

# 320Nm<sup>3</sup>/min发酵空气系统采用SAS系统节能改造

陆飞浩\*岑文学

(宁波浩邦生物技术有限公司 宁波315040)

**摘要** 本文论述了好气性发酵生产中空气预处理系统的重要性,介绍了SAS节能空气预处理系统与传统系统的差异及其在320Nm<sup>3</sup>/min系统改造中的效能。

**关键词** 好气性发酵 节能 空气预处理

好气性发酵需要大量无菌空气,以满足需氧菌的新陈代谢和得到发酵产物的需求。为了克服管道、设备阻力和发酵罐工作压力,空气须具有一定的压力,需由空压机生产。而空压机供气需要消耗大量电能,占发酵生产总用电量的30%~70%。

在无菌空气制备中,须对空压机出来的空气进行冷却降温、除尘除水等预处理,然后进入膜过滤器,进行无菌处理。而膜过滤器精度高,空气中的油水、杂质对其损害大,导致过滤器除菌不彻底、寿命缩短,进而影响发酵稳定生产。所以空气预处理尤为重要。据有关发酵统计,因空气系统装备配置不合理,发生染菌而使生产不正常,其所占比例在20%以上。

所以科学合理地设计配备无菌空气系统是好气性发酵行业稳定生产、节能降耗、提高经济效益的重要环节。浩邦公司经过几年努力,对传统空气预处理系统的缺陷进行分析研究,对关键设备冷却器、气液(固)分离器、加热器等进行研制开发,并对系统热量和冷量进行循环利用,开发出了具有自主知识产权的SAS节能空气预处理系统(简称SAS系统),并在发酵行业推广应用,实现了最大限度的节能,而且使发酵生产稳定性提高,取得了显著效果。下面就某大型制药企业320 Nm<sup>3</sup>/min发酵无菌空气系统作SAS系统节能改造的情况及效果,具体论述如下。

## 1 原有发酵空气预处理系统

作者联系电话: 13957808618, 电邮: haobang@haobang-biotech.com

该企业有8台40Nm<sup>3</sup>/min的活塞式空压机并列布置,形成一个单独系统,额定总空气流量320Nm<sup>3</sup>/min、出口压力0.35MPa。

### 1.1 预处理系统流程图

原有空气预处理系统属典型的传统方案(见图1),放置在空压车间。采用循环水和冷冻水二级冷却、三级除水,然后蒸汽加热的工艺,设备采用普通列管换热器和旋风分离器。

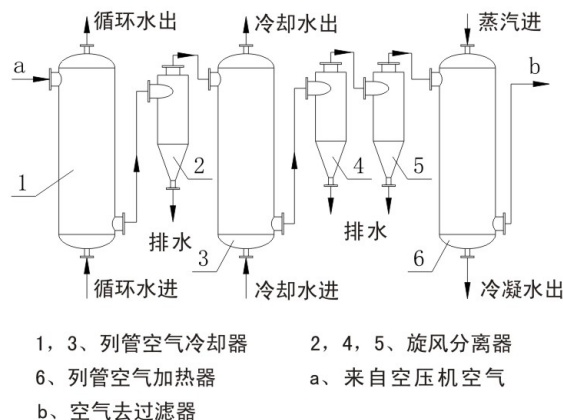


图1 原有空气预处理系统

### 1.2 存在问题

此系统工艺复杂,空气流程曲折,阻力损失大,约0.05MPa,系统供气量不足无法满足发酵用气要求;特别是旋风分离器分离效率低,一般只有60%~90%,还有10%~40%凝析水份无法分离,不得不采取更低的冷却温度或更高的加热温度,冷却后升温幅度达30℃~40℃,以降低空气相对湿度。由于冷却、加热的幅度大,所以能耗高。而且在雨季或空气潮湿的季节,用气量波动时,旋风分

分离器分离效率更差, 预处理后空气相对湿度大, 影响膜过滤器除菌效能, 空气带菌现象时有发生, 影响生产。

## 2 改造后的SAS系统

### 2.1 SAS系统流程图(见图2)

系统由翅片式空气冷却器、高效卧式气液分

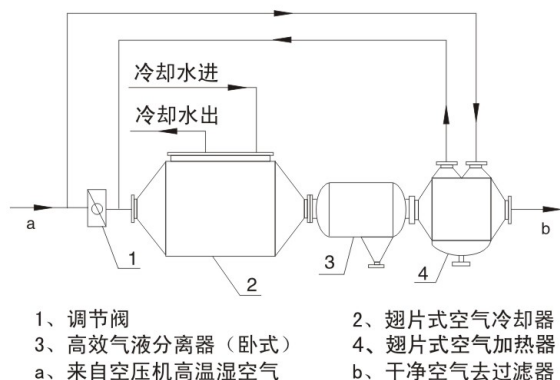


图2 节能空气预处理系统

离器、翅片式空气加热器三台关键设备和内部管道、控制阀等组成。

### 2.2 SAS系统特点

2.2.1 翅片管换热器传热效果好, 结构紧凑。

2.2.2 卧式气液分离器分离效率高, 可达98%~99.9%, 风量波动适应度好, 在保持高效率除水效果的同时, 简化系统管路配置, 降低阻力。

2.2.3 冷却加热合理组合, 直接节能。系统加热器热源利用空压机出来的高温空气, 去加热经冷却、除水后的空气。使冷热空气循环换热, 既节约了蒸汽, 又降低了冷却器的热负荷, 一举两得。

2.2.4 冷却加热温差幅度合理, 一般在20℃左右即可。系统运行时冷却、加热的温差幅度以满足最后出口空气相对湿度60%以下为宜。因高效卧式气液分离器能将游离水份除尽, 从而使空气冷却、加热温差缩小。且冷却器仅使用普通冷却塔循环水。在冬季, 压缩机后高温空气也能满足加热器的热源要求, 保证膜过滤器除菌效能。

2.2.5 系统阻力损失低, 节约电能。系统设备外部连接处于同一直线, 内部空气走向基本也呈直线, 因此最大限度地降低了阻力损失, 使空压机可在低压力负荷下工作, 降低轴功率, 节约电能。

### 2.3 具体改造效果

#### 2.3.1 压力变化(见下表1)

表1(单位: MPa)

	改造前	改造后
空压机出口	0.25~0.35	0.2
预处理系统后	0.22~0.3	0.2~0.195
阻力损失	0.05	0.005

#### 2.3.2 水汽消耗变化

由于加热器的预冷作用和冷却器性能的改善, 循环冷却水量减少30%以上。同时加热器热源弃用蒸汽, 仅在冬季时, 膜过滤器前管道夹套使用少量蒸汽加热, 因此蒸汽节约80%以上。

#### 2.3.3 生产稳定性变化

根据用户使用后评估, 由于除水彻底, 空气质量得到很大的改善, 使得膜过滤器高效连续工作, 发酵生产稳定性提高。

## 3 空气预处理系统性能差异

3.1 SAS系统与传统系统相比, 除水、除油和除杂效率高, 风量波动适应性好, 染菌概率减少, 系统运行更加稳定。

3.2 SAS系统阻力损失小, 仅为传统的1/4左右(本次改造仅为原有的1/10), 可降低空压机出口压力, 节电5%~10%。

3.3 SAS系统用水量减少, 节水约30%, 而且夏季高温季节冷却效果也良好。

3.4 SAS系统节约蒸汽, 可达80%~100%。

3.5 SAS系统安装使用、维护更加方便, 可不停机清除冷却水管内污垢, 不影响生产。

## 4 改造产生效益估算

### 4.1 阻力损失降低——节电

压缩机多变压缩功率P可用下式表达:

$$P = \frac{m}{m-1} p_1 V_1 (k^{\frac{m-1}{m}} - 1)$$

其中:

m:空气多变压缩指数, 取1.25, 则(m-1)/m=0.2

$p_1$ :进口空气压力;

$V_1$ :进口空气流量;

k:压缩比, 出口压力与进口压力的比值(绝压比);

由于系统阻力损失降低,空压机出口压力从0.25MPa下降到0.2MPa(表压),功率P比值可表达为

$$P_2/P_1=(k_2^{0.2}-1)/(k_1^{0.2}-1)=(3^{0.2}-1)/(3.5^{0.2}-1)=86.3\%$$

即出口压力降低后,功率消耗为原来的86.3%,可节电13.7%。按空压机比功率4kw/(m<sup>3</sup>/min)、年生产330天(11月)、电费0.6元/kwh计,则年节约电费为:320×4×13.7%×24×330×0.6/10000≈83.3万元。

#### 4.2 加热器循环换热——节水、节汽

加热器内热空气、冷空气温度变化幅度各按20℃计算,热负荷约各为113kw。而传统系统,此部分热量分别由冷却水冷却和蒸汽加热负担。可计算,热空气降温需冷却水33m<sup>3</sup>/h(温差3℃),配套冷却塔1.1kw风机和5.5kw水泵,年电费约需2.8万元。另可计算,冷空气升温需蒸汽1460t/年,蒸汽按100元/吨计,需14.6万元/年。即采用冷热空气循环换热后,可节约费用17.4万元/年。

#### 4.3 分离器除水效率提高——节汽

SAS系统采用高效卧式分离器分离效率高达98%~99.99%,而传统旋风分离器效率为60%~90%,有10%~40%凝析水份随空气带入加热器,需在加热器中汽化并升温,以降低相对湿度,此部分热负荷在本改造中平均约30kw,需蒸汽360t/年,3.6万元/年。

三项合计节能费用为104.3万元/年,此为直接经济效益。而SAS系统出口空气质量提高且稳定、膜

过滤器使用寿命延长等,由此带来生产稳定的间接经济效益,也非常可观,甚至大于直接效益。

根据用户反馈得到:同样发酵生产罐批数,SAS系统实际空压机运行台数比原系统减少30%左右,且空压机出口压力仅为0.2MPa,也能满足生产要求,故该系统实际节能效果还高于上述理论测算值。该企业一年内就回收了节能改造全部投资。

## 5 小结和讨论

5.1 SAS系统在空压机房和发酵车间距离较远时,在冬季为保证热源温度,相关空气管道需保温;必要时在进膜过滤器前管道设置辅助加热装置,如夹套管蒸汽加热,以保证空气加热温度和相对湿度。

5.2 根据本改造项目和其他SAS系统实际应用得出,SAS系统优于传统系统,无菌空气质量提高,空气染菌概率大大减小,生产稳定,而且节能效果显著,有助于发酵行业单位GDP能耗的下降,符合国家节能减排、创建节约型社会的方针政策,值得推广应用。

## 参考文献

- 【1】邱志成. 稳定发酵应该控制的几个环节[J],发酵科技通讯,1991,20(3)
- 【2】陆飞浩等. 好气性发酵节能空气预处理系统再述[J],医药工程设计,2007,28(3)
- 【3】钱颂文. 换热器设计手册【M】北京:化学工业出版社,2002.8.
- 【4】高慎琴. 化工机器【M】北京:化学工业出版社,1992.5.

### 高压消毒锅的灭菌操作怎样才能符合要求?

高压锅的正确操作要求是:

- (1)在使用前应做检查,放净罐内回水,排去蒸汽管冷凝水。
- (2)灭菌开始时,先在0.02兆帕(0.2kg/cm<sup>2</sup>)表压下预热3~5min,充分排气后,一面关小排气阀,一面升高汽压。

- (3)上升到规定压力,在规定时间内,要保持压力的恒定,消毒完毕关闭进汽阀门,逐步排汽降压至零表压,稍待片刻,打开锅盖,冷却后取出被消毒物品。

——《味精生产问答》题79——