

轴向流搅拌器及其在井岗霉素生产中的应用

赵建国 陈 坚 傅为民 唐正宁 伦世仪

(无锡轻工大学生物工程学院, 无锡 214036)

摘要 基于影响搅拌式生物反应器的非生物参数、生物参数及流变学特性的分析研究, 开发了高效轴向流搅拌器。在井岗霉素工业发酵中应用的初步结果表明: 在使用原菌种及发酵工艺的基础上, 保持原有效价不变, 功耗下降 13% ~ 18%。

关键词 轴向流搅拌桨; 搅拌生物反应器; 井岗霉素发酵

分类号 TQ 920. 5

0 前 言

许多重要的生化反应过程(如有机酸、抗生素及酶制剂发酵等)的发酵液属于丝状或菌球状非牛顿型物系, 具有粘度高、剪切稀化等复杂的流变学特性。这种非牛顿型物系和发酵过程受反应器结构尤其是搅拌形式的影响很大, 罐中流体的剪切应力变化对丝状菌生长有较大影响。剪切大, 菌丝易受损, 对菌体生长发酵不利; 剪切小, 菌丝不易受外力作用而断裂, 可较好生长, 对发酵有利。传统的圆盘透平桨搅拌时所形成的剪切作用变化在全罐中是相当大的^[1], 搅拌能耗大, 而且由于形成径向流型, 造成全罐混合存在区域化现象, 在粘度较高的发酵液中则更为严重, 进而造成混合与传氧效率的降低^[2], 对丝状菌发酵不利; 而轴向搅拌桨在促进全罐混合的同时, 使罐中液体流动均匀, 传氧效果好, 全罐中的剪切变化小, 对丝状菌发酵有利, 同时进一步降低了搅拌能耗^[3,4]。

作者通过工业规模的井岗霉素发酵, 对采用两种不同类型搅拌桨的发酵过程、能量消耗以及发酵效价等工业应用中的关键问题, 进行了较为详细的研究, 以期作为轴向流搅拌桨的推广应用提供参考。

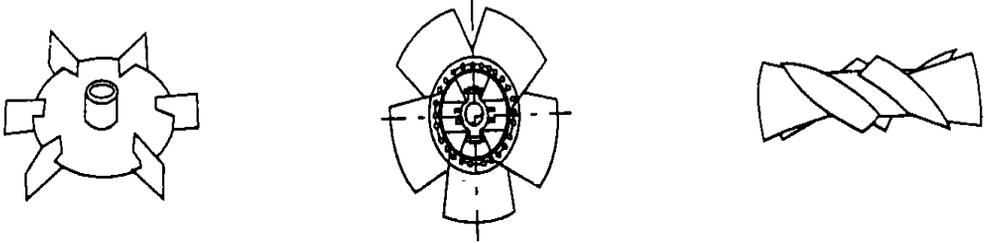
1 试验材料与方法

1.1 流程及设备

实验设备采用协作单位的 30 m³ 井岗霉素机械搅拌发酵罐, 不锈钢材料, 轴向流搅拌器形式采用本文作者的设计。整个流程包括灭菌系统、原料预处理系统、空气系统及发酵系统。

30 m³ 发酵罐的直径 $d = 2400$ mm, 高径比 $h/d = 3.3$, 通气采用单圆管。搅拌器类型: 上面两档是作者设计的轴流桨, $D = 950$ mm; 最下面一档仍用原来的六弯叶涡轮桨, $D = 730$

mm. 见图 1.



圆盘涡轮桨示意图

轴向流桨俯视图

轴向流桨正视图

图 1 搅拌器图示

发酵罐搅拌器改型前后的构型对比见图 2.

1.2 菌种

吸水链霉菌井岗变种 DS (*Streptomyces hygroscopicus var. jinggangensis* DS)

1.3 培养基

玉米粉, 鱼粉, 酵母粉, 豆饼粉, 生物氮素, KH_2PO_4 , CaCO_3 , NaCl .

1.4 操作条件

大罐, 温度 40°C , pH 6.0~6.5, 表压 0.05 MPa, 通气量 1 L/min .

1.5 工艺流程及操作过程

1.5.1 井岗霉素生产工艺流程



茄子瓶斜面种子 → 中罐种子 → 大罐发酵 → 压滤 → 浓缩 → 成品

1.5.2 井岗霉素发酵操作过程 井岗霉素发酵采用二级培养, 从斜面种子出发, 经茄子瓶斜面、中罐培养后进大罐发酵。

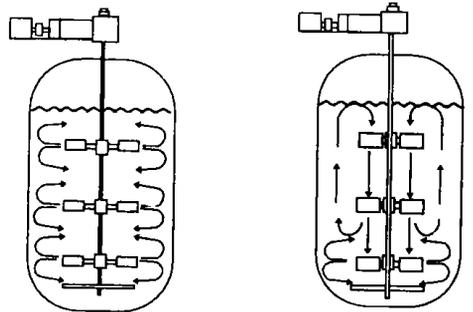
1.6 分析测试

- 1) 原料及发酵液总糖: 以盐酸水解法测定。
- 2) 发酵液还原糖: 以菲林试剂法测定。
- 3) 发酵液粘度: 用毛细管粘度计取样测定(仪表上测定单位为 s)。
- 4) 发酵液化学效价: 以比色法测定。
- 5) 发酵液生物效价: 根据有关行业标准测定。
- 6) 发酵过程的电机电流: 用电流表测定。

2 结果分析与讨论

2.1 发酵过程曲线

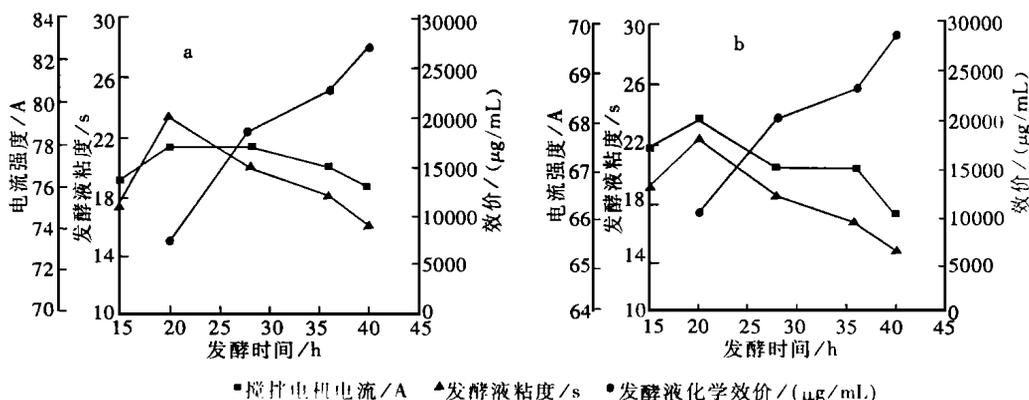
发酵过程曲线如图 3 所示, 是根据在同一个罐、同样的菌种和发酵工艺、采用不同搅拌



搅拌器改型前的构型图 搅拌器改型后的构型图

图 2 发酵罐搅拌器改型前后的构型示意图

类型情况下的发酵参数记录作出的。其中‘改型前’指的是同一发酵罐采用传统的圆盘透平桨型搅拌, ‘改型后’指的是同一发酵罐搅拌形式改为轴向流搅拌桨型(参见图 1, 2)。



(a) 改型前过程曲线

(b) 改型后过程曲线

图 3 发酵过程曲线

由图 3 可以看出, 井岗霉素发酵初期主要处于长菌丝的阶段, 发酵液粘度较低, 相应的电机电流也不高, 这时应适当加强搅拌或通风, 以充分满足菌体生长对溶氧的要求; 随着发酵进程, 菌丝逐渐变粗、交织, 到 18~20 h, 菌体生长趋于成熟, 发酵液粘度达高峰, 相应的电机电流亦有一高峰。18 h 以后, 特别是 18~28 h, 是井岗霉素效价增长的高峰期, 此时适当减弱搅拌的剪切作用, 可以避免菌丝体过量、过早的断裂对井岗霉素最终产量的不利影响。

2.2 发酵结果

2.2.1 搅拌改型对发酵液效价的影响 图 4(a) 和(b) 分别是同一罐搅拌器改型前后和改型罐与对照罐发酵液的井岗霉素效价随发酵时时程的变化曲线图, 研究结果表明, 在搅拌器改型之后, 其发酵液的效价基本可以保持改型前的效价或略有提高。

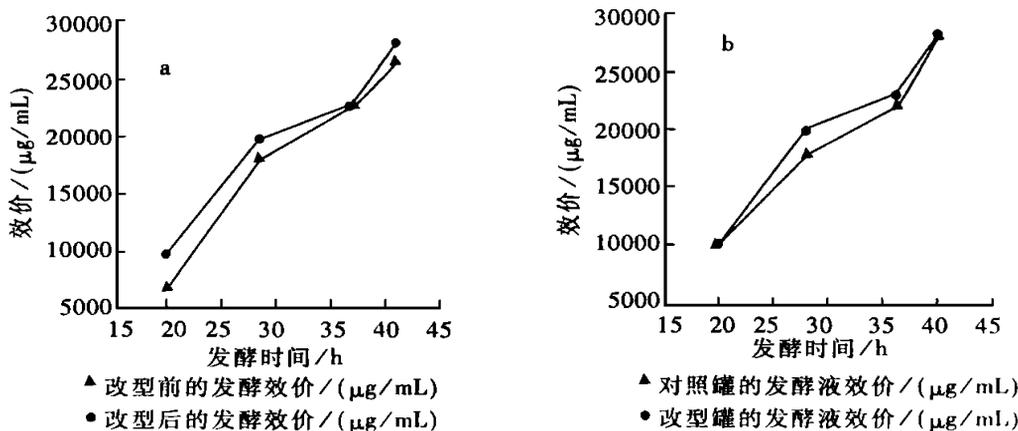


图 4 搅拌器改型对发酵液效价的影响

2.2.2 搅拌器改型对启动电流的影响 从实际生产过程看, 搅拌器的启动(包括实消时)。电机电流比实际发酵过程时高 60~70 A 左右, 从而造成电机过载和对公用线路的巨大压力, http://

故而, 搅拌器改型后对搅拌电机启动电流的影响也是考察轴向流浆性能的一个重要方面。表 1 是实际生产中实罐通蒸汽消毒时的搅拌改型罐和对照罐电机启动电流的比较结果。

由表 1 可见, 轴向流搅拌器比原先弯叶涡轮桨的启动电流降低了 5 ~ 25 A/相, 从而减轻了搅拌电机和公用线路的负荷。

2.2.3 搅拌器改型对发酵过程电流-时间曲线的影响

图 5(a) 是根据同一个发酵罐、搅拌器改型前后保持菌种和发酵工艺一致的情况下, 两批正常发酵的结果作出的三相电流均值随发酵时间变化曲线图。

图 5(b) 是根据改型罐与对照罐(搅拌器采用六弯叶涡轮桨型式)同期正常发酵(同一批原料与中罐种子)、发酵工艺保持一致情况下的发酵结果作出的三相电流均值随发酵时间变化曲线图。

从两图的比较可以看出:

- 1) 轴向流罐较对照罐, 其搅拌电机电流变化平缓;
- 2) 对搅拌电流-时间图进行图解积分可知, 改型罐的电机功耗比改型前的降低约 13%, 而比对照罐的降低约 18%.

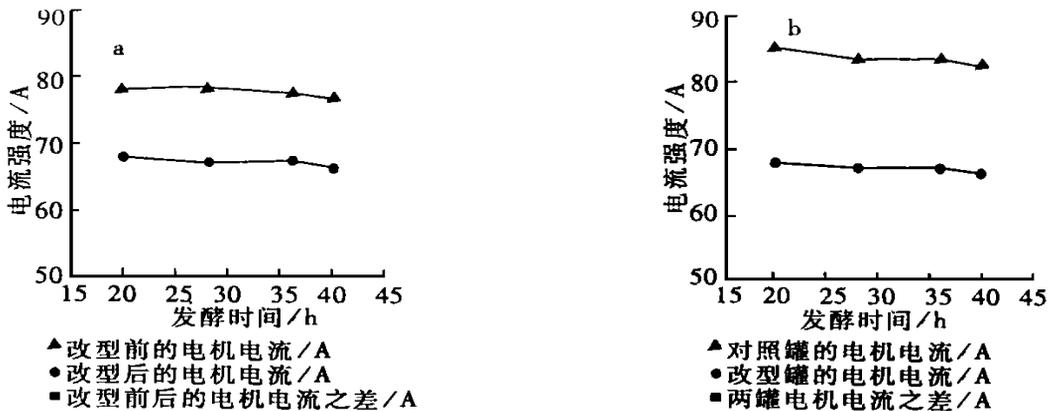


图 5 搅拌改型对电机电流-时间曲线的影响

2.3 讨论

井冈霉素的生产菌是好氧菌, 产物的生成属非偶联型, 产物的形成与菌丝的成长情况和在产物形成过程中的溶氧情况密切相关, 从本实验的结果可以看出, 搅拌形式改用轴流浆型之后, 在其他发酵控制参数不变的情况下, 发酵效价(产物产量的重要指标)可以维持在正常水平甚至比正常水平略高, 间接说明了发酵罐中的溶氧水平并没有降低, 同时可克服区域化现象, 增加循环比, 流体混合均匀, 剪切温和, 若工艺能进一步匹配起来, 井冈霉素的产量应该可以再上一个台阶。

3 结 论

1) 不同的搅拌器其发酵参数(效价、电机电流、糖耗等)过程曲线有一定的差异,改型罐的电流变化较改型前的和对照罐的平缓,效价保持正常水平。

2) 该高效轴向流搅拌桨用于井岗霉素生产,在原有菌种及发酵工艺的基础上,保持了原有发酵效价并略有提高,启动电机电流下降了5~25 A/相,减轻了搅拌电机和公用线路的负荷;发酵过程电机能耗下降13%~18%,并且还具有节省通气能耗,节约原料等优势,光节省电能这一项,每年每罐就可为该工厂节约近68 400~102 600 (kW·h),具有可观的经济效益。

3) 本设计经工业应用进一步考察之后,可用于有机酸、酶制剂、抗生素及微生物多糖等高粘度非牛顿物系的老厂改造,具有广阔的应用范围和市场前景。

参 考 文 献

- 1 肖作兵,戴干策,陈剑佩.新型翼型轴流桨的搅拌性能研究.化学工程师,1994,(5):4~8
- 2 Kuboi K, nienow A W. Intervortex Mixing Rates in High-Viscosity Liquids Agitators by High-Speed Dual Impellers. Chem Eng Sci, 1986, 41(1): 123~134
- 3 Nienow A W. Agitators for Mycelial Fermentations. Trends Biotechnol, 1990, (8): 61~71
- 4 Buckland B C, Gbewonyo K, DiMasi D. Improver Performanced in Viscous Mycelial Fermentations by Agitator Retrofitting. Biotech Bioeng, 1998, 31: 737~742

Studies on Industrial Application in Production of Jinggangmycin with Novel High-Efficient Axial Impellers

Zhao Jianguo Chen Jian Fu Weimin Tang Zhengnin Lun Shiyi

(School Biotechnol, Wuxi Univ Light Industry, Wuxi 214036)

Abstract Based on determination of structure and parameters by lab-scale experiments and fluid dynamic data, a novel axial impellers for practical fermentors were designed. Compared in practical fermentors with traditional disc turbine impellers, the power consumption in the process reduced by 13%~18% and the activity of the product (Jinggangmycin) could be maintained. These benefits could be attributed to improved mixing operation and higher oxygen transfer efficiency in the fermentors with axial impellers.

Key words axial impellers; stirred-tank bioreactor; jinggangmycin; fermentation

(责任编辑:秦和平)