

国内臭氧技术及应用发展

2025年11月，王承宝

http://www.china-guolin.com

科技创新　产业报国

目录 CONTENTS

01 行业应用总体状况

02 十三五课题部分成果

03 典型臭氧系统介绍

04 新应用领域情况

05 常用相关标准情况

06 问题及展望

科技创新 产业报国

行业应用总体状况

- 臭氧应用基本上是从水处理领域开始（给水），虽然有个别行业的短期快速应用，目前仍在水处理领域占有主要的比例：给水（约5%）、市政污水（约35%）、工业废水（约10%）、其他水处理（约5%）。臭氧在一百多年的应用过程中，形成了具有综合专业技术集成的设备及应用系统
- 近十几年，我国大型臭氧设备制造技术飞速发展，臭氧发生器已广泛用于饮用水深度处理、市政污水处理、中水处理、工业废水处理、烟气脱硝、精细化工、纸浆漂白、中间体合成、纺织脱色、香料合成、废旧轮胎处理、疾病治疗、食品饮料加工、仓储运输等领域。国产臭氧设备已应用于除纸浆漂白外的全部应用领域
- 臭氧发生与应用已经达到历史最高的水平与规模，中国臭氧市场成为世界上最大的臭氧市场已有10余年
- 臭氧设备的技术集成度、设备集成度、系统配套水平越来越高
- 除了以上传统领域外，中小型臭氧设备广泛应用于半导体清洗、超纯水消毒、医疗、治疗等高端领域。这些中小型臭氧设备包括高浓度臭氧发生器、高浓度臭氧水机、电解式臭氧发生器、带臭氧消毒的超纯水机等
- 我国饮用水深度处理开始规模应用臭氧-活性炭深度处理技术已有20多年历史，最早的应用已有近40年历史，从使用进口臭氧设备开始
- 2008年，20kg/h国产臭氧发生器进入昆山自来水公司，拉开了市政自来水行业使用国产臭氧设备的序幕
- 住建部科技重大专项——水专项等的课题成果、相关标准、科技成果评估等推动及保障作用

  十二五——大型臭氧发生器设备研制及其产业化

  十三五——城镇供水系统关键材料设备评估验证及标准化，大型臭氧发生器集成装备研发评估验证及标准化
- 国产设备应用于半导体清洗、超纯水消毒、医疗、治疗等各个高端领域刚刚起步

行业应用总体状况





- 臭氧发生器及应用领域近五年市场规模（含合并了臭氧应用工程的数据）由2020年市场规模约为42亿元稳步增长至2024年的近60亿元，市场规模统计数据稳步增长
- 受各应用领域总体经济情况影响，臭氧系统设备本身的市场销售额近几年实际是下降的趋势。臭氧行业当前内卷严重，市场竞争激烈，市场价格跳水，尤其是在烟气脱硝、空气净化等应用门槛低、检测力度低、运行中监管不足的领域。低价竞争引发臭氧设备销售额及利润下降比例较大

目录 CONTENTS

01 行业应用总体状况

02 十三五课题部分成果

03 典型臭氧系统介绍

04 新应用领域情况

05 常用相关标准情况

06 问题及展望

科技创新 产业报国

十三五调研评估成果——调研样本、过程、产品的现状

十二五、十三五课题相关任务的对比

	十三五	十二五	补充说明
课题名称	大型臭氧发生器集成装备研发评估验证及标准化	大型臭氧发生器设备研制及其产业化	
总体目标	调研我国臭氧发生器生产厂家在产品性能、技术指标、质量控制、相关标准应用方面的情况及问题，以及臭氧发生器使用单位在运行稳定 性、可靠性、运行费、维护保养等方面的问题，建立适用于饮用水处理用臭氧系统设备的评估体系，形成臭氧发生器产品应用手册标准化文件，完成系列化大型臭氧发生器成套装备的研制。	研制高可靠性的10-50kg/h中高频大型臭氧发生器，通过臭氧系统的优化设计与配置，推动臭氧系统配套设备国产化、专业化,提升臭氧系统运行的稳定性，推动臭氧系统在我国饮用水深度处理行业的应用，为我国饮用水处理提供安全保障。	
调研评估	编制臭氧发生器调研清单及国内外应用状况评估报告		
验证及标准化	编制臭氧发生器第三方性能评估技术指南，建立臭氧发生器设备评估及验证方法，实现适用评估方法的标准化和体系化，体现技术先进性、经济适用性或国际竞争能力等指标，并编制评估和验证报告		
产品目标	形成5-80kg O3/h的臭氧发生器成套装备，实现气源、臭氧发生器、臭氧投加、尾气破坏等单元及控制系统的标准化、模块化、集成化	形成20-80kg O3/h的臭氧发生器系列产品	对于臭氧发生器及臭氧系统，十二五项目中是从无到有，十三五项目中是继续提升；十三五项目强调集成装备；
臭氧发生器主要技术参数	实现氧气源浓度150mg/L，电耗≤7.5kWh/kg O3；氧气源浓度180mg/L，电耗≤9.0kWh/kg O3；	氧气源浓度180mg/L，电耗≤11kWh/kg O3；空气源浓度30mg/L，电耗≤15kWh/kg O3	发布GB/T37894-2019，规定氧气源浓度180mg/L，电耗≤12kWh/kg O3；氧气源浓度150mg/L，电耗≤10kWh/kg O3；空气源浓度25mg/L，电耗≤17kWh/kg O3

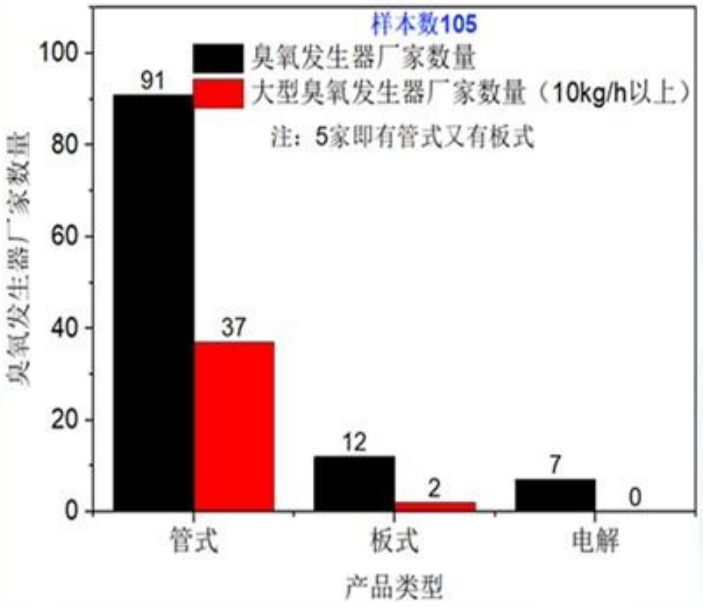
十三五调研评估成果——调研样本、过程、产品的现状

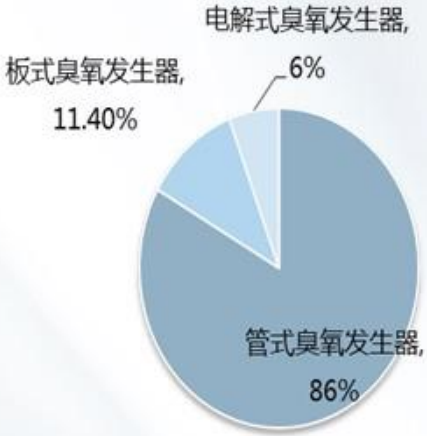
十二五、十三五课题相关任务的对比

臭氧系统设备	全面深入研究气源装置、臭氧发生器、臭氧投加、尾气破坏等单元及控制系统的标准化、模块化，以及系统装备成套	对臭氧投加、尾气破坏、系统控制进行了初步研究	
可靠性稳定性	臭氧放电管使用寿命15年以上，返修率<0.2%；连续无故障运行一年后臭氧浓度、电耗指标降低≤5%（臭氧产量、浓度衰减值（额定技术指标运行满1年后的下降率）≤5%）	使用寿命大于10年，返修率<0.5%，连续无故障运行一年后臭氧浓度、电耗指标降低≤10%。	发布GB/T37894-2019规定：臭氧发生器主体器件寿命应大于15年；臭氧发生器在额定功率下连续运行满1年时，额定技术指标下降不应超过5%，臭氧发生单元击穿率不应超过0.5%。
核心技术	玻璃管放电管介质材料实现国产；项目期内非玻璃管放电管介质材料采用进口，项目后已实现国产	项目的非玻璃管放电管介质材料采用进口；项目关联的玻璃介质管材料采用进口	通过十二五、十三五，除了臭氧电源中的个别控制芯片、电子元件外，臭氧系统系统设备及核心技术全部实现国产化
	借助十二五的研究成果并进行改进，改善变压器的设计及制造，优化测试及匹配，提升系统控制	研制高可靠性的大功率中高频电源，通过臭氧系统的优化设计与配置，提升系统运行的稳定性，降低电耗	
	高效尾气破坏催化剂的研发		
首台（套）	完成省级及以上首台（套）认定，及首台套示范应用		
基地建设	建设臭氧发生器第三方评估验证基地建设，并实现业务化运行	建立臭氧发生器系列产品生产基地1个年生产能力不低于150台套以上	
技术及标准方面	形成《水处理用臭氧发生器技术要求》GB/T37894国家标准1项，形成团体标准2项，形成《水处理臭氧技术及应用手册》1部		

十三五调研评估成果——调研样本、过程、产品的现状

- 调研国内厂家105家，管式厂家占比86%，大型臭氧发生器制造主要集中在管式、板式比例较低，板式和电解式主要针对小型臭氧发生器。形成臭氧发生器生产厂家有效样本21家；
- 调研国内供水厂臭氧发生器用户近100家，基本全部为管式臭氧发生器，板式极少。形成臭氧发生器应用水厂有效样本40家。
- 主要调研指标包括：臭氧发生器产量浓度电耗、臭氧产量浓度衰减、臭氧发生器稳定性、运行费用、臭氧发生器寿命及核心部件寿命、臭氧放电管击穿率、臭氧发生器的市场规模等。分析评价、梳理确定为主要的二级评价指标体系。





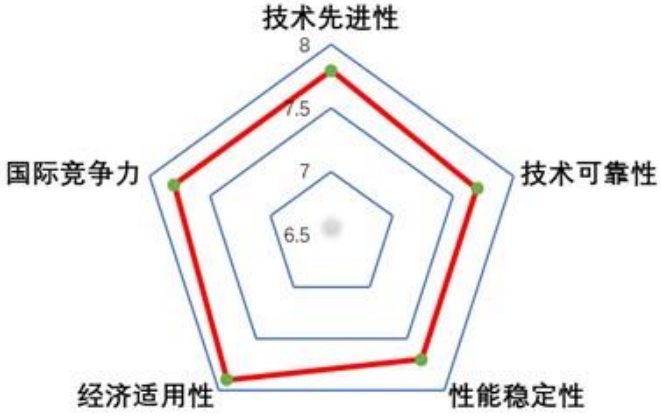
十三五调研评估成果——调研样本、过程、产品的现状

评价指标		满分	综合用户及厂家	综合用户	综合厂家	备注
技术先进性	A_1臭氧发生器臭氧产量	20.00	17.26	0.00	17.26	
	A_2臭氧发生器臭氧浓度	30.00	29.41	29.61	29.05	
	A_3臭氧发生器臭氧电耗	30.00	27.98	28.55	26.95	
	A_4系统集成及配套能力	20.00	17.52	0.00	17.52	
	汇总	100.00	92.18	58.16	90.79	
技术可靠性	B_1额定技术指标衰减	50.00	49.52	50.00	48.55	
	B_2臭氧放电管击穿率	50.00	46.17	47.75	43.00	
	汇总	100.00	95.68	97.75	91.55	
性能稳定性	C_1放电管寿命	35.00	33.70	35.00	31.10	
	$C_2$2h内臭氧浓度与电耗变动	30.00	28.93	30.00	26.56	
	C_3调节性能及范围	35.00	33.59	33.48	33.81	
	汇总	100.00	96.22	98.48	91.47	
经济适用性	D_1臭氧系统建设成本	30.00	26.60	25.65	28.50	
	D_2臭氧系统运行成本	40.00	34.77	36.30	31.70	
	D_3臭氧系统维护费用	30.00	26.83	27.05	25.75	
	汇总	100.00	88.19	89.00	85.95	
国际竞争力	E_1企业生产规模	45.00	29.84	0.00	29.84	
	E_2市场占有率	45.00	40.10	0.00	40.10	
	E_3是否出口	10.00	3.89	0.00	3.89	
	汇总	100.00	73.83	0.00	73.83	

十三五调研评估成果——调研样本、过程、产品的现状

- 技术先进性：高端领域应用、高技术指标需求层面（比如半导体臭氧等领域）国产设备整体达到进口设备的技术指标相当困难。国产设备满足各常规应用领域中应用，可通过牺牲投入产出比来达到高技术指标
- 技术可靠性：进口设备臭氧发生器主体和放电管寿命在15年以上；国产设备头部厂家可以达到、整体水平参差不齐，主要表现为放电管、电源、配套仪表故障率较高
- 性能稳定性：进口设备整体稳定性较高，国产臭氧发生器各厂家水平参差不齐，头部厂家达到了与进口设备相当的水平、在供水厂的稳定性也达到了较好的水平，整体有待提高
- 经济适用性：国产设备在设备投资方面有显著优势；在运行费用方面一般具有更低的电耗、也略优于进口设备；在运行费用、维护管理费用方面有显著优势
- 国际竞争力：国产设备性价比高，广泛应用于国内各领域。进口设备仅在市政自来水、市政污水等高端领域有较大应用。国产臭氧设备出口比例整体较小，国际竞争力较弱。

➢ 根据技术先进性、技术可靠性、性能稳定性、经济适用性、国际竞争力一级指标的单项得分，形成产品性能指标雷达图，有利于产品性能的全方位综合判断，为今后产品主要提升性能提供参考。从举例的计算数据可以看出设备产品的经济适应性较好，技术可靠性和性能稳定性有待提升。



目录 CONTENTS

01 行业应用总体状况

02 十三五课题部分成果

03 典型臭氧系统介绍

04 新应用领域情况

05 常用相关标准情况

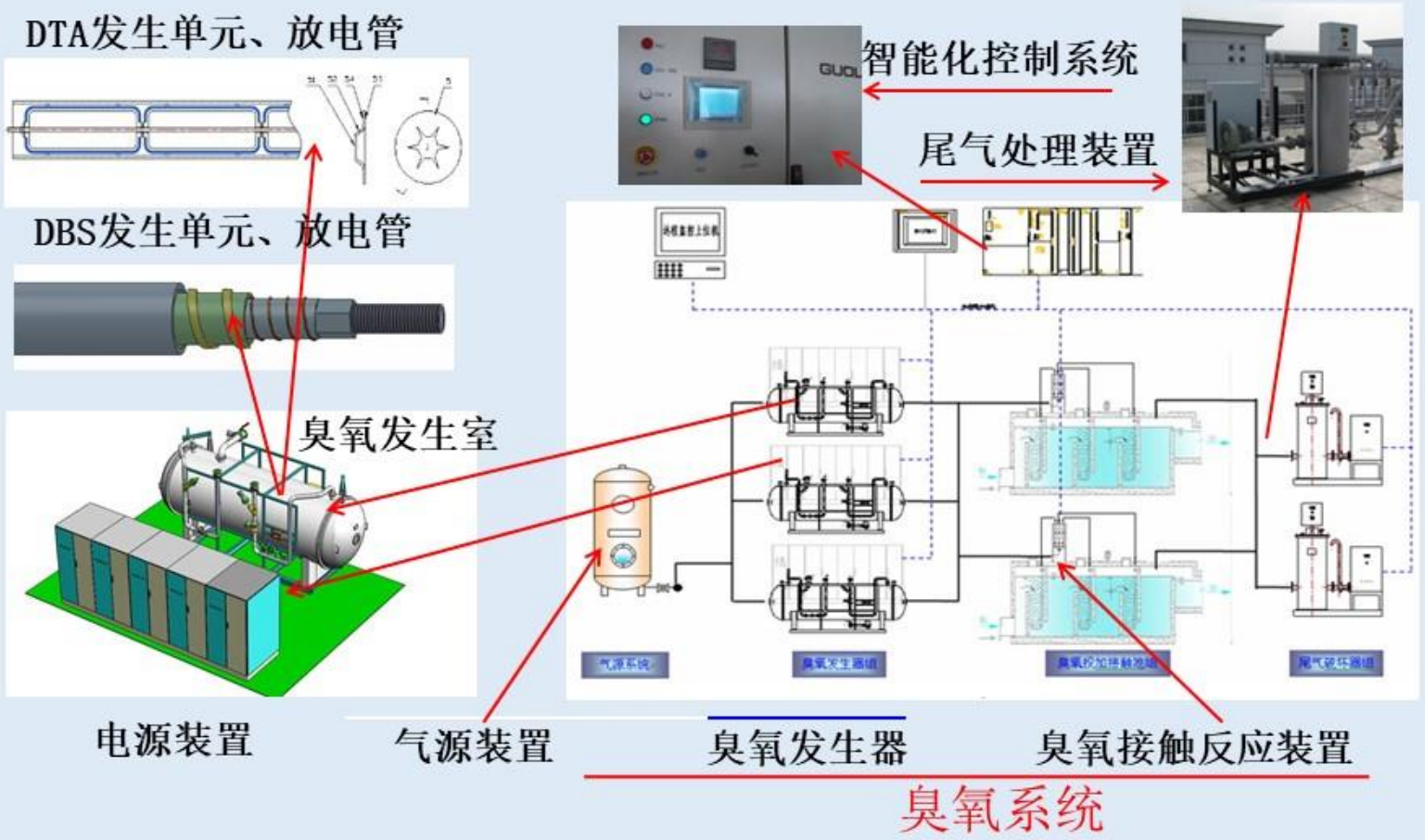
06 问题及展望

科技创新 产业报国

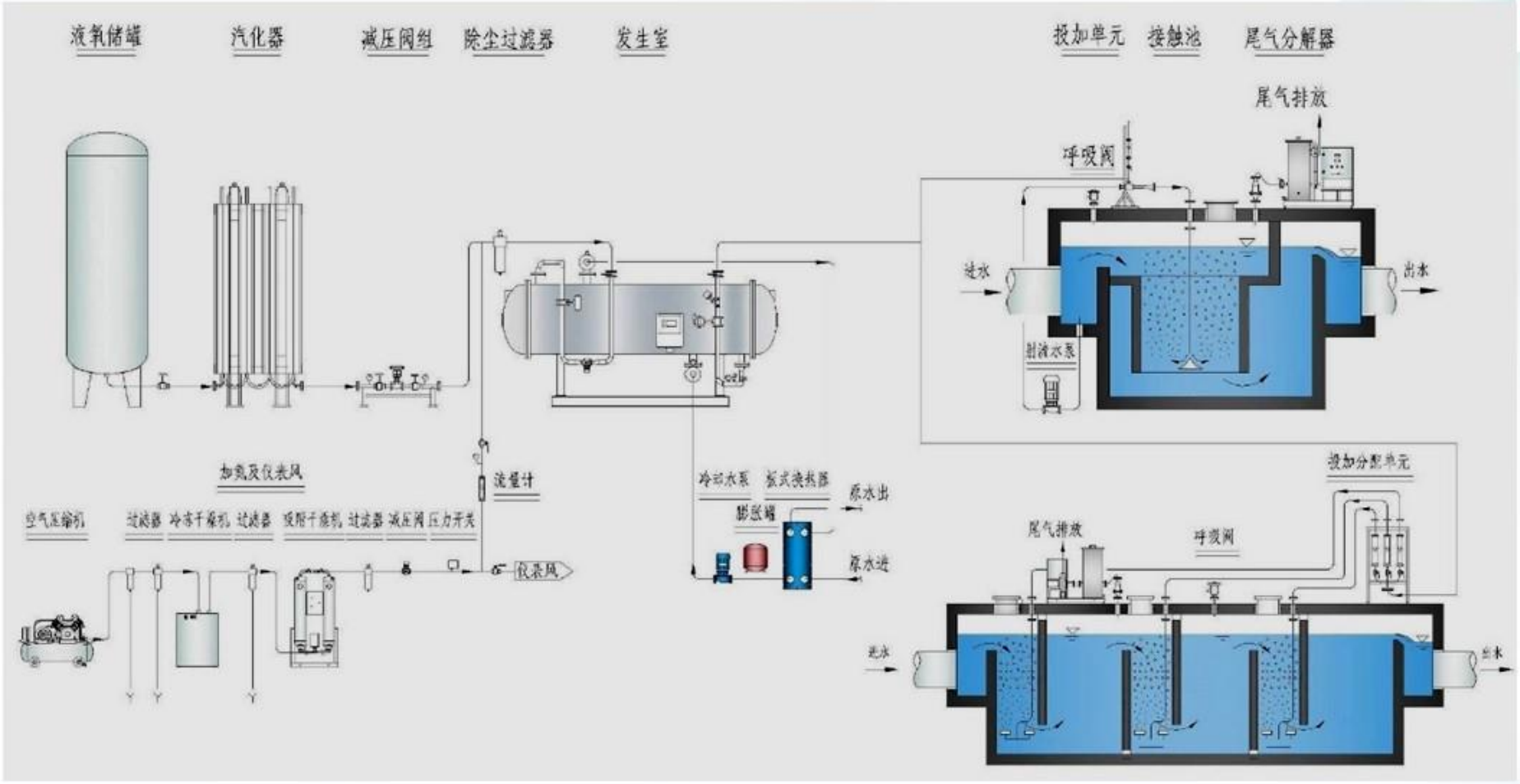
典型臭氧系统技术体系


臭氧发生器系统应用
工程设计
工程实施
运行参数检测及性能验证
臭氧系统设备集成、在线检测与远程诊断控制技术
气源装置
大型臭氧发生器系列产品研制技术
臭氧发生室
臭氧专用中高频电源
仪表与检测控制
臭氧投加装置
尾气破坏装置
大型臭氧发生器核心技术
臭氧放电管关键器件技术
臭氧专用电源控制技术及关键器件技术
臭氧专用中高频变压器关键器件技术
发生室安全运行保护关键器件技术
臭氧应用系统整体解决方案
臭氧应用系统相关产品标准及规范

典型臭氧系统技术体系


DTA发生单元、放电管
DBS发生单元、放电管
臭氧发生室
智能化控制系统
尾气处理装置
电源装置
气源装置
臭氧发生器
臭氧接触反应装置
臭氧系统

典型臭氧系统应用系统


液氧储罐
汽化器
减压阀组
除尘过滤器
发生室
投加单元
接触池
尾气分解器
尾气排放
呼吸阀
进水
出水
射流水泵
加氧及仪表风
流量计
空气压缩机
过滤器
冷冻干燥机
过滤器
吸附干燥机
过滤器
减压阀
压力开关
仪表风
冷却水泵
板式换热器
膨胀罐
原水出
原水进
投加分配单元
尾气排放
呼吸阀
进水
出水

臭氧发生器主要技术参数

臭氧发生器主要技术参数包括臭氧产量、臭氧浓度、臭氧电耗等

- 臭氧产量（率）ozone production rate

  臭氧发生器单位时间产生的臭氧量，臭氧产量＝臭氧浓度×工作气量

  产品规格：10g-150kg/h

- 臭氧浓度 ozone concentration

  臭氧发生器出气中的臭氧含量（采用标准状态下的体积/质量浓度或质量/质量浓度）。

  用碘量法（化学法，作为仲裁方法）或紫外吸收法（仪器法）测定臭氧浓度。

  经济浓度：氧气源7-12wt%，空气源2-3wt%

- 臭氧电耗 specific power consumption of ozone

  产生1kg臭氧消耗的电能，臭氧电耗＝有功功率÷臭氧产量

  经济电耗：氧气源7-10kWh/kgO_3，空气源13-17kWh/kgO_3

标准状态：在温度T=273.15K（0℃），压力P=101.325 kPa（标准大气压）时的气体状态。
实际温度、压力与标准状态不同时，气体的体积流量值应进行修正。

大型臭氧系统组成及需求

- 1、高效率、低能耗的臭氧放电管。定位于采用国产石英玻璃管、高硼硅玻璃管、陶瓷介质板等，研发新结构，有效解决均匀放电和电极散热问题，提高臭氧浓度，降低电耗。国产材料代替进口材料提高设备国产化率，降低成本
- 2、高可靠性、高稳定性臭氧电源。根据放电单元匹配调整和设计优化的专用中高频臭氧电源，进一步改进及提高变压器、电抗器等的设计及加工工艺，增强变压器和电抗器的效率及散热性能，提高电源的稳定性
- 3、高效臭氧接触及臭氧混合扩散装置。传统的水处理中臭氧混合投加一般采用射流器和曝气盘等方式，通过不断优化器件设计及水力设计等提高臭氧混合效果；纸浆漂白等应采用与生产线匹配的投加及控制方式
- 4、高效尾气臭氧破坏器。研发高效率、长寿命的催化剂配方，提高催化剂在运行中的抗中毒、抗泥化等参数指标。运行中应最大限度克服潮气、气态氯、氯离子、氨类气体、VOCs类等造成的催化剂中毒等影响，并保证处理后排放臭氧浓度低于排放限值
- 5、大型臭氧发生器成套设备集成及优化设计。研究大型臭氧发生器集成装备及优化选型，实现气源、臭氧发生器、臭氧投加、尾气破坏等单元及其控制系统的标准化、模块化，对各工艺设备按照工艺特点及各种操控实现系统智能化、自动化控制，实现故障识别与诊断，通过数据网络实现制造厂远程在线监控诊断；研究大型臭氧发生器集成装备的节能运行，比如采用尾气二次利用或经净化后回用等方式降低运行成本

目录 CONTENTS

01 行业应用总体状况

02 十三五课题部分成果

03 典型臭氧系统介绍

04 新应用领域情况

05 常用相关标准情况

06 问题及展望

科技创新 产业报国

全无氯（TCF）化学纸浆漂白

- 臭氧漂白属于全无氯（TCF）漂白工艺，漂白废水中无可吸附有机卤素（AOX）
- 造纸行业是工业污染的重点领域，用二氧化氯（ClO_2）取代氯气（Cl_2）漂白会大大降低漂白废水中的氯化有机化合物含量，这就是通常所说的无元素氯(ECF）漂白技术。ECF漂白工艺作为一种能有效减少AOX排放的技术，受到了广泛关注和应用
- 臭氧具有强氧化性，能有效去除纸浆中的残留木素和色素，将其与 ECF 漂白工艺协同使用，可以提高纸浆白度、改善纸浆性能，同时减少漂白剂的用量，降低污染物排放，降低漂白成本，降低漂白过程中蒸汽的使用量，满足市场对高品质、环保型纸浆的需求。臭氧在纸浆和造纸工业中，用于化学浆液漂白或机械浆液的机械特性的改善能有效地脱除木素并提高纸浆的白度，而彻底地消除AOX的污染，其对造纸工业无氯漂白发展具有重要意义

目录 CONTENTS

01 行业应用总体状况

02 十三五课题部分成果

03 典型臭氧系统介绍

04 新应用领域情况

05 常用相关标准情况

06 问题及展望

科技创新 产业报国

常用相关标准情况

序号	标准名称	主编单位	标准内容	适用范围	标准号及状态	发布单位
1	《水处理用臭氧发生器技术要求》	青岛国林科技集团股份有限公司	规定了水处理用臭氧发生器的分类和规格、结构设计和材料、一般要求、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存	适用于采用介质阻挡放电方式产生臭氧，用于水和废水处理	GB/T37894-2019	国家市场监督管理总局，中国国家标准化管理委员会
2	《水处理用臭氧发生器》	青岛国林科技集团股份有限公司	规定了水处理用臭氧发生器的分类和规格、结构和材料、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存	适用于生活饮用水、再生水、污水处理，化工氧化、造纸漂白及食品工业消毒杀菌等应用可参考	CJ/T322，修订替代CJ/T3028-1994	中华人民共和国住房和城乡建设部
3	《室外给水设计标准》	上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司	在第9章“水处理”的第10节“臭氧氧化”中提出了对臭氧系统设备、臭氧设备间、臭氧接触池等的要求、建筑物或构筑物的结构及安全要求，相关的安全配置与操作要求等	适用于新建、扩建和改建的城镇及工业区永久性给水设计工程	GB50013-2018	中华人民共和国住房和城乡建设部，国家市场监督管理总局
4	《环境保护产品技术要求臭氧发生器》	中国环境保护产业协会（水污染治理技术委员会）等	规定了用于环境污染处理和其它用途的臭氧发生器的产品分类、命名、技术要求、检测规则以及包装、标志、运输和贮存等	适用于辉光放电产生臭氧的各种类型的臭氧发生器	HJ/T264-2006，修订替代HCRJ058-1999	国家环境保护总局（中华人民共和国生态环境部）
5	《臭氧消毒器卫生要求》	上海市疾病预防控制中心等	规定了臭氧消毒器的原材料要求、技术要求、使用方法、检验方法、运输和贮存、铭牌和使用说明书	适用于通过介质阻挡放电、紫外线照射和电解方式产生臭氧的臭氧消毒器	GB23282-2020，修订替代GB23282-2011	国家市场监督管理总局，中国国家标准化管理委员会
6	《给水处理臭氧系统应用规程》	青岛国林科技集团股份有限公司	规定了给水处理臭氧系统的基本要求、臭氧发生器、气源装置、接触反应装置、尾气处理装置、仪器仪表与控制装置、安装调试与验收、运行与维护等	适用于给水处理中采用介质阻挡放电方式产生臭氧的臭氧系统	T/CAMIE 10-2020	中国环保机械行业协会
7	《给水处理臭氧系统检测评估技术规程》	山东省城市供排水水质监测中心，青岛国林科技集团股份有限公司	规定了给水处理臭氧系统的检测评估项目及要求、检测评估方法、检测评估结果判定和检测评估报告	适用于给水处理用臭氧系统的现场检测评估	T/CAQI 150-2020	中国质量检验协会

目录 CONTENTS

01 行业应用总体状况

02 十三五课题部分成果

03 典型臭氧系统介绍

04 新应用领域情况

05 常用相关标准情况

06 问题及展望

科技创新 产业报国

问题及展望

- **臭氧发生器在运行中暴露出不少问题，主要是稳定性、可靠性，具体表现在：开机负荷不能开足、产量浓度指标不足、产量浓度指标在运行中衰减、放电管损坏、仪器仪表不准或故障。**
  - 臭氧系统设备是成套装置，还需要集成臭氧投加装置（如射流器、混合器、扩散曝气器等）、尾气臭氧破坏器、冷却设备、自动化控制系统等，这些配套系统影响臭氧系统的稳定性
  - 受运行实施方式影响，系统运行模式受配套仪器仪表、检测设备的质量及可靠性影响系统运行稳定性。当仪器仪表后期的维护、校准等服务跟不上，影响系统的准确工作状态；受我国气候、地域影响，环境温度和冷却水温度差别较大，臭氧发生器的原料气体质量差异较大，导致臭氧发生器的可靠性、稳定性受到一定影响
- **虚假宣传、虚假操作、恶性竞争**
  - GB/T 37894中有用碘量法校准臭氧浓度仪的操作（B.4章节），但诸多应用单位缺乏专业的化学滴定分析等操作人员，操作误差较大，甚至用的用户单位连基本的试验药剂都配不齐；各地计量技术研究院具备专业的化学滴定分析等操作人员、可按GB/T 37894的B.4对臭氧浓度仪做校准操作，但缺少国家计量检定规程、臭氧浓度仪不属于强制检定范围，且自己没有高浓度、高稳定性的臭氧信号源；使臭氧设备及仪器造假有了发挥空间
  - 低价无序竞争，拉踩诋毁，各内卷行为严重

问题及展望

➢ 严格执行GB/T 37894等已有标准

- 通过严格执行标准实现统一、科学的评判规则和评价方法，进一步提高设备制造水平、应用水平，明确臭氧行业先进设备的发展要求和发展方向；鼓励设备生产企业通过技术创新和集成创新，提高设备各项性能参数产品性能达到或超过国外同类产品性能指标，同时提高设备的稳定性、可靠性

➢ 完善整套臭氧系统的标准化体系

- 建立臭氧投加设备、尾气破坏器、智能化控制系统等各个装置的标准化，来规范及指导臭氧系统设备研发制造及臭氧技术的应用，用好臭氧系统。收集国内外最新的研究及应用成果，持续改进和完善、修订及制定标准。结合各行业臭氧应用的方法、需求及方向，不断扩大扩展臭氧在各领域的应用标准或规范

➢ 逐步制定相关法规、服务守则，通过公平竞争优胜劣汰

- 把高浓度臭氧浓度仪纳入计量检定的需求。随仪器技术发展及成熟、行业健康发展需要，高浓度臭氧浓度仪应做计量检定。做一个度臭氧气体分析仪的计量检定规程标准文件；生产一台做校验用的高浓度（0-400g/m3）、高稳定性、平滑调节的臭氧发生器做臭氧信号源，各地计量技术研究院即可开展工作；臭氧信号源、高精度浓度臭氧浓度仪可以一体化设计制造
- 积极响应国家反内卷等号召



http://www.china-guolin.com

科技创新　产业报国