

## 内镶式滴灌带的制备与耐老化性能研究

买买提江·依米提<sup>1</sup>, 塞娜瓦尔·阿布拉<sup>1</sup>, 艾买提江·萨伍提<sup>1</sup>, 邱书新<sup>2</sup>

(1. 新疆大学化学化工学院, 石油天然气精细化工教育部和自治区重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046;  
2. 新疆方兴塑化有限公司, 新疆 五家渠 831300)

**摘要:** 通过人工加速光老化与自然气候暴露老化试验, 运用拉伸实验手段对老化前后内镶式滴灌带的力学性能进行表征, 并用红外光谱对其结构变化进行分析, 研究抗老化母粒对滴灌带耐老化性能的影响。结果表明, 人工老化 12 d 和自然暴露老化 120 d 与未老化试样相比, 断裂伸长率保持率添加自制抗老化母粒的分别为 84.7 %、83.2 %, 未添加抗老化母粒的分别为 59.8 %、58.2 %; 未添加抗老化母粒的试样在 1723 cm<sup>-1</sup> 处生成的羰基峰明显较强, 配方中添加自制抗老化母粒起到了抗紫外的作用。

**关键词:** 聚乙烯; 滴灌带; 内镶式; 耐老化性能

**中图分类号:** TQ325.1<sup>+</sup>2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-9278(2014)04-0078-05

## Study on Preparation and Anti-aging Performance of Inlaid Type Drip Irrigation Tapes

Mamatjan YIMIT<sup>1</sup>, Sanawar ABLA<sup>1</sup>, Amatjan SAWUT<sup>1</sup>, DI Shuxin<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Functional Polymer Materials, College of Chemistry and Chemical Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. Xinjiang Fangxing Suhua Co, Ltd, Wujiaqu 831300, China)

**Abstract:** Through artificially accelerated aging and natural climate exposure aging test, mechanical properties of drip irrigation tapes before and after aging were characterized. Compared with those of new tapes, the retentions of elongation at break after 120 d natural aging for tapes with and without aging-resistant additives were 84.7 % and 83.2 %; those after 12 d artificial aging were 59.8 % and 58.2 %, respectively. The structural change in the tapes was analyzed by infrared absorption, and the effect of aging-resistant additives to the mechanical performance of the irrigation tape was studied. The main change of molecular structure in the infrared spectrum curve was the occurrence of peak of carbonyl groups at 1723 cm<sup>-1</sup>. This indicated that the self-made anti-aging master-batch acted an anti-ultraviolet role.

**Key words:** polyethylene; drip irrigation tape; inlaid type; anti-aging performance

## 0 前言

滴灌节水技术的农作物增产、节肥、省劳力和高效节水特性已成为干旱缺水地区农业现代化的一个标志<sup>[1-2]</sup>。滴灌带可分为内镶式滴灌带和单翼迷宫式滴

灌带。内镶式滴灌带也称内镶贴片式滴灌带, 是每隔一定距离在塑料管内镶上一有弯弯小流道贴片, 水由流道口流到土壤进行农作物的灌溉。滴头有自过滤窗, 抗堵塞性能好, 采用迷宫式流道, 具有一定的压力补偿作用, 滴头间距可根据用户要求而定。广泛应用于温室大棚, 大田经济作物的灌溉。但滴灌带用聚乙烯原料在高紫外线、高温差、干旱等地区气候条件, 特别是在太阳光紫外线 290~340 nm 波长范围内较容易降解老化, 导致滴灌带制品使用时提前老化<sup>[3-5]</sup>。

杨浩邈等研究了抗老化母粒对线形低密度聚乙烯

收稿日期: 2013-11-15

国家自然科学基金(21364014); 乌鲁木齐市科学技术计划项目(G121110003)

联系人, mmtj10@sina.com

(PE-LLD)耐光老化性能的关系<sup>[6-7]</sup>。卢琳等研究聚乙烯塑料在西沙自然环境中光老化行为<sup>[8]</sup>。刘奎芳等采用断裂伸长率变化率作为衡量 PE-LLD 老化程度的指标,研究塑料在湿热及亚湿热气候大气暴露与人工加速老化试验相关性<sup>[9]</sup>。人工加速老化试验是用人工的方法模拟材料的自然使用状况,是为了补充、甚至取代自然大气曝露试验而发展起来的评价材料性能与环境关系的试验方法<sup>[10-12]</sup>。本研究通过力学性能和加工性能,筛选出适合生产内镶式滴灌带的聚乙烯原料,并结合自制抗老化母粒设计优化滴灌带配方,研究聚乙烯原料和自制抗老化母粒对内镶式滴灌带力学性能和老化性能的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料

高密度聚乙烯(PE-HD),5410、6070,中国石油独山子石化公司;

PE-LLD,0209,中国石油独山子石化公司;

PE-HD,5000S,中国石油兰州石化公司;

低密度聚乙烯(PE-LD),15803、2426H,扬子石化—巴斯夫有限责任公司;

抗氧化剂,TA215,上海金海雅宝精细化工有限公司;

受阻胺光稳定剂,622,上海金海雅宝精细化工有限公司。

### 1.2 主要设备及仪器

同向双螺杆挤出机,TE-20,中国江苏(南京)科亚公司;

内镶式滴灌带生产设备,WDG5882,廊坊盛源有限责任公司;

塑料注射成型机,XL-400VI,宁波高新协力机申液有限公司;

材料电子万能试验机,CMT6104-50N,深圳新三思计量公司;

熔体流动速率仪,XNR-400B,承德市金建仪器有限公司;

滴灌带专用紫外光老化实验箱,XJU-HD1,自制;

红外光谱仪(FTIR),EQUINOX-55,德国布鲁克公司。

### 1.3 样品制备

抗老化母粒的制备:以 PE-LLD 为载体、受阻胺光稳定剂和抗氧化剂 TA215 为抗光剂和抗氧化剂,准确称量后混合分散均匀,挤出造粒,烘干备用;

内镶式滴灌带的制备:将实验室设计的性能较好的配方,在生产车间严格按内镶式滴灌带生产工艺进

行中试生产,主要工艺参数:生产速度为 120 m/min,挤出机温度为 230~260 °C,机头温度为 150 °C,牵引速度为 1138 r/min。

### 1.4 性能测试与结构表征

紫外光室内人工加速老化试验<sup>[9]</sup>:将 340 nm 荧光紫外灯辐照度控制在 0.68 W/m<sup>2</sup>、在黑板温度为 60±3 °C 下辐照暴露 4 h,然后,在冷凝温度为 50±3 °C 下无辐照条件下冷凝暴露 4 h,最后风吹 10 min(模拟四级风),每 490 min 试验循环一次,试验方案为 10 d 和 12 d;

自然暴露老化试验方法<sup>[9]</sup>:滴灌带自然气候暴露试验田设在新疆五家渠市方兴塑化公司有代表性的沙土试验地,设计 3 种不同内镶式滴灌带配方在新疆五家渠市方兴塑化公司生产,完全模仿大田棉花种植要求膜下铺膜和给水,并严格检测记录自然暴露老化试验田的棉花种植期(5—9月)每天的膜上、膜下温度,室外环境温度及湿度,5—9月5个月膜下平均温度为 40.9 °C,膜上平均温度为:35.4 °C,室外平均气温为 28.5 °C,平均湿度为 65.1 %;

熔体流动速率按 GB/T 3682—2000 测定,温度为 190 °C,载荷为 1.92 kg;

按 GB/T 1040—1992 进行拉伸强度和断裂伸长率的测定,将老化前后的滴灌带制品沿滴灌带横向方向制成标距为 20 mm、宽度为 10 mm、厚度为 0.2 mm 左右(实测为准)试验样条,拉伸速度为 150 mm/min;

FTIR 分析:将老化前后的滴灌带试样压制剪成厚度为 5 μm 左右的小薄片,测试老化前后滴灌带试样的化学基团改变情况。

## 2 结果与讨论

### 2.1 原料的筛选

将各原料注射成标准哑铃形样条,用拉伸机对制备好的试样进行拉伸强度和断裂伸长率的测定,并通过力学性能和加工性能,筛选出适合生产内镶式滴灌带的聚乙烯原料,表 1 为各种原料的力学性能比较。

从表 1 实验数据看,PE-LLD(0209)为薄膜级,当应用在滴灌带具有耐环境应力开裂性,韧性好,刚性大,耐撕裂强度,耐寒性好等优点。PE-LD(2426H)和 PE-LD(15803)进行比较,熔体流动速率 PE-LD(15803)比 PE-LD(2426H)略小,但 PE-LD(2426H)比 PE-LD(15803)的屈服强度、拉伸强度、断裂伸长率及弹性模量大很多,在测试内镶式滴灌带的回缩率时,屈服强度是一个很重要的指标,因此选择 PE-LD(2426H)为内镶式滴灌带配方用料。PE-HD(5000S)和 PE-HD(5410)为拉丝级 PE-HD,力学性能好,能增

加产品的强度,提高冲击性能。但 PE-HD(5000S)的屈服强度比 PE-HD(5410)大,所以选择 PE-HD(5000S)为内镶式滴灌带配方用料。对比 PE-HD(60550)和 PE-HD(6070) 2 种原料的力学性能,PE-

HD(60550)的断裂伸长率和屈服强度比 PE-HD(6070)的大,在内镶式滴灌带进行静水水压测试、生产及使用时,滴灌带的韧性起到很重要的作用,为此选择 PE-HD(60550)为最佳。

表 1 滴灌带原料力学性能比较

Tab. 1 Comparison of mechanical properties of raw materials

原料	熔体流动速率/ $g \cdot (10 \text{ min})^{-1}$	屈服强度/MPa	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%	弹性模量/MPa
PE-LLD(0209)	0.9	10.6	21.6	413.8	81.4
PE-LD(15803)	1.7	19.3	20.3	131.3	48.2
PE-LD(2426H)	1.8	25.3	25.3	224.8	69.2
PE-HD(5000S)	0.9	27.2	28.4	418.2	231.9
PE-HD(5410)	0.9	22.4	28.2	421.6	348.6
PE-HD(60550)	6.7	27.4	27.5	711.3	323.6
PE-HD(6070)	7.4	24.0	24.0	441.0	472.8
抗老化母粒	1.0	10.7	21.6	675.0	77.3

### 2.2 滴灌带的配方优化与生产

在内镶式滴灌带配方的设计过程中,对滴灌带的各种聚乙烯原料进行力学性能和加工性能分析,筛选最佳的配方原料为 PE-HD(5000S)、PE-LD(2426H)、PE-HD(60550)、PE-LLD(0209A),将 PE-HD 含量设为 30%~60%(质量分数,下同),PE-LD 和 PE-LLD

含量设为 30%~60%,炭黑为 2%,抗老化母粒为 1%,分别记作 A、B、C 3 种内镶滴灌带试验配方(见表 2),并按表 2 滴灌带生产配方分别配制 60 kg 滴灌带生产原料,在新疆方兴塑化有限公司生产车间,严格按正常生产工艺进行内镶式滴灌带配方的中试生产,并对制品进行性能评价,制品各项性能指标见表 3 所示。

表 2 滴灌带配方含量表

Tab. 2 Ingredient ratio of drip irrigation tapes

配方	PE-HD(5000S)	PE-LD(2426H)	PE-HD(60550)	PE-LLD(0209)	炭黑	抗老化母粒
A	23.3	30	11.7	32	2	1
B	10.0	24	23.0	40	2	1
C	10.0	24	23.0	40	2	0

表 3 滴灌带各项性能指标

Tab. 3 The performance indicators of drip irrigation tapes

配方	130 N 拉力下保持率	耐静水压(0.18 MPa/1 h)	爆破压力/MPa	炭黑含量/%	单位/ $\text{mm} \cdot \text{m}^{-1}$	单位质量/ $g \cdot \text{m}^{-1}$
A	合格	合格	0.225	1.98	0.185	9.8
B	合格	合格	0.275	2.00	0.190	10.2
C	合格	合格	0.270	1.99	0.190	10.3

### 2.3 滴灌带老化程度的判定

滴灌带人工加速老化试验和自然暴露老化试验后断裂伸长率的保持率作为衡量老化程度的指标。断裂伸长率保持率等于老化后试样的断裂伸长率/老化前试样的断裂伸长率。如试样的断裂伸长率的保持率 < 50%,可判断试样已完全老化失效<sup>[5,9,12]</sup>。

从表 4 可以得知,配方 A 人工老化 10、12 d 和自然暴露老化 120 d 与未老化试样相比,断裂伸长率保持率分别为 96.4%、91.7%、93.7%;配方 B 人工老化 10、12 d 和自然暴露老化 120 d 与未老化试样相比,断裂伸长率保持率分别为 91.5%、84.7%、83.2%;配方 C 人工老化 10、12 d 和自然暴露老化 120 d 与未老

化试样相比,断裂伸长率保持率分别为 76.4%、59.8%、58.2%。从试样老化前后断裂伸长率保持率数据看,配方 A 滴灌带防老化性能最佳,其次是配方 B,最差的是配方 C。这说明配方中添加的自制抗老化母粒起到了抗紫外和抗氧化的作用,从而延长了滴灌带的使用寿命。

### 2.4 滴灌带老化前后 FTIR 分析

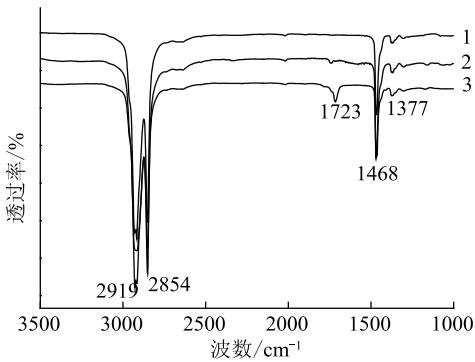
图 1 是内镶式滴灌带配方 B 和配方 C 的人工老化 12 d 与未老化试样的 FTIR 谱图。在 3 条曲线中出现 2919、2854、1468  $\text{cm}^{-1}$  处的吸收峰为聚乙烯树脂共有的峰,而 1377  $\text{cm}^{-1}$  处为甲基(-CH<sub>3</sub>)的弯曲振动吸收峰,为支链较多的 PE-LD 所特有。从曲线 2 和曲

表4 滴灌带老化前后力学性能测试结果

Tab.4 The test results of mechanical properties of drip irrigation tapes before and after aging

配方	老化类型	老化时间/d	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%
A	—	0	13.7	191.4
	人工老化	10	12.3	184.6
	人工老化	12	12.2	175.5
	自然老化	120	13.3	179.4
B	—	0	14.9	224.7
	人工老化	10	12.9	205.6
	人工老化	12	12.0	190.4
	自然老化	120	13.0	186.9
C	—	0	14.8	224.0
	人工老化	10	13.4	171.1
	人工老化	12	12.2	134.0
	自然老化	120	12.6	130.3

线3看,1723  $\text{cm}^{-1}$ 处羰基峰的生成抗老化母粒配方B明显小于不加抗老化母粒配方C<sup>[5,12]</sup>。说明配方中添加的自制抗老化母粒起到了抗紫外的作用。



配方,人工老化时间/d:1—B,0 2—B,12 3—C,12

图1 紫外光照射样品的FTIR谱图

Fig.1 FTIR spectra of samples during UV irradiation

### 3 结论

(1)在滴灌带配方中添加一定比例的抗老化母粒可以提高滴灌带的使用寿命,人工老化12 d和自然暴露老化120 d与未老化试样相比,断裂伸长率保持率配方B的分别为84.7%、83.2%,配方C的分别为59.8%、58.2%;

(2)人工老化12 d的试样谱图在1723  $\text{cm}^{-1}$ 处羰基峰的生成加抗老化母粒配方B明显小于不添加抗老化母粒配方C,滴灌带逐渐老化降解。

#### 参考文献:

[1] 杨红梅,徐海量,牛俊勇.干旱区滴灌条件下防护林次生盐渍化土壤水盐运移规律研究[J].土壤学报,2010,47

(5):1023-1027.

Yang Hongmei, Xu Hailiang, Niu Junyong. Soil Water and Salt Transport in Secondary Salinized Soil under Shelterbelt Using Drip Irrigation in Arid Zone[J]. Acta Pedologica Sinica, 2010, 47(5):1023-1027.

[2] 胡菊香.新疆天业滴灌系统的发展与创新[J].国外塑料,2009,27(3):38-40.

Hu Juxiang. On the Development and Innovation of the Drip Irrigation System of the Tianye in Xinjiang[J]. World Plastics, 2009, 27(3):38-40.

[3] T Zaharescu, S Jipa, D Henderson, et al. Thermal and Radiation Resistance of Stabilized LDPE[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2010, 79(3):375-378.

[4] Demetres Briassoulis. The Effects of Tensile Stress and the Agrochemical Vapam on the Ageing of Low Density Polyethylene(LDPE) Agricultural Films. Part I. Mechanical Behaviour[J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 88, 489-503.

[5] 买买提江·依米提,邸书新,艾买提江·萨伍提,等.单翼迷宫式滴灌带的老化与防老化研究[J].中国塑料,2013,27(5):60-64.

Mamatjan Yimit, Di Shuxin, Amatjan Sawut, et al. Research on Aging and Anti-aging of Drip Irrigation Tape[J]. China Plastics, 2013, 27(5):60-64.

[6] 杨浩邈,胡斌,吴鹏.抗氧化剂和光稳定剂对PE-LLD紫外光老化的稳定作用[J].中国塑料,2011,25(10):64-68.

Yang Haomiao, Hu Bin, Wu Peng. Stabilization Effect of Antioxidants and Light Stabilizers on UV-light Aging of PE-LLD[J]. China Plastics, 2011, 25(10):64-68.

[7] 赵文隆,张清松,吴智华.光屏蔽剂与其填充LLDPE耐光老化性能的关系[J].塑料助剂,2011,87(3):40-44.

Zhao Wenlong, Zhang Qingsong, Wu Zhihua. The Relationship Between Light Shielding Agent and the Resistance to Light Aging of LLDPE Being Filled[J]. Plastics Additives, 2011, 87(3):40-44.

[8] 卢琳,石宇野,高瑾,等.聚乙烯塑料在西沙自然环境中光老化行为研究[J].材料工程,2011,(3):45-50.

Lu Lin, Shi Yuye, Gao Jin, et al. Photo Degradation Behavior of Media Density Polythene Under Xisha(Paracel) Islands Environment[J]. Journal of Materials Engineering, 2011, (3):45-50.

[9] 刘奎芳,陈洁.塑料湿热及亚湿热气候大气暴露与人工加速试验相关性探讨[J].环境技术,2001,19(4):8-13.

Liu Kuifang, Chen Jie. Research on Correlation of the Artificially Accelerated Test with Humid Tropic Weathering Exposure Test for Plastics[J]. Environmental Technology, 2001, 19(4):8-13.

[10] 皮红,陈深情,郭少云.热稳定剂对PVC紫外光老化

过程中微观结构及宏观性能演变的影响[J]. 高分子学报, 2010, (6):660-665.

Pi Hong, Chen Shengqing, Guo Shaoyun. Microstructure and Properties Development of Thermally Stabilized PVC During Photoageing[J]. Acta Polymerica Sinica, 2010, (6):660-665.

[11] 王小军, 文庆珍, 朱金华, 等. 高分子材料的老化表征方法[J]. 弹性体, 2010, 20(3):58-61.

Wang Xiaojun, Wen Qingzhen, Zhu Jinhua, et al. Techniques of Characterization Aging Polymer Materials[J]. China Elastomerics, 2010, 20(3):58-61.

[12] 孙彦红, 皮红, 郭少云. 聚氯乙烯薄膜使用寿命预测[J]. 高分子材料科学与工程, 2012, 28(8):133-136.

Sun Y H, Pi H, Guo S Y. Lifetime Prediction for PVC Film[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2012, 28(8):133-136.

## 《中国塑料》正文格式要求

文章以实验为主要内容的,应说明实验设备、实验条件,对实验误差的估计等。文章的撰写应便于同行重复再现所报道的内容,由于保密原因不便公开某些内容的,应在附信中向编辑说明情况。

文章以数值计算为主要内容的,应给出所求解的方程、重要的计算参数、初始或边界条件、难点问题的处理等,应对方法的适用性和计算精度估计有所说明,全文统一计算精度。

引言应说明课题的背景,引述该领域的国内外同行已经取得的进展,以说明本文的选题意义和创新点所在。

正文采用二级及以下标题。二级标题下需要分类的,可在新的段落中进行讨论,一个段落讨论说明一个问题。举例:

### 0 前言

#### 1 实验部分

##### 1.1 主要原料

此节给出所用原料和药品的具体参数,每一种原料占一行,以“;”结束此项;最后用“。”结束此段。

格式:药品或原料名称,药品或原料规格、牌号及参数,生产厂家;例:

十八烷基三甲基氯化铵,分析纯,山东淄博化学有限公司;

高密度聚乙烯(PE-HD),5502,雪佛龙-菲利普斯新加坡化工有限公司;

##### 1.2 主要设备及仪器

此节给出设备参数,每一设备占一行。

格式:设备名称,型号,生产厂家;例:

平板硫化机,SQLB-350×350,上海第一橡胶机械厂;

热失重分析仪,TA2950,美国 TA 公司。

##### 1.3 试样(或样品)制备

此节主要介绍制备工艺过程。例:

所用的聚甲基乙烯基硅氧烷为 BPO 硫化 PMVS 得到的片状料,其配方、工艺参数、厚度相同,溶胀之前在真空烘箱中于 150 ℃干燥 4 h, 180 ℃干燥 2 h,除去小分子残留物。硅橡胶片尺寸约 45 mm×24 mm×2 mm,质量约 2.5 g。在玻璃瓶中加入丙烯酸酯单体(60 g)、过氧化苯甲酰引发剂 BPO(102 mg),室温下放置 2 h,观察不到固体 BPO 存在时,将硅橡胶片完全浸没在丙烯酸酯与 BPO 组成的溶液中,溶胀不同时间后,取出硅橡胶片,记录溶胀后的质量。溶胀度用溶胀吸收的丙烯酸酯溶液的质量与原硅橡胶片的质量之比表示。将溶胀一定时间的橡胶片置于玻璃瓶中,置于真空干燥箱中,在 80 ℃,真空度 0.01 MPa 下聚合 2 h。

##### 1.4 性能测试与结构表征

此节要列出所采用的标准和试验条件等。例:

按 GB/T 1843—2008 测试材料悬臂梁缺口冲击性能,使用缺口制样机  $r=0.1$  mm 的铣刀制得“V”形缺口,缺口深度为 2 mm,摆锤速度为 3.5 m/s。

### 2 结果与讨论

.....

#### 2.1 蒙脱土对 PP 力学性能的影响

.....

##### 2.1.1 对冲击强度的影响

.....

##### 2.1.2 对拉伸强度的影响

.....

#### 2.2 .....

.....

### 3 结论

(1) .....

(2) .....

(3) .....

(注:对全文工作的总结,最好分段给出。结论与摘要不能完全重复。)

### 参考文献:

[1] .....

[2] .....