

臭氧制造及其应用译文集

第 一 辑

上海科学技术情报研究所

臭氟制造及其应用译文集

第一辑

*

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海科学技术情报研究所印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 4 插页: 1 字数: 100,000

1975年8月第1版 1975年8月第1次印刷

印数: 1—3,500

代号: 151634·245 定价: 0.50

(只限国内发行)

27184

前 言

臭氧具有强的氧化能力，脱色、脱臭、消毒效果显著，无不愉快气味和遗污染问题，原料来源丰富，控制灵活，管理方便等独特优点。从臭氧发生器投产以来，其设备和运转费用日益趋于降低，加上控制环境污染的需要，故近年来臭氧的制备及或应用发展较快，特别作为工业废水的三级处理很受重视。

遵循毛主席：“一切从人民的利益出发”以及“洋为中用”的教导，我们为配合当前一场战三废，除公害的群众运动，在1975年我所编译出版的“臭氧制备及其应用”文摘索引的基础上，征求了上海轻工业设计院，上海化工学院，上海香料二厂等单位的意见，选译了十余篇文章，分三辑出版。主要包括：臭氧发生器的制造和设计，臭氧的制备和应用，操作条件、投加方法，除湿技术以及诸电量的测定等方面。以供从事臭氧制造和应用的广大工农兵及科技人员参考，借鉴。

在编译过程中得到上海轻工业设计院、上海石油化工总厂资料组的大力支持，在此表示感谢。

鉴于我们水平有限，译文中的缺点错误一定不少，望广大读者批评指正。

上海科学技术情报研究所

1976/10/01

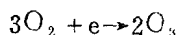
目 录

一、臭氧发生器及其制造方法.....	(1)
二、臭氧化氧气的产生.....	(4)
三、对臭氧分散于水中的各种混和设备的评价.....	(7)
四、压缩空气的除湿.....	(16)
五、对 ОП 型臭氧发生器操作条件的研究.....	(27)
六、水与废水的臭氧处理技术和经济情况评论.....	(29)
七、臭氧对废水的三次处理.....	(37)

臭氧发生器及其制造方法

此发明叙述的臭氧发生器，产量高，体积小，紧凑，以及容易组装及操作，还能以市用电流运转。

人们已熟知在一个基本的臭氧发生器中有一对用绝缘物分开的金属电极。当将一股空气流通过电极中间并把高压交流电加到电极上时，便形成了臭氧，其反应可用下列的电化学方程式表示：



式中 e 是初期产生的电子电荷。输入臭氧发生器的功率是电压及频率的函数

$$W = 4fC_G E_G [E_P - (C_0/C)E_G]$$

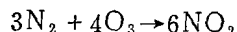
式中 W = 功率， f = 频率， C_0 = 介电绝缘体的电容， C_G = 放电间隙的电容， $C = C_1 C_G / C_0 + C_G$ ， E_G = 横跨于放电间隙两端的放电电压， E_P = 横跨于电极间的峰电压。

对于任何一个臭氧发生器而言， $C_0 C_G$ 及 E_G 均是常数。

O_2 作为输入原料时，在 O_2 转化成为 O_3 处，要把臭氧发生器的结构设计成当给出最大的频率时，将最高电压加在一个给定的空间中。

但是，应当记得使用的原料是空气而不是氧气。要使反应能够继续下去，则在 O_2 中的正离子必须被电极上的阴电荷吸引。这就排斥了和别的 O_2 分子结合的负离子，从而形成了不稳定的 O_3 。由于 O_3 的不稳定性，它便将在让它飘回到空气中时转化成 O_2 。

此外，因为空气中含有湿分， H_2O 氢离子也将被同样地吸引。存在于空气中的氮气与氧气的比例约为 4 : 1，而氮是相对地不活泼的。然而，氮在一根热管中将和 O_3 发生反应而主要形成二氧化氮，其反应可用下列方程式表示：



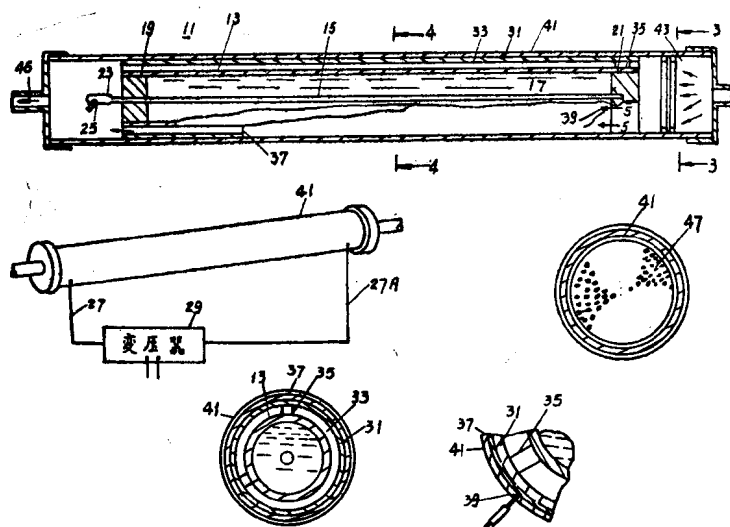
所以，当在一根小容量的管内输入高功率时，将因产生大量的热量从而加速了氧化氮反应。

还有，那集聚在电极周围的氢离子形成了水，也就是说，管子将出汗，它将和氮气与臭氧所形成的不需要的化合物一同阻碍了臭氧发生器的有效功能从而减少了可利用的臭氧量。那些反应并不遵照化学计量法的数字进行而那些不需要的化合物的量则将随着许多因素而异。尽管如此，但仍然急需能够找到一种能制止氧氮反应的装置以有利于 O_3 的形成。

本发明的企图通常是在一个臭氧发生器中有一根高聚合物内管包围的金属电极，在内电极及内管间则充满着电解质。内管外面包一根高聚合物的外管，它的外面则缠覆有几层的金属（例如铜或铝）箔而形成外电极。两根电极连接到高达 10,000 伏的高压交流电源。当在管子的一端将空气吹入于内管及外管之间，并在电极间加入高电压时，臭氧便将从管子的另一端流出，同时还可能显著地制止了不需要的反应产物的形成。

本发明的加工工艺包括怎样切割两节塑料管子至预定的长度，其中的一根比另一根细些，于是把小管封固在大管中，使其中间有不导电的空间，再在小管中沿着纵轴按装一根铜棒和灌满盐溶液以及加以封固，然后用金属箔将大管包住，并从电压源以导线接到这个铜管及金属箔上。这个外管也可以改用其他的金属管（如铝管等）以代替用金属覆盖的塑料管。

这个发明的目的和优点从下述的详细说明和附属的图中能更明显的看出来,



这里的臭氧发生器或臭氧化器的组成一般为一个聚氯乙烯(以后简称为PVC)内管13及在管内纵轴上的一根导电铜棒15。在PVC管内充满电解质17,其组成为普通的盐溶液或硫酸的水溶液或其他适当的导电液体。内管13的两端用封头19,21封固以防止渗漏。铜棒有伸出管子一端外的足够长的延长部分以连接一个接线端25,从那里接出一根导线27通到15,000伏交流变压器29的一侧。

内管13安装在直径稍大一些的PVC外管31中,并使四周的间隙33均为约1/4吋。这个空间是由等距排列在四周的隔片35来保持间距和同时支持外管于应有的位置。

那根外管用铝箔包裹几周以在PVC外面做成一个金属外套37,变压器29及从另一接线端来的一根导线27a在接头39处装接到铝箔上,接头最好是一个欧姆接头以保险其可用于高电压。金属外套37在一个介电质表面上提供了一个高压电场以与安装在内管内的相反电极发生作用,从而在两根PVC管中造成逆弧电流以产生电晕放电和把被强制导入管间的空气流中的一部分氧气转化成为臭氧。

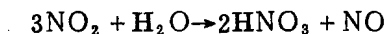
在内管及有铝箔覆盖的外管的外面再装上一个PVC管子做的外套41以使其成为一个密闭的单元,在它的一端开有一个空气进口43,而另一端则是一个臭氧混合物出口45。在装有空气进口43的管帽内安装了一个穿孔盘47以把进入的空气平均地分布在管内周围,从而可使所用的放电面积发挥其作用到最大的限度。

依靠增加或减少电解液的浓度或PVC外壁的厚度便可调节初级侧的电压准确地为115伏,从而可以避免使用自耦变压器或电压调节器。

这种发生器的规模大小仅受到所能得到的最大的PVC管子尺寸的限制。加至发生器的能量是由一个标准型的从115伏交流电变至15,000伏交流电的氖灯用变压器供给的,加入的电压也可用电压调节器或自耦变压器的方式加以调节。

按照上述的构造,共计使用了两个分别的电气反应室。首先为有电解液的内室。次为在内外两根PVC管子间的一个外室,在那里流过的空气及臭氧形成了一个电解质。在空气中的湿分所分解成的 H^+ 及 O^- 则由内室中的电解质加以控制。同时,因为二氧化氮是一个氧化

剂和中心铜棒发生下列反应，氧化氮的形成也被抑制了：



还有，它与硫酸电解液发生反应而形成亚硝基硫酸。因此，上面叙述的结构有效地促进臭氧的形成而抑制了其他的反应，因为铜棒及电解液能防止已形成的臭氧扩散到二氧化氮中。

现在发明的制造方法是截取两段塑料管或者一段金属管及一段塑料管，例如在市场上有供应的聚氯乙烯管，其中的一段管子比另一段管子要小到能放在较大的管子里面而在其间还有一定的间隙。在间隙中放入足够多的绝缘隔片以隔开管子并保持它们间的一个预定的距离。用橡皮塞头或其他封头帽将一根铜棒安装在内管的纵轴上以及在内管中封存了一种盐溶液。将铜棒接到高压电源的一端，那个外管，若不是导电体时则须先在外面缠裹如铝箔类的金属箔折页，然后再将从电源来的另一导线接在上面。那根大一些的外管也可以是一根金属管而可在管子上加装封头帽以将空气流引导到管子间隙中，在另一端加上筛板以控制空气流。也可以安装一个风扇以强迫空气流入管子间隙中。这个方法提供了可以用普通易得的材料及产品生产价格低廉的臭氧发生器，它既工作可靠又便于检修保养。

现在的发明不能被解释为只限于在这里揭示的特种形式，因为应该认识这些仅是启发性的而不是限制性的。

译自美国专利3,739,440,1973年6月19日

臭氧化氧气的产生

英国氧气有限公司提出了关于臭氧化氧气的产生的发明，就是产生一个臭氧与氧气的混合气体。

产生臭氧时，通常将一股氧气通过一个臭氧发生器而在那器中的一个适当的电极系统上受到放电，电极系统由一个“通电”电极和一个“接地”电极组成，“通电”电极是一个金属导体用玻璃等绝缘体包围，二个电极之间有一个高压电流通过而形成所谓无声放电。通过放电有一小部分的氧气转化成为臭氧，因此离开臭氧发生器的气体是氧及氧气的混合物。尽量地降低臭氧发生器的操作温度可提高其效率，为了这个原因，通常用的臭氧发生器常常采用水冷却的电极，虽然已这样做了，但是出来的氧气中所含的臭氧按容积计算只有1.5%至4%。此外，特别是当其应用在通电电极上，水冷方式是一种费钱和麻烦的办法。

为了提高臭氧化效率，建议将臭氧发生器在接近液氧温度运转，利用液氧体中所含的消热量。但是，在这样低的温度运转时，会产生不良的结果，那就是将产生臭氧-氧的混合液体而且比混合气体含有较多的臭氧。混合液体中含有的臭氧若超过30%是有危险性的，因为臭氧可能会自发分解；而且，由于液臭氧和液氧的沸点不同，原来含臭氧少于30%的臭氧-氧的混合液体在贮存中会因氧的选择蒸发作用而逐渐增加其所含臭氧的浓度。此外，如果臭氧发生器在臭氧沸点温度和氧沸点温度之间运转，则所产生的臭氧-氧混合物可能分成二部分，一部分是含臭氧较富的液体，另一部份是含氧气较富的气体。虽然这样可以提供一个产生臭氧较多的混合物的方法，但在生产过程的一些阶段中，即在液体臭氧与液氧混合产生混合物时可能发生危险。

本发明的一个目的是提供一个方法及设备以生产含臭氧比例较高的臭氧-氧混合气体而没有产生出臭氧-氧混合液体的危险。

按照本发明的一个方面是产生一个臭氧-氧混合气体的方法，其中包括着气化液体氧气，将气化的氧气加温到大大地低于周围的温度但仍高于所产生的臭氧-氧混合物的露点，而在那个温度时使氧气受到无声放电的作用。适当的温度范围是 -70°C 至 -140°C ，平均组分为含有15%臭氧及85%氧气的混合物气体在大气压时的露点则是 -145°C 。

存在于供给送入氧气的液氧中的消热量可用于冷却臭氧发生器至工作温度，但要做预防措施以保证送入臭氧发生器的蒸发氧气加温到所产生的混合气体的露点以上，并防止臭氧发生器冷却到这个温度以下。

按照发明的另一方面，生产气态的臭氧-氧混合物的设备包括一个内装有液氧的绝缘贮存容器，容器内安装了一个至少大部分长度在容器内但仍在液氧表面上的一个臭氧发生器，发生器的下端有一个氧气的进口，周围有一屏罩，屏罩与发生器的下部有一定的间距，这样使液氧蒸发出来的氧气进入臭氧发生器时有一个迷宫性的作用，并且在那里气态氧加温到大大地低于周围的温度，但仍高于离开臭氧发生器的气态臭氧-氧混合物的露点，以防止臭氧发生器由于热辐射到液氧而冷却到离开臭氧发生器的气态臭氧-氧混合物的露点温度以下。

按照本发明的运转，便有可能产生出含有比较高浓度臭氧的臭氧化氧气，而没有产生出

液态臭氧-氧混合物的危险。

本发明是比较好的一种设备形式,臭氧发生器是安放在一个大的热绝缘容器内,例如杜瓦(真空)容器,容器内装有大约为容器容积20%的液氧。臭氧发生器挂在液氧的面上,它的下部与臭氧发生器的表面间隔一定距离处有一个保护屏罩,提供从液氧体蒸发出来的氧气进入臭氧发生器的通道。氧气在这个屏罩和臭氧发生器间的通道中被臭氧发生器来的热量加温,以使它进入臭氧发生器时已达到了所需要的运转温度。同时,这个屏罩也保护臭氧发生器的下部使其不致于因热辐射至液氧而过度冷却。

正常时,液氧将因受到部分来自臭氧发生器所发生的热量以及部分来自大气漏入的热量而蒸发出所需要的氧气。每个热源所分担的蒸发比例与设备的尺寸、臭氧发生器的效率、以及热绝缘的性质有关。如果采用效率很高的热绝缘物,那么漏入的热量在事实上是很低的,因此有必要对液氧提供更多的热量以得到足够多的氧气量。达到这个方法为,例如,把来自氧气瓶或其他氧源的氧气以气泡状吹过液氧,或将一个发热器浸在液氧中。然而在使用一个杜瓦型的简单真空绝缘容器的小型设备中,可以发现液氧蒸发的速率大于送入臭氧发生器中的需要量。在这个情况下,过剩氧通过安装在容器气体空间的一个合适的控制阀而跑出。

需要的液氧蒸发量主要取决于所产生的臭氧浓度。在产生含臭氧较富的混合物时,因臭氧发生器仅需要较小的氧气送入量而须用一个相当小的蒸发率,反之,在产生含臭氧较稀的混合物时,臭氧发生器便需要更多的氧气送入量,就要用相当高的蒸发率。比较好的方式是应将设备布置得能同样地适用于两个不同的情况,即允许放掉一些蒸发的氧气以使蒸发的氧气适合于需要量,以及在液氧中再加热以增加氧气产量,从而使同一套设备可生产臭氧混合物有大的臭氧浓度范围自5%至20%,最好范围是10%至15%的臭氧浓度。

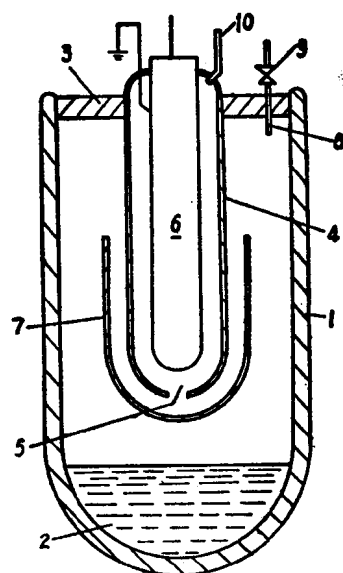
本发明的设备通常希望在大气压或与此相差不大的压力时运转以产生臭氧化的氧气。但是它也可以在比大气压高很多的压力时用以产生臭氧化氧气混合物,只要(a)将产生的气体中的臭氧比例保持在所考虑的压力时一个低的安全水平,以及(b)输入的热量及工作温度可以避免形成液体的臭氧-氧混合物。

可用任何适当的办法使热绝缘贮存器中的液氧保持适当的高度。液面高度不是关键性的,只要它是在臭氧发生器以下便行,它可以有很大的变化而不会影响设备的作用;所以,不需要自动控制液面。

当按照发明使用本设备时,已经证明它与常规的只能产生含有1.5%至4%臭氧的臭氧化氧的发生器比较,有可能连续地生产出含有14%臭氧的臭氧化氧,若需要时还可得到浓度更高的臭氧,但因贮存超出15%臭氧浓度的臭氧-氧混合物不是没有危险的,故设备没有运转到臭氧浓度超出14%以上。

对现在发明的臭氧发生器说来,电极系统设计是不重要的,因此任何种的常规系统,例如同心管式的平行电极等均可以使用。

按照发明的设备中的一种式样的侧视剖面示意图表示于右图中。



一只常规杜瓦容器 1 内装有约占容器总容积五分之一的液体氧 2。杜瓦容器 1 用一只塞头 3 加以封闭，容器里面支承了一个圆筒形的臭氧发生器 4，在其底上有一个气态氧的进口 5 以及装有一个常规的臭氧化电极系统如 6 所示。臭氧发生器 4 的大部分长度是支承在杜瓦容器 1 内，它的下端仍在那液氧 2 的液面以上。发生器 4 的下部分围绕着一个与它隔开一定间距的屏障 7，为进入臭氧发生器的气态氧提供一个有迷宫作用的进口，塞头 3 上有一根泄气管 8，用一只压力安全阀 9 以控制气态氧的跑出。臭氧/氧产品则通过导管 10 而离开发生器 4。

在运转中，从液氧蒸发成为气态氧的速率将受臭氧发生器发出的热量及从大气中漏入的热量所控制。安排这些因素的方式是使蒸发出来的氧气量略高于应送入臭氧发生器的量，过剩的蒸发氧气通过管线 8 离开杜瓦容器 1。气态氧在通过进口 5 进入臭氧发生器 4 之前，必须先通过发生器 4 外壁与屏障 7 中的空间，在这样做时，它便被从臭氧发生器发出的热量加温到所需要的运转温度。

译自英国专利 955,825

臭氧分散于水中的各种混和设备的评价

把臭氧用于水中的效果，将取决于两个因素：臭氧和各种溶液的反应速率，以及臭氧从气相至能发生反应的液相中的质量传递。质量传递可以依靠使用一个有效的混和设备而得到最佳状态。在这里提出的这个研究的目标就是要调研选择各种可供选择的混和方法

在必须把大剂量的臭氧加入于大量水中的传统设备中，需要使用大而昂贵的臭氧接触室，这里研究的是只要花费低廉的投资便能够大规模加入臭氧的各种混和方法。

在水及废水处理中使用臭氧的效果取决于两个因素：臭氧与各种水溶液发生反应的动力学或速率，以及臭氧从气态至能发生反应的液相中的“质量传递”。臭氧与各种被作用物质的绝对反应速率是根据其内在的化学性质而不是能强加改变的。但是，却可以依靠使用一种有效的混和设备以使臭氧的质量传递达到最佳状态。在使用臭氧作三级处理的用途中，当COD（化学需氧量）值从30~50毫克/升的范围降低至7.5毫克/升后，反应速率即趋向缓慢下来，于是质量传递便是极其重要的，关系到判断臭氧处理的方法是否经济可行。

把臭氧加入水溶液中的最古老的设备之一是文氏管。这个方法（奥图过程）既简便又不昂贵并且是在欧洲将小剂量的臭氧加入于饮水处理中的传统方法。在这类工厂中，是用具有一定压头的水借重力流经文氏管以从板式臭氧发生器吸取臭氧而将它注入于水中。

在加压的管式臭氧发生器出现后，便可能采用强迫臭氧化气通入安装在处理桶底的气体分散器而加入臭氧的方法。处理的水则可能为静态的、与气体并流的、或者逆流的动态水流。目前，在使用的臭氧发生器，极大部分均运用了上述质量传递技术中的某一种或其稍有不同的变型。

混和设备的研究

曾加以比较评价的混和设备计有三种：“静态混和器”（凯尼克斯公司，丹佛，麻萨诸塞州），“罗斯混和器”（查尔斯·罗斯父子公司，豪普波奇，长岛，纽约州），以及文氏管注入器。同时加以评价的另二种混和设备是“声波混和器”（索尼克发展公司，扬克司，纽约州）及一个有微孔的多孔式聚乙烯气体分散器（杰·及黑·伯奇有限公司，普兰菲尔德，新泽西州）。现将这些混和器较详尽的叙述于下：

很明显的是不可能将一种混和器和另一种作出直接的比较，因为各种各样的设备是在完全不同的原理上工作的。替代的方法，是观察每一种混和器的一套参数和测定它的最好的工作情况，而对这些参数也仅是研究其中有关混和器分散臭氧于水中的效率方面，而不涉及作为其他的混和用途。

实验技术

在研究各种各样参数的作用中，所用的技术是以加有酚溶液的自来水（城市给水）作为臭

氧处理的原水。用混和器加入臭氧以及把处理后的溶液在一台哈赫AC-DR比色计上分析其剩余酚。再找出反应中除去的酚量和加入的臭氧量的相对关系,便得到表示混合器效率的数字。

已知臭氧-酚的反应是非常迅速的,故而可以很可靠地假定在混和器性能方面所观察到的任何差别主要是由于质量传递而不是由于酚氧化的动力学性质,因此,决定的因素是臭氧进入水中的质量传递而不是臭氧和酚的反应,所以可以在除酚的效率和臭氧的质量传递之间加上一个等号。

被研究的参数有水及气的流速、气压、混和器单元数及酚的原来浓度。当有可能取得几种不同尺寸的混和器时,则研究其工艺扩大的因素,对混和器把臭氧溶入蒸馏水中的能力也进行研究。图1表示实验装置。

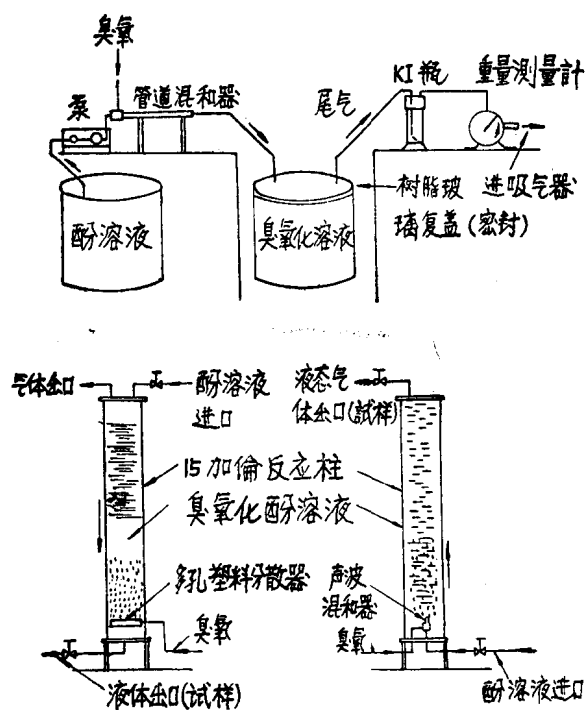


图 1

静态混和器

静态混和器,原来是由阿瑟·德·利特尔有限公司连同凯尼克斯公司发展的,是一个成直线排列的含有一个任何数目而螺矩对应的部件的混和器。当液体接触到每一个部件的前边时便分裂为二而扭向某一个方向,当其接触到次一部件时又被分裂为二而扭向相反的方向。这样所形成的薄片数(S)额定为 $S = 2^n$,其中n是螺旋形部件的数目。

在实验中试用了紧密安装于玻璃管中的三种不锈钢混和器(约为0.43, 0.61, 及0.70吋直径)。在试用了几种形式的气体进口后,发现一根3.4毫米内径的玻璃直管已足够。从而确定了臭氧进口管的设计和形式对混和器的效率仅有小的影响或者没有影响。

这个混和器的设计允许相当大容积的气体和比较小容积的水发生接触。但是,接触时间是相当短而且取决于流速。一个比气流速大得很多的水流速将使气体无法分散于水中,因为这时在混和器中增长的水压已超过了气压。那个流过混和器时的压力降是雷诺数的一个函数。

在我们实验中用的小口径混和器表现出有高的雷诺数及湍流, 因此臭氧发生器必须在高于正常的 8 磅/时²表压运转才能克服混和器中的水压, 虽然较低的压力也已足够, 但所有的静态混和器实验, 臭氧发生器均在 14 磅/时²表压时运转。大一些的混和器则有可能在正常的 8 磅/时²表压时工作。比水流速大得很多的气流速会因大气泡通过混和器而造成无效的脉冲或抖动, 发现水流速和气流速的最好比例是 2.5:1。

静态混和器的设计允许改变其中所用的混和器部件数, 经证明这是很重要的, 可增加到当再增加部件时效率并不怎样地增加(图 2)的某一点为止。在这里所做的大量实验使用了 41 个部件。

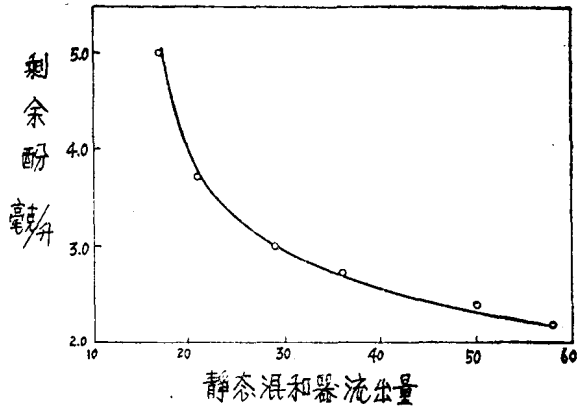


图 2

发现混和器的“效率”(这个效率的定义是混和器能从试样中降低酚的能力)的变化是和气流速成正比, 而和水流速成反比的(图 3 及 4)。这不是不能理解的, 因为增加气流提供了更多的臭氧而在增加水流时提供更多的酚。

静态混和器中的极短接触时间及气-水流动的关系限制了所能充分加以处理的被作用物的浓度。在低酚浓度(5 毫克/升或更少)时观察到的效率极高(除酚率达 100%), 但是, 当原始酚浓度为 20 p.p.m.(图 5)时则除酚效率

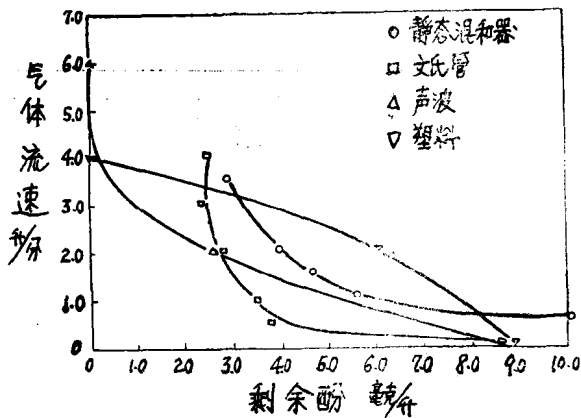


图 3

仅约 50%。所以, 这种混和器不能将臭氧直接处理高浓度的工业废水, 而仅适合于最后的精炼步骤。它也不适用于反应率较低的情况。可使用一系列静态混和器去适应需要臭氧量较多的那些情况。

静态混和器将臭氧溶解于蒸馏水中也很有效。图 6 表示通过混和器一次后便溶入大约 4.25 p.p.m. 的臭氧(以剩余臭氧的形式测定之), 没有测定水的臭氧需要量。

在实验中使用的三种不同尺寸的混和器的比例放大因素似乎是不重要的。当水流速及气流速均按照混和器的横剖面积而成比例地增加时, 三个混和器从

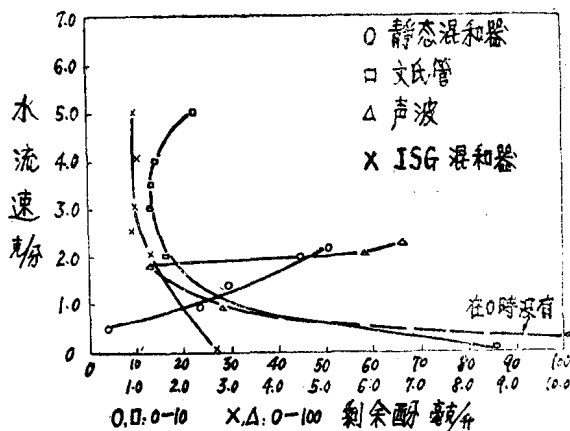


图 4

各个不同的原始酚浓度中的除酚百分数是大致相同的(图7)。在比这些混和器大得多的混和器中是否亦是这样的则不得而知。

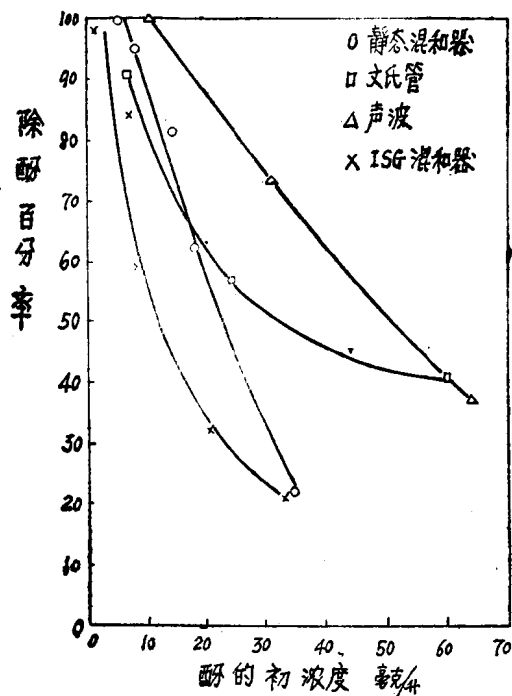


图 5

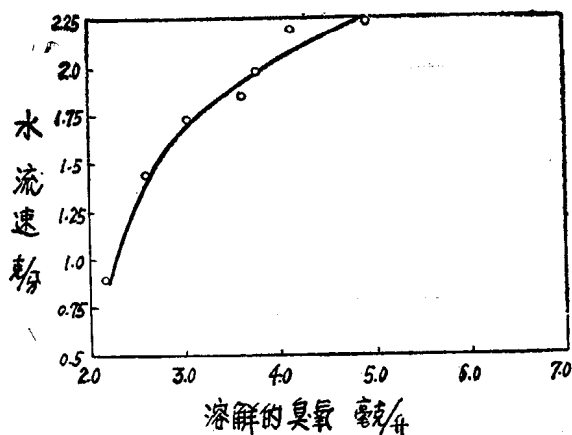


图 6

曾经试图测定流经静态混和器的过剩臭氧量, 尽管这个试验过程是有困难的(由于必须从臭氧化溶液中分离出排气), 但仍然发现大约 9 % 的臭氧通过了混和器而没有发生反应, 虽然在溶液中还有剩余的酚。

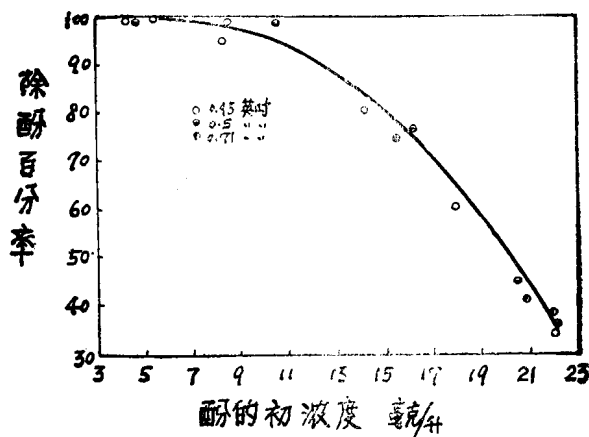


图 7

静态混和器分散臭氧的最适当应用场合是将一个比较低的臭氧剂量加入于溶液中, 以及具有快速的动力学性质的氧化反应。这种混和器的操作和安装都很方便, 还能自己清洁。它的使用可以消除大而昂贵的接触室, 这种式样的混和器可以有效地用于含酚或氰的废水的最后处理、用于冷却塔及生产用水的消毒、以及用于除色除臭等。当需要处理含有高浓度的被作用物的溶液, 可采用多通路通过混和器。默·弗莱施曼在路易斯维尔大学做的初步实验, 表示了多通路的方法对消毒城市、二级排水及降低 COD 是有效的。

要具体的说出静态混和器的价格数字是有困难的, 因为制造材料及尺寸变化很大, 几乎可以用任何管形材料做外壳以及用任何金属、塑料及陶瓷等来做零件。曾经制造供售的零件尺寸范围为 1/16 吋至 4 呎直径。

罗斯 ISG 混和器

罗斯 ISG (界面的表面发生器)混和器也是一种直线式的静态混和器,原来是由道·巴迪希公司所发展的。这个混和器有成套部件组成,有管形外壳,每个部件上面钻通有四个斜孔。把两个部件连续地安装在一起以形成从每个部件的孔中排出的部分水流所共同注入的四边形空腔。每个部件的四条通道的方向在通至下一个部件时要经过一个90度的转变,这样所形成的薄片数(S)额定为 $S = N(4)^E$,其中N = 需要混和的部分水流股数,而E = 混和部件的数目。由于在设计中所能提供的有限的横截面积,在混和器中的压力降是相当高的。

在我们研究中使用的罗斯混和器是一个2吋直径,有10个不锈钢制成的部件的混和器。垂直安装的混和器中有向上的水流及气流,相似于在静态混和器上所用的4毫米内径的玻璃管作为臭氧的进口。在外壳中的零件安装得较松,零件与外壳内壁中间大约有一毫米的间隙。这些间隙可能导致一些气体在混和器零件周围漏出,造成混和作用欠佳。

和静态混和器比较,罗斯混和器的效力是随着水流量的增加而增高直到某一个限度的(图4)。

没有观察到当在一个恒定的水流速时,气流速会对除酚量发生多大明显的影响(图8)。一个原始酚浓度为7.5毫克/升的处理溶液,在水流量为3美加仑/分,加入过剩的臭氧后,酚浓度仅被降低到1.2毫克/升(图5)。这个混和器在运转时的排气中经常含有没有起反应的臭氧,尽管那时酚对臭氧的比例有很大的过剩量,没有做剩余臭氧的定量测定的尝试。

总的说来,罗斯混和器在加入臭氧时的性能通常要比静态混和器差一些。罗斯混和器在要完全除去原始浓度较低的酚浓度时的能力较差,而其离开混和器时的未经反应的臭氧量则较大。

罗斯混和器可用许多材料制成,金属制的混和器的价格比较贵的。

声波混和器

声波混和器原来是为了用作雾化液体的设备而发展的,当作为这个用途时,有压力的气体高速度流过混和器喷嘴的中心孔,随即进入一个谐振腔。据制造商声称,由于在喷嘴出口处与谐振腔间所形成的强化了声能场,任何种的液体引入该高能的湍流场中均将立刻被雾化成为微滴。

将气体流道及液体流道互换,便可把这个混和器作为一个气体分散于液体的设备之用。在变化气流速及水流速时可把气泡尺寸自超微的“烟雾”变到为0.25吋直径的大气泡。在这里提出的实验中,是把一个不锈钢喷嘴垂直安装在一个用透明塑料制成的6.5吋内径、15加仑容量的反应柱的底上,试验溶液是用泵送到喷嘴的中心孔而臭氧则是在侧臂管中加入的。

这样,这个试验是在逆流基础上运转并将声波混和器完全浸没在液体中的。在运转中,使用了一个型号为086P的混和器及一个以氧气为进气的韦尔斯巴赫T-816型臭氧发生器,气

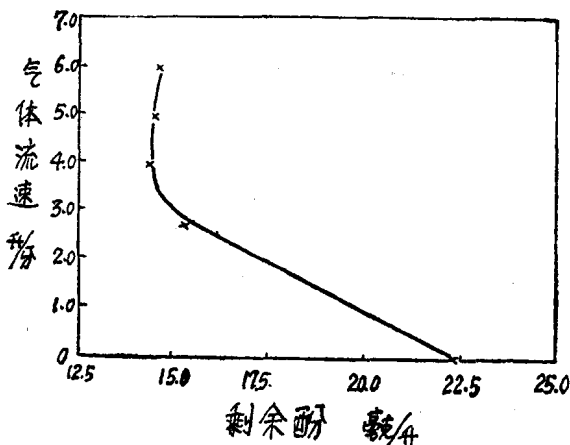


图 8

流速的变化范围是1—6升/分(图3),而水流速的变化则是1.8—4升/分。较大型号125P的混和器则是以用空气为进气的韦尔斯巴赫W-15型臭氧发生器来供给臭氧的,气流速是1.5—1.65立方英尺/分,而水流速则是3.4—8.5升/分。

在某些情况下,声波混和器能够产生极微型的气泡和湍流极剧烈的混和作用。然而,这需要有一个高的水流速及一个极低的气流速。由于在臭氧化气体中的臭氧量一般只有2%或更少,上面的要求便苛刻地限制了能被处理的被作用物的浓度。此外,当混和器在产生极微型的气泡运转时只能加入少量的臭氧。

在一个恒定的气流速运转时,这种混和器的除酚效率是随着水流速而增加,直到接近于前述的最佳情况;在更高的水流速时,则除酚效率又开始下降,说明存在的臭氧量是不够的(图4)。可以预料,氧的利用率最好(根据加入臭氧量和除酚量的比率测定)是发生在当溶液中含有比较高浓度的酚情况下;在试用静态混和器时也观察到有相似的结果。因此,声波混和器仅适合在处理需要臭氧量较低的溶液时作为臭氧分散器之用。

在为测定混和器溶解臭氧于无酚蒸馏水的能力而做的实验得到了极低的结果。所测得的最大溶解臭氧气量是0.42p.p.m,低到使人怀疑这个数字是不是真有代表性。这个实验中的臭氧化气的来源是韦尔斯巴赫T-408型臭氧发生器,以氧气为进气的,气流速是1.0—2.0升/分,水流速是2.4—4.0升/分。有可能是因为气流速和水流速的比例对于可能得到最好的气泡尺寸及臭氧的分散度来说是太高了一些。

声波混和器的比较宽大的孔减少了被阻塞的机会。在我们研究中所用的两种尺寸混和器在比例放大的关系方面似乎不成为一个因素。应当注意在实际使用中并不需要把尚需处理的全部溶液用泵经过混和器,而可以只用一部分的溶液来激动及维持那个混和器的作用而让其余的溶液在混和器的四周流过。

文氏管-注入器

研究中用的文氏管是有铸青铜的外壳,而在其中镶嵌有二个其中心有缩小孔的陶瓷塞。文氏管上接有一根0.75吋内径的玻璃管,以便观察气体分散的情况。从文氏管进口处到取样点的总长度约为2.7米。所使用的实验设备是和用于静态混和器的相似,只是在玻璃管中没有混和器零件以及臭氧是直接通入文氏管,而不是通过一根玻璃直管的。

由于文氏管在水流作用下能够把气体吸入于系统中,因此所用的臭氧发生器的出气压力可能接近于零,或者略微的加上一些正压。在这里讨论的实验中,气压是从1.0—8.0磅/吋²表压,而仅有小小的可觉察的影响,这还是把臭氧产量的变化考虑进去后的情况。

当与研究中观察所得的其它混和器比较时,文氏管的性能是很少受到那些参数,如气流速及水流速和压力等变化的影响(图3,4,5)。如上所述,臭氧利用率最高时是在溶液中有过剩的酚存在时,有时尽管在溶液中有过剩的酚存在,在排气中仍然存有未经反应的过剩臭氧。在使用图1所示设备的一些实验中表示出即使在“最佳”的实验情况时,在通过这个系统的臭氧中仍然有1—10%未经过反应。

尽管在有两三倍的过剩臭氧存在的情况下,但当原始酚水平为8—10毫克/升时,所得的最低的剩酚量仍可达0.65毫克/升,而大多数的剩酚量则为1—3毫克/升。

使用文氏管将臭氧溶解于蒸馏水时所能达到的最高水平约为3.8p.p.m,在这个实验中使用的臭氧发生器是T-816,工作在1.0磅/吋²表压及68.2p.p.m.的臭氧浓度。

文氏管提供了一个既省钱又简便的方法,把低剂量的臭氧分散于溶液中,需要加入大于

几个p.p.m.臭氧剂量,便须采用其他型式的混和设备。

塑料分散器

在进行的一些研究中,曾试用了一个塑料管型臭氧分散器,它与实际的臭氧处理装置中使用的多孔石、及不锈钢分散器是相似的。一个1吋×6吋有微孔的圆筒形塑料分散器水平地安装于6.5吋内直径的透明立柱中,离柱底约4吋。T-816臭氧发生器在运转时是以氧为进气而W-15则是以空气为进气的。逆流水流速的变化是0.9—2.25(加仑/分),它在14.0加仑的立柱中的接触时间相当于15.6—6.2分(图1)。

塑料分散器的除酚效率一般是很好的。当使用过剩的酚(~100毫克/升)时,加入臭氧毫克数与被除去酚毫克数的比率为1:1(图9)。在原始酚量水平较低时(~10毫克/升),尽管酚的水平可能降低到零,但臭氧的吸收量是较坏的。和其他调查过的混和设备比较,这种式样的气体混和设备所具有的较长久的接触时间是它的一个明显的优点。

微孔塑料的、多孔石的、以及多孔不锈钢的分散器能以比较低的费用及比较高的效率来传递臭氧,特别是采用连续的逆流方法。如果需要用静态桶而待处理的液量又相当大时,桶的投资可能很大。

二级出水进行消毒时可以很容易地用十分钟接触时间的塞头流动反应器来完成。这时臭氧是通过安装在接触室不同口上的7~15只一系列的多孔石扩散器而扩散入于水中的。

在一个连续的逆流实验中,臭氧及空气是以气泡形式向上穿过一个向下流的含酚溶液,显示出最大的质量传递是在靠近多孔扩散器之处。图10表示加入臭氧的25%是在200吋长立柱的20吋以内进入溶液。质量传递在略高于扩散器之处达到一个最低量,在这以后的质量传递是为气泡内臭氧向气泡表面的扩散所限制。

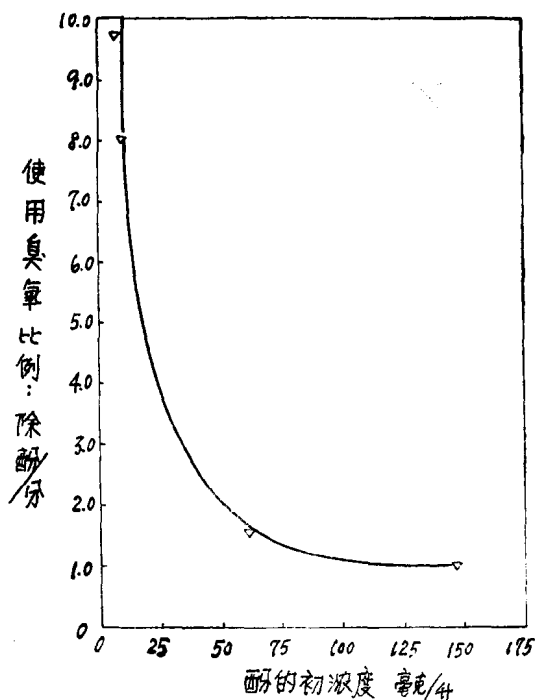


图 9

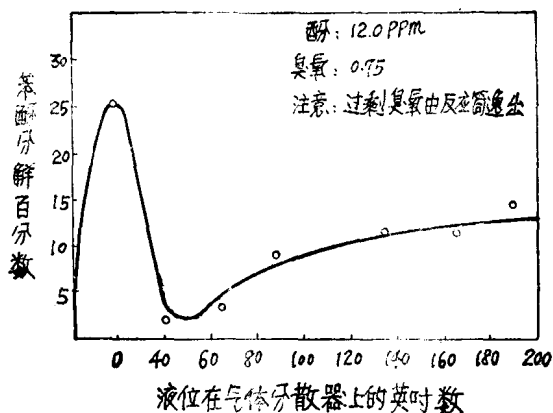


图 10