

臭氧设备的故障与原因分析

——济南三康环保科技有限公司

摘要：大型臭氧系统在工业生产、环保领域等的应用已经比较普通，但对大型臭氧系统的维护保养还缺少一定的科普。一方面是因为臭氧系统涉及的知识领域相对比较广泛、复杂，没有一个系统的部门来培训；另一方面也在臭氧系统的设计没有详细的规范，不同的生产制造企业生产的臭氧系统不尽相同，这对现场操作人员来说对臭氧系统的接受是一个挑战。所以当务之急对各臭氧系统的故障类型，维护保养方法进行归纳总结是很有必要的。

关键词：臭氧、臭氧系统、故障、现象、分析

中国臭氧技术经过了多年的尝试与探索，进入快速发展提升阶段。在政策催化与市场需求带动下，臭氧应用领域不断拓展，臭氧行业进入到目前的高速发展期，呈现小高峰态势。臭氧行业是一个小众行业，没有系统的教学课程，在运行现场，很多简单的臭氧系统故障都可能会让现场操作人员不知所措。由此，臭氧在市场应用中带给我们一个全新课题：臭氧设备的故障与维修。

下面就国内部分厂家的臭氧系统在现场运行时出现的部分故障现象与解决方法做一下简单分析。

一、 臭氧发生器出气流量过小报警

现象：2018 年 11 月 6 日，江苏一水厂臭氧发生器系统在正常运行时出现臭氧出气流量过小反复报警情况，检查相应数值时仪表显示数值正常。



分析：仪表运行数据被干扰。臭氧发生器运行频率一般在 500Hz 以上，处于同一环境下的臭氧系统监控仪表很容易受到外界的电磁干扰，在这种状态下如果控制系统不做防干扰处理，许多监控数据都会受到电磁干扰，产生系统报警情

况，但是正常检测时各数据显示正常。这种情况下，可以对控制系统做防电磁干扰处理。

二、 氧气泄漏报警仪低报警

现象：2019 年 1 月 30 日，河南一污水处理厂出现氧气泄漏下限值动作报警情况。



分析：正常情况下空气中氧气含量为 21%，所以氧气泄漏报警仪的上限报警值一般为 23%，下限值为 19%。在一般操作人员的理念中，氧气泄漏报警只会出现氧气泄漏情况，不会有氧气下限报警情况。这种情况下，可以打开设备间的通风，等数分钟后再进入设备间检查，如果还出现氧气泄漏下限报警，说明氧气泄漏报警仪故障。

三、 氧气泄漏报警仪高报警

现象：现场氧气泄漏报警仪超限报警，检测各设备密封情况正常。

分析：这种情况下可以分析最大可能是由臭氧浓度在线检测仪引起氧气泄漏报警。因为该现场在前期安装施工时，安装人员将氧气泄漏报警仪、臭氧泄漏报警仪、臭氧浓度在线检测仪等仪表安装在同一检测平台，现场操作人员在清扫现场时没注意将臭氧浓度在线检测仪的样品气排放管端口移至氧气泄漏报警仪的采样端，臭氧浓度检测仪在对臭氧取样检测后会即时将臭氧还原为氧气排空，当氧气泄漏报警仪检测到空间内的氧气超标时就会触发氧气泄漏报警值动作。其实这只是一个现场操作注意事项，巡视、清理标准流程要求不严引起的一起误报事项。

四、 分气流量计数据总和与臭氧发生室总流量计数据不一致

现象：2017 年 6 月 20 日，在浙江一企业进行臭氧系统调试时，操作人员发现现场臭氧出气分支流量计显示数据总和与臭氧系统主管道显示的臭氧流量数值不相等

分析:

- 1、臭氧系统现场气体流量计检测数据一般为气体工况流量，当主管道气体流量计检测点与分支管道流量计检测点压力不相等时，就会出现分支流量数据与主管道流量数据不相等情况；
- 2、臭氧系统现场气体流量计检测数据一般为气体工况流量，因为各种流量计工况流量与标况流量的换算关系不相等，当主管道检测流量计与分支管道检测流量计为不同类型检测仪时，分支流量显示总和与主管道流量显示数据也不相等；
- 3、一般臭氧发生器的气体流量检测为进气管道检测氧气流量，输出管道内的流量为臭氧流量，因为臭氧浓度的关系，输出端的流量较进气端有一定的流量差，这需要设计人员在检测设计时进行数值校正。

出现以上情况时，用各流量计相应换算公式，将检测工况流量换算为标况流量，就会发现分支流量与主管道流量数值相等。

2.1 玻璃转子流量计与金属浮子流量计计算式

$$Q_1 = Q_0 \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_1}} \sqrt{\frac{P_1}{P_0}} \sqrt{\frac{T_0}{T_1}} = K_\rho K_P K_T Q_0$$

式中:

$$K_\rho = \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_1}}; \quad K_P = \sqrt{\frac{P_1}{P_0}}; \quad K_T = \sqrt{\frac{T_0}{T_1}};$$

Q_1 —工作状态下的气体流量换算到标准状态下的流量;

Q_0 —流量计的示值读数;

ρ_1 —标准状态下被测气体的密度, kg/m³;

ρ_0 —标准状态下空气的密度, $\rho_0=1.205\text{kg/m}^3$;

P_1 —工作状态下被测气体的压力(表压与大气压之和), kPa;

P_0 —标准状态时的压力, $P_0=101.325\text{kPa}$;

T_1 —工作状态下被测气体的温度, K;

T_0 —标准状态温度, $T_0=293.15\text{K}$ (20℃);

K_ρ —气体密度换算系数;

K_P —气体压力换算系数;

K_T —气体温度换算系数。

2.2 涡街流量计体积流量修正式

$$Q_N = f \times \frac{3600}{K} \times \frac{P}{P_N} \times \frac{T_N}{T}$$

式中：

Q_N — 气体标准状态体积流量， m^3/h ；

P — 气体工作状态压力（绝压）， MPa ；

P_N — 标准状态压力， MPa ；

T — 气体工作状态温度， K ；

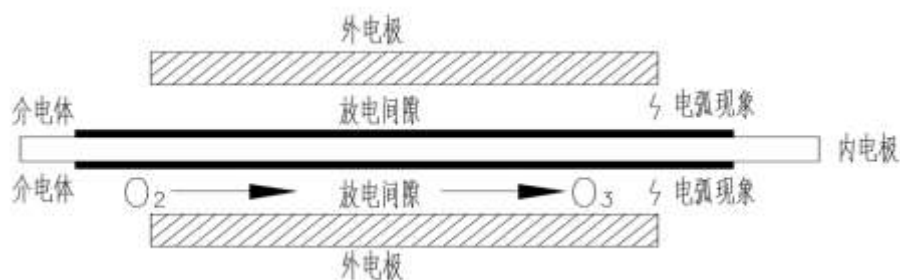
T_N — 标准状态温度， K ；

f — 旋涡分离的频率， $1/\text{s}$ ；

K — 仪表的流量系数， $1/\text{m}^3$ 。

五、 管式臭氧发生室玻璃介质臭氧发生单元在有效电晕端部有电弧现象

现象：2017 年 10 月，在山东滨州一臭氧系统现场，设备正常运行，操作人员在巡视时发现臭氧发生室内放电单元端口与隔板端面有电弧现象，经确认为非正常工作现象，操作人员做设备停机报检处理。

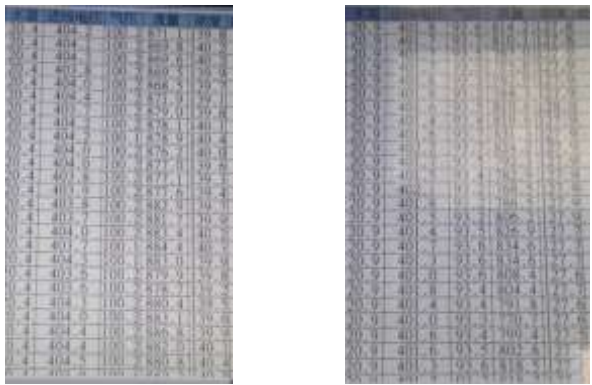


分析：该设备为电晕臭氧发生器，结构为管式，介电体为高硼硅玻璃，设备正常工作时，只应该在放电间隙产生电晕，不可能有电弧现象。经现场检测确认，此现象为气源气体被含有金属成份的颗粒物污染。现场需要对放电单元进行污染物清洗。



六、 臭氧发生器产量下降

现象：2017 年 6 月，河南一污水厂在对现场臭氧系统进行 168 小时连续运行时发现臭氧产量出现阶段性的持续下降，现场排除电源故障、冷却水温度过高现象、运行环境温度过高现象。



分析：现场在做故障排查时发现，该现场臭氧发生器系统气源为液氧源，设计要求液氧气源需要进行补氮处理，氮气流量为氧气流量的 0.3%-0.5%。在实际运行时，现场操作人员不按标准要求操作，私自关闭补氮系统，导致臭氧放电单元被不锈钢放电中毒，引起臭氧产量下降。

七、 臭氧发生器自动运行时无法自动调节出气量

现象：2015 年 8 月，江苏一工厂在进行污水水量调整时发现臭氧曝气现象减弱，经检查发现现场臭氧发生器在自动运行时只自动调整臭氧放电功率，无法自动调整臭氧出气量。



分析：臭氧系统气源供气压力一般为 0.2Mpa-0.4Mpa，臭氧发生室内工作压力一般要求 $<0.1\text{Mpa}$ ，臭氧发生器一般都会在发生室进气端加气体压力减压阀，因为结构设计原因，一般厂家都会在臭氧发生器进气端安装薄膜式减压阀，该减压阀出口压力比较稳定，不随入口压力的变化而波动，且更耐[腐蚀](#)。但该减压

阀的通气流量在出口压力设定值一定的情况下不会因为进、出气端的气体压力变化而产生相应的线性调整。解决方案：改自力式减压阀。

八、 臭氧发生器电源柜内电器件表面有结露现象

现象：2015 年 7 月，山东烟台一化工企业污水处理厂，臭氧发生器系统操作人员在调整臭氧发生器冷却水温度 4 小时后发生电气系统故障。

分析：该现场臭氧发生器电气系统冷却方式采用了水冷模式，当电气系统金属体表面温度低于附近空气露点温度时，电气金属体表面出现冷凝水，冷凝水水珠将带电体相间短路，出现电气故障。

九、 臭氧发生单元在单元连接处有电弧现象

现象：2017 年 8 月，山东枣庄一项目，操作人员在巡视时发现 2 号臭氧发生器发生室内有电弧现象，紧急停机进行检修。



分析：经检查发现，该套臭氧系统在前期的检修后，维修人员对发生室内放电单元进行电气连接时工作疏忽，将一放电单元电气连接体没紧固，当臭氧发生器在半负荷低电压工作时，电气系统的放电单元无异常现象，当臭氧发生器在满负荷高电压工作时，施加到放电单元体上的电压高达 7000 伏以上，通过放电单元体的电流加大，这时就在松动的连接体间隙产生电弧。

十、 臭氧发生器运行现场操作人员的疑问

现象：臭氧发生器是一个比较小众的系统，一般人员接触比较少，加之各个生产厂家的设计理念区别，所以造成现场操作人员对许多故障现象的困惑。

下面是一企业用户提出的关于现场应用的某品牌类型臭氧系统的问题：

1、氧设备满负荷运行几小时后机械内接头温度过高，达到 80-93℃。电源温度达 80℃。变压器温升 80 度左右。简述贵方处理方案。

2、接头温度过高。

3、4 台配电柜铜排氧化腐蚀严重，长期会出现安全隐患。

4、配电柜内散热风扇因温度过高融化。

5、臭氧浓度如何保证？

6、发生器经常显示温度过高（外循环水温度十几度）。



分析：

1、机柜内接头温度过高：

机柜内接头温度过高，应该指的是机柜内母线铜排以及电流回路电线接头。接头发热一方面是因为计算铜排和电线载流量时没有考虑环境温度因素的影响，铜排和电线载流量计算有误；另一方面是接触点压紧装置有问题，有虚接现象；第三是连接位置和连接结构设计不合理；第四是没有考虑铜排的散热；第五是没有考虑电器之间的磁辐射发热影响。

2、电源、变压器温度过高，是因为设计不合理。我们的负载是一个接近容性的负载，这是有区别与感性和阻性负载。所以在设计时我们建议不能按照常规负载进行电气设计。

3、我们的臭氧设备在初期设计时就按照容性+阻性负载来设计，并考虑环境温度的影响。所以我们的臭氧设备在正常运行时，电源运行温度 $<60^{\circ}\text{C}$ ，保护温度 80°C ，变压器设计温升 $\leq 55\text{K}$ 。

4、电源柜内铜排氧化严重：

一是因为铜排设计载流量小，铜排发热造成；另一方面是因为铜排表面没有进行镀锌处理。

5、电源柜内散热风扇温度过高融化：

一方面是因为电源柜内温度过高造成；另一方面是因为电源柜内没有考虑电磁感应引起的热效应，该现象应该是配电柜内电气部分的高频电场产生电磁感应引起的发热融化。

6、臭氧浓度如何保证：

目前市场上的臭氧浓度在线检测仪鱼目混珠，不能说谁的好，谁的不好，这就是良心做事。臭氧产量=臭氧流量*臭氧浓度。这其中气体流量计和电流表有国家专门检测机构标定，所以大家可以用专用的表计检测衡量。臭氧产量和电流之间没有绝对的对应关系，但可以参考。总不能还有产生一公斤臭氧需要一度电的传说和笑话。

7、一键启动：

启动/程序自动开启电动阀门/设备处于氧气吹扫过程/吹扫结束后，程序打开冷却水系统/冷却系统运行稳定后，程序开启臭氧部分/程序根据氮氧化物反馈信号自动调整臭氧产量。任何状态下，设备故障或运行反馈不到位，臭氧系统自动进入保护状态。

8、后台运行监控的目的：

8.1 设备故障，云系统会第一时间将故障信息发送到我方面设备运行监控处，我方会第一时间做出故障处理方案、并告之运行现场；

8.2 后台运行监控可以发现一些因为传感器故障等引起的设备误动作，我们会第一时间和运行现场进行有效沟通，并解决问题；

8.3 运行现场经常出现因为操作人员操作不熟练引起的操作故障，我们会根据运行数据和故障数据及时和现场人员进行有效沟通，并解决问题；

8.4 我们会定时给客户出具现场设备运行数据，并进行运行分析和管理的。

9、发生器经常显示温度过高：

9.1 传感器故障；

9.2 如果多台设备都出现类似的现象，那是因为程序设计问题，没有进行程序防振荡。

以上只是我公司本厂设备在应用现场的排障经验和解决办法，业内友商设备各有其特点，未必相通。若本文阐述内容有不恰之处，欢迎指正。希望中国臭氧行业能走的更远，走向更强。