

浅谈中国臭氧行业的现状及发展前景

(青岛国林环保科技股份有限公司 肖盛隆)

一、臭氧的起源及国外发展现状

早在 1785 年，德国物理学家冯·马鲁姆用大功率电机进行实验时发现当空气流过一串电火花时，会产生一种特殊气体，但并未深究。1840 年德国科学家舒贝因将电解和火花放电试验过程中产生的一种异味气体确定为 O_3 ，命名为 OZONE(臭氧)，臭氧的特性和功能开始进入科学研究领域，并逐渐进入了工业化生产应用。到二十世纪末，臭氧的工业应用已非常普遍，广泛应用于饮用水处理、污水处理、纸浆漂白、医药中间体合成、香料合成、烟气脱硝、废旧轮胎处理、疾病治疗、仓储运输等领域。

目前，以 Ozonia、WEDECO、OEI、日本三菱电机、美得华等为代表的国际臭氧行业知名企业都已进入中国市场，并通过并购、国产代工等形式迅速扩张，加大了对包括中国在内的新兴国家市场的开拓力度。

二、国内臭氧的发展历程及现状

我国臭氧发生技术起步较晚，上世纪 70 年代中期，国内开始进行臭氧技术的研究开发；90 年代，矿泉水、纯净水臭氧消毒技术的推广应用，医药行业采用臭氧进行空气杀菌处理，以及小型家用臭氧发生器的应用，促进了我国臭氧行业的发展。

2000 年后，我国工业用大型臭氧设备制造技术的研究取得大量成果，在臭氧放电管、熔断器、中高频电源、特种变压器等大型臭氧

发生器制造的关键技术取得重大突破，相继研制成功的 3kg/h、10kg/h、20kg/h、50kg/h、80kg/h、100kg/h、120kg/h 等大型中高频臭氧发生器，将中国臭氧技术逐步提升到国际先进水平。

2010 年 6 月 1 日实施臭氧发生器行业标准《水处理用臭氧发生器》（CJ/T 322-2010）以及 2020 年 7 月 1 日实施的臭氧发生器国家标准《水处理用臭氧发生器技术要求》（GB/T 37894-2019），使我国臭氧发生器标准与国际先进标准接轨，对我国臭氧行业整体技术水平的提升和市场的规范起到重要作用。经过多年的积累和发展，我国的臭氧系统设备技术水平、制造水平和市场规模有了很大提高，并在市政给水、市政污水、工业废水、低温烟气脱硝、精细化工氧化、泳池水消毒、空间消毒、饮料食品等行业得到了广泛应用。随着我国经济社会的高速发展、环境保护意识的提高及环境保护力度的持续加大，中国臭氧行业将迎来新的高速发展的时期。

但我国臭氧行业目前仍存诸多问题，还需进一步完善和规范。第一，行业内企业发展水平良莠不齐，大部分企业研发投入有限，需要加大产品研发力度，进一步提高产品规格和性能指标，以满足市场对大产量、高性能臭氧设备的需求；第二，臭氧设备加工水平、集成度、系统配套水平有待提高，应用技术研发需加大投入，拓展臭氧的应用领域；第三，市场竞争有待进一步规范，避免行业内恶性竞争局面，鼓励臭氧设备制造企业积极参与国际高端市场的竞争；第四，需要加大臭氧应用的宣传、加强臭氧系统基础知识的科普，提高广大设计单位、工程公司、用户的认知水平，从监督、使用规范的角度减少部分

制造企业虚报性能参数、虚报产量、以次充好等恶性竞争行为。

三、臭氧行业的应用前景

未来，臭氧在市政给水、市政污水、工业废水、低温烟气脱硝、化工氧化、泳池水消毒、空间消毒、饮料食品、半导体清洗、水产养殖等领域都将有更加广泛的应用，其中：

1、市政给水深度处理

臭氧-生物活性炭技术应用于给水深度处理，主要以改善水质为主要目的。未来，市政给水的水源将越来越依赖地表水，地表水有相当一部分为IV类、V类，有些为劣V类，水体受到一定程度的污染；尽管政府采取措施对水体污染进行了控制，但难以在短期内有效控制。常规给水处理工艺对溶解性有机物处理效果不理想，出水有异味、口感差、色度偏高、COD 偏高等问题突出，臭氧-活性炭深度处理工艺能够有效解决此类问题，使出水水质全面达到生活饮用水卫生标准。此工艺技术特点鲜明、占地面积小、处理效果好、运行成本低，特别是在深度处理升级改造项目中优势突出；随着全民生活水平的提高和安全意识的加强，深度处理在县级、园区级、乡镇级的给水深度处理项目中将得到越来越广泛的应用。

2、市政污水及各类难降解工业废水处理

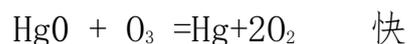
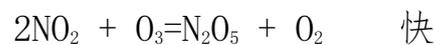
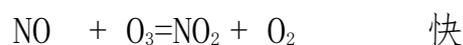
市政污水处理厂深度处理升级改造项目，出水水质要求达到一级A、地表IV类，甚至地表III类的水平，常规处理工艺难以达到技术要求；往往需要臭氧高级氧化或者催化臭氧氧化工艺。特别是北方缺水地区利用深度处理后的出水作为河道补水、地下水补水、中水回用等，

具有很高的环保价值和经济效益。

难降解工业废水，诸如煤化工废水、焦化废水、印染废水、制药废水、化工废水、炼油废水、化纤废水等等。臭氧氧化应用于废水处理有多重明显的作用，能够氧化细胞内酶、破坏 DNA、RNA 物质，透过细胞膜使之发生通透性的畸变，破坏发色基团中的不饱和键（芳香基或者共轭双键）、破坏 C=C 双键转化为羧基、羧酸或者酮，去除氰、硫氰等毒性有机物。催化臭氧氧化工艺能够进一步改善臭氧氧化的局限性，降低臭氧氧化的选择性、提高废水 COD 的去除率，减少小分子的醛、酮、羧酸等中间中间产物、将有机物彻底矿化为 CO₂、H₂O，减少硝基苯等毒性中间产物。催化臭氧氧化工艺不产生二次污染，处理效果好、经济性好，工程可行性最强，发展前景良好。

3、烟气脱硝处理

臭氧氧化法脱硝，是将烟气中不溶于水的 NO 和难溶于水的 NO₂ 氧化成易溶于水的 N₂O₅，随脱硫洗涤一并脱除。具体脱除反应机理有 65 种之多，起主要作用的基元反应如下：



NO_x 被迅速转化成溶于水溶液的硝酸酐，很容易通过水洗吸收，并与浆液快速反应，从而不可逆地脱除了 NO_x；除了 NO_x 之外，一些重金属，如汞及其他重金属污染物也同时被臭氧所氧化，因此氧化脱

硝具有很好的脱汞效果；与 CO、SO_x 等其他燃烧产物相比，臭氧对 NO_x 的氧化反应速率常数比氧化 CO、SO_x 高几个数量级，故 CO、SO_x 等的存在对其影响较小。

臭氧化法脱硝与传统的还原法相比具有明显的优势

I、在现有的脱硫塔中对多种污染物一并脱除，不需要增加其他设施；

II、氧化过程在烟道中进行，仅需对烟道改造，工程量小，炉外脱硝对锅炉影响小；

III、反应区温度范围要求不高；不使用氨等还原剂；

IV、调节灵活，可根据 NO_x 含量和烟气量进行调节，脱硝效率可达 90%以上

V、适应今后烟气排放脱汞要求，提前达标，无需再上脱汞设施。

目前，臭氧氧化法脱硝工艺已经广泛应用于重油裂解加热炉、热电锅炉、工业锅炉、煤电锅炉、生物质锅炉、焦炉、钢铁烧结机等，取得了良好的环保效益和经济效益。随着环保力度的进一步加大、排放标准的进一步提高，臭氧在脱硝行业的应用也将越来越广泛。

四、竞争充分，行业前景向好

近年来，在国家节能环保政策推动下，臭氧发生器行业发展前景明朗，行业新注册企业数量增多，据不完全统计，2019 年，臭氧发生器行业新注册企业数量就达到了 80 多家。截至 2020 年 6 月，国内共拥有臭氧发生器相关生产企业数量为 700 多家，主要分布在山东 (150 多家)、江苏 (140 家)、广东 (100 多家) 三个省份。越来越多的

企业和专业人员参与到臭氧行业中，为臭氧行业加入了新鲜血液，推动了行业的发展，同时也加剧了行业竞争。臭氧发生器主机（以液氧气源计）的单价已经从 10 年前 8-10 万元/kg. O₃ 下降到 2-4 万元/kg. O₃，行业平均毛利率下降到 35% 以下。充分竞争的背后，很多中小臭氧企业也面临被兼并和整合。

在大型环保治理工程中，臭氧发生器系统设备是关键的工艺设备，是国家实现“十三五”节能环保目标的关键设备之一。臭氧行业的未来发展与国家环境保护、节能减排的政策和执行力度密切相关。国家“十三五规划纲要”提出的培育服务主体，推广节能环保产品，支持技术装备和服务模式创新，完善政策机制，促进节能环保产业发展壮大。同时，提出要增强节能环保工程技术和设备制造能力，研发、示范、推广一批节能环保先进技术装备。相关规划的出台为主要应用于环保行业的臭氧设备制造创造了良好的发展环境。预计至 2020 年，我国 GDP 总量将比 2010 年翻一番，这将会带动与此相关的臭氧设备制造行业的发展。

“十二五”期间，我国节能环保产业以 15% 至 20% 的速度增长，十二五期间环保投资 3.4 万亿元，比十一五期间增长了 62%。据环保部规划院测算，预计“十三五”期间环保投入将增加到每年 2 万亿元左右，“十三五”期间社会环保总投资有望超过 17 万亿元。大量的社会环保投资将带动大型臭氧系统设备的市场需求。受益于国民经济的高速发展、产业结构升级加速、国家对环保问题的日益重视以及投入的不断增大，臭氧设备制造行业正处于快速发展阶段，其应用领

域在不断延伸和丰富，对国民经济的直接贡献将逐渐增大，将成为改善经济运行质量、促进经济增长的先进制造业，发展前景广阔。

此外，国际市场臭氧设备需求逐年增加，随着我国臭氧设备制造技术逐渐达到并超越国际同类先进企业水平，依靠成本和服务优势，我国臭氧设备制造企业的国际竞争力将进一步提升，国际市场占有率将不断提高。