
ICS 13.020.40

Z 05

团 体 标 准

T/CAEPI 29—2020

废气生物净化装置技术要求

Technical requirements for the equipment of waste gas biopurification

（发布稿）

2020-12-25 发布

2021-01-01 实施

中 国 环 境 保 护 产 业 协 会 发 布

目 次

前 言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本要求	4
5 性能要求	5
6 检验方法	6
7 检验规则	9
8 标牌与包装	10
附录 A （规范性附录） 废气生物净化装置采样方法	12

前 言

为贯彻《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，规范废气生物净化装置的设计制造与工程应用，提升装备水平，制定本标准。

本标准规定了废气生物净化装置的技术性能要求和性能检验方法。

本标准为首次发布。

本标准由中国环境保护产业协会组织制订。

本标准起草单位：浙江工业大学工程设计集团有限公司、广东省南方环保生物科技有限公司、浙江菲尔特环保工程有限公司、西原环保工程（上海）有限公司、青岛金海晟环保设备有限公司、紫荆汇智环境科技（北京）有限公司。

本标准主要起草人：王家德、陈建孟、吕伯昇、郑理慎、张瑜、孙永强、陈志平、鞠庆玲、王永仪、吴芳、於建明、廖裕芬、包诚磊、刘启凯、姜同先、邓素玲。

本标准由中国环境保护产业协会 2020 年 12 月 25 日批准。

本标准自 2021 年 1 月 1 日起实施。

本标准由中国环境保护产业协会负责管理，由起草单位负责具体技术内容的解释。在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送至中国环境保护产业协会标准管理部门（北京市西城区扣钟北里甲 4 楼，邮编 100037）。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

废气生物净化装置技术要求

1 适用范围

本标准规定了废气生物净化装置的基本要求、性能要求、检验方法、检验规则及标牌、包装等。

本标准适用于处理含有较低浓度挥发性有机污染物及恶臭物质废气的生物净化装置。现场构筑的净化设施参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 13306	标牌
GB/T 13384	机电产品包装通用技术条件
GB/T 14675	空气质量 恶臭的测定 三点比较式臭袋法
GB/T 14678	空气质量 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫的测定 气相色谱法
GB/T 14680	空气质量 二硫化碳的测定 二乙胺分光光度法
GB/T 16157	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB 50236	现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
GB50242	建筑给水排水及暖通工程施工质量验收规范
GB 5226.1	机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件
HG/T 20229	化工设备、管道防腐蚀工程施工及验收规范
HG/T 20507	自动化仪表选型设计
HG/T 20583	钢制化工容器结构设计规定
HG/T 20584	钢制化工容器制造技术要求
HG 20640	塑料设备
HG/T 20696	纤维增强塑料化工设备技术规范
HJ/T 32	固定污染源排气中酚类化合物的测定 4-氨基安替比林分光光度法
HJ/T 33	固定污染源排气中甲醇的测定 气相色谱法
HJ 38	固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定
HJ/T 373	固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范
HJ/T 397	固定源废气监测技术规范
HJ 533	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法
HJ 548	固定污染源废气 硫化氢的测定 硝酸银容量法
HJ 690	固定污染源废气 苯可溶物的测定 索氏提取—重量法

HJ 732	固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法
HJ 734	固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附/气相色谱-质谱法
HJ 1041	固定污染源废气 三甲胺的测定 抑制型离子色谱法
HJ 1078	固定污染源废气 甲硫醇等 8 种含硫有机化合物的测定 气袋采样-预浓缩/气相色谱-质谱法
HJ 2000	大气污染治理工程技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

废气生物净化装置 equipment of waste gas biopurification

利用微生物的代谢活动将废气中的挥发性有机物和恶臭物质分解甚至矿化,从而达到净化目的的装置,分为生物过滤、生物滴滤和生物洗涤三种基本类型。

3.2

生物填料 biological carrier

在净化装置中用于微生物在其表面附着生长的载体,包括天然类的堆肥、碎木块、生物炭、火山岩等,以及人工制品类的拉西环、鲍尔环、多面球、聚氨酯泡沫等。

3.3

微生物菌群 microbial community

在净化装置中降解污染物的多种微生物集合,包括细菌和真菌等。

3.4

生物膜 biofilm

附着生长在生物填料表面的微生物群体。

3.5

微生物菌种 microbial strains

用于分解污染物的微生物,包括自然界筛选的和改良的。

3.5

生物过滤装置 biofilter

采用易于微生物附着生长的天然有机类生物填料作为固定床层,废气经过增湿调节以后,在潮湿的填料床层经传质和生物降解后得到净化的装置。

3.6

生物滴滤装置 biotrickling filter

采用多孔、比表面积大、易于生物附着、不易降解腐烂的惰性人工制品类生物填料作为固定床层，通过均匀喷淋含养分和微生物的循环液，在填料表面形成生物膜，废气经传质和生物降解后得到净化的装置。代谢产物随循环液定期排出。

3.7

生物洗涤装置 bioscrubber

采用含有微生物的吸收液为介质，废气通过常规洗涤方式与吸收液接触得到净化的装置。吸收液经生物降解再生后循环用于洗涤过程。

3.8

净化效率 purification efficiency

经净化装置处理后去除的污染物的量与处理之前污染物的量之比，以百分数表示。

3.9

压力损失 pressure drop

气流通过净化装置的流动阻力，即进口与出口处气体平均全压之差，单位 Pa。

3.10

表观气速 superficial velocity

净化装置正常工作时，工况状态下气流通过填料床的截面速度，单位 m/s。亦称“空塔气速”。

3.11

空床停留时间 empty bed residence time

废气通过与填料体积相等的反应空间所消耗的时间，单位 s。

3.12

去除负荷 elimination capacity

单位体积生物填料在单位时间内去除的污染物的量，单位 g/（m³·h）。

3.13

营养液 nutrient solution

为微生物代谢活动提供营养成分的液态溶液。

3.14

循环液 circulation fluid

生物净化装置内，通过水泵循环使用的含有微生物、微生物营养成分、代谢产物、溶解性污染物的水溶液。

3.15

渗出液 leachate

生物过滤处理过程中填料床底部渗出的液体。

3.16

漏风率 air leakage rate

废气生物净化装置进出口气体流量差值与进口流量的比值，以百分数表示。

3.17

本体能耗 energy consumption

单位体积废气通过废气生物净化装置时，克服废气生物净化装置本体阻力损失消耗的电量，单位 $\text{kW}\cdot\text{h}/1000\text{m}^3$ 。

4 基本要求

4.1 适用条件

4.1.1 净化装置一般适用于处理硫化氢含量 $<2000 \text{ mg/m}^3$ （生物洗涤装置用于沼气脱硫时，硫化氢含量宜 $<10000 \text{ mg/m}^3$ ），醇类、酯类总含量 $<1000 \text{ mg/m}^3$ ，有机胺/氨、苯、甲苯、二甲苯、乙苯、硫醇/醚总含量 $<500 \text{ mg/m}^3$ ，氯甲烷、氯苯总含量 $<200 \text{ mg/m}^3$ 的废气。

4.1.2 废气温度宜控制在 $15\sim40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 结构与材料

4.2.1 废气生物净化装置的组成为：

a) 生物过滤装置主要由装置壳体、气流分布系统、增湿喷淋系统、生物填料、电仪控制系统等组成。

b) 生物滴滤装置主要由装置壳体、气流分布系统、循环液喷淋系统、生物填料、循环液补充系统、电仪控制系统等组成。

c) 生物洗涤装置主要由装置壳体、循环液喷淋系统、循环液再生系统（生物反应器）、填料、循环液补充系统、排泥系统、电仪控制系统等组成。

d) 必要时，废气生物净化装置宜配备废气预处理装置（如冷却器、预氧化装置）、营养液调配装置、尾气深度净化装置、壳体保温装置以及渗出液排放处理装置，确保净化装置稳定、有效运行，保证整体处理系统达标。

4.2.2 净化装置壳体应选用耐腐蚀材料制造或按 HG/T 20229 进行防腐蚀处理，板材缺陷许可深度应 $<0.3 \text{ mm}$ ，打磨许可深度 $<0.4 \text{ mm}$ ，其他各种零部件的材料应符合有关标准的规定。

4.2.3 生物填料应具有足够的机械强度、良好的气流通通过性。生物过滤装置和生物滴滤装置的填料应具有良好的生物相容性，生物滴滤装置和生物洗涤装置的填料应具有稳定的化学性质。生物过滤装置的填料使用寿命一般不超过 3 年，生物滴滤装置和生物洗涤装置的填料使用寿命不超过 5 年。

4.2.4 微生物菌种应根据废气组分和特性进行选择，应符合生物安全有关规定，可选用活性污泥、专门驯化培养的微生物菌种或人为构建的复合微生物菌群。

4.2.5 营养液应根据废气组分及生物菌群类型确定，以提供微生物生长所需的碳、氮、磷、钾、硫等成分，并具有一定的 pH 值缓冲功能。

4.2.6 净化装置应设置部件安装口、应急检修口、循环液或渗出液排放口、进出采样口等。

4.2.7 净化装置宜设置温度、pH 值、电导率、压力指示及异常变化报警系统，可根据需要设置在线污染物指示仪表。

4.2.8 当床层温度 $<15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，净化装置应配置保温和升温设施；当床层温度 $>40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，应配置废气冷却设施或接种嗜热微生物。

4.3 制造加工与装配

4.3.1 净化装置应遵照 HJ 2000 等大气污染治理工程相关规范进行设计，并应符合本标准的要求。设计使用寿命应在 10 年以上。

4.3.2 净化装置结构部件应设置合理，强度、刚性高，防蚀、防火性能好，无渗漏点、气孔、裂痕等加工缺陷。

4.3.3 净化装置气流、液流分布系统应满足流体在填料层截面均匀分布的要求，气流流入、流出区域高度宜高于 0.5 m。对于箱式结构，生物过滤装置和生物滴滤装置长宽比不宜超过 5:1。

4.3.4 按规定的图纸、图样进行加工制造。金属材料制作的装置制造过程符合 HG/T 20583、HG/T 20584 中相关常压容器要求；玻璃钢材料制作的装置制造过程符合 HG/T 20696 中相关常压设备要求；塑料材料制作的装置制造过程符合 HG 20640 等标准中设备制作相关规程。

4.3.5 净化装置操作位置高度超过 2.0 m 时应设爬梯和工作台。

4.3.6 净化装置表面应做抗老化等处理，光洁无污物。

4.3.7 净化装置的电气设备设计、制造和电气安全应符合 GB 5226.1 的规定要求。

4.3.8 净化装置现场装配、管道连接工程施工应符合 GB 50236 的规定要求。

5 性能要求

5.1 通用要求

5.1.1 在净化装置适用条件下，硫化氢净化效率应 $>90\%$ ，醇类、酯类净化效率应 $>85\%$ ，苯、甲苯、二甲苯净化效率应 $>60\%$ 。

5.1.2 单层填料层高度宜 $<2.0\text{ m}$ 。

5.1.3 净化装置微生物床层适宜温度范围为 $15\sim40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.4 净化装置循环液适宜 pH 值为 6.0~9.0，使用嗜酸菌的工艺 pH 值可在 6.0 以下。循环液应具有一定的 pH 值缓冲功能。

5.1.5 营养液碳、氮、磷、钾和硫成分控制比例应根据实际废气组成进行合理配制，一般宜为 100:10:4:1:1，特殊情况时宜添加参与生物代谢的微量元素。

5.1.6 循环液电导率宜 $<10000\text{ }\mu\text{ S/cm}$ 或生物污泥浓度 $<5\text{ g/L}$ 。

5.1.7 净化装置漏风率应 $<2\%$ 。

5.2 特定要求

5.2.1 生物过滤装置

表观气速宜为 0.05 ~0.12 m/s；气体在填料层的空床停留时间不宜低于 15 s；目标污染物总去除负荷不宜低于 15 g/ (m³·h)；填料层初始压力损失宜 <200 Pa/m；本体能耗宜 <0.5 (kW·h) /1000 m³。

5.2.2 生物滴滤装置

表观气速宜为 0.1~0.25 m/s；气体在填料层的空床停留时间不宜低于 15 s；目标污染物总去除负荷不宜低于 30 g/ (m³·h)；填料层压力损失宜 <300 Pa/m；循环液喷淋强度宜为 0.05 ~0.5 m³/ (m²·h)；本体能耗宜 <0.8 (kW·h) /1000 m³。

5.2.3 生物洗涤装置

表观气速宜为 0.5 ~1.5 m/s；气体在生物洗涤装置的空床停留时间不宜低于 2 s；目标污染物总去除负荷不宜低于 50 g/ (m³·h)；循环液喷淋强度宜为 8~12 m³/ (m²·h)；本体能耗宜 <1.2 (kW·h) /1000 m³。

6 检验方法

6.1 风速测量

风速测量应符合 GB/T 16157 的要求，多点测量，取平均值作为平均流速，并进行温度和湿度的修正。测量截面选择在距弯头、变径管、净化装置进风口连接管件下游 6 倍管径以上和距上述部件上游 3 倍管径以上位置，优先选择在垂直管段测量，避开管道弯头或断面急剧变化的部位。

6.2 气体流量测定

废气净化装置进、出口连接管道内的气体流量按下式计算：

$$Q = F_g \times v \times 3600 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Q ——工况气体流量，m³/h；

F_g ——测定风管断面面积，m²；

v ——测定风管断面风速，m/s。

6.3 表观气速计算

表观气速按照下式计算：

$$SL = Q/(A \times 3600) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

SL ——表观气速，m / s；

A ——空床的横截面面积，m²。

6.4 空床停留时间计算

废气在净化装置的停留时间以其在填料床层或净化空间体积的停留时间表示，按下式计算：

$$EBRT = \frac{V_f}{Q} \times 3600 \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$EBRT$ ——气体空床停留时间，s；

V_f ——净化装置内填料床层或净化空间体积， m^3 。

6.5 温度测量

管道内的气体温度使用玻璃水银温度计或其他传感器类温度计测量（需防止测孔漏风）。一般只需测量管道中央部位的温度，管道较粗时，插入深度不应小于 200 mm，待温度稳定不变时读数，精度宜准确至 0.1 °C。

填料层和循环液的温度使用镍铬-康铜热电偶温度计测量，精度可准确至 1 °C。

6.6 pH 值测量

pH 值是水中氢离子活度的负对数，无量纲，可采用复合电极法测量。复合电极 pH 计要求有温度补偿装置，用以校正温度对电极的影响，精度应准确至 0.1pH 值单位。为提高测量的准确度，校准仪器时使用的标准缓冲溶液 pH 值范围应与水样 pH 值接近。

6.7 营养液成分测量

营养液中碳、氮、磷、钾和硫均指可被微生物利用的部分，浓度单位 mg/L。这些营养元素以及其他微量元素的检测可以按照《水和废水监测分析方法》（第四版）（中国环境科学出版社 2002 年）推荐的方法进行。

其中，碳为可生物利用碳源，用五日生化需氧量（ BOD_5 ）表示，采用稀释接种法或微生物传感器快速测定法测定；氮为总氮，包括氨氮、有机氮和硝态氮等，采用过硫酸钾氧化、紫外分光光度法测定；磷为溶解性磷，采用钼锑抗分光光度法或离子色谱法测定；钾以 KCl、 K_2SO_4 等盐类形式存在，采用火焰原子吸收法测定；硫以硫酸盐形式存在，采用重量法或铬酸钡间接原子吸收法或离子色谱法测定。

6.8 循环液电导率测量

电导率是以数字表示的溶液传导电流的能力，标准单位 S/m，一般实际使用单位 $\mu S/cm$ 。电导率可采用便携式电导率仪法或实验室电导率仪法测量。

6.9 循环液生物污泥浓度测量

循环液生物污泥浓度是指单位容积循环液中所含生物污泥的质量，单位 mg/L 或 g/L。采用重量法测量。

量取一定体积的水样（100 mL），然后用定量滤纸（事先在烘箱 103~105 °C 下烘至恒重，记录重量）过滤，再将滤纸放在烘箱 103~105 °C 下烘至恒重，记录重量。两者重量之差就是污泥的重量，除以水样的体积，得到循环液污泥浓度。

6.10 污染物浓度测定

部分污染物的浓度测定方法和采样方法见表 1。表中未列出的污染物的采样和浓度测定方法，按照相关国家标准进行。尚无国家标准的污染物的采样和浓度测定方法，暂执行《空气和废气监测分析方法（第四版增补版）》（中国环境科学出版社 2003 年）。

表 1 部分污染物的采样方法和浓度测定方法

序号	项目	采样方法	浓度测定方法	试验方法
1	臭气浓度	采样袋采样	三点比较式臭袋法	GB/T 14675
2	硫化氢、甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫	采样袋采样	气相色谱法	GB/T 14678
3	二硫化碳	采样袋采样	二乙胺分光光度法	GB/T 14680
4	总烃、非甲烷总烃	气袋采样	气相色谱法	HJ 38
5	氨	吸收管采样	纳氏试剂分光光度法	HJ 533
6	挥发性有机物	气袋采样		HJ 732
7	苯乙烯、苯、甲苯、二甲苯等 24 种挥发性有机物	吸附管采样	固相吸附-热脱附 气相色谱-质谱法	HJ 734
8	三甲胺	采样管采样	抑制型离子色谱法	HJ 1041
9	甲硫醇等 8 种含硫有机化合物	气袋采样	预浓缩/气相色谱-质谱法	HJ 1078

6.11 净化效率测定

在气体净化设备的进、出口同时进行气体流量和污染物浓度测定，并计算净化效率。

$$\eta = \frac{C_{in}Q_{in} - C_{out}Q_{out}}{C_{in}Q_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

η ——净化装置的净化效率，%；

C_{in} 、 C_{out} ——净化装置进口和出口气体污染物的浓度， mg/m^3 ；

Q_{in} 、 Q_{out} ——净化装置进口和出口标准状态下（273.15 K，101.3 kPa，下同）干气体流量， m^3/h 。

6.12 去除负荷计算

指单位时间单位生物填料体积去除的污染物的量，单位 $\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。

$$EC = \frac{C_{in}Q_{in} - C_{out}Q_{out}}{1000 \times V_f} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

EC ——去除负荷， $\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ ；

C_{in} 、 C_{out} ——净化装置进口和出口气体污染物的浓度， mg/m^3 ；

Q_{in} 、 Q_{out} ——净化装置进口和出口标准状态下干气体流量， m^3/h ；

V_f ——净化装置内填料床层或净化空间体积， m^3 。

6.13 压力损失测定

压力测试方法，按照 GB/T 16157 要求，测量装置本体运行时的进出口全压并计算差值。

6.14 装置能耗计算

装置能耗是指单位气量所消耗的电量，单位 kW·h/1000m³。

$$E = \frac{N}{1000Q} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

E ——装置能耗，kW·h/1000m³；

N ——装置运行用电量总和，kW；

6.15 漏风率测量

采用净化装置进出口气体流量的差值与进口流量的百分比进行计算。

$$\theta = \frac{|Q_{in} - Q_{out}|}{Q_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

θ ——漏风率，%；

Q_{in} 、 Q_{out} ——净化装置进口和出口标准状态下干气体流量，m³/h。

6.16 漏水试验

漏水试验方法，按照 GB50242 要求，采用密闭水箱检验：满水试验静置 24h 观察，不渗不漏。

6.17 电气安全检测

电气安全检测按照 GB50226.1 规定的检测方法进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验两类。

表 2 检验项目

检验项目	出厂检验	型式检验	技术要求章条号	检验方法章条号
表观气速	√	√	5.2	6.1、6.2、6.3
空床停留时间	√	√	5.2	6.4
温度		√	5.1.3	6.5
pH 值		√	5.1.4	6.6
营养液		√	5.1.5	6.7
循环液		√	5.1.6、5.2	6.8、6.9

净化效率		√	5.1.1	6.2、6.10、6.11
去除负荷		√	5.2	6.2、6.10、6.12
压力损失		√	5.2	6.13
装置本体能耗		√	5.2	6.14
漏风率		√	5.1.7	6.15
加工制造质量	√	√	4.2、4.3	
漏水试验	√	√	4.3.2	6.16
电气安全	√	√	4.3.7	6.17

7.2 出厂检验

7.2.1 每套净化装置经制造厂质量检验部门检验合格后方可出厂。出厂时应附有证明产品质量合格的文件和相应的材质证明。

7.2.2 出厂检验检验项目见表 2。

7.3 型式检验

7.3.1 当有下列情况之一时，制造厂应进行型式检验：

- a) 新产品鉴定投产时；
- b) 当产品结构、材料或生产工艺有重大改变时；
- c) 停产时间在半年以上又恢复生产时；
- d) 批量生产中的定期抽检，每年至少进行一次；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

7.3.2 型式检验的样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取 1 套。

7.3.3 型式检验项目见表 2。

7.3.4 产品检验项目符合要求，则判定为合格。

7.3.5 若抽检样品有不合格项，需进行整改后复检。

8 标牌与包装

8.1 标牌

8.1.1 净化装置应该在明显位置设置标牌，标牌按 GB/T 13306 的有关规定执行。

8.1.2 标牌内容应至少包括以下信息：

- a) 装置名称；
- b) 装置外形尺寸，m；
- c) 工作温度范围，℃；
- d) 工作 pH 值范围；
- e) 最大压力损失，Pa；

- f) 停留时间, s;
- g) 空床流速, m/s;
- h) 设计处理气量, m³/h;
- i) 废气中主要污染物种类, 最大允许污染物浓度;
- j) 出厂日期。

8.2 包装

8.2.1 包装应符合 GB/T 13384 的有关规定。

8.2.2 装置出厂包装为裸装时, 所有管口、法兰应封住。

8.2.3 装车前, 所有仪器仪表等易损件应加以保护。

附录 A
(规范性附录)
废气生物净化装置采样方法

A1 采样

A1.1 采样口位置和采样点

按 GB/T 16157, 采样口应设在废气净化装置进口和出口的连接管道上, 尽可能靠近净化设备主体; 采样点应避开涡流区管段, 选择在管道中心位置。

A1.2 采样系统

A1.2.1 吸收瓶或吸附管采样系统

由采样管、连接导管、吸收瓶或吸附管、温度计、流量计和抽气泵等部分组成。装置示意图见《空气和废气监测分析方法(第四版增补版)》(中国环境科学出版社 2003 年)的图 5-1-10。

A1.2.2 真空瓶或注射器采样系统

由采样管、真空瓶或注射器、洗涤瓶、干燥器和抽气泵等组成, 装置示意图见《空气和废气监测分析方法(第四版增补版)》(中国环境科学出版社 2003 年)的图 5-1-11 和 5-1-12。

A1.2.3 采样袋采样系统

由真空箱、采样袋、抽气泵、阀门等组成, 装置示意图见 HJ 732 的图 1。

A1.3 采样

采样应在正常工况下进行。如用采样袋采样, 按照 HJ 732 方法进行, 正式采样前用被测气体充洗采样袋三次。
