

氢条件下的材料特性分析



储氢压力和温度对储氢量起着至关重要的作用。例

如，在 1m^3

体积中，气体形式的氢气在1bar下只能存储0.08kg，如果压力增加到700bar，它可以增加到42kg，如果温度降低到-255℃，则可以增加到73kg。

这些都是能源密集型的流程，因此企业正在努力提高这些流程的效率。在高压或低温下储存氢需要专用的储罐：压力容器或低温绝缘储罐。这可能带来了最具挑战性的技术问题和研究领域，以及考验材料在极端条件下的性能。

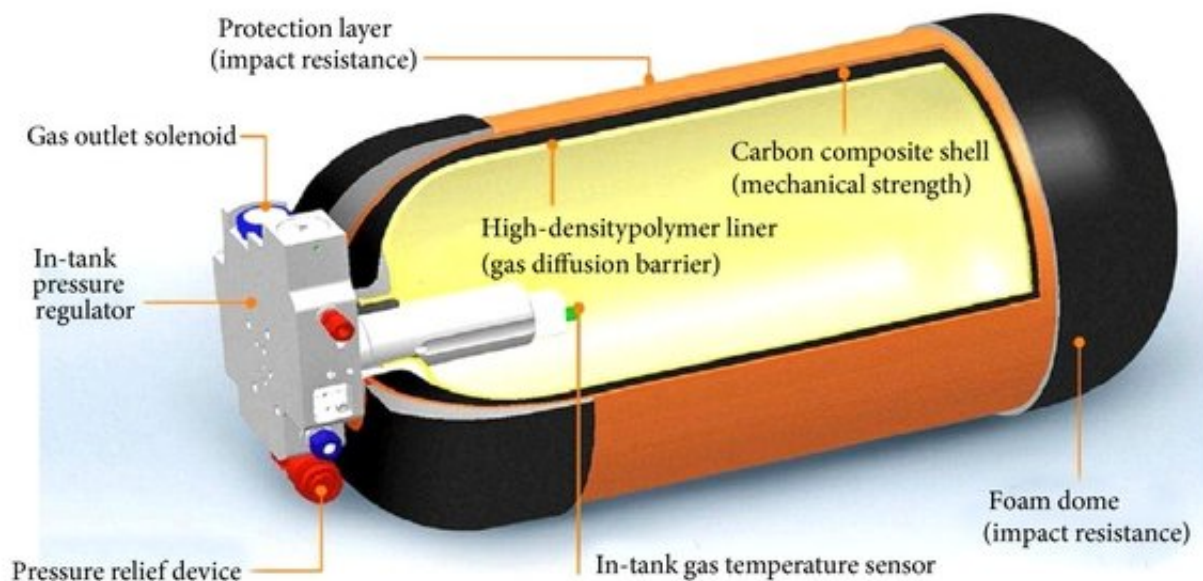
在高

压下，不

锈钢或复合材料通

常用作储罐材料。金属罐称为I型罐，

带聚合物衬里的全复合罐称为IV型储罐。V型罐是无衬里罐，这是复合氢罐生产商的圣杯。



一种IV型储罐的结构剖面

衬里的作用是作为气体屏障。然而，衬里也是造成各种结构完整性问题的原因。例如，在储罐减压过程中，衬里与增强复合材料层分离，或暴露在温度和压力循环中逐渐失去弹性。这些问题导致研究人员对无衬里罐的概念进行了研究，在这种概念中，罐壁既要充当气体屏障，又要履行其最初作为加固墙的任务。挑战在于氢分子通过罐壁的渗透。树脂中潜在的空隙、纤维与树脂之间的脱粘或层间的分层可能最终会形成一个网格面，这将增加直径为120皮米（1皮米= 10^{-12} 米）的氢分子的渗透。

在金属中，氢在材料中的扩散也是一个问题，但与复合材料相比，金属中氢分子渗透背后的物理原理是不同的。进入金属的氢的量受多种因素的影响，包括氢的浓度、表面条件、温度。金属中的氢会导致一定程度的金属延展性和韧性降低，增强裂纹扩展，晶粒内断裂。在金属表面，氢分子分解成氢原子。这些原子沿着晶界或在现有的裂缝中移动，并在空洞中积累，从而形成亚表面压力。这导致金属表面起泡，降低了金属的强度。此外，氢的穿透可能会导致破坏，导致金属应变降低，即氢脆。众所周知，低强度钢很容易起泡；另一方面，高强度钢则更容易发生氢脆。



船载液氢储罐（来自川崎重工）

液氢罐的材料选择同样具有挑战性，这也反映在市场上几乎找不到在售的液氢储罐。在低温条件下，金属失效的应变通常会降低，而屈服强度会增加。具有环形绝热空间的双壁低温罐是最常见的低温压力容器设计。通常不锈钢用于建造内罐，而低碳钢用于外罐。内罐的目的是容纳低温介质并适应汽化引起的压力增加，外罐的目的是封装绝缘环形空间并提供抗冲击性。

设计用于承受压力的球形或圆柱形罐称为C型罐。对于大型存储，类似于船舶中的货舱，B型棱柱形储罐更为适合。蒸发是指由于不可避免的热量泄漏到罐中而导致液态氢蒸发。为了减少蒸发量并限制罐内压力的增加，绝缘材料的选择必须做得非常好。如果压力积聚达到最大允许工作压力

(MAWP)，则储罐需

要排放积聚的气体，这是一个安全问题，

但同时也是一项经济损失。因此，绝缘材料的选择极为重要。最先进的是基于气凝胶的毯子或多层绝缘材料 (MLI)，两者都能够在真空条件下提供卓越的绝缘性能。



除了前面提到的渗透性问题之外，在低温条件下使用复合材料还存在与微裂纹相关的挑战。复合材料中的微裂纹通常是由于热循环而形成的，并且可能会发展成导致渗透增加和强度降低的通道。成分之间以及不同方向的热膨胀系数不匹配是形成微裂纹的原因。

下一个挑战是设计和制造重量轻、坚固耐用且可靠的航空低温储罐。自1960年代以来，太空应用一直依赖低温储罐，但由于重量、绝缘和额外安全问题等要求的差异，这些金属罐不适合商业航空。特别是对于长途商业航空，我们在清洁航空的道路上应该实现的第一个里程碑是低温复合罐的开发。薄层复合材料领域的最新进展显示出：可用于低温下的抗损伤复合材料是最有希望的解决方案之一。



关于作者

Bilim Atli-Veltin博士是TNO的高级科学家和代尔夫特理工大学的研究员。她拥有航空航天结构的学术背景，目前从事暴露于液氢运输和储存等极端条件下的材料结构领域。

[扫码关注视频号 了解氢储罐的制作流程](#)



扫描二维码，关注氢能视频号

（参考素材来自氢视点 全球氢能网、新能源网综合）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/170195.html>