

单翼迷宫式滴灌带配方优化研究 及其回收料的老化程度判定

新疆大学化学与化工学院

2014年1月11日

第一部分 文献综述

我国水资源短缺，特别是我国西北干旱半干旱地区严重缺水，农业用水更加不足，农业缺水问题在很大程度上要靠节水解决。联合国 1972 年召开的“人类环境”会议和 1979 年召开的“水”的大会就曾警告全世界“水不久将成为一项严重的社会危机”。其实，世界上科技先进、经济发达的国家早在本世纪 30 年代就开始研究实施喷灌这一先进的节水灌溉技术了。50 年代以后，由于塑料工业的飞速发展，塑料制品取代金属制品的范围越来越广。为了适应水资源极度短缺地区灌溉的需要，以塑料为原材料的滴灌和微喷灌系统逐渐发展起来。到 70 年代中期，澳大利亚、以色列、墨西哥、新西兰、南非和美国等 6 个国家开始推广滴灌。利用先进的科学技术手段，发展节水灌溉是解决我国水资源紧缺的必由之路，世界农业灌溉发展状况表明，滴灌技术是节水灌溉中最行之有效的节水新技术。

1.1 国内节水灌溉发展概况

我国农业灌溉有着悠久的历史。但是，直到解放初期大部分农田灌溉还沿袭着旱田大水漫灌、水田串畦淹灌的灌水方法。由于长期大水漫灌的结果，抬高了地下水位，土壤发生次生盐碱化，严重影响着作物产量的提高。解放后为了发展农业，满足国民经济增长和人民生活水平提高的需要，各省和各大灌区在 50 年代先后建立了灌溉试验站。试验研究科学的灌溉制度和与之相配套的田间工程规格、标准。50 年代我国一直不断地开发新水源，建设新灌区。因此，灌溉面积发展很快，从 1949 年的 1600 万平方米到 1957 年增加到 2734 万平方米；粮食产量从 1132 亿 kg 增加到 1950 亿 kg。为了进一步开展节水灌溉，50 年代末我国开始从国外引进先进的节水灌溉技术和设备，随着水资源量的不断减少，各地结合本地实际情况，创造、推广了许多行之有效的局部灌溉措施，如东北的坐水种、西北的膜上灌等都对农业发展起到很大作用。今后随着人口的增长、城市的扩大、工农业用水量的增加，局部灌溉的节水灌溉一定会快速发展。

1.2 滴灌的优点

1.2.1 省水

滴灌是一种可控制的局部灌溉，可适时适量的灌水。水滴渗到作物根层周围的土壤中，供作物本身生长所需。由于棉田实施覆膜栽培，抑制了棵间蒸发。滴灌系统采用管道输水，减少了渗漏。所以，在棉花生长期内，比地面灌省水 40%~50%。还可以控制灌水量大小、灌水时间和灌水次数，小水量灌溉，以满足后期棉花对水分养分的需求。

1.2.2 省肥

肥料随滴灌水流直接送达作物根系部位，易被作物根系吸收，提高了利用率；

亦可做到适时适量，对作物生长极为有利，平均可省肥 20%左右。

1.2.3 省农药

水在管道中封闭输送，避免了水对虫害的传播。另外，地膜两侧较干燥，无湿润的环境滋生病菌。因而除草剂、杀虫剂用量明显减少，可省农药 10%~20%以上，杀虫效果好。

1.2.4 省地

由埋入地下及地面移动的输水管道代替地面灌时占地的农渠及田间灌水渠道，可节省地 5%左右。

1.2.5 省工和节能

地面灌时，挖土堵口，工作条件差，劳动强度大，一个农工管理棉田 2h m² (30 亩)左右。采用滴灌后，主要工作是观测仪表、操作阀门，工作条件好；滴灌能随水施肥、施药，膜下及旁侧杂草难以生长，土壤不板结，田间人工作业(包括锄草、施肥、修渠、平埂、病害治理等)和机械作业大大减少，人工管理定额大幅度提高，一个农工可以管理 4~6h m²(60~90 亩)或更多的棉田，劳动生产率提高。

1.2.6 有利于利用盐碱地

棉花膜下滴灌可使作物根系周围形成低盐区，利于幼苗成活及作物生长。由盐碱地上的试验可看出，不仅脱盐效果好，而且脱盐用水量比地面灌明显减少，还能获得较高产量，这对盐碱地的使用很有价值。

1.2.7 有较强的抗灾能力

作物从下种、出苗起，就得到适时、适量的水和养分供给，棉花各类生长指标均优，抵抗力强。如 2001 年 7 月下旬，正是棉花生长的旺盛期，北疆地区突然连续几天降雨、降温，地面灌棉花大幅度减产，而滴灌棉花减产幅度相对较小。

1.2.8 增产

由于科学调控水肥，土壤疏松，通透性好，并经常保持湿润，棉花生长条件优越，结铃率高，单铃重增加。因此，棉花普遍可增产 10%~20%，低产田可增产 25%以上。石河子垦区 2000 年对 5 个团场 4.16 万亩棉田调查，籽棉每公顷增产 858kg，增产率 23%。

1.2.9 农作物质量提高

膜下滴灌营造了农作物良好的生长条件，因而，不但产量高，而且品质好，如棉花的成熟度好，纤维长度增加 0.4~0.7mm，纤维的整齐度高，外观光泽好。

1.3 滴灌带的分类

滴灌带是滴头与毛管制成一体，兼有配水和滴水功能，按其构造可以分为片式、内镶式滴灌带、薄壁迷宫式滴灌带等。

单翼迷宫式滴管带结构如图 1 所示。滴灌带是一种厚 0.11~0.6mm 的薄壁塑料带，充水时胀满管形，泄水时为带状，运输、储藏都十分方便。单侧压边迷宫式滴灌带，具有紊流流态，压力补偿特性，迷宫流道及滴孔一次真空整体热压成型，制造精度高、多个进口，能有效地防止堵塞，出水量一致，可适用于温室、大棚、大田，沿作物植行铺设，平地最大铺设长度 194 m。

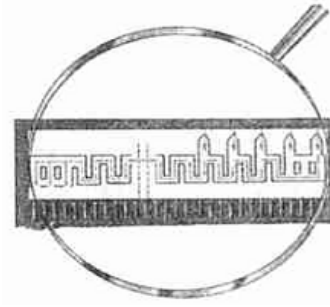


图 1-1 单翼迷宫式滴管带结构

1.4 单翼迷宫式滴灌带的生产原料

迷宫式滴灌带主要以聚乙烯回收造粒料为主，原料的种类有：造粒料、5000S、0209、助剂、老化母料和少量碳黑等，其中造粒料约占 70%~95% 左右。

由于迷宫式滴灌带主要原料是聚乙烯回收造粒料，它的各项性能都已经降解。为了让滴灌带各项性能满足要求，在生产配方，在造粒料中通过加入高密度聚乙烯、线性低密度聚乙烯、助剂、抗老化剂、炭黑等原料，通过一定的配比，使滴灌带的各项性能在达到国标的要求同时，具有一定强度和韧性，在大田的使用过程中有良好的抗压能力和抗老化能力，各种原料在其中占的比例不同，所起到的作用也各不相同，以下就是各种原料在配方中的作用。

HDPE5000S 高密度聚乙烯为无毒、无味、无臭的白色颗粒，熔点约为 130℃，相对密度为 0.941~0.960。它具有良好的耐热性和耐寒性，化学稳定性好，还具有较高的刚性和韧性，机械强度高。介电性能，耐环境应力开裂性亦较好。熔化温度 220~260℃。对于分子较大的材料，建议熔化温度范围在 200~250℃ 之间。具有韧性、较低流动性和可加工性的较高流动性，高抗环境应力开裂，屈服强度较大，弹性模量小，具有良好的拉伸性能，在滴灌带的生产过程中，使滴灌具有较好的韧性，不易变形。配方中能增加产品的强度，提高抗冲击性的能力，使滴灌带在运用的使用时，在水泵的增压过程中，能在额定压力下正常的工作。

LLDPE0209 线型低密度聚乙烯为无毒、无味、无臭，呈乳白色颗粒。它与低密度聚乙烯相比具有强度高、韧性好、刚性强、耐热、耐寒等优点，还具有好的耐环境应力开裂、耐撕裂强度等性能，并可耐酸、碱、有机溶剂等，能增加滴灌带的各项性能，使滴灌带在自然环境中使用时有更好的耐热、抗压性能。

防老化母料 主要成份为光稳定剂和抗氧剂，延缓滴灌带使用过程中材料的老化速度，保证滴灌带在滴灌期能良好的工作，减慢在紫外线的照射下出现光降解和氧降解，使滴灌带能具有长期稳定的抗压能力。

炭黑母料在塑料工业中用途之一是紫外光屏蔽剂,由于炭黑有较高的吸光性,因而能有效的防止塑料受阳光照射而产生光氧化降解。炭黑作为紫外光稳定剂在塑料中所起的作用有:把光能转化为热能;保护塑料表面而免遭一定波长的射线照射;截取原子团而产生防老化作用,从而阻止催化降解。试验数据证明当一定细度的炭黑的浓度为百分之二时可以达到完美的紫外线屏蔽作用。

1.5 原料及农用滴灌带性能检测

1.5.1 原料各项性能检测

1) **熔融指数值的测定**:聚合物的熔融指数,又称熔体流动速率(MFR),通常是指塑料熔体在规定的温度和压力下,在参照时间内(10min)从标准口模压出的质量,单位为 g/min。

高聚物熔体黏度和熔体流动速度与高聚物的分子量大小有密切相关。一般情况,熔体流动速度越小,平均分子量越高,反之平均分子量越低。该项测定可用于判定热塑性塑料处于熔融状态时的流动性,了解聚合物分子量大小及分子量宽度的分布,了解分子交联的程度,为塑料成型加工选择工艺条件提供依据。

2) **碳黑含量的测定**:单翼迷宫式滴灌带的主要原料是造粒料,原料本身已含有一定的炭黑,炭黑含量的比例不合适对滴灌带产品的质量都会有影响,按 G/BT13021 用炭黑含量测试仪对其进行测定。

3) **拉伸试验测试**:拉伸实验是最常用的一种力学实验,由实验测定的应力—应变曲线,可以得出评价材料性能的屈服强度($\sigma_{屈}$),拉伸强度($\sigma_{拉}$)和断裂伸长率($\epsilon_{断}$)等表征参数,不同的高聚物、不同的测定条件,测得的应力—应变曲线是不同的。结晶性高聚物的应力—应变曲线分三个区域如图 1-2 所示。

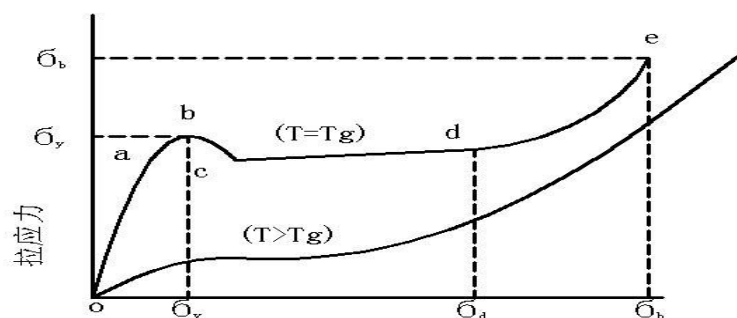


图 1-2 聚合物拉伸时典型的应力—应变曲线

(1) ob 段曲线的起始部分,近乎是条直线,试样被均匀拉长,应变很小,而应力增加很快,呈普弹变形,是由于分子的键长、键角以及原子间距离的改变所引起的,其变形是可逆的,应力与应变之间服从虎克定律,即:

$$\sigma = E\varepsilon$$

式中 σ ——应力, MPa

ε ——应变, %

E---弹性模量, MPa

b----为屈服点, b 点所对应应力叫屈服应力($\sigma_{屈}$)或屈服强度。

(2)cd 段到达屈服点 b 后, 试样突然在某处出现一个或几个“细颈”现象, 出现细颈部分的本质是分子在该处发生了取向的结晶, 该处强度增大、故拉伸时细颈不会再变细拉断, 而是向两端扩展, 直至整个试样完全变细为止, 此阶段应力几乎不变, 而变形却增加很多。

(3)de 段被均匀拉细后的试样。再度变细即分子进一步取向, 应力随应变的增加而增大、直到断裂点 e, 试样被拉断, 对于 e 点的应力称为强度极限, 是工程上重要指标, 即抗拉伸强度或断裂强度 de, 其计算公式如下:

$$\sigma_{断} = P / (b \times d) \text{ (MPa)}$$

式中 p--量大破坏载荷, N

b--试样宽度, mm

d--试样厚度, mm

断裂点 e, 可能高于或者低于屈服点 b

断裂伸长率, 是材料在断裂时相对伸长 ε 端按下式计算:

$$\varepsilon_{端} = (L - L_0) / L_0 \times 100 \%$$

式中 L_0 —试样标线间距离, mm

L—试标断裂时标线间距离, mm

4) **冲击性能试验:** 冲击性能试验是在冲击负荷作用下测定材料的冲击强度, 是用来衡量高分子材料在经受高速冲击状态下的韧性或对断裂的抵抗能力, 因此冲击强度也称冲击韧性。

一般的冲击试验可分为以下三种: 摆锤式冲击试验(包括简支梁冲击和悬臂梁冲击); 落锤式冲击试验; 其他冲击试验方法。三种冲击试验方法按试验温度又可分为常温冲击、低温冲击和高温冲击三种; 按受力状态可分为弯曲冲击、拉伸冲击、扭转冲击和剪切冲击; 按采用的能量和冲击次数可分为大能量的一次冲击和小能量的多次冲击。

不同材料或不同用途可选择不同的冲击试验方法, 塑料冲击性能测试参照标准为 GB / T 1043—93, 橡胶冲击性能测试参照标准为 GB / T 1697—2001。

5) **聚合物的热变形, 维卡软化温度测定:** 聚合物的耐热性能, 通常是指它在温度升高时保持其物理机械性质的能力。聚合物材料的耐热温度是指在一定负荷下, 其到达某一规定形变值时的温度。发生形变时的温度通常称为塑料的软化点

T_s 。因为使用不同测试方法各有其规定选择的参数，所以软化点的物理意义不像玻璃化转变温度那样明确。常用维卡耐热以及热变形温度测试方法测试聚合物耐热性能。

维卡软化点是测定热塑性塑料于特定液体传热介质中，在一定的负荷、一定的等速升温条件下，试样被 1 mm^2 针头压入 1 mm 时的温度。

1.5.2 农用滴灌带各项性能检测

1) 外观的检测：①色泽均匀一致，平整，不应有气泡、明显的未塑化物及杂质，迷宫流道成型饱满。②规格尺寸的检测：公称内径为 16 mm ，极限偏差 $\pm 0.3\text{ mm}$ 。公称壁厚为 0.18 mm ，极限偏差 $+0.04\text{ mm}$ 、 -0.02 mm 。

2) 测压实验：

① 压力爆破实验：滴灌带在使用时要承受来自供水系统瞬间水给它的压力。压力爆破实验就是检测滴灌带在供水开始时，瞬间所能承受水给它的最大压力。

② 静压实验：在农作物进行滴灌过程中，供水压力保持一定压力的状态下，测定它在这种状态下时间范围内的使用寿命。

③ 拉伸性能的检测：在外力的持续作用或强大外力的短期作用下，材料会发生形变直至宏观破坏或断裂，材料断裂的方式与其本身的性质有着密切的联系。拉伸性能的检测就是对材料这种破坏或断裂的抵抗能力强度的检测。

④单翼迷宫式滴灌带的堆放：应在低温避光、干燥、通风无污染，地面平整四周无硬物，分类分批次、并附有标识的码放整齐。

1.6 本项意义及目的

1) 化学化工学院与企业合作，设计和优化迷宫滴灌带的配方，自主研发滴灌带防老化母料，为企业以后的生产创造更好的选择性，同时在大量的实验中，采用合理的原料，降低迷宫滴灌带的生产成本。

2) 回收造粒料是迷宫式滴灌带的主要原料，也是降低成本的原料。配方中一般用量在 $75\% \sim 98\%$ 之间，这取决于回收料的各项力学性能、老化程度、碳黑含量及矿物质含量。所以在设计迷宫式滴灌带配方时掌握回收造粒料的各项性能尤为重要。研究出简单、易操作、可靠的判定方法有重要意义。

3) 本文还详细的介绍原料及滴灌带各项性能的检测方法。

第二部分 实验部分

2.1 原料与设备仪器

2.1.1 试验原料

LL0209: 中国石油独山子石化; 5000S: 中国石油兰州石化公司; TA 215 抗氧剂、受阻胺光稳定剂 622: 上海金海雅宝精细化工有限公司。

2.1.2 实验设备

同向双螺杆挤出机: 中国江苏(南京)科亚公司; 塑料注塑成型机 XL-400VI: 宁波高新协力机申液有限公司; 微机控制电子万能试验机, CMT6104, 深圳新三思计量公司; 简支梁冲击试验仪, 承德市金建检测仪器有限公司; 单翼迷宫式滴灌带生产设备: 信益塑料机械有限公司; 熔体流动速率仪, 承德市金建仪器有限公司。碳黑测试仪 DZ3500 型: 南京大展机电技术研究所; 热变形、维卡软化点温度测定仪: 承德市金建检测仪器有限公司;

2.2 试样的制备

2.2.1 原料的预处理

将原料按照一公斤的比例进行称量, 充分搅拌, 使原料进行均匀的混合, 然后进行备用。

2.2.2 挤出造粒

打开挤出机电源和循环水系统, 启动水泵。预热升温, 按工艺要求对各加热区温按仪表进行参数设定, 各段加热温度达到设定温度后, 继续恒温 20 分钟。启动润滑油泵, 检查油泵系统, 看是否有泄漏。用手盘动主电机联轴器, 保证螺杆沿正常转向至少转动三转。启动主电机, 首先使螺杆在低转速下空转, 转速不超过 20r/min。启动鼓风机和造粒机, 把经过干燥过的混合料放入料斗, 调整主机频率与喂料频率到合适的范围。待挤出机机头出料后进行拉条, 调整造粒机转速与出条速度相匹配, 造粒机转速随主机产量大小而升降。最后, 把造粒料放到恒温干燥箱中烘干至少 24 小时, 以备注塑。本实验工艺条件如表 2-1 所示:

表 2-1 滴灌带配方挤出造粒工艺条件

机头/°C	一段/°C	二段/°C	三段/°C	四段/°C	熔温/°C	主机频率/Hz	喂料频率/Hz
190	200	195	195	215	178	6.0	4.0

2.2.3 标准样条的注塑成型

预热升温, 按工艺要求对各加热区温度仪表进行参数设定, 各加热区温度达

到设定值后，继续恒温 20 分钟。首先使用手动模式试车，调试注塑系统，在低压低速下注射，检查各部分是否运行正常。按工艺要求设定其它参数后，把预先经过干燥，冷却后的挤出粒料放入料斗。换为半自动模式下操作，开关一次安全门，机器就自动打样一次，重复操作即可。注塑成型后样条须在自然条件下冷却至少 24 小时，冷却后进行各种测试。本实验工艺条件如表 2-2 所示：

表 2-2 标准样条的注塑成型工艺条件

喷嘴/°C	一段/°C	二段/°C	射胶压力/bar	冷却时间/S	冷却介质
25	230	210	80	16	空气

2.3 原料及滴灌带各项性能的检测方法

1) 熔融指数值的测定

首先设定熔体流动速率仪实验参数，滴灌带的配方中主要用原料是聚乙烯，一般对于聚乙烯的设定温度为 190°C，压力为 2.16kg，切割时间为 60s，设定到质量法 KFM，然后开始加温，当温度恒定以后，设备自动提示，可以开始实验，用台秤称量 5g 通过挤出机造粒的实验配方，然后放入设备的料筒内，加上实验前选着的负荷，使温度恒定 4min，当砝码杆到取样的最低刻度时，开始用切刀取样，取出的样条在分析天平上进行称量，然后按公式进行计算。

$$MFR(\theta, m_{nom}) = \frac{t_{ref} \times m}{t}$$

式中： MFR -- 熔体流动速率，g/10min；

m_{nom} -- 标称负荷，kg；

θ -- 试验温度，°C；

m -- 切段的平均质量，g；

t_{ref} -- 参比时间（10min）

t -- 切段的时间间隔，s；

2) 拉伸试验测试

按照 GB/T1040-92 用微机控制电子万能试验机对选好的十条原料注塑标准样条进行测试，取平均值。样条的拉伸过程中设定参数：拉伸速度 100mm/min；温度 25°C；样条的形状为哑铃型；样条间距 30mm；宽度 4mm；厚度 2mm。

3) 碳黑含量的测定

按 G/BT13021 用炭黑含量测试仪对其进行测定。打开仪器设定其温度、升温速度、时间等参数，然后称取 1g 左右的试样，接通氮气将试样放入仪器按运

行键进行测试。到测试时间时仪器自动提示。取出样品冷却后称重，此时试样重量记为 B。然后将样品氧气状态进行加热，加热时间到取出试样冷却称重，此时的重量记为 C，计算公式为：

$$\text{矿物质}=\text{C}/\text{A}\times 100\%；\text{填料}=\text{B}/\text{A}\times 100\%；\text{炭黑含量}=(\text{B}-\text{C})/\text{A}\times 100\%$$

式中：A 为：所测试样重量/g

B 为：试样在氮气状态下燃烧后的重量/g

C 为：试样在氧气状态下燃烧后的重量/g

4) 外观的检测

① 色泽均匀一致，平整，不应有气泡、明显的未塑化物及杂质，迷宫流道成型饱满；

② 规格尺寸的检测：公称内径为 16mm，极限偏差 $\pm 0.3\text{mm}$ 。公称壁厚为 0.18mm，极限偏差 $+0.04\text{mm}$ 、 -0.02mm 。

5) 滴灌带产品性能测试

① 压力爆破实验：将生产出来的滴灌带放置 24h 后，取出运用配方生产出来的滴灌带进行水压测试，首先安装两条相同的滴灌带实验样品在冲压头上，将样品铺放整齐，没有弯折处，盖上冲压设备的玻璃罩，然后开始加压，在 30s 内，将压力逐渐增大，直到将实验滴灌带压爆为止，此时立刻关闭加压设备，读取试样被冲爆时的压力，此时的压力即为式样的爆破压力。

② 静压实验：将生产出来的滴灌带放置 24h 后，取出运用配方生产出来的滴灌带进行水压测试，首先安装两条相同的滴灌带实验样品在冲压头上，将样品铺放整齐，没有弯折处，盖上冲压设备的玻璃罩，然后开始加压，在压力调试为 1.8MPa 时停止加压，在此压力下持续两个小时，观察实验滴灌带的抗压能力，记录滴灌带在两个小时内的滴水情况，观察是否渗水出现鼓包或爆裂的情况。

③ 拉伸性能的检测：随机抽出三段至少 300mm 的滴灌带（每段包括一个滴水孔且位于中间），各做两条 200mm 的横向标线（滴水孔位于中间），逐一固定于实验设备的加紧装置上（标线于夹具的间距不大于 10mm）。加足 130N 的负荷，保持 15min 好后卸载，观察试样是否有破坏现象，放置 30min 后测量标线间的距离，计算其相对于实验前间距的变化率，结果取最大值。

2.4 迷宫式滴灌带中试

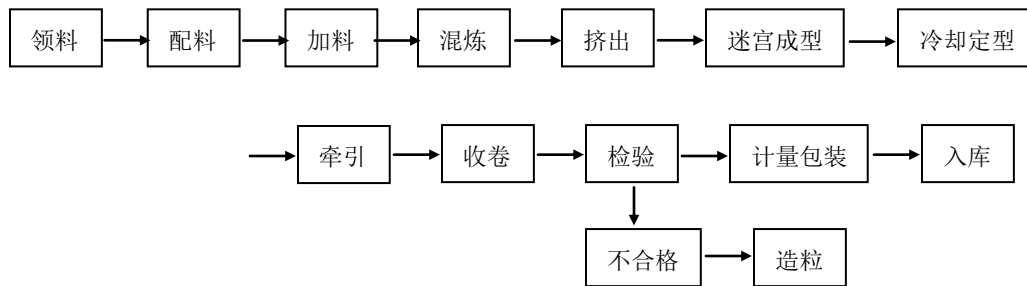
将实验室设计的性能较好的配方，在生产车间通过单翼迷宫式滴灌带的生产设备原料配比比例按 1: 50 进行生产，设定工艺参数（按表 2-3、2-4）测试配方在生产的过程中可能存在的问题以及配方的可行性。

表 2-3 单翼迷宫式滴灌带生产参数

生产速度	牵引速度	主机速度	模具速度
30m/min	800 r /min	104r /min	800r /min

表 2-4 单翼迷宫式滴灌带生产参数

主机电流	18A		干燥机温度		40℃	
主机各段	一区	二区	三区	四区	五区	六区
设定温度/℃	150	150	155	165	160	155
实际温度/℃	153	150	157	169	176	173



单翼迷宫式滴灌带生产工艺流程图

第三部分 结果与讨论

3.1 各种原料的力学性能比较

通过双螺杆挤出机、注塑机和万能拉伸测试仪，将各种迷宫式滴灌的专用料进行了分析，通过原料分析来选择适合配方的原料，以下就是各种原料力学性能。

表 3-1 迷宫式滴灌带原料力学性能对比

原料名称	熔融指数 g/10min	屈服强度 MPa	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 %	弹性模量
LLHPE0209	0.931	10.6	21.6	413.8	81.4
HDPE 5000S	0.855	22.16	28.42	418.2	231.9
造粒料（方兴）	0.818	18.54	22.30	457.3	178.3
外购老化母料	1.218	11.91	21.9	576	82.72
自制老化母料	1.137	10.69	21.64	675	73.33

HDPE5000S: 拉丝级；熔指 0.855g/10min、密度 0.948-0.954g/cm³，简支梁冲击强度 36.2kJ/m²、屈服强度 22.16Mpa、拉伸强度 28.42 MPa、断裂伸长率 418.2%、弹性模量 231.9。机械强度高，可用于绳索和网用单丝，而且可用于中空制品、管材等。配方中能增加产品的强度，提高抗冲击性的能力。

LDPE0209AA: 薄膜级，熔指 0.931g/10min、密度 0.954-0.964g/cm³、简支梁冲击强度 18.5 (kJ/m²)、屈服强度 10.6 Mpa、拉伸强度 21.6Mpa、断裂伸长率 413.8%、弹性模量 81.4，适用于制作重（载）包装膜、农膜、拉伸膜、大棚膜、便携袋，也可用于掺混提高 LDPE 的性能。当应用在滴灌带具有韧性好、刚性大、耐热、耐寒性好等优点，还具有良好的耐环境应力开裂性，耐冲击强度、耐撕裂强度等性能。

回收造粒料: 是迷宫式滴灌带的主要原料，也是降低成本的原料。配方中一般用量在 75%~98%之间，这取决于回收料的各项力学性能、老化程度、碳黑含量及矿物质含量。所以在设计迷宫式滴灌带配方时掌握回收造粒料的各项性能尤为重要。

防老化母料: 主要成份为抗光剂和抗氧剂，减慢滴灌带使用过程中材料的老化速度，保证滴灌带在滴灌期能良好的工作，减慢在紫外线的照射下出现光降解和氧降解，使滴灌带能具有长期稳定的抗压能力。

3.2 滴管带回收料性能分析

回收造粒料是迷宫式滴灌带的主要原料，也是降低成本的原料。配方中一般用量在 75%~98%之间，将各地使用过的滴管带进行回收、粉碎、挤出、注塑后，对其进行各项性能分析。

表 6 滴管带回收造粒料性能对比

名称	力学性能			物理性能		填料含量%		
	拉伸强度 Mpa	断裂伸长率%	弹性模量 Mpa	熔融指数 g/10min	熔点 °C	炭黑 %	填料 %	矿物 %
博乐菁华	22.9	240.2	220.4	0.78	130.28	1.694	2.358	0.669
博乐赛里木	22.49	569.2	229.6	0.88	130.32	29.79	30.12	0.332
博乐建明	23.34	461	226.6	0.73	129.88	13.3	15.1	1.796
和静	23.15	452	163.9	0.68	130.93	0.933	0.833	1.766
绿翔（额敏）	22.34	543.9	219.4	0.51	130.05	1.964	2.463	0.499
芳草湖（龚）	23.58	482.5	176.9	0.89	129.75	1.23	0.67	1.9
博盛源	21.25	571	227.9	0.66	129.68	1.696	2.429	0.732
博乐恒源	18.91	610.3	222.7	1.07	129.63	8.453	9.781	1.33
伊犁天禾	21.97	392.8	203.2	0.63	129.9	1.696	2.761	1.064
造粒料	24.15	425.6	177.5	0.92	130.23	2.35	1	3.35
吐鲁番迷造	23.91	352.6	211.1	133.9	130.12	1.865	0.67	3.76
新湖郑迷	21.69	382	183	135.8	129	1.45	0.78	3.67

表 7 滴管带回收料老化前后力学性能对比

名称	老化前拉伸	老化后拉伸	保持率	老化前断裂	老化后断裂	保持率
	强度/Mpa	强度/Mpa	/%	伸长率/%	伸长率/%	/%
博乐菁华	22.9	22.99	100.3	240.2	221.2	105.4
博乐赛里木	22.49	28.4	126.2	569.2	680.3	119.5
博乐建明	23.34	22.44	96.14	461	304.1	65.96
和静	23.15	20.51	88.59	452	237.1	52.45
绿翔（额敏）	22.34	22.64	101.34	543.9	293.4	53.94
芳草湖（龚）	23.58	21.35	90.54	482.5	416.2	86.26
博盛源	21.25	21.9	103.05	571	532.1	93.18
博乐恒源（梁佳孔）	18.91	20.0	105.7	610.3	529.2	86.7
伊犁天禾	21.97	20.86	94.94	392.8	219.5	55.88
造粒料（芳草湖）	24.15	23.54	97.47	425.6	386.6	90.84
吐鲁番迷造	23.91	24.52	102.55	352.6	366.1	103.82
新湖郑迷	21.69	21.48	99.03	382	313.4	82.04

注：老化后即老化 240h

从表 6 和表 7 中可以看出，博乐菁华、博乐赛里木、芳草湖（龚）、博盛源、博乐恒源（梁佳孔）、造粒料（芳草湖）等滴管带回收料老化前后的拉伸强度、断裂伸长率保持率较好，说明其未老化。从表 6 可以看出，这些回收料的炭黑含量都较低，说明炭黑含量是影响滴管带老化性能的重要因素。

3.3 迷宫式滴灌带的配方设计

3.3.1 2013 年 4 月 23 日新大实验室配方

在迷宫式滴灌带配方的设计过程中,回收造粒料是主要原料,也是降低成本的原料。配方中一般用量在 75%~98%之间,这取决于回收料的各项力学性能、老化程度、碳黑含量及矿物质含量。配方中适当的添加 HDPE5000S 和 LLDPE0209A 树脂能增加产品的强度,提高抗冲击性、耐环境应力开裂性、耐撕裂强度等性能。同时在配方中适当的添加炭黑和防老化母料能增加产品的抗光、抗氧化能力,并提高产品的使用寿命。确定了 5 个配方,见表 3-2 所示。

表 3-2 迷宫式滴灌带配方

原料 (g)	5000S	助剂	外购母料	造粒料
配方一 (A)	60	20	20	900
配方二 (B)	50	20	30	900
配方三 (C)	\	\	30	970
配方四 (D)	\	\	40	960
配方五 (E)	\	\	50	950

通过运用双螺杆挤出机,注塑剂将配方制成标准样条,通过万能拉伸测试仪,熔体流动速率仪的测试,得出其配方的力学性能见表 3-3。

表 3-3 配方的各项力学性能测试结果

力学性能	熔融指数	屈服强度	拉伸强度	断裂伸长率	弹性模量
	g/10min	MPa	MPa	MPa	
配方一(A)	0.799	19.54	22.72	461.6	213.7
配方二(B)	0.811	19.15	23.16	486.7	206.7
配方三(C)	0.695	20.0	22.58	433.5	193.8
配方四(D)	0.712	19.79	23.39	452.1	184.7
配方五 (E)	0.731	19.42	23.03	445.7	177.5

3.3.2 2013 年 5 月 11 日中试

在企业的迷宫式滴灌带生产车间,用迷宫式滴灌带生产设备 7 号机对迷宫式滴灌带配方进行中试,以实验室确定的五种配方进行中试生产,各自配了 25kg 原料并混合均匀。通过迷宫式滴灌带生产设备生产出来的滴灌带,进行国标测试,遵照 BG/T 19812.3-2005 所测数据见下表:

表 3-4 中试配方生产工艺参数及指标测试数据

工艺参数(°C)										
项目	一区	二区	三区	四区	五区	六区	料斗加	牵引速度	模具速度	
设定	150	150	155	165	160	155	热	800 转/ 分钟	800 转/ 分钟	
实际	153	150	157	169	176	173	40°C			
一号配方	左: 每米重 11.4 克	壁厚 mm: 0.195、0.195、0.205、0.180				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.31	折径 mm:24-24.2	
	右: 每米重 11.6 克	壁厚 mm: 0.20、0.205、0.205、0.185				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa:0.305	折径 mm:24.2-24.5	
炭黑含量分析		炭黑含量: %				填料: %		矿物质: %		
拉伸性能: 3 个试样在 130N 力量下保持								标线间尺寸变化率: /		
二号配方	左: 每米重 11.8 克	壁厚 mm: 0.185、0.205、0.205、0.185				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa:0.315	折径 mm:24-24.2	
	右: 每米重 11.6 克	壁厚 mm: 0.20、0.205、0.205、0.185				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.31	折径 mm:24.-24.2	
炭黑含量分析		炭黑含量: %				填料: %		矿物质: %		
拉伸性能: 3 个试样在 130N 力量下保持								标线间尺寸变化率: /		
三号配方	左: 每米重 11.2-12 克	壁厚 mm: 0.20、0.205、0.20、0.185				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.31	折径 mm:24.5-25.	
	右: 每米重 11.6-12.2 克	壁厚 mm: 0.190、0.195、0.20、0.185				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa:0.305	折径 mm:25-25.5	
炭黑含量分析		炭黑含量: %				填料: %		矿物质: %		
拉伸性能: 3 个试样在 130N 力量下保持								标线间尺寸变化率: /		
四号配方	左: 每米重 11.8 克	壁厚 mm: 0.21、0.20、0.195、0.21				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.31	折径 mm:24.5-25	
	右: 每米重 11.8 克	壁厚 mm: 0.21、0.205、0.195、0.205				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.32	折径 mm:24.5-24.5	
炭黑含量分析		炭黑含量: %				填料: %		矿物质: %		
拉伸性能: 3 个试样在 130N 力量下保持								标线间尺寸变化率: /		
五号配方	左: 每米重 11.8 克	壁厚 mm: 0.185、0.20、0.175、0.20				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.30	折径 mm:25-25.5	
	右: 每米重 11.4 克	壁厚 mm: 0.175、0.195、0.18、0.205				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.31	折径 mm:24.5-25	
炭黑含量分析		炭黑含量: %				填料: %		矿物质: %		
拉伸性能: 3 个试样在 130N 力量下保持								标线间尺寸变化率: /		

滴灌带质量分析: 管壁表面光洁度较好, 壁厚均匀, 四点壁厚最大相差 0.01mm; 耐静水压测试均合格, 爆破压力 0.3Mpa 以上; 牵引速度 800 转/分钟

3.3.3 2013 年 6 月 2 日新大实验室配方

在迷宫式滴灌带配方中回收造粒料一般用量在 75%~98%之间, 这取决于回收料的各项力学性能、老化程度、炭黑含量及矿物质含量。配方中适当的添加 HDPE5000S 和 LLDPE0209A 树脂能增加产品的强度, 提高抗冲击性、耐

环境应力开裂性、耐撕裂强度等性能。对迷宫 68-1 配方、迷宫 68-2 配方和迷宫 68-3 配方进行中试生产，防老化母料用自制的防老化母料，光稳定剂 622:抗氧剂 AT215=1:1。各自配了 50kg 原料并混合均匀。确定的 3 个配方配比，见表 3-5 所示。

表 3-5 迷宫式滴灌带配方列表（6 月 9 日试机配方）

原料 (g)	5000S	0209	助剂	炭黑	外购老化母料	自制老化母料	造粒料
迷宫 68-1	3.5	3.5	5.0	0.5	\	2.0	85.5
迷宫 68-2	5.0	\	2.0	\	2.0	1.0	90.0
迷宫 68-3	\	\	\	\	3.0	1.0	96.0

表 3-6 迷宫式滴灌带配方的力学性能试验数据

力学性能	熔 融 指 数 (g/10min)	屈服强度 MPa	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 MPa	弹性模量
迷宫 68-1	0.719	18.55	23.40	557.9	137.6
迷宫 68-2	0.695	17.71	23.06	596.1	145.0
迷宫 68-3	0.686	19.69	23.59	377.3	140.2

3.3.4 2013 年 6 月 8 日中试

在企业的迷宫式滴灌带生产车间，用迷宫式滴灌带生产设备 7 号机对迷宫式滴灌带配方进行中试，以实验室确定的五种配方进行中试生产，各自配了 25kg 原料并混合均匀。通过迷宫式滴灌带生产设备生产出来的滴灌带，进行国标测试，遵照 BG/T 19812.3-2005 所测数据见下表：

表 3-7 中试配方生产工艺参数及指标测试数据

工艺参数(°C)										
项目	一区	二区	三区	四区	五区	六区	料斗加	牵引速度	模具速度	
设定	150	150	155	165	160	155	热	800 转/ 分钟	800 转/ 分钟	
实际	151	150	151	165	153	150	40°C			
一 号 配 方	左：每米 重11.8克	壁厚 mm: 0.19、0.18、 0.19、0.19				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.30	折径 mm:24-24.5	
	右：每米 重12克	壁厚 mm: 0.20、0.205、 0.205、0.185				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.29	折径 mm:24-24.5	
炭黑含量分析		炭黑含量: %				填料: %		矿物质: %		
拉伸性能: 3 个试样在 130N 力量下保持								标线间尺寸变化率: % /		
二 号 配 方	左：每米 重11.8克	壁厚 mm: 0.19、0.18、 0.19、0.19				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.30	折径 mm:24-24.5	
	右：每米 重12克	壁厚 mm: 0.19、0.18、 0.19、0.19				耐静水压 0.18MPa/1h: 合格		爆破压力 MPa: 0.29	折径 mm:24.-24.5	
炭黑含量分析		炭黑含量: %				填料: %		矿物质: %		
拉伸性能: 3 个试样在 130N 力量下保持								标线间尺寸变化率: % /		

三号配方	左: 每米重 11.4 克	壁厚 mm: 0.20、0.18、0.20、0.19	耐静水压 0.18MPa/1h: 合格	爆破压力 MPa: 0.29	折径 mm:24-24.5
	右: 每米重 11.8 克	壁厚 mm: 0.20、0.18、0.20、0.20	耐静水压 0.18MPa/1h: 合格	爆破压力 MPa: 0.29	折径 mm:24-24.5
炭黑含量分析	炭黑含量: %		填料: %	矿物质: %	
拉伸性能: 3 个试样在 130N 力量下保持				标线间尺寸变化率: % /	

产品质量分析: 管壁表面光洁度较好, 壁厚较均匀, 四点壁厚最大相差 0.02mm, 管面平整, 没有气泡、无塑化物及杂质, 迷宫流道成型饱满。规格尺寸的检测均符合检测标准。耐静水压测试均合格; 生产的牵引速度 800m/min, 模具速度 800m/min。每米重均在 (11.2g-12.2g) 之间, 爆破压、静水压测试均合格。

3.4 滴灌带产品老化前后各项性能分析

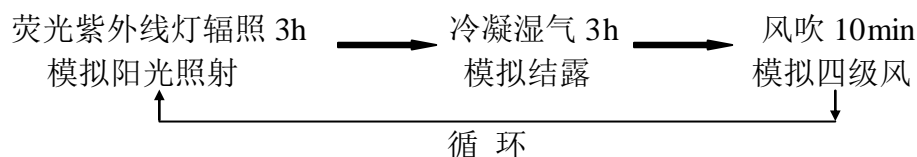
3.4.1 人工老化试验

参照紫外线老化试验国际及国内测试标准: ASTM D4329、ISO 4892-3 以及 GB/T14522-93 所有现行标准, 我们设计制作适用于农用滴灌带产品人工老化试验检测设备标准型-BR-UVT 紫外光老化试验箱。

设备技术参数:

- 1) 荧光紫外灯: 选用美国原装进口 UVA-340 荧光紫外灯管 (UVA-340 荧光紫外灯辐照度控制在 $0.68\text{W}/\text{m}^2/340\text{nm}$ 时, 大致相当于赤道夏日正午 12:00 时平均阳光强度)。
- 2) 黑板温度: 也是被测试样的表面温度, 设定范围 $30\sim 80^{\circ}\text{C}$;
- 3) 冷凝温度: 利用冷凝湿气模拟结露效果, 水槽温度控制范围: $40\sim 60^{\circ}\text{C}$;
- 4) 试样夹: 共有 6 各试样夹, 每个试样夹可辐照 2m 滴灌带 (含 6 个滴头);

人工老化试验工艺:



3.4.2 自然老化试验

自然气候暴露试验就是把试验滴灌带模拟大田农作物种植铺设, 观察试验滴灌带适用情况, 并连续记录膜下和膜上温度、湿度、太阳总辐射量以及保压给水时间与标准型紫外光老化试验箱各项试验参数比较。为自然气候暴露试验顺利进行, 方便观测和记录我们把滴灌带自然气候暴露试验田设在方兴塑化公司有代表性的沙土试验地。以下就是自然气候暴露试验迷宫滴灌带产品。

迷宫 68-1 加一定比率 5000S、0209 新料及老化母料的迷宫滴灌带产品；

迷宫 68-2 加一定比率 5000S 及老化母料的迷宫滴灌带产品；

迷宫 68-3 加 4% 老化母料和 96% 回收料的迷宫滴灌带产品；

3.4.3 夏季每天平均日光辐照强度值计算

我们设计制作了可测太阳光照全波段阳光辐照强度的辐照度测试仪。以方兴塑化公司有代表性的沙土试验地为检测点，每天 09:30、12:30、16:00、17:30 四个时间段检测阳光辐照强度（均为北京时间），检测结果见表 3-8。

表 3-8 老化仪和日光全波段光辐照强度测试结果

测试月	6月	7月	8月	9月	晚上	测试每日日光辐照强度，并统计月平均值； 夏季晚 9 点至凌晨 7 点辐照度为 0W/m ² ； 雨天、阴天日光辐照强度非常低；
平均辐照度 W/m ²	613.05	550.6	617.8	485.5	0	
老化仪紫外灯辐照度 0.68W/m ² 时大致相当于赤道夏日正午 12:00 时平均阳光强度						用日光全波段光辐照强度测试仪测试紫外灯辐照度 0.68W/m ² 时老化仪内光辐照强度为 1368 W/m ²

从表 3-8 测试结果看，用日光全波段光辐照强度测试仪测试紫外灯辐照度 0.68W/m² 时老化仪内光辐照强度为 1368 W/m²，而日光全波段光辐照强度测试，要考虑测试每日日光辐照强度，并统计月平均值；夏季晚 9 点至凌晨 7 点辐照度为 0W/m²；雨天、阴天日光辐照强度非常低。所以夏季每天平均日光辐照强度值可按下式计算，单位：W/m²

$$\text{夏季日光辐照强度} = \frac{\text{日光辐照度测试数据之和}}{\text{测试次数}} \times 70\%$$

按以上公式估算夏季每天平均日光辐照强度值为 317W/m²，老化仪辐照室内光辐照强度为 1368 W/m²，是平均日光辐照强度的 5 倍左右，所以我们认为用标准型-BR-UVT 紫外光老化试验箱做老化试验 24h(1 天)，相当于自然暴露老化试验的 120h(5 天左右)。

3.4.4 温度及吹风对农用滴灌带老化性能的影响

以企业有代表性的沙土试验地为检测点，完全模仿大田棉花种植要求铺膜，每天检测膜上和膜下温度及室外环境温度与紫外光老化试验箱工作温度比较，检测结果见表 3-9。

表 3-9 老化仪和大田老化实验温度统计

测试月	6月	7月	8月	9月	四个月室外平均气温：28.5℃ 四个月膜上下平均温度：36.2℃
膜上下平均温度	39.13	39.2	35.6	30.55	
紫外光老化试验箱黑板温度：设定范围 30~80℃； 冷凝温度：水槽温度 40~60℃；					紫外光老化试验箱工作时始终保持的温度 黑板温度为 60~70℃；冷凝温度为 60℃

自然暴露老化试验地夏季四个月室外平均气温为 28.5℃，膜上下平均温度为 36.2℃，而紫外光老化试验箱工作时始终保持黑板温度为 60~70℃；冷凝温度为 60℃，是自然暴露老化试验田膜下、膜上平均温度的 2 倍左右。同时，紫外光老化试验箱工作时在箱内温度 60℃左右、滴灌带表面有冷凝湿气结露情况下，每 6h 进行一次吹风，加速试样热氧化老化速度。

结论：从标准型-BR-UVT 紫外光老化试验箱连续工作时室内光辐照强度、黑板温度、冷凝温度及风吹，对试样的光及热氧加速老化试验综合考虑，试验 24h(1 天)，相当于自然暴露老化试验的 192h~240h (9 天~10 天)。

3.4.5 滴灌带产品老化试验结果及分析

为检验研发的迷宫滴灌带配方和自制防老化母料老化性能，对迷宫滴灌带 68-1、迷宫滴灌带 68-2 和迷宫滴灌带 68-3 产品，进行老化前后纵向和纵向拉伸试验，分析老化前后力学性能的变化。测试结果见表 3-10、表 3-11、图 3-1、图 3-2、图 3-3。表中试样说明：

未老化：为迷宫滴灌带未进行任何老化试验的试样；

紫外老化 7 天：为迷宫滴灌带在紫外光老化试验箱老化试验 7 天的试样；

自然老化 140 天：为迷宫滴灌带在自然暴露老化试验 140 天的试样；

表 3-8 迷宫滴灌带 68-1 老化前后各项力学性能测试结果统计

试验方向	纵向拉伸			横向拉伸		
	屈服强度 MPa	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 %	屈服强度 MPa	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 %
未老化	12.06	12.13	259.9	13.23	15.68	1336
紫外老化 7 天	10.20	10.31	245.4	10.01	12.96	1244
自然老化 140 天	12.19	12.22	86.41	12.87	13.26	1195
极差值	1.01	1.007	0.33	0.97	0.85	0.89

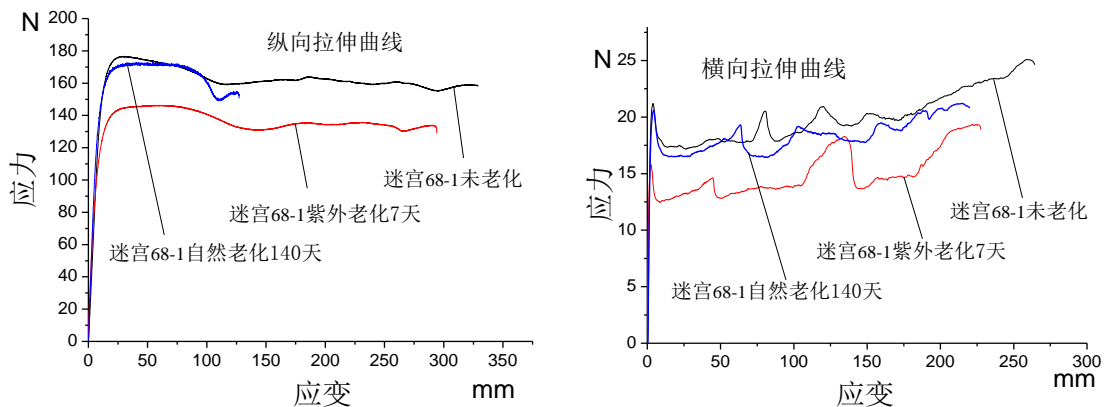


图 3-1 迷宫 68-1 配方老化前后力学性能的比较

从表 3-8 及图 3-1 可以得知，迷宫 68-1 配方滴灌带产品老化前后纵向和横向力学性能变化不大，自然老化 140 天试样屈服强度与未老化试样屈服强度比值，纵向拉伸为 1.01，而横向拉伸为 0.97，自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化

试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.33，而横向拉伸为 0.89，说明迷宫 68-1 配方滴灌带产品自然老化 140 天后断裂伸长率有所下降，但没有老化。同时，在大田模拟种植棉花试验 140 天中共给水 7 次，也没有出现任何裂口和变形现象。

表 3-9 迷宫滴灌带 68-2 老化前后各项力学性能测试结果统计

试验方向	纵向拉伸			横向拉伸		
	屈服强度 MPa	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 %	屈服强度 MPa	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 %
未老化	12.93	12.99	263.8	12.39	14.25	1344
紫外老化 7 天	10.25	10.24	166.8	11.92	15.42	1241
自然老化 140 天	12.39	12.65	113.5	11.91	13.16	863.4
极差值	0.96	0.97	0.43	0.96	0.92	0.64

备注：极差值为自然老化 140 天试样数据与未老化试样数据的比值。

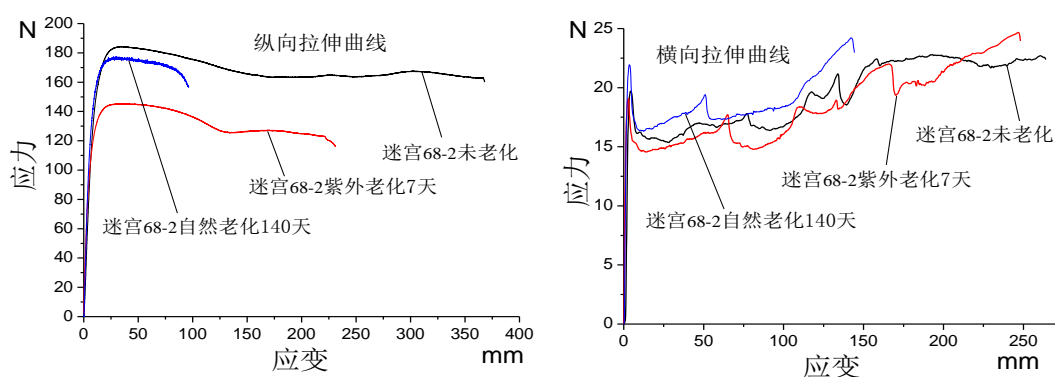


图 3-2 迷宫 68-2 配方老化前后力学性能的比较

从表 3-9 及图 3-2 可以得知，迷宫 68-2 配方滴灌带产品老化前后纵向和横向力学性能变化不大，自然老化 140 天试样屈服强度与未老化试样屈服强度比值，纵向拉伸为 0.96，而横向拉伸为 0.96，自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.43，而横向拉伸为 0.64，说明迷宫 68-2 配方滴灌带产品自然老化 140 天后断裂伸长率有明显的降低，但没有老化。同时，在大田模拟种植棉花试验 140 天中共给水 7 次，也没有出现任何裂口和变形现象。

表 3-10 迷宫滴灌带 68-3 老化前后各项力学性能测试结果统计

试验方向	纵向拉伸			横向拉伸		
	屈服强度 MPa	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 %	屈服强度 MPa	拉伸强度 MPa	断裂伸长率 %
未老化	11.63	11.67	253.5	11.11	14.10	1261
紫外老化 7 天	9.90	9.99	245.2	12.09	16.54	1311
自然老化 140 天	12.08	12.34	162.4	12.64	15.43	1167
极差值	1.04	1.05	0.64	1.14	1.09	0.92

备注：极差值为自然老化 140 天试样数据与未老化试样数据的比值。

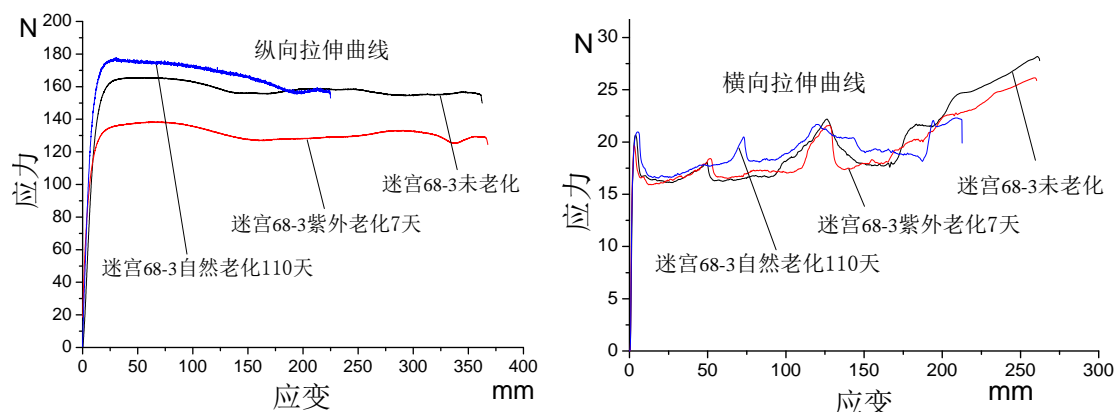


图 3-3 迷宫 68-3 配方老化前后力学性能的比较

从表 3-10 及图 3-3 可以得知，迷宫 68-3 配方滴灌带产品老化前后纵向和横向力学性能变化不大，自然老化 140 天试样屈服强度与未老化试样屈服强度比值，纵向拉伸为 1.04，而横向拉伸为 1.14，自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.64，而横向拉伸为 0.92，说明迷宫 68-3 配方滴灌带产品自然老化 140 天后没有老化。同时，在大田模拟种植棉花试验 140 天中共给水 7 次，也没有出现任何裂口和变形现象。

结论：从以上结果分析看，迷宫三个配方产品老化前后屈服强度和拉伸强度变化不大，但断裂伸长率有不同程度的下降。迷宫 68-1 自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.33，而横向拉伸为 0.89；迷宫 68-2 自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.43，而横向拉伸为 0.64；迷宫 68-3 自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.64，而横向拉伸为 0.92。迷宫 68-3 自然老化 140 天断裂伸长率降低最小，因为迷宫 68-1 配方和迷宫 68-2 配方中有助剂（主含量为碳酸钙粉）及炭黑（也有碳酸钙粉），这些无机填料消耗了防老化母料原因。所以综合考虑各项因素迷宫 68-3 配方最佳，同时价格也最低。

第四部分 结 论

- 4.1 回收造粒料是迷宫式滴灌带的主要原料，也是降低成本的原料。配方中一般用量在 75%~98%之间，这取决于回收料的各项力学性能、老化程度、碳黑含量及矿物质含量。所以在设计迷宫式滴灌带配方时掌握回收造粒料的各项性能尤为重要。
- 4.2 对迷宫 68-1 配方、迷宫 68-2 配方和迷宫 68-3 配方进行中试生产，产品质量分析：管壁表面光洁度较好，壁厚较均匀，四点壁厚最大相差 0.02mm，管面平整，没有气泡、无塑化物及杂质，迷宫流道成型饱满。规格尺寸的检测均符合检测标准。耐静水压测试均合格；生产的牵引速度 800m/min，模具速度 800m/min。每米重均在（11.2g-12.2g）之间，爆破压、静水压测试均合格。
- 4.3 从以上结果分析看，迷宫三个配方产品老化前后屈服强度和拉伸强度变化不大，但断裂伸长率有不同程度的下降。迷宫 68-1 自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.33，而横向拉伸为 0.89；迷宫 68-2 自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.43，而横向拉伸为 0.64；迷宫 68-3 自然老化 140 天试样断裂伸长率与未老化试样断裂伸长率比值，纵向拉伸为 0.64，而横向拉伸为 0.92。迷宫 68-3 自然老化 140 天断裂伸长率降低最小，因为迷宫 68-1 配方和迷宫 68-2 配方中有助剂（主含量为碳酸钙粉）及炭黑（也有碳酸钙粉），这些无机填料消耗了防老化母料原因。所以综合考虑各项因素迷宫 68-3 配方最佳，同时价格也最低。
- 4.4 通过对各种原料性能分析及老化性能分析后，确定了迷宫 68-3 配方为最佳配方，配比为：滴灌带回收造粒料为 96%，防老化母料为 4%。

4.5 回收造粒料各项性能的分析及老化程度判定

判定回收造粒料老化程度方法有：

- 1、熔融挤压制样条，燃烧看燃烧现象，有无熔滴，有无烟；
- 2、注塑标注样条，测各项力学性能；
- 3、用熔点仪测回收料的熔融温度，并观察现象；
- 4、测回收料的碳黑含量、矿物质含量及填料含量。

以上判定回收造粒料老化程度的方法中最主要的，也是最准确的方法是注塑标注样条，测各项力学性能。所以在研究回收造粒料老化程度判定方法是，先对各种来料测各项力学性能 作为判定老化程度的基础数据，再结合其他测试方法，研究出简单、易操作、可靠的判定方法。这也是我们在近期重点研究的内容。