

面向多学科交叉创新的实验室文化生态构建与实践探索

周晔*, 李晓光, 李秀婷, 吴成发, 邹莎, 冯腾, 刘力睿

深圳大学高等研究院, 广东深圳

DOI: 10.62836/jer.v4n3.1061

摘要: 在全球科技竞争加剧与科研范式演进的背景下, 多学科交叉融合已成为实现原创性突破和培养复合型创新人才的关键路径。然而, 传统单一学科导向的实验室管理模式在应对复杂科学问题时, 普遍面临协作低效、资源共享受限及评价机制滞后等挑战。本文以深圳大学高等研究院的教学改革实践为基础, 深入探讨了面向交叉创新的实验室文化生态构建, 提出并实践了“理念-制度-行为-环境”四位一体的系统化模型, 旨在将抽象的文化价值观转化为可运营、可评估的治理体系。具体实践包括: 设立“交叉种子基金”以激励高风险探索; 构建“角色标签+多维计分”的跨学科贡献度量化评价体系, 以保障合作公平性; 打造遵循FAIR原则的虚实融合协作平台, 以提升资源流动效率; 推行设备全生命周期管理, 以平衡开放共享与安全合规。实践结果表明, 该模型显著提升了科研团队的协作网络密度与创新产出, 为我国高校实验室管理改革与新时代拔尖创新人才培养提供了具有前瞻性和可推广性的深大模式。

关键词: 交叉创新; 实验室文化; 团队科学; 贡献度量化

Construction and Practical Exploration of Laboratory Cultural Ecosystem for Cross-Disciplinary Innovation

Ye Zhou*, Xiaoguang Li, Xiuting Li, Chengfa Wu, Sha Zou, Teng Feng, Lirui Liu

Institute for Advanced Study, Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong

Abstract: Under the dual drive of accelerating global technological competition and evolving scientific paradigms, multidisciplinary integration has become a key path to achieving original breakthroughs and cultivating composite innovative talents. However, traditional single-discipline-oriented laboratory management models commonly face challenges such as inefficient collaboration, restricted resource sharing, and lagging evaluation mechanisms when dealing with complex scientific problems. Based on the teaching reform practice at the Institute for Advanced Study of Shenzhen University, this paper deeply explores the construction of a laboratory culture ecosystem oriented towards interdisciplinary innovation. The study proposes and implements a systematic “Philosophy-

* 基金项目: 深圳大学实验室与设备管理研究基金(2026006); 广东省研究生教育创新计划项目(2025JGXM_151); 深圳大学教学改革研究项目(JG2025023)。

通讯作者: 周晔, 深圳大学高等研究院, 教授, E-mail: yezhou@szu.edu.cn。

System-Behavior-Environment” four-in-one model, aiming to transform abstract cultural values into an operable and evaluable governance system. Specific practices include: establishing an “Interdisciplinary Seed Fund” to incentivize high-risk exploration; building a “Role Tag + Multi-dimensional Scoring” quantitative evaluation system for cross-disciplinary contributions to ensure fairness in collaboration; creating a virtual-real integrated collaboration platform adhering to the FAIR principles to enhance resource flow efficiency; and implementing life-cycle management of equipment to balance open sharing and safety compliance. The results demonstrate that this model significantly improves the collaboration network density and innovation output of research teams, providing a forward-looking and replicable “SZU Model” for laboratory management reform and the cultivation of top-notch innovative talents in the new era in China.

Keywords: interdisciplinary innovation; laboratory culture; team science; contribution quantification

1 引言

当前，人类社会面临的重大挑战，如气候变化、公共卫生危机、能源转型等，均具有高度的复杂性、系统性和不确定性[1]。解决这些问题已超越了任何单一学科的能力边界，催生了以多学科交叉融合为核心的团队科学（Team Science）新范式[2]。国际上，美国国家科学基金会的融合研究（Convergence Research）和欧盟地平线欧洲（Horizon Europe）的任务导向计划，均将跨学科协同能力和文化生态成熟度作为项目评审与绩效评估的重要维度。

在国内，随着“双一流”建设的深入推进和新工科、新医科、新文科的战略布局，高校被赋予了培养具备跨学科视野和创新能力的复合型人才的重任。实验室作为科学研究和人才培养的主阵地，其管理模式和文化氛围亟需从传统的学科本位向“问题导向”和“交叉协同”转型。

尽管我国在科研硬件设施和大型装置建设方面取得了显著成就，但在实验室的软环境建设上，仍存在诸多挑战，形成了“硬件先进、机制滞后、协作低效”的结构矛盾[3]。具体痛点包括：

（1）文化理念的空泛化：核心价值观往往停留在口号层面，难以转化为师生日常可见、可执行

的具体行为准则。

（2）贡献度量化的缺失：不同学科在交叉合作中的贡献形式和周期差异大，缺乏科学的量化评估工具，易引发署名、知识产权分配等争议，严重阻碍了合作积极性。

（3）资源共享的困境：实验室资源开放共享与安全合规之间存在天然张力，导致设备利用率低，同时安全风险难以有效管控。

（4）协作平台的低效率：虚拟学术社区和协作平台常面临“建而不活”的窘境，信息、设备、人员和知识的流动效率低下。

本文旨在通过深圳大学高等研究院的教学改革实践，构建并验证一套系统化的、面向交叉创新的实验室文化生态构建模型。研究目标是：构建“理念-制度-行为-环境”四位一体的实验室文化生态模型；设计并实施跨学科贡献度量化评价和资源共享与安全合规平衡机制；形成一套可复制、可推广的“深大模式”实验室文化建设方案。

2 实验室团队科学与FAIR原则的深度融合

2.1 团队科学理论的指导

团队科学是近年来兴起的一门交叉领域研究方向，关注科学合作日益复杂化、规模化背景下，科

学团队如何通过合理的组织、管理与运行机制实现高效、持续的创新[4]。与传统强调“个人科学家”贡献的视角不同，团队科学强调在多学科、多机构、多角色参与的情境中，通过结构化协作和制度化支持，促进知识整合与协同创新。其核心理念在于：面对愈发复杂的科学问题，单一学科或单个研究者往往难以独立应对，必须依托跨学科、跨层级的合作网络，通过系统设计与过程管理提升整体研究效能。基于此，团队科学理论为实验室文化生态的构建提供了重要的理论基础与实践指引。

具体而言，团队科学理论对于本文所构建的在深圳特区的实验室文化生态模型，主要体现在以下三个方面：

(1) 共享心智模型

团队科学强调，成员之间要在项目目标、研究路径、任务分工、角色定位以及协作流程等方面形成相对一致、清晰且可沟通的“共享心智模型”。这种共享不仅仅是对项目总体目标的认同，更包括对“为什么这样做、谁来做、怎么做、做到什么程度算达标”等问题的共识。只有在此基础上，团队成员才能在面对不确定性、突发问题或研究方向调整时，保持协同而非各自为战。

在本文的实验室文化生态模型中，这一理念对应于“理念识别”和“行为准则”两个维度。一方面，通过明确实验室愿景、价值取向与科研使命，帮助成员在理念层面形成共同认知，实现“为什么在这里做科研”的身份与目标认同；另一方面，通过制定清晰可操作的行为规范（如项目推进流程、论文署名规范、数据管理要求、合作沟通礼仪等），将抽象的理念转化为可执行的行为标准，从而在日常实践中逐步积累并稳固共享心智模型。

(2) 组织公平与激励机制

团队科学研究表明，在跨学科、跨层级的合作情境中，如何设计公平、透明、可预期的成果分配与激励机制，是维持团队稳定性与合作积极性的关键因素之一。若贡献无法被合理识别与认可，容易导致成员产生相对剥夺感，进而影响合作意愿与创新投入；相反，合理的激励结构不仅有助于提升

个体动力，还能引导团队行为向集体目标聚焦。因此，团队科学特别强调程序公平（决策过程是否公开透明）、分配公平（成果与资源分配是否与贡献相匹配）以及互动公平（在沟通反馈中是否给予成员尊重与解释）。

在本文所提出的实验室文化生态模型中，这一理念直接体现在“制度保障”维度中，尤其是“贡献度量化”的设计。通过引入相对客观、可追溯的贡献评价体系（例如对实验设计、数据采集、结果分析、论文撰写、项目协调等不同类型贡献进行分类记录与权重设定），尝试将以往“隐性贡献”显性化、“模糊印象”制度化，从而为论文署名顺序、成果归属、资源分配等提供可依据的标准。这一制度安排有助于减少因信息不对称或主观判断带来的不公平感，增强成员对团队规则的信任感与安全感，为长期合作关系的建立和团队文化的稳固提供重要支撑。

(3) 沟通与协作环境

团队科学还强调，高效团队的形成有赖于良好的沟通与协作环境，包括正式的组织机制和非正式的互动空间。前者如定期组会、项目例会、阶段性汇报、跨课题组研讨等制度化安排，有助于信息共享、进度协调和决策共识的形成；后者如非正式学术讨论、同伴互助、小范围头脑风暴、实验室日常交流等，则为隐性知识传递、创新灵感碰撞和情感支持提供关键场域。此外，随着科研工作日益数字化与全球化，团队科学也强调虚拟协作空间的重要性，例如在线文档协同平台、项目管理工具、数据共享仓储和即时沟通工具等，以降低沟通成本、提升协作效率。

在本文的实验室文化生态模型中，这一理论直接构成“环境支撑”维度的核心内容。一方面，从物理空间上强调实验室布局对交流与合作的影响，如是否有利于跨课题组成员的偶遇交流、是否设置便于非正式学术讨论的小组空间等；另一方面，从制度与技术环境上强调建立多层次沟通渠道和共享平台，包括固定频率的学术例会、跨项目交流机制、完善的信息发布与反馈机制，以及配套的数字化协作工具。通过构建兼具正式性与灵活性、结构

化与开放性的沟通环境，使实验室文化不只停留在文本与口号层面，而是在日复一日的互动实践中被不断重申、修正与强化。

综上，团队科学为实验室文化生态的系统构建提供了一套可操作的理论框架：通过共享心智模型夯实价值与行为共识，通过组织公平与激励机制保障合作关系的稳定与可持续，通过良好的沟通与协作环境促进知识流动与创新涌现。本文在构建实验室文化生态模型时，正是将这些理论要点与实验室的具体情境相结合，从而探索一条既有制度基础、又具实践可行性的实验室文化建设路径。

2.2 FAIR原则的融合

在数字化时代，科研数据已逐渐取代传统物质资产，成为实验室最核心、最具长期价值的资源。FAIR原则（Findable, Accessible, Interoperable, Reusable，即可发现、可访问、可互操作、可重用）已被广泛视为国际科研共同体中数据管理与治理的基础规范[5]。在实验室文化生态构建中，将FAIR原则主动嵌入“环境支撑”和“制度保障”两个维度，具有基础性与牵引性意义。一方面，在环境层面，需要通过统一的数据存储平台、规范的元数据描述、清晰的命名与版本控制规则以及适当的权限管理与备份机制，营造有利于数据长期保存和高效调用的技术条件和协作场域，使数据在实验室内部“看得见、找得到、用得上”。另一方面，在制度层面，应通过制定数据管理规范、成果归档制度和数据开放共享流程，将FAIR原则转化为可执行的操作标准，并纳入项目管理与成员评价体系，引导成员在实验设计、实验记录、数据整理和成果发表各环节自觉遵循数据规范，提升科研过程的可追溯性和结果的可验证性。

进一步来看，实验室团队科学理念与FAIR原则的深度融合，是构建高效协同实验室文化生态的关键抓手。团队科学强调共享心智模型、组织公平与高质量协作，而FAIR原则则为数据层面的共享与协同提供了具体技术路径和制度支撑：前者回答“如何一起做科学”，后者回答“如何一起用数

据”。当二者结合时，共享心智模型不仅体现在目标与角色的共识上，也体现在对数据规范、数据价值与开放边界的共同理解；组织公平与激励机制可以通过对数据产出与数据服务贡献的量化与认可得以强化；沟通与协作环境则在标准化的数据基础上显著降低跨学科交流门槛，促进知识的高效流动与复用，从而在团队层面形成以高质量数据为纽带的协同创新生态。

如图1所示，本研究以“目标导向”为核心，将团队科学与FAIR原则嵌入实验室文化体系之中，上承学科交叉优势与特区创新试验，下联“需求-访谈-建设-创新-凝练-推广”的工作路径，形成问题导向与结果导向相结合的系统机制，持续推进制度体系建设与实验室文化范式的塑造与稳固。

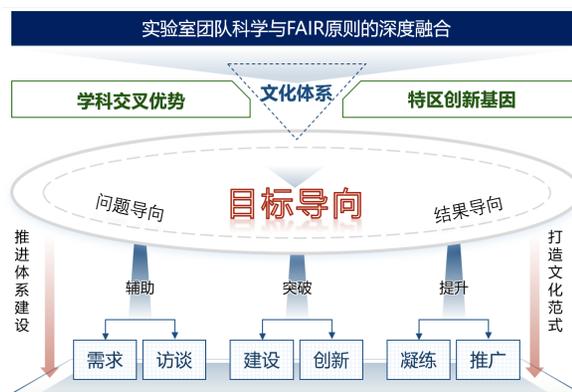


图1. 实验室团队科学与FAIR原则的深度融合

3 四位一体实验室文化生态模型的构建

四位一体实验室文化生态模型以“理念识别-制度保障-行为准则-环境支撑”为主线，在团队科学与FAIR原则统摄下，以目标导向贯穿问题发现、制度设计与实践反馈各环节。图2呈现了该模型如何在学科交叉与特区创新的双重优势中，通过文化体系与机制创新的协同作用，形成可持续演化的实验室文化生态。

3.1 理念识别：核心价值观的内化

理念是实验室文化的灵魂，只有从抽象口号转化为可感知、可实践的共同信念，才能真正

内化为师生的日常行为准则。高等研究院通过组织“师生共识营”、开展深度访谈与集体研讨等形式，在充分汇聚不同学科、不同发展阶段师生观点的基础上，凝练出“开放包容、协同创新、追求卓越、责任担当”四项核心价值观，并将其作为实验室文化生态构建的价值基石。其中，“开放包容”强调在学科背景、研究路径和方法论上的相互尊重与理解，鼓励打破刻板印象与学科边界，真正接纳多元思维；“协同创新”突出以重大科学问题为牵引，以团队协作为基本组织方式，推动从个体式研究向跨学科、跨团队联合攻关转变；“追求卓越”倡导严谨、诚实的科学精神和高标准的科研规范，在选题、实验设计、数据分析与成果呈现的全过程中坚持质量导向与学术贡献导向；“责任担当”则将实验室安全、数据合规、科研伦理与学术规范等要求上升为共同的道德承诺和制度约束，强调每一位成员都是实验室公共利益与学术声誉的守护者。通过在制度设计、日常管理和评价激励中持续强化这一价值框架，高等研究院推动核心理念从“被动知晓”走向“主动认同”和“自觉践行”，实现价值观在实验室文化中的深度内化与长效固化。

3.2 制度保障：柔性治理与差异化激励

制度是保障理念落地的关键。针对交叉研究的特殊性，我们构建了四类关键制度，以实现柔性治理和差异化激励：

3.2.1 项目孵化与资源配置机制

设立“交叉种子基金”，每年投入专项资金支持高风险、探索性、跨学科的合作项目。基金评审机制侧重于项目的交叉性和创新性，而非短期成果，鼓励师生进行“非共识”研究。

3.2.2 跨学科贡献度量化评价机制

建立破解协作摩擦的核心制度。基于“角色标签+多维计分”的评价模型，将传统的“论文为王”评价体系拓展至全过程、多维度的贡献评估（见表1）。

表1. 跨学科贡献度量化评价机制

角色标签	贡献类型	评估指标
问题提出者	理论/概念 创新	概念框架的原创性、项目 立项报告质量
方法输入者	技术/方法 支持	核心技术的迁移性、方法 学突破的难度
数据产出者	实验/数据 贡献	数据集规模、数据质 量、FAIR合规性
原型实现者	工程/原型 开发	原型功能实现度、工程 化难度
成果转化者	知识产权/ 应用	专利申请、技术转移、应 用价值

3.2.3 资源共享与合规审查一体化机制

推行设备全生命周期管理，明确责任人、维护计划和使用规范。建立“预约-培训-使用-审计”一体化流程，对敏感设备实行分级权限管理和前置培训，确保在高效利用的同时，满足安全和合规要求。

3.2.4 学术交流与团队协作机制

定期举办“学科交叉学术沙龙”、“方法互鉴工作坊”和“交叉创新挑战赛”，促进不同学科背景成员之间的思想碰撞与方法学迁移。

3.3 行为准则：将文化理念转化为行动清单

行为准则是理念在日常工作中的具体体现。我们编制了《实验室协作行为清单》，将核心理念转化为可对照执行的规范：

(1) 沟通规范：要求在跨学科会议中，使用非专业术语解释核心概念，确保沟通无障碍。

(2) 署名公约：在项目启动阶段即签署《知识产权与成果分配协议》，明确各方在论文署名、专利申请中的贡献比例和排序原则。

(3) 安全操作：制定多学科交叉实验室的安全操作规程，特别是针对化学、生物、物理等不同风险源的协同管理。

3.4 环境支撑：虚实融合的协作平台

3.4.1 物理空间：联合实验室与开放交流区

改造物理空间，建设3个跨学科联合实验室和

2个开放式交流区。联合实验室打破了传统的按学科划分的格局，支持不同学科团队在同一空间内高效协作。开放式交流区则鼓励非正式、自发的学术交流。

3.4.2 虚拟社区：数字化协作信息系统

开发多学科协作信息系统和虚拟学术社区，集成以下功能：（1）知识共享平台：遵循FAIR原则，统一管理文献、实验方案和原始数据；（2）设备预约与运维：实时显示设备状态、预约情况和维护记录；（3）协作网络分析：通过系统数据，自动分析团队成员的协作密度和知识流动路径，为评估提供数据支撑。

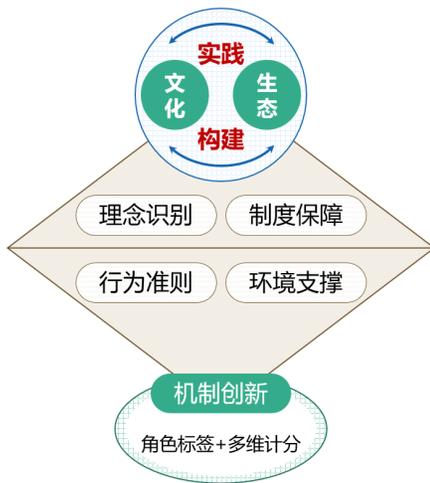


图2. 四位一体模型构建与机制创新

4 实践路径与机制创新

4.1 核心机制的深度创新

传统的评价往往只关注最终成果（论文、专利）。我们的“角色标签+多维计分”模型则引入了过程性、非显性贡献的权重。模型公式简述：

$$C_i = \sum_{j=1}^n (W_j \times S_{ij} \times F_i)$$

其中： C_i 是成员*i*在项目中的总贡献值； W_j 是第*j*种贡献类型（如方法输入、数据产出）的权重，由学科负责人和项目负责人共同确定。 S_{ij} 是成员*i*在第*j*种贡献类型上的得分（基于过程日志、同行互评和

第三方评审）。 F_i 是角色标签修正因子，例如问题提出者和项目负责人将获得更高的修正因子。通过这种量化方式，确保了数学、工程等在传统评价中容易被忽视的方法输入者和原型实现者的贡献得到公正体现，极大地激发了团队成员参与交叉合作的积极性。

4.2 组织变革的阻力与应对

实验室文化和管理机制的变革必然触及既有利益格局，产生组织变革阻力。我们采取了以下应对策略：

（1）试点先行与正向激励：优先在典型交叉团队中试点，并给予额外的资源支持和荣誉激励。通过数据和成果展示，持续强化“做了更好”的正向反馈。

（2）校院两级协调机制：建立由高等研究院和实验室与国有资产管理部共同参与的协调机制，确保政策和资源保障到位，避免改革在执行层面受阻。

（3）数据驱动的持续优化：通过评估体系的动态监测，用量化数据证明改革的有效性，而非仅凭主观感受，从而降低传统管理者的疑虑。

5 结论

面向交叉创新的实验室文化生态构建是高校教学改革和科研管理现代化的必然要求[6]。本文提出的“理念-制度-行为-环境”四位一体模型，通过机制创新、平台赋能和数据驱动力的评估，系统性地解决了交叉创新中的核心障碍。

未来，我们的研究将进一步关注：（1）长期跟踪与验证：对试点团队进行更长时间的跟踪，验证贡献度量化模型在职称评定、人才引进等更深层次制度中的适用性。（2）人工智能与自动化：探索利用人工智能技术，实现对协作网络、数据合规的自动化监测和预警，进一步提升管理效率。

通过持续深化改革，深圳大学高等研究院有望打造成为国内乃至国际领先的交叉创新文化高地，为培养面向未来的拔尖创新人才贡献力量。

致谢

本文由基金项目：深圳大学实验室与设备管理研究基金（2026006）；广东省研究生教育创新计划项目（2025JGXM_151）；深圳大学教学改革研究项目（JG2025023）资助。

参考文献

- [1] National Science Foundation. Convergence Research at NSF [EB/OL]. <https://www.nsf.gov>.
- [2] Tebes, J. K., Thai, N. D. Interdisciplinary team science and the public: Steps toward a participatory team science [J]. *Ameri-*

can Psychologist, 73(4): 549-562.

- [3] 张彩红, 许宏山, 虞春生, 兰继红, 张万光. 创新型人才培养视角下的高校实验室发展路径[J]. *实验技术与管理*, 2013, 30(7): 188-197.
- [4] Fiore, S. M. Interdisciplinarity as teamwork: How the science of teams can inform team science [J]. *Small Group Research*, 2008, 39(3): 251-277.
- [5] Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship [J]. *Scientific Data*, 2016, 3: 160018.
- [6] 龙玉珠, 严克桃, 熊华玉. 跨学科教育改革：构建交叉学科学生能力培养的新模式[J]. *创新教育研究*, 2025, 13(2): 98-104.

