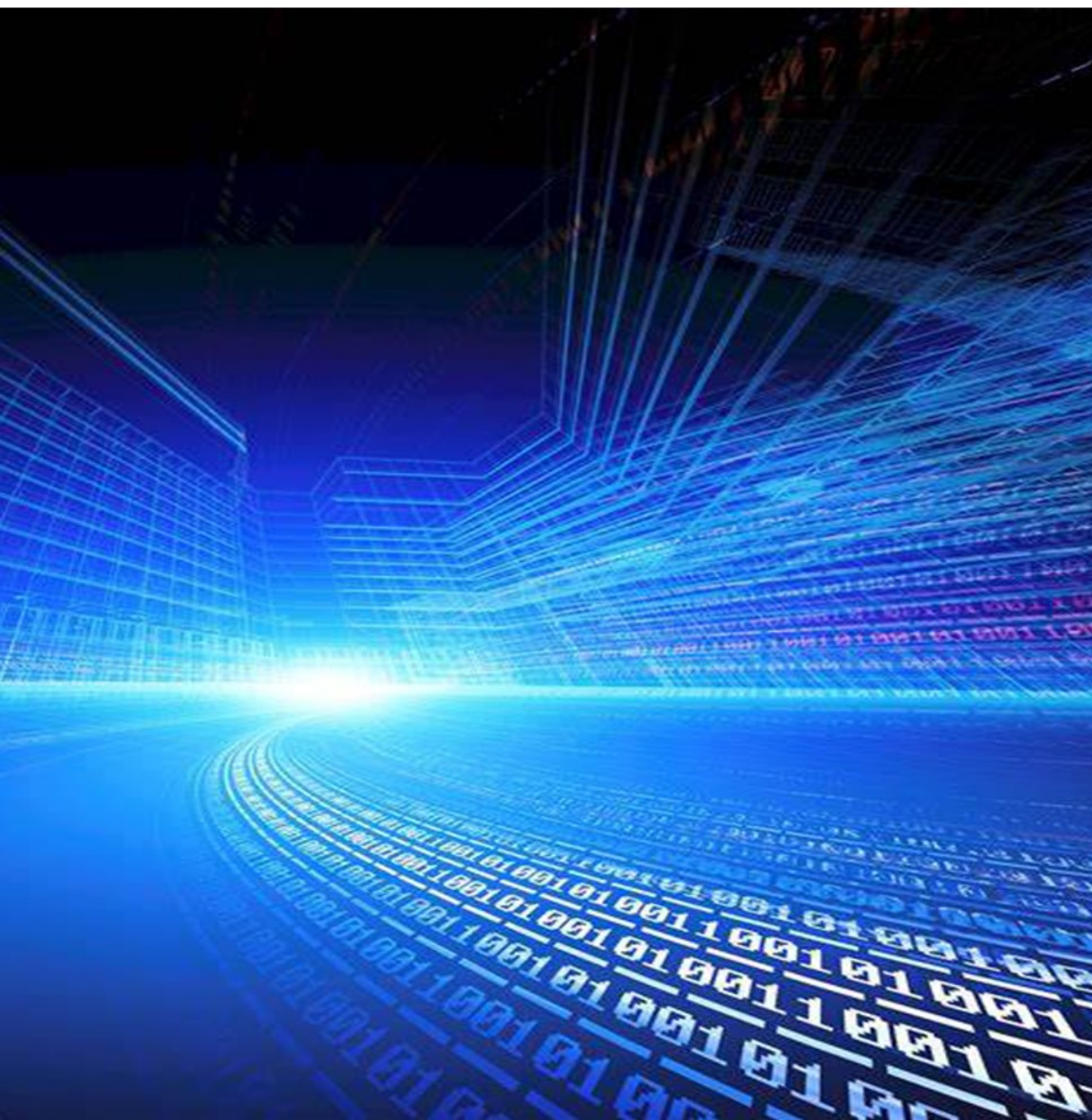




光子盒

2021量子技术全景展望

2021 Quantum Technology Insight



目录

第一章：前言.....	3
第二章：主要国家的量子发展路线图.....	4
一、欧洲.....	4
1.德国.....	6
2.荷兰.....	6
3.法国.....	7
4.英国.....	7
二、北美.....	9
1.加拿大.....	9
2.美国.....	10
三、中国.....	12
四、来自世界各地的量子科技发展.....	13
1.澳大利亚.....	13
2.日本.....	13
3.俄罗斯.....	14
4.新加坡.....	14
五、全球学术合作.....	14
六、量子投资的时机.....	14
第三章：2021 量子硬件展望.....	17
一、超导量子比特为重大突破做好了准备.....	17
1.谷歌——过渡的一年.....	17
2.IBM——蓝色巨人.....	18
3.超导多样性.....	19
二、进击的离子阱.....	22
三、云中的中性原子.....	24
四、长期使用的硅.....	25
五、光子破坏者.....	26
六、扩大规模.....	29
七、2021 展望.....	29
第四章：2021 量子软件展望.....	32
一、量子计算云服务市场升温.....	32
二、教育的重要性.....	34
三、高性能模拟器.....	35
四、帮助量子企业的研发工作.....	36
五、未来的应用领域.....	37
六、量子编译器.....	38
七、量子操作系统.....	38
八、量子软件堆栈.....	39
九、2021 展望.....	40
第五章：2021 量子算法展望.....	42
一、推动 NISQ 发展的量子优势.....	42
1.Google Sycamore 量子芯片.....	42
2.随机数和抽样.....	43

3. 优化基准测试.....	43
4. 离子阱使他们名声大噪.....	44
5. 关键步骤.....	44
二、量子研究的成果.....	44
1. 模拟量子化学和材料科学.....	45
2. 优化金融、物流和制造业服务.....	45
3. 机器学习.....	45
4. 掌握量子研发技术.....	46
三、一百万量子比特的作用.....	46
1. 二次加速是否足够.....	47
2. 寻求更好的加速.....	47
四、2021 展望.....	48
第六章：2021 量子互联网展望.....	49
一、措施.....	49
二、后量子加密时代即将到来.....	49
三、现代量子密码学.....	50
1. 量子随机性.....	50
2. 量子密钥分发.....	51
四、过去的争论.....	52
五、现在的争论.....	52
六、量子纠缠.....	52
七、太空领域.....	53
八、地面技术.....	54
九、未来展望.....	54
十、2021 展望.....	55
第七章：2021 量子计时、成像和传感展望.....	57
一、生物医学应用中的磁感应.....	57
1. OPMs（光泵磁力仪）.....	57
2. 金刚石 NV 色心.....	58
二、2021 展望.....	59

光子盒

第一章：前言

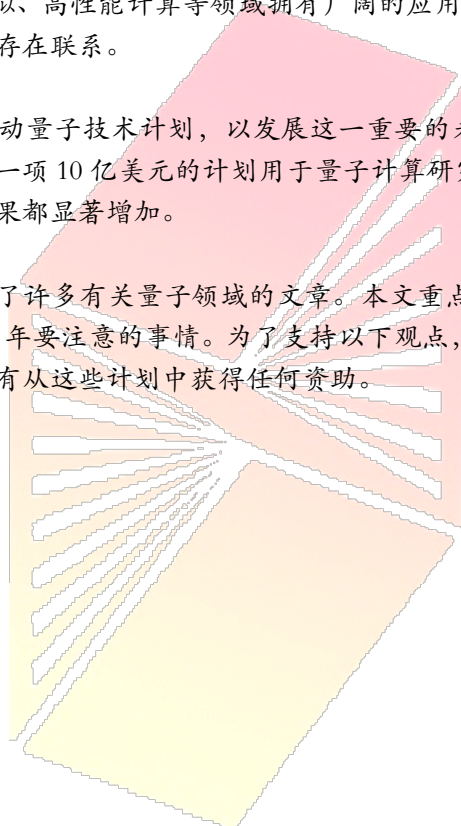
本报告由光子盒根据 Fact Based Insight 文章整理而成。

近年来，世界各国高度重视量子技术发展，通过出台政策文件、成立研究机构、支持量子科技研究等方式加大对量子研发的投资，促进量子科技研发和产业发展，试图在未来建立量子生态系统。

全世界的政府已经意识到，量子是一系列相关技术的未来机遇，不仅涉及量子计算领域，还在传感与测量、通信、模拟、高性能计算等领域拥有广阔的应用前景。并且，这些量子生态系统及其整个供应链之间存在联系。

各国政府已做出响应，启动量子技术计划，以发展这一重要的未来科学技术。2019 年，各国政府争先恐后地达成了一项 10 亿美元的计划用于量子计算研究。2020 年，对于该研究所需的支出和想要达到的成果都显著增加。

世界各地的专家已经撰写了许多有关量子领域的文章。本文重点关注 2020 年的关键发展，以及它们告诉我们在 2021 年要注意的事情。为了支持以下观点，Fact Based Insight 可以提供文章撰写的独立性，并没有从这些计划中获得任何资助。



光子盒

第二章：主要国家的量子发展路线图

一、欧洲

欧洲很早就意识到量子信息处理和通信技术的潜力。除了2016年推出的“量子技术旗舰计划”外，还通过调整其他计划（例如其数字和太空计划）的支出，增加其可用资金，为实现未来的“量子互联网”远景奠定基础。2020年5月，欧盟“欧洲量子技术旗舰计划”的官网发布了《战略研究议程（SRA）》报告。

10年内，估计欧盟在整个量子技术旗舰计划中的相关量子支出为30-40亿欧元。



“量子技术旗舰计划” 全程开放式运作，不仅促进了每个项目各成员国内部的协作，还促进了项目之间的协作。该项目有60项专利申请（虽然欧洲在上述领域诞生了一些最优秀的研究，但全球其他地区申请的专利数量更多），还通过出色的欧洲量子周之类的活动展示了自己的形象，同时也使研究进展更加透明。

欧洲量子周计划是从一个以物理为主的兴趣小组动员起来的。该计划正在努力吸引更多的工程、计算机科学和数学人才。

“旗舰计划”——在拓展阶段，这个计划中的19个项目遍及量子计算、通信、模拟、传感和计量以及基础科学。2020年，这些项目通过了中期审查，同时启动了两个新项目——QLSI

将硅自旋量子比特添加到已经成为目标的超导和离子阱量子比特的行列中；NEASQC 专门针对 NISQ 应用程序，解决许多人认为缺乏软件重点的程序的平衡问题。

EuroQCI 汇集了 25 个欧盟国家、欧盟委员会和欧洲航天局，其具体目标是建立泛欧量子通信基础设施，设想了将在 10 年内部署的两个关键要素：现有光纤设备间互联链路的地面站接收系统以及基于远距离双方之间的空间链路。第一个服务是 QKD，其他服务也会接踵而至，例如数字签名、身份验证以及超精密时间信号的同步。

Thierry Breton（欧盟专员，前 ATOS 首席执行官）强调另一个重要的目标是“促进欧洲世界级量子通信技术产业的发展，从而增强我们在这一关键领域的技术主权”。OpenQKD 对这一计划进行了补充，通过提供测试平台来演示各种客户端的使用案例。

HPC——欧盟追求的百亿亿次（E 级）超级计算机是中国、美国、日本都在追求的高性能计算的前沿技术，目前都未完全实现，故研究量子计算的目标与委员会捍卫欧洲在 HPC 中的地位目标相吻合。

Breton 确表示：“我们的目标是使用百亿亿次计算机快速达到计算的下一个标准，而且最重要的是已经集成了量子加速器以开发混合动力机器，这种颠覆性技术将会使欧洲处于领先地位。”

欧盟的关键政策目标是确保欧洲成功进行数字化过渡。地平线 2020（2014-2020）对欧盟的研究与创新计划提供了支持，该计划后续将由欧洲地平线（2021-2027）接替，这就是量子技术旗舰计划资金的主要来源，也是数字化议程中的优先事项。

该程序目前正面临不利因素。英国脱欧，COVID-19 危机以及一些中欧国家向民权的转移，为欧盟的预算程序掀起了一场风暴。委员会对大幅增加欧盟“地平线 2020”计划中预算的提案有所异议。尽管这并没有威胁到该计划的现状，但它限制了计划中增加预算资金的范围。为了改变这种情况，委员会开始从各方寻求资金。

传统上，欧洲研究计划倡导开放科学，开放创新和对世界开放的价值观。准成员资格允许非欧盟国家参加其研讨活动，QuantERA 资助机制更鼓励各国在整个欧洲研究领域进行合作。因此，量子技术旗舰计划开始探索与加拿大、日本和美国的潜在合作。但是，确保数字或技术主权已成为欧盟目标中越来越重要的一部分，这包括限制中美两国利益的依赖性和影响力，这样的限制为未来计划开展中的包容性和灵活性带来了不确定性。

与其他量子计划一样，人力资源是重点领域。但是，仍有一个关键问题没有明确的答案——是说服有才能的欧洲学生不要去 Alphabet 和阿里巴巴工作，还是说服这种国际科技专业的学生更多地利用他们的价值在欧洲开展研究工作？

业务参与——欧洲许多大型企业都积极参与量子旗舰计划，特别是 ATOS、泰雷兹集团、空中客车、大众、博世和法国电力集团。然而，许多公司仍在寻求欧洲商业态度的更大的转变。量子技术旗舰计划主席 Jurgen Mlynec 表示：“美国科技公司更愿意进行长期投资。欧洲大公司说‘很高兴听到您在做什么，但我们是技术接受者，而不是技术制造商。’”

QuIC——正在准备启动欧洲量子科技产业化联盟。这被认为是美国 QED-C 的对应版本，目标是 200-225 个成员。

还有一个问题，使欧盟范围内的量子研究计划难以实施。许多人认为，未来量子生态系统中的社区将锚定在特定地理位置附近，硅谷在美国的成功就是一个典型的例子。与其在欧盟范围内直接建立这样的中心，不如借鉴各国在量子领域的成功案例更为现实。

许多欧洲国家都有重要的量子活动，包括奥地利，西班牙，匈牙利，波兰，瑞典等。其中，有 3 个欧盟国家和 1 个前欧盟国家脱颖而出，需要对这些国家做进一步的研究。

1. 德国

德国政府已经宣布，为应对新冠肺炎疫情冲击，将提供 20 亿欧元用于量子科技研究，为 2018-2022 年间计划用于量子研究的预算支出打下了基础。在 2020 年下半年，担任欧盟轮值主席国的德国再次强调量子技术在数据主权等方面的重要作用，同时，德国已经对非欧盟国家的相关高科技公司进行了更严格的限制。

德国已经拥有强大的量子研究基础，例如马克斯·普朗克研究所、亥姆霍兹协会以及弗劳恩霍夫协会，这些领先的研究组织已经独立参与了多个国家的量子技术项目。

Forschungszentrum Jülich 研究所在欧洲量子领域中地位逐渐上升。它是跨物理、化学、生物学、医学和工程学的大型多学科研究中心和大型超级计算机中心，并且已经启动了 JUNIQ 程序，以提供访问多种量子计算技术的平台。它将在 2021 年成为 EU QuIC 的研究总部，并托管 OpenSuperQ 交付的量子计算机原型。此外，它还将接手于 2025 年之前全面投入运营的亥姆霍兹量子中心。

MCQST 正在着手建造慕尼黑的量子谷，它已经获得了巴伐利亚州的 1.2 亿欧元支持。PlanQK 中包含德国工业界的著名先驱，如大众汽车和博世，也通过不断的发展成为虚拟量子集群软件。

2. 荷兰

荷兰已经成为量子研究活动的重要中心。于 2014 年成立的 QuTech 已经具有“国家标志”的地位。它与微软和英特尔等专业公司、BlueFors 等主要专家以及 Orange Quantum Systems、Qblox、Single Quantum 和 Delft Circuits 等有趣的初创公司建立了牢固的行业关系。

Quantum Delta NL (Q Δ NL) 计划利用荷兰现有量子技术资源进行协调合作：包括代尔夫特的 QuTech，阿姆斯特丹的 QuSoft 和埃因霍温的 QT/e 等研究机构；莱顿、奈梅亨、格罗宁根、特温特和乌得勒支的优秀研究小组，诸如 TNO 和 StartupDelta，以及一系列行业合作和初创公司。计划将集中在三个前沿领域，围绕五个城市枢纽——开展量子计算和量子模拟、国家量子网络 and 量子传感应用。

荷兰坚定不移地将本国定位为“通往欧洲的量子门户”，并期望建立量子硅谷，强调其中心的地理位置：高度的商业便利性和高质量的生活。目前，荷兰与微软和英特尔之间的合作关

系稳定,同时不断从QIA和iqClock等量子技术旗舰计划项目中受益。2020年,Quantum Inspire成为荷兰量子计算生态系统的一个重要里程碑,这是欧洲第一个基于量子云的平台。

3. 法国

法国已从量子领域集群以及相关的高科技产业专业知识中受益,与法国有着紧密联系的大型企业已经在量子领域取得了显著成绩,例如 ATOS、泰雷兹集团和空中客车公司。

巴黎拥有量子计算中心以及著名的初创公司 Alice & Bob、C12、Veriqloud、Qubit Pharmaceuticals 和 QC Ware France。

巴黎萨克莱(Paris-Saclay)成立了量子科学与技术跨学科中心。

格勒诺布尔拥有量子工程部和量子硅研发基地,并且还可利用 CEA-Leti 和 CNRS-NEEL 的优势。CMOS 工艺和低温 CMOS 电子学方面的专业知识使其成功开发硅自旋技术。

2020 年初,法国推出了一项为量子技术构建一个国家战略的计划。由于发生了 COVID-19 危机,该计划暂时被推迟。此战略计划为科研和工业部署尖端量子计算基础设施投资。

4. 英国

英国的 NQTP 被认为是世界上第一个以开拓最广泛的领域为目标的量子技术计划,该计划横跨量子计算、通信、计时、传感和成像等领域。如今,该计划已被世界各地的专注于量子研究的国家所模仿。

2014-2024 年,NQTP 第 1 和第 2 阶段(包括公共和私人资源)的计划支出约为 10 亿英镑。

许多人将目光投向英国量子计划,不仅是为了评估英国的量子技术的进步,还会对自身知识的提升有所帮助。

NQTP 第 1 阶段(2014-2019)已与英国自然科学基金、英国基础设施建设局、英国科学与技术设施理事会、英国国防部、英国国家物理实验室、英国商务能源与产业战略部以及英国政府通信总部合作。最初建立了四个量子技术中心,重点研究量子计算、量子通信、量子增强

预览已结束,完整报告链接和二维码如下:

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=1_18206

