

# 给科学研究插上翅膀

## 2023实验室自动化行业研究报告



DEEPTECH  
DEEPTECH

DEEPTECH

# 前言

在工业自动化早已实现的今天，汽车、3C等制造工厂的自动化流水线随处可见，生命科学行业的生产力却仿佛还停留在上个世纪的手工时代，生命科学行业迫切需要一场工业革命，实验室自动化的变革迎来曙光。本报告中，DeepTech重点关注在生命科学场景应用的实验室自动化技术，通过桌面调研和专家访谈的方式，探讨实验室自动化的发展现状、限制因素、产品形态、应用场景、终端用户、商业模式、未来发展前景等问题。

## 关键结论

- 中国实验室自动化的兴起：生命科学上游行业国产替代的需求叠加工业自动化的人才供给
- 限制自动化发展的因素主要包括投资回报率不足、产品难以满足需求、需求非标准化、市场教育不够充分等
- 产业链：从商业模式看，中游的实验室自动化厂商可大致分为产品商、系统集成商和细分场景应用商，目前国内自动化领域融资排名位居前列的公司为系统集成商
- 核心竞争要素：产品商比拼性价比、系统集成商比拼掌握的核心设备数量和控制系统、细分场景应用商比拼客户数量
- 商业化路径：技术-产品-应用场景（实验环节）-终端用户
  - 产品形态：硬件领域液体工作站和机械臂整合系统是主流，软件领域与国外差距大
  - 应用场景：分子和细胞层面的实验环节自动化相对成熟，动物层面实验自动化仍是空白
  - 终端用户：目前兼具刚需和支付能力的生命科学类实验室集中在大型CRO、药企、平台类合成生物公司、部分进行高通量药物筛选和合成生物学研究的科研机构、疾控中心、质监药监等部门，以及部分政府支持的标杆实验室项目；具有高通量筛选需求的药物研发和合成生物学公司是近期可以较快商业化的发力方向
  - 市场规模：目前生命科学类实验室的自动化市场规模在百亿级人民币（不包含医学检验场景和主流仪器设备）
  - 规模化应用：挖掘标杆客户是打通商业化闭环的关键一步
- 微流控芯片技术是微量反应体系高通量实验室自动化的发展趋势
- 合成生物学、抗体开发等多个领域亟待微流控技术赋能

## 生命科学行业迫切需要一场工业革命，实验室自动化的变革即将带来曙光

随着多组学时代的到来，生命科学逐渐发展为大数据科学，许多新的信号通路、转录因子、药物分子的发现依赖于高通量筛选。但目前生命科学的生产效率已不能满足生物学家的需求，组学时代重复、繁琐、高强度实验操作使科研人员疲惫不堪，384孔板“人工高通量”，既费时费力又容易出错。生命科学行业迫切需要一场工业革命，实验室自动化的变革即将为生命科学行业带来曙光。

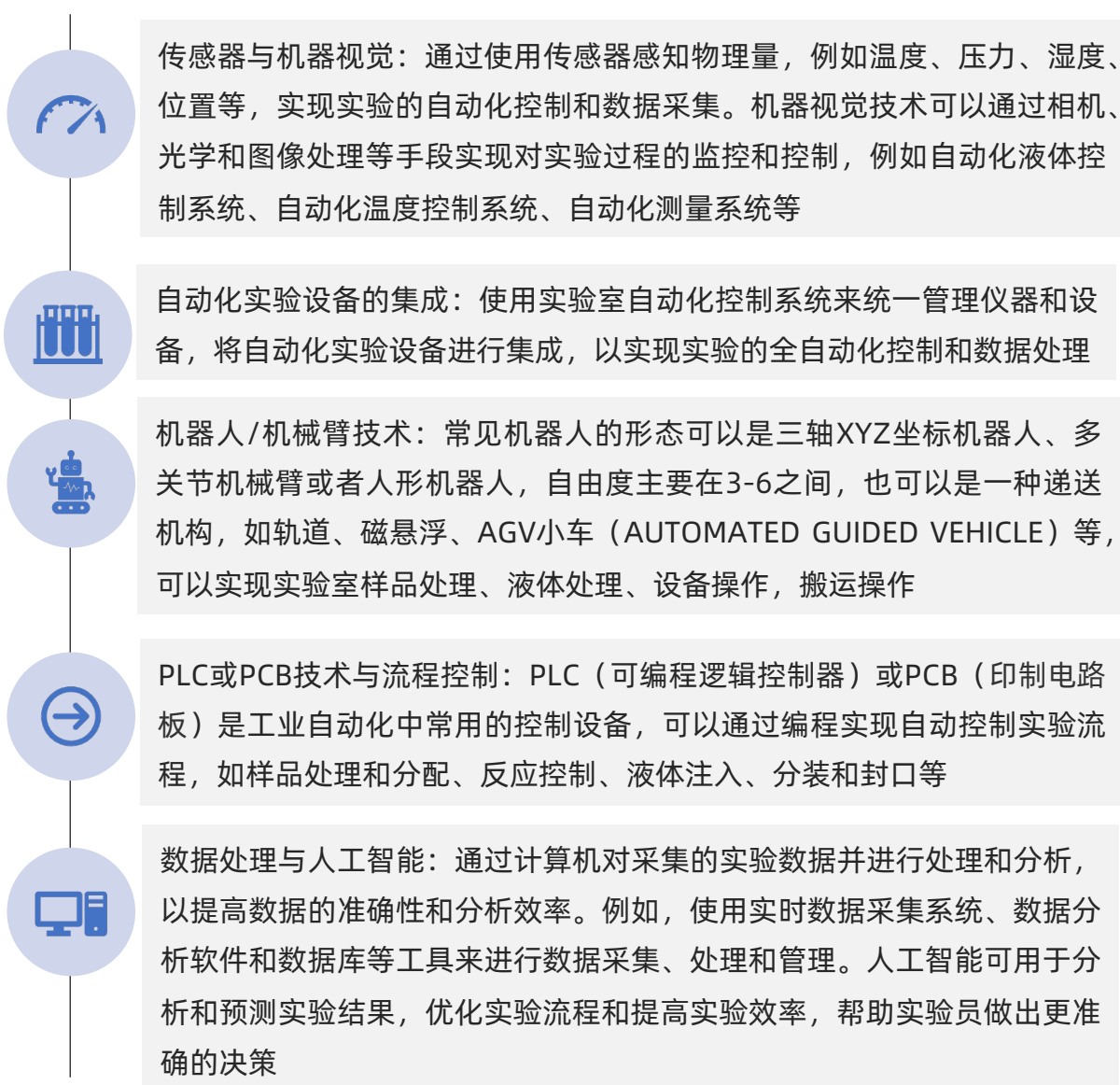
实验室自动化（Lab Automation），是指利用现代技术和设备来自动化实验室的各种操作和流程，解放人力、简化实验流程、智能设计实验、降低人为误差，以及提高实验通量、速度、准确性和可重复性等。实验室自动化包括样品处理、仪器操作、数据采集和分析等方面。实验室自动化的实现需要依靠各种自动化设备和软件，如自动进样器、液体处理系统、机器人系统、温度控制系统、自动化分析仪器、数据处理软件等。这些设备和软件可以协同工作，完成实验室中的各种任务，从而实现实验室的自动化。



图1 | 利物浦大学的智能机器人化学家  
(来源: *A mobile robotic chemist, Nature*)

## 实验室自动化的核心技术来源于工业自动化

工业自动化于20世纪60年代就已发展出现代综合自动化工厂的雏形，在制造业中出现了许多自动生产线。而实验室自动化是在工业自动化的基础上发展起来的，迁移到生命科学领域有其通用性，无外乎要做一些视觉、判断和反馈，以及信息的通讯和采集，从而让整个任务执行可以有序完成。但也有其特殊性，即要更好地适应客户对于生物技术的一些特殊需求，例如避免溶液试剂的浪费、实现耗材的大通量处理、根据耗材形态做材料选型等。**实验室自动化的底层技术路线主要包括以下几个方面：**



## 国外实验室自动化已发展40多年，机械臂和工作站率先出现

- 1961年，Eppendorf公司研究出活塞吸液，并在1976年申请专利，是实验室最常用的移液枪早期原型，代表着实验室自动化领域的诞生。
- 1980年，Zymark公司开发出Pi系统，具有单轴的机械臂，能够以圆周方式完成实验，故命名为Pi，是最早的实验室自动化机械臂系统。该设备成功销售了2000多台。
- 1986年，Beckman开发出最早的移液工作站商业化原型Biomek1000，由垂直机械臂、移液工具、洗板机单元、Masterflex泵、定位平台和附件组成。



图2 | Zymark公司Pi系统（来源：公开资料）

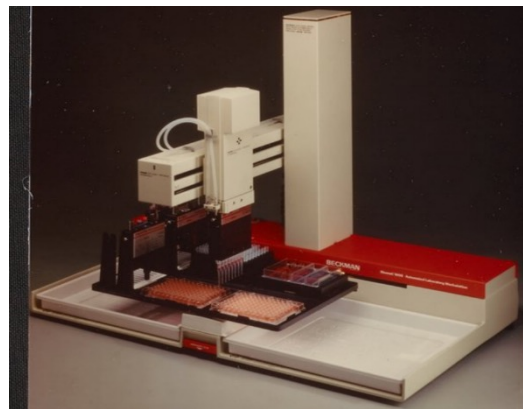


图3 | Beckman公司 Biomek1000（来源：公开资料）

- 1980s-1990s，工作站在与机械臂的论战中胜出。  
在实验室自动化发展的早期，美国曾出现过关于自动化用机械臂还是工作站的论战。工作站最早出现的也是最核心的产品就是移液工作站。工作站在设计之初只完成一些少量任务，但高度可靠，而机械臂优势在于更加灵活。在实践中，人们发现**自动化的首要原则就是简化实验过程**。在早期时候，如果让机械臂自动化进行一些复杂的手工操作的时候并不会让实验更有效率，因此工作站在论战中获胜。**随后成立的Beckman、Hamilton、Tecan，都是以移液工作站为核心的整合方式。**
- 1983-2003年，实验室机器人与自动化国际研讨会ISLAR每年举办，推动了实验室自动化领域的发展。
- 1996年，实验室自动化协会ALA成立，并在2010年与生物分子科学协会SBS合并为实验室自动化和高通量筛选协会SLAS，其出版了两本实验室自动化领域的学术期刊SLAS technology和SLAS discovery，并制定了用于药筛的微孔板的标准。

## 不同的实验室场景处在自动化的不同阶段

根据自动化的程度和规模，实验室自动化可分为四个阶段：单一设备形式的自动化、工作站形式的自动化、流水线形式的自动化和智能化形式的自动化。它们并非纯粹的全面替代演进关系，而是根据成本需求、通量需求，研究和临床需求的客户情况，匹配不同产品形式。实验室自动化整体是从辅助人到替代人的方向发展，最终理想是达到无人值守的“黑灯实验室”。

### 1.0阶段：单一设备

一个自动化设备往往只有一两种分析检测或者样品处理的功能，需要人来操作使用。例如，自动配液、自动称量等操作以及混悬仪、离心机、细胞培养箱、PCR仪、质谱仪等仪器设备。**目前大部分实验室仍处在这一阶段。**

### 2.0阶段：工作站

一台设备集成了多种功能，可以在一个批次内处理一定数量的样品，批次内可以无人值守，批次之间需要人工操作。例如液体处理工作站，将多个样品前处理环节集成在一起，进行加样、混匀、稀释、转移等操作，是实验中最为基础且最为频繁的实验操作。**目前部分高通量实验室采用工作站形式自动化。**

### 4.0阶段：智能化

在全实验室自动化基础上，加入人工智能，可代替部分脑力劳动，具有机器学习、自动判断、自我决策能力。多用在研究型实验室领域，擅长解决多品种、小批量、多批次、高时效的检测需求，进行实验室智能化操作和管理，可进行样品前处理、分析检测和实验数据的处理等所有实验室的操作，并可以循环往复地进行。**目前利物浦大学、伊利诺伊大学、Ginkgo Bioworks等已有案例应用。**

### 3.0阶段：TTA与TLA

TTA完整任务目标自动化与TLA全实验室自动化，结合前端样品处理和后端检测形成全流程自动化，设备与设备之间自动传输数据和样品，类似工业自动化的模式。**这种形式目前使用最多的是医学检验场景，如医院检验科和第三方检测实验室（ICL），常见生化检测自动化流水线、免疫检测自动化流水线、血液检测自动化流水线、微生物检测自动化流水线等。**

# 中国实验室自动化的兴起：生命科学上游行业国产替代的需求叠加工业自动化的人才供给

- 2000年-2010年间，中国实验室自动化领域开始出现，奥美泰克在2004年成立；
- 2016年左右实验室自动化开始加速发展，多家初创公司成立；
- 2020年，新冠疫情成为行业发展的催化剂，疫情催生了大量核酸样品的检测需求，同时病毒的高传染性和致病性对涉及样本处理、检验检测、样本存储的全流程自动化提出了直接的需求，进一步释放了自动化的空间，多家公司在2021年-2022年获得融资。

## 需求端：国产替代是生命科学上游行业的长期需求

生命科学上游行业包含仪器设备、试剂耗材等，具有很高的技术壁垒，存在大量“卡脖子”环节，赛默飞、丹纳赫、安捷伦、PE等巨头占据国内市场主导地位。生命科学上游高度依赖进口的问题已得到国务院、工信部、自然科学基金委等部门的高度重视，国产替代成为成为政策引导的主要方向。

- 2016年8月，国务院发布《十三五国家科技创新规划》，提出加强生物产业发展及生命科学研究核心关键装备研发，提升我国生物技术前沿领域原创水平，抢占国际生物技术竞争制高点。
- 2021年3月19日，为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“基础科研条件与重大科学仪器设备研发”等重点专项及“揭榜挂帅”榜单。围绕国家基础研究与科技创新重大战略需求，以关键核心部件国产化为突破口，切实提升我国科学仪器自主创新能力和装备水平，促进产业升级发展，支撑创新驱动发展战略实施。

## 供给端：实验室自动化适合中国的工业自动化人才结构

国内的自动化技术在工业3C、汽车等领域已相对成熟，做相应非标产线的自动化人才非常多，在制造业市场逐渐饱和之时，大量人才从汽车和3C产线，转到实验室自动化，因此天然擅长在流程端将仪器和线性自动化流程进行整合。相比来说，高端仪器所需的**精密材料、传感器技术国内欠缺**，仪器领域的国产替代仍有很长的路要走，而实验室自动化更适合中国目前的工业自动化人才结构。

## 限制自动化发展的因素主要包括投资回报率不足、产品难以满足需求、需求非标准化、市场教育不够充分等

### • 中国医学检验的自动化程度最高，其他场景的实验室自动化水平仍然较低

医学检验的实验流程固定，需求标准化，样本量大，同时预算充足。目前国内实验室自动化应用程度最高的是医院检验科，已经处在3.0的流水线阶段，以生化免疫流水线为主，达到采血后上样、前处理、检测、结果报告和后续样品存储等全检验过程自动化，极大程度地简化了工作流程，加强了质量管理，降低了人为误差和生物污染率。进口四大家罗氏、雅培、西门子、贝克曼占据了70%以上的中国市场，占据三甲医院的高端市场，国产厂商与目前逐步从二级以下医院开始国产替代。

大多数实验室自动化的程度还停留在单一设备阶段，只有药企、疾控中心、合成生物学公司等场景的少数实验室实现了工作站形式的自动化。对于大多数普通实验室来说，前端的样品处理方面，自动化程度相对而言依然非常低，需要消耗大量的人工，以及不可避免许多重复性繁琐性的工作。

### • 目前限制自动化发展的因素包括长期因素和短期因素

总体来说科研用户的需求更零散，人力成本低，而企业用户的用人成本高，需求相对标准化，更适合开展自动化，但是在合规性等方面的要求更高，需要更加定制化的开发，国内厂商大多达不到要求，而进口厂商大多只提供标准化的产品，不提供定制化服务。具体来说，限制自动化发展的因素包括以下几点：

#### （1）长期因素：人力成本低使得投资回报率不足

据受访者透露，多项目整合的流水线TLA一般1000万以上，单项目的TTA一般在一千万以内，一个工作站的价格一般在100-300万之间。对于高校和研究机构来说，学生的人力成本很低，从投资回报率角度看并没有动力使用自动化设备，这个现状短期内难以改变。而对于企业来说，缩减成本开支尤为重要，需要算一笔经济账，完成自动化改造后在单位空间、人力支出所带来的收益需远高于传统方式，扣除购置收入，依然可以有显著的投资收益，才会有进行自动化改造的动力。据核算，目前采用了自动化方式的企业节约的人力成本，平均在三年左右可以覆盖设备的投入。

## 限制自动化发展的因素主要包括投资回报率不足、产品难以满足需求、需求非标准化、市场教育不够充分等

### (2) 长期因素：自动化产品在部分领域还无法满足需求

液体处理是自动化相对成熟的产品，市场上国内外厂商都已经推出了一些标准化的自动移液系统。但是这类设备一般只集中在移液配液方面，针对液体的综合性处理的功能不够，针对生物领域的96孔板操作较多，而对于像384孔板、1536孔板等更精细样品的操作则相对较少。而**固体处理方面定制性高，价格昂贵，购买力不足**。由于不同固体颗粒的粘性、静电作用力、密度、外形、大小等理化性质不均一，因此针对不同的固体都要开发特定的操作设备，即使进口产品也会有性价比或者稳定性方面的问题。目前基本是通过人工操作完成，在样本量比较大的情况下，导致操作繁琐，急需自动化的称量设备。如果与后续样品溶解转移相结合的话，就还需要称量校准和样品处理的集成。另外，在化学合成领域自动化程度也相对较低，合成涉及的样品条件比较复杂，需要更加复杂的集成能力。

**软件的合规性难以满足需求**。以微生物检测为例，对于各种菌落，检测方法以及对环境的要求都不一样，而且做微生物检测的客户都需要做一些数据完整性的分析，对软件的要求非常高，目前国产软件难以通过CSV（药企换计算机需要的验证）的验证或者GMP的要求。做软件的合规，至少需要三五年的时间来打磨。虽然对于事业单位来说合规性并不需要这么高，但是对于企业来说，目前国产软件难以满足其需求。

### (3) 长期因素：客户需求非标准化

**实现自动化的前提是要先实现流程的标准化和模块化**。但由于生物和化学实验的复杂性，目前的实验室自动化还只能解决少部分的重复劳动，尤其是研发端，需求相对复杂多变，对于自动化来说，很难做到柔性很高。曾有研究机构购置了自动化设备，并针对自身的需求进行调校开发，但是由于后期调整了研究方向，原有的设备不再适用，后来自己聘用工程师重新调校，但没有达到要求，最终导致自动化设备闲置。

### (4) 短期因素：市场教育不够充分

国内的实验室自动化领域起步较晚，很多实验室研究人员对实验室自动化的产品种类和功能缺乏了解和信任，对自动化优势的了解不全面，同时对自身实验的哪些环节可以进行模块化标准化，可以进行自动化改造也不清楚。

## 实验室自动化让实验人员专注于科学研究本身而非重复性实验操作

实验人员的传统认知是实验室自动化设备可以提高效率，实际上除了提高效率以外，实验室自动化还可以大大提高实验的准确性和通量，节省了花在繁琐实验室流程上的时间，使研究人员能够专注于科学本身，投入到更高价值的任务，而不是高重复性的实验操作，例如样品制备、样本转移、样本记录、常规管理等。具体来说实验室自动化的优势具有以下几个方面：

### 可重复性

可重复性一直是实验室的主要关注点。但实验结果，尤其是生物实验，面临着可重复性方面的广泛挑战。*Nature*对1576名科研人员针对“科研试验的可重复性”主题所做的在线网络调查，超过70%的科研人员无法成功重复别人的实验，有超过一半的科研人员在重复自己曾经的实验时遭遇失败。由于生物体的个体差异，生物、医疗领域的实验可重复性低于物理、化学领域。

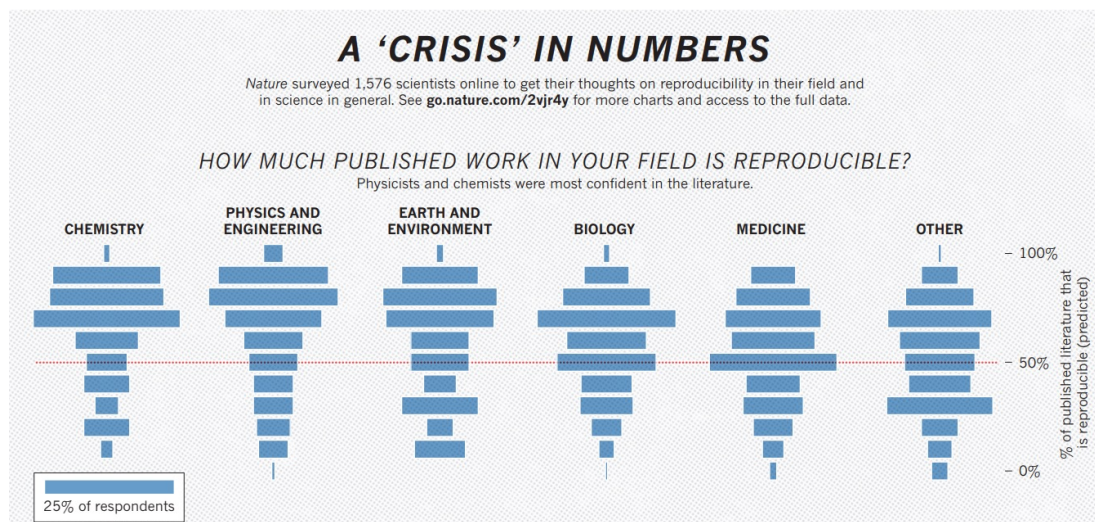


图4 | 不同领域实验的可重复性（来源：*1,500 scientists lift the lid on reproducibility*）

自动化可以有效减少由于实验人员操作带来的误差和污染，从而提高结果质量。例如，在研究环境中，实验室自动化可以实现更高的实验数据采集率，增加结果量，并使用更广泛的对照，从而增加结果可重复的可能性。然后通过设置平行实验组来建立可重复的数据。此外，自动化还可以减少实验人员样品前处理流程的操作错误，例如错误标记或放错样品，或选择错误的培养基。

# 实验室自动化让实验人员专注于科学研究本身而非重复性实验操作

## 数据准确性

数据准确性是实验室可以通过实验室自动化提高的方面之一。自动化设备可以检测两种化合物之间的细微差别。提高数据的可靠性和一致性。例如，在微生物实验室中，尿液样本的一致自动平板条纹可以更准确地区分潜在病原体和污染微生物群。自动化不仅可以确保结果更可靠，还可以提高数据评估的准确性。

自动化还可以结合机器学习算法，提高对数据的处理分析能力。例如，对显微镜成像和革兰氏染色结果分析的自动化可以改进常见血流病原体的手动分类，自动超声心动图分析可以高精度地对一系列病理进行分类。

## 可追溯性

可追溯性是实验室自动化的另一个重要优势。将测试结果相互比较以及与标准进行比较的能力对于科研型实验室和临床诊断实验室都至关重要。可追溯性的另一个重要方面是数据来源，即描述数据历史和来源的能力。在科研型实验室中，可追溯性对于将研究结果转化为临床至关重要。而在临床实验室中，将计量可追溯性纳入2012年发布的ISO 15189标准更加突出了这一概念的重要性。在根据临床实验室的检测结果来遵循临床指南的建议去采取医疗措施的情况下，数据的可追溯性能够有效降低患者受到医疗伤害的风险。实验室自动化使得实验室对样品的处理带有足够的文档记录和准确性，对于数据监管链条的形成有很大帮助。

## 效率

在各种形态和规模的实验室中，自动化设备比手动操作具有更高的效率，在重复性任务上节省的时间可以花在分析实验结果、进行实验规划和其他更有价值的工作上。实验室自动化还可以通过更高的分液精度来减少使用的试剂和培养基的数量，从而提高效率。实验室工作流程自动化还可以延长实验室的运转时间。例如在微生物实验室中，自动涂板系统可以每天24小时处理标本并接种培养皿。

## 安全

在一些实验室中，存在处理危险化学品和设备的流程。这些流程的自动化可以降低研究人员和技术人员的安全风险。实验室自动化程度的提高还降低了与感染性生物样本，如新冠、埃博拉病毒接触的风险，也避免了实验室工作人员的重复性劳损。

企业图谱：从商业模式看，中游的实验室自动化厂商可大致分为产品商、系统集成商和细分场景应用商，目前国内自动化领域主要的创业公司属于系统集成商

实验室自动化产业链		代表公司	
		进口厂商	国产厂商
上游	关键零部件	岛津、英腾、博世、霍尼韦尔	鼎智科技、绿的谐波、鸣志电器、汇川技术
	仪器设备	赛默飞、岛津、安捷伦、罗氏	聚光科技、皖仪科技、禾信仪器、莱伯泰科
中游：标准化产品	工作站	Hamilton、Tecan、Beckman、PerkinElmer	奥美泰克、耐优生物、中析
	机器人/机械臂	Brooks、电装、史陶比尔	慧灵机器人、遨博机器人、节卡机器人
	医疗检验流水线	罗氏、西门子、Beckman、雅培	新产业、安图生物、迈瑞医疗
中游：系统集成商	生命科学自动化多场景综合解决方案	赛默飞、Biosero、PerkinElmer、Beckman	汇像科技、奔曜科技、晶泰科技、镁伽科技、海尔生物医疗、玄刃科技
中游：细分场景解决方案	核酸分析、蛋白分析的样品前处理自动化	Illumina、10×Genomics、BD Biosciences	华大智造、诺和致源、墨卓生物、谱育科技
	生物样本自动化低温存储	赛默飞、SPT Labtech	基点生物、艾尔温、原能生物
	细胞培养自动化	康宁、RORZE-ReMed	曼森生物、英诺维尔、礼达先导、华鑫生物
	微流控芯片高通量筛选	Berkeley Lights、Gingko Bioworks、Amyris、Transcriptics	天木生物、墨卓生物
	自动化软件	赛默飞、PerkinElmer、Biosero	青软智控、明度智慧

表1 | 实验室自动化的产业链（来源：DeepTech）

## 核心竞争要素：产品商比拼性价比，系统集成商比拼掌握的核心设备多少，细分场景应用商比拼客户群体数量

(1) 实验室自动化上游包括提供检测仪器设备、零部件，以及框架、密封、防火、电控系统的厂商。其中如加样针、光栅、传感器、色谱柱、真空泵等很多核心零部件，尚未实现国产化，处于被“卡脖子”的状态，未来在供应链方面可能会面临挑战。目前国产厂商在整合系统时，通常核心零部件和高端仪器不得不选择进口产品，而低端的框架、密封、防火、电控系统选择国产产品。

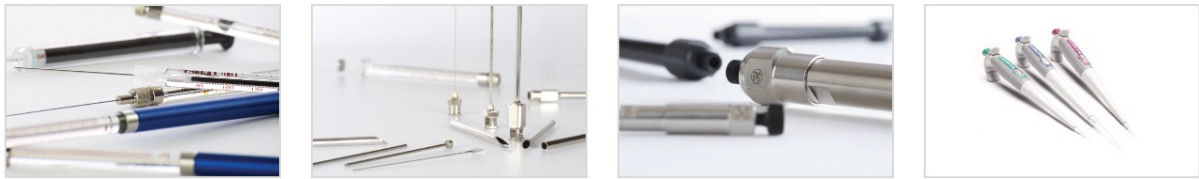


图5 | 精密玻璃注射器、加样针、高效液相色谱柱和通用移液器吸头  
(来源：Hamilton官网)

(2) 中游厂商从商业模式上大致可分为三类。

第一类是**产品商**。他们针对标准化的需求，提供样品处理工作站、机械臂、流水线等某种特定的标准化产品。这类厂商专注于**打磨技术和产品，进行仪器的同质化标准化竞争，比拼性能参数、价格、应用、服务。**

第二类是**系统集成商**。他们针对客户的非标准化的需求，集成元件、仪器、工作站、机器人、微流控、软件等技术进行定制化的开发，提供综合性解决方案，**目前国内实验室自动化领域多数创业公司**，如汇像科技、镁伽科技、奔曜科技、晶泰科技等属于这一类。他们提供多个生命科学实验室场景的解决方案，如合成生物学、微生物、分子生物学、细胞生物学、多组学等等。**对于集成系统来说，掌握更多核心设备的厂商更有话语权和定价权。**

第三类是**细分场景应用商**。他们定位介于前两者之间，既有做产品的基因，也需要根据客户需求进行定制化开发，针对某些特定细分场景提供自动化解决方案。通常基于下游产品已经积累的很大客户群体，向上游场景开发自动化应用，**因此下游场景客户群体数量大的厂商会更占据优势。**

## 核心竞争要素：产品商比拼性价比，系统集成商比拼掌握的核心设备多少，细分场景应用商比拼客户群体数量

例如华大智造是国产NGS测序仪的龙头，并提供NGS测序相关服务，积累了大量用户，而进行NGS测序，需要对其样品进行统一的“DNA片段化、末端修复、3'末端加A、接头连接、PCR富集、文库质检、浓度定量”测序样品前处理和建库流程，产生了大量自动化需求，因此华大智造开发了自动化样本前处理系统，拓展了实验室自动化相关业务。NGS测序服务商诺禾致源目前也在仿照华大智造的模式，开展NGS样品建库自动化业务。类似的逻辑还有聚光科技的子公司谱育科技，专注做质谱仪和色谱仪，也在开展质谱色谱检测的样本前处理自动化，墨卓生物提供单细胞测序服务，以及上游样品自动化建库产品。

此外，曼森生物在做微生物发酵的生物反应器的基础上，拓展菌种高通量筛选的实验室自动化业务，英诺维尔、华龛生物做细胞培养自动化，基点生物、艾尔温做生物样本自动化低温存储，青软智控、明度智慧等公司做自动化相关软件，管理实验室的“人机料法环”，确保合规性和数据安全。

另外还有一类比较新的场景是在药物筛选和合成生物学领域，利用微流控芯片技术而非传统的自动化技术来做高通量自动化细胞的培养和分选。目前这个领域国内的进行商业化的公司还比较少，代表研究团队包括清华大学的邢新会和张翀教授课题组，目前邢新会教授已参与成立了天木生物对外承接高通量筛选业务，而张翀教授参与成立的聚树生物也已搭建了一套高通量自动化筛选平台。墨卓生物的抗体发现平台（单B细胞分选平台）也是其中重要力量，可用作抗体药物筛选以及合成生物学的酶进化等领域。

**在一些非高端技术领域，如自动化移液工作站、生物样本存储等，国产品牌相对进口来说具有价格和售后服务的优势，未来有望率先实现国产替代。**

（3）实验室自动化行业的下游是终端应用场景，研究型用户主要包括高校和科研机构、CRO公司、合成生物学公司和药企，检验检测型用户包括医院、第三方检测中心、疾控中心、海关等。

# 商业化路径：技术-产品-应用场景（实验环节）-终端用户

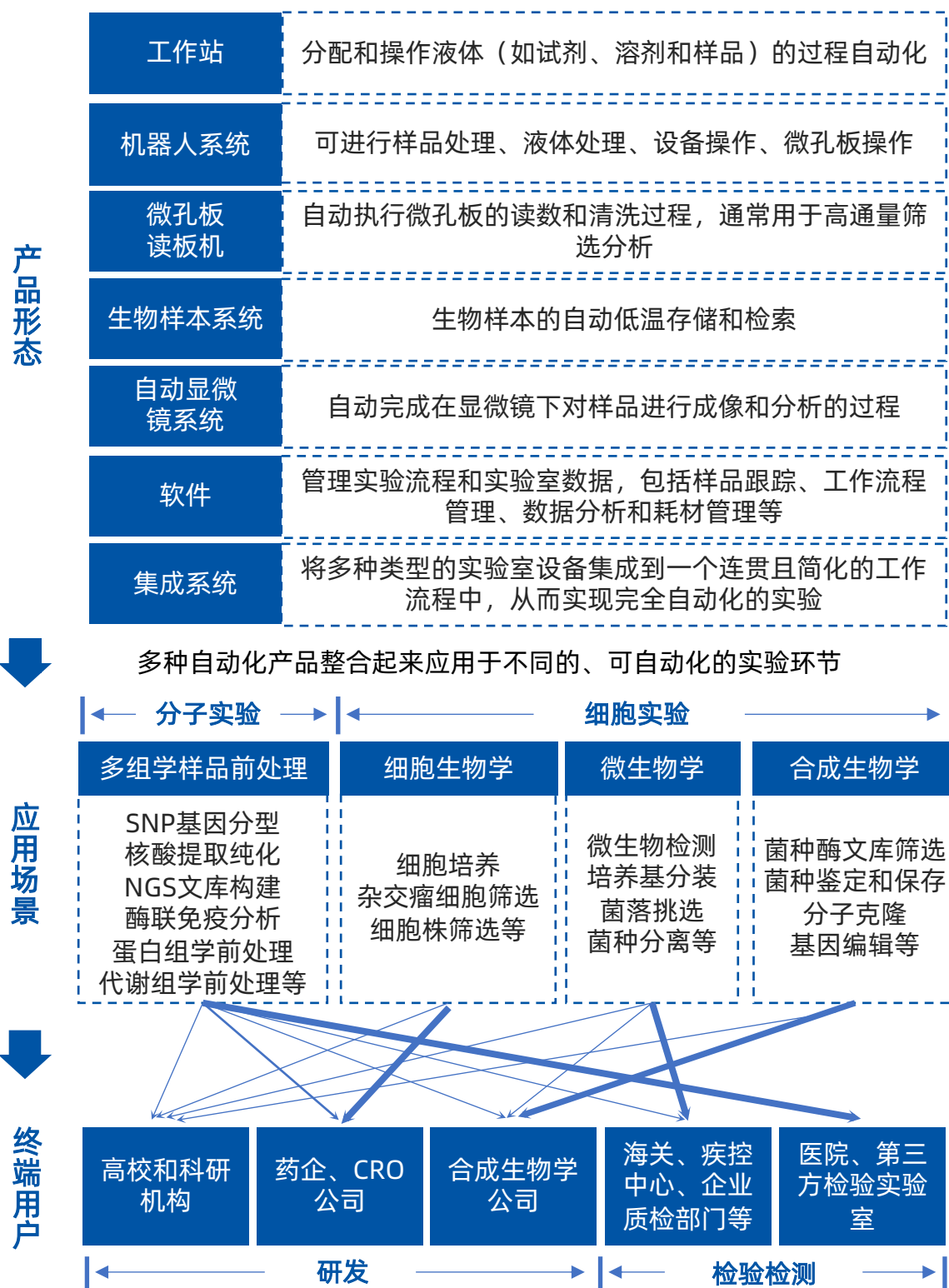


图6 | 实验室自动化企业的商业化路径（来源：DeepTech）

## 产品形态：目前硬件领域液体工作站和机械臂整合系统是主流，软件领域与国外差距大

中国实验室自动化厂商大部分在2016-2020年成立，目前产品初具雏形，仍需要足够的时间继续打磨产品，在运行稳定性、功能完备性、系统开放性实际的交付和使用体验上与沉淀了几十年的进口厂商仍有一定差距。中国硬件技术相对成熟，在软件领域仍与进口厂商有较大差距。

国产厂商优势在于国产替代的政策导向、价格优势（价格约为进口自动化设备的一半）和售后服务（工程师可随时上门），目前更多扮演着客户方案规划咨询和行业领路人的角色，交付落地仍需要厂商在人才结构和管理标准化上努力。

### 硬件领域：液体工作站和机械臂整合系统是主流产品

液体工作站和机械臂是最早出现的也是目前比较主流的实验室自动化产品，欧美日占据领先地位。目前基于液体的处理是最主流的产品，以梯度稀释、液体合并等功能为核心可以将样品的前处理环节串联起来，广泛应用于生物工程、DNA质粒纯化、药物筛选、ELISA酶免反应、PCR前处理、DNA测序前处理、临床检验样品处理、血站系统高通量样品分析，以及各种实验室检测前处理等环节。目前液体处理从单通道到384通道，从毫升级别到纳升级别，市场需求与技术的成熟度达到了相对匹配。常见的应用如qPCR样品处理、方法筛选、NGS建库等，已经有了较长时间的应用基础，液体处理的技术已经能做到一些企业的合规性要求，目前国内实验室自动化创业的公司也多数集中在液体处理工作站基础上进行整合和应用开发。虽然有不少国产厂商提供自动化移液工作站，但在实际使用中，代替移液枪使用没有问题，但由于稳定性和开放性的原因还不能很好的集成到整套自动化流程中。在机械臂方面，国内的机械臂设计死角比较多，在功能完备性和灵活性上不能完全满足需求。

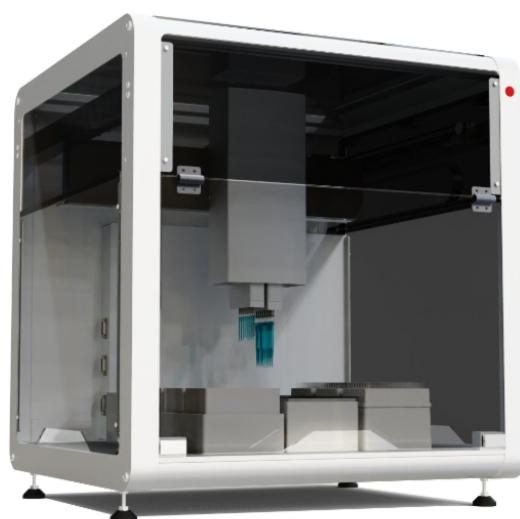


图7 | 全自动移液工作站（来源：中析官网）

## 产品形态：目前硬件领域液体工作站和机械臂整合系统是主流，软件领域与国外差距大

### 软件领域与国外差距较大

实验室的自动化不仅仅是在操作流程方面，还包括样本流和信息流，除了要完成对实验仪器的操作，更要对实验仪器产生的结果或实验流程的数据结果进行整合处理。国内与国外厂商的核心差距在于软件方面，难以满足对各种流程控制的精准性和系统的开放、调度能力和稳定性要求。

- **精准性**：既需要时间上样本流、信息流、操作流的精确配合，也需要空间上控制机器以极高精准度在生物实验的微小体系中精准完成动作。
- **开放性**：一套自动化设备通常由多家公司提供，生态十分庞大，中控系统需要兼容各种软件，处理设备接口和数据接口，对开放性、调度能力和稳定性有很高要求。

以赛默飞的LIMS软件为例，其能够实现工作流程自动化，管理样品和数据，并可根据选择的供应商的仪器和软件集成，其预构建的工作流程可根据需求变化配置和增强。



图8 | LIMS软件（来源：赛默飞世尔科技官网）

### 生物样本系统：产品的性能和渗透率有待提高

自动化生物样本系统涉及样本存储库、转运与配套设施、自动化降温和复苏设备、智慧管理软件等。以干细胞低温储存库为例，国产样本库的密闭性、温差控制、断电解决方案这几个关键性能参数离进口产品还有明显差距。



图9 | 蜂巢式-196℃气相液氮存储设备（来源：原能生物官网）

## 应用场景：分子和细胞层面的实验环节自动化相对比较成熟，动物层面实验的自动化仍是空白

虽然从产品角度看，国内大部分厂商与进口厂商差距较大，但是国内镁伽科技、奔曜科技、汇像科技等大部分自动化初创公司是系统集成商，他们可以针对实验环节或者某些场景提供定制化解决方案，综合价格、性能、渠道等因素来选择国产或者进口产品来集成系统。目前来说大部分具有标准化流程、高重复性的实验环节已经有自动化解决方案。

### 分子层面实验环节以标准化的样品前处理为主，适合做标准化的产品

在多组学分析样品的前处理方面，从基因组、转录组、蛋白组、代谢组等不同组学层次来看，由于NGS测序服务和疫情核酸检测的需求带动，在基因组和转录组的核酸提取纯化、NGS文库构建等产品应用已经成熟，未来随着生命科学研究、药企的靶点发现、合成生物学公司的酶学改造和代谢物检测等下游应用场景进一步拓展，相关蛋白组学、代谢组学检测需求提高，其样品前处理的市场也会打开天花板，促进相关产品进一步发展成熟。

### 细胞层面实验环节涉及各种流程性实验，适合做定制化整合系统

在细胞生物学、微生物学、合成生物学方面，目前针对分子克隆、细胞培养、基因编辑、微生物检测等可标准化的实验环节已经有自动化解决方案。这些实验环节在下游终端客户的分布相对比较零散和交叉，如抗体药企会用到基因编辑、细胞株的筛选和细胞培养，疾控中心主要用到微生物的检测，合成生物学公司用到菌种酶文库筛选、菌种鉴定和保存、分子克隆、基因编辑等。适合以系统整合、定制化开发的方式来进行自动化改造，同时这些企业和事业单位对合规性也有较高的要求。

### 动物层面实验环节动物个体差异大，适合做人机结合的辅助性实验系统

以上的实验环节的自动化集中在分子和细胞层面，但是对于动物层面的实验环节，目前仍是空白。以小鼠为例，在饲养、实验取样、加药处理等实验环节，需要剪爪、尾静脉采血、眼球取血、腹腔注射、大脑核团的指定区域注射、取卵和移植等大量重复性人工操作。对于活体动物的操作，一方面在不麻醉的情况下难以控制和定位，需要比较好的固定手段，另一方面动物个体的差异性也对自动化设备的灵活性提出了更高要求。未来可能出现类似手术机器人等辅助实验人员操作的自动化产品形态。

## 终端用户：具有高通量筛选需求的药物研发和合成生物学公司是近期可以较快商业化的发力方向

从终端用户看，实验室自动化最快能够落地的方向在于**实验流程标准化的检验检测和科研端的高通量筛选需求**。在检验检测用户中，医院基本已经完成了自动化流水线的布局，国产替代是其主要逻辑，而疾控中心、企业质检药监部门、海关、司法鉴定中心等检验检测单位还有很大的机会点。在科研用户中，药物分子筛选、菌株筛选等高通量筛选会率先应用自动化技术，如上海药物所已建立了药物筛选的自动化平台，深圳先进院在搭建合成生物学自动化大设施，利物浦大学研究团队2019年发明的AI机器人化学家，也是应用在催化剂的高通量筛选中——2022年初它首次通过高通量筛选自主发现了一种高活性的催化剂。

因此，不考虑医学检验场景，目前兼具刚需和支付能力的生命科学类实验室主要集中在**多组学测序服务公司、大型CRO、药企、平台类合成生物学公司、部分进行高通量药物筛选和合成生物学研究的科研机构、疾控中心、质监药监等部门以及部分政府买单的标杆实验室项目等**。

目前国内这些兼具刚需和支付能力的生命科学类实验室的数量在1000-2000个，按照单个实验室平均花费1000万人民币来预估测算，**市场规模在百亿人民币以上**（此外，国内非生命科学的实验室也有非常多，拿世界五百强企业 and 事业单位来说，国内的实验室有支付能力的在5000个以上）。但因市场还在发展早期、缺乏典型的标杆案例，规模化应用无从谈起，市场规模的计算目前还只是一个数字。对自动化厂商来说，多去跑几家客户，打开市场才是实际。

对于企业用户应用自动化，需要先得到法律法规、行业专家或者是相关第三方的认可，因此自动化厂商打造完产品和应用场景解决方案后，找到标杆客户是打通商业闭环的最后一步。只有在事业单位、科研机构以及大型企业先适用，通过标杆客户和案例来打磨和推广产品，才会带动实验室自动化的规模化应用。

## 在具有高通量药物筛选需求的药企和CRO企业中已有实验室自动化应用案例

### 晶泰科技与礼来签署药物发现合作，以AI+实验机器人驱动首创新药研发

2023年5月31日，晶泰科技与礼来宣布签署一项2.5亿美元的协议，实现在AI小分子新药方面的合作。晶泰科技将利用AI药物研发平台“干实验室”与自动化机器人“湿实验室”结合的技术优势，从头设计候选化合物，综合评分最高的分子将在由数百台机器人工作站组成的自动化实验室中被合成出来，经过一系列生物化学，细胞，药理药代等测试验证其活性和成药性，而计算数据和实验数据会快速反馈给其算法平台，形成AI算法与真实实验的DMTA（设计-智造-测试-分析）闭环，为礼来从头设计并交付具有竞争力的候选化合物。

### 镁伽科技与义翘神州达成深度战略合作

2023年4月18日，镁伽科技与国内蛋白、抗体研发生产商义翘神州签署战略合作协议，双方将针对打造新一代智能化、自动化实验平台展开合作。此次交付的全自动质粒构建系统是基于镁伽全自动分子实验平台与义翘神州应用场景相结合开发的分子克隆平台，实现质粒构建实验中PCR扩增、连接、转化、克隆挑选等各项操作的全流程自动化，满负荷运行情况下，预计可节省人工90%，并可帮助综合提升实验室产能，满足义翘神州对于分子构建的高通量需求。

### 汇像科技交付为英矽智能搭建的“AI+机器人全自动化实验室”

2022年12月29日，由AI制药公司英矽智能在苏州BioBAY举行启动仪式，正式交付历经6个月建成的由AI辅助决策的全自动化机器人实验室。该智能机器人实验室涵盖一套由汇像科技定制研发的、可实现多种功能岛的独立运行和串联、并对整体实验流程进行时序优化和智能控制的自动化解决方案，聚焦靶点发现、化合物筛选、个性化药物开发和转化医学研究等领域。汇像科技提供的实验室自动化解决方案，可实现细胞培养、核酸分子鉴定、高通量药物筛选、高通量NGS测序前样本建库、蛋白纯化和鉴定、LCMS质谱样本前处理等应用方向的智能化操作，打造真正的无人化实验室。

## 在具有高通量细胞株筛选需求的合成生物学研发机构中已有实验室自动化应用案例

### 深圳合成生物学创新研究院的“合成生物研究重大科技基础设施”（大设施）

“合成生物研究重大科技基础设施”是深圳市光明区科学城建设优先启动和布局的重点项目之一，由深圳市政府投资建设，中国科学院深圳先进技术研究院为建设牵头单位，司同研究员作为总工艺师，华大生命科学研究院、深圳第二人民医院参与建设。

“大设施”重点建设内容包括设计学习平台、合成测试平台、用户检测平台三大平台。

- 设计学习平台利用生物信息、数理模型、生物合成大数据及人工智能等手段，针对特定科学需求，提供实验方案，并生成合成测试平台的可执行指令。软件工具及数据库以自主研发为主。
- 合成测试平台主要由大片段DNA、噬菌体、细菌、酵母等系统组成，将通过搭建自动化模块，作为“功能岛”执行特定功能，并根据需求实现各类“生产线”的柔性化集成；关键技术装备研制遵循红蓝军路线，兼顾自主创新与吸收国外先进技术。
- 用户检测平台整合蛋白质与代谢产物分析、底盘细胞放大培养、高级成像三大检测系统，对合成产物进行多模态跨尺度的全方位测试。

“大设施”旨在建设一个针对人工生命体智能化设计及自动化铸造的基础大平台，基于智能化、自动化及高通量设备，搭建用于生物元器件、复杂网络、人工细胞等多维度合成生物的合成、组装、植入、激活与测试的合成生物研究装置，结合设计软件与机器学习的深度研发，快速、低成本、多循环地完成“设计-构建-测试-学习”的闭环，实现人工生命体理性设计合成。

### 浙江大学生物与分子智造研究院的“合成生物学自动化科学装置”（iBioFoundry）

合成生物学自动化科学装置是浙江大学生物与分子智造研究院的重点建设内容之一。该装置在中央软件控制下通过轨道式机械臂整合包括自动化移液操作、生物样品存储、细胞培养和生化测试等的各种实验设备，实现合成生物学研究中从样本智能存取、DNA元件组装、细胞筛选及培养到产物检测的全流程自动化操作，达到高通量实验的标准化和高效率目标，可将人工细胞构建效率提高两个数量级以上。

## 未来在微量反应体系的高通量实验室自动化进程中，微流控芯片技术的进步和应用是重要的发展趋势

### 微流控芯片可在微纳尺度进行自动化实验

微流控芯片（Microfluidics），又称“芯片实验室”（lab-on-a-chip），可以把生物、化学、医学分析过程的样品制备、反应、分离、检测等基本操作单元集成到一块微米尺度的芯片上，自动完成分析全过程。微流控芯片是微流控技术的下游应用单元，通过微型电子机械系统（MEMS）技术，微流控芯片能够在固体芯片表面构建微型生物化学分析系统，快速、准确地实现对核酸、蛋白质、细胞及其他特定对象的处理和检测，在芯片上的微米级的流道内部实现常规实验的自动化。目前微流控芯片在生命科学领域已经得到了广泛的应用，如POCT分子诊断、生物化学和免疫学检测、单细胞多组学分析、药物筛选、单B细胞筛选、菌株定向进化等。

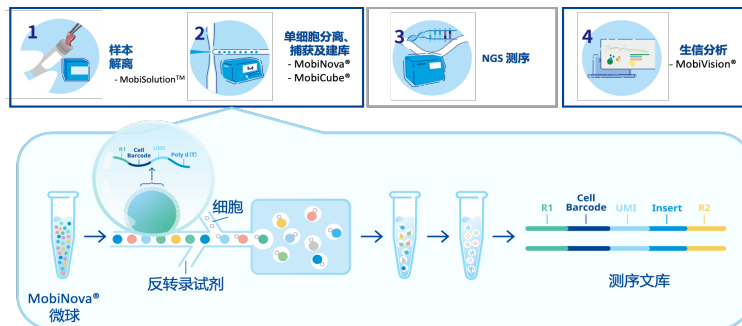


图10 | 单细胞建库的流程图（来源：墨卓生物）

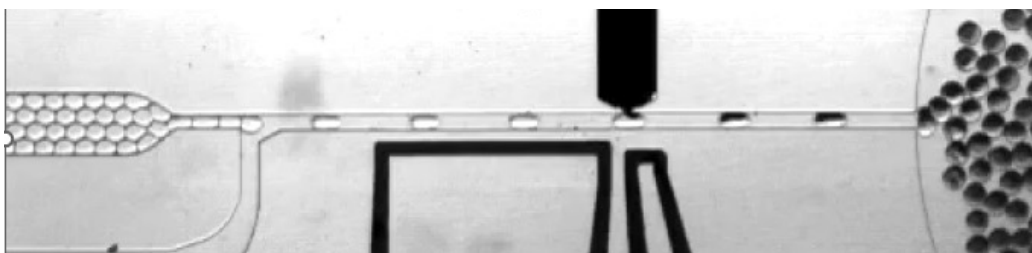
### 微流控芯片具有缩短反应时间、提高反应通量、降低反应消耗的优势

单细胞测序技术（single cell sequencing）是指在单个细胞水平上，对基因组、转录组、表观组进行高通量测序分析的一项新技术，它能够弥补传统高通量测序的局限性，揭示单个细胞的基因结构和基因表达状态，反映细胞间的异质性。最早的单细胞测序技术，通过分离出单个细胞，独立构建其测序文库，并进行测序，代表技术包括：主要运用于细胞样品的流式细胞仪技术（Luorescence Activated Cell Sorting, FACS）以及主要运用于组织切片样品的荧光捕获显微切割（Laser Capture microdissection, LCM）等。这类方法简单直接，但也存在显而易见的共通缺陷：低通量，高成本——当所测单细胞数量较低时，研究结果不足以反映问题；而随着所测数量增长，测序的成本也随之呈线性提升。哈佛大学大卫·韦兹教授通过微流控技术，在2015年发表了inDrop和Drop-Seq两种方法，单细胞转录组测序取得了重大突破，它们结合了微流体和核苷酸条形码进行回顾性鉴定，这些方法能够对数千个细胞进行平行分析，用于多种测序方法。微流控技术的使用，使单细胞测序的成本从每个细胞数千元降低到数元，时间加速了超百倍。

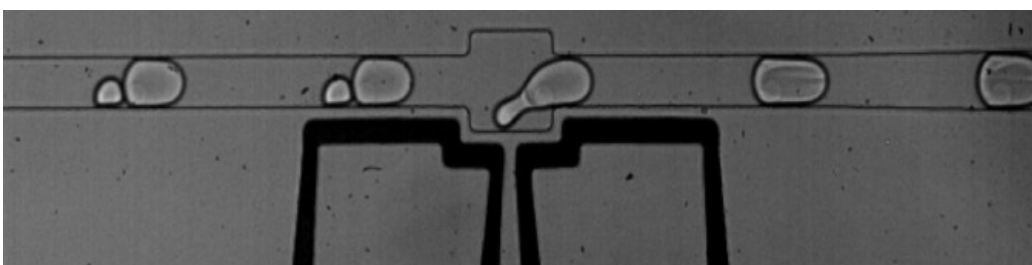
## 未来在微量反应体系的高通量实验室自动化进程中，微流控芯片技术的进步和应用是重要的发展趋势

基于微流控芯片的自动化需求仍未被充分满足，多步法微流控技术是微流控自动化大规模应用的瓶颈。当前主流的微流控技术是一步法，而实际上部分实验的复杂性导致了一步法微流控技术无法满足需求。目前复杂步骤的微流控技术仅有少量公司能够产业化，例如中国已有公司在液滴微流控技术基础上进行创新，首创四步法的微流控芯片操控技术，可对微液滴进行生成、注射、分选、融合操作，在芯片上自动完成步骤更加复杂的实验，如微生物单细胞测序的建库实验等，实现了移液工作站的功能。

**液滴微注射:**向制好的液滴添加成分以发生二次反应



**液滴融合:**两个平行液滴通过压力和特殊的流道设计进行融合



**液滴分选:**荧光信号识别并进行液滴分选

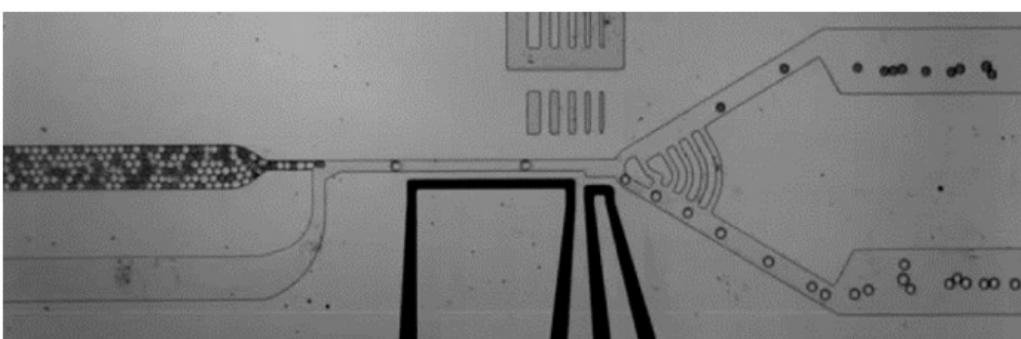


图11 | 液滴注射、分选、融合技术（来源：墨卓生物）

## 未来在微量反应体系的高通量实验室自动化进程中，微流控芯片技术的进步和应用是重要的发展趋势

### 高通量单细胞微生物基因组学是多步法微流控技术的典型案例

郑文山博士和David Weitz教授合作在*Science*上发表了“Microbe-seq”方法学突破，基于四步法液滴微流控操作技术和定制开发的生物信息学分析手段，不需要培养即可从复杂微生物群落中获取成千上万个单细胞微生物的基因组信息，并组装出高质量的菌株水平基因组，从而能够在不损失分辨率或广泛物种适用性的基础上探究微生物群落的基因组。该方法可用于具有复杂微生物群落的样本，如粪便、土壤和海洋等，在微生态研究中具有极大的市场应用潜力，开创了单细胞微生物组学的新时代。

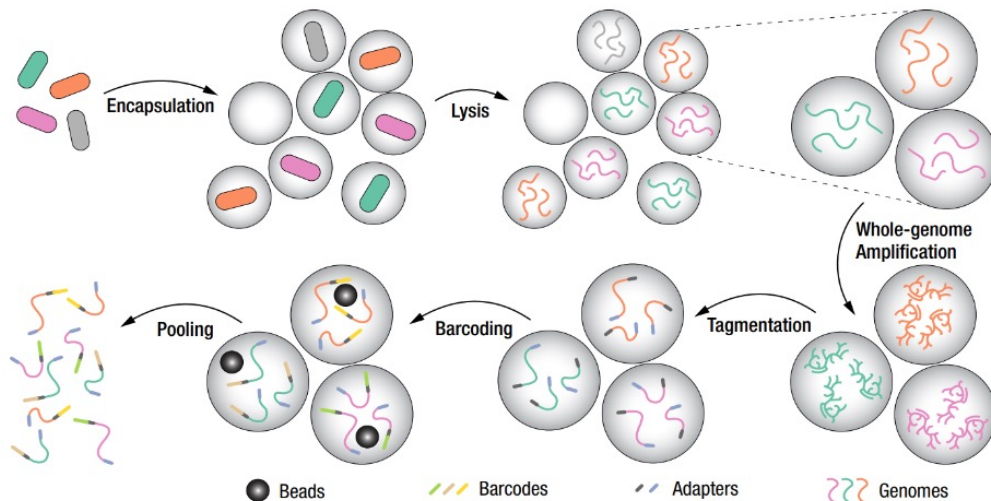


图12 | 单细胞微生物组测序技术

(来源: *High-throughput, single-microbe genomics with strain resolution, applied to a human gut microbiome, Science*)

### 微流控芯片的应用受限于传感器技术

除了多步法微流控技术之外，微流控芯片的应用还受限于传感器技术。目前比较成熟的传感器是基于荧光标记，来进行待测物检测和细胞的分选。受限于传感器技术，部分实验室流程不适合用微流控芯片来进行自动化。目前学术界正在开发能够检测赖氨酸、谷氨酸等相应小分子的传感器，未来随着传感器技术的发展，微流控芯片将会在实验室自动化领域拓展更大的应用空间。

## 合成生物学、抗体开发等实验室自动化需求迫切的领域，也亟待微流控技术赋能

### 合成生物学的DBTL循环需要构建工程化平台以满足高通量实验需求

合成生物学需要高通量的造物能力。利用各种生物元件对底盘细胞基因组进行改造的元件工程、线路工程、基因组工程以及后续的代谢工程等，都对下游产物的量产至关重要。通过基因扩增、DNA重组、质粒构建、细胞培养、诱导表达、单克隆筛选、产物鉴定等一系列技术进行研发、测试、生产工作，实现DBTL（设计-构建-测试-学习）循环，经工程化的海量试错，优化工艺流程，最终完成工程化平台的建设。

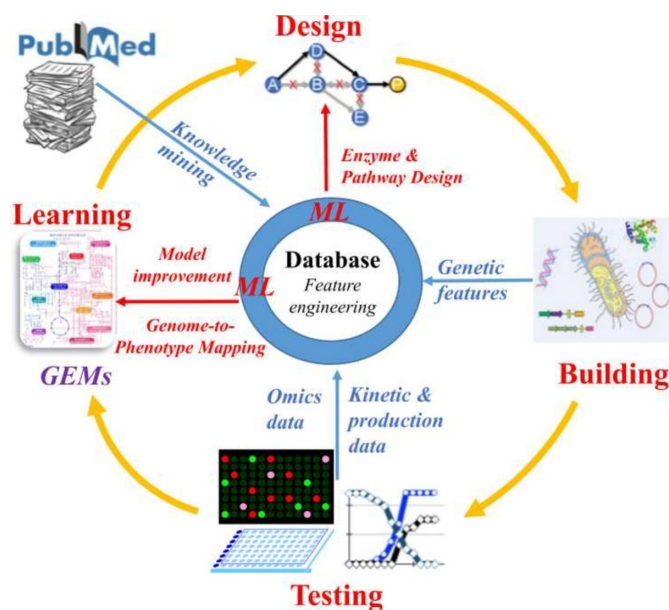


图13 | 合成生物学的DBTL（设计-构建-测试-学习）循环

（来源：Artificial intelligence: a solution to involution of design-build-test-learn cycle）

在DBTL循环中的大规模构建完成后，测试成为一个限速步骤。例如一个100个氨基酸的蛋白，有20的100次方种可能，而测试每一个样品需要30分钟，一周最多测几百个，以这个速度永远是测不完的。生命的高度复杂性使其类似于黑箱，很多时候都需要高通量的方式先求解，再通过逆向工程去研究原理。

当下合成生物学领域火热的“生物铸造厂（BioFoundry）”，以及SDL实验室（self-driving laboratory）等全自动无人化实验室相关概念，正是为了满足高通量的实验需求，将机械自动化与微流控芯片自动化相结合，而建设成的大型工程化平台。

## 合成生物学、抗体开发等实验室自动化需求迫切的领域，也亟待微流控技术赋能

### 微流控技术亦可用于高通量抗体筛选，提升筛选效率

抗体开发市场广阔，广泛应用于诊断试剂以及抗体药物等制造领域，如IVD抗原检测以及抗体药物筛选。自1986年第一个鼠源单克隆抗体药物OKT3上市以来，FDA共批准了超过100款抗体药物，每年批准的抗体药物约占据批准新药的1/5。据医疗数据开放平台Insight发布的《2022年全球药品销售额TOP100》的数据显示，在销售额排名的前10种药品中，4种为抗体药（其中3种为单克隆抗体）。此外，2022年全球单抗药物市场规模超2000亿美元，国内市场扩大至890亿，这表明单克隆抗体市场规模巨大，开发意义重大。

传统抗体筛选方法周期长达数月、筛选效率低。高通量且高效的抗体筛选能够加速提高抗体开发的成功率。在抗体开发过程中，杂交瘤技术、噬菌体/酵母展示技术是抗体筛选的主要方法，然而，这两种方法都具有周期长（2-3个月）、效率低（如杂交瘤技术中，高效融合效率仅有1/1000）的特点，限制了抗体筛选的速度。因此抗体筛选效率低是抗体研发的痛点，迫切需要高效筛选平台出现。据调研，目前85%以上的抗体研发用户都希望提升抗体筛选效率，并表示如果出现较好的筛选平台，愿意取代杂交瘤等传统技术。

单B细胞分选平台攻克传统技术局限性，通过识别液滴中的荧光信号，利用介电泳使液滴偏转到不同流道，从而实现高效分选，具有通量高（通量可达 $10^5$ - $10^6$ ）且筛选周期短（从数月缩短至1天）的特点，直接对单B细胞或分泌抗体进行分析，可广泛应用于抗体筛选、酶的定向进化、细胞系开发等领域。

MobiNova® - S1 分选平台将单克隆抗体筛选周期从4-6月，缩短至一周

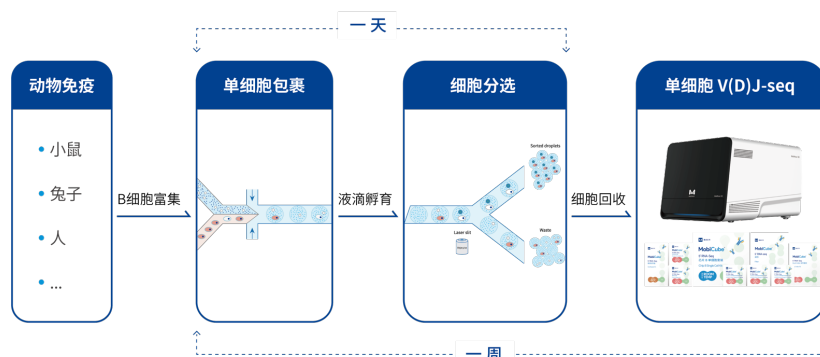


图14 | 单B细胞分选结合VDJ测序流程（来源：墨卓生物）

# 芯片自动化与机械自动化的结合或是实验室自动化的终极形态

## 芯片自动化与机械自动化技术形成高效互补

目前使用液体处理机器人工作站来自动化合成生物学实验的流程正在蓬勃发展，例如 Ginkgo Bioworks 或 Amyris 等公司使用这些工作站将其发现过程自动化，有些公司甚至对外提供自动化服务。

典型的分子生物学过程，如通过电穿孔进行细胞转化、菌落挑选、平板培养和生长，在液体处理工作站和其他仪器中虽然可行，但在全自动实验室方面存在限制，很难以全自动实验室所需的无缝方式将它们连接在一起。

液滴微流控技术通过将细胞和试剂封装在液滴中并对其进行精确操作，可以实现无缝集成。微流控平台已经被用于生物反应的小型化，包括 DNA 合成和组装、转化、无细胞表达，以及荧光和质谱法进行表型筛选。通过这些功能与嵌入在半导体芯片上的新型分子传感器、光学激活微小传感器、通过荧光纳米钻石监测自由基、通过光遗传学调节代谢或通过光操纵细胞等新技术相结合，可以在单细胞尺度上，对细胞进行分选、培养等操作。来自生物反应器的微流控采样还可以实现细胞在其环境中细胞的实时传感和成像，实现连续的数据采集。

技术	机械臂、工作站自动化	微流控芯片自动化
优势	相应传感器技术比较成熟	可进行单细胞水平的分选和培养，实验通量高、成本低、时间短
适合场景	线性实验流程	高通量反应体系
具体实验环节	多组学样品前处理、质粒构建、分子克隆、文库的构建和设计、菌落挑选、基因编辑等	细胞培养、药物筛选、单细胞分析建库、菌株定向进化、筛选、传代、备份等

表2 | 机械自动化与微流控芯片自动化的对比（来源：DeepTech）

## 芯片自动化与机械自动化的结合或是实验室自动化的终极形态

结合可行性、成本、技术成熟度等方面综合考虑，目前例如聚树生物、中科欣扬等合成生物学公司自动化改造的策略是，能够用微流控技术来自动化实验流程的就采用微流控技术，否则采用工作站、机械臂等机械自动化平台。通过将超高通量的微流控“小设施”与自动化机械臂的“大设施”相结合，更高效深入的进行基因-表型数据挖掘和菌株优化。“小设施”可无缝衔接现有自动化系统，建立超高通量CHO+微生物底盘工程生物学蛋白生产平台，实现更高效的合成生物开发流程。

- 超高通量液滴微流控筛选技术：拥有不同尺寸微液滴(皮升/纳升/微) 操控平台，快速实现单细胞微液滴的生成、培养及分选。
- 高性能合成生物传感技术：基于原创的合成生物传感器构建和性能调试平台，开发了一系列具有自主知识产权的生物传感器，用于检测小分子代谢物和重组蛋白的浓度，其中后者更是具有通用性这一显著优势，已成功应用于若干重要工业菌株的高通量选育。

### 基于液滴微流控技术的“小设施”平台

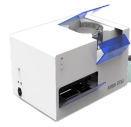
筛选通量为 $10^6$ - $10^7$ /天，相比传统孔板筛选体系速率提高1万倍，试剂消耗量下降100万倍，菌株优化可达40批次/年，每批次可获得高产菌株10~20株；CHO哺乳动物细胞株或重组蛋白产品年研发20批次/年，每批次可获得高产细胞株为2~5株；重组蛋白产量高达30 g/L。



流式细胞仪  
~ $10^8$ /天



DREM Cell  
~ $10^6$ /天



MISS Cell  
~ $10^3$ /天



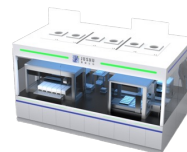
EVOL Cell  
~ $10^2$ /天

### 基于自动化机械臂的“大设施”平台

可进行自动化分子克隆和菌株性能测试评价，测试通量为3000/天。



分子克隆~500/天



菌株筛选和表型检测~3000/天

图15 | 液滴微流控与自动化技术平台（来源：聚树生物）

## Acknowledgement

感谢以下接受访谈并对报告内容提供观点支持的专家（排名不分先后）：

国家认监委数字化标准工作组专家杨治国

墨卓生物资深科学家徐云飞

中科欣扬高级科学家陈永丽

浙江中控高级工程师王容楠

大连奥凯机电总经理王晓东

## About the Report

生命科学行业迫切需要一场工业革命，实验室自动化的变革即将到来。本报告重点关注在生命科学场景应用的实验室自动化技术，通过桌面调研和专家访谈等方式，探讨实验室自动化的发展现状、限制因素、产品形态、应用场景、终端用户、商业模式、未来发展前景等问题。

## About Us

DeepTech 成立于 2016 年，是一家专注新兴科技的资源赋能与服务机构，以科学、技术、人才为核心，聚焦全球新兴科技要素的自由链接，为产业、政府、高校、科研院所、资本等科技生态的关键角色提供服务，通过科技数据与咨询、出版与影响力、科创资本实验室三大业务板块，推动科学与技术的创新进程。

## Please use the following to reference the report

《2023 实验室自动化行业研究报告》，2023. DeepTech 2023 Insights. China.

*©DeepTech 2023*

## Disclaimer

本报告由 DeepTech 发布，其版权归属北京演绎科技有限公司（DeepTech），DeepTech 对此报告拥有唯一著作权和解释权。没有经过 DeepTech 的书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制、传播等。任何未经授权使用本报告的相关商业行为，DeepTech 将依据中华人民共和国相关法律、法规追究其法律责任。

本报告所载数据和观点仅反映 DeepTech 于发出此报告日期当日的判断。DeepTech 对报告所载信息的准确性、完整性或可靠性做尽最大努力的追求，但不作任何保证，以官方/公司公告为准。在任何情况下，本报告中的信息或表述均不构成任何投资等建议，本公司对该报告的数据和观点不承担法律责任。不同时期，DeepTech 可能会发布其它与本报告所载资料、结论不一致的报告。同时 DeepTech 对本报告所载信息，可在不发出通知的情形下做出修改，请读者自行关注。

## Find Out More

<https://www.deeptechchina.com>

<https://www.mitrchina.com>

## Contact Us

research@deeptechchina.com

M: +86 18813083977

## Office

北京市朝阳区亮马河大厦2栋17层

上海市徐汇区淮海中路1325号瑞丽大厦7层

浙江省杭州市余杭区仓前街道梦想小镇创业大街8幢B座

广东省深圳市南山区云科技大厦7楼

# DEEPTECH

SCIENCE

×

TECHNOLOGY

×

TALENTS



相信科学的力量  
IN SCIENCE WE TRUST

