内部裂缝的产生和发展,使混凝土表现出更好的延展性。塑料本身不溶于水,较难溶于化学溶剂,用其形成塑料混凝土抗渗性优于普通混凝土。有些塑料还具有很强的耐高温稳定性,耐热性能好,因此所形成的混凝土具有保温隔热的良好性能。总结国内外研究情况,目前塑料改性混凝土的研究与应用还存在以下几个问题。

(1) 塑料品种繁多,各种塑料之间的性能有差异,有必要选择塑料自身性能优异的品种研究相应的再生塑料对改性混凝土基本性能的影响。

(2) 对于难以回收再利用的塑料废弃物,特别是将热固性塑料再利用于混凝土当中具有更深刻的研究意义。

(3) 塑料颗粒和水泥浆界面之间的粘结性对混凝土的性能有重要的影响,应在这一方面进行更加

深入的研究。

(4) 目前关于塑料改性混凝土的研究多集中在其基本物理、力学性能的研究,有必要进行一些动力、冲击性能、抗震试验及高温后的性能研究。

(5) 再生塑料改性混凝土目前仍然处于实验室研究阶段,有必要进行工程实际应用的研究。

尽管目前再生塑料改性混凝土的研究与应用均处于实验室初步探讨阶段,遇到的问题也比较多。但为了更全面地了解再生塑料改性混凝土,使得再生塑料改性混凝土尽快地在实际工程中应用,应该不断地进行试验研究及工程实际应用研究。随着再生塑料改性混凝土理论与试验研究的不断深入,它的应用前景将会是广阔的。

参考文献

- [1] Siddique R, Khatib J, Kaur I. Use of recycled plastic in concrete: A review [J]. Waste Management, 2008, 28: 1 835 - 1 852.
- [2] 孙可伟, 李如燕. 废弃物复合成材技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 44.
- [3] 卢凤英. 借鉴国外经验促进我国塑料废弃物回收再利用[J]. 再生资源研究, 2004(1): 22 - 24.
- [4] 楚杰. 西欧国家废旧塑料回收率达九成[J]. 再生资源研究, 2003(1): 43.
- [5] 许健南. 塑料材料[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 18.
- [6] 王文方, 田雁晨, 吕通建. 塑料材料的选用[M]. 第二版. 北京: 化学工业出版社, 2007: 2.
- [7] 欧育湘. 国外废旧塑料回收新工艺[J]. 海外视窗, 2003(103): 58 - 59.
- [8] 周凤华. 塑料回收利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 5.
- [9] 张玉龙. 废旧塑料回收制备与配方[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 15.
- [10] 赵娟, 崔怡. 塑料废弃物绿色处理技术研究进展[J]. 塑料工业, 2007, 35(增刊): 30 - 32.
- [11] 唐伟家. 美国研制出新型可循环再利用塑料[J]. 再生资源研究, 2004(4): 42.
- [12] 彭富昌, 邹建新, 叶蓬, 等. 废旧塑料的复合再生利用新进展[J]. 中国资源综合利用, 2005(7): 11 - 14.
- [13] 禹练英. 利用废旧塑料生产阻燃建筑装饰材料探讨[J]. 化工设计通讯, 2002, 28(3): 49 - 51.
- [14] 张金安, 邹宏霞, 李青山. 粉煤灰与废旧塑料的综合利用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [15] 陈燕平. 日本固体废物管理与资源化技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [16] 邵长兰, 王抒音, 任瑞波, 等. 俄罗斯采用泡沫塑料铺设道路隔温层的应用研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2003(81): 1 - 5.
- [17] 张金喜, 张奇, 李爽. 废发泡塑料骨料作为道路防冻胀材料的实验研究[J]. 北京工业大学学报, 2007, 33(9): 925 - 930.
- [18] 廖利, 王刚, 范春华. 利用混合废塑料改善道路沥青性能的研究[J]. 再生资源研究, 2005(4): 23 - 26.

- [19] 张智勇,刘祖国,方杨,等.废旧塑料在沥青路面中的应用[J].国外建材科技,2008,29(3):29-31.
- [20] 冯新.匈牙利推出废塑料再利用技术[J].再生资源研究,2004(5):42.
- [21] 卢波,刘治军,陈弩,等.重庆首条环保型试验路段[J].重庆交通学院学报,2007,26(2):110-113.
- [22] 蔡可键,郑慧振,应柏平,等.EPS泡沫塑料在软土地基桥头跳车防治中的应用[J].施工技术,2008,37(6):83-84.
- [23] Marzouk O Y, Dheilly R M, Queneudec M. Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites[J]. Waste Management, 2007, 27: 310-318.
- [24] Ismail Z Z, AL-Hashmi E A. Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement[J]. Waste Management, 2007, 28: 2041-2047.
- [25] Kou S C, Lee G, Poon C S, et al. Properties of lightweight aggregate concrete prepared with PVC granules derived from scraped PVC pipes[J]. Waste Management, 2009, 29: 621-628.
- [26] Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo. Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete[J]. Waste Management, 2008, 28: 1581-1588.
- [27] weik H S, Ziara M M, Hadidoun M S. Enhancing concrete strength and thermal insulation using thermoset plastic waste[J]. International Journal of Polymeric Materials, 2008, 54(11): 635-656.

REUTILIZATION OF PLASTIC AND APPLICATION OF RECYCLED PLASTIC IN CONSTRUCTION MATERIALS

Huang Haibin, Liu Feng, Li Lijuan

(Faculty of Civil and Transportation Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT The present situation of reutilization of plastic waste was introduced and the actual reutilization technology of plastic waste was analyzed and summarized. The development and application foreground of the recycled plastic in construction materials were discussed. In addition, some problems to be solved and suggestions were brought forward in the research and application of recycled plastic modified concrete.

KEYWORDS recycled plastic, reutilization, construction material, concrete, application

美利用甲壳类动物壳体开发神经修复新型复合材料

纺织行业中,常会将天然纤维与人造纤维混合,以生产更高级的服装面料。美国华盛顿大学的研究人员利用同样方法,将壳聚糖与聚己内酯混合,创造出一种兼备天然材料生物特性和人工材料力学强度的新材料,其不仅可作为神经修复用的神经导管材料,在生物医学的其它领域也具有光明的前景。该研究成果发表在近期《新材料》杂志网络版上。

神经导管是外科手术中用来缝合神经的常用材料,除要求具有生物相容性外,还要能够在溶液中保持稳定状态,不易塌陷、断裂。目前常用的神经导管是由胶原蛋白(一种提取自动物细胞的结构蛋白)制成,不仅昂贵,而且有可能触发人体免疫反应,在潮湿环境中也会变得脆弱易损。

为解决这个问题,华盛顿大学的张泌琴(音译)教授领导的研究小组使用静电纺织技术,将聚己内酯和壳聚糖两种材料制成纳米纤维后编织在一起,形成与人体细胞周围的结缔组织质地相似的纳米级复合纤维——壳聚糖聚酯。聚己内酯是一种常用于手术缝合线的材料,有很好的强度和柔韧性,可生物降解,但因其表面具有排水性而不适于作为神经导管材料;壳聚糖则取自于甲壳类动物(如蟹、虾)的外壳,便宜易取、可生物降解,且具有生物相容性,不会引发人体免疫反应,其表面粗糙,适于体内细胞生长,但其遇水会膨胀,在潮湿的环境中会变得脆弱。

研究小组利用这种新型复合材料制造出直径1.5 mm、长5~15 cm的原型神经导管,并进行了比较测试。结果表明,壳聚糖聚酯无论是在干燥还是潮湿的环境下,都表现出

稳定的强度、弹性和耐压性。在类似于人体内部的潮湿环境中,壳聚糖聚酯导管的抗拉力是(乳酸/羟基乙酸)共聚物制成的导管的2倍,是胶原蛋白导管的8倍。张泌琴教授指出,这种新型复合材料不仅可用于神经导管的制造,在医用辅料、心脏移植、肌腱、韧带、软骨、肌肉修复以及其它生物医学领域都具有广泛的应用前景。(中聚网)

聚碳酸酯(PC)将成为美国应用最广的工程塑料

据Freedonia最新研究报告称,未来几年PC将成为美国市场应用最广泛的工程塑料,报告预测美国市场中PC的需求将以3.8%/a的速度继续增长,其将从2007年的54.9万t增加到2012年的66.2万t。PC将取代(丙烯腈/苯乙烯/丁二烯)共聚物(ABS),成为应用最多的工程塑料。Freedonia预测同期美国ABS的需求,年均增速仅为1.4%,即由2007年的58.5万t增长至2012年时的62.6万t。研究指出,PC市场快速增加的主因为机动车辆、医疗产品和建筑市场的需求增加,以及PC应用于其它塑料混合物中。虽然美国汽车业正经历一个增速明显放慢期,但Freedonia预计2012年之前,美国汽车产量将出现一个“反弹”过程,这将有利于尼龙发动机罩应用的普及,以及其它工程塑料的应用。尼龙需求将增长3.4%/a,从2007年的49.4万t增加至2012年的58.5万t。该公司预计到2012年每台发动机工程塑料使用量将增加5.4 kg。在报告中还指出,所有工程塑料总需求预计年增加速度达到3.1%,由2007年的211.6万t增至246.1万t。工程塑料在汽车中用量的增加,将继续以高性能塑料零件替代金属零件为推动力。(中聚网)