

# 旋流混合器用于发酵罐节能改造

陆宁洲<sup>1</sup>, 岑文学<sup>1</sup>, 陆飞浩<sup>2\*</sup>

(1. 宁波星邦生化设备有限公司, 宁波 315506; 2. 宁波浩邦生物技术有限公司, 宁波 315040)

**摘要** 论述了空气分布器在提高发酵罐溶解氧和增强气液传质效果的作用, 介绍了旋流混合器原理特点, 与其它空气分布器的差异, 并通过实例论述了旋流混合器在好气性发酵罐节能改造中的应用。

**关键词** 发酵罐; 旋流混合器; 进气装置; 溶解氧; 节能

中图分类号: TQ 051.7<sup>+1</sup>

文献标识码: A

文章编号: 2095-817X (2014) 06-0034-004

在好气性发酵中, 发酵液中的供氧浓度是发酵过程中的需要调节控制的一个重要参数, 氧供应的不足可能导致细胞代谢转向不需的化合物的产生<sup>[1]</sup>, 或可能引起生产不可弥补的损失, 调节通气和搅拌可影响微生物发酵代谢途径、发酵周期的长短和有效代谢物产率的高低, 因此在培养过程中有效和经济地供氧控制是极其重要的。

发酵罐的进气装置对发酵液溶解氧水平有着十分重要的影响, 常见的进气分布装置有直通式、伞罩式、小孔盘管式、射流管式<sup>[2]</sup>。笔者通过近年来对节能发酵罐的深入研究, 开发了新型发酵罐进气装置——旋流混合器, 该设备装置已获得国家发明专利授权, 并在发酵行业推广使用, 提高了发酵液溶解氧的浓度, 在生产稳定性、生产操控性, 节能降耗方面, 取得了显著效果。本文介绍了旋流混合器的原理与特点, 并着重就氨基酸和维生素发酵罐改造的两个实例分别作具体论述。

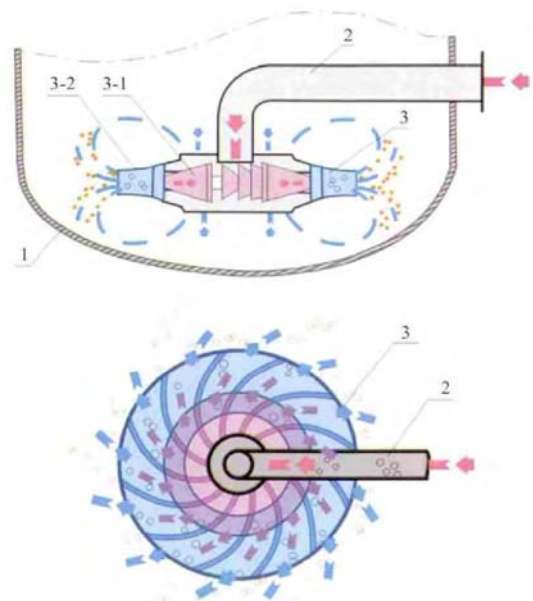
## 1 旋流混合器原理与特点

旋流混合器的基本原理是利用发酵罐进口压缩空气本身的压力, 在转化为相当高速旋流的过程中, 产生对周边流体的吸附带动作用, 如图1所示。

旋流混合器包含内外壳体, 空气从内壳体中心进入, 经过壳体内部的涡旋叶片导流成相当高速旋流, 同时吸引发酵液从内外壳体之间的中心间隙进入, 气体液体在旋流通道中动态混合乳化后呈旋流状喷出外壳体周向边缘。

旋流混合器具有如下特点:

- (1) 罐底气液混合充分, 气泡直径小呈乳化状态, 空气利用率和溶解氧高。
- (2) 结构简洁流畅无死角, 不易结垢、不染菌。
- (3) 剪切作用小, 对生产菌机械损伤小。
- (4) 空气压损低, 对进罐压力要求低, 几乎不增加空压机电耗。



1 发酵罐 2 进气管 3 旋流混合器  
3-1 空气分布内芯 3-2 旋流器壳体  
图1 旋流混合器

## 2 某大型制药企业 150 m<sup>3</sup> 氨基酸发酵罐节能改造

### 2.1 原有发酵罐进气装置

该企业原有 150 m<sup>3</sup> 氨基酸发酵罐采用射流管式空

收稿日期: 2014-11-14

作者简介: 陆宁洲 (1988—), 男, 研究生, 主要从事生化设备结构设计分析。

气分布装置。

### 2.1.1 射流管式分布器原理

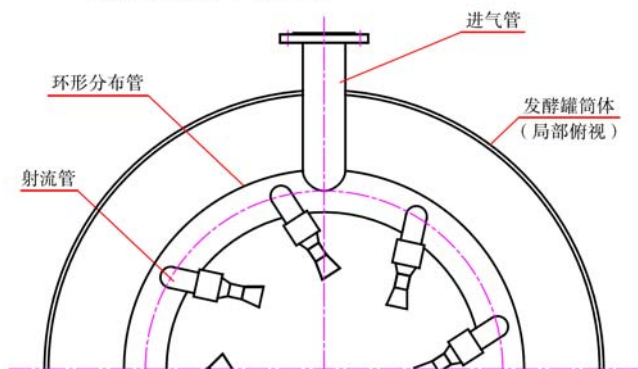


图2 射流管式分布器

如图2所示,空气通入发酵罐后与设置在底部的环形管连接,在环形管上装有多射流管,各射流管呈一定角度、围绕发酵罐中心轴线上、下均布,压缩空气利用本身的压力转变成高速射流,吸引周边发酵液与之混合成气液两相乳化液。在压头高、推动力充足的情况下,该射流管式分布装置对增加溶解氧有较为理想的效果。

### 2.1.2 射流管式分布器存在问题

从使用效果来看,射流管式分布器对空气压力要求较高,一方面增加了空压机电耗,另一方面事实上在实际生产中由于空气推动力及管路负载阻力原因,射流管内空气流速难以达到设计射流值,因此气液乳化混合效果受到影响。

从生产操作上看,由于射流管本身结构较为复杂,

连接节点多,易积料造成灭菌不彻底;为确保生产安全,设备清洗时,经常需要将每个射流管拆卸下来单独清洗,增加了检修维护的工作量,因此射流管式分布器,容易出现染菌现象。原分布器的不足,促使我们对空气进气装置进行改造。

另外,就射流混合原理本身而言,由于流速很大,相应剪切作用增大,对一些生产菌如霉菌等丝状微生物及某些杆菌会产生剪切损伤,影响菌体生长,使发酵周期延长,因而对于某些发酵产品不宜使用<sup>[3]</sup>。

### 2.2 氨基酸发酵罐改造的实施

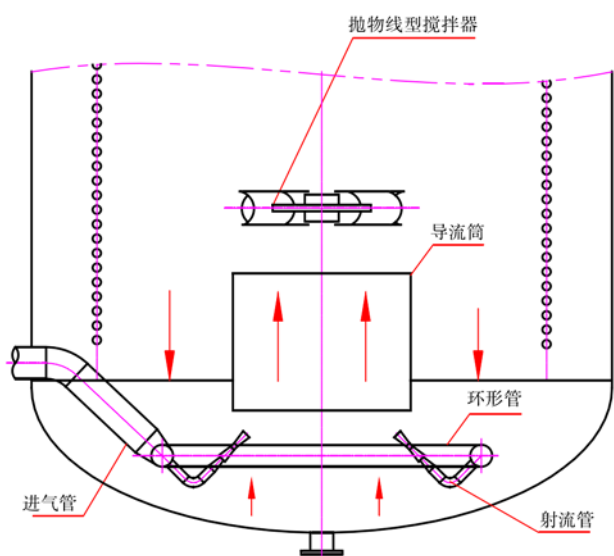
由于旋流混合器具有搅拌器的作用,改造时可优化搅拌器的设置。在保留原来罐底导流筒的同时,将原来罐底射流管式分布器拆除,在发酵罐底部安装旋流混合器,并把原先的中上档六弯叶搅拌改成四叶下推式搅拌,底部六叶抛物线型搅拌器改为四叶轴流下压式搅拌器,物料流向改原来发酵罐中心(导流筒内)向上为发酵罐中心向下,在保证径向气液混合的同时以增强罐体轴向混合,如图3所示。

### 2.3 氨基酸发酵罐改造结果

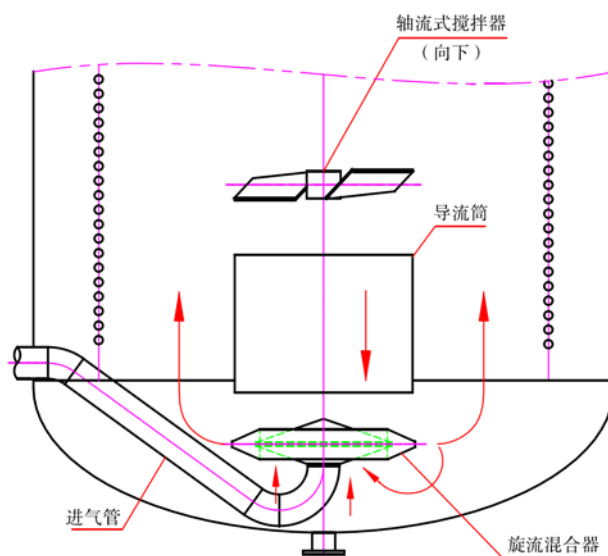
#### 2.3.1 发酵参数变化(表1)

表1 节能改造前后参数对比表

项目	改造前	改造后	变化量
溶解氧 (%)	20	35	↑ 75%
搅拌电流 (A)	180	150	↓ 17%
风量 (m <sup>3</sup> /min)	1 800	2 100	↑ 17%
单位产物 (g/L)	56	62	↑ 11%



某氨基酸发酵罐 改造前



某氨基酸发酵罐 改造后

图3 某氨基酸发酵罐旋流混合器改造前后



### 2.3.2 根据发酵情况评估及参数变化得出改造结果

- (1) 发酵过程溶解氧得到大幅度提高。
- (2) 发酵罐搅拌机电流较大下降。
- (3) 风量调节范围扩大, 风阻小, 最大通风量提高。
- (4) 发酵单位(产物)提升。
- (5) 料液混合均匀, 发酵罐内液面比较平稳。

## 3 某大型制药企业 200 m<sup>3</sup> 维生素发酵罐节能改造

### 3.1 原有发酵罐进气装置

该企业原有 200 m<sup>3</sup> 维生素发酵罐采用小孔盘管式空气分布装置, 如图 4。机械搅拌采用进口莱宁搅拌系统, 上部三叶推进式搅拌, 下部六叶半圆型搅拌叶轮的形式。

小孔盘管式分布器存在问题: 小孔盘管式分布器结构较为简单, 气液混合作用较弱, 使得发酵罐内溶氧量不高。运行时从视镜观察, 时有大鼓泡生成, 液面不平稳, 空气中氧未被充分利用。

### 3.2 维生素发酵罐改造的实施

(1) 将底部小孔盘管式分布器改成旋流混合器。由于该发酵罐底部布置有底轴承, 因而该旋流混合器需特殊设计, 中部设空腔来为罐底轴承留出空间。

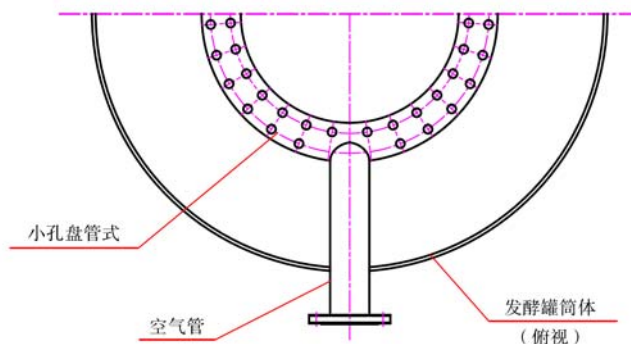


图 4 小孔盘管式分布器

(2) 降低搅拌轴转速。

(3) 初次实验后, 发现原工艺配置下即使降低搅拌轴转速, 溶氧量依然过高, 对提高单位产量不利。后将底档六叶半圆型搅拌叶去掉三叶, 改成三叶半圆型搅拌叶轮, 经调试后取得满意效果。

改造方案如图 5 所示。

### 3.3 维生素发酵罐改造结果

- (1) 溶氧水平显著提高。
- (2) 发酵罐搅拌电流下降 5%~15%。
- (3) 发酵罐运行时液面平稳, 无明显鼓泡产生。
- (4) 消泡剂用量减少 1/3 左右。
- (5) 发酵单位有所提高, 产量高于改造前。

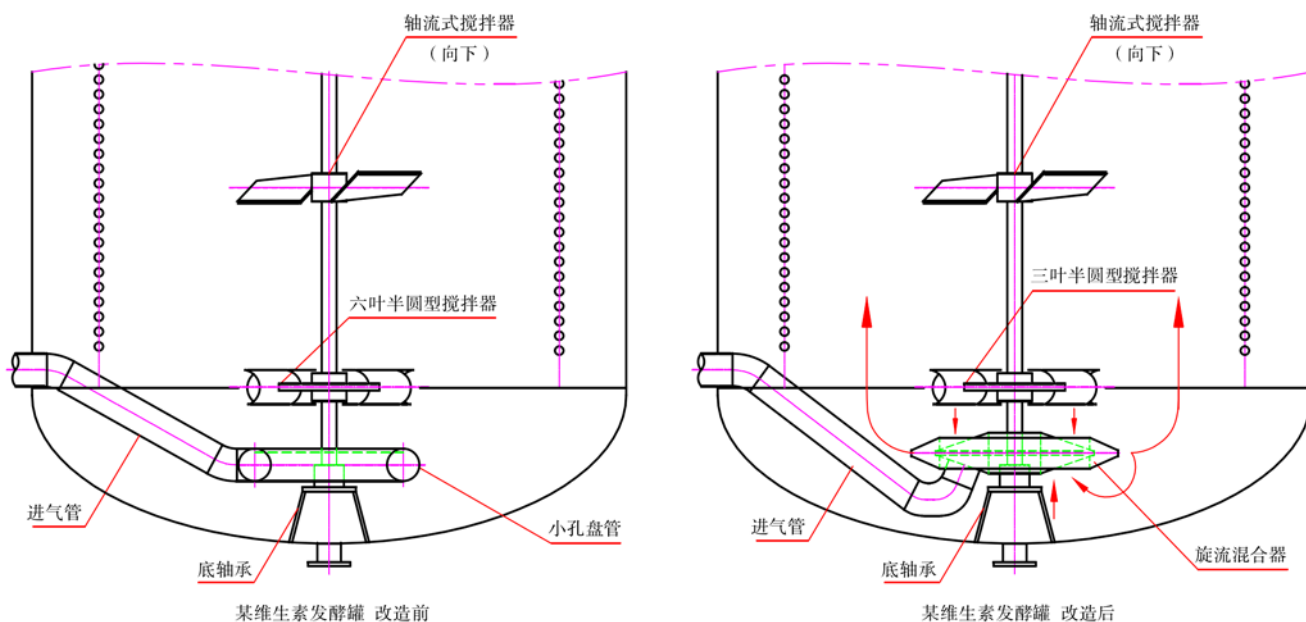


图 5 某维生素发酵罐旋流混合器改造前后

## 4 结束语

4.1 旋流混合器在氨基酸和维生素产品发酵罐节能改造中效果显著、提高溶解氧和发酵产物单位、降低能耗、

稳定生产、清洗简便、降低了染菌的隐患、取得了良好的经济效益, 进一步验证了旋流混合器在好气性发酵行业的潜在应用价值。

4.2 通过实际应用得出, 旋流混合器除了发挥进气分

布作用外,事实上还可起到底档搅拌的作用,促进罐体发酵液径向和轴向循环,因而可在气升式发酵罐内安装使用<sup>[4]</sup>。若在机械搅拌罐中改造,合理设计导流筒,优化搅拌布置,旋流混合器亦能使发酵罐效能大幅提高。

#### 参考文献

[1] 梅乐和,姚善泾,等.生化生产工艺学[M]北京:科学出版社,

2001.

[2] 陆飞浩,岑文学.旋流混合器在好气性发酵中的应用[J],发酵科技通讯,2012,41(1):47-48.

[3] 周建,王军峰,等.剪切力对必特螺旋霉素发酵的影响[J],食品与药品,2008,10(1):18-21.

[4] 陆飞浩,岑文学.发酵空气过程控制与节能[J],发酵科技通讯,2013,42(4):50-53.

## Energy Saving Reform of Vortex Gas-liquid Mixer Used for Ferment Vessel

Lu Ningzhou<sup>1</sup>, Cen Wenxue<sup>1</sup>, Lu Feihao<sup>2</sup>

(1. Ningbo Xingbang Biochem Device Co., Ltd, Ningbo, 315506; 2. Ningbo Haobang BioTech Co., Ltd, Ningbo, 315040)

**Abstract:** The function of air distributor in enhancing dissolved oxygen in ferment vessel and improving mass transfer of gas and liquid was stated in this article. The principle and characteristics of vortex mixer, and its differences from other air distributor were introduced. Finally with practical example, the application of vortex mixer in energy saving for gas sensitive ferment vessel was stated.

**Keywords:** ferment vessel; vortex mixer; air intake distributor; dissolved oxygen; energy saving

### 封一介绍

## 中石化上海工程有限公司

中石化上海工程有限公司(原“中国石化集团上海工程有限公司”,英文简称SSEC)创建于1953年,曾用名“上海医药设计院”、“中国石化集团上海医药工业设计院”等,是国内最早从事石油化工、医药、化工工程设计和总承包的大型综合性工程公司之一。

中石化上海工程公司的主要业务领域分为三大类,一是石化、化纤、炼油化工等;二是医药化工和生物能源化工等;三是环保、电子、轻纺食品、天然气储运工程等。服务范围覆盖工程项目的规划咨询、项目建议书、可行性研究和基础工程设计、详细工程设计,以及工程采购、工程总承包、工程项目管理、技术开发等。

中石化上海工程公司现持有国家住房与城乡建设部颁发的“工程设计综合甲级资质”证书,可承接化工、石化、医药、石油天然气、商物粮、轻纺、建筑、冶金、电子通信广电、市政等21个行业的工程设计和工程总承包业务,公司还持有环境评价、工程咨询、工程造价、压力容器、压力管道等多项甲级设计资质和建筑业企业贰级资质证书。公司取得了ISO 9001质量管理体系认证证书和ISO 14001、OHSAS 18001、HSE管理体系认证证书,拥有多项专利技术,建立了先进的万兆以太计算机办公网络,主办出版《化工设备与管道》、《化工与医药工程》两种技术刊物。

中石化上海工程公司拥有一支技术精湛的工程技术队伍,在1300多名员工中80%以上是从事工程设计和服务的工程技术人员,其中,有设计大师9名,高、中级职称人员700多人,各类执业资格人员300多人。

60多年来,中石化上海工程公司已完成国内外各类工程项目6000多项,荣获国家、部、省(市)级优秀工程咨询、工程设计、工程总承包、项目管理、科技进步奖等各类奖项400多项,其中包括一大批代表我国化工、石化、医药等领域先进水平的重点工程项目。

多年来,中石化上海工程公司保持与国际石油化工、医药行业巨头合作,并提供工程设计和项目管理服务;与许多国际著名工程公司建立了紧密合作关系,共同承担了一系列国内外重大工程项目,赢得了良好的赞誉和知名度。