

建筑用纤维增强塑料研究进展

舒江

(重庆工程职业技术学院艺术与设计学院,重庆 400010)

摘要:介绍了多种纤维增强塑料技术的基本原理及其在建筑设计和室内设计中的应用,重点介绍了长纤维增强热塑性塑料、玻纤增强塑料筋、纤维增强聚氨酯塑料在建筑中的应用。通过实例发现纤维增强塑料技术可有效提高室内设计以及建筑的创新性,提高建筑的舒适度。

关键词:纤维增强塑料;建筑;进展

中图分类号: TQ327 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)04-0136-04

Research Progress of Fiber Reinforced Plastics Used in Architecture

Shu Jiang

(Art and Design College of Chongqing Engineering Professional Technology Institute, Chongqing 400010, China)

Abstract : The basic principle of a variety of fiber reinforced plastics technology and its application in architectural design and interior design was introduced. Long fiber reinforced thermoplastic, glass fiber reinforced plastic bar, fiber reinforced polyurethane plastic technology in architectural design were interpreted. Experiments prove that fiber reinforced plastic technology could improve the innovation of interior and architectural design and the comfort of building.

Keywords : fiber reinforced plastic ; architecture ; progress

随着经济规模和人口数量的不断增加,自然灾害、能源短缺和全球气候变暖等问题日益突出,人们对其关注程度逐渐提高。建筑作为人们赖以生存的一个行业,在建筑中引入纤维增强塑料技术对节约资源、保护环境是十分有必要的。

目前建筑领域前沿课题之一是纤维增强塑料的研究,纤维增强塑料给建筑及其室内设计带来了翻天覆地的变化,它有效提升了节能环保技术与室内设计品质,也为住宅舒适程度的提高奠定了坚实基础。自20世纪30年代以来,聚氯乙烯等塑料就在室内装饰与家具制作中得到了广泛应用^[1],然而因为很多塑料制品的耐久性较差,又或多或少对环境一定的损坏,使得塑料制品的发展十分缓慢。为突破这一困境,国内外学者对塑料技术进行了深入研究,但大致被分成两类,一类是改善原有的纤维增强塑料的性能,但这种方法只能在一定程度上提高塑料的性能,并不能从根本上解决问题。另外一是研发新型纤维增强塑料。Nicola Stattmann^[2]在《生物基塑料》一文中介绍了多种纤维增强塑料技术,比如:橡胶天然纤维泡沫、胡萝卜纤维增强塑料、挤压木材塑料复合材料、生物复合材料、玉米淀粉高性能塑料、藻类泡沫以及植物油制成的泡沫材料^[3],这些材料的出现给室内设计带来了新的活力,也创造出了很多优秀的室内设计作品。比如:荷兰OMA建筑事务所设计的PARADA时装店,室内设计中使用了泡沫塑料,材料的中间有孔洞。为了呈现这种塑料的装饰效果,室内设计师采用铣削技术和3D计算机建模工

具^[4],制作了很多个模型对开孔大小、材料硬度以及颜色进行了测试;在时装店的隔墙上应用这种材料,可有效提升时装店的美观度和空间效果。

另外,纤维增强塑料和传统的室内装修材料相比,具有抗压性强、稳定性好、耐腐蚀性好、可塑性高等优点,将纤维增强塑料技术应用到建筑施工中,可有效节约资源、保护环境,提高建筑舒适度^[5-6];其在未来的建筑设计中也必将有广泛的应用。

1 长纤维增强热塑性材料

长纤维增强热塑性材料(LFT)主要是通过特殊的成型工艺和特殊混合设备将天然纤维、有机纤维、碳纤维、玻纤等纤维和多种热塑性基体及塑料助剂复合得到的^[7-8]。LFT是长度大于十毫米增强纤维与热塑性聚合物复合制成的。LFT颗粒的长度一般在10~25 mm这个范围之内,具体见图1。LFT塑料的长纤维可相互缠结成网状结构,以增强制品的骨架。

和LFT有关的技术有:长纤维增强反应注射成型(LFI)、长纤维增强热塑性塑料颗粒(LFT-G)、长纤维增强热塑性塑料在线配混(LFT-D)技术。LFI是在不饱和树脂、环氧树脂和液相聚氨酯等材料的基础上开发的,纤维是长玻纤^[9]。

联系人:舒江,讲师,主要从事建筑室内装饰设计、施工及相关材料研发

收稿日期:2016-01-27

LFI 器件具有很多的优点,比如:密度低、刚性高,这些优点使其在改善零件力学性能等方面具有重大作用。LFT-G 技术是通过浸渍连续纤维和树脂熔体并切断成等长的一种增强塑料技术。通过 LFT-G 技术切割形成的粒料长度为 $10 \sim 30 \text{ mm}$,其表面较光滑,避免了由于剪切操作引起的粒料损伤^[10]。LFT-D 技术是通过连续玻纤或无捻玻纤和系统中的熔体浸渍形成的,该项技术有效降低了产品的制造成本,制品抗冲击性能较高。

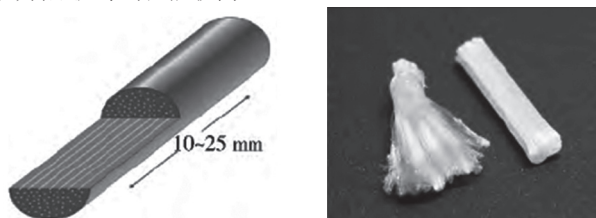


图1 长玻纤增强塑料粒子

总而言之, LFT 具有很多优点:第一,制品具有很强的力学性能,特别是冲击强度;第二,长纤维的网络结构使得制品有比较好的低翘曲、抗蠕变性能和较小的成型收缩率^[7],也使得制品的尺寸比较稳定;第三,长纤维制品的设计自由度较高,使得长纤维制品具有高强度和高灵活性的特点^[14];第四,在宽气候条件与宽温度范围的情况下,制品具有优异的抗动态疲劳性能和稳定性^[12];第五,制品可循环重复回收使用,是一种绿色环保的高性能纤维增强热塑性材料。图2为具有局部镶嵌织物增强的 LFT 技术。图3为 LFT 材料的主要截面形式。



图2 具有局部镶嵌织物增强的 LFT 技术

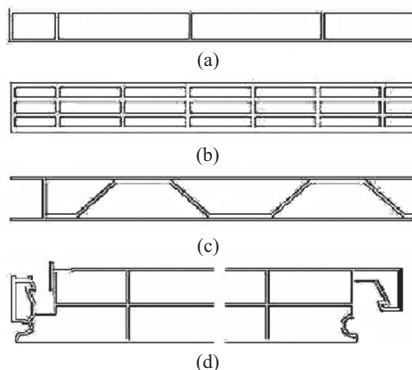


图3 LFT 材料的主要截面形式

热塑性材料可以通过多种成型方式进行加工,应用于室内设计中可以满足其对外观形式多样化的要求。而 LFT

不仅具有一般热塑性塑料的优点,其抗压性和抗冲击性能都得到了很大程度上的提高,这就使其在室内设计领域施工过程中可操作性更强,施工方式简单,且使用寿命及稳定性都得以提高,可广泛地应用于地板、天花板和墙壁中。另外, LFT 具有较优异的隔音作用,可以用作隔音墙壁、隔音门板;并且制品具有一定的缓冲性,也使得其应用于地板和家具中的安全性得到了提高。

2 纤维增强塑料筋

近些年,很多发达国家开始在房屋建筑中使用纤维增强塑料筋,以期用于建筑工程中,弥补钢筋腐蚀导致的建筑工程耐久性不高等不足^[11]。纤维增强塑料筋技术是以纤维增强材料,以合成树脂为基体材料,并加入一定的辅助剂,经过拉挤成型与一定的表面处理形成的复合材料技术。纤维增强塑料筋具有以下优点:

第一,具有优异耐久性和抗腐蚀性能^[13-14];纤维增强塑料的受力情况见图5。其应力变化和粘结应力的关系为:

$$\tau(\pi d_b d_x) = A_f(f_f + df_f) - A_c f_f \quad (1)$$

其中, τ 为粘结应力, d_b 是纤维增强塑料筋的名义直径, d_x 是单位纤维长度, d 是纤维长度, A_f 为纤维增强塑料筋系数, f_f 是材料设计强度。

第二,具有较高的拉伸强度,高于预应力钢筋;纤维增强塑料筋弯曲部分的强度 $f_{f,b}$ 是由弯曲处的曲率半径和塑料筋直径的比值决定的,见式(2):

$$f_{f,b} = (0.05 \times \frac{r}{d_b} + 0.3) \times f_{fu} \leq f_{fu} \quad (2)$$

其中, r 是纤维增强塑料筋的内弯曲半径, f_{fu} 为增强塑料筋弯曲部分的设计强度。

第三,质量轻,纤维增强塑料筋只为预应力钢筋质量的 $15\% \sim 20\%$;第四,荷载损失小、松弛性低;第五,对电磁场的敏感度不高;第六,具有优良的抗疲劳特性。由于纤维增强塑料筋具有较高的抗腐蚀性能,会保证纤维增强塑料筋锚杆的耐久性较强^[15],不需要做防腐处理,放置纤维增强塑料筋锚杆只需要较小的孔径就足以,这就在节省钻孔与制造费用的同时,还保护了环境。田伟等^[16]选用了深圳某公司生产的表面带螺纹的玻纤增强塑料 (GFRP) 筋进行拉伸力学性能与破坏形态实验。通过对比分析不同乙烯基树脂含量的 GFRP 筋在受拉伸荷载作用下的初裂荷载以及破坏荷载表明: GFRP 筋为脆性材料;不同树脂含量下杆件首先是以剪应力错动为主,而后转为树脂和纤维的共同断裂与剪应力错动综合而破坏;通过比较 GFRP 筋的破坏荷载,最小强度为 547.4 MPa ,能够代替钢筋在建筑结构中起到轴向受拉的作用。纤维增强塑料筋的上述特点使其结构更加简单,便于处理和运输,可实现对岩土工程的加固,从而充分提高以及调

动岩土本身的稳定性与岩土强度,以降低自身的质量,或者是减少建筑物的大小^[17-18],从而节约工程。在楼梯和墙壁中使用纤维增强塑料筋可有效提高其强度,保证墙壁等的抗压、抗震能力。

曹升虎等^[19]研究了碳纤维、玄武岩纤维及其不同混杂比增强乙烯基树脂复合筋的张拉力学性能。结果表明,混杂复合筋的断裂应变随玄武岩纤维含量的增加逐渐增大,且均大于单一碳纤维复合筋的断裂应变,呈现正的混杂效应;弹性模量则随碳纤维相对含量的增大而增大,基本符合混合定律,而混杂筋的拉伸强度的实验值则高于理论值。为保证复合筋材的强度不低于单一玄武岩筋材的强度,建议设计混杂筋材的碳、玄武岩纤维体积混杂比为2:1。

3 纤维增强聚氨酯塑料

二十世纪七十年代以来,学者就已开启了对纤维增强聚氨酯泡沫塑料(FFU)的研究^[20]。从成型工艺的角度上讲,FFU可分为结构反应注射成型(SRM)、增强反应注射成型(RRM)等^[17]。

在RRM工艺中,在硬质增强聚氨酯塑料中加注粉末、片状或者纤维这些刚性填料可制备FFU^[21]。这种FFU成型方式的热稳定性、刚性以及生产效率都得到了有效提高。

在SRM工艺中,在金属模具中加注由长玻纤制成的毡、网或者其他形状的材料,并进行反应注射成型制成FFU。SRM制品的韧性、热稳定性和刚性都明显提升。然而,SRM制品的表面光洁度不高,不能用在产品可视面。

通过电子与光学显微镜观察发现,刚性填料对硬质聚氨酯的基本结构不会有所改变^[20]。通常状况下,泡孔壁中有一定的纤维填料和颗粒填料,在提高复合物基体方面很有成效,它的热稳定性、弯曲弹性模量、抗蠕变能力、剪切强度和压缩强度都得到了明显提升。

FFU具有极好的耐水性、耐酸碱腐蚀性、力学性能以及耐候性等特点^[22],使得其能在环境极其恶劣的情况下使用,所以可将其应用在铁道枕木、汽车以及建筑当中。采用连续玻纤毡均匀分散在聚氨酯泡沫中制造的水发泡FFU,不但具有较强的热冲击性、拉伸性能、低膨胀系数,还具有较强的剪切强度。

由于FFU在很大程度上改善了聚氨酯泡沫塑料的力学性能、加工性能、阻燃性及稳定性,并且最大程度上对其优良的耐候性、防水性、耐酸碱腐蚀性、保温性等予以保留,因此在室内设计领域中是一种理想的隔热保温材料。在用作墙壁和地板时,不仅具有优良的保温性能,有效地降低建筑工程中的能耗,另外由于其更为优异的力学性能,在室内设计应用中还可以提高其使用寿命和稳定性。

4 结语

纤维增强塑料具有力学性能优良、稳定性好、耐腐蚀性好等优点,将纤维增强塑料技术应用到建筑及其室内设计中,可有效节约资源、保护环境,提高其舒适度。长纤增强热塑性材料能用于房间的隔板,在减少使用混凝土材料的同时,还可有效提高房间的隔音效果。将玻纤增强塑料土钉用在楼梯制作中,能有效减轻楼梯质量,缩小楼梯的尺寸。随着纤维增强塑料技术和工艺不断发展,其在建筑中的应用前景会更广阔。

参考文献

- [1] 符传庆. 合成材料在居住建筑外立面中的应用研究[D]. 清华大学, 2012.
Fu Chuanqing. A design study of the application of synthetic material in residential building facade[D]. Tsinghua University, 2012.
- [2] 维多利亚巴拉德贝尔, 等著, 朱蓉译. 建筑设计的材料表达[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
Zhu Rong, et al. The expression of building material[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.
- [3] Hörnlein H, et al. Aerospace Science and Technology, 2001, 58: 1836-1839.
- [4] 刘树鹏. 建筑技术, 2010(7):663-666.
Liu Shupeng. Architecture Technology, 2010(7):663-666.
- [5] 吴佳南. 基于低碳理念的厦门地区住宅建筑方案设计研究[D]. 华侨大学, 2012.
Wu Jianan. Research on the conceptual design of residential buildings basing on the concept of low carbon in Xiamen area[D]. Huaqiao University, 2012.
- [6] 阙小虎. 住宅产业, 2011(7):51-55.
Que Xiaohu. Housing Industry, 2011(7):51-55.
- [7] 郭金明, 等. 塑料, 2013(6):24-27.
Guo Jinming, et al. Thermoplastics, 2013(6):24-27.
- [8] 曾天卷. 玻璃纤维, 2008, 33(4):33-42.
Zeng Tianjuan. Fiber Glass, 2008, 33(4):33-42.
- [9] 姜润喜. 合成技术及应用, 2007(1):24-28.
Jiang Runxi. Synthetic Technology and Application, 2007(1):24-28.
- [10] 杨庆浩, 等. 西安科技大学学报, 2010(1):92-96.
Yang Qinghao, et al. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2010(1):92-96.
- [11] 林明博, 等. 山东科技大学学报(自然科学版), 2012(1):51-56.
Lin Mingbo, et al. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2012(1):51-56.
- [12] Ghanem J, et al. Composites Part A, 2005, 36:12-3618.
- [13] 陈彪, 等. 福建农业学报, 2013(1):85-90.
Chen Biao, et al. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2013(1):85-90.
- [14] 曾黎明. 化工新型材料, 2000(10):35-36.

- Zeng Liming. Chemical New Materials, 2000(10):35-36.
- [15] 王大壮. 秸秆纤维聚氨酯高效保温材料的研究 [D]. 吉林建筑工程学院, 2011.
- Wang Dazhuang. Straw fibre polyurethane efficient heat preservation material research [D]. Jilin Architecture and Civil Engineering Institute, 2011.
- [16] 田伟, 等. 建材世界, 2015, 36(1):25-28.
- Tian Wei, et al. Science and Technology of Overseas Building Materials, 2015, 36(1):25-28.
- [17] 曾宪桃, 等. 建筑结构学报, 2014(2):137-143.
- Zeng Xiantao, et al. Journal of Building Structures, 2014(2):137-143.
- [18] 梁书恩, 等. 聚氨酯工业, 2006(6):10-13.
- Liang Shuen, et al. Polyurethane Industry, 2006(6):10-13.
- [19] 曹升虎, 等. 玻璃钢 / 复合材料, 2014(8):83-87.
- Cao Shenghu, et al. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2014(8):83-87.
- [20] Asharyzal A, et al. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013, 102:335-339.
- [21] Funda K A, et al. Procedia-Social and Behavioral Science, 2014, 12(1):143-147.
- [22] Kennon M S. Design Studies, 2015, 12(7):36-42.

投稿须知

1 稿件内容

稿件应注重科学性、实用性及时效性,要求技术新颖、论点明确、论据可靠、数据准确、文字通顺、简练。稿件内容必须真实,避免抄袭,请作者文责自负。引用他人成果时,请按《著作权法》有关规定说明出处。内容应未曾发表过或被其他出版物刊载过,且无一稿多投。

2 稿件要求

凡属于重大科技获奖的论文和重点项目资助的论文,请在来稿第一页注明名称及批准号,本刊将优先刊登。

(1) 题目、作者署名及单位。题目力求简明、醒目,反映出文章的主题,一般不超过 20 个汉字。作者姓名在题目下按序排列,不同工作单位的作者,应在姓名右上角加注阿拉伯数字序号。作者单位须写全称并注明省份、城市和邮政编码。联系人信息(包括姓名、学历或职称、主要研究方向)注在第一页下方。

(2) 摘要及关键词。论文需要同时提供中文和英文摘要,摘要以提供论文的内容梗概为目的,不加评论和补充解释,应简明、确切地论述研究目的、原理和结论,具有相对独立性。中文和英文摘要均要求采用报道性摘要类型。具体要求:中英文摘要均为一段式,内容比较具体,一般需要列举关键数据。中英文摘要内容基本一致,中文摘要以 200~300 字为宜,英文摘要可略详。关键词要求 3~8 个。

(3) 正文。正文各部分都应简洁明了。层次标题一律用阿拉伯数字连续编号,尽量减少层次;不同层次的数字之间用小圆点相隔,末位数字不加标点符号。如“1”,“1.1”等。文中量、单位及符号的使用应符合国际标准和国家标准。

(4) 图表。图表要设计合理,简单自明。每一幅图都应有图序和简短确切的图名,横纵坐标均要注明物理量及其单位,线条图要用矢量格式的图,或将 *.png, *.dwg, *.eps 等格式的图打包压缩随投稿一起上传。表格请使用三线表,每一表格都应有表序和简短确切的表题。图表标题一律用中文表达。

(5) 参考文献。以作者亲自阅读过的主要原始文献为限,不可引用非公开出版或发表的文献,不能引用其他文章中引用的但未经核对原文的文献,要注意引用最新的文献。参考文献要有一定的数量,研究性论文至少 16 篇。中文参考文献要有对照英文部分(英文部分不编号)。无论中外文的作者,一律采用姓前名后的形式著录;作者不超过 3 人时可全部著录,超过 3 人时,只著录前 3 位,其后加“等”或“et al”。综述类论文的参考文献著录项目适当简化,可参见本刊相关栏目文章样式。作者对所引文献的准确性和完整性负责。

3 投稿方式

请作者登陆“工程塑料网”(http://www.epa1973.com),进入杂志社之页,点击“网上投稿”后投稿。来稿请注明详细地址、电话、邮箱等信息,便于通知联系。一般一个月左右可查询稿件审理意见,超过 3 个月未收到修改意见或回复的可自行处理。

4 注意事项

为适应我国信息化建设需要,扩大学术交流渠道,本刊已编入国内外著名数据库。稿件一经录用,将同时被数据库收录,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意收录,请在投稿时声明,否则将视为同意。