

□ 站内搜索 □

请输入查询的字符串:

==> 综合查询 <==

jn 标题查询 jn 内容查询

查询

重写

行业动态

政策法规

救捞技术

学会活动

水下技术

海工技术

综合技术



学会文章

€ 自动滚屏 (右键暂停)

论潜水呼吸气体的气源——写在《潜水呼吸气体》新国标实施一周年之际

发布时间: 2004-9-19 9:37:06 被阅览数: 1854 次

上海交通大学海科院 马洪年 交通部上海打捞局 陈伯年

安全是潜水的第一要素,而潜水呼吸气体是保证潜水安全的关键因素。美国、英国、德国、日本和前苏联等发达国家都十分重视人员潜水活动中的呼吸气体问题,并各自研究了有关潜水呼吸气体的安全控制标准。我国于1986年实施GBn 256-85《潜水呼吸气体》国家标准,修订后的标准GB/T 18435-2001已于2002年4月1日起实施。该标准是在参照相关国际和国外先进标准前提下,根据国内外潜水科技发展现状,并充分考虑我国潜水工作实际情况和未来需求,在广泛调研的基础上修订的,具有科学性、先进性和可操作性。该标准中技术要求的首要部分是对潜水呼吸用各种气源的要求。气源包括压缩空气、氧气、氮气和氦气四种。涵盖了目前我国潜水作业中潜水员呼吸用的主要气源。

一、潜水呼吸用压缩空气

潜水时人体需呼吸与环境压力相等的压缩空气或高压人工混合气。压缩空气是潜水中应用最广泛的潜水呼吸用气。压缩空气一般通过空气压缩机直接取周围环境空气压缩产生,经除油、清洁过滤后可提供给潜水员呼吸。根据高要求,潜水员呼吸用压缩空气应使用无油压缩机制备。但在国内的实际潜水作业中往往难以做到。随着工业技术发展和大气污染日益加重,发达国家和我国少数地区已开始采用纯净气体配制压缩空气灌瓶出售,用于潜水呼吸。但就总体而言,目前我国基层潜水作业单位仍普遍使用有润滑油的普通空气压缩机。一方面,潜水作业中压缩空气使用量大面广,另一方面,基层单位自行生产压缩空气的现状容易导致质量失控。因此,压缩空气作为潜水呼吸气源的质量状况十分令人担忧,故国家标准将压缩空气列潜水呼吸用各种气源的首位。国外有关潜水呼吸气体的安全控制标准大多主要是针对潜水用压缩空气。而认真执行潜水呼吸气体国标中压缩空气气源要求对于我国潜水现状而言尤其必要。

国标对潜水呼吸用压缩空气气源质量提出了氧、二氧化碳、一氧化碳、水分、油雾与颗粒物和气味等六项指标要求(见表1)。保证适当的氧含量并控制二氧化碳含量在较低水平,是对呼吸气体最基本的要求,也是大气的天然特性所致。因为压缩空气的气源来自周围环境空气,因此,环境空气(主要指空气压缩机吸风口处的大气)的好坏直接影响压缩空气的质量。国标对氧和二氧化碳的指标取国外标准较高的要求。为了潜水员的职业安全和健康,除了氧和二氧化碳之外,标准还确定了一氧化碳、水分、油雾与颗粒物和气味等项指标。压缩空气中过多水分不仅造成高湿度影响潜水员作业能力,而且水分在管道中凝结核甚至冻结会阻碍通气。我国北方就曾发生水气在腰节阀处冻结而影响呼吸的事故。国外标准对于水分要求的差别很大,且分析方法很不一致。国标从医用氧气的水分测试采用露点法。油雾、颗粒物和气味等指标不仅影响呼吸的舒适度,而且油雾和颗粒物均为含碳物质,一旦潜水程序需要切换氧气时容易引发燃爆事故。此外,构成油雾、颗粒物和气味的化学物中有很多具有毒性。

一氧化碳是烃类等含碳燃料不完全燃烧的产物,作为窒息性毒物不仅阻碍血液输氧,而且影响细胞内呼吸。因此国标对一氧化碳的要求较严,取国外标准数值的下限。课题组对上海救捞局工程船队、上海市金梅打捞队、江苏省秦南打捞队、马沟打捞队和鞍湖打捞队的部分打捞船上空气压缩机产生的呼吸用压缩空

气进行采样分析，结果一氧化碳含量大部分在 2×10^{-6} V/V 以下，少数为 3×10^{-6} V/V，仅一个样品达到 7.5×10^{-6} V/V。因此认为，标准指标既有先进性，又符合我国国情。

表 1 潜水呼吸用压缩空气气源要求和有关国家标准比较

标准国家	GB/T 18435 我国	US Navy 美国	BSI 英国	DIN 德国	FS-1034 美国	JIS 日本
氧, 10^{-2} V/V	20-22	20-22	-	20-21	19-23	20-22
二氧化碳, 10^{-6} V/V	≤ 500	1000	500	800	1000	1000
一氧化碳, 10^{-6} V/V	≤ 10	20	10	30	10	20
水分	$\leq -43^\circ\text{C}$, (露点)	-	500 mg/ m ³	25 mg/m ³	20 mg/m ³	667.8 ppm
油雾与颗粒物, mg/m ³	≤ 5	5	1	-	5	-
气味	无异味	-	-	-	-	-

注：我国油雾与颗粒物的检测按照 GB/T 18435-2001 附录 A 的方法，其余各项按照 GBn 265 的方法。

通常大气中氧和二氧化碳的成分比较恒定，经压缩后氧的体积百分比不变，二氧化碳含量也完全能达到要求。大气中的一氧化碳主要来自汽车和工业污染，大气污染也可造成油雾与颗粒物以及气味等指标异常。为了保证压缩空气的质量，应注意调整压缩机吸风口的位置并在吸风口安装滤网或滤清器等措施，以确保吸取没有污染的空气进入压缩机吸风口。内燃机引擎排出的废气中含有较高浓度二氧化碳和一氧化碳。如使用内燃机作为压缩机动力时，应努力扩大内燃机引擎的排气口与压缩机吸风口之间的距离，来避免压缩机吸入内燃机引擎排出的废气。当压缩机与邻近机器一起运转时，还应注意避免吸入其它机器排出的烟雾。

二、压缩空气中的油雾与颗粒物指标

油雾是复杂的混合物，通常包括油烟雾和油蒸气。油烟雾中包含油的高温氧化产物，某些是微小的固体颗粒。压缩空气中的油雾主要来自压缩机润滑油。后者在压缩机运行时对活塞环起冷却、密封和减少表面摩擦等作用。润滑油主要来自原油的润滑油馏分为原料，通过脱沥青、脱蜡和精制等工艺，得到合格的润滑油基础油，再经过调合并加入各种添加剂后成为润滑油产品。合格的润滑油产品中原来润滑油馏分中的多环芳烃、胶质、沥青、蜡和硫、氮化合物等杂质已经去除，主要是饱和链烃、环烷烃和少量芳香烃。但为了改善性能，往往添加羧酸、酯类、动植物油以及抗氧化添加剂、极压添加剂等化合物。作为润滑油主要成分的饱和链烃和环烷烃的毒性低，较高浓度产生麻醉和窒息作用，并随碳原子数增加而烃的毒性增加。对于肺的刺激作用以 C5-C8 烷烃较强。润滑油中添加的羧酸、酯类、动植物油的毒性一般也较低。润滑油的主要毒性在于极少量存在的芳香烃和作为添加剂的化合物（如作为极压添加剂的金属化合物）。但因为其数量小，毒性影响一般不大。正常情况下，润滑油很少进入供呼吸的压缩空气，含量多在 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，对于潜水人员吸入不造成健康影响。然而，如果较长时间吸入被润滑油严重污染的压缩空气，可能产生神经系统和肺部的损害，长期吸入除神经系统影响，还可能造成肝、肾和血液的变化。调查发现油雾超标可能产生潜水员头昏、胸闷等症状。

鉴于油雾的成分复杂，对于油雾的微量精确测试比较困难。使用较多的一种是采用气相色谱方法测试总烃含量，它具有较高的灵敏度和测量精度。但由于不同烃类的毒性存在很大差异，因此，测试总烃含量并不能代表不同烃类的危害性。另一种是采用红外分光光度法直接测试油雾的含量。对于混合物测试而言，似乎后者更合理些。

国际标准 ISO 8573-2 : 1996 (E) 规定压缩空气油雾的分析方法采用波长范围从 3400cm^{-1} (即 2941nm) 至 2500cm^{-1} (即 4000nm) 的双光路型红外分光光度计，并使用光谱级的 TCTFE (1,2,2-三氯-1,1,2-三氟乙烷) 作为吸收和分析溶剂，能够获得较高的灵敏度和分析精度。我国原标准对于压缩空气中油雾的测试方法按照“GBn 265-1987 潜水员呼吸用气体成分的检验方法”的规定“采用 GB4830 — 84 《工业自动化仪表气源压力范围和质量》附录 A 第 4 条方法检验”。后者规定采用“分光光度法”测试。经标准修订课题组调查研究后证实，该法在理论上与实际上均无法实施。经查阅，国际公认的油雾测试方法采用用卤烃类溶液吸收油雾，其吸收光谱范围在波长 $2941 - 4000\text{nm}$ ，故应修改为红外分光光度法。

红外分光光度法测试油雾具有分析精度高的优势，但方法复杂，且对仪器设备和试剂的要求高，因此，要作为国标的检测方法在全国推广有一定困难。根据我国国情，希望采用一种简单易行、合理可靠的测试方法。其实，这也是其他国家潜水工作者共同的愿望。

日本在“JIS S 7306 スク - パ用压缩空气基准 (1989)”中采用的方法就颇为简单易行。该方法是“将气瓶阀轻轻地打开，让 1m³ 的呼吸用空气缓慢地通过棉花团或白纸，测定棉花团或白纸是否变色。”，只要“不染色”即符合标准规定。考虑到该方法虽然简单，但目测的主观性造成误差较大。美国联邦法规 FS-BB-A-1034B 规定采用滤膜称量法对呼吸用压缩空气中油雾与颗粒物进行测定。方法采用空气样本通过滤膜并测量该滤膜的重量增加，同时记录该滤膜出现可见的颜色变化。采样滤膜应在充气或通气时置于压缩机出口处。课题组采用此方法进行了多次实践，证明该方法简便易行，稳定可靠，适合国内推广。由于该方法中滤膜的重量增加除了吸收液体状油雾外也包括固体颗粒。所以，为了使标准更加确切，修订标准把压缩空气指标中“油雾”改为“油雾与颗粒物”，并将滤膜称量法列为标准的附录A《潜水呼吸用压缩空气中“油雾与颗粒物”的检测方法》（标准的附录）。课题组采用滤膜称量法对部分基层单位使用润滑油空气压缩机的潜水呼吸用压缩空气进行取样调查，其油雾与颗粒物的测试结果在 0.05-0.2 mg/m³ 之间，均达到较低水平。

关于油雾指标数值，国外标准差别很大，美国联邦和海军都是 5 mg/m³，英国为 1 mg/m³，德国和日本为零。考虑到发达国家使用无油压缩机的比例较大，英国和德国标准仅油雾，不包括颗粒物，而日本是目测为零，实际很粗，结合我国目前普遍采用的是润滑油空气压缩机的具体国情，新国标将压缩空气的“油雾与颗粒物”指标订为 5mg/m³。

三、潜水呼吸用氧气、氮气和氦气

当压缩空气不能提供合适的氧分压时，为了保障潜水作业安全，必须使用适当的中性气体（氮气或氦气）和氧气配制成在某一潜水深度上合适的混合气体，以保障潜水安全。氧气、氮气和氦气是三种常用的潜水呼吸气源，因为分离和制造过程要求高，通常由专门的工厂生产后装入专用钢瓶内储存，以供使用。潜水作业单位一般直接从市场购买这三种气源，用于配制潜水呼吸气体。因此，只要正确选择和购买合格的产品，就能够保证气源的质量。

1、氧气

新标准在参照国外标准的基础上，将原来采用《工业用气态氧》国家标准 I 类一级品的技术要求改为适用于呼吸和医疗的 GB 8982-1998《医用氧气》标准的技术要求，虽然纯氧浓度仍为 99.5%，但对一氧化碳、二氧化碳、气态酸性和碱性物质含量、臭氧及其它气态氧化物以及气味等项指标有了技术要求（见表 2）。

表 2 潜水呼吸用氧气气源要求和新老标准比较

项 目	GB/T 18435-2001	GBn 256-85
氧，10 ⁻² ，V/V	≥ 99.5	≥ 99.5
水分含量（露点），℃	≤ -43	≤ -43
二氧化碳含量	规定化学法无明显检出	
一氧化碳含量	规定化学法无检出	
气态酸性物质和碱性物质含量	规定化学法无明显检出	
臭氧及其他气态氧化物	规定化学法无检出	
气味	无异昧	

注：氧气的各项指标检测按照 GB 8982 的方法执行。 2、氮气

老标准采用的是《工业用气态氮》国家标准 I 类一级品的技术要求，仅对氮气纯度、氧含量和水分子作了规定。新标准改为 GB/T 8979-1996《纯氮》标准的技术要求，不仅增加了对一氧化碳、二氧化碳、氢和甲烷的技术指标，而且纯氮浓度也由原来的 99.5% 提高为 99.99%（见表 3）。这意味着气源中的杂质含量得到进一步控制，从而，潜水人员健康有了更可靠的保证。

表 3 潜水呼吸用氮气气源要求和新老标准比较

项目	GB/T 18435-2001	GBn 256-85
氮, 10 ⁻² V/V	≥ 99.99	≥ 99.5
氧, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 50	
氢, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 10	
一氧化碳, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 5	
二氧化碳, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 10	
甲烷, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 5	
水分, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 15	≤ -43 ℃ (露点)

注: 氮的各项指标检测按照 GB/T 8979 的方法执行。

3、氦气

对于氦气而言, 新老标准变动很小。标准根据我国氦气资源少、价格昂贵的国情, 并参照国外有关标准, 选用 GB 4844.2-1995 《纯氦》一等品 (纯氦含量 ≥ 99.993 %) 和 GB/T 4844.3-1995 《高纯氦》合格品 (纯氦含量 ≥ 99.999 %) 的技术要求, 并把这两种标准分别为甲类和乙类。在一般的氦氧常规深潜水中, 可以根据甲类的技术要求选用纯氦气源, 能够满足潜水呼吸气体的质量要求。但在饱和潜水时, 考虑到舱室环境气体某些成分可能不断浓缩, 从而使气源中某些污染成分在浓缩后对人体产生不良影响。因此, 应在保证饱和潜水舱室环境气体符合标准要求的“饱和潜水舱室环境气体主要污染成分的最大允许值”的前提下, 选择甲类或乙类的氦气作为气源。例如某氦氧饱和潜水实验, 开始采用甲类氦气气源时舱室环境的一氧化碳和甲烷实测屡屡超标, 于是改用乙类氦气气源, 结果达标。

表 4 潜水呼吸用氦气气源要求和新老标准比较

项目	GB/T 18435-2001	GBn 256-85
氮, 10 ⁻² V/V	≥ 99.993	≥ 99.99
氖, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 25	≤ 25
氢, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 5	≤ 5
氧 (氩), 10 ⁻⁶ V/V	≤ 5	≤ 5
甲类 氮, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 17	≤ 20
一氧化碳, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 1	≤ 1
二氧化碳, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 1	≤ 1
甲烷, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 1	≤ 1
水分, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 15	≤ 15
乙类 氮, 10 ⁻² V/V	≥ 99.999	≥ 99.999
氖, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 4	≤ 5
氢, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 1	≤ 1
氧 (氩), 10 ⁻⁶ V/V	≤ 1	≤ 1
乙类 氮, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 2	≤ 2
一氧化碳, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 0.5	≤ 0.5
二氧化碳, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 0.5	≤ 0.5
甲烷, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 0.5	≤ 0.5
水分, 10 ⁻⁶ V/V	≤ 3	≤ 3

注: 甲类为纯氦, 各项指标检测按照 GB 4844.2 的方法执行。乙类为高纯氦, 各项指标检测按照 GB/T 4844.3 的方法执行。

《潜水呼吸气体》GBn 256-85 已经实施 17 年之久, 而 GB/T 18435-2001 也已经实施一周年, 然而, 潜水呼吸气体的现状并不能令人乐观。除了科研单位以外, 至今在相当大的潜水企业中没有配备潜水呼吸气体测试设备, 也不开展定期检测工作, 更不要说那些遍布全国的小型潜水作业队。在实际潜水作业中人们对于潜水安全的理解往往局限在当时不死人就行。

所幸的是这些年来我国气体工业发展良好, 而且很多气体产品实行了新的标准, 与之相关的潜水呼吸用氧气、氮气和氦气的产品质量有了很大提高, 使潜水呼吸气体的质量能得到保证。因此, 目前最大的问题还是各潜水企业自产自用的压缩空气。这里包括三重含义, 首先, 是否采用合格的空气压缩机。且不说高档次的无油压缩机, 普通空气压缩机也必须符合潜水呼吸要求, 明显破损漏油的机器应该淘汰。其次, 是否



按照规程操作和维护压缩机。当使用新的压缩机时应该注意压缩机汽缸内不能留有先前处理时的材料，如某些已知对人有毒性的防腐剂。为了保证压缩机的良好性能，其操作和维护应严格按制造厂商的说明进行，特别要注意压缩机汽缸的冷却以及活塞环、干燥器、滤器和附件的状况。不能使用厂商指定品牌以外的润滑油。用于干燥、滤过或吸收气味的物质不应导致新的污染。干燥剂和净化剂应该按照潜水设备系统设计要求的间期定期更换和补充。其三，是否采取措施保证压缩空气的质量。切实注意压缩机取气口的位置，保持空气新鲜，并认真做到出口压缩空气的定期质量检测。一般要求每 6 个月和在压缩机大修后，应该采集由压缩机输出的压缩空气样本送检分析，其六项指标均应达到表 1 的要求。

参考文献

- 1、 GB/T 18435-2001 潜水呼吸气体，中国标准出版社（2002）
- 2、 INTERNATIONAL STANDARED ISO 8573-2:1996(E)
- 3、 U.S. Navy D iving Manual,Volume 1 (1993)
- 4、 BS 4001 Recommendations for the Care and Maintenance of Underwater Breathing Apparatus Part 1(1981)
- 5、 DIN 3188 Druckluft f ü r Atemger ? te (1984)
- 6、 Federal Specification BB-A-1034B,Compressed Air,Breathing,Grade B(1995)
- 7、 JIS S 7306 スク - バ用压缩空气基准 (1989)

上两条同类新闻：

- 饱和潜水生理学研究的新进展
- 地下输水管渠长距离潜水探查作业的医学保障

|  打印本页 |  关闭窗口

Copyright: China Salvage Association

版权所有：中国航海学会救助打捞专业委员会 网站设计维护：友情链接：

