

环保船舶乘风破浪

建造高性能船舶需要坚固的材料，而船舶制造业一般不会将不锈钢纳入考虑范围，但是这种情况正在发生变化。事实上，世界各地的政府和企业开始对一种新型、环保和低维护的船体产生兴趣，这种船体完全由高强度的含钼超级双相不锈钢和特超级双相不锈钢制成，却没有增加额外的成本。



© SSY

根据船舶尺寸和用途的不同，船舶建造最常用的材料是钢、铝或玻璃钢（FRP）。无论什么材料，船舶的维护成本通常都很高，因为船舶一直暴露于水和湿气中，几乎任何材料都会随着时间的推移而发生损坏。钢制船舶坚固耐用，但钢很重，需要腐蚀防护和大量的维护。铝虽然轻，但非常软，容易出现凹坑，有严重的疲劳开裂问题，腐蚀也是一个问题。碳纤维增强塑料非常轻，但价格昂贵，在碰到岩石时会断裂，甚至易发生火灾，使用寿命结束后也无法回收。因此，采用更好、更可持续解决方案的时机已经成熟。

对抗生物污损

船舶性能方面最重要的设计考量是船舶的重量和船体表面质量。减轻重量可以改善船舶的灵活性、最高速度和燃料消耗。而如果船体表面粗糙，则在水中阻力更大，会减慢船速并增加油耗。此外，藤壶、海藻和其他海洋生物很容易附着在浸入海水的船体表面，这个过程叫做“生物污损”，它使船表面粗糙且凹凸不平，给航行带来较大阻力。

为了最大程度地减少海洋生物的附着，通常水线以下的船体采用杀菌涂料处理。这些涂料不仅对目标生物有毒，而且对一般的水生生物也极具毒性。即使采用了杀菌涂料，也只是减缓而不能消除海洋生物的附着，仍必须由潜水员来清除生物的附着。商用船舶可能每个月都需要清理一次。由于防污涂料本身会随着时间的推移而失去效力，所以至少每隔几年就必须重新涂一次。涂漆期间船舶被拖出水面，无法运营。而现在，采用特种不锈钢建造的船舶给出了较好的解决方案。

更轻，更快，更坚固

SSY的企业家Hakan, Petra和Alistair Rosén，一直梦想建造一条更轻，更快，更坚固的全不锈钢船只，但要实现它并非一帆风顺。传统的不锈钢如304或316奥氏体不锈钢，在海水中的耐腐蚀性能不足；虽然韧性很好，但强度不足。当企业家发现超级双相不锈钢和特超级双相不锈钢显著优越的性能，特别是其高强度和优异耐腐蚀性的完美结合，开始萌生出打造不锈钢船的想法。如果采用比传统的碳钢材料强度高可达三倍的不锈

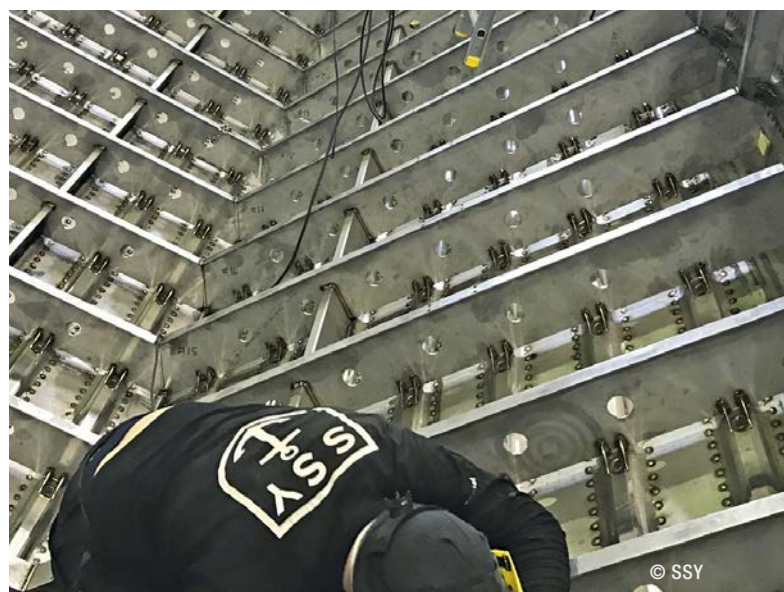
钢来造船，可以大大减薄船体的厚度，从而减轻整艘船的重量。但问题是，在通常的船舶设计中，薄薄的钢板无论强度多高，都容易在波浪载荷下发生弯曲。

为了解决这个问题，工程师们研究了一千多年前航海维京人的造船技术及其高效坚固和灵活的木制船体，灵感最终来源于此。对不锈钢采用类似的设计方法可以使船体结构既坚固又轻巧，船在水中可以毫不费力地滑行，非常省油，并且可以承受重大冲击而不产生裂缝或发生结构损坏。

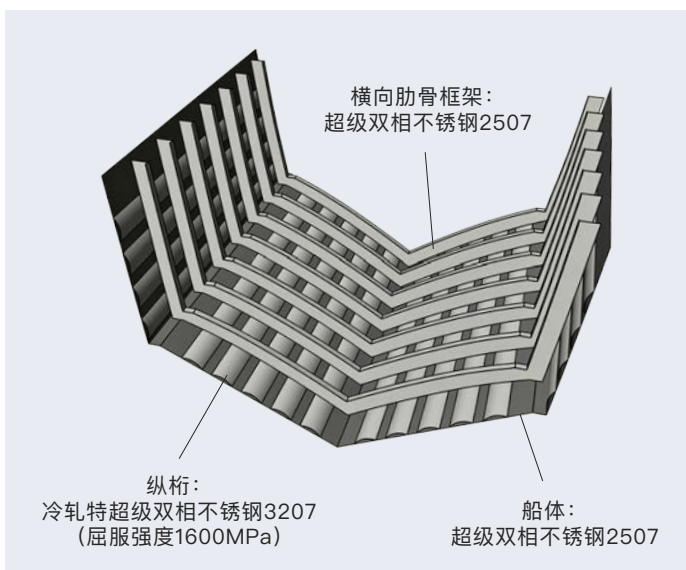
双相不锈钢的延展性和能量吸收特性赋予船体良好的防弹性能，确保其可吸收潜在的冲击而不发生破裂。因为船舶增强了防弹和防爆能力，军事和执法部门对此表现出兴趣。

耐海水腐蚀

船舶采用高级双相不锈钢的主要驱动因素是其重量轻，而另一个更大的优势是船无需任何保护性涂层即可抵抗海水的严重腐蚀。设计中使用的两种双相不锈钢合金，其钼含量都超过了316不锈钢中的2%。2507超级双相钢含有约4%的钼，3207特超级双相钢含有约3.5%的钼。



船舶内部结构的焊接



➤ 纵桁点焊到船体上，焊接到纵桁上的框架不与船体直接接触。纵桁的柔性使船能够吸收波浪的冲击力，防止船体弯曲。

这两种双相不锈钢有较高的钼含量，大大提高了不锈钢的耐腐蚀性能，使其非常适合长期用于海水这种氯离子含量很高的环境。这类不锈钢在海上油气勘探以及热带海洋环境中的液压系统和仪表领域已有成功的应用记录。

高效环保

高强度不锈钢也十分有助于提高了船舶的燃油效率。材料强度的提高意味着所需材料的重量大大少于传统的船舶。例如，长度为15–25米的高速不锈钢巡逻船需要厚度为2–3毫米的不锈钢板，这是传统船舶所用钢材厚度的1/3–1/5。总体而言，这些轻快的不锈钢船比类似的碳钢船重量减轻约50%。出人意料的是，它们也比铝制的船轻，甚至比通常认为最轻的材料——碳纤维增强塑料还要轻。

此外，船体的镜面抛光表面最大程度地减少了阻力和摩擦，同时改善燃油效率和减少排放，获得更快的速度和灵活性。而且，船舶的性能表现不会随时间推移而变差，因为船体十分光滑，任何降低船舶性能的海洋生物如藤壶都难以附着在船体表面，由此避免了每月由潜水员来清除生物污垢，也无需每5–7年重涂有毒的防污涂料，从而可节省大量的运营成本。

船舶不仅有直接的维护成本，在港口或干船坞上涂漆时也不产生任何收益。

由于超级双相不锈钢不发生腐蚀，因此也无需修理和更换。在使用寿命结束后，不锈钢可完全回收再利用。所有这些好处使船舶在整个生命周期内节省大量成本，更重要的是，可以显著减少排放并消除杀菌剂对海洋生物的影响。

克服焊接难题

焊接薄壁超级双相不锈钢和特超级双相不锈钢，得到坚固且耐腐蚀性能良好的焊缝，是船舶设计核心强度的一部分。SSY与不锈钢生产商、焊接供应商和工业气体公司合作，开发了专门的焊接技术。事实证明，这些焊缝的强度与不锈钢薄板和纵桁的强度相当，团队对结果的一致性和质量感到满意。得益于轻巧、优化的



➤ 造船厂的原型船不锈钢船体

设计和高效的焊接技术，这些不锈钢船的成本与传统的铝、钢或复合材料建造的船差不多。未来随着产量的增加，不锈钢船的价格甚至比传统材料的船更低。

更大更好的应用

第一艘10.8米的原型船Elvira于2014年首航。这一革命性的船舶设计方法标志着更快、更轻，更敏捷的船舶新时代的开始。第一艘船之后，又有两艘长度分别为7.5米和17.5米的原型船问世，并计划在不久的将来再建造六艘。这些船将在美国、欧洲和其他地方的展览和活动中展出。

该公司开发的耐用轻巧的船舶设计将使许多海洋船舶方面的应用受益，例如，利用太阳能和波浪能发电的静态浮船。第一艘采用超级双相不锈钢建造的波浪发电原型船目前正在测试，这是为瑞典一家电力公司打造的。计划最终将集中建造大约100个85米的巨

型海洋浮式结构物。如果采用超级双相不锈钢制造船体，则浮船在海洋中的使用寿命可长达50年以上而无需任何维护。

其他潜在的应用包括大型船舶，如长度超过100米的超级游艇和大型游艇，甚至集装箱船和邮轮。采用镜面抛光的含钼超级双相不锈钢来减少船舶的重量和阻力，可在很大程度上降低燃油消耗，进而减少污染。据估计，一艘集装箱船（六个足球场的长度）每年可产生多达5,000吨的硫，相当于五千万辆汽车的排放量。计算表明，双相不锈钢船体可以减少大约20%的燃料消耗和排放。

无论是建造巡逻船还是豪华邮轮，采用含钼超级双相不锈钢的好处都显而易见。轻量化的船体表面非常光滑，在保持其结构完整性和强度的同时，其燃油消耗比传统船舶低得多。同时，无需定期维护保养，也无需重新喷涂有毒的防污漆。由此大大节省了运营成本，也大大减少了对环境的影响。凭借这些优势，超级双相不锈钢在海洋船舶领域的应用前景不可限量。（Stratia）