

徐爱英,牛旭,胡芸莎,等. 静电式残膜分离装置吸附效率的研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(5):204-207.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.05.057

静电式残膜分离装置吸附效率的研究

徐爱英^{1,2}, 牛旭³, 胡芸莎^{1,2}, 杨瑛^{1,2}

(1. 塔里木大学机械电气工程学院,新疆阿拉尔 843300;

2. 新疆维吾尔自治区普通高等学校现代农业工程重点实验室,新疆阿拉尔 843300; 3. 塔里木大学信息工程工程学院,新疆阿拉尔 843300)

摘要:为解决新疆棉田残膜回收难题,研究了在高压静电场条件下,极板间距、残膜面积对残膜-土壤静电分离装置吸附效率及对应电场强度的影响。研究表明,静电吸附方法可以用于残留地膜的回收,吸附效率与极板间距模拟方程为线性方程;当极板高度为 6 cm,残膜面积为 16 cm² 时,吸附效率为 96.67%;经过对比试验,吸附高度在 6~10 cm,有土条件下不同面积残膜的吸附电场强度比无土条件稳定。研究结果可为下一步静电式残膜回收机的研制提供技术依据。

关键词:棉田;高压静电场;残留地膜;静电吸附;吸附效率;电场强度

中图分类号: S125 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)05-0204-03

地膜覆盖技术从 20 世纪 50 年代起在美国、日本和欧洲开始使用,由于经济效益较好,在各国得到广泛的应用。我国自 20 世纪 70 年代引入地膜覆盖技术,其保土、保温、提高作物产量等特点,促进了我国农业的发展^[1]。我国大部分地区使用的残膜为聚乙烯(PE)和聚氯乙烯(PVC)^[2]。由于残膜回收不完整和自然条件对地膜的破坏,造成大量的残膜碎片混入了土壤之中。这种物质在土壤会中会残留 200~400 年而不降解,成为环境保护的一个重大问题。新疆每年覆膜量的 20% 以上残留在土壤中,残留量是全国平均地膜残留量的 4~5 倍^[3-4]。阿克苏地区棉田平均地膜残留量达 134.09 kg/hm²,属于重度污染区^[5]。现阶段新疆地区残膜回收还是采取人工和机械回收相结合的方式,残膜回收机具普遍存在残膜回收工作效率低的问题,特别是春播前残膜回收机^[6-9]系列,由于残膜风化时间长,残膜成为小碎片,因此残膜回收效率不高。

静电技术^[10]作为一门新兴的边缘学科,其应用已经渗透到农业的各个领域,甚至作为改造传统农业生产的方式和手段之一^[11-12]。在塑料分离回收等工业生产领域中静电技术应用越来越广泛^[13-16]。伴随着农业生产的科技化,农业科研和生产很多环节应用静电技术,本研究利用静电吸附原理来对残膜进行回收。当一个带有静电的物体靠近另一个不带静电的物体时,由于静电感应,没有静电的物体内部靠近带静电物体的一边会集聚与带电物体所携带电荷相反极性的电荷(另一侧产生相同数量的同极性电荷),由于异性电荷互相吸引,就会表现出静电吸附现象。由于残膜与农用耕地介电系数相差很大,理论上可以用静电分离法进行分离。本试验研

究在高压静电场条件下,极板间距和残膜面积对残膜吸附效率及对应的电场强度的影响规律。

1 材料与与方法

1.1 试验仪器

试验所用的静电发生器是 ZGF-60 kV/2 mA 直流高压静电发生器,它可将交流 220 V 整流到 0~50 kV。吸附装置由上、下 2 个平行极板组成,下极板固定,上极板可上下移动从而改变残膜的吸附高度;将残膜和土置于平行板电极形成的匀强电场中,分别改变电压值和高度来改变电场强度进而观察对残膜的吸附情况。电子天平 FA1004,可以精确地测量残膜和土的质量。

1.2 试验材料

试验使用的残留地膜和土是来源于新疆阿拉尔市 10 团未耕作棉花地,采集深度 0~20 cm。试验前除去杂质,将土壤与残膜分开,土壤研磨过筛后,在恒温箱中进行烘干。按照 1:1:1:1 的比例加适当的水配制成不同湿度的样本土,土壤样品装入相同大小的容器内静置 24 h,保证土壤样品的均匀性。将残膜样本按照 4.9、16、25 cm² 大小裁剪成正方形,随机取 20 片平铺于下极板。

1.3 试验方法

试验电路见图 1,自制吸附装置的下极板是固定的,上极板可以上下调节高度。首先按照电路图连线,调节上极板高度,记录此时极板高度,选取土壤样品和地膜称质量后平铺在自制吸附装置的下极板,地膜平铺 20 片。打开电源,接通高通信号,缓慢调节电压值,当地膜吸附在上极板数量最多时停止调节,读出电压值,记录此时上极板所吸附的残膜片数。缓慢调节电压值至最小,使用放电棒放电,直至放电完成。每次试验后,将升压电位器调回到零位(粗调、细调都回零位),按绿色按钮,切断高压并关闭电源开关,最后进行放电。

为了保证试验的准确性,试验在相同的环境下进行。在指定高度下,将相同大小的残膜放在自制静电吸附装置下极板进行吸附试验,测定上极板吸附效率最大值,每组试验测量

收稿日期:2016-09-17

基金项目:塔里木大学校长基金青年创新项目(编号:TDZKQN201608)。

作者简介:徐爱英(1983—),女,陕西西陵人,硕士研究生,讲师,主要研究方向为农业机械化。E-mail:474042917@qq.com。

通信作者:牛旭,硕士,讲师,主要从事经济数学模型及区域经济发展研究。E-mail:150388340@qq.com。

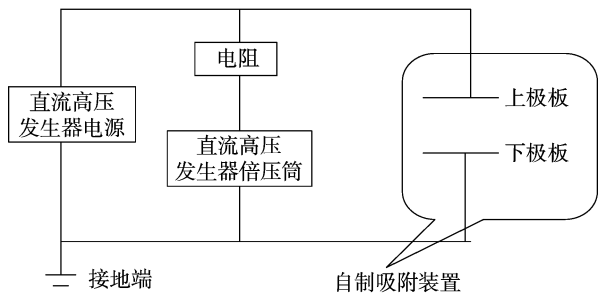


图1 试验电路

6次,取6次的平均值作为试验结果;即此电压是在高度一定的情况下,同形状的残膜吸附效率最高。通过残膜吸附的静电电压值和吸附高度可以得到电场强度。

吸附效率是试验加入电压后吸附在上极板的残膜片数与试验前在下极板中的残膜片数的比值。

$$\eta = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (1)$$

式中: η 为吸附效率(%); n 为吸附在上极板的残膜数(片); N 为试验前在下极板的残膜总数(片)。

电场强度按平行均匀电场计算,有

$$E = \frac{U}{d} \quad (2)$$

式中: E 为电场强度(kV/cm); U 为施加电压(kV); d 残膜吸附高度(cm)。

数据采用 Excel 软件和 Matlab 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 极板间距对吸附效率及电场强度的影响

2.1.1 无土条件下 残膜的吸附效率随极板间距的变化规律见图2,对应模拟曲线方程和相关系数见表1。从图2可以看出,对相同面积的残膜,随着上下极板间距的变大,残膜吸附效率随之下降,变化关系的模拟曲线为一次线性方程,相关系数在0.95以上,模拟的曲线方程效果非常好。当残膜面积为16、25 cm²,吸附高度为6、8 cm时,吸附效率为83.33%~93.33%。

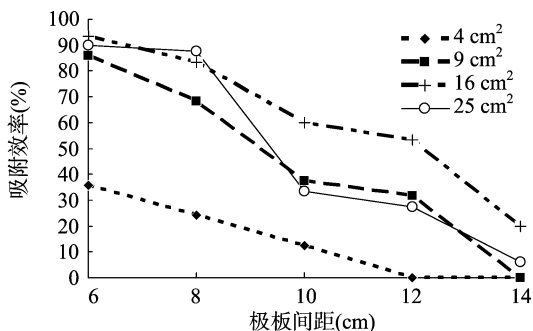


图2 无土条件下不同残膜面积吸附效率随高度的变化

从图3可以看出,对不同面积的残膜,随着极板间距增高,吸附效率高所对应的电场强度也随之增大;但对相同面积的残膜,随着极板间距增高,吸附效率高所对应的电场强度上下波动,波动范围在0.187~0.72 kV/cm之间。

2.1.2 干土条件下 残膜的吸附效率随极板间距的变化规

表1 无土条件下吸附效率随极板间距变化拟合曲线

残留地膜面积 (cm ²)	模拟曲线方程	相关系数 (r)
4	$y = -0.0958x + 0.4325$	0.9715
9	$y = -0.2083x + 1.0716$	0.9853
16	$y = -0.1767x + 1.1500$	0.9755
25	$y = -0.2280x + 1.1727$	0.9533

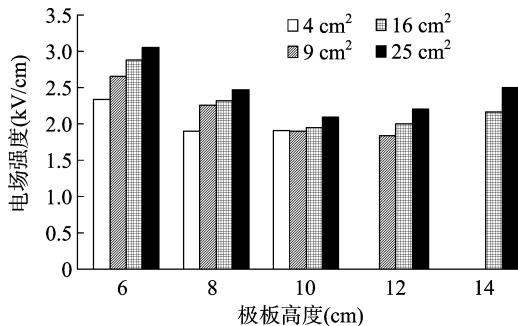


图3 无土条件下不同残膜面积电场强度随极板高度的变化

律见图4。通过 Matlab 软件对数据进行分析,在有土条件下,同面积的残膜吸附效率随极板间距的变大而下降,变化关系的模拟曲线也为一次线性方程,相关系数在0.89以上,模拟的曲线方程效果良好(表2)。在有土条件下,当残膜面积为4、9、16、25 cm²,吸附高度为6、8 cm时,吸附效率在76.67%~96.67%之间,表明在下极板有土条件下,吸附效率明显增加。

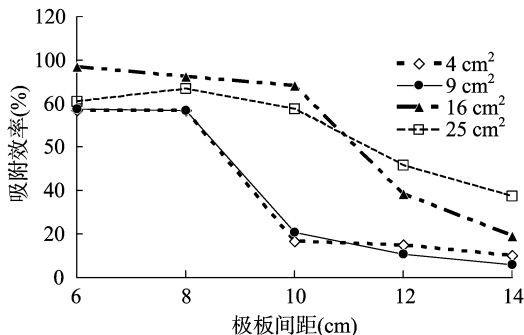


图4 干土条件下不同残膜面积吸附效率随高度的变化

表2 干土条件下吸附效率随高度变化拟合曲线

残留地膜面积 (cm ²)	模拟曲线方程	相关系数 (r)
4	$y = -0.1950x + 0.9751$	0.8944
9	$y = 10.2092x + 1.0109$	0.9242
16	$y = -0.2092x + 1.2975$	0.9276
25	$y = -0.1217x + 1.0333$	0.9084

从图5可以看出,对不同面积的残膜,随着极板间距增高,吸附效率高所对应的电场强度也随之增大;但对相同面积的残膜,随着极板间距增高,吸附效率高所对应的电场强度上下波动很小,波动范围为0~0.173 kV/cm。在下极板有土、相同高度条件下,残膜的吸附电场强度基本相同,在极板间距12、14 cm条件下电场有波动,但变化幅度不大。

2.2 残膜面积对吸附效率及电场强度的影响

2.2.1 无土条件下 在下极板无土条件下,极板间距分别为

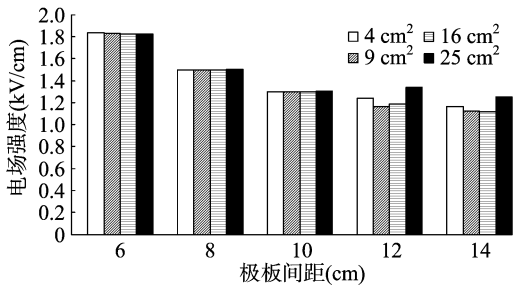


图5 干土条件下不同残膜面积电场强度随高度的变化

6、8、10 cm时,残膜的吸附效率随残膜面积的变化规律见图6。从图6可以看出,在极板间距一定的条件下,随着残膜面积增大,残膜的吸附效率先升高后降低,最高值对应的残膜面积是16 cm²,6、8 cm处的吸附效率分别为93.33%、83.33%,效果最差的是4 cm²,6、8 cm处的吸附效率分别为35.83%、24.17%。

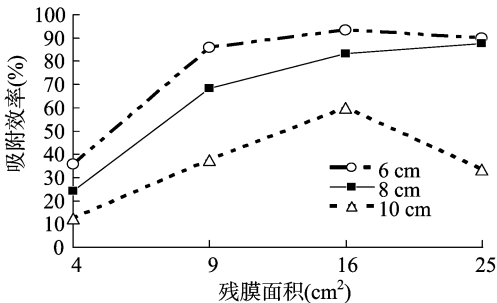


图6 无土条件下不同间距吸附效率随残膜面积的变化

在同等条件下,残膜的电场强度随残膜面积的变化规律见图7。从图7可以看出,对极板间距一定的条件下,随残膜面积的增大,电场强度有所增加,增加范围为0.598~0.720 kV/cm。

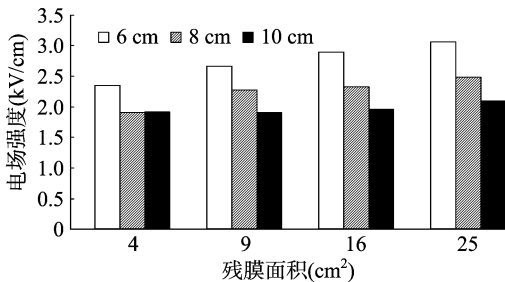


图7 无土条件下不同间距电场强度随残膜面积的变化

2.2.2 干土条件下 下极板平铺 193.05 g 被干燥后的土壤条件下,极板间距分别为6、8、10 cm时,残膜的吸附效率随残膜面积的变化规律见图8。从图8可以看出,在极板间距一定的条件下,随着残膜面积变大,残膜的吸附效率先升高后降低,最高值对应的残膜面积是16 cm²。整体来看在下极板有土的条件下,极板间距分别为6、8 cm时,吸附效率有明显增加,对面积为4、9 cm²的残膜尤为显著。

从图9可以看出,在同等条件下,残膜的电场强度随残膜面积的变化规律见图9。对极板间距一定的条件下,随残膜面积的增大,电场强度增加微小,增加范围为0~0.011 kV/cm,接近直线。在下极板有土条件下,不同面积残膜的吸附电场强度比较稳定。

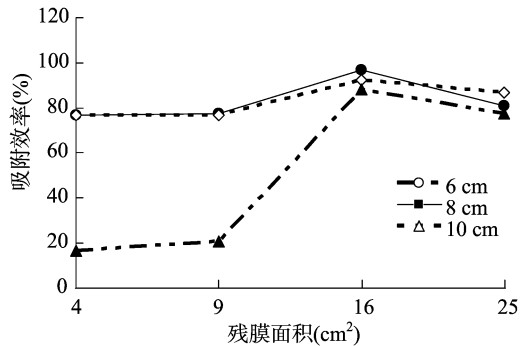


图8 有土条件下不同间距吸附效率随残膜面积的变化

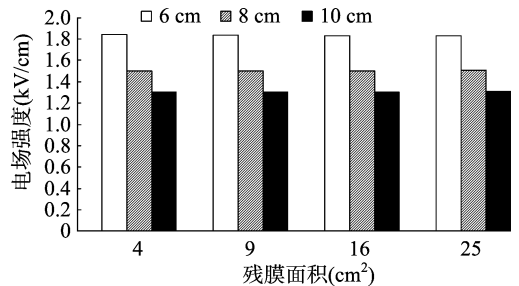


图9 有土条件下不同间距电场强度随残膜面积的变化

3 结论与讨论

针对残膜对新疆地区棉花生产的影响,笔者提出静电吸附回收残膜的思路,并研究在高压静电场条件下,极板间距和残膜面积对残膜吸附效率及对应的电场强度的影响规律。研究表明,残膜的吸附效率随极板高度增大的拟合曲线为一次线性方程,拟合度较好,吸附效率最高达96.67%;残膜面积的大小对吸附效率有影响,残膜面积为16 cm²时,吸附效率为83.33%~96.67%;经过对比试验,残膜面积为4、9 cm²时,有土条件下的吸附效率比无土条件提高;下极板有土条件下相对无土条件,吸附高度在6~10 cm,吸附效率最高所对应的电场强度不随残膜面积大小改变,即不同面积残膜的吸附电场强度比较稳定。因此,残留地膜用静电吸附方法分离可行,本研究结果对研究新型静电吸附残膜回收机提供了理论依据和参考数据。

参考文献:

- [1] 巩怀仁,谢建华,侯书林,等. 浅析残膜回收机现状及存在的问题[J]. 新疆农机化,2014(3):18-21.
- [2] 李明洋,马少辉. 我国残膜回收机研究现状及建议[J]. 农机化研究,2014(6):242-245,252.
- [3] 严昌荣,王序俭,何文清,等. 新疆石河子地区棉田土壤中地膜残留研究[J]. 生态学报,2008,28(7):3470-3474.
- [4] 刘晨. 新疆残膜污染危害成因分析及治理建议[J]. 基层农技推广,2013,11(1):28-29.
- [5] 牛瑞坤,王旭峰,胡灿,等. 新疆阿克苏地区棉田残膜污染现状分析[J]. 新疆农业科学,2016,53(2):283-288.
- [6] 李小兵. CMJ-5型春秋两用密排弹齿式残膜回收机[J]. 新疆农机化,2010(2):12.
- [7] 程红艳. ISM-450型弹齿式搂膜机在乌苏市的推广应用[J]. 新疆农机化,2008(6):35.

侯晓晓,赵永满,胡斌. 经济 FMEA 模型在覆土滚筒生产质量缺陷识别中的应用[J]. 江苏农业科学,2017,45(5):207-210.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.05.058

经济 FMEA 模型在覆土滚筒生产质量缺陷识别中的应用

侯晓晓,赵永满,胡斌

(石河子大学机械电气工程学院,新疆石河子 832000)

摘要:覆土滚筒半轴同轴度影响覆膜播种机的铺膜平整性、覆土道一致性和滚筒滚动平稳性,识别半轴同轴度超差的关键来源是改善覆土性能的首要任务。在传统缺陷模式及影响分析(failure mode & effect analysis, FMEA)法的基础上提出新的风险因子——经济度(economy, E),制定其评价等级,并采用模糊置信结构和灰色关联投影法对潜在缺陷来源(焊接变形、螺栓紧固变形、翻边圈圆度超差、调节圈圆度超差、中间固定圈圆度超差和中间固定圈总成同轴度超差)的风险因子评价信息进行处理,从质量和成本2个方面综合评估缺陷风险,得到焊接变形是造成覆土滚筒左右半轴同轴度超差的关键来源,研究结果对我国农机生产质量改进有一定参考价值。

关键词:覆土滚筒;半轴同轴度超差;经济 FMEA;模糊证据推理;灰色关联投影

中图分类号: S220 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)05-0207-04

地膜覆盖栽培技术在干旱和半干旱地区得到广泛应用,覆膜播种机的覆土部件——覆土滚筒用于膜上种孔覆土,滚筒表面从地膜上滚动过去时将覆土圆盘导入滚筒的土壤覆压在地膜上,确保地膜不被风吹起。左右半轴是覆土滚筒的重力支点和回转中心,两者的同轴度直接影响覆土机构的运动稳定性和覆土道的整齐性,因此识别半轴同轴度超差关键缺陷来源对提高覆土性能具有重要意义。

FMEA 法通过评价缺陷来源的严重度、发生度、检测度得到风险优先指数,继而识别缺陷关键原因,广泛应用于食品、环境、医疗、汽车等行业^[1-4]。传统 FMEA 法虽应用广泛,但存在诸多问题:(1)无法准确表达风险因子信息的多样不确

定性;(2)专家打分主观性强;(3)忽略因子对缺陷的相对权重;(4)忽略成本风险。针对以上问题,国内外学者对 FMEA 法作了改进。在质量风险评估方面,部分学者将模糊置信结构、D 数理论、证据推理理论、灰色关联理论等技术应用到 FMEA 模型中,同时考虑专家权重和风险因子相对权重,实现了大量不准确信息的量化和潜在缺陷风险排名优化^[1-9]。在成本风险评估方面, Gilchrist 以缺陷数目和平均缺陷成本为因子,提出基于预期成本模型,更加经济实用^[10]。Ben - Daya 等对 Gilchrist 提出的模型^[10]进行修正^[11]。Rhee 等提出以工时成本、材料成本和机会成本衡量风险,并制定改善措施^[12-13]。

以上研究未综合考虑缺陷质量风险和成本风险。本研究提出基于质量和成本的经济 FMEA 法,该方法将项目生命周期内的产出与投入比定义为经济度 E ,作为第 4 个风险因子,并以覆土滚筒为研究对象,采用模糊置信结构和灰色关联投影法对其潜在质量缺陷(焊接变形、螺栓紧固变形、翻边圈圆度超差、调节圈圆度超差、中间固定圈圆度超差和中间固定圈总成同轴度超差)的风险因子评价信息进行处理,识别半轴同轴度超差的关键缺陷来源。

收稿日期:2016-01-22

基金项目:国家自然科学基金(编号:71572122)。

作者简介:侯晓晓(1989—),女,河南沁阳人,硕士研究生,研究方向为农业机械设计与方法质量管理与控制。E-mail: 1044651360@qq.com。

通信作者:赵永满,博士,副教授,研究方向为质量工程、质量管理。E-mail:zhrym@163.com。

[8]王吉奎,张佳喜,江英兰,等. 夹持式残膜回收机研制[J]. 新疆农机化,2006(6):40-41.
[9]王志青. 浅谈残膜回收机发展现状及存在的问题[J]. 农业机械,2008(9):193-194.
[10]王晓臣,朱益民. 多针对板式负电晕放电电极间距确定[J]. 高电压技术,2003,29(7):40-42.
[11]张俐,申勋业,杨方. 高压静电场对生物效应影响的研究进展[J]. 东北农业大学学报,2000,31(3):307-312.
[12]陆军,贾卫东,邱白晶,等. 黄瓜叶片喷雾药液持留量试验[J]. 农业机械学报,2010,41(4):60-64.
[13]Wei J, Realf M J. Design and optimization of free-fall electrostatic separators for plastics recycling[J]. AIChE Journal,2003,49(12):

3138-3149.
[14]Tilmatine A, Medles K, Bendimerad S, et al. Electrostatic separators of particles: Application to plastic/metal, metal/metal and plastic/plastic mixtures[J]. Waste Management, 2009, 29(1):228-232.
[15]Benabboun A, Tilmatine A, Brahami Y A, et al. Experimental investigation of electrostatic separators of plastic particles using different charging devices[J]. Separation Science and Technology, 2014, 49(3):464-468.
[16]Iuga A, Samuila A, Morar R, et al. Tribocharging techniques for the electrostatic separation of granular plastics from waste electric and electronic equipment[J]. Particulate Science and Technology, 2016, 34(1):45-54.