

对潜水医学中几个问题的探讨

<http://www.firstlight.cn> 2006-01-12

国外潜水的最大深度为710m；1989年，我国氮氧模拟饱和潜水深度与时间为350m、72h。在海平面100m以下进行深潜水，与一般的潜水不同，要进行饱和潜水。本文对有关问题及其职业危害等进行探讨。

一、饱和潜水

随着人体所处环境气压的增加，气体在人体内的溶解量也相应增加，并与人体在高压环境中的停留时间相关；时间愈长，溶解量愈接近饱和。为了减少气体在体内各组织的溶解量，各国对各种深度的潜水都规定了适宜的工作时间与减压时间；潜水愈深，减压时间相应增加。深潜水时，潜水工作效率降低，即潜水工作效率=水下工作时间P（水下工作时间+减压时间），例如在水下45m处工作35min，减压时间70min，潜水工作效率为1/3；而在水下215m处工作25min，减压时间为30h，潜水工作效率为1/72。饱和潜水可解决此问题，方法是潜水员长时间地停留在接近工作气压的水下加压舱内，每天出舱到深水中工作若干小时，不经减压而直接回到水下加压舱内饮食、休息和睡眠；第2天进行同样的潜水工作等。这样，潜水员在高压环境中的时间虽然很长，但体内的各种气体的溶解量已达到饱和而不再增加。其优点是每天的工作时间很长，但只在潜水工作全部完成后进行一次较长时间的减压就可以了，因此，潜水工作效率明显增加。例如在水下100m深处工作，并在水下加压舱内停留22d，每天工作4h，共计工作88h，而最后的总减压时间也只要84h左右。

饱和潜水用于深潜水作业，目前采用氮氮氧三元混合气，氧的分压控制在2012~4014kPa，氮的密度为氮的1/7。但是，过高分压的氮也有问题，例如：在150~180m深的氮氧潜水实验中，当加压速度为30m/min时，潜水员会出现不同程度的肌肉动作不灵活、手臂震颤，有的潜水员还出现全身震颤。另外，过高分压的氮还会引起高压神经综合征（highPressure neurovroussyndrome, H/NS），潜水员出现头昏、智能减退、恶心、呕吐、意识模糊、易兴奋等。压力愈高，加压愈快，H/NS的发生愈早、愈严重，解决的方法是在吸入气体内加氮。氮分压偏高时，细胞膜膨胀，表面张力下降，阻抗降低，较多的钠、氯离子渗入细胞内，虽可引起氮麻醉，但是，由于氮与氧同时吸入，二者相互拮抗，钠、氯离子流恢复正常，因此，用含5%-10%氮的氮氮氧三元混合气并缓慢加压，到达一定的高气压后，停留一段时间，让潜水员有所适应，然后缓慢地再加压，并在各阶段稳压较长时间，潜水员就可以潜到更大深度的工作处而不发生H/NS。加氮的好处除了可以防止H/NS外，还可节省我国产量稀少而价格昂贵的氮，并且可以减轻由于氮引起的语音变化。

二、等压气体逆向扩散综合征（又名等压过饱和，isobaric gas counter diffusion syndrome, GCDS; isobaric super saturation）

在深度潜水作业中，为了避免发生氮麻醉、氧中毒和降低呼吸气体的阻力，不能用压缩空气，而必须用氮氮氧三元混合气作为吸入气。但是吸入气的总气压并未减低，在人体内仍然会发生气泡致病，对其发病机制的初步解释如下：

1.气体的扩散系数：与气体相对分子质量的平方根呈反比，因此，氮的扩散速度比氧快1165倍。

2.气体的溶解系数不同：常压下37摄氏度时，每毫升液体中溶解氮气0.0670ml（在油中）、0.0145ml（在水中），氧为0.0168ml（在油中）、0.0098ml（在水中），即氧分别为氮的4.0倍及115倍；因此，当氮由下向上扩散时，氮大量地溶解于上面的水层及油层中，并逐步达到饱和；氮的溶解系数小于氧，促进了气泡的形成。

3.气体通过皮层的扩散量-表层逆向扩散过饱和：吸入气体由氧转换为氮氧的实验中，例如在1313kPa，换吸氮氧后，肺及血流中氧的分压可降到0kPa，而氮的分压则升高到1292.8kPa（氧20.2kPa）。当这些血液流到皮下组织时，由于皮肤仍在接触1292.8kPa的氮，两种压差悬殊的气体就会通过皮肤界面，以相反的方向扩散，据报道，在101kPa37摄氏度的情况下，每小时通过人体1m²皮肤进出的气体量，氧可达40ml，而氮为25ml。据此推算，一个体表面积1.75m²的成人，在1313kPa时，每小时经皮肤扩散入体内的氧，要比经由皮肤扩散的氮多出300ml以上，从而使体内形成逆向扩散的过饱和而生成气泡。

4.体内各组织与血流之间的气体扩散量-深部逆向扩散过饱和：各种惰性气体在体内各组织与体液之间的扩散量是通过动脉血来进行的，例如接触和吸入高分压的氮氧相当时间后，体内各组织与血液中的含氮量可以达到很高水平，或者接近于饱和。如果突然改吸相当压力的氮氧，氮迅速由肺泡经动脉血进入各组织，而原来在组织中的氮的排出却较慢，因此，有一段时间各组织中的两个气体的分压累计量超过所处环境的总气压，从而形成过饱和而生成气泡；此外，氮还可能渗入由表层逆向扩散过饱和而来的气泡，使其进一步扩大。

5.惰性气体的超限饱和：由于氮与氧在油水界面上的溶解度和扩散速度并不相同等因素，可形成超限饱和。在最佳条件下，理论估计惰性气体在超饱和时的超额压力约为所处环境压力的26%，由此推断，环境压力为3777.4kPa时的超额压力为979.7kPa，因此，潜水后减压时惰性气体的超限饱和现象足以形成气泡。

6.各个气体分压的压差：等压气体逆向扩散，实际上等压只是指总气压，其中各个组成气体的分压有了显著的改变以后，才会产生过饱和而形成气泡，这一点已由猴的动物实验证实。据报道，猴在1616kPa下吸入氮氧半小时，先用氮氧减压到909kPa，然后分别吸入氮含量为80%、60%、40%的3种不同比例的氮氧或氮氮氧混合气，用同样的方案减压，并用多普勒超声气泡探测仪在心前区监测气泡音：吸入含氮量80%者未测到气泡音，吸入含氮量60%、40%者都测得气泡音，而以吸入含氮量40%者气泡音最多，症状、体征也更明显，实验猴也有死亡，据计算，在减压时，含氮量80%者的压差为364.5kPa，比值1.500；含氮量60%者压差为546.1kPa，比值2.001；含氮量40%者压差为727.9kPa，比值3.002，表明氮的压差大小与气泡的多少呈剂量-反应关系。

[存档文本](#)

[我要入编](#) | [本站介绍](#) | [网站地图](#) | [京ICP证030426号](#) | [公司介绍](#) | [联系方式](#) | [我要投稿](#)

北京雷速科技有限公司 版权所有 2003-2008 Email: leisun@firstlight.cn