

氧气与富氧混合气的危害

大多数使用纯氧的人都知道处理这种材料的危险性和特殊预防措施。遗憾的是，较少人知道这些危险会延伸到氧的混合物。本产品安全说明回顾了如何区分各种氧气混合物，纯氧和氧气混合物的危害，以及如何安全处理这些产品。本安全规程集中讨论 23.5% 以上的氧气和纯氧的混合物，因为在操作上，它们应该以同样的预防措施和要求来对待。

富氧分级

在美国，法规将富氧混合物或大气球定义为体积含氧量超过 23.5% 的混合物。在富氧环境中，氧气的反应性大大增加了点火和起火的危险。在正常空气中可能不会燃烧的材料在富氧环境中可能会剧烈燃烧。通常被认为无害的火花可能会引起火灾。而在正常空气中燃烧的材料可能会以更热的火焰燃烧，并以更快的速度传播。

氧气混合物的分类、标签和所用阀门不同。与所有气体一样，产品识别的主要方法是标签。

氧气及其混合物的危害

教育人们了解与氧气有关的危险的挑战之一是他们对产品的陈见。当人们想到氧气时，通常会想到医疗应用。当人们生病或受伤时，医生、牙医、护士、医护人员和急救小组会给他们提供氧气。这些专业人员不会允许我们故意吸入有害的物质。这种观念会淡化或至少减少对氧气危害的尊重。但是，让我们从另一个角度来看待氧气。

氧气及其混合物以压缩气体包装。它们的压力最高可达 4500 psig(300 bar)。除压力外，氧化剂还带有其他危险。为了充分了解这些危险，我们必须首先了解一些用到的术语：

- 绝热：在这一过程中，系统没有从系统获得或损失热量。就本文件而言，它是指气态氧在系统快速加压中吸收的热量。
- 自燃温度：在有空气但没有火焰或火花点火的情况下，引燃或引起自我持续燃烧所需的最低温度。
- 燃烧范围：介于燃烧上限和下限之间的可燃气体或蒸汽的浓度范围，以体积百分比计算。
- 点燃链：从低点燃温度物质到高点燃温度物质的推动点火。
- 极限氧浓度。含有燃料的气体混合物中的最低氧气体积浓度（在给定的温度下），低于该浓度，火焰将不会传播。
- 燃烧下限：可燃物在空气中的最低体积百分浓度，低于此浓度，火焰无法传播。
- 燃烧上限：火焰可以传播的可燃物在空气中的最高体积百分浓度。

在富氧环境中，火的化学作用开始改变。材料变得更容易点燃，因为它们的燃烧范围开始扩大，其自燃温度开始下降。这包括氧化剂系统中使用的结构材料，如金属。这种反应性不仅随着氧气浓度的增加而继续增加，而且随着压力和/或温度的增加而增加。换句话说，在 2000 psig 下接触材料的氧气比在大气压下更有可能与材料发生反应。在系统中存在污染物的情况下，污染物可能会发生反应，并产生足够的热量来启动另一种材料的反应。这就是所谓的点燃链。当温度升高时，它可以降低启动反应所需的能量。

让我们来看看基本的燃烧三角形。三角形的三条边都必须存在，才能产生火--燃料、氧化剂和点火源。如果让人们说出一些可燃物，提到的材料肯定会有像木材、煤炭、石油和天然气这样的物质。但有人会提到铝、钢、不锈钢等材料吗？为什么我们可以用火柴点燃一块木头，但不能点燃钢棒？木头的燃点温度比钢棒的温度低得多，火柴的热量足以点燃。还记得我们说过的关于火的化学和氧气的问题吗--当氧气浓度增加时，自燃温度就会降低。因此，在正常空气中无法点燃的材料，在富氧环境中可能很容易燃烧。考虑到这一点，我们很容易看到，在氧化剂系统中，燃烧三角形的两条边已经存在，着火所需要的只剩下能量源了。

现在让我们考虑一下点火源。典型的点火源是火、明火、火花或香烟。但这是在正常空气的世界里，而不是富氧大气。请记住自燃温度的定义--在没有火焰或火花的情况下，点燃材料所需的最低温度。气体速度、摩擦、绝热或污染是否能提供点火源？可以。

以气体速度为例，能够引起点火的不是气体的流动，而是被气体推动并以足够的力量撞击系统而点燃的颗粒。所产生的热量可能足以引发火灾，这取决于被冲击的材料。组件故障或运行不良产生的摩擦会产生热量。两种材料之间的摩擦会产生细小的颗粒，这些颗粒可能会因产生的热量而点燃。

绝热有时与压缩热混为一谈。压缩热会导致系统的温度上升。一个例子是轮胎泵。当泵压缩空气时，筒体或压缩室会产生热量。这个过程发生得相对较慢，系统会吸收热量。绝热是由系统快速加压引起的，气体吸收能量，气体温度上升。这种加热发生在压缩点或气体流动停止的地方，如阀门或调节器座。根据热气体进入的使用材料，热量可能足以点燃材料。

所有这些能源都可以通过污染物的存在而得到加强。污染物通常比系统的组成部分更容易点燃。如果它们与氧气发生反应，它们可能会产生足够的热量，将反应传播到系统中。或者如图 1 中的管道，它们可能会发生强烈的反应，以至于破坏系统。

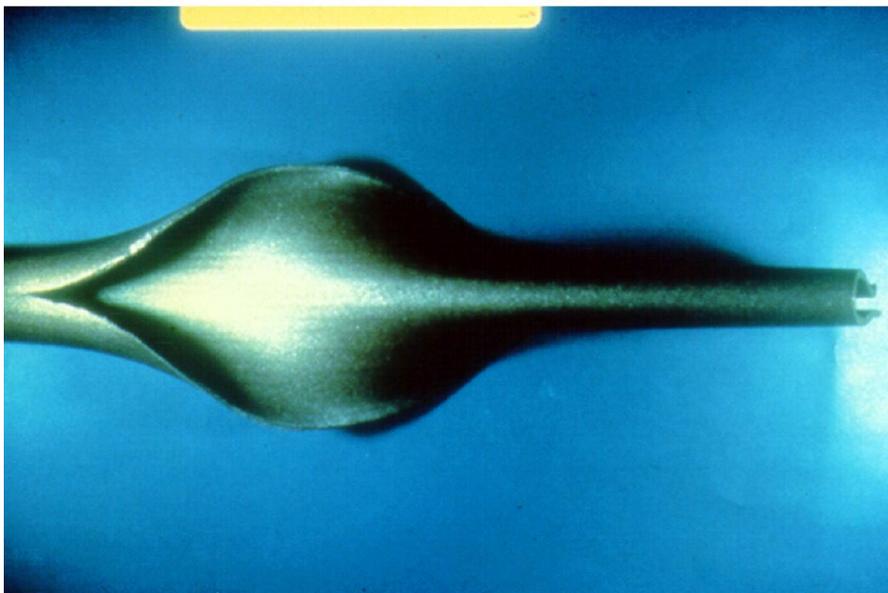
图 1 描述了一段氧气管道破裂的情况。以下是发生这种情况的原因。

某装置的氧气供应管线需要额外延长 150 英尺（45.7 米）。该管线经过溶剂清洗，但车间空气被用来干燥管线，而不是清洁、干燥的氮气。大多数车间空气都是用碳氢压缩机压缩的，而在这种情况下，压缩机没有清理系统来清除任何残留的油。当管道被吹扫时，管道内部覆盖了一层薄薄的碳氢油膜。管道投入使用后，运行顺利，直到当班结束时，下游端的一个阀门被关闭。氧气因此停止了流动，氧气在向阀座压缩时被加热。压缩提供了足够的能量与烃油发生反应，并发生了爆燃。如图 1 所示，压力波的速度之快，使其每隔 15 英尺

（4.57 米）就会发生一次管道破裂。这是一个很好的例子，说明在正常空气中燃烧的材料如何在氧气中发生反应。

在设计氧气使用系统时，记住非典型的火源是至关重要的。有些应用很容易被点燃。例如，用于阀门和调节器座椅的弹性体的点火能量比金属低。由于粒子撞击或绝热可直接作用于这些阀门和调节器，它们特别容易被点燃。

图 1



让我们来看看用于向客户提供氧气的碳钢管道。由于这些管线的直径大多较大，经济性和可用性使碳钢成为首选材料。在氧气系统中使用的碳钢是一种极好的燃料。事实上，在操作压力下，管道中含有的是易燃混合物。为了防止在这些管道中发生火灾，必须考虑点火源问题。由于这些管道在地下，外部火源通常不是问题。但是，碳钢容易生锈，会产生颗粒。如果颗粒在氧气流中被吸起，颗粒可能会冲撞系统部件。如果撞击产生足够的热量，它可能会提供点火能量的来源。氧气服务中的碳钢管道必须通过合理设计和操作以减少潜在的危险。通过遵循 CGA 小册子 G-4.4 中规定的气体速度限制来实现这一点。通过限制速度，降低了粒子的冲击能量，从而将点火的可能性降到最低。

上述例子表明，系统中的污染如何能提高反应的可能性。必须强调的是，系统不仅必须在最初建造时按照氧化剂系统要求进行清洁，而且必须保持清洁状态。碳氢化合物等材料的污染或可能以颗粒形式存在的污染物可引发系统火灾。

上述都是氧化剂系统中的潜在问题，但当氧气进入大气时会发生什么？如果作为正常工艺的一部分，氧气泄漏或逸入空气中，通风不足的情况下就可能发生空气的富氧化。如果周围的空气变得富氧化，同样会发生火灾化学变化。换句话说，材料变得更容易点燃，因为它们的自燃温度开始降低，可燃范围增加。请记住，通常不在空气中燃烧的物质可能会被点燃，而在空气中燃烧的材料会燃烧得更热、更快。大多数已知可能存在富氧的地方都贴有警告吸烟或明火的标志。真正的危险是，如果发生富氧化，人们在离开该区域时将此危险带在身上。

衣服可以吸附富含氧气的大气，并将其困在织物的无数孔隙中，并保持在其中。头发也会带来同样的问题。如果有人接触到富氧气氛，将其与任何火源隔离至少 30 分钟是极其重要的。让他/她呼吸新鲜空气，拍打他/她的衣服，用手指梳理他/她的头发。想一想衣服和头发在空气中是多么容易燃烧，然后试着想象它们在富氧环境中会如何燃烧。

图 2



图 3



图 2 显示的是一件普通的棉质工作服，里面塞满了纸和饱和的氧气。衬衫里面是一种简单的点火装置。点火结果如图 3 所示。个人一定要注意富氧的危害，因为氧气是人的感官无法检测的。它无色、无嗅、无味、无刺激性。同样，他们也必须意识到可能的富氧的位置。

如通风口、泄漏或通风系统故障。有时，工人可能会故意用氧气饱和了自身而没有意识到危险。想一想，有人可能会使用氧乙炔炬的氧气流来吹掉灰尘或给人体降温。

安全处置氧气及其混合物

重要的是，所有处理氧气及其混合物的人员都应了解其危险性，并接受使用适当程序和个人防护设备的培训。SDS 是危险数据的主要来源。所有处理材料的人员都应彻底熟悉安全技术说明书，包括其中的个人防护设备的建议。

如前所述，氧气混合物的分类、标签和阀门都是不同的。产品识别的主要方法是标签。具有氧化潜力的混合物除了绿色的不燃性气体菱形标志外，还会有黄色的氧化剂危险等级菱形标志。不要因为绿色不易燃标签的存在而降低氧化剂危险的警告。

所提供的阀门接口可以防止可能错误地连接不相容的材料，但不能依靠它们来识别混合物。如果混合物的标签和阀门连接不符合上述分类，在咨询供应商之前不要使用钢瓶。切勿使用适配器或改变连接方式以适应钢瓶与系统的连接。如果气瓶不易连接，不要强行连接，应将气瓶放在一边，贴上问题标签，并与供应商联系。

从操作的角度来看，必须确定可能富氧化的区域，并实施计划来解决这些潜在的危险。这些计划应考虑安全系统，包括但不限于培训、标识、监控和通风。在高预压（大于 450 psig/30 bar）下使用 5%及以上氧的混合物的系统使用氧气应进行清洁。大多数压缩空气系统都使用碳氢化合物润滑的压缩机。然而，这些压缩机的工作压力不会引起反应问题，而且清洗这些系统是不切实际的，因为它们会从压缩机油中自行污染。然而，对富氧浓度的结构材料和系统设计必须要有清洁之外的要求。

工厂系统的设计必须考虑到安全处理氧气所需的特殊因素。有几份文件可用于帮助设计安全处理氧气的系统和设备。这些文件包括但不限于压缩气体协会小册子 G-4.4 “气态氧传输和分配管道系统的工业实践”和 ASTM 国际标准 G 88 “供气系统的设计体系”。欧洲工业气体协会和国际标准组织也发表了相关文件，包括 IGC Doc 13/02/E，“氧气管道系统”。

设计和建造这些系统需要对氧气及其与所接触材料的反应有深入的了解。基本的设计考虑因素包括但不限于控制和避免不必要的高温和高压；清洁度；消除颗粒；最大限度地减少压缩热；避免摩擦和堵塞；最大限度地减少与直接流道的共振；使用在氧气服务中已被证明的硬件；通过材料选择和系统体积最大限度地减少可用的燃料和氧气；防止系统故障造成的间接氧气暴露；以及设计系统来管理火灾，使用诸如阻火器和自动灭火系统等技术。建造任何氧气系统的第一步应该是咨询您的供应商。

应急响应系统

T 800-523-9374 (美国大陆和波多黎各)

T +1-610-481-7711 (其他区域)

中国大陆: 0532-83889090

对于其它区域涉及空气化工产品公司产品事件的应急反应电话号码, 请参见当地 SDS 上的一周七天, 一天 24 小时服务电话以寻求帮助。

技术资讯中心

T 800-752-1597 (美国.)

T +1-610-481-8565 (其他区域)

周一 - 周五, 8:00 a. m. - 5:00 p. m.

传真 610-481-8690

gastech@airproducts.com

如需更多信息, 请联系:

总部

Air Products and Chemicals, Inc.

1940 Air Products Blvd.

Allentown, PA 18106-5500

T: 610-481-4911



tell me more
airproducts.com