

# 增韧母料 ETMB 对 PE-HD/ETMB 力学性能的影响

樊卫华<sup>1,2</sup> 李贵勋<sup>2</sup> 曹艳霞<sup>2</sup> 白娟<sup>2</sup> 陈金周<sup>2</sup> 王经武<sup>2</sup>

(1. 郑州大学护理学院, 郑州 450052; 2. 郑州大学材料科学与工程学院, 郑州 450052)

**摘要** 以 2200J 高密度聚乙烯(PE-HD)为基体树脂,乙丙弹性体和丁苯弹性体为增韧剂,加入适量引发剂、阻交联剂等,通过特殊的技术和化学反应研制出不同系列聚乙烯增韧母料(ETMB),将 ETMB 与 2200J PE-HD 热机械共混制得 PE-HD/ETMB 共混物。研究了 ETMB 中弹性体不同配比、基体树脂和弹性体不同配比、不同阻交联剂、阻交联剂二甲基亚砒用量对共混物力学性能的影响。结果表明,ETMB 中乙丙弹性体与丁苯弹性体配比为 80/20、基体树脂与弹性体配比为 56/44、采用二甲基亚砒阻交联剂且用量为 0.024 mol 时,PE-HD/ETMB 共混物的综合力学性能最好。

**关键词** 高密度聚乙烯 增韧母料 力学性能

国内外对高密度聚乙烯(PE-HD)进行增韧改性的研究很多。从研究效果看,一般的弹性体增韧使 PE-HD 韧性大幅提高的同时,刚性却显著降低<sup>[1-4]</sup>;用刚性粒子增韧可使 PE-HD 具有优良的刚性,但韧性提高幅度小,而且主要适用于韧性较好的 PE-HD<sup>[5-7]</sup>。因此,如何使弹性体增韧 PE-HD 韧性大幅度提高的同时保持优良的刚性,是亟待解决的具有较大应用价值的课题。

笔者在研究高韧性高刚性聚丙烯(PP)工程塑料的基础上<sup>[8]</sup>,研制出一系列韧性大幅度提高的同时具有优良刚性、热性能和加工流动性的增韧 PE-HD 工程塑料<sup>[9-12]</sup>。

笔者采用自制增韧 PE-HD 母料 ETMB 与 2200J PE-HD 热机械共混制得各种配方的 PE-HD/ETMB 共混物。研究了 ETMB 中弹性体不同质量配比(M/N, M、N 分别为乙丙、丁苯弹性体)、基体树脂(H)和弹性体(E)不同质量配比(H/E)、不同阻交联剂、阻交联剂二甲基亚砒用量对共混物力学性能的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原材料

PE-HD: 2200J 型, 中国石油大庆石化公司;

乙丙弹性体(M): 吉林石化公司;

丁苯弹性体(N): 巴陵石油化工有限责任公司合成橡胶厂;

引发剂: BPO, 化学纯, 上海精细化工科技有限公司;

N, N'-二甲基甲酰胺(DMF)、N, N'-二甲基乙酰胺(DMAC)、二甲基亚砒(DMSO): 化学纯, 天津化学试剂一厂;

架桥剂 AA: 含羧酸基团的反应性单体, 自制;

二甲苯: 分析纯, 天津东丽区天大化学试剂厂;  
ETMB: 白色粒状, 自制。

### 1.2 仪器、设备

双螺杆挤出机: TE-34 型, 化工部挤出机械研究所;

熔体流动速率(MFR)仪: XNR2400 型, 承德金建检测仪器有限公司;

注塑机: HTF80W2 型, 宁波海天股份有限公司;  
电子万能试验机: CMT6104 型, 深圳新三思试验设备有限公司;

悬臂梁冲击试验机: XJU-22 型, 承德试验机厂。

### 1.3 试样制备

#### (1) ETMB 的制备

在装有搅拌器、回流冷凝器、温度计的反应器中, 加入定量的 PE-HD、弹性体 M、弹性体 N、稀释剂二甲苯 1300 mL, 搅拌加热升温至 125 ~127℃, 恒温加入定量架桥剂 AA 和阻交联剂, 使之分散均匀; 以 0.4 mL/min 的速度滴加二甲苯溶解的引发剂 BPO 溶液, 反应一定时间, 分离、洗涤、烘干, 即得不同配方的产品。

#### (2) PE-HD/ETMB 共混物的制备

按一定配比, 将不同配方的 ETMB 分别与 PE-HD 混合, 在双螺杆挤出机上挤出造粒, 制备出不同类型的 PE-HD/ETMB 质量分数共混物, 烘干备用。工艺条件: 从加料段到机头口模温度依次为 130、135、155、165、185、180℃; 主螺杆转速为 90 r/min。

共混物共四个系列。PE-HD/ETMB(M/N)系列: 共混物弹性体质量分数为 6.3%, 阻交联剂为 D

MSO, ETMB 中 M/N 的质量配比分别为 100/0、80/20、60/40、40/60、20/80、0/100; PE-HD/ETMB (H/E) 系列: 共混物弹性体质量分数为 6.3%, 阻交联剂为 DMSO, ETMB 中 H/E 分别为 68/32、64/36、60/40、56/44、52/48; PE-HD/ETMB(阻) 系列: 共混物弹性体质量分数为 6.3%, ETMB 中 M/N 为 80/20、H/E 为 68/32, 阻交联剂分别为 DMF(阻 1)、DMAC(阻 2)、DMSO(阻 3) 的共混物和不加阻交联剂的共混物(无阻); PE-HD/ETMB(n) 系列: 共混物弹性体质量分数为 8%, ETMB 中 M/N 为 80/20、H/E 为 56/44, 阻交联剂为 DMSO(阻 3), 其用量分别为 0.018、0.021、0.024、0.027、0.030 mol。

1.4 性能测试

MFR 按 GB/T 3682-2000 测试;  
拉伸屈服应力 (TYS) 按 GB/T 1042-1992 测试, 拉伸速度为 100 mm/min;  
弯曲弹性模量 (FM) 按 GB/T 9341-2008 测试, 速度为 2 mm/min;  
悬臂梁缺口冲击强度 (NIIS) 按 GB/T 1843-2008 测试。

2 结果与讨论

2.1 母料中弹性体配比对 PE-HD/ETMB (M/N) 共混物力学性能的影响

表 1 示出 PE-HD 及 PE-HD/ETMB (M/N) 共混物的力学性能和 MFR。

| 表 1 PE-HD、PE-HD/ETMB (M/N) 共混物的力学性能及 MFR <sup>1)</sup> |                                   |                               |             |            |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------|------------|
| 材料                                                     | MFR/<br>g · (10min) <sup>-1</sup> | NIIS/<br>kJ · m <sup>-2</sup> | TYS/<br>MPa | FM/<br>MPa |
| PE-HD                                                  | 5.40                              | 4.40                          | 30.58       | 1290.1     |
| 共混物(100/0)                                             | 3.43                              | 21.87                         | 26.72       | 926.6      |
| 共混物(80/20)                                             | 3.08                              | 19.36                         | 27.18       | 928.3      |
| 共混物(60/40)                                             | 3.20                              | 16.29                         | 27.72       | 993.0      |
| 共混物(40/60)                                             | 3.04                              | 14.36                         | 28.20       | 1032.7     |
| 共混物(20/80)                                             | 2.84                              | 12.96                         | 28.54       | 1051.3     |
| 共混物(0/100)                                             | 2.88                              | 12.03                         | 28.87       | 1094.1     |

注: 1) NIIS、TYS、FM 的测试温度分别为 19、16、17℃; MFR 的测试条件为 190℃, 2160 g。

从表 1 可以看出, 随着 ETMB 中 N 比例增大, PE-HD/ETMB (M/N) 共混物的 NIIS 逐渐减小, FM 逐渐增大, TYS 稍有增大。呈现这种变化趋势的原因是, 随着丁苯弹性体比例的增加, 制得的 ETMB 中交联聚合物的含量逐渐增加<sup>[13]</sup>, PE-HD 通过化学键与弹性体相连接的成分增多, ETMB 与被增韧的 PE-HD 的黏度差逐渐增大 (见表 2), ETMB 在增韧 PE-HD 中的分散变差, 使增韧 PE-HD 中弹性体分散相粒子数目逐渐减少, 粒间距增大; 另一方面, 丁苯弹

性体的硬度比乙丙弹性体的大, 弹性体分散相的弹性模量与基体树脂的差别逐渐减少, 应力集中效应减小, 这样就使得受到冲击力作用时, 引发银纹的数量及基体树脂剪切形变占的比例会逐渐减小, 表现出 NIIS 逐渐减小。由于 FM 反映的是低负荷短时间作用、小形变条件下高分子材料的应力-应变行为。随着 ETMB 中丁苯弹性体的比例增大, 弹性体分散相逐渐增大, FM 会逐渐提高。TYS 数值的大小, 主要取决于拉伸时增韧 PE-HD 球晶变形、破裂后的一些小晶粒转动、滑移及熔融、链段沿外力方向重排运动取向后再结晶等结晶结构一系列变化的难易, 同时也与基体树脂的非晶区和弹性体分散相中链段重排运动的难易及相界面脱粘难易有关。ETMB 中丁苯弹性体比例增加, 一方面, 增韧 PE-HD 的弹性体分散相中链段重排运动所需的力会增大, 另一方面, 弹性体分散相应力集中效应会随之减小, 使 PE-HD 结晶结构发生一系列变化所需的应力增加, 因而 TYS 稍有增大。

| 表 2 PE-HD、ETMB (M/N、H/E) 的 MFR |                                   |                  |                                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 材料 <sup>1)</sup>               | MFR/<br>g · (10min) <sup>-1</sup> | 材料 <sup>2)</sup> | MFR/<br>g · (10min) <sup>-1</sup> |
| 2200J PE-HD                    | 5.40 <sup>a</sup>                 | PE-HD            | 5.42 <sup>a</sup>                 |
| ETMB(100/0)                    | 0.113 <sup>b</sup>                | ETMB(68/32)      | 0.170 <sup>c</sup>                |
| ETMB(80/20)                    | 0.022 <sup>b</sup>                | ETMB(64/36)      | 0.140 <sup>c</sup>                |
| ETMB(60/40)                    | 0.025 <sup>b</sup>                | ETMB(60/40)      | 0.047 <sup>c</sup>                |
| ETMB(40/60)                    | 0.018 <sup>b</sup>                | ETMB(56/44)      | 0.047 <sup>c</sup>                |
| ETMB(20/80)                    | 0.220 <sup>c</sup>                | ETMB(52/48)      | 0.270 <sup>c</sup>                |
| ETMB(0/100)                    | 0.054 <sup>c</sup>                |                  |                                   |

注: 1) 此栏 ETMB 材料括号中为 M/N; 2) 此栏 ETMB 材料括号中为 H/E。测试条件: a—190℃, 2160 g; b—190℃, 5000 g; c—190℃, 10000 g。

上述结果表明, 从综合力学性能考虑, ETMB 中乙丙弹性体和丁苯弹性体质量配比为 80/20 时, PE-HD/ETMB (M/N) 共混物的综合力学性能最好。

2.2 母料中基体树脂与弹性体配比对 PE-HD/ETMB (H/E) 共混物力学性能的影响

表 3 示出 PE-HD 及 PE-HD/ETMB (H/E) 共混物的力学性能和 MFR。

从表 3 可以看出, 随着 ETMB 中弹性体比例的增加, TYS 变化不大, NIIS、FM 呈现锯齿形变化规律, 基体树脂与弹性体质量配比为 64/36 及 56/44 时, NIIS 值较大, FM 较小。由于弹性体质量含量相同, 制备 ETMB 时 M/N 均为 80/20, 弹性体分散相中弹性体交联的程度也基本相同, 力学性能出现上述变化的主要结构因素就是弹性体分散相粒子中包含 PE-HD 的量、弹性体分散相粒子的数目及 PE-HD

与弹性体间相互作用的强弱不同。随着制备 ETMB 时基体树脂与弹性体配比中弹性体比例的增加, ETMB 中以接枝共聚物和与弹性体等形成的交联聚合物的含量逐渐增加<sup>[13]</sup>,表明交联聚合物中弹性体的比例逐渐增大,在发生微相分离弹性体形成分散相时包含的基体树脂(PE-HD)的量会减少,弹性体分散相粒子的数目增多、尺寸减小。

表3 PE-HD、PE-HD/ETMB (H/E) 共混物的力学性能及 MFR<sup>1)</sup>

| 材料         | MFR/<br>g · (10 min) <sup>-1</sup> | NIS/<br>kJ · m <sup>-2</sup> | TYS/<br>MPa | FM/<br>MPa |
|------------|------------------------------------|------------------------------|-------------|------------|
| PE-HD      | 5.40                               | 4.98                         | 30.14       | 1352.6     |
| 共混物(68/32) | 2.70                               | 19.94                        | 27.61       | 1012.1     |
| 共混物(64/36) | 2.77                               | 25.68                        | 27.43       | 999.7      |
| 共混物(60/40) | 3.10                               | 21.92                        | 27.48       | 1006.5     |
| 共混物(56/44) | 3.17                               | 28.12                        | 27.36       | 996.3      |
| 共混物(52/48) | 3.40                               | 25.12                        | 27.34       | 1000.9     |

注: 1) NIS、TYS、FM 的测试温度均为 25℃,其余同表 1。

由 ETMB(不同 H/E) 的 MFR 变化规律可知(见表 2): 基体树脂与弹性体的比例由 68/32 到 64/36 和 60/40 到 56/44 时 MFR 减小的幅度变小,说明在基体树脂与弹性体的比例为 64/36 和 56/44 时, ETMB 中弹性体分散相中包容的基体树脂的量及弹性体分散相粒子尺寸可能较小,而数目较多。表 3 中 H/E 由 68/32 到 64/36 和 60/40 到 56/44 的 MFR 增大幅度变小说明,在制得的 H/E 为 64/36 和 56/44 的 PE-HD/ETMB 共混物中,弹性体分散相的粒间距较小,弹性体分散相的弹性模量也较小,在受到外力作用时,应力集中较大,使基体树脂主要发生剪切形变, NIS 就呈现较大值。因弹性体分散相的弹性模量较小,所以 FM 应相应出现不太明显的较小值。由于 PE-HD/ETMB 中弹性体质量分数比较小,均为 6.3%,TYS 主要取决于外力作用下基体树脂结晶结构一系列变化的难易,与 ETMB 中基体树脂与弹性体的比例基本无关。

上述结果表明, ETMB 中基体树脂与弹性体质量配比为 56/44 时,制得的 PE-HD/ETMB 共混物的综合力学性能最好,当共混物弹性体的质量分数为 6.3% 时,其悬臂梁缺口冲击强度为 28.12 kJ/m<sup>2</sup>,是原料 PE-HD 的 5.65 倍;拉伸屈服应力为 27.36 MPa,保留率为 90.8%;弯曲弹性模量为 996.3 MPa,保留率为 73.7%。

2.3 母料中阻交联剂类型对 PE-HD/ETMB 共混物力学性能的影响

表 4 示出 PE-HD、PE-HD/ETMB(阻) 共混物的

力学性能和 MFR。

表4 PE-HD、PE-HD/ETMB(阻) 共混物的力学性能及 MFR<sup>1)</sup>

| 材料      | MFR/<br>g · (10 min) <sup>-1</sup> | NIS/<br>kJ · m <sup>-2</sup> | TYS/<br>MPa | FM/<br>MPa |
|---------|------------------------------------|------------------------------|-------------|------------|
| PE-HD   | 5.40                               | 4.25                         | 30.31       | 1240       |
| 共混物(阻1) | 3.50                               | 15.39                        | 27.29       | 970        |
| 共混物(阻2) | 3.40                               | 18.25                        | 27.65       | 990        |
| 共混物(阻3) | 3.40                               | 19.26                        | 27.77       | 990        |
| 共混物(无阻) | 3.20                               | 13.62                        | 26.45       | 920        |

注: 1) 制备 ETMB 时阻交联剂的加入量均为 0.018 mol; NIS、TYS、FM 的测试温度均为 16℃,其余同表 1。

从表 4 可以看出,采用阻交联剂 3 制备的共混物综合力学性能最好,当共混物弹性体质量分数为 6.3% 时,悬臂梁缺口冲击强度为 19.26 kJ/m<sup>2</sup>,是原料 PE-HD 的 4.53 倍;拉伸屈服应力为 27.77 MPa,保留率为 92.0%;弯曲弹性模量为 990.0 MPa,保留率为 80.0%。不加阻交联剂制得的 ETMB 与加阻交联剂的相比,架桥剂的表现转化率太高(经分级提取得到采用无阻、阻 1、阻 2、阻 3 制得的 ETMB 架桥剂的表现转化率分别为 67.73%、51.8%、47.61%、49.79%)<sup>[13]</sup>,ETMB 中交联聚合物交联的程度太大,形成的弹性体分散相相畴太大,其熔体黏度太大,与 PE-HD 熔体黏度差太大,制得的 PE-HD/ETMB 中弹性体分散程度差,弹性体分散相相畴大,冲击强度提高幅度小,刚性保留率也较低。

加阻交联剂 3 制得的 ETMB 与加另两种阻交联剂的相比,架桥剂的表现转化率及 ETMB 中交联聚合物的含量差不多,熔体黏度也差不多,但 PE-HD 通过化学键与弹性体大分子相连接的成分较多<sup>[13]</sup>,制得的 PE-HD/ETMB 中弹性体分散程度就会较大,弹性体分散相相畴就会较小,粒子数会较多,使得冲击强度提高的幅度最大,刚性保留率最高。

2.4 母料中阻交联剂 DMSO 用量对 PE-HD/ETMB 共混物力学性能的影响

表 5 示出当二甲亚砜(DMSO)采用不同物质的量(n) 时共混物的力学性能及 MFR。

表5 PE-HD、PE-HD/ETMB( n) 共混物的力学性能及 MFR<sup>1)</sup>

| 材料           | MFR/<br>g · (10 min) <sup>-1</sup> | NIS/<br>kJ · m <sup>-2</sup> | TYS/<br>MPa | FM/<br>MPa |
|--------------|------------------------------------|------------------------------|-------------|------------|
| PE-HD        | 5.40                               | 4.97                         | 30.64       | 1306.3     |
| 共混物(n=0.018) | 2.78                               | 37.17                        | 27.02       | 873.4      |
| 共混物(n=0.021) | 2.85                               | 40.29                        | 26.64       | 825.9      |
| 共混物(n=0.024) | 2.80                               | 43.53                        | 26.62       | 835.7      |
| 共混物(n=0.027) | 2.88                               | 42.18                        | 26.53       | 907.1      |
| 共混物(n=0.030) | 2.93                               | 37.30                        | 26.85       | 924.4      |

注: 1) NIS、TYS、FM 的测试温度为 19.5、17、17℃,其余同表 1。

从表 5 可以看出,用加入 0.024 mol DMSO 的

ETMB 制得的 PE-HD/ETMB 共混物综合力学性能较好, 共混物弹性体质量分数为 8% 时, 其悬臂梁缺口冲击强度为  $43.53 \text{ kJ/m}^2$ , 是原料 PE-HD 的 8.76 倍; 拉伸屈服应力为 26.62 MPa, 保留率为 86.9%; 弯曲弹性模量为 835.7 MPa, 保留率为 64.0%。

### 3 结论

当增韧母料 ETMB 中乙丙与丁苯弹性体质量配比为 80/20、基体树脂与弹性体质量配比为 56/44、采用 DMSO 作阻交联剂且其用量为 0.024 mol 时, PE-HD/ETMB 共混物的综合力学性能较好, 共混物弹性体质量分数为 8% 时, 其悬臂梁缺口冲击强度为  $43.53 \text{ kJ/m}^2$ , 是原料 PE-HD 的 8.76 倍; 拉伸屈服应力为 26.62 MPa, 保留率为 86.9%; 弯曲弹性模量为 835.7 MPa, 保留率为 64.0%。

### 参考文献

- [1] 李爱英, 常杰云. NBR 改性 PE-HD 共混物的力学性能和相态结构的研究[J]. 塑料工业, 2001, 29(4): 42-43.
- [2] 陶国良, 孙明, 任明. PE-HD/硫化胶粉共混材料的研究[J]. 工程塑料应用, 2001, 29(10): 14-16.
- [3] 方征平, 鲍诗杰, 单旭亮, 等. 高密度聚乙烯与橡胶共混物的研究 I: PE-HD/SBR 共混物[J]. 高分子材料科学与工程, 1993, 8(3): 84-88.
- [4] 徐僖, 董孝理, 蔡燎原, 等. 高密度聚乙烯/丁基橡胶共混体系

形态与性能的研究[J]. 高分子学报, 1987, 30(5): 337-400.

- [5] 姜咏, 胡跃鑫, 李海东. 空心玻璃微珠增韧高密度聚乙烯[J]. 中国塑料, 2008, 22(4): 40-42.
- [6] Liu H, Wu Q, Han G, et al. Compatibilizing and toughening bamboo flour-filled PE-HD composites: Mechanical properties and morphologies[J]. Composites: Part A, 2008, 39: 1891-1900.
- [7] Bartczak Z, Argon S, Cohen R. Toughness mechanism in semi-crystalline polymer blends. I. High-density polyethylene toughened with rubbers[J]. Polymer, 1999, 40: 2331-2346.
- [8] Zhang Hongjie, Wang Jingwu, Li Jing. Toughened polypropylene with balanced rigidity. III. Compositions and mechanical properties[J]. Applied Polymer Science, 2001, 79(1): 1345-1350.
- [9] 樊卫华, 白娟, 陈金周, 等. 母料中弹性体不同配比对 PE-HD/ETMB 共混物热性能及结晶形态的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2006, 22(4): 176-179.
- [10] 樊卫华, 白娟, 王经武, 等. ETMB 中弹性体含量对 PE-HD/ETMB 共混物性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2006, 34(2): 17-19.
- [11] 樊卫华, 王万杰, 曹艳霞, 等. PE-HD/ETMB 共混物和 PE-HD/弹性体共混物脆韧转变和断面形态[J]. 高分子材料科学与工程, 2009, 25(9): 50-53.
- [12] 白娟, 樊卫华, 周俊峰, 等. 两类增韧 PE-HD 的力学性能及熔体流动性[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(6): 15-18.
- [13] 樊卫华. 具有优良刚性的增韧高密度聚乙烯工程塑料的研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2006.

## EFFECT OF TOUGHENING MASTER BATCH ETMB ON MECHANICAL PROPERTIES OF PE-HD/ETMB BLENDS

Fan Weihua<sup>1,2</sup>, Li Guixun<sup>2</sup>, Cao Yanxia<sup>2</sup>, Bai Juan<sup>2</sup>, Chen Jinzhou<sup>2</sup>, Wang Jingwu<sup>2</sup>

(1. The Nurseing College of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China;

2. College of Material Science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

**ABSTRACT** Series of toughening polyethylene master batch (ETMB) were synthesized starting from 2200J PE-HD as matrix resin, ethylene-propylene elastomer and butadiene-styrene elastomer as toughening agents, adding appropriate initiator and anti-crosslinkers by using lots of special technique and chemical reactions. Kinds of PE-HD/ETMB blends was prepared by means of thermal mechanical blending of ETMB with 2200J PE-HD. The effects of the elastomer ratios of ETMB, the ratios of matrix resin to elastomer of ETMB, the types of anti-crosslinkers and different amount of anti-crosslinker (DMSO) in ETBM on mechanical properties of PE-HD/ETMB blends were investigated. The results showed that the general mechanical properties of PE-HD/ETMB blend was the most excellent when the ratio of ethylene-propylene elastomer to butadiene-styrene elastomer in ETMB was 80/20, the ratio of matrix resin to elastomer in ETMB was 56/44, DMSO was selected as anti-crosslinker and its doage was 0.024 mol.

**KEYWORDS** high density polyethylene, toughening master batch, mechanical property

### 中美合资 4.5 万吨色母粒工厂投产

卡博特公司与上海华谊(集团)公司子公司上海焦化有限公司在天津的合资公司——卡博特高性能材料(天津)有限公司 9 月举行色母粒工厂投产庆典。该项目总投资约 2000 万美元, 年产能约 45000 t 色母粒, 未来可进一步将年产能扩至 80000 t。依托卡博特天津炭黑基地的资源优势, 采用最先进的环保和制造技术, 该厂可将生产高品质的色母

粒产品。

卡博特公司总裁兼首席执行官蒲白春表示: “这个世界级规模工厂是卡博特的又一个里程碑, 因为它是第一个与炭黑工厂完全相结合的黑色母粒生产工厂, 也是最大且最具成本效益的综合工厂。”据介绍, 天津色母粒工厂的产品可广泛用于各种领域, 从基础设施建设领域直至迅速成长的汽车行业。

(工程塑料网)