

## 臭氧在空间消毒中的应用

(青岛国林环保科技股份有限公司 王欣明)

臭氧是一种广谱、高效消毒剂，氧化作用极强，反应速度快，有很好的消毒、除臭作用。臭氧对空气中的微生物有明显的杀灭作用，采用  $20\text{mg}/\text{m}^3$  浓度的臭氧，作用 30min，对自然菌的杀灭率达到 90% 以上。目前我国 GMP 中臭氧灭菌是被推荐的重要灭菌方法之一。

### 一、臭氧杀菌的作用原理

臭氧的灭菌机制及过程类属于生物化学过程，氧化分解了细菌内部氧化葡萄糖所必须的葡萄糖氧化酶。也可直接与细菌、病毒发生作用，破坏其细胞器和核糖核酸，分解 DNA、RNA，蛋白质、脂质类和多糖等大分子聚合物，使细菌的物质代谢生产和繁殖过程到破坏。还可以渗透胞膜组织，侵入细胞膜内作用于外膜脂蛋白和内部的脂多糖，使细胞发生通透性畸变，导致细胞溶解死亡。并且将死亡菌体内遗传基因、寄生菌种、寄生病毒粒子、噬菌体、枝原体及热原（细菌病毒代谢产物、内毒素）等溶解变性灭亡。

### 二、臭氧的灭菌优点

1、有较高的扩散性： $\text{O}_3$  是气体，扩散性能好，灭菌空间无死角，空间内浓度分布均匀，灭菌效果稳定。

2、现行的《消毒技术规范》认定  $\text{O}_3$  为一种广谱高效杀菌剂： $\text{O}_3$  对多种致病微生物如大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄菌及肝炎病毒、真菌等均有很好的杀灭作用。科学研究表明： $\text{O}_3$  具有强烈的杀菌消毒作用，不但对各种细菌（包括肝炎病毒、大肠杆菌、绿脓杆菌

及其它杂菌)有极强的杀灭能力,而且对真菌也有效。目前尚无 O<sub>3</sub>对某些致病微生物产生耐药性的报道,克服了传统化学灭菌剂产生耐药性的缺点。

3、O<sub>3</sub>消毒后自然分解为 O<sub>2</sub>,安全无残留,不存在二次污染的可能。

4、只需要臭氧发生器,且原料为空气,运行只需要用电,操作简单。

5、常温下灭菌,使用范围广。

### 三、臭氧空间消毒参考浓度

空间、器具、溶具消毒、保鲜、除臭净化空气中使用臭氧参考浓度

用途	种类	浓度 ppm	每 m <sup>3</sup> 每小时臭氧量 (mg)	使用方法
消毒	医用器具	20	50-100	20ppm 消毒时间 60min(国标 yy0215.2-95)
	冷库	6-10	15-25	根据库容和污染程 度连续开机,主要杀 灭霉菌
	食品车间	1.0-1.5	2.5-3.5	班后开机送 O <sub>3</sub> 气体
	病房、手术 室	10-20	25-50	需要消毒时开机,按 标准检查细菌总数
	工作服	10-20	25-50	相对湿度 90%左右,

				衣服用衣架挂起
防 毒 保 鲜	一般场所	1-2	2.5-5	定期开机
	鸡蛋	2-2.5	5-5.5	间断供给 O <sub>3</sub> 气体，每 天开机 2-3 次
	香蕉	2.5-3.5	5.5-8	
	苹果	2.0	5	
	叶绿素少 蔬菜	1.5-1	3.5-2.5	
	鱼、干酪	0.5-1	1.5-2.5	
除 臭 净 化	停尸房	3	7	有臭味即开机除臭
	鱼类加工 厂	3	7	污染气体进入处理 管理，在管道内投入 O <sub>3</sub> 气体氧化除臭。如 车间内异味严重，应 在车间进风口投加 O <sub>3</sub> 气体为宜。
	屠宰车间	2-3	5-7	
	脂肪酸加 工	10	25	
	橡胶厂	3-10	7-25	
	垃圾废物 处理	10	25	
	污水处理 厂	1-2	2.5-5	

备注 1、空气中使用臭氧参考浓度 (1ppm=2.14mg/m<sup>3</sup>)

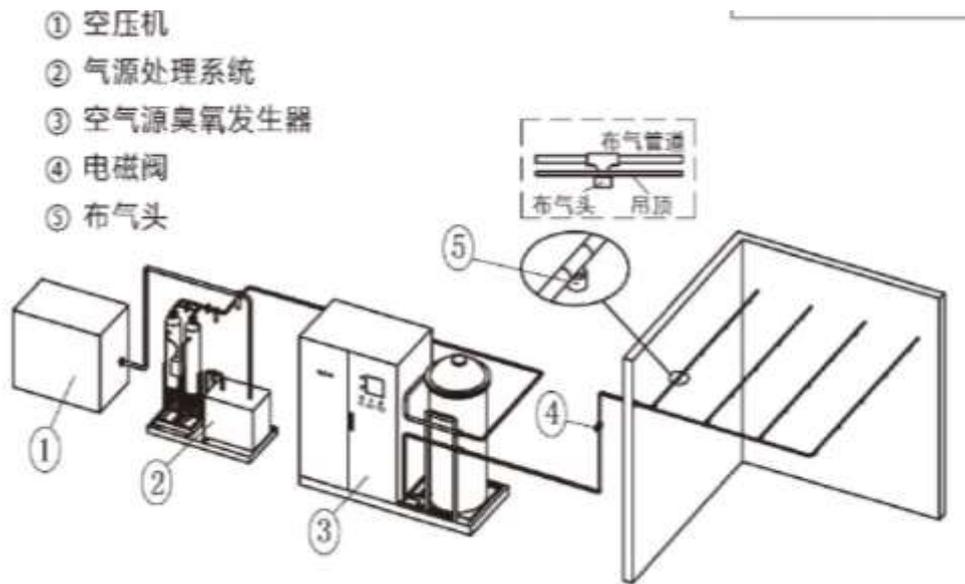
2、出自：化学工业出版社，2003.3【臭氧技术及应用】

#### 四、臭氧空间消毒的主要应用

## 1、食品车间

食品加工车间臭氧深度要求相对较低，一般达到 2.5ppm 即可。

对于不同的食品储存的物质不同设计不同的臭氧浓度。臭氧投加方式一般采用布管式，如下图：



对于小车间可采用分体或移动式放在单独空间中，一般要放置高处，因为臭氧比重在空气中较大，易下降，放置高处的目的主要是有利于臭氧的散播。



壁挂式



移动式

## 2、制药厂

利用 HVAC 系统的循环风作为臭氧的载体，即将臭氧发生器生产的臭氧化气体由 HVAC 系统中净化风机产生的压力风源，扩散至所控制的整个洁净区域，并且使空气中臭氧浓度均匀，在洁净区域的生产环境中不增加任何消毒设备，即可达到灭菌的目的，同时对 HVAC 系统起到杀灭杂菌和霉菌的效果，实践发现，该消毒灭菌方式还能对高效过滤器起到溶菌疏导作用，延长其使用寿命。

臭氧发生器安装位置有以下几种方法：

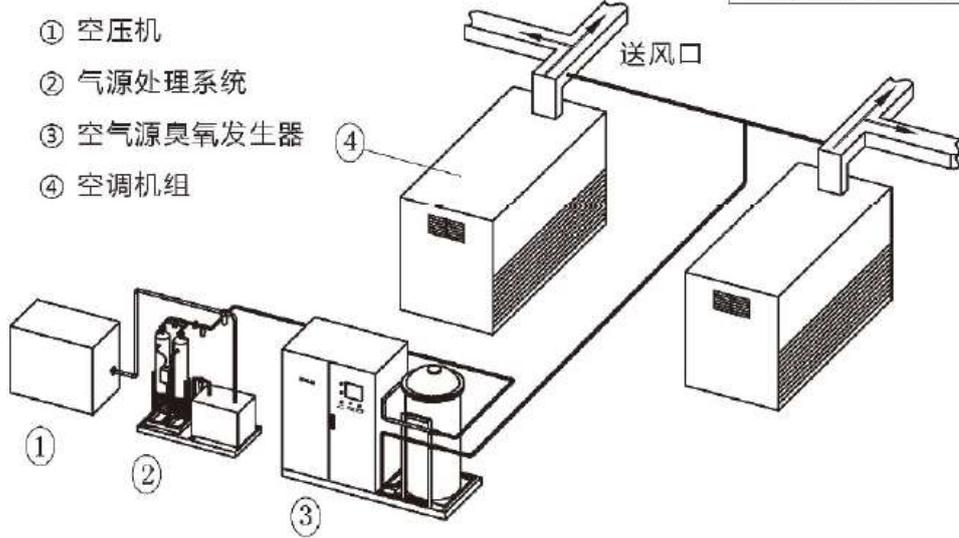
(1) 分体或移动式放在单独房间内（同上述）

(2) 组装在空调机组中（此种布置方法主机一般安装在中效过滤后段或高效过滤器前

，但是由于受到空调送风污染，臭氧发生器频繁故障不能持续运行，此方法基本不用）

(3) 臭氧发生器置于空调机组外，臭氧管路通至总送风管道内，  
如下图：

空调系统消毒示意图



### 五、臭氧发生器的选型方法

根据【消毒技术规范】及实际应用经验

序号	消毒等级	臭氧浓度 (ppm)	臭氧浓度 (mg/m <sup>3</sup> )
1	三十万净化级	2.5ppm	5mg/m <sup>3</sup>
2	十万净化级	5ppm	10mg/m <sup>3</sup>
3	万净化级	15ppm	30mg/m <sup>3</sup>
4	百净化级	20ppm	40mg/m <sup>3</sup>

计算方法：利用 HVAC 系统集中投加时，臭氧发生器选用按以下方法计算，首先计算实际臭氧消毒体积，实际体积由三部分组织  $V=V_1+V_2+V_3$ ,  $V_1$  洁净区空间体积， $V_2$  空气净化系统体积， $V_3$  循环时空气损失体积，实际计算过程中  $V_3$  等于循环系统总风量的 1.2%。

$$W=C*V/D$$

W: 实际选用臭氧发生器的产量，单位为 g/h;

V: 实际臭氧消毒体积;

D: 臭氧衰退系数 0.4208。

若设计臭氧浓度按空间浮游菌为 5ppm, 消毒体积  $10000\text{m}^3$ , 送风流量  $100000\text{m}^3/\text{h}$

$$V1=10000\text{m}^3$$

V2=忽略不计

$$V3=100000*1.2\%=1200$$

$$\text{实际臭氧消毒体积 } V=V1+V2+V3=11200\text{m}^3$$

$$\text{臭氧投加量 } W=C*V/D=5*2.14*11200/0.4208=284.79\text{g/h}$$

推荐选择臭氧发生器的产量为 300g/h。

## 六、使用臭氧空间消毒的影响因素及注意事项

1、臭氧的杀菌效果 K 为臭氧实际浓度 C 与作用时间 T 的乘积即  $K=C \times T$ 。臭氧消毒需要至少要达到阈值浓度, 发生浓度低于阈值浓度, 是达不到灭菌效果的, 而浓度过高会造成运行成本增加, 所以应该计算选用合适范围的发生浓度的臭氧发生装置。

2、适当的湿度, 臭氧的灭菌效果在湿度为 70-80%条件下效果最理想, 在湿度低于 45%时效果较差, 所以一般使用中, 应注意在环境中适当增加湿度。

3、微生物种类、温度、有机物、pH、水的浑浊度、水的色度以及消毒空间内还原性物质等都可能影响臭氧的杀菌作用, 使用时应加以控制。

4、臭氧对人有毒, 使用臭氧杀菌时, 严禁工作人员进入。国家

规定大气中允许浓度为  $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5、臭氧为强氧化剂，对多种物品有损坏，浓度越高对物品损害越重，可使铜片出现绿色锈斑、橡胶老化，变色，弹性降低，以致变脆、断裂，使织物漂白褪色等，使用时应注意。

6、由于臭氧只能就地生产，目前最经济也是技术成熟的产生臭氧的方式为电晕放电，管式臭氧具有结构简单、性能可靠、运行费用低及调节灵活等优点。