

2 结果与讨论

2.1 喷雾干燥

喷雾干燥是使液态物料经过喷雾进入热气流中使溶剂迅速蒸发而转变成干粉的过程,在此过程中物料被分散成 10~100 μm 的小液滴,具有较大的蒸发面积,干燥时间仅为 5~30 s,因此特别适合热敏性材料的干燥。依据料液雾化方式的不同,喷雾干燥塔可分为气流式、压力式和离心式三种,其中气流式应用最多。

实验所使用的雾化方式为气流式,其原理是:通过雾化器将物料溶液分散成雾状液滴,在干燥介质(热风)的作用下进行热交换,使雾状液滴中溶剂迅速蒸发,获得粉状制品的干燥过程。在干燥过程中液滴温度比较低,因而特别适合于热敏性物料(生物制品)的干燥,而且成品质量好。为改善干物料的性状,降低含水量,在进行喷雾干燥前以 8%(质量分数)的添加量向发酵液中添加碳酸钙,搅拌混合 60 min 进行吸附包埋,然后进行喷雾工艺的操作。不同进风温度下的出口温度见表 1。

表 1 不同进风温度下的出口温度 $^{\circ}\text{C}$

进风温度	110	120	130	140	150	160
出口温度	49~51	52~53	56~58	58~59	60~61	61~62

不同进风温度下产品得率见图 1,由图中数据可知,随着进风温度的升高,产品得率先增加而后降低。当进风温度大于 120 $^{\circ}\text{C}$ 时,产品得率急剧下降,在 120~160 $^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内,产品得率由 9.3%下降到了 4.2%,下降幅度达到 54%,随着进风温度的升高,菌株死亡率上升。这是因为进风温度越高,单位时间内提供的热量就越多,由于石油降解菌株是热敏性物质,虽然水分蒸发会带走大量的热量,但过多的热量会导致菌株在喷雾干燥过程中大量死亡。进风、出口温度对粉剂产品的影响主要表现在进风温度过高,导致菌株存活率下降,而进风温度过低,会导致产品水分量升高,造成喷雾干燥时粘壁现象严重,影响产品的收集,同样造成产品得率降低。通过对产品外观观察得出,各温度下获得的菌粉,分散性良好,均无发粘结块现象,因此喷雾干燥工艺中最佳进风温度为 120 $^{\circ}\text{C}$ 。

在进风温度为 120 $^{\circ}\text{C}$ 时不同进样量条件下的产品得率见图 2,由图 2 可知,进样量为 3~12 mL/min,随着进样量的增加,产品得率逐渐上升。原因是随着

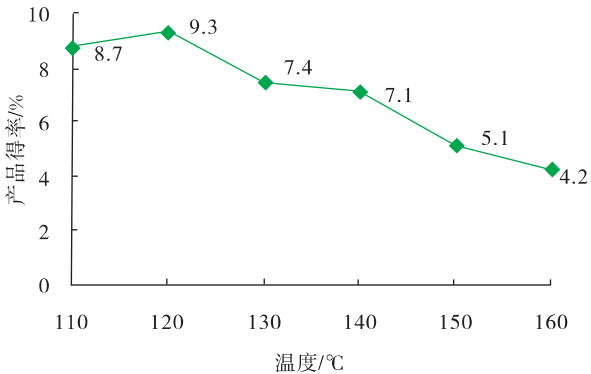


图 1 不同进风温度下的产品得率

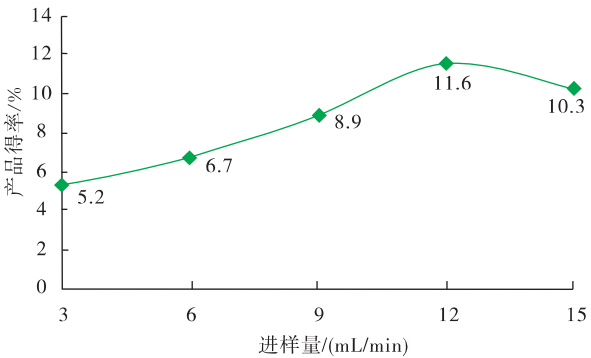


图 2 不同进样量下的产品得率

进样量的增加,单位时间内物料转化为粉剂需要的热量就越多,在单位时间供热量不变的情况下,进样量越大,干燥效率就越低。在进样量为 3 mL/min 时,单位物料承受的热量过大,使石油降解菌大量死亡。而过高的进样速度会导致单位时间内物料水分蒸发量的降低,导致粉剂含水量的增加,从而发黏结块,造成喷雾干燥时粘壁现象严重,影响产品的收集,同样造成细菌存活率降低。

表 2 不同进样量下的出口温度

进样量/ (mL/min)	3	6	9	12	15
出口温度/ $^{\circ}\text{C}$	64~66	59~61	53~55	50~51	46~48

由表 2 可见,出口温度随进样量的增加呈现递减趋势。进样会导致蒸发能力不足,不能形成良好的均质的粉状物,所以产品得率下降;进样太慢,蒸发过度,会导致出口温度过高,造成菌体较快死亡。石油降解菌喷雾干燥的最佳进样量为 12 mL/min。

通过实验研究得出,在对菌浓度为 9.7×10^9 cfu/mL 的 500 mL 发酵液添加 40 g 轻质碳酸钠后进行喷雾干燥,在进风温度为 120 $^{\circ}\text{C}$,进样量为 12 mL/min

石油降解固态菌剂的研制

张海玲 杨 琴 李 岩

(中国石油长庆油田公司油气工艺研究院)

摘 要 用喷雾干燥和表面吸附固定化两种工艺对石油降解菌剂进行固态菌研制。结果表明:在对菌浓度为 9.7×10^9 cfu/mL 的 500 mL 发酵液添加 40 g 轻质碳酸钠后进行喷雾干燥,在进风温度为 120°C ,进样量为 12 mL/min 的条件下,得到粉剂产品 56 g,含水量为 4.6%,菌密度为 10.05×10^9 cfu/g,产品得率为 11.6%;在对菌浓度为 9.7×10^9 cfu/mL 的 500 mL 发酵液添加 1 500 g 麸皮进行吸附固定化处理,得到粉剂产品 1 438.6 g,水分含量为 7.9%,菌密度为 5.7×10^8 cfu/g,产品得率为 16.9%。考虑到喷雾工艺设备投资大,能耗多等不利因素,因此建议使用吸附固定化技术作为石油降解固态菌剂的下游处理技术。

关键词 石油降解菌;喷雾干燥;表面吸附固定化

中图分类号: X172

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2013)04-0016-03

0 引 言

液体深层发酵是培养石油降解菌的最基本方法,发酵完成的菌悬液可以用来提取所需的有效成分,也可以通过浓缩提高产品价值。但是液体产品容易腐败变质,必须添加防腐剂才能保存^[1]。目前各地都以苯甲酸钠作为液体产品的防腐剂,这种防腐剂发挥作用的 pH 值在 4.5~5.5 之间,而石油降解菌发酵液的 pH 值在 7~8 之间,只有通过添加盐酸降低 pH 值^[2]。过度偏酸的发酵液达到了保存目的,但对以有效活菌数为质量指标的石油降解菌剂而言,因强酸对菌株的杀伤作用和抑制作用,很短时间内产品中的菌株就丧失活性甚至死亡^[3]。文章研究选用喷雾干燥和固体物料吸附固定化两种工艺技术,使液体转变为固体,从而达到保存的目的。

1 实 验

1.1 实验材料及主要仪器

主要材料为:轻质碳酸钙水分 8%,颗粒细度 100 目;草炭有机质含量 49%,水分 15%,pH 值 6.5,颗粒细度 60 目;麸皮为小麦麸皮,水分 13%,颗粒细度 25 目。沸石粉水分 10%,颗粒细度 80 目;石油降解菌发酵液按照菌群构建的比例配比发酵液,经检测发酵液菌浓度为 9.7×10^9 cfu/mL。

主要仪器为:步琦 B290 小型喷雾干燥仪。

1.2 实验方法

1.2.1 喷雾干燥

在发酵液中加入 8% 轻质碳酸钙作为载体,控制进风温度分别为 110、120、130、140、150、 160°C ,进料速度为 9 mL/min,通过存活率的计算确定最佳进风温度;然后控制进料速度为 3、6、9、12、15 mL/min,通过存活率的计算确定最佳进料速度。

1.2.2 表面吸附固定化

将发酵液分别与灭菌后的草炭、麸皮和沸石粉按照固液比 5:1 的比例混合均匀,然后摊平置于阴凉干燥处自然风干,通过产品得率的计算确定最佳吸附基质;确定吸附基质后,选择固液比分别为 5:1、4:1、3:1 和 2:1 进行混合,通过产品得率的计算确定最佳投料比例。

1.2.3 菌粉中活菌数的确定

分别取菌粉 1 g,于 9 mL 无菌水中混匀,吸取该悬浮液加到一盛有 9 mL 无菌水试管中,混匀,再从此混匀液中取 1 mL,加到另一盛有 9 mL 的无菌水的试管中,重复同样操作,对菌液进行梯度稀释。最后选取三个梯度,分别取 0.1 mL,加入到事先准备好的冰冷的琼脂平板上,把菌液涂匀,静置 30 min 后。将平皿倒置,放于培养箱中培养 24~36 h。菌落计数选取菌落在 30~300 个之间的平皿进行计数。计数公式为:菌粉活菌数(个/g)=平皿上菌落数 $\times 10^{\text{稀释倍数}}$ 。

1.2.4 产品得率计算

产品得率=粉剂活菌数(cfu)/发酵液活菌数(cfu)

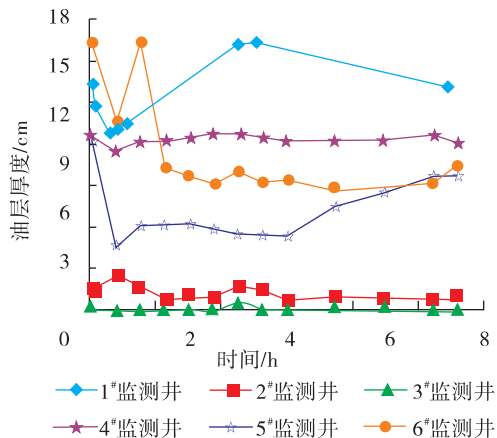


图5 空气震裂(连续)与双相真空抽吸系统
联动运行时监测井油位变化

2.4 现场连续修复试验

为了验证空气震裂与双相真空抽吸系统联动运行处理技术对自由相污染物的去除效果,现场试验中,每天早上8点运行双相真空抽吸系统,30 min后关闭,再连续运行空气震裂系统直至第二天双相真空抽吸系统再次运行,重复上述操作,连续运行空气震裂与双相真空抽吸系统12 d,各监测井中自由相污染物去除率见图6。

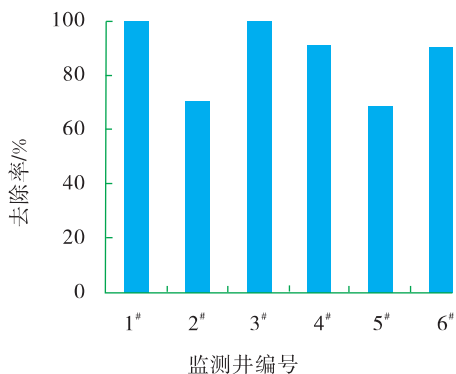


图6 监测井自由相污染物去除效率

结果表明,在12 d修复时间内,6口监测井自由

相污染物平均去除率为86.68%,其中1#和3#监测井中自由相污染物消失。可见空气震裂与双相真空抽吸系统联动运行,能够有效去除土壤和地下水中自由相污染物,为污染区治理提供有效支持。此外,由于运行区域不同观测点初始油层厚度不同,2#井的初始油层厚度不高,为2.7 cm,系统运行一段时间后的最终油层厚度为0.8 cm,达到了较好的处理效果。

3 结 论

◆ 双相真空抽吸技术对试验现场中土壤和地下水中自由相污染物去除效果明显,8 h内最高去除率可达69%。

◆ 空气震裂技术有利于提高污染物质的传输性,利于污染物质向抽吸井运动,同时与双相真空抽吸系统联动运行,可有效提高自由相污染物的总去除率。

◆ 空气震裂与双相真空抽吸联动运行处理系统在12 d修复时间内,6口监测井自由相污染物平均去除率为86.68%,该系统能够稳定运行,处理效果较好。

参 考 文 献

- [1] 朱雄文.石油污染土壤修复技术进展研究[J].辽宁化工,2009,38(7):577-592.
- [2] 谢丽娅,朱亮,段祥宝.土壤及地下水有机污染原位电化学动力修复技术进展[J].水资源保护,2009,25(7):24-27.
- [3] 杨茜,高延雄,杜敏娜.地下水-土壤原位生物修复技术研究进展[J].广州化工,2010,38(7):14-19.
- [4] 梅祖明.土壤污染修复技术探讨[J].上海地质,2010(31):128-131.
- [5] 黄顺红.土著微生物原位修复铬渣堆场污染土壤的条件优化[J].中国有色金属学报,2011,21(5):1741-1747.
- [6] 王慧,马建伟,范向宇,等.重金属污染土壤的电动原位修复技术研究[J].生态环境,2007,16(1):223-227.

(收稿日期 2013-05-10)

(编辑 王 薇)

广 告 索 引

久吾高科-油田回注水净化技术

诺维信生物公司

杰瑞能源服务有限公司

封 二

封 三

封 底