

用于水处理的臭氧发生器

DIN 19627 1993 年 3 月

对 80 年 1 月版本的补充

1. 适用范围

本标准适用于以电晕放电原理进行工作,并用于水处理(如:饮用水、工业用水、泳池水)及废水处理的臭氧发生器。

本标准还适用于其他使用范围的臭氧发生器,如:用于废气处理的臭氧发生器。

2. 目的

臭氧发生器所产生的臭氧气体混合物用于氧化无机物质和有机物质以及杀死微生物、钝化病菌。

3. 概述

在电晕放电的作用下,由氧或含氧气体产生臭氧。放电过程在两个高压且由介质相互隔开的电极间的气室内完成。

4. 定义

4.1 臭氧发生单元

臭氧发生单元是臭氧发生器的一个基本单元,输入氧气或含氧气体产生电晕放电。

4.2 臭氧发生装置

臭氧发生装置是安装臭氧发生单元的装置。

4.3 臭氧发生器

臭氧发生器是指产生臭氧所必需的全部装置。

4.4 臭氧设备

臭氧设备是设备的组合,除了本标准所述臭氧发生器外,还包括输送设备及与臭氧进行化学反应的设备。

5. 臭氧发生器的划分标志

臭氧发生器按照 5.1~5.6 节所述的标志进行划分。

5.1 臭氧发生器的结构型式

臭氧发生器分为紧凑型或松散型的结构方式,即部件空间布置紧凑或相互分开(见 7 节)。

5.2 臭氧发生单元

臭氧发生单元分管式或板式。

5.3 工作压力

臭氧发生装置可以低压或以高压进行工作。

5.4 工作频率

臭氧发生装置可以电网频率或以其他频率进行工作。

5.5 所用气源

氧气或含氧气体,如空气。

5.6 臭氧发生装置的冷却

空气冷却:对流冷却或强制冷却。

液体冷却:比如水、盐水、油。

6. 臭氧发生器的技术参数

臭氧发生器的操作说明书中应列出以下技术参数以示其特征:

- a) 臭氧发生器的生产厂家或供货厂商,型号,生产日期以及企业编号。
- b) 所用气源种类,如:干燥空气。

- c) 干燥器的工作压力以及允许的最大压力, 单位: bar
- d) 臭氧发生装置所用气源气体的露点。
- e) 标准状态下, 额定功率时气体混合物的体积流量(附测量部位说明), 单位: m^3/h
- f) 冷却剂种类, 如: 水。
- g) 在额定功率以及允许最高温度(单位: $^{\circ}\text{C}$)时, 臭氧发生装置输出端冷却剂的体积流量(单位: m^3/h)。
- h) 冷却剂允许最大压力, 单位: bar
- i) 产生一定浓度(g/m^3)(标准状态下的体积)。臭氧的额定产量(单位: g/h)。
- j) 臭氧产量的调节范围和控制范围(单位: g/h), 或按有级或无级额定功率的百分比。
- k) 臭氧发生装置的工作压力: 最低允许压力和最高允许压力, 单位: bar。
- i) 臭氧发生器电路连接参数:
电压: V; 电流强度: A; 连接功率: VA; 频率: Hz。
- m) 臭氧发生装置的工作频率, 单位: Hz。
- n) 最大有效工作电压, 单位: kV。
- o) 臭氧发生器的有效功率 kW 以及功率因数($\cos \phi$)。
- p) 设备主要尺寸, 单位: m。
- q) 按照设备长、宽、高尺寸所需要的安装空间和操作空间, 单位: m。
- r) 工作状态下设备的重量, 单位: kg。

6.1 型号标牌

臭氧发生器必须安装型号标牌, 标牌应清晰可辨, 安装牢靠, 至少应包括以下数据:

- 生产厂家或供应厂商
- 型号
- 生产日期
- 生产编号
- 所用气源气体种类
- 臭氧产量, 单位: g/h 或 kg/h (额定功率下)
- 标准状态下, 臭氧发生装置输出端气体混合物的体积流量, 单位: $\text{m}^3/\text{小时}$ 。
- 电路连接参数, 单位: V; A; kVA; Hz
- 臭氧发生装置允许最高工作压力, 单位: bar。

7. 臭氧发生器的部件、结构及材料

7.1~7.5 节中所述部分为臭氧发生器的部件。

7.1 气源气体准备装置

为确保工作中不发生故障, 产臭氧所用气源气体须经机械式净化并干燥。标准状态下, 气体露点应低于 -45°C , 如果达不到这一露点温度, 则须使用能抗潮湿气体制臭氧的材料。潮湿气体导致产生亚硝酸和硝酸, 腐蚀金属材料。

7.1.1 结构

所需要的设备的结构方式, 按照产生臭氧所使用气体的种类及状态确定。通常, 采用空气制臭氧时, 应包括一个吸收系统, 该系统填充吸潮剂, 所用气体通过吸潮剂。需要时, 可预接或附加连接冷却器。吸潮剂应可还原。

用于干燥气体(露点在 -45°C 以下)非循环式制臭氧时, 不需要干燥装置。

根据臭氧发生装置的结构, 这部分装置用低压或高压进行操作; 在其后还应安装气体输送装置。

7.1.2 材料

用于干燥气源气体设备的材料须按照气体种类及状态进行选择。

潮湿气体循环系统的干燥器须由耐臭氧材料制成或须用臭氧清除器清除剩余臭氧。

7.2 臭氧发生装置

7.2.1 结构

臭氧发生单元应竖直或水平方向安置，如：安装在封闭的容器中。

为排除臭氧生成时产生的热量，需有冷却装置，以使热量可以通过气体、液体或热辐射排除。

7.2.2 臭氧接触部件的材料

不锈钢，比如材料号为 1.4571 的不锈钢；铝，如材料号为 99.8 的铝材；陶瓷或玻璃；适宜的塑料，如：聚四氟乙烯(PTFE)，用空气制臭氧用聚偏氟乙烯(PVDF)或无增塑剂聚氯乙烯(PVC—V)。

对于密封材料可采用耐臭氧聚合物，如：聚四氟乙烯(PTFE)。根据使用条件，也可采用氯磺化聚乙烯(CSM)，偏氟乙烯——六氟丙烯橡胶(FPM)以及硅树脂。

7.3 产生高压的电气装置以及在需要时进行频率变换的电气装置

电气装置必须符合标准，特别是系列标准 DIN VDE 0100，DIN VDE 0101，DIN VDE 0110 第 2 部分和 DIN VDE 0160 以及安全保护规程 VBG4 的要求。

用高压变压器产生高压，需要时与扼流圈和控制器、调节器连接使用。

7.4 操作装置及监控装置

臭氧发生器操作装置的布置应简单易行，清晰明了。操作开关、维护开关和监控开关必须包括安全操作所要求的所有操作机构、调节机构、控制机构、测量机构和检查机构。应设置紧急断开开关(见 ZH 1/474)。

高压变压器初级端电压或频率应根据臭氧发生装置的控制机构进行调节。至少应将工作状况以及影响臭氧产量的可变工作参数予以标明。

可变工作参数如下：

- | | |
|-------------|----------|
| ——电压 | ——电流强度 |
| ——有效功率 | ——频率 |
| ——气源气体的体积流量 | |
| ——冷却剂温度 | ——臭氧气体浓度 |
| ——气源气体工作压力 | |

7.5 安全装置

安全装置必须确保符合安全保护规程的规定(见 ZH1/474 以及 VBG 61 和 VBG 62)。在超出或低于规定的极限值时，安全装置须能断开臭氧发生装置并不影响重新启动。

该装置或采取结构上的措施或针对以下参数采用安全装置和监控装置。

- 气体体积流量(最小流量)
- 臭氧发生装置的工作温度(最高温度)
- 臭氧发生装置允许的最低工作压力和最高工作压力
- 气体流量承受量(最大承受量)，如：由于过量或温度升高

根据发生器的使用情况，也可进一步要求以下几项：

- 露点测量仪
- 臭氧浓度测量仪

臭氧发生器与电网连接应遵守主管供电部门对高压放电设备的操作规程。如果安装地点不具备较好的保护条件，拆装机电设备和仪器时，至少也应执行 DIN 40 050-IP23 规定的保护措施。如果不直接靠近设备和仪器，若能满足本区域电气技术安全标准，则可按 DIN 40 050——IP00 的规定进行安全保护。

8. 安装地点

臭氧发生器包括各种电气设备和仪器,在安装地点对这些设备和仪器应制定一定的最低要求。安装地点限定了所用机电设备和仪器的保护方式(见 7.5 节内容),环境温度应不超过 30℃,空气相对湿度不超过 60%。

必须降低环境大气中腐蚀性气体的含量,应注意有效的通风、排气(O₃的工作位置最大浓度——MAK 值: 0.2mg/m³)。

在臭氧可能扩散的范围,须用气体报警器进行有效监控(见 ZH 1/474)。

在氧气可能扩散,且没有良好的排气、通风设备的区域,应安装氧气报警器。

臭氧发生器的安装须不妨碍操作、保养、维修工作的进行。

9. 冷却剂

标准状态下,气体中臭氧浓度超过 20g/m³时,冷却剂输入温度不得超过 30℃,以避免臭氧的过量损耗。

使用冷却水时(为避免水垢)应遵照以下参数:

——可沉淀物所占体积比例: <0.1mg/l

——铁的质量浓度: β(Fe)=0.2mg/l

——锰的质量浓度: β(Mn) 0.05mg/l

说明:按照[1]确定参数。

采用金属材料应注意冷却水的化学腐蚀。

另外,还应注意缓热冷却水形成水垢沉积物的情况。

可循环冷却或冷却水继续使用并回收热量。

10. 操作说明

臭氧发生器的操作应参照第 6 节的技术参数并执行生产厂家制定的安装条件、操作说明和维修说明。遵守安全保护规程 VBG 61 和 VBG62 的规定。

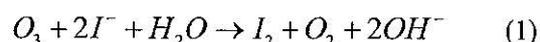
11. 臭氧浓度的确定

11.1 节中所述确定臭氧浓度(单位体积内臭氧的质量)的方法,应视所用气源气体而定,如:空气、氧气以及空气——氧气——混合物。

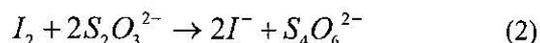
11.1 按照 KI——方法[2],用滴定法确定臭氧浓度

11.1.1 理论依据

臭氧与碘化钾的化学反应只在中性,稀释的水溶液(pH 值 7)中进行,化学反应方程式如下:



溶液酸化后,游离碘用硫代硫酸钠溶液进行滴定,反应方程式如下:



11.1.2 器具

——不锈钢、玻璃或聚四氟乙烯等材料制成的输气管道

——500ml 容量洗瓶

——三通旋塞

——微调阀,玻璃器皿与聚四氟乙烯棒

——抗臭氧隔膜泵(仅用于需低压操作的臭氧发生器)

——气量表,采用潮湿气源的结构具有带指示器的计量表以及气体和液体温度计接头,转筒每圈通过体积 1L。

——气压表

——秒表

一般附件:

- 玻璃手柄，短距离弹性连接用聚乙烯或聚氯乙烯软管
- 500ml 烧瓶。如：符合 DIN 12385 ——WE 500 规定的烧瓶
- 250ml 量筒，如：符合 DIN 12680 ——ME 250 规定的量筒
- 25ml 滴定管，如：符合 DIN 12700 —— SGA25 ——005 规定的滴定管
- 1ml, 5ml 吸液管，如：符合 DIN 12691 ——VPAS 1 规定的吸液管
- (推荐附件：磁搅拌器和聚四氟乙烯搅拌棒)。

11.1.3 化学材料

- 碘化钾溶液
- 20.0gKI, 7.3g Na₂HPO₄ · 2H₂O, 3.5g KH₂PO₄用于分析，溶于 1000ml 蒸馏水中
- 硫代硫酸钠溶液，C(Na₂S₂O₃): =0.1mol/l
- 稀硫酸
- 25ml 硫酸(H₂SO₄)用于分析，Q=1.84g/ml，小心注入 75ml 蒸馏水并充分混台。
- 碘化锌浓溶液，用于分析。

11.1.4 操作

测量部位结构在图中作了介绍，气体导入部分(A)应尽可能短，直接连接在臭氧发生装置上。测量设备与含臭氧气体混合物接触部分不得有臭氧的泄露，必要时，用弹性橡胶软管连接，但应尽可能短。每两个前后相接的洗瓶各注入 200ml 碘化钾 KI 溶液，图 1 的试验装置结构正确放到取样位置。两个三通旋塞首先将待检验气体导入旁路，在这一位置上，被测气体在节流阀处的流动速度调整到体积流量 1L/分左右。待测气体总共通过的体积应大于 1L，小于 5L。测量结束后，气流重又导入旁路，再次进行测量。取样时，应确定空气压力和被测气体温度。

游离碘酸化后，滴入 5ml 硫酸和硫代硫酸钠溶液。滴定快结束时，向浅黄色溶液中加入 1ml 碘化锌浓溶液，直滴至颜色消失。臭氧浓度较高时，应注意用两个洗瓶。

11.1.5 计算

气体混合物的浓度按方程式(3)进行计算：

$$\beta = \frac{V_1 \cdot (\theta + T_n) \cdot Z_1}{V_L \cdot P_L} \quad (3)$$

其中：

β 标准状态下，气体混合物中臭氧的质量浓度。单位：mg/L (相当于 g/m³)。

V_1 硫代硫酸钠溶液的消耗量。单位：ml。

θ 气体混合物的实际温度。单位：℃。(相当于实际温度减标准温度，单位：K)

T_n 标准温度， $T_n=273.15K$

Z_1 中间值， $Z_1=8.9\text{mg}\cdot\text{mbar}(\text{ml}\cdot\text{K})$

V_L 所通过气体混合物的体积，单位：l。

P_L 测量部位空气压力，单位：mbar。

$$\text{备注： } Z_1 = \frac{c \cdot M(1/2O_3) \cdot P_n}{T_n} \quad (4)$$

其中：

c 硫代硫酸钠溶液的流量浓度。

$c=0.1 \text{ mol/l}=0.1 \text{ m mol / ml}$

$M(1/2O_3)$ 与碘化物反应时，当量臭氧的克分子质量。

P_n 标准压力， $P_n=1013.25\text{m bar}$

T_n 标准温度, T_n=273.15K

11.1.6 误差

误差总和可偏移测量值 5%(相对误差)。

11.2 其他测定方法的说明

11.2.1 在紫外线范围(见 DIN 38 404 第 3 部分), 用光学原理测定

臭氧在 200~300nm 之间具有一个较宽的吸收带, 即众所周知的哈脱莱带。λ=254nm 时, 臭氧通过的比例系数最大(克分子消光系数)。该方法原理是在带有石英玻璃窗的气体吸收玻璃器皿内, 测量波长为 254nm 单色光的吸收情况。

克分子比例系数(克分子消光系数)为 $302,4 \cdot 1/(\text{mol} \cdot \text{cm})$ 。

11.2.2 通过测量分解热含量确定臭氧

臭氧分解时, 排出热量为 144.41kJ/mol 臭氧, 由此可测得含臭氧气体混合物中臭氧的浓度。该方法是根据对含臭氧和不含臭氧气体之间温差的精确测量。催化臭氧分解时, 产生的热量多少取决于导入气体中臭氧浓度的大小。

12. 臭氧发生器的额定功率及验收

为对发生器的额定功率进行比较, 规定采用空气作气源, 臭氧浓度最低为 20g/m³。采用氧气作气源, 臭氧最低浓度为 80g/cm³。冷却水接入温度 15℃。有出入的数据应作相应标注。

厂家验收后或臭氧发生器就地起动后, 应按第 11 节规定测定每一单位时间内臭氧的质量, 以验证臭氧的产量。

臭氧产量受以下因素影响:

- 采用的气源
- 体积流量
- 工作压力
- 臭氧浓度
- 电网电压
- 频率
- 冷却剂温度
- 采用气体的露点

应对以上数值进行测量并作记录。

这些数值反映了臭氧发生器产生额定功率工作点的特性。额定功率是发生器在较长时间内可达到的功率。臭氧产量按方程式(5)进行计算。

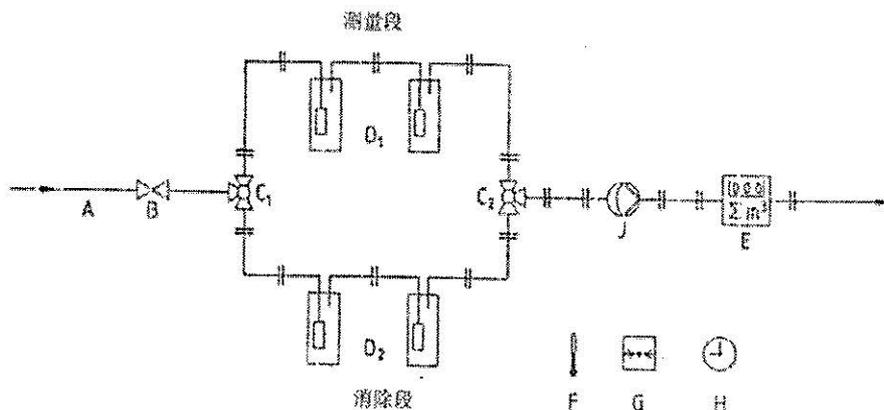


图1 测定臭氧浓度的测量流程图

A 气体输入管(按 DIN 17440 规定的不锈钢),

B 微调阀(聚四氟乙烯 PTFE)。

C₁C₂ 三通旋塞(玻璃, 聚四氟乙烯 PTFE)。

D₁D₂ 气体洗瓶, 见图 2。

E 气量计(最大体积流量 200L/h)。

- F 温度计(-10~+50℃)
- G 压力测量仪(950~1070 mbar)
- H 秒表
- J 隔膜泵(抗臭氧)

$$A = \beta \cdot \dot{V} \quad (5)$$

其中:

A 臭氧产量, 单位: g/h。

B 臭氧发生装置输出端气体混合物中臭氧的质量浓度, 单位: g/m³。

\dot{V} 臭氧发生装置输出端气体混合物的体积流量, 单位: m³/h, 体积为标准状态下的数值。

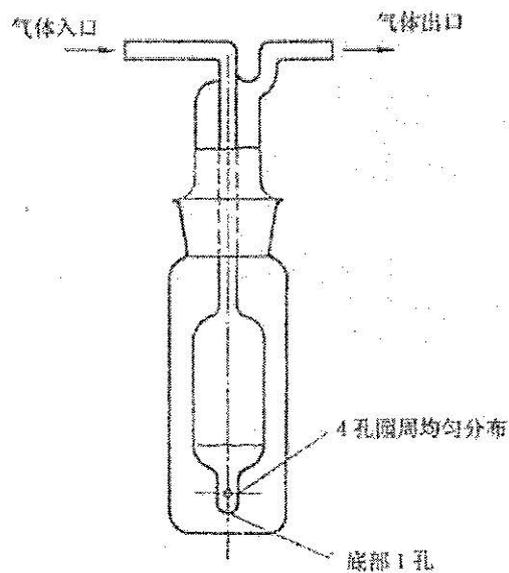


图 2 500ml 容积气体洗瓶

童晓明 译