港口如何组织创新？连接港口治理、所有权与生活实验室

Sonia Yeh*[1]、Christopher Dirzka[2], Aleksandr Kondratenko[1], Frans Libertson[1], 和 Benedicte Madon[3]

[1]查尔姆斯理工大学，瑞典哥德堡[2]哥本哈根商学院，丹麦哥本哈根[3]塞维利亚大学，西班牙塞维利亚

2026年1月13日

arXiv:2601.06894v1 [cs.ET] 11 Jan 2026

致谢：我们感谢欧洲生活实验室网络（ENoLL）的协调团队，包括 Elina Makousiari 和 Mar Ylla，他们设计并主持了能力建设活动，并提供综合支持，确保各站点之间的方法一致性。我们感谢奥尔堡港（PoA）的同事，尤其是 Lars Jøker、Palle Skyum 和 Maria Risager Nielsen，以及特雷勒堡港（PoT）的同事，包括 Jennie Folkunger，感谢他们在研讨会和后续会议中的协作与坦诚。我们也感谢来自公共部门、产业和码头运营商、学术界及公民社会的众多利益相关者，他们贡献了时间与见解。

本研究获得了清洁能源转型伙伴关系（CETPartnership，资助编号101069750，隶属 HORIZON-CL5-2021-D3-01-04）、瑞典能源署、丹麦创新基金以及科学、创新与大学部的财务支持。文中所表达的观点仅代表作者立场，不一定反映资助机构的观点。文中如有任何遗漏或错误，均由作者自行负责。

*通讯作者： sonia.yeh@chalmers.se

摘要

港口对于脱碳和韧性建设至关重要。现有港口研究记录了可持续发展和数字化试点项目，但很少考察所有权和决策权如何塑造这一过程及其结果。与此同时，生活实验室（LL）研究提供了坚实的概念基础，但对于港口中的生活实验室—治理契合度 缺乏基于行业的解释。本文通过构建并应用治理–生活实验室契合框架，弥合了这些空白。该框架将港口治理和所有权与生活实验室的四个支柱联系起来：共同创造、真实情境、迭代学习和制度嵌入（多层级决策）。我们通过对两个具有分析对比性的港口开展比较案例研究，应用这一框架。为使分析立足于港口所界定的优先事项，我们采用了两个案例锚点：奥尔堡的能源社区 试点项目，以及特雷勒堡的绿色协调员 职能。我们通过生活实验室三层逻辑（宏观—中观—微观）来解读这些案例锚点，区分稳定的参与者与职权组合（宏观层面）、具体项目的治理（中观层面），以及用于生成和检验解决方案的方法（微观层面）。研究结果表明，地主型治理提供了基于合同和采购的“落地切入点”（特许权/租赁协议和招标条款），能够将生活实验室产出制度化，并支持其在租户和基础设施之间推广；而工具型／公共服务型治理则主要通过标准操作程序、采购规范和市政协调来嵌入学习，从而推动内部运营改进，但若没有定制协议，外部规范化将受到限制。尽管存在这些差异，两个港口都具备生活实验室的核心构成要素，并面临类似的需求，即明确角色界定、持续开展利益相关方参与，以及及时与决策窗口期协调。总体而言，生活实验室的有效性表现为取决于治理，而非与治理无关。更广泛地说，研究结果表明，大型基础设施组织中的生活实验室有效性取决于治理，具体取决于决策权的归属，以及存在哪些工具可将学习嵌入日常实践。

1 引言

近岸基础设施开发（如海港和内河港口）是全球运输与贸易网络中的关键节点，推动货物、能源和人员流动，同时支撑区域和国家经济。它们也日益被视为应对可持续发展挑战的关键领域，包括交通脱碳、可再生能源整合以及打造更具韧性的供应链 [1]。然而，港口在推进可持续发展转型方面的能力存在显著差异 [1, 2, 3]。造成这种差异的一个关键因素是治理，而治理与基础设施所有权密不可分；所有权至关重要，却常常未被明言。所有权决定了谁对土地、泊位、能源系统、数字平台和电网连接行使产权和决策权。这些治理安排对港口如何管理能源和数字基础设施的转型具有决定性影响。

港口治理界定了决策权的分配、公共与私人责任的范围，以及利益相关者互动的机制 [4]。这些制度安排不仅影响运营效率和投资决策，也影响创新能力以及新技术和新实践的整合。具体而言，它们决定了港口促进多方利益相关者协作，并将实验性方法融入持续运营的难易程度。

在此背景下，生活实验室 （LLs）已成为一种突出的创新模式，用于在复杂的社会技术环境中组织多方参与的实验。生活实验室将不同的利益相关者汇聚于真实环境中，共同创造、测试并完善解决方案 [5]。然而，生活实验室的

成效不应被假定为与治理无关：港口在职权、决策权、合同安排和所有权结构方面各不相同，这些差异可能系统性地影响生活实验室产出能否转化为规则、投资和运营方面的持久变革。

本文考察港口治理模式——公共服务型、工具型、地主型和私有型——如何影响生活实验室方法的可行性与设计，并采用来自丹麦奥尔堡港（PoA）和瑞典特雷勒堡港（PoT）的结构化研讨会及利益相关者参与活动的证据。我们构建了一个将治理特征与生活实验室核心支柱相联系的框架，并将其应用于两个示例案例：采用地主型模式运营的 PoA，以及运营模式更接近工具/公共服务型的 PoT。分析表明，基础设施所有权与控制权并非仅仅是背景条件，而是会主动影响治理–生活实验室契合度，并决定实验性倡议究竟停留在项目成果层面，还是扩展为更具系统性的变革。

尽管该框架是在港口环境中开发的，但也适用于其他基础设施密集型组织；在这些组织中，所有权和决策权会影响实验与采纳，例如机场、铁路货运站、物流枢纽和科学园区。尤其是在工具/公共服务型治理限制外部规范化、并提升内部程序和跨机构协调作用的情况下，该框架更具适用性。

1.1 生活实验室作为创新治理模式

欧洲生活实验室网络（ENoLL）将生活实验室定义为“真实场景中的开放式创新生态系统，在整个创新生命周期中运用迭代反馈流程，以创造可持续影响” [6]。这一界定强调，生活实验室并非单纯的项目形式，而是旨在通过协作式实验连接研究、产业、政策与社会的生态系统安排。

近期研究进一步深化了人们对生活实验室的认识：它们是创新治理工具，而不仅仅是共同创造场所。从这一视角看，生活实验室是结构化的实验性“测试平台”，召集国家行为体和非国家行为体，在现实约束下试行解决方案，同时保持产出具有临时性和可调整性 [7]。与这一治理视角相辅相成的是，生活实验室通常置于四螺旋 模式之中（公共部门、产业、学术界和公民社会/用户）；该模式凸显了创新依赖于企业之外各制度领域间的协调 [8]。

基于多领域参与的四螺旋视角，生活实验室中的治理通常被描述为三个层面（宏观—中观—微观）。宏观层面涉及生活实验室构成（合作伙伴、合法性以及其在更广泛的生态系统中的定位）；中观层面涉及具体生活实验室项目的治理；微观层面则涉及共同创造、真实环境测试和评估等方法步骤 [9]。这一分层视角对港口尤其有用，因为它有助于区分：（i）生态系统层面的参与和合法性问题（宏观层面）；（ii）项目层面的指导与承诺（中观层面）；以及（iii）试验的设计与执行（微观层面）。

最后，基于生态系统视角，生活实验室可以被概念化为区域创新系统中的协调者，塑造协调、协作与概念验证路径，将实验与更广泛的系统变革联系起来 [10]。这种协调者框架在港口领域尤其具有现实意义，因为决策权和所有权安排可能决定微观层面的学习能否转化为中观和宏观层面具有约束力的工具（例如采购规范、操作程序，以及特许经营或租赁

条款）。

1.2 港口情境中的生活实验室

港口日益成为生活实验室式实验的真实场景，尤其是在（i）气候韧性和中断应对准备方面，生活实验室被用于召集利益相关者，并在运营环境中共同创造适应性解决方案 [11]，（ii）可持续性转型（包括关于跨地方或多港口生活实验室配置的提议）方面，通常强调超越单一场所的学习与扩散 [12]，以及（iii）数字化转型和物流创新方面，生活实验室案例被用于将技术实验与政策学习和利益相关者协调联系起来 [13]。除这些学术研究之外，港务局还建立了由实践驱动的港口生活实验室，以支持实际运营条件下的实验（例如新加坡和哈利法克斯），这凸显了实践动力，但通常难以深入解释为何有些实验能够转化为持久变化，而另一些则仍停留在项目成果层面 [14, 15]。

总体而言，现有文献对于港口中的生活实验室—治理契合度 仍缺乏明确且立足行业的论述，即港口治理和所有权结构如何影响：（a）有意义的参与；（b）系统层面实验的可行范围；以及（c）将证据嵌入多层级决策工具（例如采购规格、操作程序以及特许经营或租赁安排）的制度过程。本文从港口视角分析生活实验室—治理契合度，以生活实验室支柱与港口治理和所有权模式之间的关联作为解释框架，探讨结果差异。

1.3 港口治理模式与生活实验室—治理研究缺口 fit

港口治理是指界定基础设施所有权、分配运营责任并影响决策过程的制度安排（图 1）。基础设施所有权——无论是公共、私有还是混合型——决定了谁掌控泊位、码头、变电站、数据基础设施和能源系统等资产。这些安排会影响战略重点、投资模式以及利益相关者协作的空间。由世界银行提出、经 Notteboom、Pallis 和 Rodrigue [16] 进一步完善的广泛应用分类法 [17]，，根据公共与私人责任的划分，确定了四种主要治理模式（表1）。

公共服务型港口 完全由政府拥有并运营。港务局负责管理基础设施、上层建筑和运营。这种模式最初由国家或殖民势力自然而然地创建，旨在控制和发展港口，并从19世纪到20世纪中叶一直占据主导地位 [16]。尽管如今这种模式在大型商业港口中已十分少见，但世界上一些领先港口仍在采用这种模式。最著名的例子是上海港，它是世界上最大的集装箱港口。

工具型港口 港务局拥有基础设施和设备，而私营运营商则根据短期合同提供特定服务（例如货物装卸）。这种模式迈出了转型的第一步，即从完全公共的港口治理转向通过将私营实体纳入这一过程来提升绩效。例子包括特雷勒堡港——斯堪的纳维亚最大的滚装港——以及挪威的克里斯蒂安桑港。

地主港 港务局拥有并开发土地和基础设施，并通过长期特许经营权将码头租赁给私人运营商。这已成为全球最普遍、最成功的模式。地主型模式通常能最有效地结合公共与私人治理。典型例子包括新加坡港和

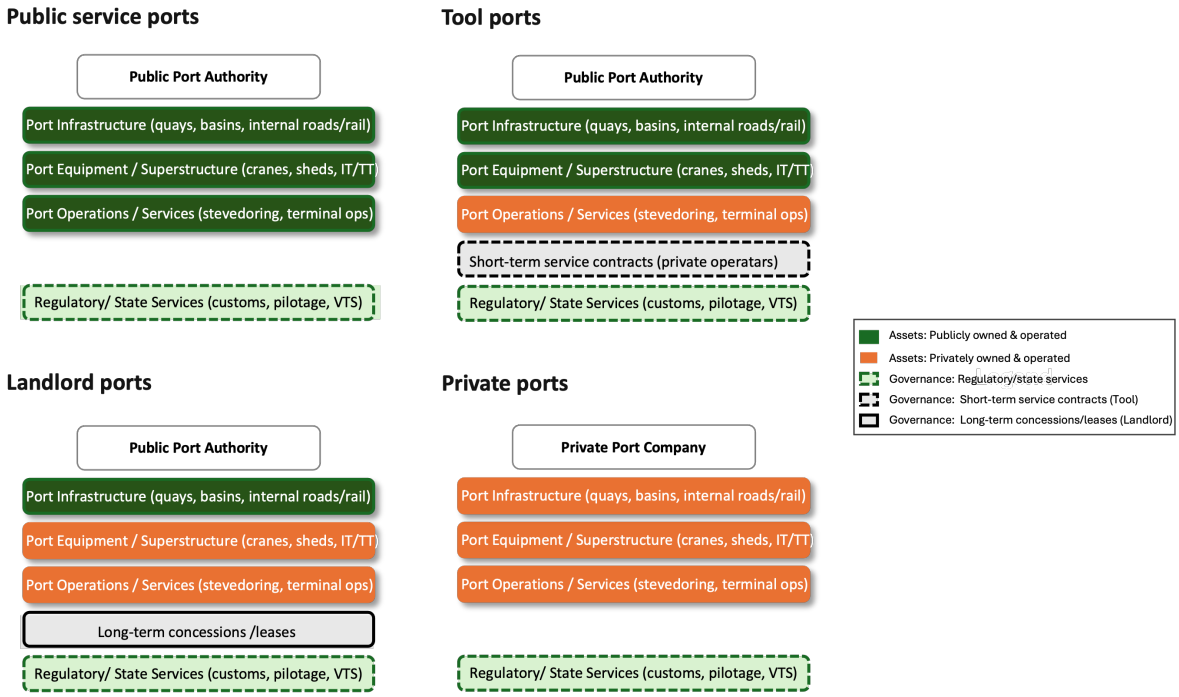


图 1：港口治理模式的组织结构示意图。深绿色 = 公共部门；橙色 =私营部门，涵盖基础设施、设备／上层建筑及运营。绿色虚线框 =监管／国家服务（例如海关、引航、船舶交通服务（VTS））。横幅表示合同类型：虚线 = 短期（工具型）；实线 =长期（地主型）。

鹿特丹港。

私人港口 由私人拥有并运营。公共部门的作用有限，主要负责监管，以及海关和引航等部分公共服务。私人港口服务于所有者的商业利益。典型例子是布罗菲厄登港——瑞典最大的石油港口，隶属于 Preemraff Lysekil 炼油厂。

混合型／合资模式混合型／合资港口模式通过特许经营权等合同形式融合公共部门与私营部门的职能。通常，公共部门保留土地和核心基础设施的权利，而私营合作伙伴则依据长期绩效型协议，为上层建筑（例如码头、起重机、能源资产）提供资金、负责建设并开展运营。治理由双方共同承担，收入和风险分配则根据各项资产的特点（费率、需求、建设以及运营与维护风险）进行调整。这种结构能够调动资本、加快创新（例如能源枢纽／配电系统运营商合资企业的发展），并使激励机制保持一致，同时确保公共部门对准入、安全和外部性的监督。其主要挑战包括协调成本、资产所有者与运营者之间的接口风险，以及需要健全的监管和透明度，以防止垄断租金和使命偏移。

这些治理配置意味着在以下方面存在系统性差异：(i) 谁能够批准并为实验提供资金，(ii) 外部利益相关者能够以多大程度参与其中，以及 (iii) 存在哪些工具可用于嵌入成果（例如通过采购、运营规则或特许经营／租赁结构）。然而，尽管港口情境中的生活实验室（LL）日益受到关注（第1.2节），现有研究很少探讨港口治理和所有权模式如何影响生活实验室设计选择及其成果的制度嵌入。因此，我们提出并应用治理–生活实验室契合框架，对两个分别采用不同主导治理模式的港口进行比较（*PoA*：地主型；*PoT*：工具/公共服务型），旨在确定不协调之处及其对港口生活实验室实施和制度化的影响。

表1：港口治理模式及示例（依据 [17]）。

治理模式	描述	示例港口
公共服务型	完全公共所有制；权限由..... 负责运营、维护和 投资。如今已很少见——主要存在于历史上或规模较小的 国家港口。	上海港
Tool	权限 拥有基础设施，并 设备；私人运营商提供 通过短期合同提供服务。	特雷勒堡港； 克里斯- 蒂安桑
地主型	权限 规划 and owns 土地/基础设施； 私有型 企业 运营 码头 采用 租赁／特许经营。	鹿特丹港；哥德堡港；汉堡港；新加坡港 gapore
私有型	基础设施的私有 和运营；公共部门仅负责 监管。	常见于英国港口；Brofjor-港 den（Preemraff Lysekil）

1.4 研究目标与范围

本研究有两个目标：分析目标和实证目标。在分析层面，我们提出并将治理–生活实验室契合框架付诸应用，明确所有权和决策权如何影响港口的生活实验室设计、利益相关者参与强度及制度嵌入。在实证层面，我们将该框架应用于两个治理模式迥异的港口情境（PoA；PoT），并考察治理如何促进或阻碍能源和数字化转型举措中生活实验室的制度化。

我们提出三个研究问题（RQs）：

RQ1（条件）：治理与所有权安排（例如公共服务型／工具型和地主型／私人型）如何塑造利益相关者动态、决策权、创新范围以及嵌入生活实验室（LL）成果的机制?

RQ2（机制）：生活实验室（LL）产出通过哪些合同和程序机制（例如服务合同、特许经营权、采购和内部程序）转化为持久的组织变革?

RQ3（设计）：生活实验室设计（支柱、顺序安排、人工制品）应如何适应治理条件，以最大限度地提高制度嵌入的可能性?

我们聚焦于 PoA 和 PoT，将其视为具有分析对比性的案例：两者均参与能源转型计划，但处于不同的主导治理配置之下（PoA：地主型；PoT：工具型／公共服务型）。分析重点在于早期制度化动态——所有权和决策权如何影响利益相关者动员、实验，以及将证据转化为决策的过程——而非长期绩效评估。

2 方法

2.1 研究设计与案例

我们采用比较案例研究设计，考察治理条件如何影响港口生活实验室的设计与制度化。我们选取了两个在分析上形成对照的案例：采用地主型治理模式的奥尔堡港（PoA），以及更接近工具型／公共服务型配置的特雷勒堡港（PoT）。该类型学遵循 World

Bank/Notteboom–Pallis–Rodrigue 惯例 [16, 17]，以确保与既有港口治理文献具有可比性。我们将每种治理类型视为一种主导配置；具体的运营安排可能会暂时呈现其他模式的特征。

分析单位是各港口内部的治理–生活实验室契合度，即所有权和决策权如何影响生活实验室支柱（共同创造、真实生活场景、迭代式学习和制度嵌入），以及生活实验室产出嵌入组织决策工具的机制。

2.2 数据

我们的实证语料库整合了联盟入组、针对各港口开展的能力建设工作坊，以及利益相关方参与工具，形成一个可追溯的单一数据集。项目范围内于2025年3月11日举办了一场线上“生活实验室基础知识”网络研讨会（120分钟； $n = 17$），确立了共同的概念基准（原则、术语和预期）。幻灯片和笔记为后续港口工作提供了参考。

2025年5月6日，PoA举办了一场全天的线下工作坊，随后于2025年5月30日开展了一场重点明确的线上会议（$n = 10$，PoA、项目合作伙伴和引导员共同参与）。产出包括已完成的画布，内容涉及宗旨与使命/范围、主办组织与情境、情境绘制与SWOT分析、利益相关方识别、价值创造绘制以及初步的问题陈述。纸质材料已数字化并上传至共享协作看板；线上会议完成了此前未完成的事项并汇总了行动方案。

2025年6月12日，PoT 举办了一场为期三小时的线上研讨会，将简短的入门介绍与结构化的动手练习相结合，重点关注转型宗旨、利益相关方映射及优先级排序（确定了五个关键利益相关方群体）、利益相关方价值矩阵，以及精简版 SWOT 分析。协调团队成员和 PoA 的同行参与了部分活动，以确保跨案例方法一致性。

两种标准化工具支持后续数据收集和成员核查：（i）价值主张反思表与访谈邀请模板配套使用（用于调整联络方式并明确角色和益处）；（ii）半结构式访谈指南，围绕角色、协作经验、障碍与促进因素以及未来参与的条件展开。数据集包括网络研讨会材料；PoA 的两场研讨会及其数字化画布（宗旨、主办方背景、使命/范围、SWOT分析、利益相关方映射、价值、问题陈述）；PoT 的一场研讨会及其宗旨、时间线、利益相关方映射与优先级排序、价值矩阵和 SWOT 分析；以及访谈工具和邀请函。所有人工制品均注明日期和所属活动，并归档于共享白板及简明的主持人报告中，从而建立起从原始材料到评估结果的清晰证据链。

2.3 操作化

这四个维度是通过演绎法得出的：将生活实验室的核心支柱映射到港口治理机制上，这些机制决定了参与、决策权、可行的实验范围以及制度嵌入路径。治理–生活实验室契合度从四个维度进行评估，每个维度对应生活实验室支柱：

1. 利益相关者动态（四螺旋中的广度与强度、角色清晰度、冲突解决）与共同创造相结合。
2. 决策权与嵌入（决策权的位置；落地切入点的可用性

，例如特许经营权、采购、标准操作程序；时间窗口）与制度性嵌入（多层级决策）相结合。

3. 创新范围（租户级与系统级试点项目之间的平衡；能源—数字耦合；运营规模；外部关联）与真实生活场景相结合（系统级试点项目需要多个港口参与方和／或基础设施之间进行协调，例如港口—公用事业—租户协作安排、共享计量／数据接口或跨租户互操作性，而非由单个租户或单个港口单位单独实施）。

4. 制度化采纳机制（合同、特许经营权与租赁协议、采购条款、标准操作程序和谅解备忘录；规范质量；监测与执行；可复制性）与迭代学习相结合，并关注学习如何被编纂进正式文书。

每个维度按 0–2 分进行评分（0 = 低／缺失； 1 = 中等／不一； 2 =高／强），并使用明确的指标。简短的文字说明将分数与有日期的材料相联系。完整的指标集和评分标准见附录 A。两名研究人员使用与四个维度及生活实验室支柱相对应的结构化模板，分别对 PoA 和 PoT 进行编码。研究人员 1 参与了所有研讨会，而研究人员 2 则根据研讨会文字记录、数字化材料和主持人报告进行了离线编码。我们指出，这种对现场活动熟悉程度的差异可能会导致对回答的解读略有不同。跨案例评分和证据锚点汇总见附录 B。

通过为每个港口传阅一页的事实摘要，开展了成员核查，以核实各方角色、流程和约束条件。所有编码决策均保持与源材料的可追溯性。跨案例比较在跨案例矩阵中并列呈现 PoA 和 PoT 的评分，以识别系统性差异及设计启示。参加研讨会和访谈均属自愿。未经事先同意，不报告任何敏感的运营数据。所分析的人工制品均在项目活动中产生，并存储于受控协作存储库中。除非获得明确许可，否则对可识别的陈述进行匿名化处理。

3 结果

3.1 奥尔堡港（地主型）

PoA 在四螺旋框架下展现出广泛的参与，市政机构、港口公司与港务局、码头租户、公用事业单位及研究合作伙伴之间保持定期联系。通过能力建设过程，各方角色与职责得到明确，并经过迭代完善，从而支持围绕能源系统用例形成共同的问题界定，并持续开展动员。这一配置支撑了强有力的共同创造和累积式迭代学习，与 LL 强调在真实环境中进行多方参与者协调的理念一致。

地主型模式提供了多个界定明确的切入点，以嵌入生活实验室（LL）的成果，尤其是通过特许经营／租赁结构和港口层面采购。在此，落地切入点 指的是治理工具，例如特许经营／租赁附件、招标要求、关键绩效指标和报告条款（如能源绩效、计量、数据共享），以及可将试点证据转化为可执行义务的续约窗口期。决策路径相对透明且有明确时限（例如特许经营续约窗口期和资本

预算周期），从而使试点证据能够进入正式决策工具，进而加强制度嵌入（多层级决策）。

为使成果在用例层面变得切实可见，PoA 表示有意将能源社区作为早期试点项目加以开发。就 LL 而言，这属于中观层（项目/试点项目层面）；而用于塑造该项目的研讨会活动和工具（利益相关方映射、使命设定、问题陈述等）则属于微观层。用于稳定此类试点项目的遴选、治理和规模扩展方式的战略与运营框架，则对应三层生活实验室模型的宏观层。

总体而言，PoA 的试点组合涵盖租户层面的干预措施（例如运营电气化、数据共享原型）和系统层面的举措（例如能源枢纽、电网服务参与），并明确与数字化（数据平台、计量、互操作性）相结合。试验在运营环境中以有意义的规模开展，与真实情境支柱相契合，并通过合同级工具推动从迭代学习迈向正式化。

3.2 特雷勒堡港（工具/公共服务）

PoT 的参与更具针对性，也更加正式，依托于管理机构的运营职责范围和法定合作关系。与 PoA 相比，ENoLL 为 PoT 设计的能力建设路径明确更加量身定制，反映了双方不同的起点和内部能力，同时仍以 LL 原则作为参照框架。共同创造虽已开展，但需要有意识地加以引导，才能保持各周期之间的节奏，尤其是在外部参与者是否参与取决于项目的即时相关性和可用资源时。

与地主型情境相比，PoT 可用于外部制度化的合同级落地机制较少。集中式管理机构有助于果断推进内部试点，但制度性嵌入（多层级决策）主要依赖内部程序（标准操作程序）、采购规范和市政协调，而非特许经营／租赁机制。换言之，制度采纳在内部运营中是可行的；若要向外部推广，通常需要定制安排（例如跨组织协议、联合工作计划，或在适用情况下签订谅解备忘录）。

PoT 表示有意将绿色协调员 职能作为具体案例锚点。从概念上看，这不同于单一技术试点项目：它是一种组织协调机制，旨在（i）稳定可持续发展举措的所有权，（ii）确保项目之间的连续性，以及（iii）建立内部落地机制，将 LL 学习转化为日常惯例、采购用语和跨参与方协调。在三层生活实验室模型中，这最适合理解为强化宏观 层面（运营治理能力），同时推动更加协调的中观层面项目和可重复开展的微观层面参与活动。

PoT 的试点项目侧重于其权限范围内的运营改进（例如交通流、岸电调度），并有选择地与配电系统运营商和市政能源规划建立系统层面的联系。真实情境为内部试点项目提供了良好基础，但受治理因素以及外部制度化工具有限等因素制约，系统层面的覆盖范围仍较受限。迭代学习确实会转化为正式化，但其规范化范围比地主型情境更窄。

3.3 跨案例模式、案例锚点与共同要素

为使结果部分紧密立足于这些实证材料，我们将（i）以证据为锚点的跨案例模式 与（ii）设计启示 区分开来；后者是根据前者进行分析推导的。

因此，我们保留了实证跨案例模式表（表 2），并补充了案例与三层结构的映射表（表3），将两个由港口界定的案例锚点置于宏观—中观—微观生活实验室逻辑及其相关治理落地切入点之中。

两个港口都呈现出若干共同要素，这些要素来自研讨会成果材料和访谈材料。首先，两个生活实验室都依赖一套共同的微观层面参与工具——研讨会、利益相关者识别与优先级排序、SWOT分析和价值映射——以揭示优先事项、明确角色，并将宽泛的转型目标转化为可付诸行动的问题陈述。这些工具由 ENoLL 能力建设方案提供，但也都是广泛使用的参与式方法；它们在此处的分析价值，体现在其产出，以及这些产出能否（或无法）延续至特定治理落地区域。其次，两个港口都反复面临着明确角色界定、并随着时间推移持续重新激活利益相关者的需求，尤其是要维持其在初始框架构建阶段之后的参与。第三，两个案例都表明，公民社会／用户参与并非自动发生：即使明确采用四螺旋框架，要实现公共部门与产业参与者以外群体的参与，也需要审慎设计并主动拓展联络。

表2：按治理–生活实验室契合维度划分的跨案例模式（编码结果综合）。

维度	地主型情境（PoA）	工具／公共服务情境（PoT）
利益相关者动态	四螺旋各方广泛、持续的参与；角色清晰度支撑港口并行实验和组合逻辑。	有针对性的，正式化的参与；强重点但节奏需要主动引导以维持迭代周期。
决策权限以及嵌入	多个合同的和程序—性落地切入点（特许经营权、租赁协议、采购）；更明确的时间窗口用于将成果制度化。	外部落地切入点较少；嵌入渠道主要是内部程序、采购和市政协调。
创新范围	均衡涵盖租户试点项目 and 系统层面的举措；更强的能源—数字耦合，以及运营规模。	管理机构职责范围内的试点项目运营，并有选择地与系统建立联系；系统层面的覆盖范围逐步扩大且更具偶然性。
制度采纳机制	合同级工具（特许经营/租赁附件、关键绩效指标条款）以及全港程序能够促进扩散并确保可执行性。	通过标准操作程序、采购规范的采用，化和协调工具—制度化范围较窄且通常是定制的。

总之，跨案例结果表明，治理决定了证据必须落实于何处才能具有约束力，以及谁有权据此采取行动。案例锚点进一步说明，港口可以通过不同的中观层级切入点（例如能源社区试点项目或绿色协调员职能）来落实 LL 工作，同时在同一套总体的宏观—中观—微观生活实验室逻辑下，采用可重复使用的微观层级方法和工具。

4 讨论与未来工作

本研究通过明确治理安排与生活实验室（LLs）的设计及制度化之间的联系，推进了港口创新文献的发展。尽管生活实验室（LLs）被广泛视为开展共同创造和实验的载体 [7, 5], ，既有研究往往主要将治理视为背景 [5, 18]，而不是一组能够塑造生活实验室（LLs）所能实现成果的可操作条件。本研究的贡献体现在两个方面。首先，本研究提出了一种治理—

表3：将案例锚点置于LL三层模型（宏观—中观—微观）和治理“落地区域”中。

港口（治理）	典型治理落地切入点	宏观层（稳定的 con-构）	Meso 层（项目/试点）	微观层（方法-作模式/工具型）
PoA（地主型）	特许经营/租赁附件：关键绩效指标和报告条款；租相关要求；更新窗口。	基于港口的 LL con-由……锚定的星座 port 公司 and the port 权限与市政机构、租户、公用事业单位、and 研究参与；战略与运营框架稳定了筛选和扩展逻辑。	**能源 社区**优先作为早期试点项目；可调整的项目——两在层级 配置 to 具体的 利益相关者和目标。	研讨会，利益相关者映射，使命/范围and 问题陈述。
PoT （工具/公共服务型）	SOP 更新；采购规范；市政/跨机构 协调工具；定制协议 必要时。	港务局主导的在运营职责范围内，并法定的 and 市政联系；量身定制的LL 反映路径组织的 起始点。	**绿色 协调员**被提出作为组织案例锚点：an 内部 协调功能 旨在 to 稳定 《可持续性》work 跨越倡议与合作伙伴（促成连贯的 项目遴选性与连续性）。	研讨会，利益相关者利益相关方识别及优先级排定，排定，价值 矩阵，以及 SWOT 分析。

生活实验室契合框架，将所有权和决策权与生活实验室（LL）的四大支柱（共同创造、真实情境、迭代学习和制度嵌入（多层级决策））联系起来，并通过透明指标和0–2评分方案将这一联系加以操作化。其次，本研究提供了具有比较性的港口特定证据，展示不同治理逻辑如何为生活实验室产出创造不同的制度“落地切入点”，从而决定试点项目是停留在偶发性层面，还是转化为可写入合同的变革或程序性变革。据我们所知，这是首项将治理类型学与生活实验室方法论相结合的港口研究，并证明了这种联系如何影响租户层面和系统层面的创新潜力。

4.1 在文献之中并与之对话

实证港口研究通常侧重于运营效率、市场结构和所有权改革（例如公司化、特许经营化），将创新视为项目层面的属性，而非制度性过程 [19, 20, 21, 22, 23, 24]。近期关于港口可持续性与数字化的研究注意到了新的能力（绿色港口战略、港口社区系统、数据平台），但往往未能进一步解释试点项目如何转化为约束性规则或惯例 [25, 26, 27, 28, 2]。本文通过明确治理–生活实验室契合度，补充了这类研究，并具体指出证据的“落地切入点”（合同、标准操作程序、采购），从而有助于解释为何类似的示范项目在不同港口治理类型下会产生不同的治理结果。

本文还拓展了公共部门创新与协作治理领域的研究，揭示了 共同创造如何在不同港口治理条件下转化为采纳。在两个案例中，只有当生活实验室产出能够转化为具体的治理产物——例如特许经营或租赁附件、采购规范、标准操作程序更新以及协调协议——时，才能持久发挥作用。这超越了主要关注协作质量的论述，指出了证据转化为约束性内容所经由的实际“落地切入点”。

我们的重新 结果进一步表明，相关机制位于LL治理的中观和宏观层面。 rs

在中观层面，港口可以将LL工作锚定在一个具体的切入点上（例如，PoA的能源社区；PoT的绿色协调员），以此构建优先事项和利益相关者的角色。在宏观层面，治理安排决定了LL学习得以制度化所依托的人工制品具备何种权限、时间窗口和可执行性。简言之，相同的微观层面LL方法（研讨会、映射、迭代测试）可能产生不同的治理结果，具体取决于决策权和规范化工具所在的位置。

4.2 局限性与未来工作

若干局限性使本文结论有所保留。现有证据反映的是早期阶段的能力建设和研讨会成果材料，而非长期结果评估。选择这两个案例是为了进行分析性对比；它们并不能在统计意义上代表所有治理形式或区域背景。尽管评分方案提高了透明度，但它未纳入政治经济因素（例如存在争议的目标、既有合同），而这些因素可能影响变革的速度和方向。

未来研究将从两个方面深化并拓宽实证基础。第一，我们将使用价值主张反思表和半结构式访谈指南，开展并分析更多深入的利益相关方访谈，以验证并扩展研讨会所得发现、强化证据链并完善指标。第二，我们将从不同治理类型的港口中招募更多样本，包括混合型和合资型变体，以检验治理与生活实验室契合框架的可移植性、探究边界条件，并评估互操作性标准如何促进不同制度环境中的扩散。纵向跟踪将考察本文提出的人工制品（例如特许经营／租赁附件或标准操作程序更新）是否得到采纳、在何种时机和谈判条件下得到采纳，以及会产生何种运营和系统层面的影响。增强稳健性的另一条路径是，通过分析同一港口内的多个试点项目（例如若干中观层面举措）来扩大港口内部三角验证，并通过考察在不同治理模式下运营的港口中同一类型的案例锚点（例如能源社区），开展控制更严格的跨港口比较。

稿件准备过程中生成式人工智能和人工智能辅助技术的声明

在本项工作准备过程中，作者使用了 ChatGPT，以提高稿件的清晰度和可读性，包括协助进行语言编辑和措辞润色。在使用此工具/服务后，作者根据需要对内容进行了审阅和编辑，并对已发表文章的内容承担全部责任。

参考文献

[1] J. Monios、G. Wilmsmeier、G. A. M. Tello 和 L. Pomaska，“气候变化背景下港口治理的新构想”，《运输地理学杂志》，第 120 卷，102024。

[2] J. S. L. Lam 和 T. Notteboom，“港口绿色化：亚洲和欧洲主要港口所采用的港口管理工具比较”，《交通评论》，第 34 卷，第 2 期，第 169–189 页，2014 年。

[3] Z. H. Munim、H. Sornn-Friese 和 M. Dushenko，《确定绿色港口管理的适当治理模式：将网络分析法与最佳-最差法应用于

印度洋沿岸地区的港口》，清洁生产杂志，第 268 卷，2020 年 9 月。

[4]H. Sornn-Friese，《交易的内容、结构与治理：一种商业模式》，第 55–69 页，2024 年。 [在线]。可访问：https://research.cbs.dk/en/publications/content-structure-and-governance-of-transactions-a-business-model

[5] ENoLL，《生活实验室协作治理框架基础与能力建设。提交给 potent-x 的报告》，技术报告，2025 年。

[6] 欧洲生活实验室网络、D. Schuurman、M. I. DeLosRíos-White 和 M. Desole，《生活实验室的起源、发展与未来展望》，2025 年。 [在线]。可访问：https://doi.org/10.5281/zenodo.14764597

[7] F. Engels、A. Wentland 和 S. M. Pfotenhauer，《测试未来社会？将测试平台和生活实验室发展为创新治理工具的框架》，研究政策，第 48 卷，2019 年 11 月。

[8]S. Cavallini、R. Soldi、J. Friedl 和 M. Volpe，“运用四螺旋方法加快研究与创新成果向区域增长的转化”，欧盟 / 欧洲地区委员会，技术报告，2016 年。 [在线]。可访问：
https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e54c161-36a9-11e6-a825-01aa75ed71a1

[9]D. Schuurman，“弥合开放式创新与用户创新之间的鸿沟？探索生活实验室作为一种组织用户贡献并管理分布式创新的手段所具有的价值”，博士论文，根特大学和布鲁塞尔自由大学，2015 年。[在线]。可访问： http://hdl.handle.net/1854/LU-5931264

[10]J. Fauth、K. De Moortel 和 D. Schuurman，“生活实验室作为区域创新生态系统中的协调者：概念框架”，《责任创新杂志》，第 11 卷第 1 期，第 2414505 页，2024 年。[在线]。可访问：https://doi.org/10.1080/23299460.2024.2414505[11]A. Polydoropoulou、E. Bouhouras、G. Papaioannou 和 I. Karakikes，“应对气候变化扰动的港口韧性生活实验室”，《海洋与海岸管理》，第 261 卷，第 107528 页，2025 年。[在线]。可访问：https: // www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569124005131[12]L. Gerlitz、C. Meyer 和 L. Henesey，“波罗的海地区中小型港口的可持续发展转型来源：利用生活实验室开展可持续未来构建的案例”，《可持续性》，第 16 卷第 11 期，第 4667 页，2024 年。 [在线]。可访问：https://www.mdpi.com/2071-1050/16/11/4667[13] E. Catana、F. Merlo 和 G. Perboli，“港口数字化转型治理：来自 5G-LOGINNOV项目的政策学习”，《欧洲开放研究》，第 5 卷，第 362 页，2025 年。[在线]。可访问：https://open-research-europe.ec.europa.eu/articles/5-362[14]新加坡海事及港务管理局。（2026）新加坡海事及港务管理局生活实验室。访问日期：2026年1月7日。 [在线]。可访问：https://www.mpa.gov.sg/maritime-singapore/innovation-and-r-d/milestones-key-projects/mpa-living-lab

[15] 世界港口可持续发展计划。（2023）哈利法克斯港务局——码头生活实验室。访问日期：2026年1月7日。 [在线]。可访问：https://sustainableworldports.org/project/halifax-port-authority-the-pier-living-lab/[16]世界银行，“港口改革工具包”，技术报告，2007 年。[在线]。可访问：https : / / ppp . worldbank. org / public-private-partnership/library/ port-reform-toolkit-ppiaf-world-bank-2nd-edition[17] T. Notteboom、A. Pallis 和 J.-P. Rodrigue，《港口经济、管理与政策》。Routledge，2021 年 12 月。[18] B. Madon、A. Torralba、A. Alamoush、L. Jøker、P. Skyum 和 F. Libertson，“港口作为能源转型枢纽——协作治理框架”，塞维尔大学，技术报告，2025 年 7 月。 [在线]。可访问：https://potent-x.eu/documents/[19] T. D. Heaver，“竞争加剧对港口政策与管理的影响”，《海事政策与管理》，第 22 卷第 2 期，第 125–133 页，1995 年。[20] T. E. Notteboom 和 W. Winkelmans，“物流业的结构性变化：港务局将如何应对这一挑战？”《海事政策与管理》，第 28 卷第 1 期，第 71–89 页，2001 年。[21] M. R. Brooks 和 K. Cullinane 编，《权力下放、港口治理与港口绩效》。牛津：Elsevier/JAI出版社，2007 年。[22] P. Verhoeven，“港口管理局职能综述：迈向复兴？”《欧洲交通与基础设施研究杂志》，第 10 卷第 4 期，第 408–428 页，2010 年。[23] P. W. de Langen，“海港集群中的治理”，《海事经济与物流》，第 6 卷第 2 期，第 141–156 页，2004 年。[24] A. K. Y. Ng 和 A. A. Pallis，“多元化制度性框架中的港口治理改革：通用解决方案与实施不对称性”，《交通评论》，第 30 卷第 4 期，第 395–415 页，2010 年。[25] M. Acciaro、H. Vanelslander、C. Sys、T. Notteboom、C. Ferrari 和 A. Roumboutsos，“海港的环境可持续性：成功创新的框架”，《海事政策与管理》，第 41 卷第 5 期，第 480–500 页，2014 年。[26] V. Carlan、C. Sys 和 H. Vanelslander，“港口社区系统如何促进港口竞争力：构建成本效益框架”，《交通运输商业与管理研究》，第 19 卷，第 51–65 页，2016 年。[27] M. Fruth 和 F. Teuteberg，“海事物流数字化：现状与缺失之处是什么？”《Cogent商业与管理》，第 4 卷第 1 期，第 1411066 页，2017 年。[28] L. Heilig、S. Schwarze 和 S. Voß，“港口行业数字化转型调查”，载于《第 50 届夏威夷国际系统科学会议（HICSS）论文集》，2017 年，第 1341–1350 页。

附录

A 指标代码手册（0–2 量表）

维度 1 — 利益相关者动态

指标： 四重螺旋（公共部门、行业/租户、学术界、公民社会/用户）中的代表性；参与频率与连续性；角色清晰度与沟通渠道；冲突解决流程。

评分标准：

- **0：** 参与范围有限或临时性；角色不明确；互动不规律。
- **1：** 参与有针对性且稳定；角色已有部分规定；设有引导式会议。
- **2：** 广泛且持续的参与；明确的角色分工图；用于解决问题的常设机制。

维度 2 — 决策权与嵌入

指标： 决策地点与预算权限；用于将成果制度化的正式落地载体（特许权/租赁、采购、标准操作程序、法规）；可识别的时间窗口（续期、资本性支出、预算周期）；可追溯的证据路径。

评分标准：

- **0：** 权限不透明；缺乏明确渠道；时机无法预测。
- **1：** 可识别的内部渠道；外部规范化视情况而定；时机协调不充分。
- **2：** 多个定义明确的渠道；清晰的时间窗口；可追溯的证据路径。

维度 3 — 创新范围

指标： 平衡租户层面与系统层面的试点项目；能源—数字耦合（计量、数据模型、控制系统、互操作性）；真实场景中的运营规模；外部关联（配电系统运营商/输电系统运营商、市政能源规划、物流接口）。

评分标准：

- **0：** 孤立的小规模试点项目；数据或能源关联薄弱。
- **1：** 扎实的内部试点项目；选择性外部关联；中等规模。
- **2：** 组合均衡；耦合度强；具备系统层面的整合可能性。

维度 4 — 制度化采纳机制

指标： 可用工具（合同、特许权/租赁、采购条款、标准操作程序、谅解备忘录）；规范质量（可量化的关键绩效指标、数据共享条款、监测）；执行与审查流程；通过模板或模式实现的可复制性。

评分标准：

- **0：** 没有可复用机制；仅有非正式采纳。
- **1：** 内部程序和采购；对外可执行性有限。
- **2：** 包含关键绩效指标和监测机制的合同级工具；用于扩散的模板。

B 跨案例矩阵（治理–LLfit）

维度	指标（摘要）	PoA（R1/R2）	证据锚点	PoT（R1/R2）	证据锚点
利益相关者动态	广度；跨越四重螺旋；强度和节奏；角色清晰度；解决机制	2/1	R1：多方参与的画布-布；定期联合场次；明确的角色映射。R2：强利益相关者网络；开发合作机制。	1/0	R1：有针对性的参与；项目特定参与；便利-说明。R2：Nar-行互动；自我重点目标。
决策权限 and 嵌入	决策逻辑；可用性-落地切入点（特许经营权、采购-事，标准操作程序）；时机时间窗口；可追溯性	2/1	R1：特许经营和租赁途径；pro-采购操作手册；决策时间表。R2：清晰的工作流程；流程瓶颈。	1/1	R1：内部标准作业程序；市政的协调；外部规范化渠道有限制度化渠道。R2：明确的权力；有限财务in-文书。
创新范围	租户与系统试点项目；能源—数字耦合；运营规模；外部关联	2/2	R1：租户试点项目和系统项目；数据平台连接。R2：重大创新规模；系统性创新—版图。	1/1	R1：内部试点；se—集体配电系统运营商或市政接口。R2：内部范围；适度目标。
制度性采用机制	工具；具体规范质量；执行与审查；可复制性性	2/2	R1：特许经营附件；KPI条款；全港程序。R2：清晰的外部接口。	1/1	R1：SOP更新；框架采购事项；谅解备忘录。R2：内部程序。

表4：治理–生活实验室契合度的跨案例比较及两位独立编码员评分（R1/R2）。评分：0 = 低/缺失；1 = 中等/不一；2 = 高/强。