

涂料专家参与海上风电场桩基础设计的五大理由

Power of Less



海上风电场是一项重大投资，其表面技术规格往往掩盖了隐性成本。本文将深入探讨，因为大量项目预算都系于桩基础结构本身。确保这一关键且高度暴露的构件得到妥善保护，不仅关乎耐久性，更直接影响项目的财务可行性。尽早引入涂料专家至关重要，以便制定最优防护策略，避免代价高昂的返工。从一开始就优先选择正确的涂料并明确最佳涂装工艺，可最大限度降低涂层失效风险，延长桩基础结构使用寿命，并保障长期运行效率。

海上风电场项目初期规划阶段存在一些未知因素。此时现场数据和风机负载信息可能仍然有限。桩基础结构设计师必须要注意到所有重要细节。精准预测防护措施的有效性，对于降低后续的维护成本有着至关重要的意义。

桩基础的防护涂层系统是一个经常被低估的方面。这一构件不仅经受海浪和天气条件的冲击，其多个组成部分还浸没于海水中，完全浸没，容易受到不同程度的腐蚀。

涂层保护不足的后果可能非常严重，因为在海上修复失效涂层的成本明显高于陆上修复。某些情况下，涂层修复的成本高达最初安装价格的20倍，可导致意料之外的财务压力和运营问题¹。

令人欣慰的是，有一些方法可以将因涂层配套模糊而导致的隐性成本降至最低。如果在过程初期便向拥有丰富涂料选择与项目优化（从设计到运营）经验和知识的专家进行咨询，那么许多费用都是可以避免的。

因此，若要问及为何应尽早让涂料专家参与有关设计环节，我们会给出五大令人信服的理由，确保您的桩基础设计具备盈利能力、耐久性和可持续性。

继续阅读，了解如何实现以下目标：

- 1.提高生产率和效率；
- 2.降低生命周期总成本；
- 3.扩大桩基础投资的资产价值；
- 4.最大程度减少维护需求；
- 5.提升可持续性。

¹ <https://www.twi-global.com/media-and-events/insights/better-coatings-can-substantially-reduce-the-cost-of-offshore-wind-energy>



盈利能力

1. 提高生产率和效率

若项目进度已经落后，为了弥补损失的时间，项目过程中最后一步，即油漆工作，很可能出现赶工的情况。然而，涂层工艺正是整个生产中常被忽视的一大关键因素。表面处理的质量、涂层厚度，尤其还有工艺技术水平，都是需要进行严格质量控制的变量。此外，固化时间和能否轻松施工，也会影响生产速度。

风电桩基础的制造与安装过程中出现的延误，可能造成严重的商业后果，更不用说风机安装后为修复因赶工而造成的涂层失效所产生的成本了。

当然，涂料供应商从一开始就能够助力为项目选择合适的涂料，从而避免进行不必要的产品测试。而海虹老人的涂料专家，还能够帮助您全方位改进项目规划。

海虹老人对固化时间、表面处理方面的需求有着深入的技术见解，可帮助项目经理制定切合实际的时间表。

海虹老人的涂料专家还可助力规划与车间团队的工作流程相匹配的施工流程，从而减少延误。

“

[...] 只有由受过培训的涂装检验员妥善进行质量控制，并从裸钢到完工的整个涂装作业过程进行妥善记录，才能够实现良好的保护。²

”

² <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/corrosion-protection/corr-white-papers/eurocorr-2011-corrosion-protection-of-offshore-wind-farm-structures-present-understanding-and-future-challenges.pdf>



盈利能力

2. 降低生命周期总成本

财务风险和项目可行性是海上风电项目主要的关注点。投资者需首要考虑可靠的成本预测并尽量减少意外开支。

每一项有关设计的决策，都会影响风机整个生命周期内的成本。优质涂料看似是一项成本较高的前期投资，却能够极大降低长期的运营与维护支出，最终可延长资产的正常运行时间。尽早指定恰当的涂料系统，并妥善进行施工，便可最大限度缩短停机时间、减少中期维修需求，且能够大量避免海上作业。尤其值得一提的是，最佳涂料系统可最大限度减少材料用量并减少浪费。

运营商从一开始就考虑采用最优的防护涂料系统，便可令项目更具财务可持续性，从而能够满足生命周期成本的预期。

要确定海上风电项目的盈利能力，是极为复杂的。因此，耐久性优化便尤为关键。利用最佳防腐措施减少计划外维护，对于避免昂贵的维修和延长海上风电桩基础的寿命而言至关重要。⁵

“

因防腐涂层过早失效而须在海上进行维修作业时，其成本[与在车间为该组件涂装的成本相比]可高出40到60倍。³

”

³ <https://www.windssystemsmag.com/technology-39/>

⁵ <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/corrosion-protection/corr-white-papers/corrosion-issues-and-monitoring-techniques-for-offshore-wind-turbine-foundations.pdf>

大型海上风电场招标 遭遇零投标

丹麦虽然国土面积小，但却拥有广阔的海岸线，早在1991年就打造了其首个海上风电场。

如今的丹麦政府仍致力于实现到2030年4风电装机容量达到14GW的宏伟目标。此举强化了该国自20世纪70年代以来在可再生能源领域享有的全球领先地位。

然而，即使在这样的宏伟愿景下，丹麦能源署的报告仍然显示，2024年丹麦三个大型海上风电场招标遭遇零投标。这一事实突显出妥善确保生命周期成本和此类投资案例的复杂性。



⁴ <https://maritime-executive.com/article/denmark-disappointed-as-it-receives-no-bids-in-new-offshore-wind-tender>

耐久性

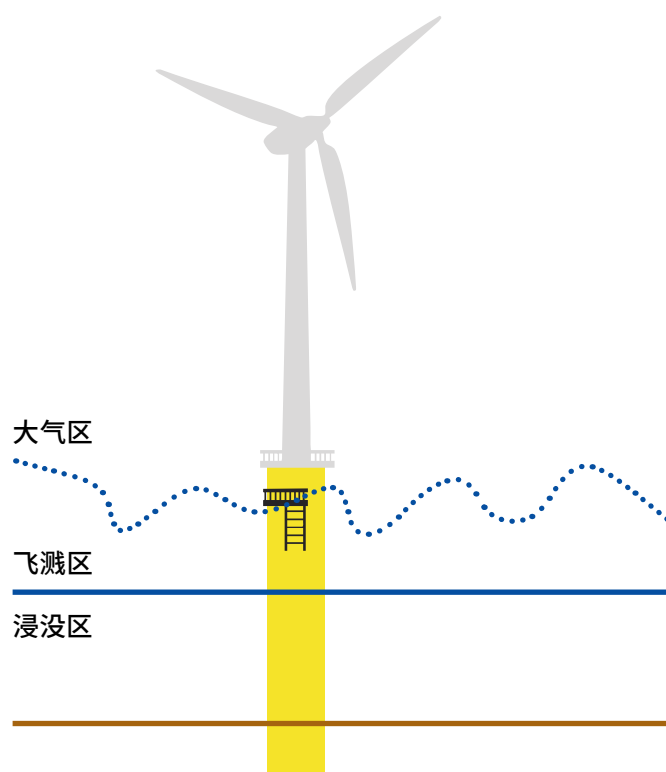
3. 扩大桩基础投资的资产价值

风电桩基础须承受数十年的海水、海浪冲击和动态载荷。涂层系统是其首道防线，若选择正确，便能够延长重要钢结构部件的使用寿命。

风电桩基础暴露于诸多不同条件之下，使得涂料的选择极为棘手。桩基础要接触多少氧气、盐或水分，取决于此部件所在的区域，是大气区（暴露于空气中）、飞溅区（同时暴露于水和空气中，因此腐蚀风险最为严峻），还是浸没区。以上不同条件都存在不同的腐蚀风险，选择涂料系统时需予以考虑。⁶

风电桩基础还不只暴露于此类外部条件之下。据桩基础的内部监测结果显示，风电桩基础即使设计为气密性，也并非封闭的隔层。

早期，桩基础的内部因相关假设通常不进行涂装，其表面则采用外加电流阴极保护（ICCP），通过阳极主动施加可控电流来抑制腐蚀。之后，人们普遍发现，桩基础的内部暴露于水和空气之中，导致内部也会发生腐蚀。因此，未来建设海上风电项目时，也应考虑对内部给予涂层保护。



⁶ <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/corrosion-protection/corr-white-papers/eurocorr-2011-inspection-and-monitoring-of-corrosion-inside-monopile-foundations-for-offshore-wind-turbines.pdf>

“

例如，（北欧）一个已建设5到10年的风电场对其36座桩基础的水位以上氧气水平进行了测量。这些桩基础中仅有3座（占比8%）可视为无氧且完全封闭，有25座（占比70%）桩基础可视为氧气含量高于15%。⁷

”

为确保风电桩基础能够抵御恶劣的海洋环境，您需要一位涂料专家来评估暴露区域、腐蚀风险和现场特定的内部涂层要求。有了适当的专业意见，便可最大限度提高耐久性、降低维护成本，由此长期保护您的投资，避免不必要的风险与费用。

投资于最优涂料技术可实现以下目标.....

耐腐蚀性：先进的防护屏障可抵御海水、高湿度与强风侵蚀，防止材料劣化

降低维修成本：恰当的涂料技术可预防损坏的发生，减少频繁维修和更换的需求，且能够减少停机时间和运营费用

提升可靠性：始终如一的保护意味着可减少意外失效，从而可制定更具可预测性的维护计划，提高能源生产的可靠性。⁸

⁷ <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/corrosion-protection/corr-white-papers/eurocorr-2011-inspection-and-monitoring-of-corrosion-inside-monopile-foundations-for-offshore-wind-turbines.pdf>

⁸ <https://forcetechnology.com/en/articles/new-developments-in-coatings-for-extended-lifetime-for-offshore-wind-structures>



耐久性

4. 最大程度减少维护需求

海上风机的维护既昂贵又复杂，需由特种船舶、熟练的海上技术人员在恶劣天气条件下进行作业。此类因素极大推高了相关费用，迫使早期设计阶段所采用的策略需能最大限度减少甚至消除维护需求，最终才能确保长期高效和成本节约。

除海上风机安装后维护成本高昂和难度极大之外，每次检测还会导致额外的风险。打开风机部件可导致其暴露于氧气、水气和海水之中，加速腐蚀与劣化。此外，反复进入风机，也会提升表面开裂的概率，随着时间的推移，可能损害结构完整性。¹⁰

“

在德国开展的损伤分析[...]显示，有缺陷的加工和/或不当施工导致涂料行业有43%至68%的防腐涂料过早失效。⁹

”



⁹ <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/corrosion-protection/corr-white-papers/eurocorr-2011--corrosion-protection-of-offshore-wind-farm-structures--present-understanding-and-future-challenges.pdf>

¹⁰ <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/corrosion-protection/corr-white-papers/eurocorr-2011--inspection-and-monitoring-of-corrosion-inside-monopile-foundations-for-offshore-wind-turbines.pdf>

创新型涂料解决方案 在中国减少维护需求

湛江市徐闻县海上风电场
300MW项目扩建，是2023年湛
江海上风电项目中单机容量最大
的项目。

客户要求极具竞争力的防腐涂料，不仅要具备卓越性能，还要具备可持续的特性，能够减少对环境的影响和人员的暴露风险。

可自作底漆环氧涂料老人牌超强环氧漆530为飞溅区和完全浸没区的海上风机提供长期保护，从而减少维护需求，延长资产耐久性，优化长期运营效率。





可持续性

5. 提升可持续性

可持续性投资海上风电项目的硬性要求。业主完全通过风能产生零排放能源，同时还须最大程度降低其项目的设计、建造和维护对环境的影响。海虹老人等知名涂料供应商正在开发减少二氧化碳排放并最大程度减少挥发性有机化合物暴露的涂料系统，以此促进可持续的防护。

这就突显出必须选用能够保护所有组件的可持续涂料。

此类涂料可提高耐腐蚀性，保护风电桩基础免受环境压力源的侵害，从而延长资产寿命，同时减少维护需求。成果如何呢？此类涂料减少了材料消耗，提高了材料效率，且大幅减少了浪费，助力风能项目满足可持续发展要求，同时又保持成本效益。

“

[...]以一台4.2MW的风机为例，其中约有50吨材料属于“非金属”范畴，例如涂料、复合材料（玻璃纤维、碳纤维和环氧树脂）、胶水、橡胶等。此类材料需通过专门的回收处理工艺予以处置。¹¹

”

¹¹ <https://www.vestas.com/en/media/blog/sustainability/Zero-waste-turbines-by-2040>

要点

如何选择最具可持续性的涂料供应商



挥发性有机化合物含量低，对环境的影响较小



符合健康、安全 and 环境 (HSE) 标准的低危害产品



优化油漆用量，最大限度减少浪费并提高效率



符合ISO和NORSOK等行业标准



凭借更具可持续性的生产与材料实现低碳足迹



提升工人的作业安全性，降低风险，防护措施更优



利用透明的可持续性数据支持负责任的采购

海虹老人可满足以上所有要求。我们的涂料系统符合行业、环境与健康标准，同时可确保我们的可持续性数据完全透明。



海虹老人的 可持续涂料承诺如下:



**VOC含量
降低50%
至90%**



**油漆用量
减少20%
至30%**



**碳足迹减
少25%至
40%**

海虹老人的Power of **Less**理念响应了行业需求,能够在环境影响极小且材料用量较少的前提下提供最佳保护。我们的创新型涂料,可减少所需的涂层道数,从而减少浪费和维护需求。



让我们为您的 海上桩基础设计赋能

如本文所述，设计具有最佳保护性能的风电桩基础极具挑战。降低平准化电力成本带来了经济压力，这一压力又进一步加大了桩基础设计过程中平衡成本效益、耐久性和可持续性的难度。但是，海虹老人可随时助您应对此类复杂问题。

我们与风电桩基础制造商和施工方密切合作，并由本地团队提供支持，各库存点也战略性靠近客户所在地。我们针对现场存在的防腐挑战提供广泛的专业意见，对于最大限度减少风机维护需求拥有丰富经验。因此，我们能够在配套中取得恰当的平衡，助力业主规避常见隐患。

海虹老人：值得信赖的合作伙伴，伴您乘风破浪前行

- 40余年丰富的风电行业经验
- 各类涂料系统的全球供应商
- 所开发的涂料耐久性长达25年以上
- 挥发性有机化合物和二氧化碳排放量低，可最大限度减少对环境的影响

深耕风电行业

自1980年起，海虹老人便深耕风电行业。多年来，我们携手创新型原始设备制造商，为整机开发涂料解决方案和施工工艺。我们本着Power of **Less**理念，助力全球客户最大限度减少材料用量、降低浪费，并减轻现场施工人员的工作量。

我们相信，只有通过携手合作，方能确保风能引领可再生能源开发与生产的赛道。