

避免连接断开



概要

随着能源需求的持续增长，液化天然气 (LNG) 的使用现已成为一种主流的商业现实。天然气是一种可靠洁净的燃烧化石燃料，具有丰富资源，已成为切实可行的全球资源。

在最大限度地利用天然气方面，浮式液化天然气 (FLNG) 方案被越来越多的人视为液化和再气化配置的最佳方案。然而，随着这些复杂项目的出现，需要重新审视对接、系泊和防护解决方案，以满足所有利益相关者的要求，并提供最安全、最高效的运作。

在将传统的码头系泊和靠泊与海上船对船系泊系统的元素合并，需要两个以上的实体相互对接方面，系统集成自然会变得更加复杂，没有“通用”的对接、系泊和防护组合可以应用于 FSRU（浮式储存再气化装置）。

不断增长的 FSRU（浮式存储和再气化装置）市场

对于目前正在实施或处于前期工程设计阶段之前阶段的大多数 FLNG 项目，浮式存储和再气化装置 (FSRU) 是主流方案，因为对于小规模市场和新兴经济体，这种方案是一个具有吸引力的“快速通道”解决方案。尤其是，随着印度尼西亚、印度和中国等快速工业化国家加大投资以扩大液化天然气进口能力，亚洲市场正在快速推动 FSRU 解决方案。此外，传统上孤立的市场，如岛屿经济体，被业界认为很适合浮式再气化。

全盘考虑

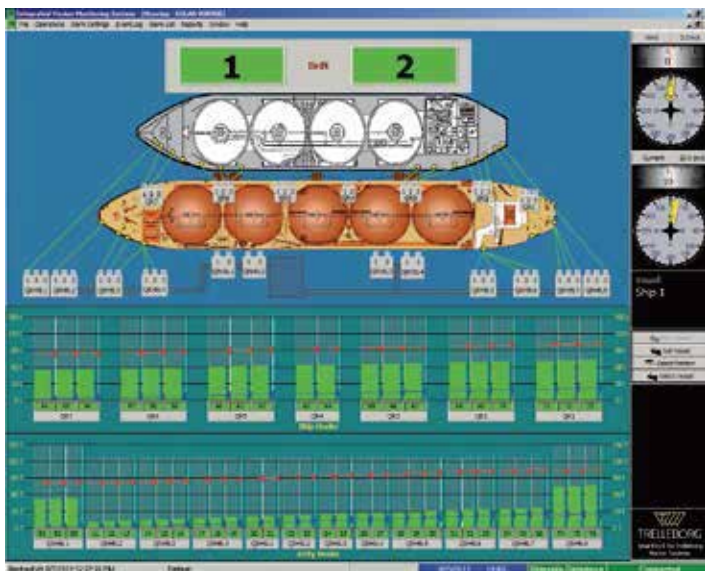
因为需要结合传统的码头系泊和靠泊，以及海上船对船系泊系统的元素，因此 FSRU 市场的系统集成变得更加复杂。

此外，由于需要两个以上的实体相互对接，因此尚无可应用于 FSRU 的“通用”对接、系泊和防护解决方案。历史上，与码头有关的土木工程实践和与船舶有关的传统海洋设计实践一直是孤立地考虑的。对于这些相互依赖的系统，还没有一个完整的先例；然而，所有者/运营商很快意识到确保兼容性的必要性。

在更加复杂的 FLNG 系泊配置情况下，应进行统括，并依照所有利益相关方的设计要求进行。然而，由于这些项目惯用的时间表和执行模式，码头要求和 FSRU 对接和系泊要求经常受到范围分割的影响，导致系统碎片化并影响安全性和运作效率。

船对船对接和系泊范围是由船厂主导的活动，其仅简单地专注于船舶的转换或新的建造规范。负责码头设计和建造的土木工程 EPC（工程总承包）强调的是现场成本控制，而不是集成整个对接和系泊系统的需要。

尽管不是造船厂或 EPC（总工程承包）的问题，但单独考虑这两个元素对整个系统的整体集成并不利。结果是，需要有经验丰富的第三方在场监督系统的总体集成要求。



有着经验的第三方能够提供有价值的系统集成监督来确保三个实体均满足所有要求。

等级和规定

根据对这三个组成部分的设计要求的规定，诸如 ABS、Lloyds、BV、DNV 和 RINA 等船级社专注于 FSRU（浮式储存再气化装置）上，并在传统上将 FSRU（浮式储存再气化装置）项目视为造船活动。因此，他们提供设计审查和批准，在建造期间进行监督，并进行船体和机械检验，以确保符合要求，进而确保船舶达到相关船舶标准。

在材料和设计方面，尽管这些组织对系泊系统硬件都有具体的要求，但就船舶在 FSRU 项目中的最终用途而言，等级并没有反映出其适用性。主要是从材料选择、可接受的应力水平和“故障保护”设计理念的角度评估其合规性。

一方面，项目岸上或码头方面的法规更侧重于运作，由当地或国家当局以及代表船舶运营商的组织（如 OCIMF、SIGTTO 和 PIANC）进行审查。

然而，这些组织专注于操作最佳实践的指南，他们对岸上考虑提出的建议并没有考虑到造船商的需求。

前期工程设计阶段的 FSRU

由于 FLNG 项目带来了一系列前所未有的挑战和不同的监管要求，因此需要从前期工程设计阶段开始对系统的设计和功能进行全面考虑。

那么，到底应该考虑哪些呢？FSRU 靠泊和系泊系统由机械、仪表、控制和监控部件组成，所有这些部件都必须协同工作，以确保码头、FSRU 和液化天然气船三个部分安全、高效运行。每个接口的兼容性应确保 FSRU 更好的操作控制、数据共享和灵活性。

对于仪表、控制和监控系统，有许多需要考虑的因素。进行设计工作之前，应首先对码头、FSRU 和液化天然气船的系泊、靠泊和 MetOcean（海洋气象）数据要求进行评估，因为它们之间共享的任何信息必须一致且易于获取。那么，这些不同的利益相关者的要求有哪些？

- | 码头：可能要求工厂执行运作和过程监督、以及荷载监控数据、MetOcean（海洋气象）数据和停泊数据。或者，在将所有码头运作（例如装载、ESD、系泊张力和紧急释放）都转移到 FSRU 控制室后，码头控制室可以无人值守。
- | FSRU：要求由工厂执行运作和过程监督，以及对荷载监控数据、MetOcean（海洋气象）数据和停泊数据的监控。在许多情况下，FSRU 可用作主控制中心，用于监测从码头和到液化天然气船的系泊缆张力（在 STS 系泊的情况下）。主控制中心也会要求启动码头和/或液化天然气船系泊缆的紧急系泊释放。
- | 液化天然气运输船：需要在货物操作期间监控和维护系泊系统，以获取系泊缆索数据，这至关重要。
- | 以上所有这些都依赖于兼容的船岸连接系统，一种在 3 个平台之间的公共数据链接，用于紧急关闭控制、紧急系泊释放和荷载监控数据传输、热线通信，以及越来越多的 FSRU 操作。

在靠泊、离泊和码头作业期间的码头操作也需要靠泊辅助数据、MetOcean（海洋气象）监测和系泊系统荷载监测。

此外，在某些情况下，可能需要设立远程无源工作站，使资产所有者能够获得组作业的当前状态。系统架构应考虑这种情况的需求。

集中通信

需要综合考虑构成整体监控系统的各个子系统，使所有信息都能从多个地点的单个工作站获取。

岸上过程处理项目和对应的造船实践理念的结果是，在设计中孤立地对待每个子系统，导致多个工作站，以及在正常和紧急情况下获得清晰的操作环境有潜在困难。

国际标准现已发布了海上应用中开发和电子系统的原则。虽然在每个项目中，可能会首选独立考虑的不同解决方案，但这些标准解决了相互兼容性的需要，以允许替代资产的部署来维持设施的生产。

集中在 FSRU、码头或其他地方可能是更好的选择。在并排系泊配置中，考虑液化天然气船如何与码头相互作用也很重要，FSRU 位于两者之间。

也需要详细考虑系统的整体控制。在操作方面，应考虑常规和紧急通信，以及紧急切断功能。应采用集中控制方式，但需要确定控制点位以及控制模式，以确保用户能够按照要求释放对应的船舶。

FSRU 和 浮式 LNG 的船岸连接

按照国际标准和规范要求，应将液化天然气船和岸上紧急切断系统链接。除了相互 ESD 信号外，该系统还支持在船与岸上之间传递系泊张力和 MetOcean（海洋气象）信息。

FLNG，相当于岸上码头，应配备与上述相同的链接设施。

对于 FSRU 设施，涉及码头、FSRU 和液化天然气船的不连续过程将需要一个增强的、兼容的船岸连接系统来控制 LNG、发送转运安全、相关的系泊张力和 MetOcean（海洋气象）信息。自 2008 年以来，所有 FSRU 项目都已应用这种相互兼容的集成系统，特瑞堡即将发布以这种系统为主题的白皮书。

机械措施

实际操作中，需要减小 FSRU 上系泊设备占用的空间，以节省宝贵的甲板空间并降低甲板下方的加固要求。对机械装置、测力传感器、绞盘电机和电气控制箱也需要进行高盐雾防护。

系泊能力

快速脱缆钩（QRH）是靠泊和系泊系统必不可少的组成部分。然而，我们已经看到土建工程 EPC 和船舶设计师在 QRH 安全工作荷载（SWL）的一致性规范方面存在脱节。这样，船对船系泊系统所选用挂钩的额定参数可能与栈桥挂钩不一致 - 这是一个很好的例子，说明参与码头设计和船舶设计的不同法定机构的要求需要保持一致，否则 FSRU 和液化天然气船共享码头系泊设备时，有可能会出现问题。



有着经验的第三方能够提供有价值的系统集成监督来确保三个实体均满足所有要求。

维护注意事项

FSRU（浮式存储再气化装置）是半永久性设备，对于码头系泊系统来说，通常意味着快速脱缆钩不会像传统码头那样操作频繁，因此需要特别注意使用维护需求低的挂钩设计，以确保必要时能够正常实现释放功能。

对于多种半永久性系泊场合，码头系泊缆索可能包含短链尾，这些短链尾末端可能与FSRU上的止链器连接。在这种情况下，载荷监测是FSRU系泊管理的关键。

关于系泊缆索的考虑因素

进行FLNG船舶靠泊（STS）操作时，液化天然气船的停泊位置需要与FSRU保持约5米的距离，因此快速脱缆钩的设计也需要考虑，这种船对船配置中系泊缆索的长度应减小，否则可能影响减震性能，瞬时高载荷可能会将系泊缆索损坏，特别是由于缆索通过导览器时的摩擦。在这方面，应尽量降低液化天然气运输船与FSRU之间系泊缆索的偏转度。FSRU上的系泊挂钩布局需要仔细规划。

另一个需要考虑的因素是，对于船对船系泊场合，系泊缆索可能由液化天然气船承运人临时提供，缆索的状况和性能可能不明。可考虑使用储存在船上并由FSRU提供的专用缆索。

护舷

护舷系统也必须视为系泊系统的一部分，而对于FSRU，还必须考虑它们的相关部署和回收系统。在这里，需要考虑减小占用空间，这对于船对船作业来说至关重要。

对于船对船作业，带链式轮胎网的充气护舷一直是传统方案。充气护舷的缺点是不能提供浮力冗余，一旦刺破就会下沉，如果内部注满水，抬起时可能会使护舷部署系统超载。

但是，泡沫护舷可不使用链式轮胎网，而且摩擦阻力较低，因为护舷外壳可采用低摩擦的聚氨酯材料而不是橡胶。这种护舷几乎不会沉没，可作为充气护舷的重载替代解决方案，对于一些FLNG项目来说更为适用。泡沫填充护舷的反应和能量性能与充气护舷相似，并且可采用低船体压力设计。最重要的是，在发生液化天然气泄漏的情况下，实践证明与充气护舷相比，泡沫护舷抵御低温的性能好得多。

充气护舷需要有效的日常检查，因为轮胎防护结构和链网的工作环境相当恶劣。设计时应考虑这一点，牢记护舷将布置在甲板边缘，甚至是存放在船外。

轮胎在压力下的高摩擦阻力会导致船体涂层的显著磨损。损坏的护舷轮胎有可能暴露出链网，从而损坏有喷漆的钢质船体。

用于 STS 的护舷回收系统

对于船舶靠泊（STS）系泊场合，护舷的有效部署是一个“关键任务”因素。护舷部署系统需要考虑一些特殊的因素，特别是操作安全、故障保护、操作冗余和受损状态完整性相关的因素。

上述问题目前在《分级规则》或专门针对护舷处理机械设备的设计规范中没有得到充分的解决。在我们看来，通过海上起重机规范确定设计载荷标准，可更好地确保机械设备操作人员的安全性。关于恶劣海况条件下的外部动态载荷，护舷轮胎网中滞留的水造成的载荷，以及部署护舷或在恶劣海况中提升护舷时机械设备上的抓举载荷，海上起重机规范（如 API 2C 第七版）能够解决。

用于 FSRU 的护舷 – 半永久性码头系泊

在许多情况下，FSRU 会进行长期系泊。由于需要保持系泊缆索张紧，船舶通常会与护舷板硬性接触。

这样护舷、护舷板和相关的链条与硬件会受到持续应力的影响。在STS（船对船）停泊期间，护舷的载荷将增大，而且液化天然气运输船也会停泊在 FSRU 旁边。还有一些其他因素必须考虑，如低温环境和护舷对过往船舶影响的反应。

因此，选择合适的护舷时，并不只需要考虑能量和反应性能要求。还有一些其他因素必须考虑，如橡胶成分、老化、紫外线照射、温度和浸泡，以保证护舷及其硬件的使用寿命。同样，对于半永久性 FSRU 系泊，减少护舷和船体之间的磨蚀，以及损坏护舷便于更换的特性，也是相关的考虑因素。

结论

随着 FSRU 项目的日益盛行，对于靠泊和系泊系统，必须进行更全面的考虑，以防止出现操作方面的设计问题。我们借鉴了行业领先者的经验，以我们与一家大型能源公司合作的项目为例，对于再气化码头及其配套 FSRU 的整体方案领域，该公司处于领先地位，在靠泊和系泊系统的未来发展趋势方面，有许多值得我们学习的地方。

在该项目中，各种监测系统产生的数据量，以及三个子系统与远程管理中心之间的数据共享模式，是一个必须克服的挑战。虽然利益相关方所需的数据有一些共同点，但是有些信息需求是不同的。

所有公共数据都必须有效而且准确地进行共享，以便各方都能在同一时间获得相同的信息。在关键的决策时刻，每一方都能通过一个公共界面获得一致的数据，以避免在具有时效性的情况下出现可能造成严重运营中断的复杂情况，这一点是至关重要的。

因此，该项目成为了一个整体的集成系统。对于 FSRU，需要一个永久性的监测系统，以实现整个系泊系统的监督。

增加的复杂性是需要控制用于从 FSRU 系泊液化天然气船的外部码头 QRH，该功能传统上由码头运营商执行。FSRU 还可以获取从岸侧系统测量的所有 MetOcean（海洋气象）数据，并控制所有液化天然气船通往 FSRU 和码头的缆索的远程释放。

FSRU 能够查看来自液化天然气船的系泊载荷和总体载荷，与从码头上查看的方式相同。该系统还包含一个 RTK GPS STS 靠泊系统，如果 FSRU 转移至海上，或在不适合使用基于激光的传统停泊系统的环境中，该靠泊系统将提升系统灵活性。

利用综合方法可从任何有适当设备的远程工作站网络上查看数据。

本白皮书是根据 2013 年 5 月在休斯敦国际海洋油气技术展览会上的演讲编写的。

作者简介

Stephen Woolway 深耕海洋、石油和天然气领域三十多年。Stephen 于 2012 年加入特瑞堡航运与基建，之前曾从事商业船舶运营、造船和船舶维修、船舶机械设备销售，以及船舶管理、设计和相关岸上基础设施开发方面的工作。Stephen 还拥有海洋工程荣誉学位和商业硕士学位。

如需了解有关特瑞堡航运与基建的详细信息，请联系特瑞堡航运与基建董事总经理 richard.hepworth@trelleborg.com

或者访问 www.Trelleborg.cn/zh-cn/marine-and-infrastructure

特瑞堡航运与基建业务部和特瑞堡集团

特瑞堡航运与基建业务部为世界各地的海洋环境设计、制造和安装定制的护舷系统、靠泊和系泊设备、油气传输技术和船舶效率技术。我们的聚合物工程专业知识还延伸到一系列通用海洋产品，包括导航系统和浮标。

www.Trelleborg.cn/zh-cn/marine-and-infrastructure

特瑞堡是工程聚合物解决方案的全球领导者，可在严苛环境下为关键应用提供密封、减振和防护。我们利用领先的聚合物技术和独特的应用知识为客户提供工程解决方案。特瑞堡集团在全球40多个国家的年销售额约为210亿瑞典克朗（相当于23亿欧元，或32亿美元）。集团三大业务领域包括：特瑞堡工业系统、特瑞堡密封系统和特瑞堡车轮系统。自 1964 年以来，特瑞堡已在证券交易所上市，并在斯德哥尔摩纳斯达克 OMX 作为大型股上市。 www.trelleborg.com



特瑞堡是工程聚合物解决方案的全球领导者，可在严苛环境下为关键应用提供密封、减振和防护。我们的创新型工程解决方案以可持续方式助力客户提升性能。

WWW.TRELLEBORG.CN/ZH-CN/MARINEANDINFRASTRUCTURE



官方微信：特瑞堡航运与基建；

脸书：[TrelleborgMarineandInfrastructure](https://www.facebook.com/TrelleborgMarineandInfrastructure)

推特：[@TrelleborgMI](https://twitter.com/TrelleborgMI)

[youtube.com/user/TrelleborgMarineandInfrastructure](https://www.youtube.com/user/TrelleborgMarineandInfrastructure)

[flickr.com/people/marineandinfrastructure](https://www.flickr.com/people/marineandinfrastructure)

[linkedin.com/company/trelleborg-marine-and-infrastructure](https://www.linkedin.com/company/trelleborg-marine-and-infrastructure)

Thesmartapproachblog.trelleborg.com

特瑞堡航运与基建

Email: qingdao@trelleborg.com