

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.01.019

滴灌带回收料老化程度的判定方法

买买提江·依米提¹,阿山卡德尔·居马卡德尔¹,关莉²,热依扎·别坎¹,倪玲贵¹

(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,乌鲁木齐 830046;

2. 中国石油独山子石化公司研究院,新疆独山子 833699)

摘要:使用电子万能试验机和自制农用滴灌带回收料专用拉伸机对新料配方和回收料进行力学性能测试和分析原料基本性能,初步研究滴灌带回收造粒料力学性能及老化程度判定方法,该方法简单、易操作、可靠。结果表明,回收料中氧含量越高、炭黑含量越多,老化程度越严重,对力学性能影响越大;初步得出滴灌带回收料拉伸强度不能低于 19 MPa,断裂伸长率不能低于 270%,才能基本保证回收料力学性能达到滴灌带产品质量的要求。

关键词:滴灌带回收料;炭黑含量;断裂伸长率;老化程度

中图分类号: TB332 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)01-0079-05

Judgment Method of Aging Degree of Recycled Materials in Drip Irrigation

Mamatjan Yimit¹, Asanhader Jumahader¹, Guan Li², Riza Beken¹, Ni Linggui¹

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Key Laboratory of Oil and Gas Fine Chemicals,

Ministry of Education and Xinjiang Uyghur Autonomous Region, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Research Institute of Dushanzi Petrochemical Co. Petrochina, Dushanzi 833699, China)

Abstract : The mechanical properties of the new formula and the recovery were tested with the electronic material universal testing machine and homemade drip irrigation tape recycling machine, which to compare and analyze the basic performance of raw materials. Preliminary research and development of simple, easy to operate, reliable drip irrigation with granulation material mechanical properties and determination of the degree of aging. The results show that the greater influence on the mechanical properties with the higher content of oxygen in the recovered material and the more content of carbon black, the more severe aging degree. It is concluded that the tensile strength of the recycled material of the drip irrigation belt can not be lower than 19 MPa and the elongation at break can not be lower than 270% so as to basically ensure the mechanical properties of the recovered material to meet the requirements of drip irrigation belt product quality.

Keywords : drip irrigation with recycled materials ; carbon black content ; elongation at break ; aging degree

在国家大力推动节水产业的政策影响下,自 20 世纪 90 年代以来,新疆各类节水灌溉技术纷纷应用。到 2016 年,新疆已注册 500 多家各类农用滴灌带生产企业(其中,单翼迷宫式滴灌带约占滴灌带总量的 90% 以上),年产农用滴灌带制品 25 万 t 左右,100% 回收再利用。新疆产品质量监督检验研究院从 2011 年起连续 5 年对新疆单翼迷宫式滴灌带生产企业的产品进行了统一监督检查,但抽查结果显示,产品质量总体水平大幅度下降,其主要原因是单翼迷宫式滴灌带企业为了降低成本,在生产配

方中添加 90%~100% 滴灌带回收料。滴灌带回收料存在原料成分复杂,影响制品成型性,制品在多次使用和回收过程中经受了紫外光辐射、热及氧化老化后,聚合物大分子链断裂、分子量降低,使回收料力学性能下降等问题^[1-5]。另外,全新疆现有的滴灌带生产企业专业技术人员严重缺乏,原料性能检测技术手段落后,无法定量地分析判定回收造粒料力学性能和老化程度,而现有的原料力学性能和老化程度分析是专业性很强的系统工程。因此,研究开发简单、易操作、可靠的滴灌带回收造粒料力学性能及

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21364014)

通讯作者: 买买提江·依米提,副教授,研究方向为高分子材料老化与防老化 E-mail: mmtj10@sina.com

收稿日期: 2017-11-10

引用格式: 买买提江·依米提,阿山卡德尔·居马卡德尔,关莉,等. 滴灌带回收料老化程度的判定方法[J]. 工程塑料应用,2017,46(1):79-83.

Mamatjan Yimit, Asanhader Jumahader, Guan Li, et al. Judgment method of aging degree of recycled materials in drip irrigation[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 46(1):79-83.

老化程度的判定方法,对滴灌带生产配方的设计优化、提高产品质量及降低成本具有重要的技术指导意义和社会效益。

国内外对聚乙烯(PE)的研究主要集中在室内人工加速老化和户外自然暴露老化等不同实验条件下,PE老化前后热性能以及力学性能的变化^[6-9];研究滴灌带在干热与湿热大气曝晒老化、添加剂对滴灌带再生料力学性能的影响以及单翼迷宫式滴灌带的配方优化^[10-12]。但是针对多次回收再利用的滴灌带回收造粒料老化程度判定方面的专项研究国内外尚无先例。笔者以新疆昌吉地区收集的8种滴灌带回收料和最佳的滴灌带新料配方^[13]为研究对象,对比分析各种回收料的外观、燃烧现象、成分、炭黑含量以及熔体流动速率(MFR)等基本性能上的区别,并结合滴灌带回收料和新料配方力学性能的比较,初步研究开发了简单、易操作、可靠的滴灌带回收造粒料力学性能及老化程度的判定方法。

1 实验部分

1.1 实验原材料

线性低密度聚乙烯(PE-LLD):牌号7042,中国石油独山子石化公司;

低密度聚乙烯(PE-LD):牌号2426,中国石油独山子石化公司;

高密度聚乙烯(PE-HD):牌号5000S和6070,中国石油独山子石化公司;

炭黑:东莞市博升塑料科技有限公司;

抗老化母粒:乌鲁木齐德美隆塑化有限责任公司;

8种滴灌带回收料:新疆昌吉地区。

1.2 主要仪器及设备

注塑机:XL-400VI型,宁波高新协力机电液有限公司;

电子万能试验机:CMT6104型,深圳新三思计量技术有限公司;

电子能谱仪:ESCALAB 250Xi型,美国Thermo Fisher Scientific公司;

滴灌带专用紫外光老化实验箱:XJU-HD1型,自制;

MFR仪:XNR-400B型,承德市金建检测仪器有限公司;

热分析仪:TG-DTA型,北京恒久科学仪器厂;

农用滴灌带回收料专用拉伸机:自制,其外形图见图1。

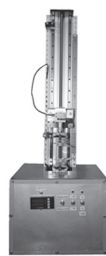


图1 农用滴灌带回收料专用拉伸机

1.3 试样制备

新料-1是对内镶式滴灌的各种专用料进行分析、力学性能比较后筛选的最佳配方^[13],作为滴灌带回收料的各项性能比较的基准,其原料配比如下:PE-HD 5000S质量分数为23.3%,PE-LDPE 2426质量分数为30%,PE-HD 6070质量分数为11.7%,PE-LLD 7042质量分数为32%,炭黑质量分数为2%及抗老化母料质量分数为1%。新料-0比新料-1的成分少炭黑。将此新料-0和新料-1及8种回收料用注塑机注塑成标准的哑铃型拉伸试样和条状冲击试样,2段加热区温度分别为210℃,190℃,注塑压力为 8×10^6 Pa,自然条件下冷却至少24 h后再进行各种力学性能的测试。

1.4 滴灌带回收料及新料基本性能检测及老化性能测试

(1) 滴灌带回收料及新料基本性能检测。

外观和燃烧现象检测:观测原料表面光泽性和测量颗粒均匀性;燃烧各种原料试样观察记录试样燃烧速度、燃烧时释放出的烟雾量以及熔滴现象。

采用电子万能试验机和自制农用滴灌带回收料专用拉伸机^[14]按照GB/T 1040.3-2006,对老化前后滴灌带回收料和新料配方试样进行力学性能测定。拉伸速率100 mm/min、试样表面距离30 mm、宽度4 mm、厚度2 mm。

成分的测定:新料和8种回收料试样经表面清洁处理后进行表面喷金,置于加速电压为20 kV的电子能谱仪,分析试样元素组成。

炭黑含量按GB/T 13021-1991测试,采用TG-DTA综合热分析仪。称取10 mg回收料试样,在氮气气氛下,从室温升温至550℃,在此温度下恒温15 min,随后切换为氧气气氛,再从550℃升温至750℃,气体流量为20 mL/min,升温速率为20℃/min。最终在800℃左右试样的热降解质量损失率达到平衡,即氧化已完成^[15]。

MFR的测定:采用MFR仪按GB/T 3682-2000测定各原料的MFR,温度为190℃,载荷为1.92 kg。

(2) 人工加速老化试验。

将制备的哑铃型拉伸试样放置自制滴灌带专用紫外光老化试验箱试样架上,把 340 nm 紫外灯辐照度控制在 0.68 W/m^2 、黑板温度设为 60°C 、冷凝温度设为 50°C 时,采用光照 3 h、冷凝 3 h、风吹 10 min 试验工艺,并连续进行加速老化 10,15 d^[16]。

2 结果与讨论

2.1 滴灌带回收料各项性能与新料配方的比较

目前生产销售的单翼迷宫式滴灌带为了降低成本,配方中回收造粒料一般用量为 90%~100%,这决定了回收料的各项力学性能(多次使用后的老化程度)、成分分析及炭黑含量。所以在研究回收造粒料老化程度判定方法时,先对各种滴灌带回收料与新料配方进行原料成分、炭黑含量以及基础性能的研究比较,再结合力学性能测试方法,研究出简单、易操作、可靠的滴灌带回收料判定方法。

(1) 滴灌带回收料基本性能的分析。

新料-1、回收-1、回收-2、回收-3、回收-4、回收-5、回收-6、回收-7、回收-8 分别代表新疆昌吉地区收集的 8 种滴灌带回收料,各项性能见表 1。

表 1 滴灌带回收料和新料配方性能检测

原料名称	MFR/ [g·(10 min) ⁻¹]	外观	燃烧现象
新料-1	1.35	光泽性好,颗粒均匀 2~3 mm	烟极少,燃烧和溶滴 速度快
回收-1	1.13	光泽性好,颗粒均匀 2~3 mm	少量烟,燃烧和溶滴 速度快
回收-2	1.19	光泽性好,颗粒均匀 1.5~2 mm	烟极少,燃烧和溶滴 速度快
回收-3	1.28	光泽性好,颗粒不均 匀 1~4 mm	少量烟,燃烧和溶滴 速度快
回收-4	1.14	光泽性好,颗粒均匀 2~3 mm	烟极少,燃烧和溶滴 速度快
回收-5	1.20	光泽性一般,颗粒不 均匀 2~4 mm	少量烟,燃烧和溶滴 速度较慢
回收-6	1.25	光泽性好,颗粒不均 匀 2~4 mm	少量烟,燃烧和溶滴 速度快
回收-7	1.15	光泽性好,颗粒均匀 3~4 mm	少量烟,燃烧和溶滴 速度快
回收-8	1.20	光泽性一般,颗粒均 匀 4~6 mm	少量烟,燃烧和溶滴 速度较慢

从表 1 数据看,新料-1 试样的 MFR 为 $1.35 \text{ g}/10 \text{ min}$,回收料的 MFR 低于新料的,这是由于回收料有不同程度的老化交联造成流动性能降低。其中回收-3 和回收-6 试样 MFR 值接近新料,而回收-1、回收-4 及回收-7 试样的 MFR 较低,说明老化程度较严重。从回收颗粒料外观光泽性好和颗粒均匀性看,回收-5 和回收-8 光泽性一般,颗粒不均匀,可能掺杂了少量的无机物,其它回收料外观基本

上与新料配方粒料相一致。纯的滴灌带原料主要由 PE 和少量的炭黑制成,燃烧特征是发烟极少、燃烧速度快并产生燃烧熔滴。所以可以通过燃烧现象判定滴灌带回收料中是否掺杂了聚氯乙烯、聚苯乙烯及矿物质。从 8 种回收料燃烧现象看,回收-5 和回收-8 试样中少量掺杂了无机矿物质,其它几种回收试样燃烧现象与新料配方基本相似。

(2) 滴灌带回收料成分分析。

将新料-1 和 8 种滴灌带回收料试样经表面清洁处理后进行表面喷金,置于加速电压为 20 kV 的电子能谱仪分析试样元素组成变化,数据见表 2。

表 2 滴灌带回收料和新料配方元素分析数据

项目	新料-1	回收-1	回收-2	回收-3	回收-4	回收-5	回收-6	回收-7	回收-8
C/%	99.6	92.04	91.36	86.7	83.61	90.62	91.03	88.77	88.49
O/%	0.4	7.96	8.64	13.3	16.39	8.69	8.97	11.23	9.76
其它/%	0	0	0	0	0	0.69	0	0	1.75
总量/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100

从表 2 试样元素组成看,新料配方试样元素组成 C 含量为 99.6%, O 含量为 0.4%,而回收料的 8 种试样中有不同程度的氧元素,其中少量的氧元素是回收料中添加的抗氧化剂和光稳定剂所引入,而大部分是滴灌带在使用和回收挤出造粒并挤出管材时降解老化产生的过氧化物。说明滴灌带回收料的氧含量越多老化程度越严重。其中回收-5 和回收-8 试样除了碳和氧以外还有其它成分,回收-5 中 Na 为 0.25%, Si 为 0.19%, Cl 为 0.07%, Ca 为 0.18%;回收-8 中 Mg 为 0.22%, Si 为 0.05%, Cl 为 0.1%, Ca 为 1.37%。这说明回收-5 和回收-8 试样在使用过程中土壤里的元素粘在滴灌带上,在滴灌带回收时未洗净而剩下的残留粘土;也可以从燃烧现象看到,回收-5 和回收-8 燃烧速度和燃烧熔滴速度较慢,是因为成分含量里有上述的元素而导致的。

(3) 滴灌带回收料炭黑含量分析。

滴灌带回收料和新料配方中炭黑含量见表 3。

表 3 滴灌带回收料和新料配方中炭黑含量

试样	质量保持率/%	残重率/%	炭黑含量/%
新料-0	95.85	4.15	
新料-1	93.91	6.09	1.94
回收-1	91.40	8.60	4.45
回收-2	94.48	5.52	1.37
回收-3	88.89	11.11	6.96
回收-4	84.45	15.55	11.4
回收-5	94.49	6.51	2.36
回收-6	92.09	7.91	3.76
回收-7	87.46	12.55	8.4
回收-8	85.72	14.28	10.13

从表3测试数据看,新料-0的残重率为4.15%,其残重主要是炭含量,而新料-1是加2%炭黑的PE原料组成的配方,残重率为6.09%,新料-1的炭黑含量为本身的残重率减去新料-0的残重率得1.94%,同理计算出8种回收料的炭黑含量。炭黑是通过液态烃或气态烃的不完全燃烧生产出来的,其原生粒径一般在10~100 nm之间,含有各类氧官能团的多环芳烃结构,具备猝灭自由基的能力,是一种高效紫外线吸收剂和光屏蔽剂。炭黑作为防紫外光老化剂广泛应用于塑料工业中,但炭黑含量多与少对回收料的力学性能有一定的影响。

2.2 滴灌带回收料力学性能

为了克服现有技术设备昂贵之不足,以及因专业技术人员缺乏导致无法判断回收造粒料力学性能和老化程度的问题,研制了一种结构简单、易操作、廉价的农用滴灌带回收料专用拉伸机。将收集的8种滴灌带回收料注塑成标准试样,用自制拉伸机和电子万能材料力学试验机进行力学性能测试,并比较拉伸强度和断裂伸长率。

表4 滴灌带回收料及新料标准试样力学性能

原料名称	电子万能试验机		自制拉伸机	
	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %
新料-1	25.3	526.5	23.9	519.8
回收-1	21.9	309.2	20.4	327.2
回收-2	22.2	293.4	20.1	277.3
回收-3	21.5	207.1	19.3	234.8
回收-4	22.2	173.1	19.8	182.2
回收-5	21.7	286.2	19.6	291.4
回收-6	21.6	278.6	20.3	298.1
回收-7	23.2	202.4	20.2	223.3
回收-8	20.3	144.2	18.9	152.6

从表4测试数据看,利用电子万能拉伸机和自制拉伸机测试20个新料-1试样得到的拉伸强度平均值分别为25.3 MPa和23.9 MPa,断裂伸长率平均值分别为526.5%和519.8%,两种设备测试得到的8种回收料的拉伸强度平均值和断裂伸长率平均值也很接近。表明,自制农用滴灌带回收料专用拉伸机可以代替电子万能材料力学试验机检测滴灌带回收料力学性能。8种回收料的拉伸强度平均值和断裂伸长率平均值比新料-1试样平均值低,这也验证了表1和表2中8种回收料的MFR降低和氧含量增加使原料老化降解,导致原料力学性能下降。

2.3 滴灌带回收料耐候性能分析

采用光照3 h、冷凝3 h、风吹10 min试验工艺,经过自制滴灌带专用紫外光老化试验箱连续进

行加速老化10,15 d后试样力学性能的测试结果如表5所示。从表5测试数据看,老化15 d后新料-1试样的拉伸强度保持率为96.7%,8种回收料试样在90%左右;老化10 d和老化15 d后新料-1试样断裂伸长率保持率分别为92.7%和81.5%,回收-1、回收-2、回收-5、回收-6试样断裂伸长率保持率均为60%以上和50%以上,而回收-3、回收-4、回收-7、回收-8试样的断裂伸长率保持率分别降到50%以下和40%以下,已基本失去使用价值,如试样的断裂伸长率保持率<50%,可判断试样已完全老化失效^[12]。从表2和表3得知回收-3、回收-4、回收-7、回收-8试样中氧含量和炭黑含量较高,对试样力学性能影响较明显,老化程度严重,不能再作为回收料使用。初步得出滴灌带回收料拉伸强度不能低于19 MPa,断裂伸长率不能低于270%,才能基本保证回收料力学性能达到滴灌带产品质量的要求。

表5 滴灌带回收料老化前后力学性能

力学性能	老化时间 / d	新料-1	回收-1	回收-2	回收-3	回收-4	回收-5	回收-6	回收-7	回收-8
拉伸强度 / MPa	0	23.9	20.4	20.1	19.3	19.8	19.6	20.3	20.1	18.9
	10	24.5	19.5	19.6	18.7	19.4	19.1	19.8	19.5	18.1
	15	23.1	19.1	18.8	17.3	18.1	18.5	19.1	18.2	16.8
断裂伸长率 / %	0	519.8	327.2	277.3	234.8	182.2	291.4	298.1	223.3	152.6
	10	481.8	215.5	184.9	112.1	80.9	190.9	202.8	98.3	71.3
	15	423.7	186.0	148.2	92.5	76.2	149.5	157.0	82.8	41.7

3 结论

(1) 测试比较滴灌带回收料和新料配方试样的基本性能和力学性能,得出回收料中氧含量越高、炭黑含量越多对原料的力学性能影响越大,其中回收-3、回收-4、回收-7、回收-8试样老化程度严重,不能再作为回收料使用。

(2) 通过几年的滴灌带配方优化、室内外老化试验以及大量回收料的性能研究,初步得出滴灌带回收料拉伸强度不能低于19 MPa,断裂伸长率不能低于270%,才能基本保证回收料力学性能达到滴灌带产品质量的要求。

参考文献

- [1] 徐僖. 对开发西部地区农业现代化的高性能高分子材料的思考[J]. 塑料, 2001, 31(1): 76-80.
Xu Xi. Thoughts on developing high performance polymer materials for modernization of agriculture in the west areas of China[J]. Plastic, 2001, 31(1): 76-80.
- [2] 朱光艺. 膜下滴灌带受阳光照射问题的探讨[J]. 新疆农业科技, 2011(1): 61.

- Zhu Guangyi. Discussion on the problem of drip irrigation under sunlight affected by membrane[J]. Xinjiang Agricultural Science and Technology, 2011(1):61.
- [3] 张红英. 再生料在滴灌带生产应用中出现的问题及改善措施[J]. 石河子科技, 2008(1):21-22.
- Zhang Hongying. Problems and improvement measures of recycled materials in drip irrigation production and application[J]. Shihezi Technology, 2008(1):21-22.
- [4] 杨书君, 高本虎, 任晓力. 农用聚乙烯塑料老化试验方法概述[J]. 橡塑资源用, 2006(5):19-22.
- Yang Shujun, Gao Benhu, Ren Xiaoli. Aging test methods for agricultural polyethylene plastics[J]. Rubber Resources, 2006(5):19-22.
- [5] 陈艳琴. 单翼迷宫式滴灌带质量不合格的原因及预防措施[J]. 计量与测试技术, 2010, 37(1):71-73.
- Chen Yanqin. The reason of unqualified quality and preventive measures on drip tape with labyrinth on one side[J]. Measurement and Testing Technology, 2010, 37(1):71-73.
- [6] Zaharescu T, Jipa S, Henderson D, et al. Thermal and radiation resistance of stabilized LDPE[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2010, 79(3):375-378.
- [7] Tochacek J, Vratnickova Z. Polymer life-time prediction: The role of temperature in UV accelerated ageing of polypropylene and its copolymer[J]. Polym Test, 2014, 36:82-87.
- [8] Pagès P, Carrasco F, Surina F. FTIR and DSC study of HDPE structural changes and mechanical properties variation when exposed to weathering aging during canadian winter[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1996, 60(2):153-159.
- [9] Carrasco F, Pagès P, Pascual X. Artificial aging of HDPE by ultraviolet irradiation[J]. European Polymer Journal, 2001(37):1457-1464.
- [10] 胡行俊, 易军, 伍巧晖, 等. 滴灌带在吐鲁番与广州的大气曝晒老化试验[J]. 塑料助剂, 2014(5):46-49.
- Hu Xingjun, Yi Jun, Wu Qiaohui, et al. Weathering ageing test of irrigation-drip tape in turpan and guangzhou[J]. Plastic Additives, 2014(5):46-49.
- [11] 郭斌, 吴守军, 朱德兰. 添加剂对废弃 PE 材质滴灌带再生材料力学性能的影响[J]. 节水灌溉, 2016(2):47-50.
- Guo Bin, Wu Shoujun, Zhu Delan. Effect of additives on the mechanical properties of recycling material of waste PE drip tape[J]. Water Saving Irrigation, 2016(2):47-50.
- [12] 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 tapes[J]. China Plastics, 2013, 27(5):60-64.
- [13] 买买提江·依米提, 塞娜瓦尔·阿布拉, 艾买提江·萨伍提, 等. 内镶式滴灌带的制备与耐老化性能研究[J]. 中国塑料, 2014, 28(4):78-82.
- Mamajan Yimit, Sanawar Abila, Amatjan Sawut, et al. Study on preparation and anti-ageing performance of inlaid type drip irrigation tapes[J]. China Plastics, 2014, 28(4):78-82.
- [14] 买买提江·依米提, 努尔买买提·阿布都拉, 艾买提江·萨伍提等. 农用滴灌带回收料专用拉力测试机[P]. CNZL201620419544.6[P]. 2016-09-07.
- Mamajan Yimit, Nurmamat Abdulla, Amatjan Sawut. Agricultural drip irrigation with a dedicated tensile testing machine[P]. CNZL201620419544.6[P]. 2016-09-07.
- [15] Wong W K, Hsuan Y G, Grace H. Interaction of an antioxidants with carbon black in polyethylene using oxidative induction time methods[J]. Geotextiles and Geomembranes, 2014, 42(6):641-647.
- [16] 买买提江·依米提, 塞娜瓦尔·阿布拉, 张胜军, 等. 滴灌带紫外光人工加速老化实验方法的研究[J]. 中国塑料, 2013, 27(12):89-93.
- Mamatjan Yimit, Sanawar Abila, Zang Shengjun, et al. Research on experimental methods of UV artificially accelerated photoaging of drip irrigation tape[J]. China Plastics, 2013, 27(12):89-93.

优惠销售中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国合成树脂供销协会加工与应用分会为了配合 2000~2017 年先后召开的中国工程塑料复合材料技术研讨会, 共编辑、出版了 18 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术, 以及文献综述、评论等, 突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》, 以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘, 现以优惠价格(含邮费)销售, 欢迎订阅。

1. 2004~2017 年中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》, 优惠价 400 元/套。

2. 2000~2017 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集光盘, 优惠价 300 元/盘。本光盘除收录 2000~2017 年 18 本《论文集》的全部内容外, 还包括约 3400 人次的会议代表通讯录。

邮局汇款

收款地址: 山东济南市天桥区田庄东路 3 号

收款单位: 《工程塑料应用》杂志社

邮编: 250031

电话: (0531)85878223 85878057 85878278

传真: (0531)85947355

银行汇款

户名: 山东非金属材料研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

帐号: 1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>