

船用臭氧发生器的 原理与应用

黄万敬 孟宪尧 编著



大连海事大学出版社

ISBN 978-7-5632-2166-0



9 787563 221660 >

定价：16.00元

船用臭氧发生器的原理与应用

黄万敬 孟宪尧 编著

大连海事大学出版社

© 黄万敬, 孟宪尧 2008

图书在版编目(CIP)数据

船用臭氧发生器的原理与应用 / 黄万敬, 孟宪尧编
著. —大连: 大连海事大学出版社, 2008. 12

ISBN 978-7-5632-2166-0

I. 船… II. ①黄…②孟… III. 船舶—臭氧—发
生器 IV. U664.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 198257 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连印刷三厂印装

大连海事大学出版社发行

2008 年 12 月第 1 版

2008 年 12 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 140 mm × 203 mm

印张: 8

字数: 196 千

印数: 1 ~ 500 册

责任编辑: 苏炳魁

版式设计: 诚 峰

封面设计: 晴 阳

责任校对: 冰 清

ISBN 978-7-5632-2166-0

定价: 16.00 元

前 言

目前,关于臭氧发生器和臭氧技术方面的资料不够丰富,船用臭氧发生器方面的资料更不够多。对于飞速发展的海运业、造船业,急需这方面的参考资料;教学、科研也需这方面的资料。为此我们编写了这本专著,以满足海运、造船领域的工程技术人员在教学、科研、生产方面的需要。本书是大连海事大学、大连市臭氧科研生产应用联合体和大连民乐高新技术开发公司,多年来在教学、科研、生产和应用方面的经验总结。希望本书的出版有助于臭氧技术的普及和应用。

本书为船用臭氧发生器的生产、应用和发展提出了更高的要求,并特别指出了氮氧化物属于致癌物质。对某些产生氮氧化物较多的臭氧发生器,不能用于食品保鲜和饮用水消毒,为此找到了臭氧发生器不产生氮氧化物的解决办法。在此我们对多年来支持我们工作的大连市科委、大连海事大学、大连市臭氧科研生产应用联合体表示感谢。对给予我们热情支持和帮助的国家科委和大连市的领导表示感谢,对热情支持和帮助我们的老一代科学家、教授和工程技术人员致以诚挚的谢意。

本人几十年来一直从事臭氧发生器的研制开发工作,开发的产品具有国内先进水平,广泛用于船上食品保鲜和饮用水消毒,其产品已应用到200多艘各种类型的舰船上。多年来一直有出版这方面专著的愿望。这次与孟宪尧教授合作,较全面系统地阐述了臭氧发生器的原理和应用情况,填补了国内这方面的空白。书中可能还有很多不完善和错误之处,敬请批评指正。

黄万敬

2008年5月

目 录

上篇 船用臭氧发生器的理论基础

1 气体	(3)
1.1 空气	(3)
1.2 氧	(5)
1.3 氮	(7)
1.4 稀有气体	(9)
1.5 其他	(18)
1.6 臭氧	(22)
2 物质的组成	(32)
2.1 原子和分子的组成	(32)
2.2 原子的能级	(34)
2.3 化学键	(35)
2.4 晶体	(37)
2.5 金属晶体	(39)
2.6 胶体	(42)
3 常用金属材料	(47)
3.1 金属材料常用术语和基本概念	(47)
3.2 钢材的生产方法和分类	(51)
3.3 中国钢号的表示方法	(53)
3.4 名词解释	(58)
4 常用有色金属	(70)
4.1 铝	(70)
4.2 铜	(71)

4.3	镍	(73)
4.4	铬	(76)
4.5	钨	(77)
4.6	钛	(79)
4.7	镁	(83)
4.8	汞	(86)
4.9	不锈钢	(87)
5	常用非金属材料	(90)
5.1	陶瓷	(90)
5.2	玻璃	(95)
5.3	石英玻璃	(97)
5.4	其他玻璃	(108)
5.5	绝缘材料	(110)
5.6	绝缘胶	(113)
5.7	涂料	(117)
6	气体放电	(120)
6.1	概述	(120)
6.2	热电子发射	(121)
6.3	场致发射和场致发射材料	(125)
6.4	气体的电离	(130)
6.5	弧光放电和火花放电	(132)
6.6	电晕放电	(133)
6.7	高频放电	(136)
6.8	沿面放电	(136)
6.9	气体放电的发光原理	(143)
6.10	辉光放电的理论分析	(147)

下篇 船用臭氧发生器

7 船用臭氧发生器	(155)
7.1 中国臭氧技术的发展概述	(155)
7.2 气体放电式臭氧发生器的理论分析	(157)
7.3 电解式臭氧发生器简介	(167)
7.4 负离子	(169)
7.5 紫外线	(173)
7.6 臭氧发生器的电源	(177)
7.7 氮氧化物问题	(189)
7.8 MOG-I 型船用臭氧负离子紫外线发生器	(191)
7.9 控制箱	(195)
7.10 常见故障诊断和处理	(202)
7.11 其他船用臭氧发生器简介	(206)
8 臭氧的检测	(216)
8.1 臭氧浓度的检测	(216)
8.2 OS-3 型臭氧浓度监测器	(224)
9 臭氧的应用	(227)
9.1 概述	(227)
9.2 臭氧的消毒作用	(228)
9.3 臭氧的脱色与除臭作用	(229)
9.4 臭氧对水中微生物的杀灭作用	(230)
9.5 臭氧化水在鱼贝储存和净化中的应用	(232)
9.6 臭氧对空气消毒的应用	(233)
10 船用臭氧发生器中氮氧化物处理方法的研究	(236)
10.1 概述	(236)
10.2 臭氧和氮氧化物产生的原理	(236)
10.3 船用臭氧发生器防止氮氧化物产生的方法	(238)

10.4 结果比较	(240)
参考文献	(243)

上篇 船用臭氧发生器的理论基础

1 气体

臭氧发生器是用空气或氧气来产生臭氧。为了保证臭氧发生器的臭氧发生量和所产生臭氧的质量,对空气中含有的稀有气体、二氧化碳、氢气、水等提出了种种要求,而且我们在制造臭氧发生管时,也要用到稀有气体,因此有必要对气体加以介绍。

1.1 空气

1.1.1 空气的组成

大气中的空气由氮、氧、氩、二氧化碳、氦、氖、氫、氙、氢、臭氧、水蒸气和沙尘等组成。对于干燥清洁的空气来说其组成是不变的,如表 1-1 所示。

表 1-1 清洁干燥空气的组成

名称和符号	体积百分比% v/v	质量百分比% m/m	名称和符号	体积 百分比% v/v	质量 百分比% m/m
氮 N ₂	78.03	75.06	氪 Kr	1.80×10^{-4}	3×10^{-4}
氧 O ₂	20.93	23.1	氙 Xe	0.08×10^{-4}	0.08×10^{-4}
氩 Ar	0.932	1.286	氢 H ₂	0.5×10^{-4}	0.5×10^{-4}
二氧化碳 CO ₂	0.03	0.046	臭氧 O ₃	$(0.01 \sim 0.02) \times 10^{-4}$	0.2×10^{-4}
氖 Ne	$(15 \sim 18) \times 10^{-4}$	12×10^{-4}	氡 Rn	6×10^{-13}	
氦 He	$(4.6 \sim 5.3) \times 10^{-4}$	0.7×10^{-4}			

由表 1-1 可知,空气的主要成分是氮、氧和氩。可近似地认为空气中含氮 79.1%,含氧 20.9%。这是把空气当成氮和氧的二元

系统。在精确计算时,把空气中含氮 78.1%、含氧 20.9% 和含氩 0.932%,称为氮、氧和氩三元系统。有时不考虑它们的化学性质把空气看成单一的化学物质,其分子量为 28.96,则空气的千克摩尔为 28.96 kg。

空气中的氦、氖、氩、氪、氙含量极少,在自然界中难以得到,称稀有气体。又因其化学性质稳定,不易和其他物质化合,又称惰性气体。还有其他少量的气体,因为地区不同、地理条件不同,因此水蒸气、二氧化碳、乙炔、氮氧化物、二氧化硫等气体的含量不同。空气中还含有泥沙、机械杂物或尘埃等。

1.1.2 空气的性质

在常温下,空气是无色、无味、透明的气体。在大气中因为有臭氧 O_3 的存在,所以呈蓝色。在一个大气压下空气的液化温度为 -191.35°C (81.8 K),汽化温度为 -194.35°C (78.8 K)。在一个大气压下,把空气冷却到 -213°C (60.15 K),空气就会变成固体。把气体转变为液体的温度称液化温度。液化温度与压力有关,压力减少,液化温度随之降低;反之,压力增加,液化温度增高。但是,对每一种气体来说都有一个温度,在大于这个温度时,无论在什么压力下都不能使这种气体液化,这个温度为这种气体的临界温度,其压力称临界压力。空气的临界温度是 -140.63°C (132.52 K),这就是说空气必须在低于 -140.63°C 时才能液化,分馏塔分离空气就根据这一原理把冷空气分离开。由表 1-1 可以得知空气的组成。氧的沸点为 -182.98°C (90.17 K),氮的沸点为 -195.80°C (77.35 K),两者沸点温度相差近 13°C 。氩的沸点是 -185.86°C (87.29 K),其沸点介于氧、氮沸点之间,低温液化精馏法就是用氧、氮的沸点不同把空气中的氧、氮分离开。氩和氧的沸点相差不到 3°C ,因此在精馏时将影响氧的纯度。空气是工业上制氧、制氮的原料,空气是取之不尽,用之不竭的廉价原料。

空气的用途很广,是动植物生长离不开的物质,是人类生存的必须物质。

1.2 氧

氧的化学符号为 O,在元素周期表中排第 8 位,原子量为 15.999, K 层有 2 个电子, L 层有 6 个电子,还少 2 个电子才能满足 8 个电子,因此化学性质活泼。氧和氧气是地球上最多的物质,氧元素约占地壳总重量的 48.6%。自然界的氧由三种稳定的同位素组成,其相对原子量分别为 16、17、18,所占的比例是 10 000: 4: 20。氧的同位素是稳定的,不容易分解。氧的化学性质是很活泼的,容易与其他物质化合生成氧化物。氧化物和氧的状态性质不一样。在大气中存在的氧气处于分子状态。

1.2.1 氧的物理性质

通常的温度和压力状态,一般指的是 20℃、一个大气压下,此时氧是无色、无味、透明的气体。在一个大气压力下,冷却到 -183℃ 变成液体,呈天蓝色,属于透明、易于流动的液体。当温度冷却到 -218.79℃ 时,液态氧就变成固态氧,呈蓝色固体结晶。在温度为 0℃、压力为 101.325 kPa 的条件下,1 标准立方米(1 m³)的氧气重 1.428 9 kg。在一个大气压力下,达到沸腾时,1 L 液态氧重 1.140 kg,转化成标准状态下的气体氧,体积将增加到 800 L。

氧能溶解于水,随温度的增加而减小,在水中氧气的含量为水体积的 4.7%,在标准状态下其溶解度为 5%;在 20℃ 时为 3%。氧溶于水的这一特性,给一切水生物提供了生存的机会,也给我们从水中取氧提供了依据。

氧具有顺磁性,氧分子在磁铁的作用下可带磁性,并可以被磁极吸引,磁氧分析仪就是根据这一原理来工作的,用于测量氧的

含量。

1.2.2 氧的分子结构

如图 1-1 所示氧原子的结构图,在 K 层有 2 个电子,L 层有 6 个电子,相互借用 2 个电子以满足 8 个,达到稳定状态。

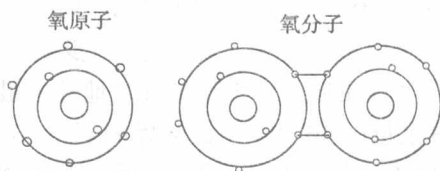


图 1-1 氧原子和氧分子的结构

1.2.3 氧的化学性质

氧的化学性质很活泼,很容易与其他物质化合生成氧化物,这就是氧化反应。氧的纯度越高,其反应就越激烈,在炼钢过程中就应用了这一原理。

氧具有助燃的性能,没有氧气就不会燃烧。氧气与可燃性气体按一定比例混合时容易发生爆炸。氧气与氢气接触就会发生爆炸,生成水,并放出大量热量。油类或油脂等与压缩氧接触时,温度达到燃点就会自燃。棉花、衣服等易燃物品点火就着。液态氧与可燃固体吸附剂混合,如炭黑等,制成液氧炸药。液态氧经过放电时可产生臭氧;氧气放电时生成臭氧。氧能够与某些元素生成过氧化物,如过氧化氢(H_2O_2)的生成。钠加氧生成过氧化钠,反应式为



过氧化钠加稀硫酸生成过氧化氢(双氧水),化学反应式为



臭氧和过氧化氢都是过氧化物,不稳定,容易放出原子氧,是

强氧化剂,仅次于氟。综合上述,氧是氧化剂,化学性质活泼,几乎能与各种元素化合,仅次于氟。

氧的用途广泛,已经应用到国民经济各部门,如冶金、化工、国防、环保、医疗卫生,等等。我们是用空气或氧气来产生臭氧。

1.2.4 氧的制造

制造氧归纳起来主要有以下几种方法:

(1)由液态空气分级蒸发来获得。工业上是把空气冷却压缩成液体,再根据空气中氮、氧、氩等的沸点不同,采用分级蒸发来获得氧、氮、氩。

(2)由水电解来获得氧和氢。

(3)加热某些热金属氧化物来获得氧。

(4)加热某些含氧的盐来获得氧。

(5)水加过氧化钠来获得氧。

(6)变压吸附法。

1.3 氮

1.3.1 氮气的物理性质

氮的化学符号为N,在元素周期表中排第7位,相对原子量为14.0067, K层有2个电子, L层有5个电子,表现出很大的惰性。在常温常压下,氮是无色、无味、无臭的气体,在标准状态下密度为 1.252 kg/m^3 ,比空气略轻。将氮气冷却到 -195.79°C 时,变成无色透明、易于流动的液体,它既不爆炸也无毒性。在一个标准大气压下,沸腾时1 L液氮重0.808 kg。1 L液氮全部汽化成标准状态下的气态氮,体积将扩大到650 L。继续冷却到 -210°C 时,液氮凝固成雪花状的固体。

1.3.2 氮气的化学性质

氮的原子和分子结构,如图 1-2 所示:

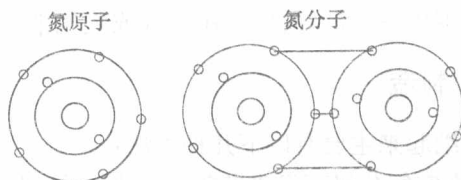


图 1-2 氮的原子和分子结构

氮原子 K 层有 2 个电子, L 层有 5 个电子, 相互借用 3 个电子才能满足 8 个, 达到稳定状态。

氮气为双原子分子, 由于组成气体分子的 2 个原子以 3 个键相联系, 结合得很坚固, 因此通常状态下氮气的化学性质不活泼, 表现出很大的惰性, 故可用作保护气体。氮在自然界中分布很广, 大部分是以有机化合物的状态存在。在空气中含量高达 78.03% (体积)。氮有相对原子量为 14 和 15 的 2 种稳定同位素, 它们的比值为 10 000 : 38。

1.3.3 氮的应用

氮气由于它的惰性及其在液态下的低温, 使其应用范围很广。氮气在化工、冶金、原子能、电子、玻璃及食品等工业部门被广泛应用, 有的要求氮的纯度在 99.99% 以上。液氮在科学研究、金属低温处理、食品冷冻冷藏、冷冻运输、冷冻医疗、保存生物等领域广泛地作为低温冷源。另外, 氮气在化学工业中既是生产化肥、合成氨的主要原料, 也是化纤生产中的重要保护气体。

在国防工业中, 液氮可作火箭燃料的压送剂。飞机缓冲器、动作筒等都需要充入一定压力的氮气, 用于减震、收放起落架、操纵转弯、刹车和应急系统等。随着航空技术的不断发展, 在航空仪