



## 量子计算 2022：话题满满， 但是否用处多多？

量子计算的未来尚未到来。但兵马未动，不等于企业不应粮草先行。

**尽**管量子技术方兴未艾，但在2022年，量子计算的媒体热度或仍将远超其实际应用水平。德勤全球预测，多家量子计算机（QC）制造企业旗下QC的量子体积——即可用于计算的量子位（qubit）的数量和可靠性——将在2021年的基础上翻番。2021年，创投资本在该领域投入了超10亿美元，其中一家公司甚至以数十亿美元的估值敲钟上市。<sup>1</sup>此外，包括中国、印度、日

本、德国、荷兰、加拿大和美国在内的各国政府对量子技术的投资可能会使今年的总投资金额跨过50亿美元大关。<sup>2</sup>然而，尽管我们预计大量新闻报道会纷至沓来，但同时我们也预测，全球范围内只有不到十来家公司会真正将QC用于日常运营，<sup>3</sup>且其应用范围仍将止于与优化问题相关的有限案例。2022年，QC相关硬件和QC即服务领域的总收入可能不足5亿美元。<sup>4</sup>

## 量子潜力巨大，但执行并非易事

当前QC所处的阶段与1903年12月17日机身重于空气的飞机首次升空的阶段大致相当。当时，没有人怀疑飞机具有广泛用途，所有人都为动力飞行的实现而兴奋不已……然而，莱特兄弟造出的飞行器在当天最好的一次飞行距离仅达到255米，持续了约1分钟，速度约15公里/小时，机上仅有一名飞行员，未搭载任何货物，也没有任何转向。这虽是历史性的成就，但却无甚实际用处。

尽管如此，十多年后，飞机在第一次世界大战中发挥了至关重要的作用，而现今时代的发展速度更是今非昔比。只是，量子计算能否走上同样的道路仍未可知。

尽管QC比五年前提升了好几个数量级，但在解决现实问题方面仍不具备经济效益。QC目前所执行的任务中，有许多均可通过普通笔记本电脑都完成，而后者所需的成本却远远更低。<sup>5</sup>QC实用性方面的问题并非缺乏应用案例、资金、投入甚至发展进程，而是在于当前的QC还不足以强大到能处理传统计算机无法解决的问题。我们尚不清楚真正能为QC带来实用性的量子体积（即拉动QC计算能力的量子位数量和可靠性）究竟需要达到怎样的量级。

企业测量量子体积的方式也不尽相同，但目前来看同类可比的量子体积每隔几年便会翻番甚至更多，这似乎预示着某种进步。但要使QC真正具备多种现实应用的量子体积需达到一千、一百万还是十亿，目前尚无从知晓。

通常在预测报告的这一部分，我们会讨论为何读者应关注这一主题。某些行业的确需要关注并主动涉足量子领域——对此类行业企业而言，安排小团队打打头阵不失为一个对冲风险的好办法。但在此我们要特别指出，对许多行业的大部分读者而言，他们无需关注各家量子计算公司在未来一两年发布的种种新闻公告。

请别误会。这些公司正投入数十亿美元开展研发，也正锐意探索工程和科学领域的新疆界，并且，当真正实用的量子计算机在某一时刻被打造出来之时，它们在2022与2023年间取得的成就将被证明是推动QC迈向实用的关键步伐。但无论是制造更多量子位还是制造更稳定的量子位，抑或双管齐下，均不大可能在未来几年内带来具有广泛用途的QC。

那么，我们应该对量子计算机视若无睹吗？非也。QC其实已经在少数领域中发挥了实际作用，相关资金投入亦已到位。这些领域包括：

- **优化。**目前已有公开消息显示，一种特殊的QC更被用于解决现实世界的优化问题，例如公交线路优化和无线通信蜂窝小区规划等。但其中大部分更像是处于概念验证阶段的试验，尚未进行大规模或实质性的部署。<sup>6</sup>换言之，这一技术是可行的，效益是有的，但相关解决方案似乎未得到持续运用，原因在于采用传统技术也可以实现同样的优化，且更具成本效益。然而最近，一家加拿大连锁生鲜超市成功利用QC将优化运算时间“从25小时缩短到几秒钟”，并计划“在日常生产环节中启用量子技术”。<sup>7</sup>在未来几年内，我们可能还会看到更多物流和供应链方面的实际应用落地。
- **量子化学和材料科学。**原子层面的新材料设计对于传统计算机而言难如登天，而QC却在模拟量子效应方面——无论是新半导体材料、工业制造用催化剂，还是医疗应用——具有先天优势。最早的意见认为，对一个包含上千个原子的大分子进行有意义的研究需要的量子位数量为800-1,500个，而这需要多年之后才能实现。<sup>8</sup>但从近期硬软件领域的创新来看，这一估计可能趋于保守；现实世界的应用可能在3到5年内即可成真。<sup>9</sup>

同样值得注意的是，QC并非唯一对特定目的具有实用价值和可行性的量子设备。尤其是，量子技术目前正被用于两个比QC开发更早、市场规模更大（至少目前如此）的应用领域：

- **量子传感。**亚原子粒子可用于制造高灵敏度传感器，其精度和性能均高于传统传感器。这类

量子传感器有可能在许多应用领域取代现有传感器，包括石油、天然气和矿藏的定位及监测、建筑工地勘察以及环境、地震或天气变化的精细探测等。基于这一系列现有和将来的现实世界应用，2020年量子传感市场的规模超过了4亿美元——已经大于2022年QC市场预期的总体规模<sup>10</sup>——且仍在持续增长。

图1

## 量子计算：应用案例与行业一览

	优化算法	数据科学/数学建模	量子化学/材料科学
	从众多可行方案中寻找最优解	整理并分析大型数据集的能力	分子、原子及亚原子系统模拟与建模
<b>跨行业</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 供应链优化</li> <li>◆ 物流优化；车辆路线规划</li> <li>◆ 流程规划与优化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 网络风险管理及监测</li> <li>◆ 欺诈监测及异常分析</li> <li>◆ 先进预测模型</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 数据中心能耗减少</li> <li>◆ 材料发现</li> </ul>
<b>消费</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 分销供应链</li> <li>◆ 定价及优惠活动优化</li> <li>◆ 产品组合优化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 货运量预测</li> <li>◆ 应急管理</li> <li>◆ 消费产品推荐工具</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 量子 LIDAR/传感器改进</li> </ul>
<b>自然资源与工业生产</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 加工优化</li> <li>◆ 能源分配优化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 地震成像</li> <li>◆ 钻探位置监测</li> <li>◆ 结构设计及流体力学</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 表面活性物质与催化剂发现</li> <li>◆ 工艺模拟/优化</li> </ul>
<b>金融服务</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 金融建模及推荐</li> <li>◆ 信贷组建与招募</li> <li>◆ 保险定价优化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 信用、资产、金融产品估值</li> <li>◆ 投资、产品风险分析</li> <li>◆ 交易策略</li> </ul>	
<b>政府</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 城市规划与应急管理</li> <li>◆ 任务分配优化</li> <li>◆ 命令后勤</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 健康结果预测</li> <li>◆ 气候变化模拟</li> <li>◆ 天气预报</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 先进材料研究</li> </ul>
<b>医疗与生命科学</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 医疗/医药供应链</li> <li>◆ 改善患者结局</li> <li>◆ 蛋白质折叠预测</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 诊断加速</li> <li>◆ 基因组分析</li> <li>◆ 疾病风险预测</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 精准医疗</li> <li>◆ 蛋白结构预测</li> <li>◆ 分子互动模拟</li> </ul>
<b>科技、传媒和电信</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 网络优化</li> <li>◆ 半导体芯片布局</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 电路及系统故障分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 半导体材料发现</li> <li>◆ 材料工艺优化</li> </ul>

资料来源：德勤分析

- **量子通信。**量子通信是一种基于硬件的解决方案，利用量子力学原理打造防干扰的安全通信网络，可有效侦测通信拦截或窃听。量子密钥分发 (QKD) 是目前最成熟的技术，可提供极高水平的安全防护。采用QKD技术的通信可通过光纤网络、无线电或卫星进行传输。<sup>11</sup>尽管在速度、

距离、对中继器的需求和成本方面存在多种局限，不少国家/地区的公共（军队和政府）及私营部门团体均已开始采用QKD。<sup>12</sup>虽仍属于小众市场，但预计到2030年QKD市场规模将达到30亿美元。<sup>13</sup>

## 小结

与同态加密和联邦学习等其他新兴技术（见《2022 科技、传媒和电信行业预测》报告相关部分）一样，即便2022年对大部分企业而言QC依然没有实用价值，各大企业仍应开始着手衡量QC的相关影响：

**了解对行业的冲击。**量子技术可能为企业所在及邻近行业带来何种冲击？QC或许能够解决传统计算机无法破解的复杂问题，但这从战略、运营和竞争角度而言对企业有何意义？要了解这一点，领导者必须紧跟技术进步的步伐，并密切关注同行、竞争对手和生态系统合作伙伴如何开展相关的投资与实验。<sup>14</sup>

**制定战略。**领导者应当召集具备丰富的相关知识的专业人才共同制定量子战略。这一战略的现阶段策略可能是按兵不动，但却可通过识别未来预示需要开始或加大量子投资与探索的触发事件（如竞争格局变化或技术发展），为应对未来挑战做好准备。重要的一点是指派兼具技能、知识和组织地位的人在时机来临之时扛起战略执行的大旗。<sup>15</sup>

**探索实验。**现已存在多种经济实惠且灵活便捷的相关服务，可让企业体验和尝试量子算法，甚至对不同的量子硬件架构进行对比。<sup>16</sup>

**关注技术和行业发展。**量子战略应该随技术和市场态势的变化而演变。领导者应该根据这些变化相应调整企业战略，避免未能及时采取行动而与触发事件擦肩而过。<sup>17</sup>

有人说，量子计算发展成为更实用技术的过程正如一场马拉松，而非短跑冲刺。这种说法既对也错——对于量子力学而言，这并非毫无道理。和马拉松一样，QC技术的开发和商业化之路确有可能任重道远、困难重重。但在真正的马拉松比赛中，虽然最后100米之前常常无法预知谁会获胜，但我们都清楚知道赛程有多长，半程线在哪里，以及如果参赛者能在一小时内跑完前21.1公里，则其很可能将在两小时内跑完全程。而我们对量子技术马拉松却一无所知。没有人知道如今赛程是否已经过半，也看不到何处才是终点。

## 尾注

1. Agam Shah, "Quantum computing startups pull in millions as VCs rush to get ahead of the game," The Register, October 8, 2021.
2. Yasmin Tadjeh, "Spending on quantum tech on the upswing", National Defense, February 26, 2021.
3. 由德勤全球根据公开公告和跟进订单进行推算。
4. 假设年增长率约为 30%，2020 年的收入为 2.5 亿美元，则 2022 年看来有望超过 4 亿美元，但低于 5 亿美元。"Quantum computing market size and forecast," August 2021.
5. Bill Siwicki, "Deloitte's quantum computing leader on the technology's healthcare future," Healthcare IT News, August 17, 2021.
6. Volkswagen website, "Volkswagen takes quantum computing from the lab to the factory", August 18, 2021; TIM website, "TIM is the first operator in Europe to use quantum computing live on its mobile networks (4.5G and 5G)", February 25, 2020.
7. D-Wave Systems, "Save-on-Foods: Quantum computing in grocery," video, November 24, 2020.
8. Michael Kühn et al., "Accuracy and resource estimations for quantum chemistry on a near-term quantum computer," Journal of Chemical Theory and Computation 15, no. 9 (2019): pp. 4764–80.
9. Joseph E. Harmon, "Solving materials problems with a quantum computer", Phys.org, July 28, 2020; IonQ, "A new approach for accurately simulating larger molecules on IonQ computers," March 22, 2021.
10. Mordor Intelligence, "Quantum Sensors Market - Growth, trends, COVID-19 impact, and forecasts (2021–2026)," accessed October 5, 2021.
11. Scott Buchholz, Deborah Golden, and Caroline Brown, A business leader's guide to quantum technology, Deloitte Insights, April 15, 2021.
12. Quantum Xchange, "Quantum Xchange breaks final barriers to make quantum key distribution (QKD) commercially viable with the launch of Phio TX," press release, September 9, 2019.
13. Matt Swayne, "Toshiba Launches Systems Aimed at \$20 Billion Quantum Key Distribution Market", Quantum Daily, October 19, 2020.
14. Scott Buchholz, Deborah Golden, and Caroline Brown, "A business leader's guide to quantum technology."
15. 同上。
16. AWS, "Amazon Braket: Accelerate quantum computing research," accessed October 5, 2021.
17. Scott Buchholz, Deborah Golden, and Caroline Brown, "A business leader's guide to quantum technology."

## 关于作者

**Duncan Stewart | Canada | [dunstewart@deloitte.ca](mailto:dunstewart@deloitte.ca)**

Duncan Stewart is the director of research for the Technology, Media & Telecommunications (TMT) industry for Deloitte Canada. He presents regularly at conferences and to companies on marketing, technology, consumer trends, and the longer-term TMT outlook.

**Scott Buchholz | United States | [sbuchholz@deloitte.com](mailto:sbuchholz@deloitte.com)**

Scott Buchholz is a managing director with Deloitte Consulting LLP, serving as the Government and Public Services chief technology officer and the national Emerging Tech Research director. A leader and visionary with more than 25 years of experience, he advises clients on how to navigate the future using existing and emerging technologies.

**Ariane Bucaille | France | [abucaille@deloitte.fr](mailto:abucaille@deloitte.fr)**

Ariane Bucaille is Deloitte's global Technology, Media & Telecommunications (TMT) industry leader and also leads the TMT practice and the TMT Audit practice in France. She has more than 20 years of experience and is a chartered and certified public accountant.

**Gillian Crossan | United States | [gicrossan@deloitte.com](mailto:gicrossan@deloitte.com)**

Gillian Crossan is a principal in Risk & Financial Advisory, Deloitte & Touche LLP, and leads the global technology industry sector. She has been with Deloitte for more than 25 years and has worked across sectors including energy, health care, consumer products, and technology.

## 致谢

The authors would like to thank **Anh Dung Pham** and **Pedro Marques** for their contributions to this chapter.

## 关于德勤科技、传媒和电信行业中心

德勤科技、传媒和电信行业 (TMT) 中心专注于研究并发表洞察, 以帮助企业领导者清晰了解其业务选择。在新技术和新趋势背景下, 本中心的研究将协助企业高管简化复杂的业务问题, 并提出明智策略, 提升企业长久竞争优势并赢得商业胜利。本中心将作为值得信赖的顾问, 帮助高管更好地识别风险, 获悉商业回报, 赢取关键机遇, 从而在快速变化的TMT环境中解决棘手挑战。

### 联系我们

了解有关科技、传媒和电信行业中心的更多信息并获取最新研究和洞察报告, 请访问 [www.deloitte.com/us/tmtcenter](http://www.deloitte.com/us/tmtcenter)。

### 订阅

如您想接收TMT行业电子邮件, 请访问<https://my.deloitte.com/subscriptions.html>, 选择您感兴趣的领域进行订阅。

### 关注我们

敬请关注 [@DeloitteTMT](https://twitter.com/DeloitteTMT)。

德勤科技、传媒和电信行业汇聚了全球最顶级的行业专家, 组成全球最大的专业团队之一, 协助各类形态和规模的企业在数字化时代蓬勃发展, 成就辉煌。德勤科技、传媒和电信行业专家致力于为企业丰富的定制化服务, 帮助他们顺应变革趋势, 抢占行业先机, 所服务的客户遍布全球, 覆盖全价值链。敬请联系作者或访问[www.deloitte.com](http://www.deloitte.com), 了解更多信息。

# Deloitte.

## Insights

敬请登陆 [www.deloitte.com/insights](http://www.deloitte.com/insights) 订阅德勤洞察最新资讯。



敬请关注 @DeloitteInsight

### 参与人员

**编辑:** Junko Kaji, Preetha Devan, Prodyut Ranjan Borah, Rupesh Bhat, Arpan Kumar Saha, Ribhu Ranjan, Emma Downey, Nairita Gangopadhyay, Blythe Hurley, and Aparna Prusty

**创意:** Jaime Austin, Sylvia Yoon Chang, Govindh Raj, Sanaa Saifi, and Rishwa Amarnath

**推广:** Maria Martin Cirujano

**封面设计:** Jaime Austin

### 关于德勤

Deloitte (“德勤”) 泛指一家或多家德勤有限公司, 以及其全球成员所网络和它们的关联机构。德勤有限公司 (又称“德勤全球”) 及其每一家成员所和它们的关联机构均为具有独立法律地位的法律实体。德勤有限公司并不向客户提供服务。请参阅 [www.deloitte.com/about](http://www.deloitte.com/about) 了解更多信息。

### 关于本刊物

本通讯中所含内容乃一般性信息, 任何德勤有限公司、其全球成员所网络或它们的关联机构 (统称为“德勤组织”) 并不因此构成提供任何专业建议或服务。在作出任何可能影响您的财务或业务的决策或采取任何相关行动前, 您应咨询合格的专业顾问。

我们并未对本通讯所含信息的准确性或完整性作出任何 (明示或暗示) 陈述、保证或承诺。任何德勤有限公司、其成员所、关联机构、员工或代理方均不对任何方因使用本通讯而直接或间接导致的任何损失或损害承担责任。德勤有限公司及其每一家成员所和它们的关联机构均为具有独立法律地位的法律实体。

CQ-035SC-21

© 2021。欲了解更多信息, 请联系德勤全球。