

抗生素发酵空气净化工艺 与工程的优化设计

福州抗生素总厂(350002) 王树民

抗生素深层发酵需要大量无菌空气,空气净化的质量——洁净度是否达到无菌要求,对保证发酵正常生产至关重要。制备无菌空气的动力费用,占生产成本较大比例,我厂抗生素发酵空气电耗约占发酵总电耗的一半。因此,节约空气净化成本对降低产品成本有着重要意义。对抗生素发酵空气净化工艺与工程设计,已引起抗生素生产厂的重视,使科学合理的工艺与完善的工程设计结合起来,达到整个项目优化的效果。

1 空气净化工艺路线类型

1.1 空气净化工艺的关键问题

抗生素发酵空气净化工艺的关键之一,是压缩空气进过滤器之前,其相对湿度宜在 60%左右^[1],也就是空气要相当干燥。迄今为止,所有空气过滤器的高过滤效率,均要求空气在干燥状态下过滤,否则就影响过滤效率,甚至失效。英国的 Domnick Hunter 公司的高品质空气过滤器在产品使用说明中,要求空气干燥,方可达到 99.9999% 的过滤效率。

1.2 空气净化的工艺类型

目前,空气净化路线基本上有以下四种类型^[2]:

1.2.1 减湿型空气净化工艺(简称 A 型)

此工艺为目前较普遍采用的成熟的工艺,其设备流程和温度变化如图 1。

从图 1 可看出,在温度变化曲线中,有一个凹形,即冷却后又加热,此为减湿。该工艺操作方便,运行较稳定,不受大气绝对湿含量和相对湿度变化的影响。在干燥地区,如大气绝对湿含量始终小于 0.006kg/kg,当压缩空气为 0.2MPa(表压)时,冷却到 30℃,其相对湿度仍小于 65%,就无需加热了。但一年 365 天,气候总有变化,(如下雨天),若不设加热器,对生产缺乏安全可靠。北方地区抗生素生产厂,过去曾因未加热空气,造成发酵大面积染菌。

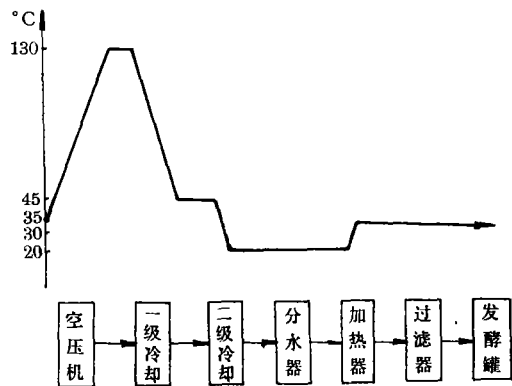


图 1 减湿型空气净化流程示意和温度变化

1.2.2 混合型空气净化工艺(简称 B 型)

此工艺利用小部分空压机出来的热空气与大部分经冷却分水后的冷空气直接混合,同样达到 A 型的空气相对湿度和温

度,其设备流程和温度变化如图 2。

从图 2 可看出,该流程节省了加热器,从温度变化看,大部分空气(粗线表示)仍需要冷却到 A 型温度以下,只有少量空气(细线表示)可不经一、二级冷却器。这样,与 A 型比较,节省了一些空气的冷却量和蒸汽加热量。

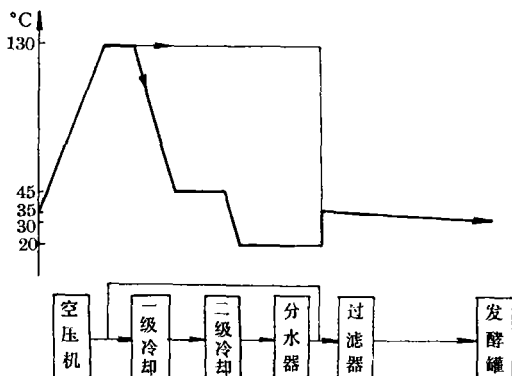


图 2 混合型空气净化流程示意和温度变化

该工艺关键在于控制冷热空气的混合比例。

1.2.3 热交换型空气净化工艺(简称 C 型)

此工艺利用空压机出口的热空气,通过热交换器来加热冷却器后的冷空气,使热空气降温,冷空气升温,其设备流程和温度变化如图 3。

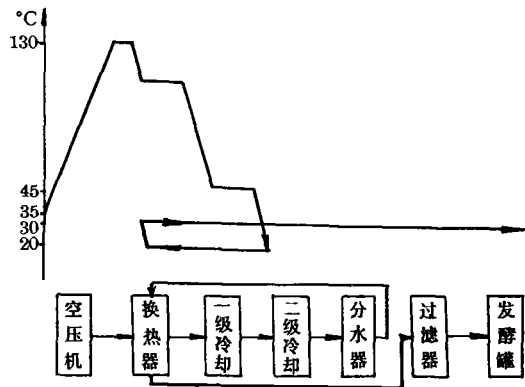


图 3 换热型空气净化流程示意和温度变化

从图 3 可看出,该流程也省去了加热器。另外,热空气经热交换后,降低了热空气在一级冷却时的起始温度,与 A 型比较,冷却量减小了,节省蒸汽^[3]。但该流程中的热交换器因空气传热系数小而需较大热交换面积。该流程重点在冷空气经热交换后要控制所需的温度。

1.2.4 热空气型空气净化工艺(简称 D 型)^[4]

经压缩的热空气,在温度较高时,其相对湿度同样能小于 60% 进空气过滤器,然后进发酵罐,其设备流程和温度变化如图 4。

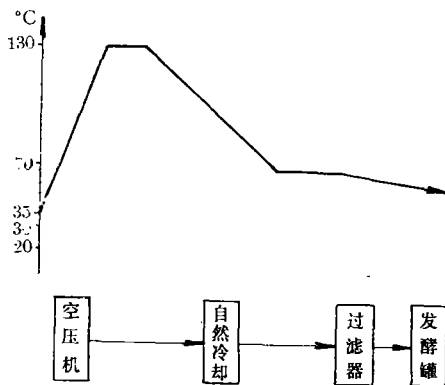


图 4 热空气净化流程示意和温度变化

从图 4 可看出,该流程节省了冷却器,分水器,加热器,从而节约了冷却量和加热量。但因进发酵罐空气温度较高,发酵罐内的冷却负荷加重了。

该工艺特点是利用大气自然冷却在长距离管道中输送的热空气。该流程随大气温度和绝对湿含量变化影响较大,工艺控制和操作管理要求较高。

1.3 定量分析四种类型的节能效果

比较上述四种工艺路线,后三种工艺显然可节能,但其节能效果如何?应有个定量计算进行分析比较。笔者从热平衡角度,以相同的工艺要求的参数,作过详细计算,现列出比较结果见下表。

几种空气净化工艺类型热量消耗比较表 kW

类型 内容	减湿型 A	混合型 B	热交换型 C	热空气型 D	改良型
一级冷却量	205	184	184	自然冷却	(自然冷却)88
二级冷却量	94	85	85		94
* 总冷却量%	100	90	90		60
加热量	28	0	0		2.8
发酵罐内冷却空气用冷却量	0	0	0	165	0
备注	进发酵罐空气温度与发酵温度视为相同(30℃)进行计算			进发酵罐空气温度65℃,在罐内冷却到发酵温度30℃计算	自然冷却,节省一级冷却量57%

* 以 A 型一、二级冷却量之和为 100%。

从表上可看出,以 A 型为基准,B、C 型节省了约 10%的冷却量;D 型可节省一、二级冷却量,但发酵罐内冷却量要增加,且需低温水,总冷却量节约 40%左右(主要是一级冷却水)。B、C、D 型均省去了蒸汽。

2 空气净化工艺的优化设计

抗生素发酵空气净化的重要性,决定了所选择的工艺路线必须安全可靠,科学合理。从以上所述可知,A 型工艺较可靠成熟,故应用普遍,但其能量消耗比较大。D 型工艺则节约能量,且设备流程短,若与发酵工艺配合,严格控制管理,节能潜力大。B、C 型工艺约节能 10%(一级冷却量),操作管理要求高。

笔者根据空气净化工艺要求和以往的设计经验,将 A 型和 D 型工艺的特点结合起来,将其优化为改良型空气净化新工艺(图 5),即压缩空气经长距离自然冷却输送,然后按 A 型工艺流程。此工艺既安全可靠,又节省能量,且便于操作管理。

一般抗生素厂的供气和预处理(冷却、分水)方式有两种:集中供气,就地预处理,即在空压站制备各发酵车间用的压缩空

气,就地进行冷却、分水,然后输送到各发酵车间,在进过滤器前加热减湿;集中供气,分散预处理,即空压站仅输送压缩空气到各发酵车间,由各车间进行预处理和空气过滤。此供气方式便于对各车间用气量进行调节平衡,稳定供气量和供气压力,也有利于空压机稳定运行。分散处理有利于进行自然冷却,节省能量,尤其适于优化的改良型空气净化新工艺。

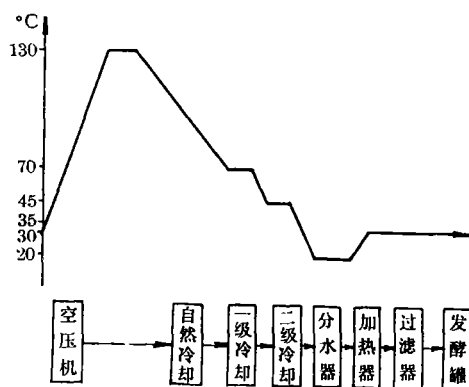


图 5 改良型空气净化流程示意和温度变化

3 空气净化工程设计的优化

工艺路线选定之后,工程设计既要满足工艺要求,又要考虑投资效益,实用有

效。

3.1 空压站方位及吸风口高度

空压站的方位,应在厂区的上风向,吸风口应远离锅炉烟囱和发酵车间有一定距离,这样可以减少烟灰尘埃进入空压机或者减轻吸气口预过滤的负荷,而与发酵车间有一定间距,可避免发酵排气对气源的污染,符合 GMP 要求。

吸风口高度至少要 10 米以上,因为大气本身的洁净度随高度而增加,每升高 10 米,生物尘埃量可下降一个数量级,最好将吸风口高度设在 20 米以上。

笔者曾经设计空压站到发酵车间的空气管道距离约 180 米,包括管道弯头、阀门、百米管道阻力约 0.005MPa,空气经自然冷却,到发酵车间的温度在 50~75℃ 之间。

3.2 空压机选型

空压机是制备压缩空气的主体设备,我厂压缩空气的电费占空气成本的 78% 左右。制备压缩空气的动力消耗为 3~6kW/m³/min。国外空压机能耗较低,操作弹性大,性能较好,但一次性投资费用大。

一般每分钟压缩空气制备量几百立方米空压机选用透平式。笔者在 1992 年根据当时当地的费用,对国产透平式空压机和进口空压机的投资效益作过详细计算,投资回收期约十年^[5]。

3.3 冷凝水分离及丝网捕雾器

除热空气型工艺外,其它需减湿的工艺流程,在空气冷却后会有冷凝水析出。以空气量 100m³/min 为例,每小时冷凝水约 70 公斤,这部分冷凝水如没有分离会增加下工序能量消耗。气液分离可用旋风分离器,但其分离效率低,若分离不好,又影响加热减湿效果,达不到相对湿度控制要求。丝网捕雾器可分离除去 5μ 的水滴 80~95%,效果较好。另外,还应设置一个分离

后的冷凝水贮罐,或人工定时排水,或安自动控制排水装置。简单地用常开阀门方式排水,会浪费空气。

英国 DH 公司生产与空气过滤器配套的空气预过滤器,它具有收集液滴并不断排除的功能。

3.4 空气过滤器

经预处理后,空气过滤器是空气净化器的关键设备。空气过滤器品种很多,但空气过滤效率高(99.9999%),品质好(能滤除噬菌体),过滤面积大、阻力小的高效过滤器^[6],数英国 DH 公司的产品^[6],尤其是大型发酵罐配用的空气过滤器,更值得选用。我厂 100m³ 发酵罐全部选用这种空气过滤器,投资回收期约 2.8 年^[5]。

3.5 检测控制系统

空气净化系统检测控制参数为温度、流量、压力,尤其以空气温度为要。因此,在冷却器前,加热器前后,空气过滤器前,必须设置温度自动显示、记录仪及自控装置,既便于监视控制和工艺分析,也有利于降低能耗。

发酵空气净化工艺要因地制宜,优化工艺与工程设计,才能确保运行安全可靠,节约能耗,取得最佳经济效益。

参考资料

- [1]微生物工程(上册)P165,上海人民出版社,1976 年
- [2]抗生素生产设备(上册),华东化工学院教材,1980 年
- [3]沈荣度·抗菌素生产的空气减湿及节能. 医药工程设计,1994,(1):9
- [4]江西东风制药厂·热空气过滤装置. 医药设计,1983,(4)
- [5]王树民·工程设计中节能与投资效益分析. 抗生素工业信息,1993,(9)
- [6]王树民·新型高流空气过滤器. 医药工程设计,1991,(6)