

海上风电基础密封

助力海上风电



知难而进 乐在其中



扫描二维码
了解更多信息



利用海上风能需要卓越的密封系统,这正是我们的专长所在!特瑞堡在全球范围内已经成功安装了超过4000个海上风电项目的密封系统。长期以来,我们以在聚合物工程设计领域的卓越专业技能而著称,致力于推出确保安全、推动可持续能源发展的解决方案。

以更优解决方案 应对当今挑战

风能如今越来越受推崇，这也让我们对更大规模且牢固的基础设施有了更多需求。在基建速度落后于创新速度的数字时代，当项目不容失败时，想要项目顺利推进并最终成功，企业更需要选择值得信赖的合作伙伴。

得益于数年来的专业技术与设计知识，特瑞堡航运与基建可提供经广泛认可且行业领先的海上风电基础密封解决方案。无论是首次开发设计，还是在以往基础之上继续创新，我们始终与承包商和分包商携手同心，致力于确保在规定时间内提供卓越的产品及服务支持。

我们始终脚踏实地开展本地业务，同时也具备广泛国际影响力、跨领域专业知识以及有助于提升高效的端到端解决方案的能力，可确保解决方案的完整性、可持续性与高效性，以助您未来数年的项目取得持续成功。

特瑞堡自2007年以来始终是开发海上风电基础密封的领导者。我们不断践行海上风电关键密封设计和制造方面的长期愿景，并在高质量发展的道路上永不止步。

我们携手全球开发商、设计师以及制造商，持续开发与测试创新型基础密封解决方案，以从容应对全新挑战。了解特瑞堡如何助力您实现绿色能源愿景。



扫描二维码，了解更多产品信息

将设计专知 应用于现实世界

特瑞堡在海上风电基础密封领域拥有超过15年的项目经验，始终处于行业领先地位。得益于这一优势，我们可助您实现充分利用海上风电供能的愿景。

我们与全球咨询公司、承包商和分包商紧密合作，致力于规划、设计并建设海上风电场。

特瑞堡专家团队可预测并设计定制化解决方案，高效匹配创新项目，始终是您最可信赖的合作伙伴。

我们的综合性方法能为客户提供最为先进的解决方案。我们的咨询服务涵盖由概念至实施的项目全周期。服务流程包括：提供精准计算、耐用材料以及持续支持。

海上风电行业的创新日新月异，而我们经验丰富的工程师团队可助您时刻紧跟技术发展的步伐。

我们提供的创新型定制设计，确保基础密封在项目全生命周期内始终发挥既定性能。

目录

海上风电基础密封

风能：优化全球能源结构	4
为稳固的基础设计解决方案	5
贯穿合作全过程	6
定制化的基础密封解决方案	8
更为智能的基础密封解决方案	9
先桩式导管架灌浆密封	10
后桩式导管架灌浆密封	12
单桩基础灌浆密封	14
非灌浆单桩裙边密封	16
单桩-过渡段法兰密封	17
单桩基础气密平台密封	19
其他单桩基础密封产品	21

风能：优化全球能源结构

越来越多的国家正利用风能生产清洁能源，而非依赖外汇储备。为确保海上风电场在恶劣气候条件下得以正常运行，配备坚固基础密封的需求也日益增加。然而，各地区的接受度与发展成熟度不尽相同。

欧洲

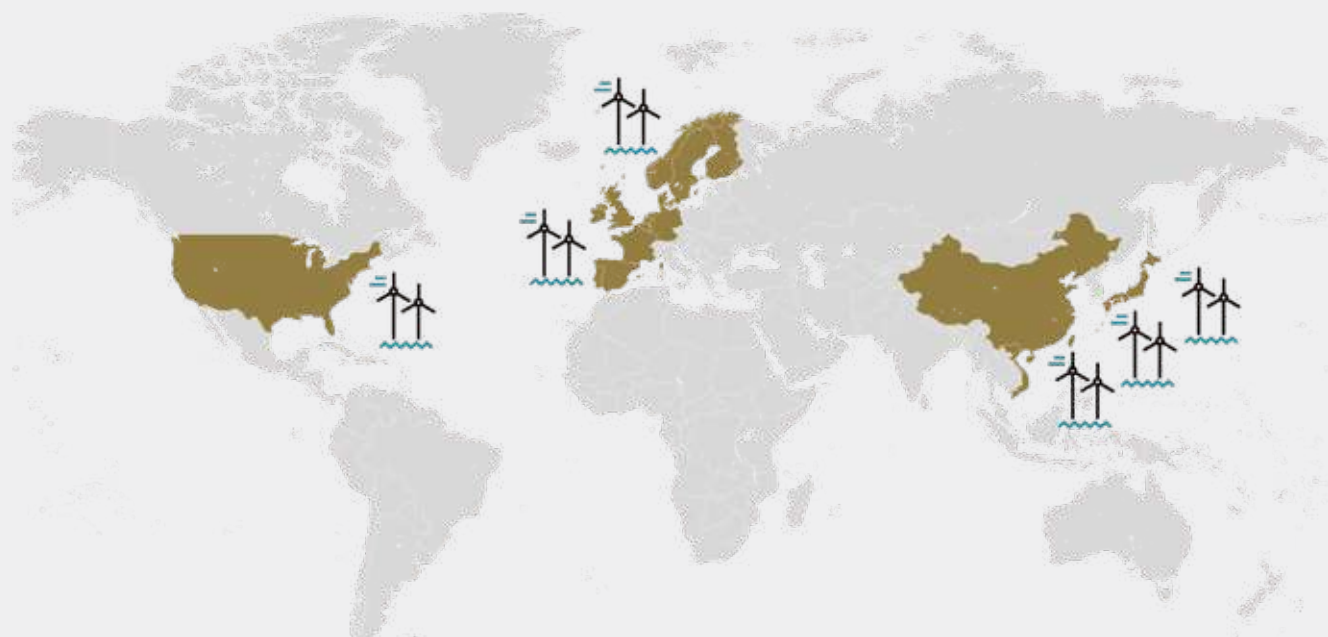
早在15年前，欧洲就已着手海上风电的开发工作，起步相对较早。此后，风机、基础和安装方法的不断创新使得平准化能源成本（LCOE）大幅降低。据欧盟绿色协议估计，风电场到2050年将在欧洲水域实现指数级扩增。

亚洲

亚洲地区近年来高速发展——中国尤为如此。中国已成功安装大量风机基础。由于可能存在台风、地震以及不利的土壤条件，该地区的风电场需承受比欧洲更为恶劣的气候条件。尽管如此，对亚洲的投资仍不断涌入，预计亚洲到2050年将超越欧洲，跃身成为全球风力发电的领头羊。

北美

尽管北美的海上风电场仍处于早期发展阶段，但美国的预计增长量也不容小觑。美国的首批大型风电场计划于2030年落成。这是构建供应链与推行《琼斯法案》的关键时期。预计将于2030年至2050年之间实现市场大部分增长。



为稳固的 基础设计解决方案

海上风电场需适应最为恶劣的环境条件，而构建稳固基础是确保海上风机顺利运行的一大关键。海上风电项目需要大量投入资金、精心规划项目以及合理配置人力资源，以确保设计的万无一失。特瑞堡高质量工程设计服务可提供无故障解决方案，并确保在基础全生命周期保持既定密封性能。

值得信赖的合作伙伴

15年来，我们始终致力于开发业内最好的设计与材料，以帮助基础应对各种严酷条件。因此，相较于全球其他公司，我们设计和供应基础密封的经验更丰富且更值得信赖。

经检验合格的高质量材料

凭借卓越的复合材料，我们可提供定制化海上风电基础设计，从而确保基础在最极端条件下也能经久耐用，同时还能将维护工作降至最低限度。

为确保基础密封适用于每一个项目，我们开展严格的测试程序，并且成功获得第三方权威认证。

以优质产品设计实现工程的可持续发展

特瑞堡的产品设计以可持续发展为驱动力。我们的可持续发展目标致力于研究、产品开发与创新，完美契合联合国可持续发展目标第9条的关键要素：工业、创新和基础设施以及第11条：可持续城市与社区。

这些目标的实现离不开更智能化产品的支持，以确保基础能够经受反复无常的气候变化。凭借优质产品设计，我们可创造既可持续发展又能增强抗灾能力的基础密封。



贯穿合作全过程

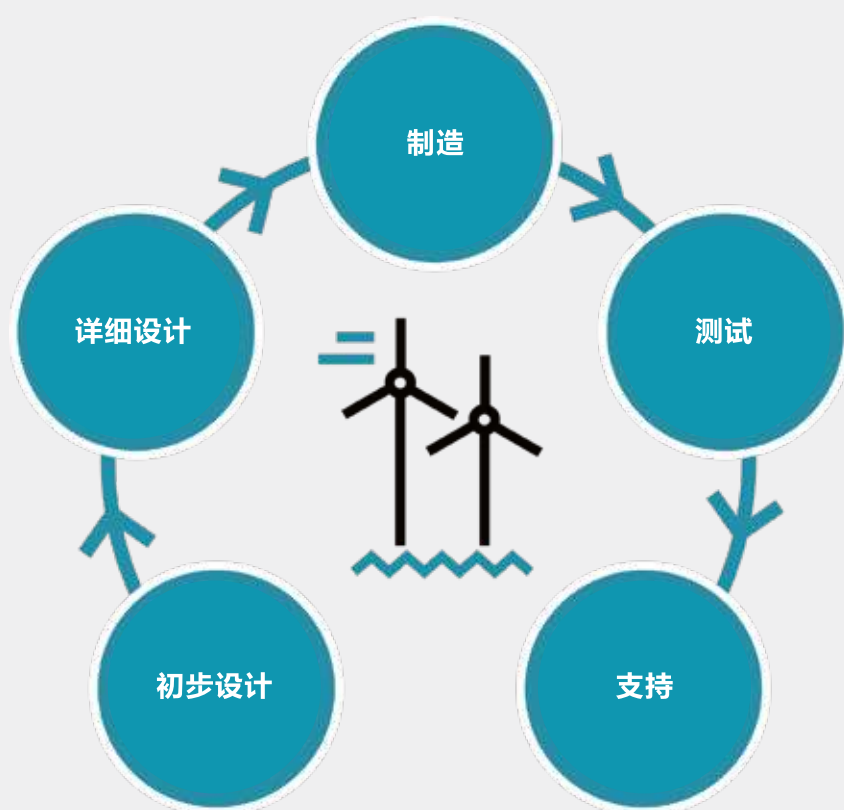
风机功率的提升大幅降低了LCOE，并有效提升了运行效率。而风机的规模也在持续高速拓展。此类额定功率较高的风机可有效减少基础及安装量，从而进一步降低LCOE。但风机体积越来越大、重量越来越重也表明基础的设计条件越来越具有挑战性。

从设计概念到生产和安装，我们可提供端到端的专业化工程解决方案，为项目全生命周期保驾护航。

咨询方法

为确保设计最为合适且可靠的基础密封，我们在项目初期就与设计顾问、承包商与分包商紧密合作。

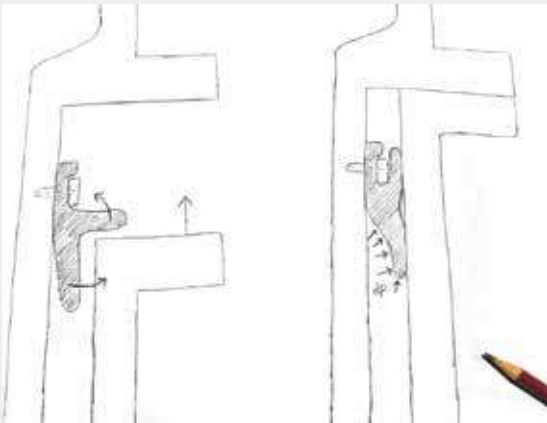
我们深入参与项目全生命周期管理，以全面了解结构情况及其在自然环境中的性能表现。我们与设计顾问、承包商以及分包商紧密合作，利用自身的行业专知为客户提供量身定制的设计方案，打造满足项目需求的最佳设计方案。



精益求精

我们在全球各地参与海上风电基础设施项目，因而熟知各地区的不同要求。为满足各地区需求，我们将本地团队纳入全球网络，为当地提供客户所需的支持。

我们致力于简化设计、计划安排与归档流程，以保持全程密切合作。如此一来，我们可制定周全的生产计划，妥善协调并准时交付相关产品。



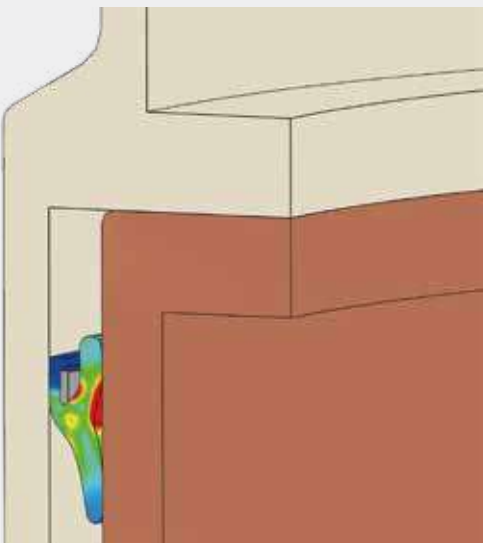
初步设计

经与客户沟通并明确了项目要求与潜在挑战后，我们将凭借丰富的行业经验制定概念性解决方案。

初步设计方案包括验证产品性能的测试程序。

详细设计

为确保基础密封符合项目规格，我们将在明确项目细节之后转入具体设计阶段。有限元分析（FEA）用于确保产品在最极端条件下发挥既定功能。随后，我们将向客户提供一整套技术报告。



定制化的 基础密封解决方案

由于风机大小、水深、海床与气候条件各有不同，海上风电场对基础的类型需求也不尽相同。主要的固定基础类型包括先桩式导管架、后桩式导管架与单桩。

鉴于每个项目各有特点，我们将凭借创新型工程专业知识，同时根据您的固定基础要求，为您提供设计精确的解决方案，以确保项目取得成功。

固定基础类型

先桩式导管架

先桩式导管架基础通常用于深水及恶劣条件下的风力发电机。可利用导向架在海底打桩，该导向架能准确确定桩位，从而提升安装效率。打桩工作一经完成，需将下部结构置于打好的桩上或桩内，并进行灌浆固定。

后桩式导管架

后桩式导管架基础已广泛应用于石油与天然气行业的海上平台。在海上风电领域，后桩式导管架基础通常用于重载或位于深水的海上升压站。

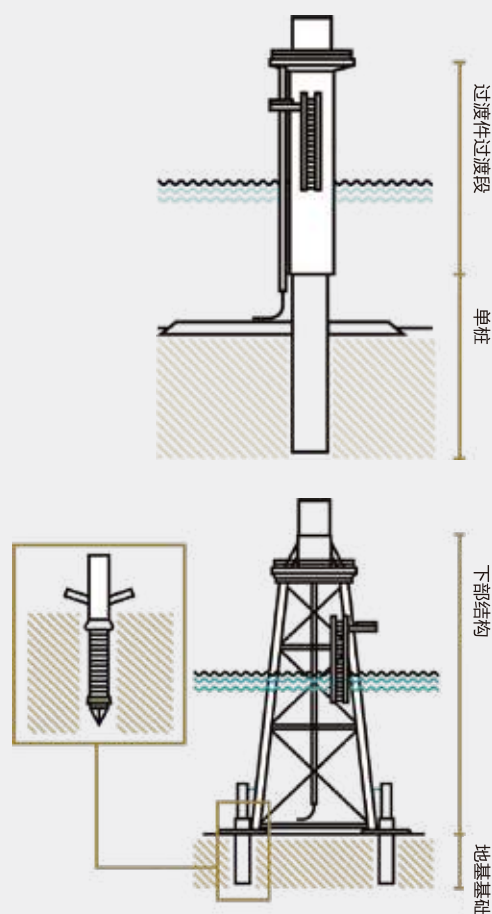
由于各风电场仅需一至两个基础，加之导向架成本较高，因而先桩式导管架基础形式效率并不高。有鉴于此，首先需将导管架下部结构置于海床之上，而后在支腿上打入钢管桩，并进行灌浆固定。

单桩

事实证明，单桩基础是迄今为止最具成本效益的基础类型。先将单桩打入海床，然后安装过渡段。连接方式包括灌浆连接与非灌浆连接两种，即单桩与过渡段通过法兰用螺栓连接在一起。

灌浆连接始终是业内的标准方法。采用剪力键或锥形结构可确保连接强度。

非灌浆螺栓连接在后期阶段引入，目的在于优化设计，但也具有一定的局限性，在螺栓的防腐保护方面尤为如此。迄今为止，业内尚未推出标准设计，其连接类型的选择主要取决于项目技术规格。



更为智能的 基础密封解决方案

海上风电场在恶劣条件下也可正常运行。鉴于涉及大量投资、计划紧凑及较多劳动力，设计或材料方面的失误会延误项目的交付，甚至导致项目终止，因此应力求杜绝此类失误。

更大功率风机与叶片能产生更为高效的风能，但同时也要求基础达到更高级的创新水平。为确保领先地位，您必须了解当前面临的挑战，并携手具备专业知识的合作伙伴，共同设计符合您新要求的定制化密封。

十多年来，我们的工程师始终致力于为产品开发并测试最佳设计与材料。携手特瑞堡，成功有保障。

规避风险：经久耐用

- | 全尺寸工厂验收测试有助于验证设计，同时确保海上性能
- | 在最恶劣条件下完成测试（包括最小间隙与最大间隙），其安全系数达到1.5倍
- | 所用材料的设计寿命均超过30年

定制化解决方案应用广泛、值得信赖

- | 1946个先桩式导管架灌浆密封
- | 159个后桩式导管架灌浆密封
- | 911个单桩气密平台密封
- | 2781个单桩灌浆密封
- | 450个非灌浆单桩裙边密封
- | 15年来，始终活跃于海上风电基础设施领域
- | 自2007年以来，已提供129个法兰密封
- | 自2007年以来，已提供3600个基础密封



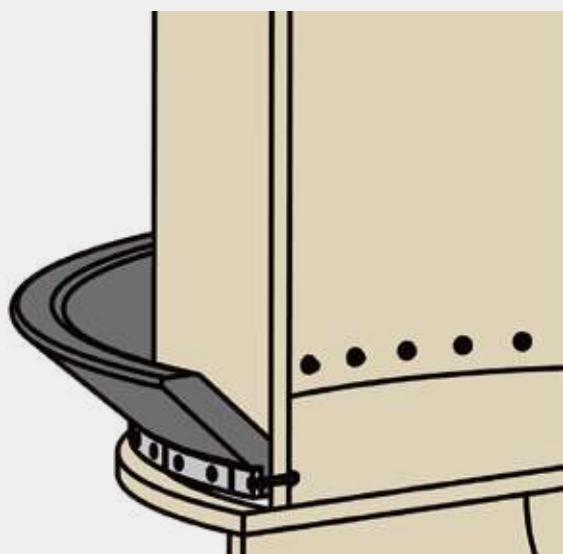
先桩式 导管架灌浆密封

特瑞堡的灌浆密封可用于先桩式导管架，可在海上安装过程中防止灌浆溢出和海水污染。该密封可在基础的整个使用寿命期限内充分发挥灌浆柱的性能。

北海的许多先桩式导管架基础均在未灌浆密封之时成功安装。良好的土壤条件（如海床上的沙子），可防止灌浆材料出现严重渗漏。然而，鉴于其他地区的环境条件更为苛刻，因而需采取更为妥善的方法。

在海底泥泞以及台风和地震等恶劣条件下，灌浆密封可确保灌浆连接的整体强度。灌浆密封可防止泥浆与灌浆料混合，从而充分利用灌浆料的性能。

灌浆密封可安装在导管架插尖上或导管架靴腿内，具体安装位置取决于其自身的结构情况。先桩式导管架具备几个相连的支腿，通常会在灌浆密封上造成较大间隙。



主要特点

- | 充分利用灌浆连接的性能
- | 自激活密封装置,无需海上作业
- | 防止灌浆溢出，避免浪费与污染
- | 吸收桩与靴腿之间的安装与制造公差
- | 无需维护
- | 使用寿命逾30年



产品类型与设计原理

工作原理

灌浆密封以闭环形式提供，在制造厂中利用压板与螺栓完成安装。在海上安装过程中使用导向板或导向块保护密封。然后将灌浆液注入空腔，当唇缘压在靴腿壁上时，密封即可激活。

柔性密封可吸收制造与安装公差，支持上下滑动，甚至可在剪力键上安全滑动。

灌浆一经固化，灌浆密封可保护灌浆柱在风电基础的使用寿命内不被冲走。

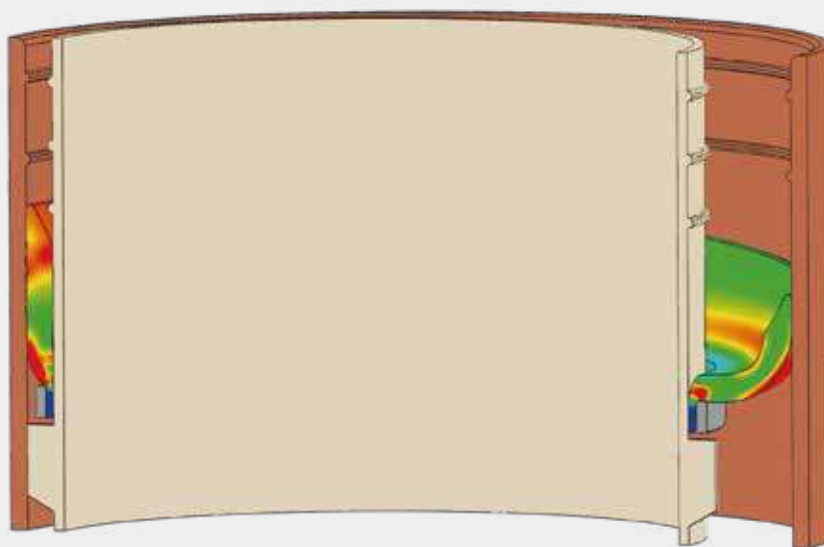
橡胶灌浆密封

橡胶灌浆密封适用于大多数先桩式导管架基础。需考虑的关键设计参数包括：最小和最大间隙以及灌浆压力。

加强型橡胶灌浆密封

加强型橡胶灌浆密封可满足最为苛刻的项目规范要求。密封包括帘线加固，因而可支持最大间隙更大、最小间隙更小、灌浆压力更高。

采用与橡胶灌浆密封类似的压板安装灌浆密封。



后桩式 导管架灌浆密封

特瑞堡用于后桩式导管架的灌浆密封可在固化过程中将灌浆固定于结构内，以防止灌浆溢出。密封用于深水作业，并可根据项目规格定制设计方案。

后桩式导管架基础已在石油与天然气行业应用多年。在海上风电场领域，这些基础类型主要用于海上变电站。作为基础类型，后桩式导管架灌浆密封与石油和天然气设施非常相似。

由于每根桩均通过导管架靴腿打入，因而可较好控制安装偏差。导管架靴腿中包含导向板或导向块，以确保其重心一致。由于导管架桩直径相对较小，制造公差也因此受到限制。这些因素表明灌浆密封几乎不受最小及最大间隙的影响。

灌浆密封必须承受打桩过程中的冲击力与高加速度。此外，打桩也可能将海床上的泥浆推入灌浆腔。灌浆密封可与刮泥密封和隔膜一同使用，以免灌浆与泥浆混合，并确保灌浆连接具有足够的强度。

主要特点

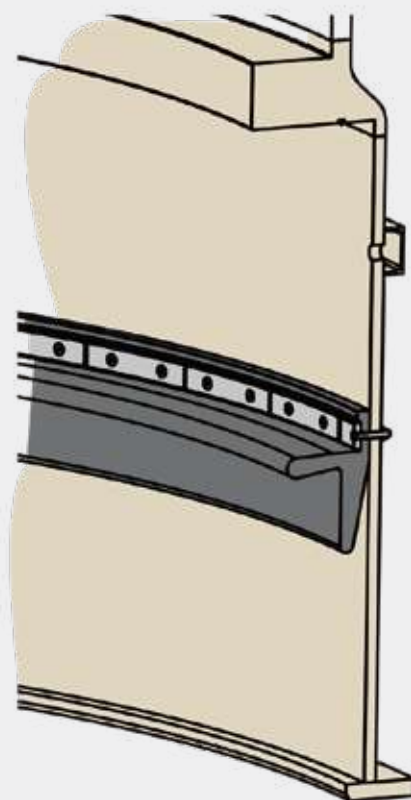
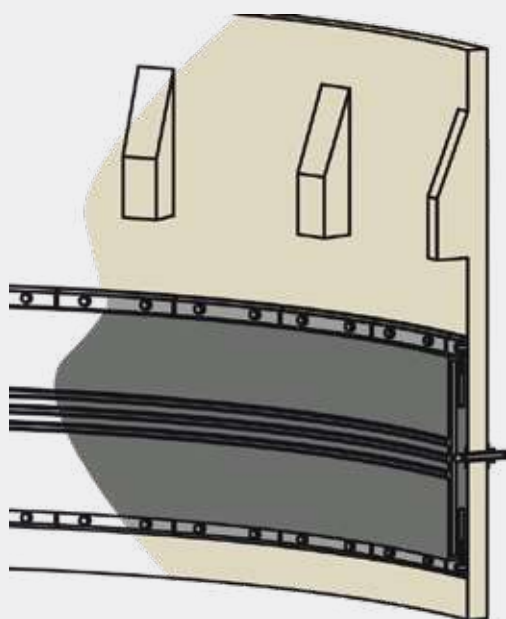
- | 防止漏浆，避免浪费与污染
- | 可适用于不同的密封系统
- | 可使用刮泥密封与隔膜密封防止灌浆料与泥浆混合
- | 无需维护
- | 使用寿命逾30年



产品类型与设计原理

PS充气式密封

当需要更高性能的情况下，充气式密封产品将是最佳选择。这种类型的密封产品由于自身厚度比较薄，因而在打桩过程中可以得到很好的保护。在灌浆前，在密封产品中充入水或者空气，通过监测充气密封内部的压力，来验证其功能。这确保了灌浆柱能够始终保持稳定状态。



单桩基础 灌浆密封

特瑞堡提供的灌浆密封是灌浆单桩基础的行业标准。密封的设计符合项目规格，其性能与基础一样长久。

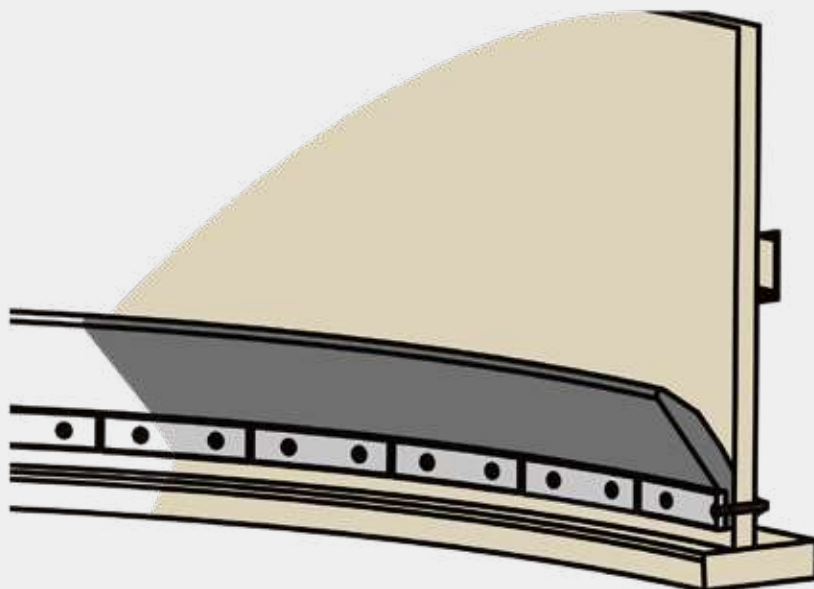
灌浆密封是过渡段安装阶段的关键部分。密封的设计可吸收单桩与过渡段的制造及安装公差，同时可在固化过程中支撑灌浆柱。

由于灌浆密封属于结构的一部分，因而该设计处于免维护状态，且使用寿命超过30年。灌浆密封可向上和旋转运动，适用于浮船与自升式安装。

灌浆之前，先将过渡段置于单桩上。灌浆密封的设计可确保其在单桩壁上顺畅滑动。灌浆密封在过渡段制造厂完成安装。它以闭环形式供应，并使用压板与螺栓进行安装。如有需要，我们经验丰富的服务工程师可提供现场安装指导。

主要特点

- | 可在浮船和自升式船上安装过渡段
- | 自激活密封装置，无需海上作业
- | 吸收单桩与过渡段之间的安装及制造公差
- | 无需维护
- | 使用寿命超过30年



产品类型与设计原理

工作原理

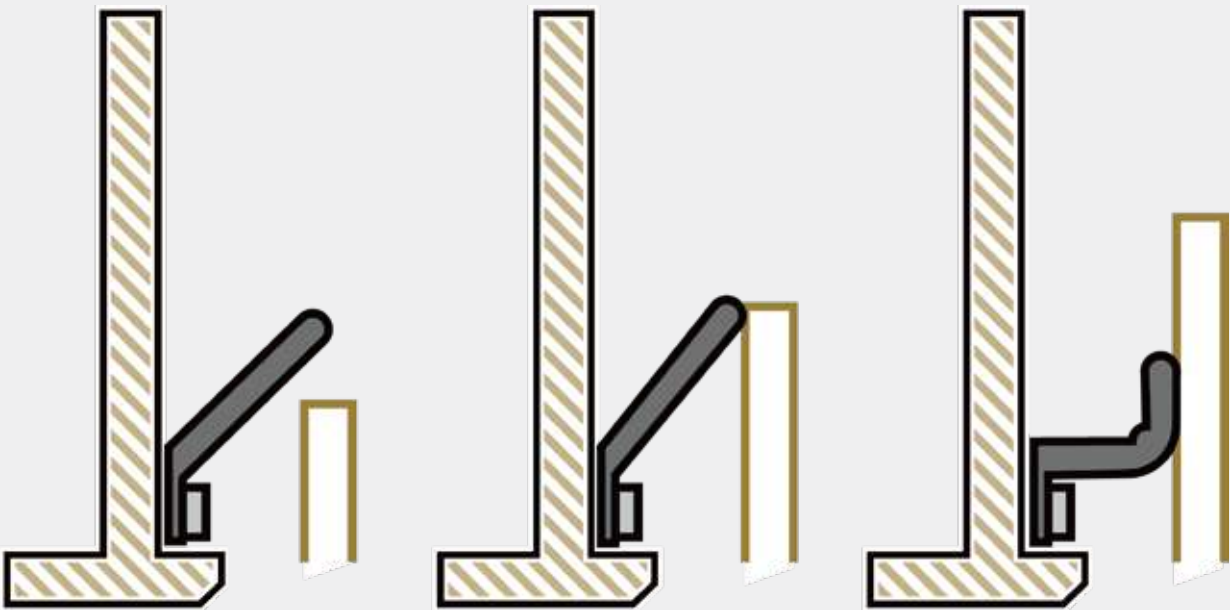
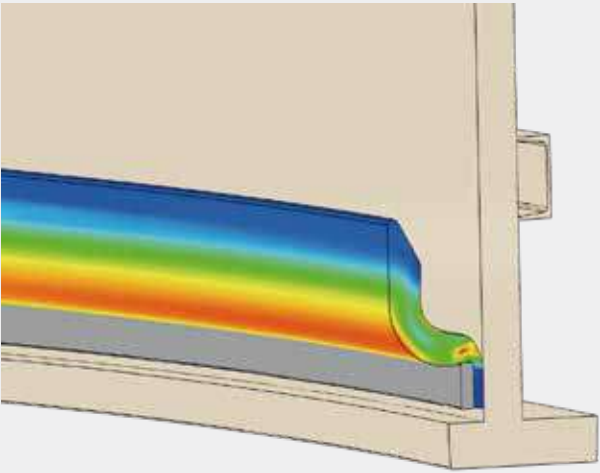
灌浆柱产生荷载时，灌浆密封装置将自动启动。基础的制造与安装公差通过密封吸收。密封的性能取决于灌浆压力以及密封需要克服的单桩与过渡段之间的最小与最大间隙。灌浆之后的密封仍能发挥作用，以确保在基础整个使用寿命期间内灌浆不被冲走。

橡胶灌浆密封

过去15年中，橡胶灌浆密封是应用最广泛的基础密封。这些灌浆密封由高质量弹性体而制成，其直径符合要求。使用全尺寸钻孔框架可确保螺栓孔的正确定位。

加强型橡胶灌浆密封

如若项目规格要求更高，则可采用加强型橡胶灌浆密封。该类灌浆密封采用加固织物，可有效提升性能。这表明密封的最大间隙可以更大、最小间隙可以更小，或灌浆压力可以更高。加强橡胶灌浆密封的工作原理和固定方式与橡胶灌浆密封相同。



非灌浆单桩裙边密封

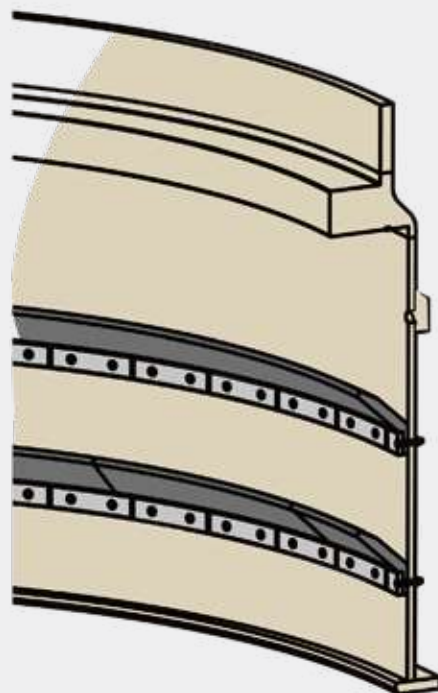
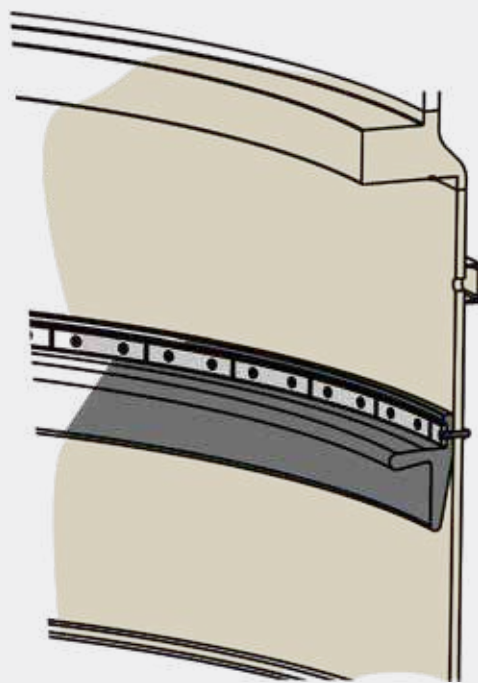
非灌浆单桩基础与过渡段通常由螺栓法兰连接，特瑞堡的裙边密封是针对这一应用的市场创新。这些螺栓的防腐保护是海上风电基础设计寿命的关键所在。

自从海上风电行业引入螺栓法兰连接单桩基础以来，螺栓的防腐保护是否可靠始终是成功与否的关键。据业内人士观察，法兰之间的单一密封并不足以保护螺栓。打桩过后，法兰表面的光滑度难以预测，在荷载循环期间，法兰之间可能会出现小孔，而海水可能将通过这些小孔渗透。

由于灌浆密封属于结构的一部分，因而该设计处于免维护状态，且使用寿命超过30年。灌浆密封可向上和旋转运动，适用于浮船与自升式安装。

主要特点

- | 单桩与过渡段间法兰上的关键螺栓保护
- | 可在浮船和自升式船上安装过渡段
- | 自激活密封系统，无需海上作业
- | 吸收单桩与过渡段之间的安装及制造公差
- | 无需维护
- | 使用寿命超过30年



单桩-过渡段法兰密封

安装在过渡段法兰凹槽中的法兰密封属于非灌浆单桩基础构造中的关键部件，是压缩唇形密封配置的主要密封。由于压缩唇形密封无法确保100%的水密性，因而需利用单桩-过渡段法兰密封来实现这一目的。

在螺栓连接的早期阶段，单桩与过渡段法兰之间添加了简单的O形环。但该密封无法为螺栓提供充分保护。据观察，恶劣海上条件下的法兰可能会因为高循环载荷而张开几毫米。

特瑞堡已为该应用设计多种单桩-过渡段法兰密封，使其即使在最为苛刻的条件下也能正常运行。

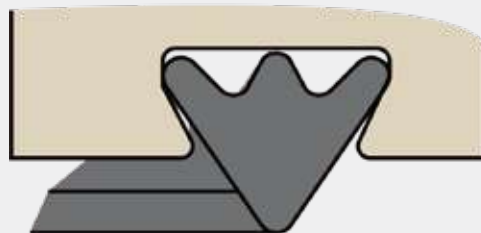
单桩-过渡段法兰密封在过渡段制造厂完成安装。过渡段法兰设有一个燕尾槽，以便于插入密封。

有些单桩基础采用螺栓与灌浆的混合方式传导荷载。此时，在过渡段裙边与单桩之间的空腔中注入灌浆，以便为螺栓提供防腐保护。

在其他情况下，则可使用非结构性灌浆材料，但仅用于防腐保护。无论如何，单桩-过渡段法兰密封在应用中至关重要，可防止多余的灌浆在法兰之间流动。

主要特点

- | 单桩与过渡段间法兰上的关键螺栓保护
- | 吸收单桩与过渡段之间的安装及制造公差
- | 无需维护
- | 使用寿命逾30年
- | 硫化成闭环



产品类型与设计原理

工作原理

法兰密封通过压缩而激活，并通过由此产生的接触压力发挥作用。

为确保整个使用寿命期间的正常工作，我们设计了初始接触压力，以便及时补偿应力松弛。整体设计基于法兰的预计最大开口和作用在密封上的预计压差。

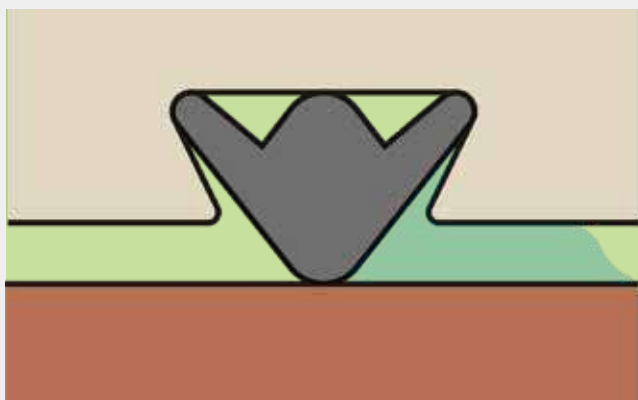
法兰密封采用硫化闭环形式提供，以避免粘合连接的薄弱性，不致影响使用寿命期内的产品性能。

VW型

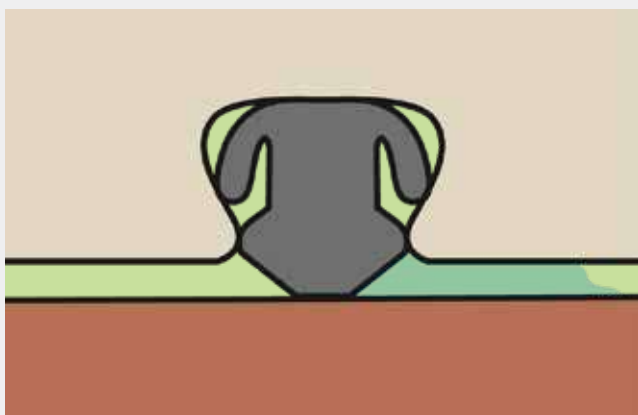
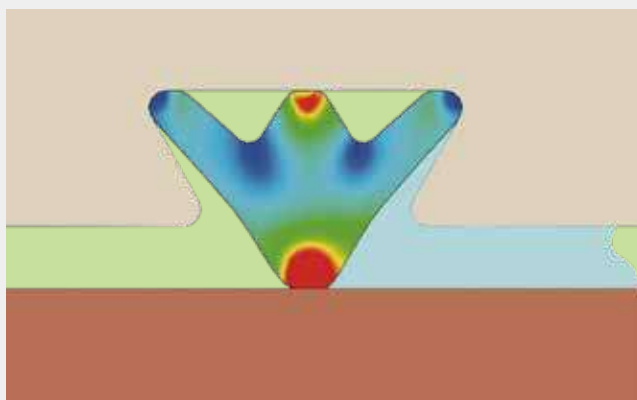
VW型法兰密封由人工插入过渡段槽。其几何形状旨在最大限度提升接触压力与密封性能，从而确保在最恶劣条件下也能保护法兰上的关键螺栓。

VT型

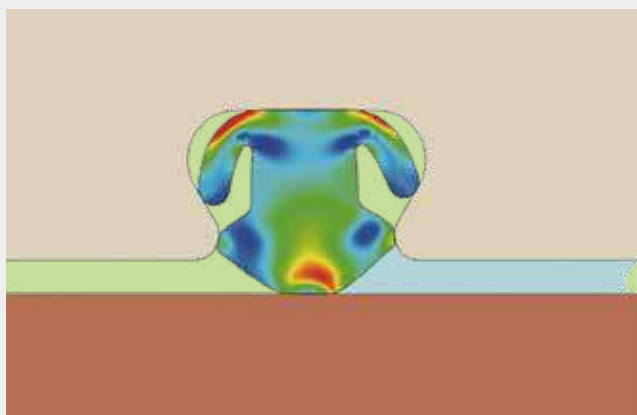
VT型法兰密封专为最严苛环境下的过渡段法兰而设计。法兰密封可安装在大半径的小凹槽内，以避免过度疲劳，或敏感应力集中于法兰。密封可手动装入过渡段槽。



VW型



VT型



单桩基础 内平台气密密封

特瑞堡的内平台气密密封可保护过渡段免受单桩内腐蚀性与危险气体的影响。密封按项目规格设计，可吸收制造公差，其使用寿命逾30年。

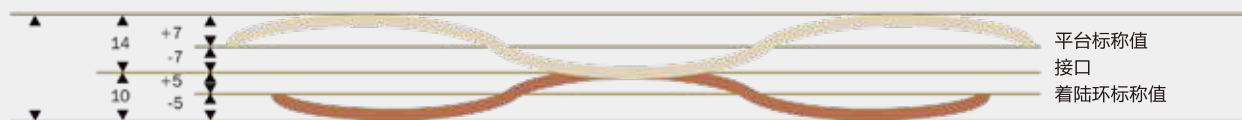
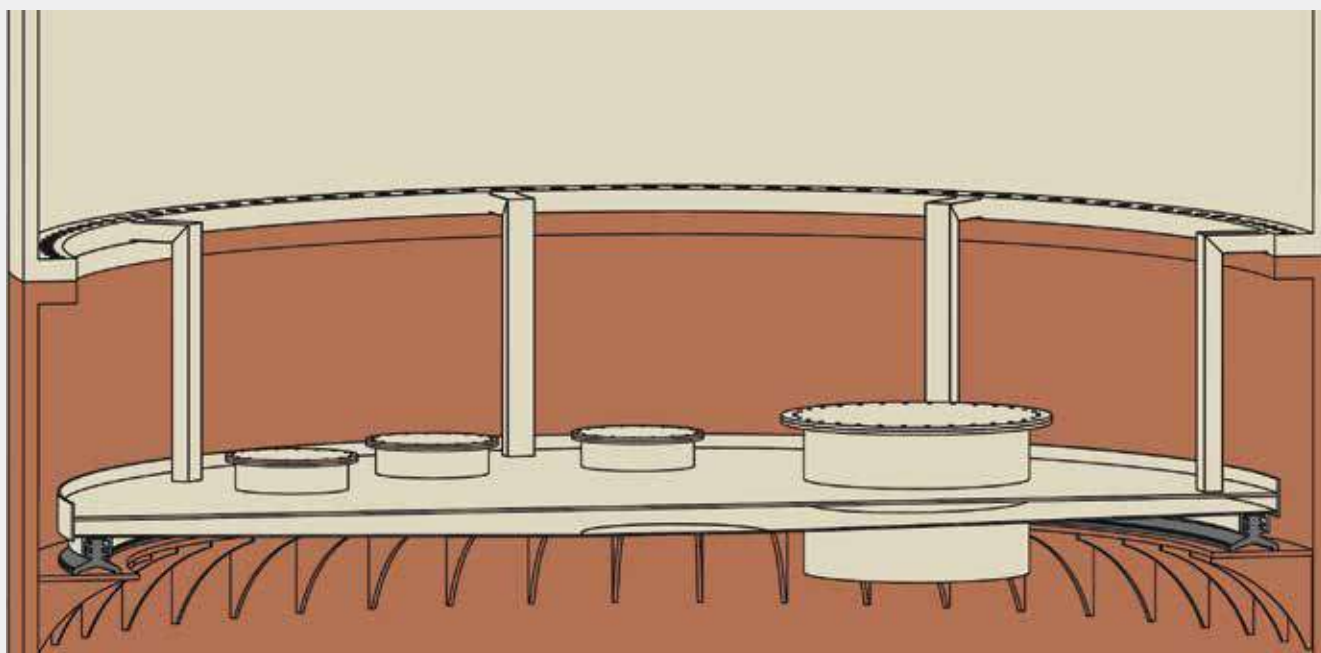
内平台气密密封可用于在气密平台下方化学要求苛刻的环境中。虽然平台已配备（被动）通风系统，但在整个海上风电基础的使用寿命期间，ICCP系统产生的低浓度化学品会持续存在。

特瑞堡气密密封产品凭借其独有的结构具备化学稳定性。同时设计的几何形态可吸收平台与牛腿环板之间的制造公差。

特瑞堡密封产品将在内平台制造工厂进行安装，使用特瑞堡的胶黏剂进行安装固定。当内平台下降到钢管桩牛腿环板后，胶黏剂将不再起作用，同时特瑞堡的密封产品将通过内平台自重压缩型变，从而达到气密密封的效果。

主要特点

- | 设计中考虑到了刚度与性能
- | 吸收内平台与牛腿环板之间的制造公差
- | 全周期免维护
- | 使用寿命逾30年

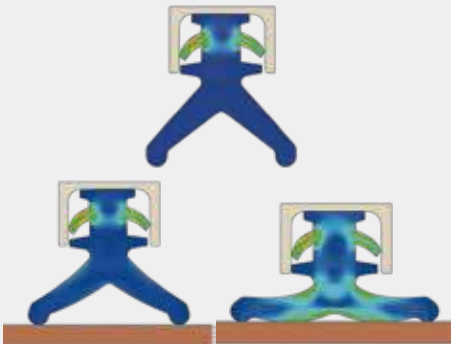


产品类型与设计原理

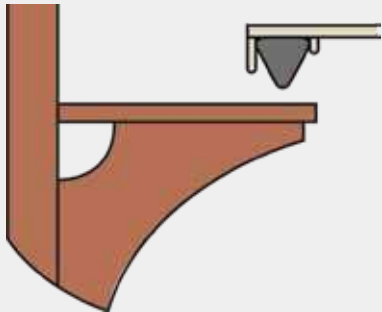
产品型号	安装方式	设计原理
CS-116/114	标准安装	CS-116/114气密平台安装与两块环形板之间，设计刚度低，压缩范围大。通常，气密平台的重量足以在较大的压缩范围内激活密封。这表明仅需极小的压缩力便可吸收较大的制造公差，同时确保密封在整个使用寿命期间保持既定性能。
	UPE-80 槽钢安装	CS-116/114-UPE80气密平台密封的性能与CS-116/114相同。但开发该类密封的目的在于将其安装在一个适用于内平台直径的标准的弯曲UPE-80槽钢中，从而简化现场的安装。
CS-80/70	标准安装	CS-80/70的气密平台密封设计可使单桩着陆环的悬垂最小。三角形则最大限度减少了密封的占地面积。平台悬挂在过渡段法兰上时可获得较大的压缩力，使得该密封尤其有效。



CS-116/114



CS-116/114-UPE80

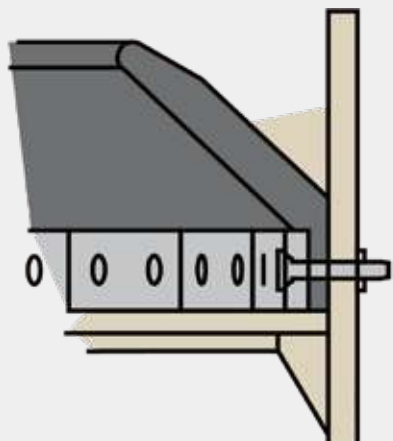


CS-80/70

其他单桩基础密封产品

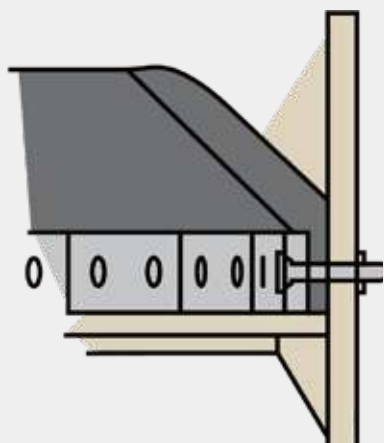
压缩唇形密封

在法兰螺栓使用期限内，可通过压缩唇形密封系统来保护法兰螺栓。虽然压缩唇形密封可防止大部分水的渗透，但由于唇形方向的原因，无法确保100%的水密性。因此，它并非主要密封。



破浪器

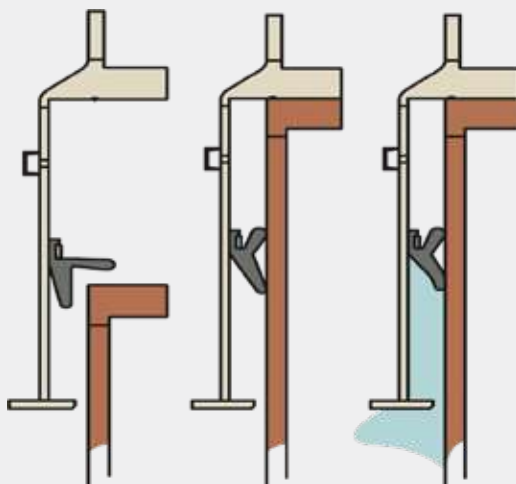
可在过渡段裙边底部安装一套破浪装置。破浪器可吸收很大一部分海浪的冲击能量，从而减少上方密封装置受到的冲击力。破浪器采用分段式，以防止腔体内的水封闭其中，使得少量水可流进或流出。



ESA3型密封

ESA3型密封属于主要密封，用于螺栓的防腐保护。将过渡段置于单桩上时，密封的上部会向上偏转。由于发生偏转，下唇会被压在单桩壁上。水流冲击时，下唇会自动贴紧单桩壁，严丝合缝。

在这种配置中，法兰密封提供了第二道保护屏障。即使在最恶劣条件下，也可在过渡段裙边底部使用破浪器。



免责声明

特瑞堡集团已竭力确保本手册中的技术规格和产品说明准确无误。

对于任何错误和遗漏，我司不以任何理由承担任何责任。建议客户在施工和制造前联系我们获取详细的规格和认证图纸。为提高我司产品和系统的质量和性能，有关产品规格变更恕不另行通知。引用的所有尺寸、材料特性以及性能参数允许正常的生产和测试公差。本宣传册将取代先前所有版本中提供的信息。

如有疑问，请与特瑞堡航运与基建联系。

© 特瑞堡集团 瑞典特瑞堡，邮编：23122，邮箱号：153

本宣传册版权归特瑞堡集团所有，未经特瑞堡集团事先许可，不得转载、复制或向第三方传播。



设计驱动的 可持续发展



在特瑞堡,可持续发展是我们一切工作的核心。我们的方法源于特瑞堡定制弹性解决方案的能力,这些解决方案能够推动可持续运营,应对各种挑战并从中获得成长。

扫描二维码
了解更多信息





特瑞堡是全球领先的工程聚合物解决方案提供商，致力于在苛刻环境中为关键应用提供密封、减震和防护。我们的创新解决方案持续助力客户提升性能。

WWW.TRELLEBORG.CN/MARINEANDINFRASTRUCTURE



特瑞堡航运与基建

邮箱: qingdao@trelleborg.com

2022