

ARUP

未来实验室



此报告由奥雅纳创研院前瞻团队与奥雅纳科技与工业设施业务团队共同编制。

前瞻团队是奥雅纳的内部智库与咨询部门, 致力于在宏观层面研究未来建设与社会发展动态。我们就影响建筑环境的诸多因素开展了大量研究, 开发了“前瞻设计”概念——使用创新设计工具和技术, 将新想法融入日常生活, 与合作伙伴共同塑造更美好的未来。

奥雅纳科技与工业设施业务团队致力于帮助全球客户打造复杂且赋有挑战性的科技与工业建筑项目。我们凭借卓越的技术能力和设计专长, 以及对行业发展和客户需求的深入洞察, 为科学实验室、数据中心及工厂提供灵活且全面的服务。

©Arup 2024版权所有

未经许可, 不得复制

出品人

本报告由奥雅纳创研院制作发布

arup.com

目录

引言

前言	5
主要启示	9
塑造科学研究未来的驱动力	10

章节

人与协作	14
空间与运营	26
基础设施与场所	40

愿景

迈向新的科研生态系统	53
行动和建议	62

参考文献	64
致谢名录	68
关于奥雅纳	69



© Corey Seeman, CC BY-NC-SA 2.0

未来实验室

前言



Jennifer DiMambro
奥雅纳全球科技与工业
设施业务负责人

随着新冠疫情 (COVID-19) 的暴发, 有关传染病、疫苗研究及公共卫生领域的科学研究获得了极高的公众关注度。然而, 科研机构和制药业或将面临更大的挑战。

首先, 全球各地对制药和生物医学研究的需求将进一步增加, 以确保为人们提供及时治疗。如此庞大规模的需求将成为一个关键挑战。

其次, 科研实验室和设施在新冠疫情中也受到了影响, 科研行业必须对操作规程进行升级。疫情凸显出关键基础设施的作用, 确保科研工作环境的安全性和设施灵活性变得尤为重要。

最后, 非实验室类型的科研设施, 亦可参考实验室的安全要求进行设计。例如提高室外空气通风率、优化气流组织模式、24/7全天候系统运行, 以及在人员活动空间增加紫外线杀菌等, 都可能为其他类型的空间设计创新提供借鉴。

世界各地实验室所开展各类研究关乎人类的未来。合作已成为全球研究网络的基石, 且比以往任何时候都更加重要。科学界正齐心协力支持关键性研究, 携手推进科技进步, 共谋人类福祉, 这令我们倍感振奋。

左图: 新加坡南洋理工大学跨学科研究生院 “The Hive”



陈伟伦
奥雅纳东亚区科技与
工业设施业务负责人

从新冠疫情暴发到如今的后疫情时代，中国的生物科技及实验室研发诉求发生了巨大变化。全球聚焦生物及医药科技，相关业务高速发展，中国企业在应对内部高速增长需求的同时，迅速扩展国外销售。中国企业正面对研发标准、实验方式、生产流程等众多国际化要求。因此，其现有及新建设施也必须达到国际标准，并融合模块化、人性化、脱碳等转型目标。

本报告将从“人与协作”、“空间与运营”、“基础设施与场所”等方面探索未来实验室的发展方向。

“人与协作”是当今中国创新科技行业高度关注的议题。通过产业数字自动化，可使基层重复劳动工种大大减少，从而促进企业员工架构由传统偏重基层劳动力，转型至高知识水平研发人才，甚至顶尖科学家。人员架构的变化使企业更加关注顶尖人才的工作环境、ESG体验、健康生活配套、社交诉求，以及低碳生活等追求，以吸引高端专才加入企业。奥雅纳参与的上海信达生物制药研发中心、GSK上海总部、英国伦敦克里克研究所等经典案例

充分展示了“城市实验室园区”、“人文实验室”等概念，在中国内地以至全球市场都被作为重要的参考标杆。

在中国，除了由传统医药企业自建运营的生物科技实验室，近期出现了不少由政府区域开发平台公司，或私人开发商投资的出租性质实验室大楼。这些在房地产领域经验丰富的开发商，在转型投资实验室出租业务时，必须研究不同潜在客户不断变化的入驻需求，并前瞻本地客户不断提升、对标国际运营水平的变革进度。奥雅纳参与的上海顶尖科学家生物科技实验室是其中的经典案例。项目建筑层高可预留足够空间，提供独立机电夹层，确保物业团队进行屋宇设备维保工作时，下方实验可不间断进行，成为中国国内少有的可满足此等国际顶级科学实验运营标准的民营实验室。

顶级配置的实验室是全球人类健康福祉及科学发展的重要载体。奥雅纳结合众多成熟的全球经验及对未来市场的前瞻研究，期望与科学领域各利益相关方精诚合作，创造更美好、更人文、更智慧、更绿色的未来实验室。



王欣
奥雅纳中国区
总建筑师

“坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，加快实现高水平科技自立自强”是中国国家科技事业发展的路径蓝图。作为开展科研活动的空间和场所，科研实验建筑在新时代背景下发挥着更综合的作用，承载着更复合的功能。随着时代和科技的发展，我们在建筑形式、设计手法、设计理念等方面不断探索突破。

如今的科研实验场所已与传统概念中封闭的学术象牙塔相去甚远。科研实验建筑不仅要为科研工作者提供完备的实验条件和独立思考的空间，也要营造多层次交流空间，帮助最大限度激发科研灵感与潜能。纵观科研建筑的发展进程，今天高效合理的实验室设计方法有赖于建筑师们集体智慧的积累和经验的总结，而新的科学发现与研究需求也将继续拓展科研实验建筑的内涵。

学科交叉融合、产学研一体化、低碳绿色发展理念等新的要求，使科研实验无论在空间形态、设备技术，亦或所承载的人文精神上，都呈现出更立体多元的样貌。单一的科研功能或实验室类别往往难以准确概括一个完整的科研实验建筑项目。

近未来，以实验室为核心功能的科研建筑范式在广度和深度层面都将发生演变：其功能除包含科学实验室外，还纳入了科研办公、科研教育、科研博览、科研试验、野外观测考察等内容，“人 - 机”“人 - 人”“人 - 环境”“物 - 物”及其复合空间模式的重新定义使科研实验建筑更新迭代。

远未来的实验室，一方面将走向功能的极度专业化，例如国家大科学装置；另一方面则走向功能的消解，即公共通用实验室。作为被支撑体系灵活划分、万能的均质空间，公共通用实验室是未来发展的潜在趋势之一。一些为适应全新的科研活动、面向未来的新概念实验室，如智慧实验室、移动实验室等，已经开始出现在人们的视野中，并逐渐发展成熟。

结合奥雅纳建筑设计多专业的科研实验建筑实践，本报告希望可以面向科技前沿，回应时代需求，展示可落地、创新的新时代未来实验室建筑趋势。



Yannick Lenormand
奥雅纳东亚区前瞻团队
负责人

过去三年,气候和公共卫生危机、生成式人工智能横空出世等一系列驱动因素正推动着变革、创新的脚步,同时也让我们对现实世界的复杂挑战有了更为清醒的认识。如今,我们站上新的起点,面朝下一个十年,致力于应对气候变化、实现全民健康,并积极推动地方、区域及全球合作。

如今,优化设计的科学实验室与研究机构能以最快的速度回应挑战。这意味着效率最大化成为了设计的重中之重。与此同时,工作场所也在过去的三到四年间经历了前所未有的变革,从企业到个人,都在积极探索并适应新的办公方式。

当可用的城市空间缩减,将办公和工业建筑转换为新型科学实验室的机会正成倍增长。

展望未来,研发中心与科学实验室的规划设计将更多地考虑到客户与用户的多元化需求,如灵活性、适应性、安全性、生产力和福祉等。这些需求将推动创新发展,并通过物理和数字空间赋能,激发新的创造力。

随着大型语言模型(LLM)应用的蓬勃发展,生成式人工智能将颠覆知识生产和科学实验的模式。这个领域将在未来几年的实验室规划、设计和运营中发挥关键作用。当实验可以在更多的非传统实验室环境中进行,新型协作和网络化研究设施将会应运而生,为各类机构实验室提供多元替代方案。

本报告基于奥雅纳2017年出版的《未来实验室》全球前瞻英文版报告,拓展融入了对中国科技和工业领域发展趋势的洞察,更聚焦于本地区科学设施发展所面临的挑战与机遇,提供了一系列最新实践案例。

主要启示

科学场所塑造

传统科研设施建设的首要目的是利用建筑物提供服务,以满足科学研究所需的功能。尽管这一点依然重要,但使用者的需求将受到更多关注,场所和选址、用户体验和福祉等逐渐成为重要考虑因素。

适应性空间

随着科学的专业化和多样化发展,科研设施空间设计在满足高度专业化的需求时,也变得更加通用。这些具有更强适应性的空间将注重容纳不同类型的技术和工具,而不仅是为某一科学分支量身定制。

替代性场所

随着城市化发展和连通性日益加强,实验室不再是一个单一的筑体,而可演变为一个由相关组织和空间组成的科研集群。在传统科研机构的框架外,新兴的云实验室、生活实验室、DIY和联合办公空间,为研究人员提供实验设备和科学社区。

数字化

数字技术正在从根本上改变科学研究的方式,为收集、分析和共享数据提供了强大的新工具。机器人可以在没有人工干预的情况下完成重复或危险的任务,因而可以实现远程试验监控,这将进一步挑战传统实验室建筑的概念。

网络化空间

数字连接正在扩大科学研究的全球化和网络化发展。虽然实体实验室和专用设备仍将不可或缺,但研究人员将有更多的选择,例如在机构之外开展工作,进行远程实时操作。

塑造科学研究未来的驱动力

一系列全球性的长期变化趋势以及行业内部的驱动因素，正在改变科研生态系统。它们在影响科研议程、方法和实践的同时，也在重塑未来科学家的工作环境。

科研的未来议程

科研议程在很大程度上基于一系列全球宏观趋势，包括人口变化、城市化、社会老龄化和慢性病发病率上升，以及气候变化、自然灾害、资源加速枯竭和环境破坏等。

应对这些挑战的迫切需求，将驱动科学未来的发展方向。与此同时，更广泛的文化和技术变革，也促使科研的形式发生改变。应对这一系列复杂挑战，科学界需建立跨越地域、政治、组织和学科界限的新伙伴关系¹。

全球科学格局的转变

随着全球趋势和相关新兴优先事项的出现，科学研究的地理格局也在发生变化。尽管先进工业经济体长期以来主导着全球科学版图，但中国和印度等新兴强国已成为重要的研究和创新中心。技术和通信的进步以及资本和人员的自

由流动，促成了全球范围内研究空间的重组。

因此，全球科研格局正在从以美国、英国、德国、俄罗斯和日本为主导的金字塔形结构，转向由多个小型卓越中心联动的网络模型。通常，这些新中心聚焦国家或地区的优先事项，同时考虑社会经济、地缘政治或环境问题等本地因素，着力解决关键的问题²。

更多私人资助的研究

在过去的一个世纪，支撑科学研究的组织结构和资助模式正在发生根本性变化，私人资助的研究机构越来越普遍。随着大学寻求替代性的资金来源，它们与制药等私营公司之间的研究合作也在不断增加。这些合作伙伴关系会影响获得资助的研究项目类型，以及研究成果的应用方式，有时还会使研究领域向应用研究方向倾斜³。

与此同时，学术出版模式也受到开放获取出版平台的影响，这些平台提供更经济和更快捷的途径来发表和获取研究成果。

数字化和自动化驱动的分析研究

数字化和技术进步对研究方式产生了重大影响。机器人、自动化和人工智能为科学家提供了超越人类局限的新的探究和分析能力。

实验室自动化使研究人员能够长期、精确地进行复杂的大规模实验。在某些情况下，机器人可以替代人类在实验室中完成常规和高度技术性的任务。自动化与人工智能、机器学习相结合，使研究人员能够对数据进行高级分析，获取新的见解。这已经在基因分析中得到应用，用于解释遗传物质和开发新疗法。此外，基于云的技术和研究平台不仅能使科学家与远程合作者共享和访问数据，还能实现对这些技术的定制和控制。

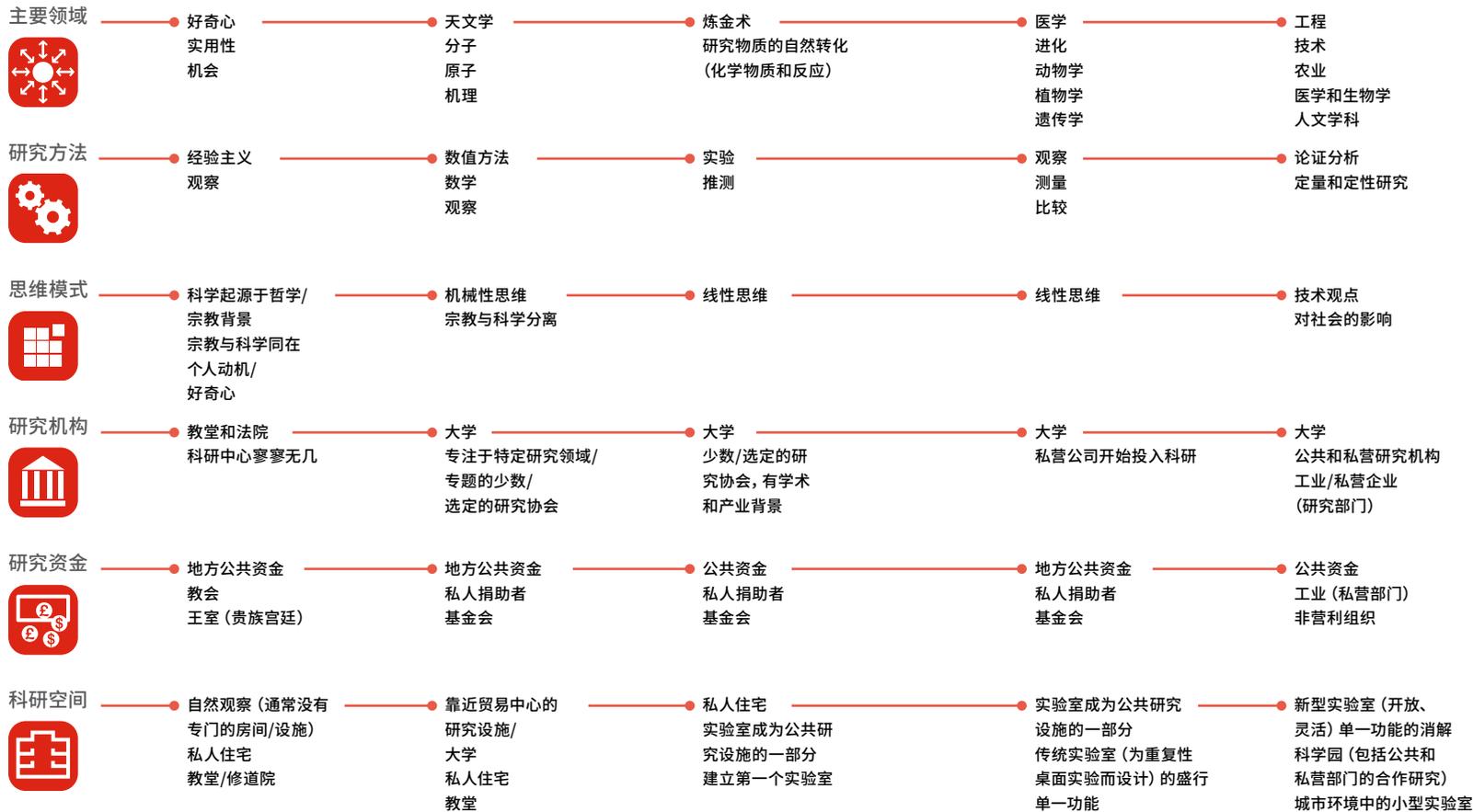
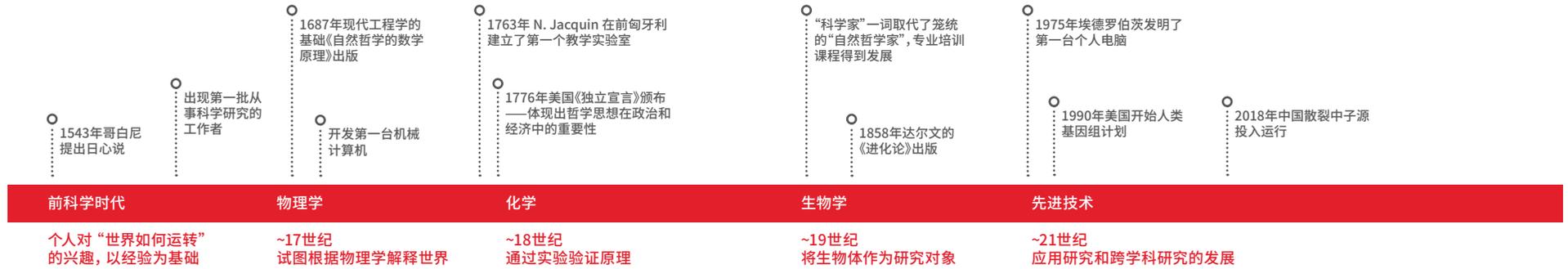
加剧的竞争与缩短的成果转化周期

随着科学的数字化进程和新工作方式的出现，研究从初期调查到成果发表，或进入市场所需的时间正在迅速缩短。大学在经济发展中扮演的角色愈发重要，加之私营企业对研发投入巨资，研究的创新和商业化压力不断增加。研究人员和科研机构之间为利用“下一个重大科学突破”而展开的竞争，推动商业加速器和

初创企业形成新生态系统，并进一步模糊了商业与研究之间的界限。

这意味着，未来的科研设施须重新思考研究进行的方式和地点，以及建筑如何促进或阻碍创新。设计面向未来的实验室，我们首先需要理解空间将如何影响和指引创新活动的开展。这些适应新型工作方式的空间，在外观和功能上将与我们今天所见的实验室大有不同。

科学研究的发展阶段



我们通过时间轴呈现了科学研究的发展，包括研究重点、方法和一些重要的里程碑。

从不断拓展的科学疆界，我们可以看到科研生态系统远不止实验室的物理空间，还包括实施研究的科研人员、科学发现发生的地方，以及维持创新所需的基础设施等众多层面。只有认识到这个生态系统的范围，我们才能开始理解人、空间和环境之间的复杂相互作用，以及空间塑造应如何积极回应这些不同的需求和期望。

本报告聚焦探讨科学研究的未来走向，和科研设施的未来可能形态。接下来的章节将围绕影响科研生态系统的三个关键主题展开：人与协作、空间与运营、基础设施与场所。通过这些主题，我们可以探索科研空间的未来需求，以及在其中的体验。

人与协作

本节从用户角度，探讨了人们未来对科研环境的需求，以满足灵活可变的要求、不同的工作方式，以及未来的技能组合。研究的跨学科性不断增强，以及公众对科学的参与度不断提高，是这些新需求产生的主要驱动因素。



1.1 跨学科性增强

当今科学家面临的课题日益复杂，需要研究人员跨学科工作，以实现创新突破⁴。

例如，要从科学上理解气候变化这类多维度的全球问题，就需要采取综合的方法，将不同学科和领域的见解结合起来——既包括地球科学、物理学和化学等传统学科，也包括行为心理学等新兴学科。

与此同时，跨学科工作和思考的新一代研究人员正在不断涌现。我们需要重新审视学术课程与教学计划，设置超越现有学科界限的新学位，以促进学生的跨学科研究和思考。

近些年来，中国研究型大学“自下而上”地开展了学科交叉的探索与实践。例如西安交通大学在2010年成立前沿科学技术研究院，下设11个研究中心，以物理学、化学、生物学、材料科学等学科为基础，并鼓励学科交叉。清华大学成立了脑与智能实验室、未来实验室等实体性跨学科交叉研究平台。2021年《交叉学科设置与管理办法》的印发，标志着国家加强了对交叉学科发展的顶层设计。交叉学科建设被视为“双一流”建设的新增长点。

支撑诸如此类跨学科研究的发展，我们需要围绕提升连接性和灵活性，对相关的有形及无形基础设施投入建设。

在多机构和多国合作的项目中，设施和基建等硬件基础须像其合作架构一样，实现互连互通。诸如无线通信系统，大容量数据存储和数据处理，以及本地、区域乃至全球的交通系统接入，从而实现人才、资源和思想的流动⁵。

跨学科研究人员需要配备灵活的实验室设施，以满足不同研究形式的技术要求。例如，在莫斯科的斯科尔泰克科技学院，所有实验室的空间设计都将灵活性和促进专业交叉合作作为重点，可容纳五个关键科学集群——核能、能源、生物化学、空间科学和信息技术，实现任意组合。

1.2 工作性质变化

科学工作的性质以及研究人员与同事合作的方式正在发生迅速变化。自动化、人工智能和数据处理方面的重大技术进步，帮助科学家减少在实验室中实际操作实验的时间，使他们能更专注于分析和思考。

实验室流程的自动化程度不断提高，这将使科学家有更多时间在类似办公室的环境中工作。例如，位于英国剑桥郡惠康园区的生物数据创新中心，就是为生物数据初创企业和成长型公司而设计的，其中包括更多类似办公室的环境、休息区，和会议空间，以支持新的工作方式并促进合作。

案例

弗朗西斯·克里克研究所

弗朗西斯·克里克研究所 (Francis Crick Institute) 是位于伦敦的先进生物医学研究中心。奥雅纳为该项目提供了设施管理、项目管理、消防设计等一系列咨询服务。该研究所于2016年开放，旨在促进英国顶尖大学与生物医学公司之间的跨学科合作。该建筑将实验室与正式和非正式的工作空间组合在一起，创造出可混合使用的“邻里”，从而鼓励研究人员的流动与沟通。位于各楼层的协作空间与中央中庭一起，促进了研究所中不同研究群体之间的互动^{20,21}。





合作是科学研究的重要驱动力：这张地图展示了全球不同城市的研究人员之间的合作网络。它表明科学机构的位置遵循人口密度，并突出了国家之间的联系⁶。

为加强不同团队和学科之间的合作，需要在设计空间时将不同的人流模式纳入考量，方便人们在不同实验室、房间和建筑楼层之间移动。例如，美国杰克逊基因组医学实验室使用玻璃隔断将干、湿实验室与书写区、其他辅助空间直观地连接起来。开放式布局、清晰的视线交流和空间之间的流通，能激励研究人员共同协作。

更好地了解并更多地考虑工作环境如何影响生产力和福祉，也有助于工作场所

的设计。提供自然采光，打造适应不同的工作模式的办公环境，将使生产力得到提高^{7,8}。

新生代科学家逐渐走上工作岗位，他们拥有更多元化的技能、视角和需求。人口结构的变化将对工作方式和未来趋势产生影响。新一代科研人员通常更喜欢具有协作性和团队精神的工作环境，更透明和扁平化管理，以及兼顾个人和职业目标的灵活工作安排⁹。

案例

麦克马斯特大学 科学实验室

加拿大麦克马斯特大学 (McMaster University) 的综合科学实验室旨在支持学生综合科学本科课程的学习。学生选修的课程涉及多个不同领域，实验室空间需要同时满足物理、生物、化学、环境和行为科学的学习要求。为实现灵活性，该实验室采用了开放式设计，实验台上未设置架子或通风口，煤气、电和水等公用设施都从地板接出，使设备可根据需要搬进搬出^{22,23}。

案例

斯坦福大学 克拉克中心

由福斯特建筑事务所 (Foster+Partners) 设计的斯坦福大学克拉克中心 (Clark Center) 是跨学科研究的基地，汇集了医生、生物学家、化学家、工程师、物理学家和信息科学家。该建筑可容纳各种活动，并在设计时充分考虑了空间的灵活性，可通过自发的社交和对话来实现学科间的合作。譬如位于外部阳台的连廊设计，可根据不同需要划分楼板，实现灵活使用。所有实验室都设计成了面向内院的开放式房间，可同时容纳实验室和办公室空间。实验室的桌椅均安装了滚轮，以方便不同的研究团队快速更换或移动家具^{24,25}。

案例

信达生物 制药研发中心

由奥雅纳设计的信达生物上海研发中心将科学研究和技术应用融为一体，打造全球领先的符合GMP标准的CAR-T实验室。项目的核心理念是通过社会互动和协作参与来增强人的创新能力和激励员工积极性。在设计中，我们设置了内庭院、空中花园、多功能活动中心、休息交流区等各类公共空间来提高和激发员工的协作、社交和创新能力，为研发提供多种可能性。设计时，我们特别注意将研发空间设置于与员工服务（如倒班宿舍、餐厅和健身房）以及主要管理层（如首席科学家办公室）毗邻的位置，给员工提供更便捷更舒适的工作环境。

案例

Experiment.com 众筹平台

Experiment.com是一个科学众筹平台，于2012年由华盛顿大学的前研究人员发起。它将研究人员与有捐赠意愿的资助者联系起来，为科学项目寻求资金。Experiment.com采用与Kickstarter等其他主流众筹平台同样的模式，只有在达到筹资目标时才会收取认捐资金。一旦项目获得资助，研究人员就可以与资助者分享研究项目的进展、过程方法和成果²⁶。

1.3 新技能和全球人才竞争

第四次工业革命正在让物理、数字和生物领域之间的界限变得模糊。包括人工智能、机器学习、机器人和纳米技术在内的新兴领域，正在向生物和生命科学靠拢，形成新的混合学科¹⁰。这些新领域也创造了新的人才需求，譬如在数据科学等领域拥有专业数字技能，以及擅长跨学科团队协作的科学家。

这对科学家的培养方式产生了影响。大学需要支持专业技术技能的发展，而科研专业人员则需要获得持续学习的机会，以不断更新技能或拓宽知识面¹¹。

越来越多的大规模开放在线课程（MOOCs）满足了一需求。大学和公司正在与Coursera、EdX和FutureLearn等在线平台合作，提供新兴领域的短期课程和高级培训。随着这些平台越来越受欢迎，雇主们也开始认识到MOOCs所颁发的证书的价值，并在招聘时予以认可¹²。

尽管全球在研发方面的投资总体上有所增加，但许多经合组织（OECD）国家报告表明，支持其科学和创新产业所需的高级技能人才仍旧短缺。美国、英国和德国等发达经济体持续向全球市场输出技术人才，而中国和印度等非经合组织国家正日益成为技术人才流动的主要来源^{13,14}。

具有前瞻性的科研机构会积极迎接人员结构变化，并相应调整其工作环境和政策。除了更开放的设计和灵活的工作方式外，越来越多的科研机构还为员工提供现代化的便利设施，如健身房、安全的自行车库、储物柜和淋浴间、咖啡厅和礼宾服务。这些设施正在将实验室从一个以实验功能为主的研究设施转变为一个充满活力的社群空间，从而吸引、激励和留住人才。

案例

哈佛大学 威斯研究所



威斯研究所 (Wyss Institute) 生物探索工程在生命科学与新兴技术的交叉领域开展突破性研究。研究所的科学家、工程师和临床医生，与工业设计师以及业务开发、知识产权和创业方面的专家合作，开发从设备和材料到高价值疗法和诊断的各种新技术。该设施空间具有很强的适应性，可同时支持化学、生物、机械和纳米技术研究，以满足机器人、生物仿生学和新型医疗设备开发等各种需求²⁷。

案例

Genspace DIY社区实验室



Genspace成立于2009年，是一个由社区运营的DIY实验室，可为公民科学家和企业家提供生物技术设备。Genspace的目标是通过教育性质的工作坊和文化活动，促进科学知识的普及。以往的工作坊已经实现让参与者尝试基因编辑，并学习使用DNA进行编码。Genspace为企业家、艺术家和设计师提供了一个平台，来研究和创建盈利性企业、个人项目，以及发人深省的生物艺术和设计项目²⁸。

案例

Pandemic 公民科学项目

Pandemic是伦敦大学学院 (UCL) 的伦敦卫生与热带医学院和英国广播公司 (BBC) 联合开展的一项公民科学实验，旨在帮助研究人员开发传染病在人群中传播的精确模型。

通过一款手机应用程序，实验追踪参与者的位置，并记录他们与同样安装了该应用的其他人接触的情况。实验模拟了一个典型的疫情爆发场景：“零号病人”被引入人群，并在不知情的情况下通过互动感染他人。与“感染者”接触后，系统会记录病毒的“传播”情况。采集到的数据被用于开发更准确的病毒传播模型，以改进对未来疫情的应对措施。

自该应用程序推出以来，已有近三万名志愿者报名参与。在此之前，英国最大的流行病模型研究仅有约五千名参与者，且运动数据都是主观报告，因此可能会出现误差²⁹。

随着全球博士毕业生人数增加，大学和私营部门的职位却并未跟上步伐。作为回应，一些研究人员正在“零工经济”中寻找机会，成为自由职业科研人员¹⁵。通过Kolabtree和Upworthy等在线平台，科学家可通过支付一定费用，直接向客户宣传他们的服务。自由职业科学家利用PLOS One等开放出版平台，使用社区实验室的实验设备，并通过社交媒体寻找专业技能网络支持。这些服务使得在传统机构之外的科研工作变得可能。

1.4 开放科学

开放科学是一场变革运动，旨在从研究、发现，到出版、教育的各个方面，使科学更加开放，更易获取。数字化、网络化，和移动化的工具及服务使开放科学有机会变为现实，帮助科学家进行实验和分享研究，并使非科学受众也能够访问科学数据。

在线学习平台使广大受众能够获取科学知识。许多机构正在采取开放数据政策，公开且免费提供科学数据库¹⁶。利用众筹平台，公众亦可成为科学研究的赞助人。通过拥抱开放科学，传统科研机构可以获得更广泛的公众理解和认可，以支持科学及创新。

公众的力量不仅可以促进研究资金募集，开源工具让更多人能够直接参与科学进程¹⁷。

“无论贫穷还是富有，
无论出生何处，
每个人都应该平等地
享受到科学进步带来的
健康成果。”

俞德超
董事长兼CEO
信达生物制药(苏州)有限公司

在移动设备和Arduino等开源工具的支持下，“公民科学家”可以参与数据的收集和分析，为重大科学研究提供信息。群众和公民科学家的加入，将会帮助研究人员大大增加样本量，扩大数据收集工作的覆盖范围，通过提高研究质量和降低研究误差来提高研究的可靠性和准确性。

例如，苹果公司与斯坦福大学合作开展的Apple Heart Study研究项目，利用Apple Watch用户的参与来识别和研究不规则心律，以改进用于检测和分析心律不齐的技术¹⁸。

随着公众对科学的了解和参与程度越来越高，为公民科学家和研究人员创建的DIY实验室和社区实验室也越来越多¹⁹。DIY实验室可被看作是更广泛“创客空间”的一种，它们可为DIY创客提供从木工到3D打印以及电子仪器等不同类型的研究空间和设备。许多DIY实验室和“创客空间”一样，秉承以社区为中心的宗旨，围绕一系列主题，举办实操性强且具创新性的科学工作坊研讨会。

人与协作

主要启示

协作空间

通过建设促进社交互动的公共区域，并打造可支持多学科研究的实验室设施，以促进学科和部门之间的合作。

基于实验活动的空间设计

围绕不同的工作模式组织实验室空间，例如基于工作台的实验空间、专注独立工作的办公桌空间、非正式短会以及小组工作空间——并在这些区域之间建立流线。

健康与福祉

通过设计能促进健康生活方式、认知和情感价值、以及与融合自然的实验室环境，吸引和留住人才。

DIY和开放式研究

通过DIY实验室和开放科学计划促进公民参与科学，并为创业型研究人员提供支持，使科学工具和知识的获取民主化。

数字化技能和基础设施

为服务下一代科学家，我们需要投资数字基础设施建设，并为研究人员提供专业数字技能培训。

空间与运营

本章节着眼于未来科研建筑的技术和运营要求，通过探讨实验室未来可能的运行方式，明确在当下需要做出的改变。灵活且适应性强的空间、以活动为中心的协作环境、新的技术和仪器、以及建筑和环境性能等变得日益重要。



“科技领先是企业 穿越漫长周期的 最底层力量。”

赵磊
美的集团副总裁
兼家用空调事业部总裁

2.1 灵活且适应性强的空间

在过去十年中，灵活性一直是实验室设计建造的重要发展趋势。虽然无法预测未来会出现哪些新技术和新研究形式，但实验室可以从设计之初就将适应变化的能力纳入考量。

灵活且适应性强的实验室设计包括可移动的工作台、易于维修的结构、以及兼容多种布局的柱网等元素，以便实现实验室、设备和办公空间之间的轻松转换。它同时也包括提供即插即用的基础设施，根据柱网每隔一定距离设置接驳点位，易于空间的重新配置。

随着科研工作变得更具协作性、跨学科化和界面化，实验室也需要适应新的工作方式。应对策略包括设计开放式实验室，让建筑的不同区域之间具有流通性和视线联系；以及混合非正式会议空间、半私密工作站，和“不插电”的专注工作区域等不同工作环境的实验室。

此外，建筑的系统设计也需要适应未来科研需求的变化。需要有策略地规划暖通空调、给排水、气体和废弃物管理等系统，避免局限于某个特定建筑布局。信息系统则要不断为不断增长的数据存储、处理和虚拟协作提供强大的基础设施支撑。

2.2 智能实验室

在新兴的智能或智慧实验室里，机器、设备、传感器和装置均可联网，使研究人员能够远程监控、调整和分析实验。例如，市场上出现的一些新仪器可以自动执行程序，帮助研究人员更高效地处理步骤复杂、繁多或重复的实验。机器学习将使设备能够从以往的操作中学习，根据实时反馈和监控，调整或准备实验空间。这些技术正极大地改变科学家在实验室的工作模式，以及实验室的设计方式³⁰。

智能实验室设备还可以帮助科学家收集更精细、更准确的实验数据，并将结果发送到共享数据库或实验室信息管理系统（LIMS）。除了收集和共享数据外，先进的LIMS软件还可用于管理实验室的整个工作流程、执行实验程序、监控仪器和生成报告。

案例

Core Informatics 实验室信息管理系统 (LIMS)

Core Informatics的实验室信息管理系统（LIMS）可帮助研究人员管理实验室工作流程、跟踪和执行请求、监控实验，以及收集和共享数据。LIMS平台可与智能实验室设备连接，帮助研究人员按需执行实验和收集数据。用户友好的界面可在平板电脑或计算机上使用，并支持扩展应用，可为一些常见的实验室程序定制应用程序。通过亚马逊的云储存服务，研究人员可随时访问服务和数据⁴⁶。

只需少量人工干预，数字仪器就能设置、运行、捕捉和分析实验，这将改变科学家与实验设备的交互方式和对实验空间的使用方式。曾经占据整个房间的实验设备，现在可以在闪存盘大小的软件和仪器上运行³¹。在某些情况下，实验设备可能会完全被云端虚拟运行的数字工具取代。因此，科学家在传统实验室环境中工

案例

NiCoLA-B

NiCoLA-B是阿斯利康推出的一个药物开发机器人，旨在与英国癌症研究院（Lead Discovery Centre）的科学家们一起测试和识别可用于治疗癌症的潜在药物。NiCoLA-B能够自主进行高度复杂的实验，监测化学相互作用，检查潜在的分子活性，从而发现有潜力的新药。阿斯利康副首席科学家Paul Harper表示：“我们可以对NiCoLA-B进行配置，让它以我们想要的任何方式进行实验，我们还可以在它工作时与它互动。它可以感知我们的活动，而以前的机器人无法做到这一点。因此，它可以与我们共享工作空间，而不是被局限在安全防护装置后面。”^{47,48}

作的时间可能会减少，而在办公桌前分析与协作的任务将会增加。在这些环境之间的移动性和可达性，将是设计基于协作和跨学科工作的未来研究设施时，需要考虑的关键因素³²。

美的创新科技园

受到空调对气体热交换原理的启发，由奥雅纳设计的美的创新科技园打造了一种介于实验室与办公之间的新型复合交流空间。设计包含三栋高层灵活实验室和创新型实验室，每栋提供三层8米层高以及两层5.5米层高的空间。建成后，将有100多个配套实验室投入使用。实验空间均布局在跨度18米的无柱空间内，可根据需求灵活划分各类实验室以及控制室空间，充分满足未来实验、生产及运营的需求，从而保证较长的建筑寿命，达到“少建既是减碳”的可持续目标。园区的模块化设计亦能在后期改造时，满足循环经济需求。园区内规划布局了不同流线以及与其相对应的安全措施，可满足内部员工及外部访客的多重需求。



© Arup

Flexlab

Flexlab位于加利福尼亚州伯克利，是一处先进的建筑技术测试设施，供研究人员测试和监测建筑节能方面的最新技术，如暖通空调系统、窗户和建筑围护结构，以及照明和电气系统等。Flexlab复制了真实的建筑条件，其中还包括一个旋转试验台，用于模拟不同位置的阳光照射⁴⁹。

智能化技术也在改变实验室的生产方式，尤其是制药行业，缩短了生产时间，节约了成本。医疗保健领域的大规模定制和个性化需求可能会变得更加普遍，药品将根据个人需求，在类似工厂的实验室空间中进行生产。可以想象，在未来，3D打印和生物技术相融合，科学家将能够提供定制、即时检测、直接面向患者的产品，如手术医疗器械、定制药物、甚至3D打印器官³³。

2.3 楼宇系统及运行

自动化和智慧楼宇系统的发展趋势，同样存在于实验室建筑领域。智慧楼宇利用传感器来监测、分析和传递与使用者、设施和系统相关的详细信息，可以对楼宇的使用模式做出响应，并自动进行调整。

Edge 移动应用程序

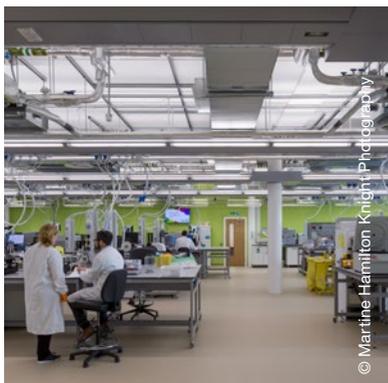
由MAPIQ开发的Edge应用程序可以让德勤荷兰总部的员工和访客随时使用楼宇服务。通过该应用程序，设施管理人员可以访问大楼的智慧管理系统，监控空间使用状态，从而做出节能调整。Edge为大楼使用者提供个性化体验，为员工分配日常工位，并允许他们控制空间照明和采暖⁵⁰。

智慧楼宇系统产生的数据可用于分析和比较楼宇的使用情况，进一步优化运营和节约成本。它可为运维人员提供一个集中了所有数据的管理平台，同时显示各楼宇系统的状态，以便采取更为主动的监控、维护和维修措施。

监控系统不仅对运维团队至关重要，对需要密切关注实验进程、或远程监控实验室仪器的研究人员本身也是如此。例如需要维持临界温度的敏感性实验、或需要数天时间才能执行的流程，现在都可以利用云技术和网络技术进行远程监控。如果将这些监控功能集成到智慧楼宇系统的管理平台中，将帮助科学家们节省时间，并最大限度地减少干扰。

案例

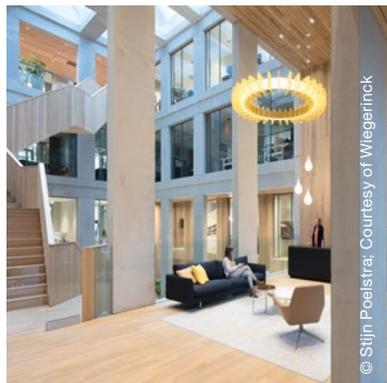
Ogilvie大楼



Ogilvie大楼位于英国剑桥郡惠康基金会基因组园区（Wellcome Trust Genome Campus）内，是一座三层楼高、约4600平方米的新建DNA测序实验室和办公场所。大楼的设计高度灵活，每层都设有核心服务基础设施，并整合成“服务翼”。所有工作台均可完全移动，“服务翼”则位于每个规划网格中，允许即插即用。用户可根据研究重点和技术要求的变化快速重新配置空间⁵¹。

案例

Plus Ultra大楼



Kadans Science Partner公司着眼可持续建筑，为知识密集型机构提供全方位服务，包括工作空间、设施及金融服务。例如荷兰瓦格宁根园区的Plus Ultra大楼，它是初创企业和知识密集型企业及机构的中心。Plus Ultra大楼提供7500平方米的设施空间，包括实验室、多功能研究设施、会议室和办公室等功能。在整个开发过程中，用户的需求被纳入考量。在大楼交付使用后，用户还可以根据实际使用需求进行定制^{52,53}。

精益生产方法的发展和也在对实验室设计产生影响。精益实验室侧重于优化实验室流程，以及人员、信息和材料在实验室空间的流动方式³⁴。精益设计原则包括消除实验室分隔和设备的集中布置，以促进工作量、设备和资源的共享。此外，数据录入和分析区域、测试区域融合在一起，以支持实时数据分析。从个人固定的实验室设备、工作台空间和办公桌，转向共享或按需分配的模式³⁵。

2.4 有利环境的设施

与其他商业或公共建筑一样，实验室的绿色建筑设计包括被动式设计原则、绿色墙体和屋面、智慧能源管理和水循环利用等。然而，实验室通常会有更高的能源需求，需按更严格的运营要求处理实验产生的有害废料。一些专业实验室，如洁净室或具有较大工艺负荷的空间，其能耗可达到同等规模商业建筑的近百倍。在很大程度上，这些差异来自设计规范 and 楼宇安全要求，例如对较高通风率的需求和实验室的设备能耗³⁶。

管理实验室的环境外部效应，尤其是废弃物管理，对于人员安全和环境健康至关重要³⁷。通过考虑建筑材料和运营的全生命周期，可以设计减少废弃物和回收资源的楼宇系统。例如，建筑楼层的设计易于拆卸、分隔和扩建，以便随着时间的推移推移改变功能、进行维修和升级。

以环境可持续的方式建设和运营实验室，也会对使用者的健康和福祉产生积极影响，并有助于提高生产力和绩效。例如，增加自然采光、利用植物改善室内空气质量，以及创造美观的环境等^{38,39}。

从长远来看，健康的建筑可能成为吸引和留住员工的关键因素。实验室本身也有机会成为试验平台，如利用智能技术实时测量空气质量和建筑性能，以研究绿色建筑的设计原理。

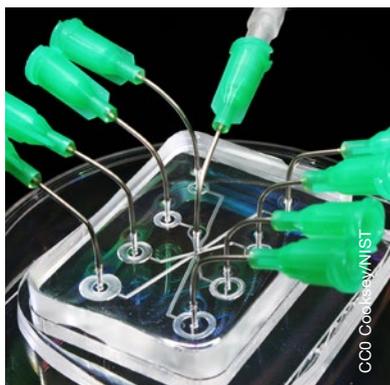
2.5 数据管理与安全

对于研究机构来说，收集和分析数据的能力至关重要。然而，大量数据的产生使得数据存储成为一个难题，处理这些数据则是另一个挑战⁴⁰。对大型数据集进行分析需要巨大的计算能力，并非所有研究机构都有能力在内部存储或处理如此大量的数据。同时，是否能够随时随地上传和访问这些数据也是一项重要考量。

为了解决这些问题，研究人员正在采用云存储技术进行数据管理。当下许多商业云服务供应商，如华为、阿里巴巴、腾讯与微软，都专门针对科研市场开发了服务业务。除了提供存储和协作解决方案外，云服务还提供用以分析数据的虚拟软件 and 应用程序。像遗传学这样对复杂数据分析有重大需求的领域，云服务供应商为研究人员提供了实验室内部无法达到的处理速度⁴¹。

案例

芯片实验室(LOC) smartLAB



芯片实验室(LOC)是指把生物和化学等领域中所涉及的样品制备、生物与化学反应、分离检测等基本操作单位集成或基本集成于一块几平方厘米的芯片上,用以完成不同的生物或化学反应过程,并对其产物进行分析的一项技术。LOC技术使研究人员能够缩小实验过程的规模,从而更好地控制实验,缩短反应时间,并提高安全性。LOC可以连接到数字实验室信息管理系统,自动上传测试结果,由此加快分析速度⁵⁴。

案例



在欧洲创新实验室设备和实验室工作流程优化的贸易展——汉诺威国际实验室技术展(LABVOLUTION)上展出的smartLAB,是一个未来智能实验室的模型和试验平台。smartLAB集中展示了实验室自动化领域的许多前沿应用案例,以评估机器人技术、信息技术、人机互动和实验室环境中的大数据所带来的益处和机遇。该展览每天都开展演示活动,并邀请该领域的产业领袖和前沿思想家举办研讨⁵⁵。

案例

夏威夷预备学院 能源实验室

夏威夷预备学院(Hawai'i Prep Academy)的能源实验室是由弗兰斯堡建筑师事务所(Flansburgh Architects)和标赫工程公司(BuroHappold Engineering)打造的教育设施。该建筑为学生提供了研究可再生能源和可持续生活系统的空间。建筑用能完全来自替代能源,获得了美国绿色建筑协会LEED铂金认证,并符合“生活建筑挑战(the Living Building Challenge)”的标准。项目对水、能源、废物和其他系统的可持续管理创造出独特的建筑及景观,可供学生开展就地研究和学习⁵⁶。



科学研究的数字化也在无形中对共享基础设施产生了影响。例如，创建科学领域的通用数据标准，对于共享和分析不同来源和领域的的数据至关重要⁴²。在数据安全方面，区块链等新技术可以为敏感和宝贵的研究信息提供前所未有的可靠性。

基于区块链的系统允许研究人员以可验证和审计安全的方式证明特定信息是由他们创建的（所有权证明），或证明该信息存在于特定时间点（存在证明）^{43,44}。

虽然区块链不是存储大量数据的有效方式，但类比指纹或DNA数据库，是一种存储信息唯一指征（哈希值）的安全防篡改的方式。区块链系统构建在由自愿和受激励的市场参与者运行的

分散计算机网络（节点）上，由于没有单一的权威机构，不会出现单点故障的情况。

这可以避免其他数据库中存在的黑客攻击、数据篡改和数据盗窃等问题⁴⁵。区块链系统通过将数据分布在成千上万个物理位置，并通过计算处理能力构建的额外附加层保护数据，实现了高水平的数据安全。

除此之外，网络中的每个参与者都会自行验证信息，并在其传播之前立即识别出任何篡改行为，区块链的去中心化特性可以抵御这类恶意攻击。

案例

诺华疫苗事业部

2010年，诺华疫苗事业部（NV&D）开始在其质量控制实验室有计划地实施“精益”原则，旨在显著改善内部工作流程、沟通、客户界面和运营绩效。分析人员接受了精益原则的基础培训，随后引入了“5S”管理（一种工作场所组织方法）、可视化管理（用于每日和每周绩效考核）、以及最后逐步实施的有效性工具（用于能力管理和预算流程）。精益原则不仅适用于老旧的传统设施，也适用于较新的先进设施。在整个NV&D的精益实验室计划中，实验室的设计和布局对流程、行为和沟通有着明显的影响⁵⁷。

案例

开放科学数据云

开放科学数据云（OSDC）由芝加哥大学的数据密集型科学中心（CDIS）与非营利组织Open Commons Consortium合作运营，可以存储、共享和分析大型科学数据集。它拥有一个“公共数据空间（Data Commons）”，允许研究人员共享和访问公开的数据集。公共数据服务涵盖了美国人口普查、古腾堡计划（Project Gutenberg）和千人基因组计划（the 1000 Genomes Project）等数据来源。此外，利用其强大的计算能力，研究人员可以使用虚拟机上传和分析数据集⁵⁸。

案例

实验室自动化标准 (SiLA)

实验室自动化标准 (SiLA) 联盟成立于2008年, 由制药及生物技术行业的软件、硬件供应商发起, 旨在制定实验室自动化系统的数据和设备标准。SiLA标准定义了信息打包和从一个系统到另一个系统的通讯方式, 设定了系统间无缝集成所需的语言、结构和数据类型⁵⁹。

案例

POEX 区块链认证服务

POEX.IO数据认证服务允许任何研究机构在安全的比特币区块链上注册文件, 而无需上传或公开其内容。这意味着任何人都可以在文件或数字信息发布之前记录其版权信息, 从而使原作者有能力保护其作品免受知识产权欺诈⁶⁰。

空间与运营

主要启示

灵活性和适应性

在设计实验室和建筑系统时, 要考虑如何使建筑适应未来功能和用途的变化。这包括采用移动式工作台和适宜的结构柱网布局, 以便创建多样的环境。

即插即用的设施

为实验室提供标准模块化的公共基础设施, 以支持灵活办公, 并能够轻松重新配置空间。

自动化

利用数字化仪器实现自动化, 从而简化工作流程, 使研究人员能够以全新的方式进行实验、分析结果、分享研究成果并就发现展开合作。

智慧建筑

将智慧楼宇系统集成到实验室中, 以便深入了解使用模式, 并以更具成本效益和能源效率的方式管理和运营实验室。

数据管理与安全

考虑云计算方案, 权衡现场管理与云服务的优势, 积极管理数据存储、处理和安全问题。

基础设施与场所

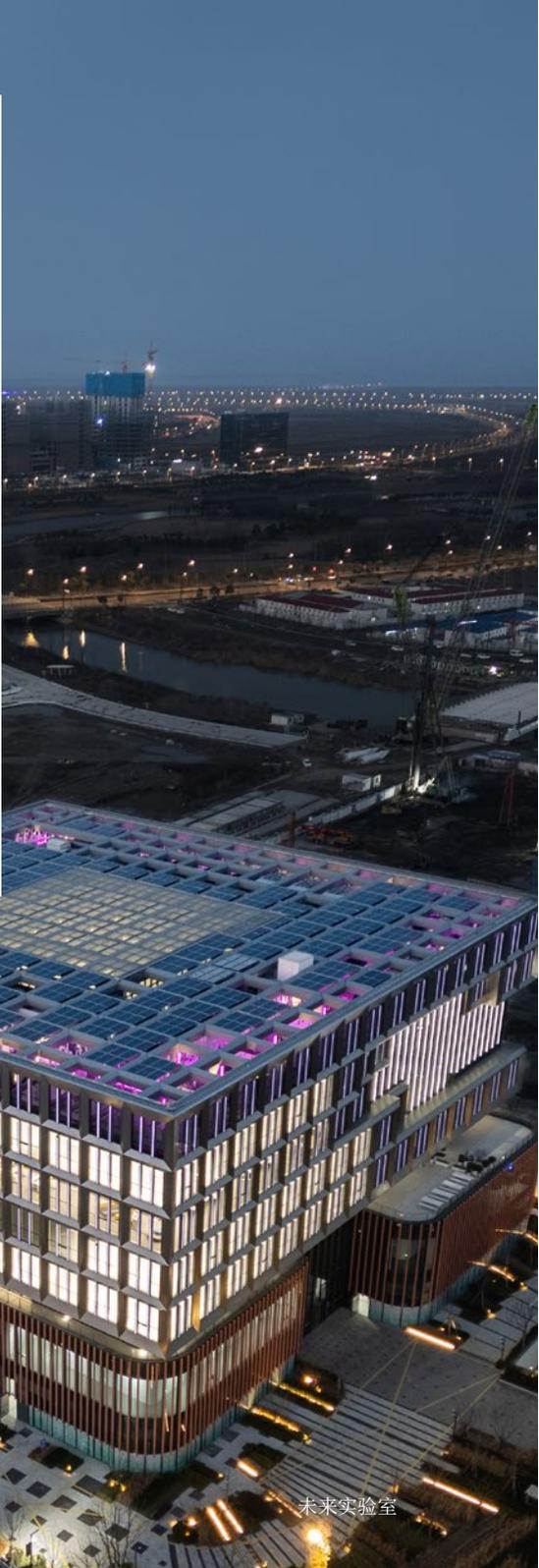
本章节在更宏观的尺度上，探讨基础设施与场所如何影响未来科研及其设施的角色变化。这包括数字基础设施的快速发展可能会促成跨行业和跨地域的新型合作，以及未来的科研设施将如何塑造场所并与所在社会环境形成互动。



案例

顶尖科学家 人工智能实验室

项目位于上海自由贸易试验区临港新片区滴水湖南侧的国际创新协同区内，占地范围约2.5平方公里，是全国首个“科学家社区”城市单元。作为地标建筑，实验室位于世界顶尖科学家协会(WLA)园区的中心位置，俯瞰科学公园。项目规划布局了思想交流、科研支持、研发转化等功能空间。在服务科学家以及科学家相关的智囊科研团队之外，项目为科研产业链的一系列开发与转化活动提供环境和平台。研发中心实验室外圍是创新孵化器和产业集群，来自实验室的研究成果可在这里得到应用，并向社会推广，同时通过世界顶尖科学家平台与全球科研网络紧密连接。



3.1 创新基础设施

传统上，科研基础设施主要为了满足研究的物理空间需求：实验室仪器安装在园区的建筑内，由公用设施系统提供服务。然而，随着科学活动更加数字化和去中心化，新型研究设施和技术不断涌现，改变了科学家的工作方式和地点。这意味着，在实验室占地和实体建筑服

务之外，还要考虑更广泛的系统、服务和环境网络，用以支持创新。在这方面，虚拟邻近性——遍布全球的强大数据基础设施，将开始补足物理邻近性，在某些情况下甚至会取代它。基础设施需要发挥“共享平台”的作用，使世界各地的研究人员能够以新的方式合作和共享资源。

案例

欧洲网格基础设施

欧洲网格基础设施(EGI)成立于2001年，是一个由遍布欧洲及全球的21家云服务供应商和数百个数据中心组成的联盟。该联盟汇集资源，为科学家和跨国研究项目提供计算基础设施。EGI对欧洲及国际科学至关重要，它为欧洲核子研究中心等世界领先的研究项目提供了强大的计算能力。EGI允许研究人员执行数以千计的计算任务来分析大型数据集，实现全球范围内的数据存储和共享，并在云中运行虚拟机来分析数据⁶⁷。

案例

格拉斯哥 城市示范区

2013年，格拉斯哥获得英国政府2400万英镑的资助，用于开发和测试数字基础设施，使城市变得更安全、更智能、更可持续。格拉斯哥成为部署各种项目的试验场，这些项目包括：由传感器控制的路灯，可根据行人情况调整亮度，并收集空气质量和人流量数据；由计算机操作的道路传感器，可读取和分析交通流量，调整交通信号灯以改善交通状况；以及一个开放数据的门户网站，向研究人员和公众免费提供上述这些数据和其他300多个数据集⁶⁸。

案例

河套深港科技创新合作区

河套深港科技创新合作区位于深圳福田区南部与香港接壤处，深圳园区可快速衔接香港国际机场、深圳宝安国际机场、广深港高铁福田站，与深圳光明科学城、香港科学园等创新节点形成“半小时科研圈”，与广州、东莞、惠州等城市形成“一小时产业圈”，建立起“基础研究+技术攻关+成果产业化+科技金融+人才支撑”的全过程创新生态链。至2023年，深圳园区已汇聚7家世界500强研发中心、10个国家重大科研平台、10个香港高校科研机构、447家科技企业，逐步成为深港科技合作紧密度最高、融合度最强的区域之一^{69,70}。

3.2 城市研究集群

创新产业的地理格局正在从城郊的科技园区及大学校园转移至城市创新区。城市创新街区将成熟的研究机构和公司，与科技初创企业和创意产业聚集在一起，提供基础设施和解决方案，以支持跨越学科边界的合作研究和商业化活动⁶¹。

城市创新街区并不是一个新现象，但对于希望将知识转化为商业价值的科研机构，和期望利用前沿研发机会的企业来说，它正成为一种更常见的模式。从研究，到测试、商业转化或实际应用阶段，城市中的创新园区和街区为快速发展的创意提供全方位服务。

成功的城市创新街区通过为有潜力的初创企业提供场所、指导和资金等资源，支持研究和商业化活动。一流的研究设施、深厚的人才储备，以及本地和国际商业市场，使城市创新街区成为启动或扩大业务规模、以及开展前沿研究的热土⁶²。

伦敦金融区金丝雀码头正在规划建设一系列专注于科学商业应用的新项目，包括一座欧洲最大的私人实验室建筑。该区域正通过进军生命科学领域，在其传统的核心金融市场之外实现多元化发展。这些科研空间利用金丝雀码头的商业资源，以伦敦、牛津和剑桥构成的“金三角”为中心，吸引从生物技术到医疗保健领域的生命科学企业。

获得人才和资金并不是城市创新街区的唯一优势——城市环境本身也可以成为研究和实验的对象。城市创新街区可以成为一个“生活实验室”（Living Lab），用于研究具有社会或空间维度的技术，例如机器学习、自动化技术和物联网（IoT）领域⁶³。

案例

多伦多 MaRS探索区



多伦多的MaRS探索区是世界上最大的城市创新中心之一，帮助企业获得网络和风险资本。园区位于多伦多市中心，毗邻多伦多大学、大学健康网络（UHN）、大型医院和健康科学研究机构。租户包括AutoDesk和Facebook(Meta)，以及一些先进医疗技术、数字媒体、绿色能源和水技术、农业、林业、材料、先进制造、纳米技术和金融服务领域的中小型企⁷¹。

案例

惠康基金会 基因组园区



位于剑桥郡的惠康基金会基因组园区（Wellcome Genome Campus）是世界领先的基因组学和生物数据研究中心，也是绘制人类基因组图谱的关键地点之一。2018年，园区开展了扩建规划，提供新的研究设施、员工便利设施，以及将研究成果转化为实际商业应用的空间。园区的新愿景是创造一种街区模式，不仅提供研究空间，还包括住房、公共开放空间，以及与更广泛社区的联系⁷²。

3.3 科技园区

尽管布局向城市中心创新区转移，城郊科技园区仍然是研究与创新的重要场所，例如美国加利福尼亚州的硅谷和北卡罗来纳州的三角科技园。2017年的一项针对2000年至2010年间在美国申请专利的研究发现，40%以上的专利来自人口密度低于2500人/平方英里的地方，换句话说就是郊区⁶⁴。城郊科技园区的模式与20世纪中叶建立的模板基本保持不变：低密度的建筑群坐落在修剪整齐的园区环境中，通过高速公路与邻近的研究机构和住宅社区相连。

科技园区需要应对日益复杂、跨学科、国际化和数字化的科研趋势。宁静和远离市区可能对某些形式的研究有所帮助，但随着创新越来越依赖于合作、网络、非正式交流，以及快速孵化、测试和部署想法的能力，城郊科技园区正向着更接近城市群的模式转变。

河套深港科技创新合作区是该趋势的典型范例。自2017年以来，深港两地在河套开展科技创新合作，建设粤港澳大湾区国际科技创新中心，形成由南岸0.87平方公里的香港园区和北岸3.02平方公里的深圳园区组成的“一区两园”新格局。深圳园区与香港园区共同聚焦生命科学、信息科学、材料科学三大领域，形成人才和产业链优势互补，吸引科创资源集聚发展。

园区式开发项目所面临的挑战是如何营造提供社交空间、创造归属感，和鼓励科学互动的场所和社区⁶⁵。我们可以看到，包括华为和腾讯在内的科技企业巨头已经开始实践这一理念，将其企业园区改造成集住宅、零售、开放空间和交通为一体的自足城市。

3.4 作为社会和公共利益的实验室

科学已经彻底改变了现代社会的方方面面。公众对科学的认识和参与度的提升趋势日益明显，实验室将在其中扮演核心角色。

实验室的设计，尤其是位于交通便利的城市地区的实验室，将越来越多地考虑公共利益。新的研究设施通常包括公共中庭和咖啡厅等空间，邀请访客坐下来社交和工作。市区的实验室建筑通常采用高度透明的玻璃幕墙，将部分建筑内部空间展示给公众，在街头即可窥见科学工作的场景⁶⁶。在公共资助的大型研究设施内，讲座、展览等形式的公共活动已十分普遍，以引人注目和易于理解的方式向公众展示科学。

“生活实验室”（Living Lab）是另一项重要发展，它把实验室从建筑延伸到城市空间中，将真实城市环境作为实验平台，开展数字和技术领域的实验。“生活实验室”已成为社会和公共基础设施的重要形式，用于测试智能城市基础设施、城市绿色解决方案、物联网部署，和自动驾驶汽车等技术实践。

案例

阿姆斯特丹 城市露营地

城市露营地（Urban Campsite）是一个露天展览和快闪露营体验项目，旨在激活阿姆斯特丹未充分利用的城市场地。2017年的主题为“科技生活的艺术（The Art of Tech Living）”，地点位于阿姆斯特丹科学园，其中一些露营设施的结构还引发了人们对科学、艺术和环境交叉问题的讨论。科学园是欧洲最大的测试研究和创新中心之一，它为研究人员和艺术家提供了一个与公众互动的场所，以促进公众对科学的理解和参与⁷³。



案例

Facebook 门洛帕克园区



Facebook正在其门洛帕克总部对面建造一个新的多功能园区。该园区被命名为“WillowVillage”，规划包含住宅、商业和开放空间，以及Facebook的新办公和研究设施。该方案将包括至少1500套住房，其中有超过225套低于市场价格；约1.175万平方米的零售空间，包括一家杂货超市和药店；200间酒店客房；以及7.3万平方米的开放空间，其中约3.2万平方米的范围将向公众开放⁷⁴。

案例

NICE 2035 环同济社区实验



“NICE2035未来生活原型街区实验”发轫于上海同济大学四平校区的赤峰路，是以同济师生为主，自发形成的“现代设计一条街”。基于“生活实验室理念”，项目对社区物理环境进行微更新设计，推动一批具有示范推广意义的智能治理新技术、新模式、新场景落地。NICE2035打破大学和社区的边界，通过一个有想象力的愿景吸引了各种不同资源的相遇、碰撞、融合和协作，将大学周边社区变成城市全新的创新引擎⁷⁵。

基础设施与场所

主要启示

共享数字基础设施

随着科学变得更加数字化和去中心化，需要云计算和网络平台等共享基础设施，供研究人员以新的方式开展合作和共享资源。

城市作为创新平台

先进的交通和通信基础设施、一流的科研设施、深厚的人才储备和国际商业市场，使城市成为创新的重要载体。

城市创新街区

在城市中，大型研究机构与初创企业、联合办公中心同处一地，为研究人员提供全方位服务，将创意从发现转化为实际应用。

重塑科技园区

重新规划和构建城郊和区域科技园区，将其打造成为集住房、公共开放空间、便捷交通为一体，并与更广泛的社区相连接的完整社区。

生活实验室

将城市环境作为研究和实验对象的“生活实验室”，有助于研究人员从现实生活中获得真知灼见，并提高公众参与科学的水平。

科学与场所塑造



Malcolm Smith

奥雅纳院士，
城市综合规划

社会发展离不开科学技术的进步，人们的日常生活中处处蕴含着科学研究的成果。而当代科研项目全生命周期所承载的内容，远超大众对实验室中穿着白大褂的科研人员的旧有印象。如今，科研是一个从发现和创新，经过测试和技术转化，再到全面商业化应用的过程。在如此广泛的生命周期中，涵盖了各种不同的人。随着科学领域的不断发展，能为这一系统注入活力的高技术人才越来越受欢迎，争夺人才的竞争也愈发激烈。在这样的环境下，科研人员所期望的不仅是职业和商业成就，他们对生活品质亦有更高的追求。科研生态系统的选址应同时满足技术要求和对生活方式的需求，更具竞争力的科研场所将带来更大的成功。

更广泛的科研生态系统包含了用于研究、技术转化、商业化和生活配套的空间，拥有便捷和高效的连接性亦是其必备因素。其中，毗邻关系、区域互连互通，以及铁路或航空等便捷的国际交通提供了有形的连接，而高度灵活、大容量的数字基建提供的无形连接也是理想科研场所的基本要素。

科研生态系统的不同组成部分各具特点，它们以研究和探索为核心，满足当代科研场所的需求。

研究和探索

作为孕育和探究突破性思想的地方，研究场所通常可分为三种不同类型：

- 创意互动的场所：这类场所为不同科学专业和背景的人提供互动空间，随机或一些有计划的会在此进行。一个不错的咖啡馆或体育设施都能为交流创造机会，激发偶然的发现和发明。
- 闲适漫游的场所：在规划设计当代城市时，这一类场所经常被忽视。譬如公园里的小径，或是阳光下的阅读空间，可以帮助人们安静、专注地思考。当牛顿发现万有引力时，他就坐在一棵树下，而不是在实验室里！

- 社交互动的场所：有时，置身于与科学无关的更广阔的社区中，亦可启迪探索发现。多元化的社会交往创造了有益的环境，帮助科研人员抽离日常思考，激发潜意识带来的思维火花。

转化空间

成果转化的场所可起到衔接作用，最适合将其设置在与科研场所相邻的地方，因为往往正是研发人员推动了技术的转化。这些转化场所需在不同规模、用途和功能间快速转换。

商业化

随着科研成果进入市场，需为其组织机构、生产制造和物流存储配备相应空间。科学成果商业化的场所须具备当代工作场所的特征，提供一系列有利于工作场所蓬勃发展的环境。

配套社区

紧临科研生态系统的生活配套设施是提高科研社区整体生活质量的重要组成部分。这包括可负担的住房，或是学校、医疗保健、娱乐、交通枢纽和文化中心等社会福利设施。配套社区或直接毗邻科

研设施，或成为设施系统的一部分，其品质是高科技人才选择工作地点的关键因素。因此，人们对当代科研场所许多不同的期望，从技术性能到场所品质，都是影响其选址的重要因素。我们相信，要打造面向未来的科研场所，必须清楚地了解科学生态系统及其组成部分之间的作用关系，这与奥雅纳的一体化设计理念不谋而合。



© Kier and www.constructionandbuildingphotography.com

迈向新的科研生态系统

未来的科研设施将越来越注重合作、灵活性和更开放的科研方法。研究正变得更加多样化, 无论是对各学科科学家, 或是普通民众而言, 都变得更易触达。未来的实验室设计需要尽可能包容和适应多种用途, 同时还要留出空间满足个性化的需求。这些看似矛盾的诉求可以通过智慧建筑设计、数字化和自动化来寻求解决方案。设计师、业主和其他利益相关者需要考虑使用智慧系统和服务, 并评估它们对当前项目的影响。

展望科学实验室及其配套服务设施的未來, 利益相关者需要关注两大课题: 以人为本和与城市系统的融合。科学研究与社会发展密不可分, 社会需求越多, 科技创新就越活跃。科研设计及其成果可以与社会活动充分结合, 将社会视为促进理解科研进程的资产而非阻力。

以人为本必须包含广泛的服务和设计解决方案, 空间需要适应不同的用户需求。通过应用自动化和人工智能技术, 高效地设计工作流程, 同时确保质量。应尽可能提高科研空间的室内外体验, 通过场所营造和互动空间吸引员工, 并改善公共环境。室内外绿化需要作为空间设计的核心元素进行整体考虑, 而不是后期再添加。实验室空间及其周围环境可以转变为一个生机勃勃的活力中心, 成为城市及周边地区互动交流的场所。

以上章节阐述了塑造科研空间未来的关键发展趋势。接下来的内容将重点介绍可能构成未来科研生态系统的一系列要素, 并总结对人、空间和基础设施的影响和行动建议。

左图: 位于伦敦的塞恩斯伯里·惠康中心 (Sainsbury Wellcome Centre) 神经科学实验室以柱廊作为设计亮点, 巧妙地融入街道景观, 拉近与公众的距离。

科研生态系统



网络化实验室

云实验室

协作空间

就餐空间

智慧空间

郊区实验室

实验室作为
办公空间

健康空间

人机交互

以工具为
中心的空间

即插即用空间

DIY实验室

无处不在的实验室

户外空间

公共开放空间

连接空间

无处不在的实验室

未来实验室

活力空间

快闪实验室

人与协作



实验室作为办公空间

实验室空间的设计越来越趋近于办公空间。空间布局将更加通用，以满足不同学科和活动的功能需求。以活动为基础的工作空间，与更开放的互动空间结合。灵活的模块化家具，如可调节高度的桌子和墙板，搭配储物空间以保持“整洁桌面”，可以促进富有成效的互动和空间的高效利用。此外，更私密的“静谧空间”也为进行高度专注的工作的提供了场所。



就餐空间

餐厅可以同时用作非正式会议和用餐空间。员工可以在这里充电放松，并与其他学科的同事交流。室外座位营造了健康的工作环境。这个空间可以承载不同类型的互动，私人交谈或是公共活动都可在此进行。此外，还可以通过个性化的膳食选项或空间内的营养追踪，来完善食物的选择。



协作空间

互动空间为跨学科的团队合作和随时随地的交流提供了机会。通过灵活的家具设计和空间布局，空间内可开展讨论、展示、草图和建模过程，协助创意的形成。一些空间提供私密性，而另一些空间则通过与周围工作环境的视觉和听觉关系促进沟通。协作空间为高度专注的工作环境提供了一种平衡。

健康空间

促进健康的空间精心布局场所的工作条件，包括室内空气质量、日照水平、与室内外自然的联系，以及个性化控制等。通过设计可调节的工作空间，适应多元的需求：例如提供可调节高度的桌椅、个人灯光控制和噪音控制措施等。不同空间之间以及与室内外绿地的视觉联系，可以进一步增加环境的舒适度。



户外空间

将室外空间作为研究设施的重要组成部分，可以显著提高使用者的健康和福祉。绿色的室外空间既可以作为休闲和充电的场所，还可以改善当地的微气候。室外空间在愉悦身心的同时，能促进健康，使人们在工作间隙活动起来，接触阳光和新鲜空气。户外活动有助提升心理健康，提供平静的环境，帮助人们暂离紧张和压力。



DIY 实验室

DIY实验室相当于科学领域的FabLabs或创客空间，为公众提供了参与研究的机会，帮助他们尝试新事物，并获取科学资源。这些实验室可以成为大型研究机构的一部分，从而向公众提供资源、工具和材料、空间和接触科学家的机会。DIY实验室有助弥合传统科研机构与公众之间的鸿沟。



空间与运营



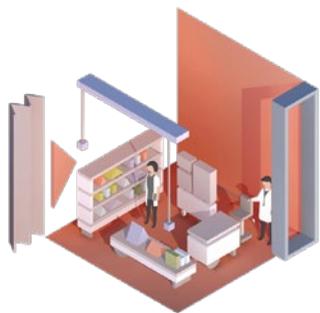
云实验室

云实验室或虚拟实验室是指可以通过云端访问的自动化研究和测试设施。它们允许研究人员远程访问设施，并设计和运行实验。云实验室可按需提供功能，从而降低研究和机构的成本。无需人工干预的自动化工作流程使科学家可以远程操作，并同时运行多个实验。



人机交互

与全自动化的设施不同，在研究人员与机器人协同工作的空间里，人机可展开即时互动。尽管部署的机器人仍可自主执行实验，但工作人员亦可在实验过程中与机器人实时交互。机器人可以响应交互，加快实验流程，与科学家并肩，开展紧密合作。



即插即用空间

即插即用空间可供开展各类活动，以满足多种多样且不断变化的需求。模块化家具、楼层布局，和天花板龙骨使空间具有灵活性，便于重新配置。开阔无障碍物的楼面有助实现最大限度的灵活性。个人可以根据自己的要求调整空间，甚至可以每小时或每天进行调整。

以工具为中心的空间

以工具为中心的空间基于设备统筹运营进行空间布局和设计，可为同时为不同的科学家群体提供高度专业化的工具和设备。围绕设备设计的空间可以提高利用率，减少重复提供设备，降低成本和空间需求。



智慧空间

通过使用模式分析和资源利用管理，智能化管理使建筑内可用空间和房间的分配更加优化。此外，根据用户模式和个人控制，用户可以更自由地调整工作环境，包括照明和温度设置。自动化和机器人技术可以更精准地监控设备管理和维护需求。



快闪实验室

快闪实验室提供移动、灵活的研究空间，可以设置在任何环境中，并将科学或实验室空间带给普通民众。快闪实验室可以发挥学习和教育中心的作用，促进民众参与活动和讨论，无论人群或地域，帮助更多人接触科学。此外，快闪实验室还可以在实验室环境之外，为科学家提供真实条件下的实验空间。



基础设施与场所



网络化实验室

网络化实验室描绘了实现跨空间和跨地区连接与协作的数字化基础设施。这种数字基础设施将不同地点的研究空间通过网络连接起来——从私人住宅、城市研究集群、到远郊科学园区。由此，科学研究将不再受到物理距离的限制，可以在全球范围内远程同时进行。



无处不在的实验室

无处不在的实验室是指分散的实验空间，它们通常位于非实验机构中：例如私人住宅或共享办公空间。借助数字网络，研究可以随时随地进行，使从前的偏远地带成为更大研究集群的一部分。这同时推动了社区研究，起居室现在也可以成为全球研究生态系统的一部分。



郊区实验室

郊区实验室包括中心城区外的研究集群、科学园区和校园，它们与城市研究集群同步发展。郊区科学园区能够满足城市地区无法满足的要求，例如大规模的空间需求，以及需要在较偏远地区使用的专业设备和科研活动。

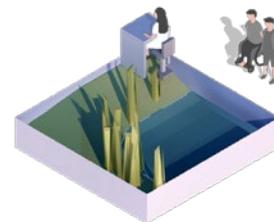
公众开放空间

科研工作不再只发生在孤立、封闭的机构中，其可及性和可见性正变得愈发重要。因此，科研机构正积极向公众开放，通过设立活动和展览空间促进知识和思想的交流。科研机构周围的公共空间品质越来越受到重视，以此吸引公众参与，并为人们访问科研机构提供便利。



活力空间

科研活动有潜力激活城市空间。测试和实验可以在科研设施之外进行，通过“生活实验室”或真实测试基地，将科研活动扩展到公共空间。由此，空间被激活、公共领域得到改善，与公众的互动亦得到促进。城市中分散的活力空间，还可以作为连接各个科研机构之间的纽带。



连接空间

物理空间网络的流动性和可达性，与连接各种要素的数字网络一样，是城市科研生态系统的组成部分。通过整合连接城市各科研设施的不同交通方式，能够提高可达性，使流动性成为促进互动和参与的重要因素之一。可达性，包括利用活跃的公共交通工具，是有效组织分布式研究空间的关键。



行动和建议

人与协作： 注重人的体验和需求

实验室的用户群体非常多样化，增加了对空间可调节性和灵活配置的需求。同时，提高效率、舒适度、易用性，以及提供交流和协作空间，对于研究空间的成功运作至关重要。实验室的设计和选址需要考虑用户体验的各个方面，例如交流隐私、健康、工作与生活的平衡等。

- 设计灵活的工作场所，以便适应不同需求
- 提供非正式、易于访问的空间，以促进跨学科的互动、交流和协作
- 利用室外绿化和亲生物的室内设计，营造健康的工作环境，提高幸福感
- 通过城市中的临时DIY实验室吸引公众参与，并通过开源云平台使知识可访问
- 投资数字技能，提供培训课程和公众参与机会
- 从设计规划的早期阶段考虑用户结构、学科和未来需求

空间与运营： 灵活的和响应式的系统

多功能和用途的无缝运作需要精心组织安排。在物理层面，实验室空间需要模块化设计，以适应研究人员和大众的不同需求。在数字层面，自动化和人工智能可以改善工作流程和用户体验。实验室空间需要通过云服务进行连接，实现数据处理和通信，进而能开展远程实验。

- 创建灵活、通用的实验室分隔和设备设施，以便根据变化轻松调整
- 采用数字解决方案，将实验室与云服务和通信连接起来
- 设计支持自动化工作流程和服务的空间，同时融入以人为本的使用方式
- 将人工智能纳入工作场所布局设计，优化其在空间分配、维护和人机协作中的应用
- 向公众开放科学，将研究实验室与公共空间、活动、可访问区域和DIY空间有机结合

基础设施与场所： 丰富场景和集成设计

数字化使科学能够跨越空间边界。实验可以在不同设施之间进行，向社会传播知识也变得更加便利。从物理空间上看，实验室的设计应考虑到通透性，以促进互动和讨论。此外，实验室选址须考虑各种因素，例如是否靠近国内和国际交通枢纽，与公共空间、居住空间或社会基础设施的相互关系等。

- 拓宽对科研场所的理解，将更广阔的城市空间作为创新平台
- 考虑分布式的实验室空间，以增加与其他机构的协作和联系
- 将研究空间分布在城市中，利用和补充科学设施功能以外的公共服务
- 通过激活实验室空间内外的公共区域，实现与公众的互动
- 设计包容和可访问的室内外空间，考虑移动性和可达性

参考文献

1. Anthony Townsend, Alex Soojung-Kim Pang, Rick Weddle (2009) Future Knowledge Ecosystems: The Next Twenty Years of Technology-Led Economic Development. Research Triangle Foundation and Institute for the Future.
2. Ibid.
3. Ibid.
4. Richard Van Noorden (2015) Interdisciplinary research by the numbers: An analysis reveals the extent and impact of research that bridges disciplines. *Nature*. Volume 525, issue 7569. Available at: <https://www.nature.com/news/interdisciplinary-research-by-the-numbers-1.18349>
5. Peter L. Singer (2017) Investing in "Innovation Infrastructure" to Restore U.S. Growth. Information Technology and Innovation Foundation. Available at: <http://www2.itif.org/2017-innovation-infrastructure.pdf>
6. Olivier H. Beauchesne (2014) Map of scientific collaboration (Redux!). Available at: <http://olihb.com/2014/08/11/map-of-scientific-collaboration-redux/>
7. Christopher Bergland (2013) Exposure to Natural Light Improves Workplace Performance. *Psychology Today*. 5 June, 2013. Available at: <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-athletes-way/201306/exposure-natural-light-improves-workplace-performance>
8. Belinda Lanks (2014) Cozy in Your Cubicle? An Office Design Alternative May Improve Efficiency. Bloomberg online edition. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-09-18/activity-based-working-office-design-for-better-efficiency>
9. Deloitte (2016) The 2016 Deloitte Millennial Survey Winning over the next generation of leaders. Available at: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/About-Deloitte/gx-millennial-survey-2016-exec-summary.pdf>
10. Klaus Schwab (2016) The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. World Economic Forum. Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
11. James Fong, Jay Halfond, Ray Schroeder (2017) The Changing Landscape for Professional and Continuing Education in the U.S. University, Professional and Continuing Education Association. Available at: <https://upcea.edu/wp-content/uploads/2017/09/The-Changing-Landscape-for-Professional-and-Continuing-Education-in-the-U.S.whitepaper.feb17.v2.pdf>
12. Alexandra Radford, Jessica Robles, Stacey Cataylo, Laura Horn, Jessica Thornton, Keith Whitfield (2014) The Employer Potential of MOOCs: A Survey of Human Resource Professionals' Thinking on MOOCs. Duke University and RTI International. Available at: https://www.rti.org/sites/default/files/resources/duke_handbook-final-03252014.pdf
13. OECD (2008) The Global Competition for Talent Mobility of the Highly Skilled. Executive Summary. Available at: <https://www.oecd.org/sti/inno/41362303.pdf>
14. Oxford Economics (2012) Global Talent 2021 How the new geography of talent will transform human resource strategies.
15. Johanna Mayer (2018) Uber, But For Scientists. *Science Friday*. Available at: <https://www.sciencefriday.com/articles/uber-but-for-scientists/>
16. World Wide Web Foundation (2017) Open Data Barometer: Fourth Edition. Available at: <https://opendatabarometer.org/4thedition/report/>
17. Anna Knack (2017) Open science: The citizen's role in and contribution to research. Corsham Institute, Rand Europe and St. George's House.
18. Apple Inc. (2018) Apple Heart Study. Available at: <https://www.apple.com/watch/apple-heart-study/>
19. Amber Griffiths (2014) DIY labs offer an agile alternative to university-based research. *The Guardian*.
20. The Francis Crick Institute (N/A) Our Building. Available at: <https://www.crick.ac.uk/about-us/our-history/our-building>
21. Arup (N/A) Francis Crick Institute, London. Biomedical research institute designed to encourage collaboration. Available at: <https://www.arup.com/en/projects/Francis-Crick-Institute>
22. Tradeline (2011) Interdisciplinary Science Program Influences Lab Renovation at McMaster. Available at: <https://www.tradelineinc.com/reports/2016-4/successful-planning-interdisciplinary-science-facilities>
23. McMaster University (2013) Breaking in McMaster's brand new Integrated Science Lab. Available at: <https://dailynews.mcmaster.ca/article/breaking-in-mcmasters-brand-new-integrated-science-lab/>
24. Foster+Partners (N/A) James H. Clark Center, Stanford University. Available at: <https://www.fosterandpartners.com/projects/james-h-clark-center-stanford-university/>
25. WELCOME TO BIO-X. Available at: <https://biox.stanford.edu/about/clark-center>
26. Experiment (2018) experiment. Help fund the next wave of scientific research. Available at: <https://experiment.com/>
27. Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering (2018). Available at: <https://wyss.harvard.edu/>
28. Genspace (2018) New York's Community Biolab. Learn. Create. Grow. Available at: <https://www.genspace.org/>
29. BBC (2018) About BBC Pandemic.
30. Jeffrey M. Perkel (2017) The Internet of Things comes to the lab. *Nature*. Volume 542, Issue 7639. Available at: <https://www.nature.com/news/the-internet-of-things-comes-to-the-lab-1.21383>
31. James Gallagher (2018) Handheld device sequences human genome. *BBC News*.
32. Tim Studt (2009) The Research Lab of 2020. *Laboratory Equipment*.
33. University of Oxford (2017) A new method of 3D printing living tissues. Available at: <http://www.ox.ac.uk/news/2017-08-15-new-method-3d-printing-living-tissues>
34. Tanya Scharon-Kersten, Graham Shoel, Luke Kimmel, Christophe Peytremann, Tom Reynolds, Javier Garay, Jim Gazvoda, Pietro Orombelli, Federico Gabardi, Mike Dockery, Jeanne Sirovatka (2014) Incorporating Lean Principles into Pharmaceutical QC Laboratory Design: building design influencing laboratory behaviours and effectiveness. *Novartis*.
35. Tom Reynolds, Tanya Scharon-Kersten (2013) Designing Labs for Lean Operation. *Lab Manager*. Available at: <http://www.labmanager.com/lab-design-and-furnishings/2013/12/designing-labs-for-lean-operation#.WuhEbi5ubmF>
36. United States Environmental Protection Agency (2008) Laboratories for the 21st Century: An Introduction to Low-Energy Design.

37. Interview Future of Labs. Dr. Tobias Ritter (2017)
38. Northwestern University (2014) Natural light in office boosts health.
Available at: <https://news.northwestern.edu/stories/2014/08/natural-light-in-the-office-boosts-health>
39. University of Exeter (2013) Office plants boost well-being at work.
Available at: https://news-archive.exeter.ac.uk/featurednews/title_306119_en.html
40. Lab Folder (N/A) Scientific Data in the Cloud.
Available at: <https://www.labfolder.com/blog/scientific-data-in-the-cloud/>
41. Ibid.
42. Susanna-Assunta Sansone, Philippe Rocca-Serra (2016) Interoperability Standards: Digital Objects in Their Own Right. Wellcome Trust.
Available at: <https://wellcome.ac.uk/sites/default/files/interoperability-standards-oct16.pdf>
43. Distributed (2016) Using the Blockchain to Track Assets for Proof of Ownership. Nasdaq.com.
Available at: <https://www.nasdaq.com/article/using-the-blockchain-to-track-assets-for-proof-of-ownership-cm715872>
44. Poex.io (2018)
Available at: <https://poex.io/about>
45. PenTest Magazine (2017) Security Risks with Public and Private Blockchains.
Available at: <https://pentestmag.com/security-risks-public-private-blockchains/>
46. Core Informatics (2018) Core | LIMS. Configure. Adapt. Extend.
Available at: <https://www.coreinformatics.com/products/core-lims-product-summary/>
47. Transcriptic (2018) Powering on-demand discovery biology.
Available at: <https://www.transcriptic.com/>
48. Technology Networks (2016) The Most Advanced Drug Discovery Robot in the World.
Available at: <https://www.technologynetworks.com/drug-discovery/news/the-most-advanced-drug-discovery-robot-in-the-world-280792>
49. Advantage Business Marketing (2014) FLEXLAB opens testbeds to drive increase in building efficiency. Laboratory Equipment.
Available at: <https://flexlab.lbl.gov/news>
50. Mapiq (N/A) Mapiq for Deloitte. Mapiq evolves the modern way of working.
Available at: <https://www.mapiq.net/cases/deloitte>
51. Arup (N/A) Project sheet. (53)
52. Kadans Science Partner (N/A) Company Profile Kadans Science Partner.
Available at: <https://www.kadanssciencepartner.nl/>
53. Kadans Science Partner (N/A) Plus Ultra. Incubator and multi-tenant complex on Wageningen Campus.
54. Nature.com (N/A) Lab-on-a-chip.
Available at: <https://www.nature.com/subjects/lab-on-a-chip>
55. Labvolution (N/A) smartLAB. Developing ideas for the future!
Available at: <https://www.labvolution.de/en/>
56. International Living Future Institute (2018) Certified Living. Hawaii'i Prep Academy Energy Lab.
Available at: <https://living-future.org/case-studies/hawaii-preparatory-academy-energy-lab/>
57. Op. cit. Tanya Scharton-Kersten et. al.
58. Open Science Data Cloud (N/A) Open Science Data Cloud.
Available at: <https://www.opensciencedatacloud.org/>
59. SiLA (2018) SiLA Rapid Integration. Providing Standards, Exchanging Knowledge.
Available at: <https://sila-standard.com/>
60. Op. cit. poex.io
61. Bruce Katz, Julie Wagner (2014) The Rise of Innovation Districts: A New Geography of Innovation in America. Brookings Institute.
62. Joe Greenwood, Joeri van den Steenhoven (2017) The Rise of the Hub: How Innovation is Moving Downtown. MaRS.
Available at: <https://www.marsdd.com/wp-content/uploads/2017/03/Rise-of-the-Hub-MaRS-March2017.pdf>
63. Seppo Leminen, Westerlund Mika (2015) Cities as Labs: Towards Collaborative Innovation in Cities. Orchestrating Regional Innovation Ecosystems Espoo Innovation Garden. Chapter 11, pp.167-175. Aalto University.
Available at: https://www.researchgate.net/publication/276355411_Cities_as_Labs_Towards_Collaborative_Innovation_in_Cities
64. Enrico Berkes, Ruben Gaetani (2017) The Geography of Unconventional Innovation.
Available at: https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/sites.northwestern.edu/dist/4/638/files/2017/06/Berkes_Gaetani_Submission_June_2017-2ao3fck.pdf
65. Op. cit. Anthony Townsend
66. Stephan Sigrist, Nicholas Bornstein, Julia Stricker, Gerd Voith (2016) The Laboratory of the Future. W.I.R.E.
Available at: https://www.thewire.ch/data/files/Laborstudie_E.pdf
67. EGI (2018).
Available at: <https://www.egi.eu/>
68. Glasgow City Council (2018) Future City Glasgow.
Available at: <https://www.glasgow.gov.uk/FutureCities>
69. <https://www.htcz.com>
70. 国务院关于印发《河套深港科技创新合作区深圳园区发展规划》的通知https://www.gov.cn/govweb/zhengce/content/202308/content_6900742.htm
71. MaRS Discovery District (2017) Place Matters.
Available at: <http://placematters.marsdd.com/>
72. Wellcome Genome Campus (2017) About Us.
Available at: <https://www.wellcomegenomecampus.org/aboutus/>
73. Urban Campsite Amsterdam (N/A).
Available at: <https://www.urbancampsiteamsterdam.com/urbancampsite>
74. John Tenanes (2017) Investing in Menlo Park and the Community. Facebook newsroom.
75. 姜永琪, NICE2035: 一个设计驱动力的社区支持型社会创新实验 [J]装饰, 2018,(5). DOI:10.3969/j.issn.0412-3662.2018.05.008

致谢名录

研究团队

陈伟伦
王欣
徐润昌
Yannick Lenormand
谢丹
罗特
凌紫
陈洁蓉
韦潇涵
陈珮婷
Jennifer DiMambro
Filippo Cefis
Bernard Conroy
Dan Cossins
Matthias Geipel
Andrew Jones
Liam Luddy
Sean Macintosh
Robert Morgan
Charlotte Niedenhoff
Kevin O'Halloran
John O'Mahony
Adam Ozinsky

Martin Pauli
Andy Pennington
Nicole Perez
Mark Richardson
Julia Schmottermeyer
Jonelle Simunich
Lauren Smith
Malcolm Smith
Richard Smith
Andy Steele
Catherine Wells
Felix Wernisch
Duncan White
Jan Wurm
Joshua Yacknowitz

中文版撰稿

谢丹
罗特

编辑和设计

林月
Bird Wong
叶鈺莲

关于奥雅纳

奥雅纳致力于可持续发展, 由来自世界各地的设计师、顾问和专家组成, 项目遍布全球。我们以人为本, 追求卓越, 与客户和伙伴携手共建, 以非凡创意、先进技术和严谨务实塑造更美好的世界。

更多咨询, 请电邮垂询

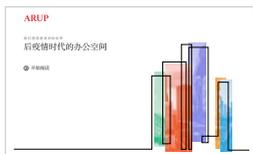
谢丹
奥雅纳高级前瞻咨询顾问
e: eva-d.xie@arup.com

徐润昌
奥雅纳创研院东亚区总监
e: ricky.tsui@arup.com

王欣
奥雅纳中国区总建筑师
e: x.wang@arup.com

陈伟伦
奥雅纳东亚区科技与工业设施业务负责人
e: william.chan@arup.com

相关前瞻报告



新冠疫情加快了商业地产行业的一系列既有趋势,包括健康和福祉、灵活性和提高空间利用率等。可持续发展、智能建筑和数字化办公也在重塑商业空间的规划与设计。

《后疫情时代的办公空间》报告分析了全球各地涌现的办公新需求和新趋势,并就其对商业地产市场和办公建筑设计的影响进行了解读和梳理。报告还结合具体案例,探讨在后疫情时代,同地协作和异地协作两种工作模式将如何充分结合,未来办公室空间设计又该如何因应这一变化。



《面向未来的大学》报告旨在探索高等教育的变革,以及这些变革将在未来几十年内对大学校园的设计、运营和体验产生的深远影响。该报告不仅关注校园物理布局的演变,还着重于教育方式的创新。

通过与全球高等教育领域专家的交流,我们致力于明确影响教育发展的核心问题,为新型校园的建设和可持续发展提供前瞻性的专业见解和建议,让教育更好地面向未来。



奥雅纳Reduce, Restore, Remove: A Call to Action全球报告提出遏制和扭转大气碳排放量上升的三种互补策略: Reduce——减少排放、Restore——修复生态、Remove——工程除碳,即3Rs,为实现净零排放必须采取的行动提供明确路径。

《中国建筑与环境净零技术发展前瞻》基于3Rs策略,探索中国建筑环境实现碳中和目标所需关键措施和技术的发展前景。研究报告强调基于建筑环境全系统和全生命周期的减碳行动,为低碳技术的发展应用提供更广泛的视角,旨在借助理念和技术创新,促进中国建筑行业的低碳转型。

无论现在还是未来，科学和研究都是人类应对各种重大挑战的关键。创造适宜的空间和环境，对科研的蓬勃发展至关重要。

科研生态系统远不止实验室的物理空间。它包括开展研究的科研人员、科学探索发生的场所，以及维持创新所需的基础设施等方方面面。只有更清晰地认识这个生态系统的范围，我们才能开始理解人、空间和环境之间的复杂相互作用，以及我们创造的空间如何有意义地响应这些不同的需求和愿望。

本报告汇集了实验室设计领域的研究成果和发展趋势，以及与行业和学术界专家展开的一系列对话。报告旨在帮助参与实验室设计项目的规划师、设计师和管理者理解关键趋势，共同塑造面向未来的科学研究环境。

