

# 超细玻璃微珠在 HDPE 双壁波纹管中的应用研究

刘西文 杨中文 罗承友

(湖南科技职业学院,长沙 410118)

**摘要** 对超细玻璃微珠进行有机化处理,再与高密度聚乙烯(HDPE)进行共混制得大口径双壁波纹管,并对其性能进行了测试分析。结果表明,以有机改性超细玻璃微珠为 HDPE 双壁波纹管的填充改性剂,能有效提高其落锤冲击强度和环刚度,且超细玻璃微珠粒径在 3  $\mu\text{m}$  左右、用量约为 20 质量份时效果最佳;与普通轻质  $\text{CaCO}_3$  填充制品相比,超细玻璃微珠填充 HDPE 双壁波纹管的蠕变率更低,“米重”更轻。

**关键词** 超细玻璃微珠 高密度聚乙烯 双壁波纹管 环刚度 冲击强度

双壁波纹管是一种外壁呈中空波纹状、内壁光滑的新型管材,与同规格同强度的其它类管材相比,具有用料省、质量轻、刚性高、弯曲性能优良、高抗冲、高抗压、施工方便等特点。目前已被广泛用作埋地排水管、地下电缆管等,在相当范围内已取代了传统的铸铁管、水泥管、普通塑料管和缠绕波纹管。目前双壁波纹管主要的品种有聚氯乙烯(PVC)和高密度聚乙烯(HDPE)两种。而 HDPE 双壁波纹管又以其耐腐蚀性强、表面不易结垢、摩擦阻力小、耐候性优良、加工性能好及使用寿命长(一般在地下约 50 年,在空气中约 25 年)等特点<sup>[1-2]</sup>而更为广泛应用。但是,目前在使用过程中影响埋地用 HDPE 双壁波纹管的合格率为 55.56%。

由于埋地排水排污的塑料管材主要承受来自管材外部的载荷,因此管材的环刚度是一个重要指标。环刚度越高,管材承受外部载荷的能力越高;反之,管材的环刚度越小,则表示管材承受外部载荷的能力越低。根据 ISO 9969-1994<sup>[3]</sup>,双壁波纹管环刚度的定义为:

$$S = EI/D^3$$

式中:  $S$ ——环刚度,  $\text{kPa}$ ;

$E$ ——材料的弹性模量,  $\text{GPa}$ ;

$I$ ——管材结构断面的惯性矩,  $\text{m}^4/\text{m}$ ;

$D$ ——管材平均直径,  $\text{m}$ 。

从环刚度的定义可知,当管材直径一定时,环刚度是与材料的弹性模量和管材结构断面的惯性矩成正比的,而管材结构断面的惯性矩与双壁波纹管波形结构的设计有关。通常适当增加管材的壁厚或加高双壁波纹管波形的高度等可以明显提高惯性矩。

材料的弹性模量是与树脂本身性质及所添加的填料等添加剂的性能有关。

而选择高模量的树脂或与其它高模量的树脂进行共混改性,或者增加管材的壁厚来提高双壁波纹管的环刚度无疑要增加管材的生产成本。改进双壁波纹管波纹的设计,在一定程度上可以改进管材的环刚度,但这有一定限度,且波形复杂易使管材内应力增大,难以成型。因此通过添加无机填料来提高管材的环刚度无疑是最简单、最有效的方法,同时还可降低成本。

超细玻璃微珠<sup>[4]</sup>是一种高强度、高硬度的惰性球形微粒,主要成分为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等,它有两种来源:其一是由玻璃熔化而制得;其二是从粉煤灰中分选而得。其中后者具有粒径小(1~7  $\mu\text{m}$ )、密度小、价格低等优点。笔者将此种超细玻璃微珠进行有机化处理,使之与 HDPE 共混,以期制得高环刚度、高抗冲、价廉的 HDPE 双壁波纹管。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原材料

HDPE: 7800M, 北京燕山石油化工股份有限公司;

超细玻璃微珠: 四川宜宾天行健科留有限公司;

HDPE 回收废料: 市售;

无水乙醇: 市售;

硅烷偶联剂: 南京曙光化工厂;

其它助剂: 市售。

### 1.2 主要设备与仪器

高速混合机: SHR 型, 张家港市新科机械厂;

HDPE 双壁波纹管生产线: 800 型, 潍坊中云机器有限公司;

管材环刚度试验机: 东莞市创瑞工业试验设备有限公司;

落锤冲击试验机: TCL-300 型, 吉林省泰和试验机有限公司。

### 1.3 试样制备

#### (1) 管材配方

为了考察改性超细玻璃微珠对 HDPE 双壁波纹管性能的影响, 在配方中采用超细玻璃微珠的用量为变量, 且内、外管壁的用量一致, 而其它组分的用量基本不变, 进行了配方优化试验, 最终确定其基本配方为: 管材内层由 100 份 HDPE、30 份 HDPE 回收料、适量的其它助剂及一定(变量)的改性超细玻璃微珠组成; 管材外层由 100 份 HDPE、适量的其它助剂及一定(变量)的改性超细玻璃微珠组成。

#### (2) 制备工艺

先用乙醇溶液稀释硅烷偶联剂, 再调节该溶液 pH 值至 4.0 左右, 然后将已干燥好的超细玻璃微珠加入至高速混合机中, 边搅拌边加入硅烷偶联剂的乙醇溶液, 充分搅拌处理后取出, 再在 80℃ 左右干燥 3 h, 得到有机化改性的超细玻璃微珠<sup>[3]</sup>。

按照管材内外层配方分别将各种称量好的原料加入高速混合机中充分混合均匀后, 再进入低速搅拌, 然后经过传送和过筛后把物料分别输送到双壁波纹管生产线的内、外层挤出机, 在一定的温度和压力下使物料熔融塑化, 并挤出通过共挤复合机头得到相应的管坯, 经过相对应的波纹模块和扩口模块冷却定型后, 再经过计长装置的计量和切割装置的切割, 得到定长的管材, 而后送入自动扩口机, 对管材头部进行扩口加工, 即得到 HDPE 双壁波纹管成品。制备的工艺流程如图 1 所示。

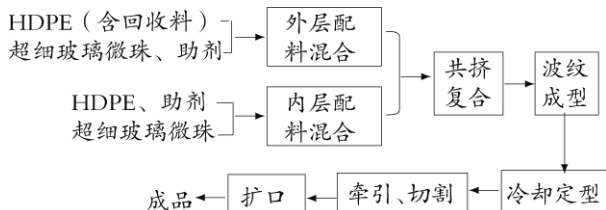


图 1 HDPE/超细玻璃微珠双壁波纹管生产工艺流程

具体成型工艺条件为: 机筒温度 170 ~190℃, 机头温度 190 ~210℃, 主机转速 628 r/min, 辅机转速 520 r/min; 扩口内气压 14 kPa, 模块真空 0.050 ~0.075 MPa; 扩口外气压 10 kPa, 水套水压 0.25 MPa, 机头真空 0.04 ~0.05 kPa。

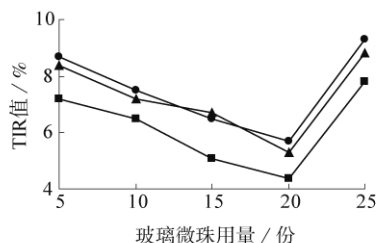
### 1.4 性能测试

双壁波纹管的性能按 GB/T 14152-2004 测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 玻璃微珠对 HDPE 双壁波纹管落锤冲击强度的影响

双壁波纹管落锤冲击强度的试验方法又称真空冲击率(TIR)法。TIR 法即以整批产品进行试验, 其值以冲击破坏数除以冲击总数计算得到。图 2 为 HDPE 双壁波纹管的 TIR 值随超细玻璃微珠用量变化的关系曲线。从图 2 可以看出, 当超细玻璃微珠的用量小于 20 质量份(以下简化为“份”)时, HDPE 双壁波纹管的 TIR 值随着超细玻璃微珠用量的增加而减小, 即冲击强度增大。由图 2 还可看出, 加入 3 μm 超细玻璃微珠的双壁波纹管的 TIR 值比加入 5 μm 以上玻璃微珠的 TIR 值小, 即冲击强度要高。而当超细玻璃微珠的用量大于 20 份以后, 双壁波纹管的冲击强度随超细玻璃微珠用量的增加而降低。这主要是由于经有机化改性的超细玻璃微珠能与 HDPE 基体表面形成很好的界面结合, 当受到冲击作用时, 能较好地分布作用应力, 减小了应力集中, 故冲击强度提高。当玻璃微珠粒径较小时, 表面缺陷少, 非配对原子多, 与聚合物发生物理或化学结合的可能性大<sup>[6]</sup>。因此经有机化处理的超细玻璃微珠与 HDPE 能形成更好的界面结合, 在应力作用下能吸收冲击形变能, 促进 HDPE 基体的脆-韧转变, 这种无机刚性粒子起到了增韧的作用。当玻璃微珠用量增大时, 由于该刚性粒子与 HDPE 的相容性有限, 会直接影响 HDPE 基体的连续性, 应力集中点增多, 故冲击强度降低。



●—7 μm 玻璃微珠; ▲—5 μm 玻璃微珠; ■—3 μm 玻璃微珠

图 2 HDPE 双壁波纹管的 TIR 值随玻璃微珠用量变化的关系曲线

### 2.2 玻璃微珠对 HDPE 双壁波纹管环刚度的影响

图 3 为超细玻璃微珠用量和细度对 HDPE 双壁波纹管环刚度影响的关系曲线。从图 3 可以看出, HDPE 双壁波纹管的环刚度随着超细玻璃微珠用量的增加而先增大, 且加入粒径为 3 μm 的超细玻璃微珠时, 双壁波纹管的环刚度较加入 5 μm 以上的玻璃微珠要高; 当超细玻璃微珠的用量大于 20 份以后, 其环刚度增加趋于平缓。这主要是由于超细玻

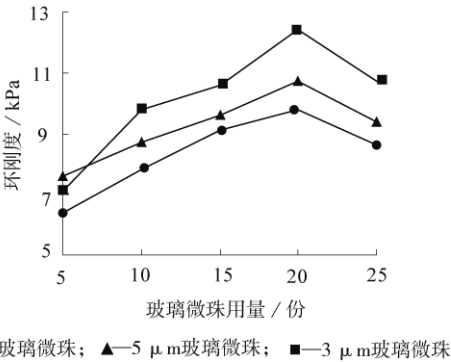


图3 玻璃微珠用量和细度对双壁波纹管环刚度的影响

玻璃微珠本身具有高硬度、高压压缩强度及高弯曲弹性模量,经表面有机化处理后增大了它与 HDPE 基体之间的结合力,并能使其在 HDPE 基体中均匀分散,从而提高了复合材料的压缩强度及弯曲弹性模量,故 HDPE 双壁波纹管的环刚度增大。当超细玻璃微珠粒径越小时,粒子的比表面积越大,与聚合物接触面也越大,界面结合性能就越好<sup>[7]</sup>,故复合材料材料刚性越大,弯曲弹性模量越高,双壁波纹管的环刚度也就越大。

2.3 玻璃微珠对 HDPE 双壁波纹管蠕变率的影响

图4为超细玻璃微珠用量对 HDPE 双壁波纹管蠕变率影响的关系曲线,并与轻质 CaCO<sub>3</sub> 填充 HDPE 双壁波纹管的蠕变率进行了比较。从图4可以看出,随超细玻璃微珠用量的增加,HDPE 双壁波纹管的蠕变率逐渐降低,当超细玻璃微珠用量大于20份时降低趋于平缓。从图4还可看出,与加入相同用量的轻质 CaCO<sub>3</sub> 相比,加入超细玻璃微珠时的蠕变率更低。这主要是由于聚合物中加入了无机刚性粒子,当材料受到长时间的外力作用时能够阻止聚合物分子链的构象改变或位移的变化,使复合材料的刚性和强度增加<sup>[8]</sup>,因而蠕变性降低;而超细玻璃微珠具有比轻质 CaCO<sub>3</sub> 更高的硬度和强度(压缩强度高达260~700 MPa),所以其蠕变率更低些。

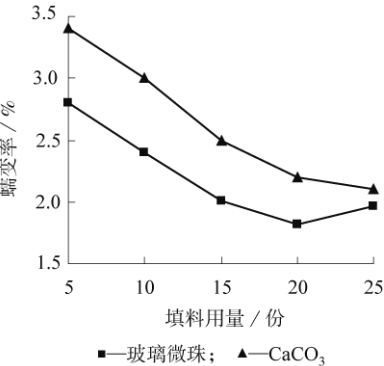


图4 玻璃微珠与轻质 CaCO<sub>3</sub> 填充双壁波纹管的蠕变率比较

2.4 玻璃微珠对 HDPE 双壁波纹管“米重”的影响

表1列出超细玻璃微珠与轻质 CaCO<sub>3</sub> 对双壁波纹管“米重”(单位长度质量)影响的比较。从表1可以看出,在相同规格大小、相同厚度的双壁波纹管中,超细玻璃微珠增强双壁波纹管的“米重”比普通轻质 CaCO<sub>3</sub> 增强双壁波纹管的小。这主要是由于超细玻璃微珠的密度仅为0.8~2.1 g/cm<sup>3</sup>,而轻质 CaCO<sub>3</sub> 则为2.4~2.6 g/cm<sup>3</sup>,因此使其双壁波纹管材的“米重”减小。

表1 不同复合材料双壁波纹管的“米重”比较 kg/m

| 名 称                        | 内径(厚度)/mm |          |          |           |
|----------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
|                            | 500(3.0)  | 600(3.5) | 800(4.5) | 1000(5.0) |
| 超细玻璃微珠增强波纹管                | 13.0      | 21.6     | 30.8     | 44.2      |
| 轻质 CaCO <sub>3</sub> 增强波纹管 | 14.2      | 23.7     | 33.5     | 51.6      |

2.5 HDPE/玻璃微珠双壁波纹管的综合性能

笔者在 HDPE 双壁波纹管内、外层配方中分别加入粒径约为3 μm、用量为20份的改性超细玻璃微珠,制得厚度为3.5 mm、内径为600 mm 的双壁波纹管,并对其综合性能进行了测试,其结果如表2所示。

表2 HDPE/玻璃微珠双壁波纹管的综合性能

| 项 目                     | 技术指标          | 测定值     |
|-------------------------|---------------|---------|
| TIR 值/%                 | ≤10           | 4.4     |
| 环刚度/kPa                 | ≥8            | 12.4    |
| 扁平试验                    | 压至外径变形40%,无破裂 | 无破裂     |
| 液压试验                    | 无渗漏、不破裂       | 无渗漏、不破裂 |
| 蠕变率/%                   | ≤4            | 1.82    |
| “米重”/kg·m <sup>-1</sup> |               | 21.6    |

3 结论

(1) 将超细玻璃微珠经有机化处理后与 HDPE 共混,能提高双壁波纹管的冲击强度、环刚度,且采用粒径约为3 μm、用量为20份超细玻璃微珠时效果最好。

(2) 采用相同用量的超细玻璃微珠与轻质 CaCO<sub>3</sub> 对 HDPE 双壁波纹管进行填充改性,超细玻璃微珠改性 HDPE 双壁波纹管的蠕变率更低,“米重”更小。

参考文献

[1] 韩洪霞,刘磊,陈吴,等. HDPE 双壁波纹管的生产和应用[J]. 天津建设科技,2003(6):29-30.  
[2] 段俊玉. HDPE 双壁波纹管的性能与应用[J]. 山西建筑,2005,31(22):150-151.  
[3] 王世雷. HDPE/硅钙镁晶须复合材料双壁波纹管的研制[J]. 工程塑料应用,2005,33(2):40-42.

- [4] 张玉龙, 王喜梅. 通用塑料改性技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 153 - 157.
- [5] 夏英, 蹇锡高, 韩英波, 等. 空心玻璃微珠改性 ABS 复合材料的性能研究[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(4): 12 - 15.
- [6] 戚亚光, 薛叙明. 高分子材料改性[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 36 - 80.

- [7] 丁雪佳. 空心玻璃微珠填充 PP 复合材料的结构与性能研究[J]. 中国塑料, 2002, 16(12): 43 - 46.
- [8] 朱熹. 高分子化学及物理[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1992: 251 - 262.

## STUDY ON THE APPLICATION OF SUPERFINE GLASS BEAD IN DOUBLE-WALL CORRUGATED HDPE PIPE

Liu Xiwen, Yang Zhongwen, Luo Chengyou

(Hunan Vocational College of Science & Technology, Changsha 410118, China)

**ABSTRACT** The superfine glass bead was modified with an organic agent and mixed with HDPE. The properties of the big diameter double-wall corrugated pipe which was manufactured with this composite were tested. The results showed that superfine glass bead treated by an organic agent could improve a drop hammer impact and ring-stiffness of this double-wall corrugated pipe. The optimized diameter of superfine glass bead was 3  $\mu\text{m}$  around, and the optimized mass fraction of superfine glass bead was 20 phr. The creep ratio of double-wall corrugated HDPE pipe filled with superfine glass was lower than that filled with common  $\text{CaCO}_3$  filler, and the double-wall corrugated pipe was lightened in weight.

**KEYWORDS** superfine glass bead, HDPE, double-wall corrugated pipe, ring-stiffness, impact strength

### 能自动消失的包装材料研制成功

瑞典保洁生态洁净公司研制成一种新型包装材料。这种新材料的生产无需耗费太多的能源,其原料主要是一种储备丰富的天然材料。经几小时日晒,这种包装材料就会完全消失。该公司化学家阿克·罗森从 20 世纪 80 年代开始就想着能研制成一种混合材料(一部分天然、一部分合成)。这种材料必须具备普通塑料的耐用、质轻和廉价的特点。但是当时他认为,这个计划还一时难以实现。1995 年,罗森成立了自己的生态洁净公司,在这里他可以专心地研究梦想中的包装材料。最初,罗森考虑用淀粉作为基本原料,但淀粉生物降解速度太快,他还试用过滑石。后来,罗森尝试了世上最普通的一种矿物质——碳酸钙,也就是白瓷。

罗森采用了从天然气里提取的塑料聚烯烃作为粘合剂。在尝试了不同的混合比例以后,罗森偶然发现了组成新型环保材料“洁净材料”的最佳比例:70%的碳酸钙和30%的聚烯烃。“洁净材料”看起来和摸上去都很像传统的塑料,但它不是塑料。根据罗森的实验,“洁净材料”像玻璃一样坚硬,橡皮一样柔软;是塑料、纸板和铝制包装可行、廉价的替代品。

(中聚网)

### 罗门哈斯在山东省投资塑料添加剂生产基地

罗门哈斯公司与威海金泓高分子有限公司日前在威海宣布,其合资公司——金泓罗门哈斯化工有限公司正式投入运营。据介绍,这是国外跨国企业在中国建立的第一个大型塑料添加剂生产基地。公司主要生产面向中国和其它新兴市场的(丙烯酸甲酯/丁二烯/苯乙烯)共聚物冲击改性剂、丙烯酸酯类冲击改性剂和丙烯酸酯加工助剂等。合资公司的总部设在山东威海,罗门哈斯拥有51%的股份;合资公司将为中国建筑和包装材料市场提供一整套高性能的塑料添加剂产品。公司在中国设立本地化的生产基地,将有利于增

强其在亚太地区的生产和供货能力。(中聚酯网)

### 汽巴精化新一代的 COLIBRI 配色系统问世

汽巴精化将于 10 月 24 ~31 日在德国杜塞尔多夫举办的 K 展上展示其最新的 COLIBRI 配色系统。COLIBRI 3.2 配色系统汇集了更多国际企业的色彩资料数据,同时该配色系统能够为透明样品进行比色和测量。COLIBRI 3.2 适合油墨、涂料、塑料、纤维和陶瓷行业应用。“COLIBRI 配色系统是汽巴精化的高端色彩服务设备,能够连续、快速、准确地进行比色、测量、配色等工序,并满足特殊行业的特制需求”。汽巴精化色彩系统全球总裁 Sonia Megert - Marshall 介绍。

汽巴精化 COLIBRI 3.2 能够为油墨、涂料、塑料等制品企业有效提高生产效率,因为其整合了 ERP 系统。这一独特的功能能够帮助 COLIBRI 准确、快速地运行和计算,得到配色配方及最佳配色工艺,缩短产品生产周期,节省制造成本。同时,该系统操作简单,输入、计算、输出的响应速度极快,符合客户的使用习惯,适合不同熟练技能的生产人员使用。

(Specialchem)

### 燕山石化为奥运场馆座椅开发出 PP 专用料

近日在北京展览馆举办的 2007 迎奥运北京工业品牌展上,燕山石化展出了新开发的奥运场馆座椅。据了解,此座椅是采用燕山石化研制开发的聚丙烯(PP)新型专用材料,经中空吹塑加工成型技术生产的完全符合奥运场馆各项要求的塑料座椅。据检测,燕山石化生产的座椅材料不仅满足目前国际体育场馆座椅材料要求的高强度、高韧性等性能,而且还解决了通常情况下阻燃性能和耐光老化性能很难同时解决的难题。据燕山石化专业人员介绍,北京奥运座椅采用烟密度指数 50 以下的难燃材料,而且耐紫外线照射,至少三年不会褪色。又因采用 PP 中空成型技术制作,产品还具有外形美观,坐着舒适等优点。

(中工塑网)