**申购服务需求概况：**

钛/钢复合板是由钛板与钢板以层状方式组合而成的一类先进金属层状复合材料，兼具钛的优良耐腐蚀性能和钢的高强度、低成本的特点，在石化电力、盐化工、交通运输、海水淡化、海洋工程和日常生活等领域应用广泛。然而，钛合金、钢铁作为两种热物性差异大、热膨胀差异大、易于结合成脆性相的体系，利用传统爆炸复合方法较难获得较好的结合界面与强度。为了降低结合界面的脆性相问题，采用过渡层轧制是较好的解决途径。轧制形成的钛/过渡层/钢三者界面是影响复合板拉伸强度、抗冲击强度及耐腐蚀性能的主要因素。如何选择结合性能好的过渡层则是关键技术。

本次采购是围绕海底数据方舱重大任务，主要针对钛钢复合板轧制过程中过渡层材料选择及过渡层组织结构评价。开展不少于三种过渡层的钛钢复合板轧制工艺研究，并针对钛/过渡层、过渡层/钢界面组织结构演化开展多尺度组织结构表征及强度测试，构建过渡层种类-界面组织-力学性能之间的关联关系。

**购置的目的和用途：**

钛钢复合板轧制过程中，由于界面反应问题，导致脆性相多、结合强度差等问题，一直是阻碍钛钢复合板大规模、低成本工业化制造的主要技术问题。中间层，既在钛合金-钢铁材料之间添加一层其他金属，减少钛钢之间的固相反应，同时提高过渡层与钛、铁之间的扩散，起到增强复合的作用。过渡层的作用主要包括：（1）防止脆性相形成：钛与铁在界面上易形成脆性相，如TiFe、TiFe2等，这些脆性相会降低结合强度。通过在钛与钢之间插入适当的金属作为中间层，可以阻止钛、铁等元素的相互扩散，从而减少脆性相的生成。（2）提高结合强度：中间层可以提高钛钢复合板的结合强度。例如，使用IF钢作为中间层的轧制方法，通过特殊的轧制工艺，可以阻碍碳元素向钛侧扩散，并形成一层厚度适中的TiC层，从而提高结合强度，最终得到的钛钢复合板结合强度大于230MPa。（3）改善加工性能：中间层的使用可以改善复合板的加工性能。例如，采用薄铝作为中间层，通过冷轧粘合成功制备了钛/钢复合板，这种方法降低了冷轧粘合所需的最小轧制压下量，从而改善了钛/钢复合板的加工性能。（4）影响界面反应和组织演变：中间层材料的选择会影响复合管界面的反应产物和结合强度。例如，Fe中间层和Nb中间层对高强钛-钢复合管的界面剪切强度有不同的影响，Fe中间层在热处理过程中析出的M23C6及钛基材的再结晶过程，导致界面剪切强度显著下降；而Nb中间层则通过不同的断裂机制影响剪切强度。

高质量钛钢复合板由于既具备钢铁材料的高刚度、低成本，同时又具备钛合金的高防腐性能，是海工装备的优选材料，在民用方面具有较大的应用潜力。在石油化工领域，中石化乙二醇装置使用了大型钛/钢复合板塔器，直径3.2m，总高度51m。钛/钢复合板卧式、立式反应釜在钴镍硫化物精矿、红土镍矿和稀贵金属渣等资源的湿法加压酸浸项目中得到了广泛应用。由南京宝色股份公司承制的PTA氧化应器，容器壳体用材为Q345R+TA1，钛覆层厚度2-3mm，是当时全球最大的钛/钢复合承压设备。大板幅钛/钢复合板是核电设备中冷凝器管板的主要用材，且需求量很大，运用前景非常宽广。在海洋工程领域，日本开展了钛/钢复合板在浮式海洋构筑物的适用性研究，已实用或计划中的大型浮式海洋构筑物有机场、港湾物流基地、发电厂、原油和天然气体贮存基地、桥梁、废弃物和污水处理场等。日本在横须贺建造了一个超大型浮式海洋构筑物，在海水飞沫冲刷处使用了钛/钢复合板；日本跨海大桥也将钛/钢复合板应用到桥柱飞溅区。

本采购服务主要围绕海底数据方舱的建设问题，研发低成本高强度钛钢复合板。由于海底方舱体积大、结构复杂、且服役时间长等特点，对其结构材料有严格要求，传统的耐候钢无法满足长时、复杂海洋工况的场景要求。相比之下钛钢复合板具有更佳的应用潜力。

通过本服务，通过优化过渡层的成分与界面组织，突破钛钢复合板的结合问题，尤其是对薄钛板与宽厚钢铁材料之间的结合问题，不仅可以进一步降低制造成本，同时建立轧制工艺-组织结构-力学性能的关联关系也有助于构建钛钢复合板性能数据库。

**服务范围：**

针对实验室海底数据方舱建设需求，开展钛钢复合板的制备工艺研究，着重开展钛钢界面过渡层的选择与适配性研究；主要服务内容如下：

1. 开展Cu、Ni、Al等为过渡层的钛钢复合板轧制工艺研究，规范试样制备流程，通过优化轧制温度、压下量等参数，获得界面结合度好的复合板材料；
2. 开展三种过渡层材料界面组织结构表征，利用EDS分析过渡层内元素分布，尤其是互扩散层内的成分与物相结构之间的关联关系；利用EBSD分析界面处的晶粒尺寸演化规律；利用TEM开展界面纳观尺度的缺陷分析，尤其是纳米析出相、位错密度、曾错等特征结构的演化；开展基于同步辐射X射线的原位力学分析，验证钛钢两种异质金属的协调变形能力；
3. 开展界面组织的强度测试，包括利用纳米压痕验证界面结合强度随成分之间的变化趋势；利用拉伸、剪切等试验方法验证三种不同过渡层的抗拉强度测试，给出屈服强度、抗拉强度及延伸率的对比结果；
4. 基于轧制工艺-组织结构-力学性能匹配关系，提出适用于高质量大尺寸钛钢复合板轧制的过渡层选择建议。
5. 提交多种过渡层钛钢复合板轧制及界面组织表征报告。