

专家洞察@IBV



# 借力量子计算实现飞跃

时机已经成熟？

IBM 商业价值研究院

---

## 量子计算到了临界点

只要有机会，大多数企业都会去抓住机遇实现飞跃，想象一下他们过去是如何利用互联网这样的颠覆性技术实现发展的。如今，新的机遇又在眼前，可以借助量子计算再次赢得竞争优势。量子计算技术日渐成熟，现已处于早期商业化的重要临界点。量子技术有潜力从全新的角度重塑商业、科学、教育和政府领域。

## 价值低估，还是言过其实？

从实质上说，“量子”一词就足以激起人们的好奇。由于这个词十分吸引眼球，因此许多企业将它用在各种品牌产品的名称之中，包括互联网浏览器、电池、渔线和医疗服务等。不过，真正引起人们关注的，是量子计算机原型现已推向市场。

量子计算之所以令人称奇，是因为它基于量子力学，而这是人类目前对物质世界的最深层解读。量子力学是自然世界的基础。同理，量子计算将成为计算解决方案的基本构建块。量子计算利用亚原子微粒的属性处理信息。著名理论物理学家 **Richard Feynman** 早在 1981 年就断言量子计算机的可能性。<sup>1</sup> 而今，研究人员将量子计算从学术理论引入了商业化门槛。

本报告主要介绍量子计算，这也是量子相关研究取得巨大进展的四个领域之一。

另外三个领域分别是量子通信、量子加密和量子传感。尽管能够灵活解决各种问题的容错型量子计算机还要经历 10 多年的努力才能实现商业化，但在最快的情况下，五年后企业就可能通过量子计算的某些方面获益。

量子计算的重要性既有低估的成分，也有夸大其词的方面。或许，将量子计算视为一次计算机科学的一次重大突破较为适当，因为它可以使信息同时呈现多种状态并存在于多个位置。量子计算应用正是利用这项特性来提升效率。

尽管无法替代传统计算机，但量子创新代表着一种全新的计算范式。量子可以和当前的计算基础架构协调地配合使用，共同解决过去认为不切实际或无法解决的复杂问题。例如，将一个大数分解为若干质数是现代密码学的基础。在传统计算机上，需要数万亿年才能完成这项计算。而在未来的量子计算机上，可不需要这么多年，可能几分钟内就能完成。

### 将“量子”应用于量子计算

量子计算是一种全新的计算范式，对于商业、科学、教育和政府领域意义深远。叠加和纠缠是亚原子微粒的两大属性，也是让量子计算称之为“量子”的主要原因。

量子位是量子计算机的基本构建块。量子位可以处于“量子叠加”态。叠加可以使量子位呈指数级增长。2 量子位系统可处于四态叠加、3 量子位系统可处于八态叠加、4 量子位系统可处于 16 态叠加，以此类推。随着量子位的增加，量子计算能力呈指数级增长。

阿尔伯特·爱因斯坦将此效应称之为“鬼魅似的远距离作用”，现在我们将此理解为量子纠缠的表现。纠缠可对指数级超大机会集进行计算探索，大大加快了量子算法的运行速度。

管理叠加和纠缠的能力使量子计算机成为有效解决极其复杂的指数问题的唯一方法。

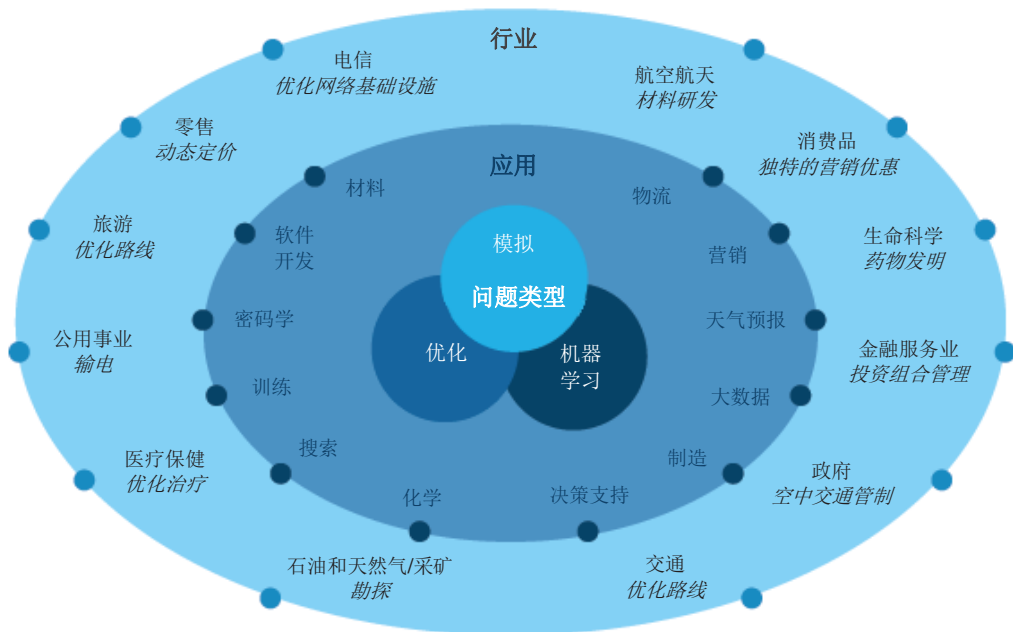
## 应用量子技术开展工作

鉴于量子计算的潜力，现在是时候探索其商业意义了。量子计算有望彻底改变复杂业务系统的优化方式。

因此，有可能使业务流程实现惊人的效率，无论是基础后勤流程，还是复杂的决策流程，都能从中受益（见图 1）。量子计算可以更迅速地解决目前已知的一些问题，并为解决未来问题提供新的工具。

图 1

量子技术对于解决应用和行业问题的潜在意义



假设某个后勤问题包含 50 项，例如 50 个城市的旅行路线或者 50 个人的轮班时间表。要以最优顺序排列各种选择，需要处理 30,414,093,201,713,378,043,612,608,166,064,768,844,377,641,568,960,512,000,000,000,000 个可能的组合（请参阅侧边栏）。过去，人们根据直觉或经验做出这些类型的决策。在功能强大的超级计算机上计算最经济有效（最优）的顺序需要数年之久，即便如此，得出的答案也只是近似值而已。

但是，使用量子计算机寻找最佳解决方案可能只需几分钟。假设一个企业了解到过去使用的方法并非最优。寻找最佳答案可以为企业节省大量资金。新方法可以为客户提供更个性化、更准确的服务和建议，很可能帮助企业成为行业领袖。

现在，再来看看金融服务优化问题。投资组合经理可以运用量子计算，在极短的时间内为每一位客户提供量身定制的最优投资方案组合。节省下来的时间使顾问更加游刃有余，可以根据每位客户的投资条件和风险情况，为他们量身打造财务规划。

但是，除了解决业务优化问题外，量子计算还有很多其他用途。量子计算还可用于准确模拟自然世界。例如，在分子化学领域，理解分子和模拟分子行为是药物研发的基础。但是，哪怕是目前世界上最出色的超级计算机，也只能模拟由 43 个左右的电子构成的系统，远远不能满足精准设计药品、疫苗和抗生素的要求。<sup>2</sup> 量子计算机似乎是解决此类问题的唯一途径。

### 50!（50 阶乘）个选择

计算 50! 个选择需要检查 30,414,093,201,713,378,043,612,608,166,064,768,844,377,641,568,960,512,000,000,000,000 种可能的组合，每次检查一个。<sup>3</sup> 使用量子位可以轻松完成任务。量子计算机可以使用量子叠加态表示这些选择，只需 215 个有效量子位 ( $\log_2(50!) = 214.3$ )。这项计算展示了量子计算的预期指数级效率。

---

## 量子 — 从科幻小说到现实

量子计算的能力远不止优化和建模。量子开发人员已在应用这些技能解决多个领域（如数据安全、欺诈检测和机器学习）所面临的棘手业务问题。毫无疑问，必然会发明一些新的量子计算用例。

尽管有人提出相反观点，理由是尚没有利用量子技术成功解决当前传统计算机无法解决的业务问题。迄今为止，仅构建了少数相对较小的量子计算机。量子技术的未来变革之路还很漫长。HSRC(Homeland Security Research Corp.) 报告称，到 2024 年，量子计算市场将突破百亿美元。<sup>4</sup>

这只是时间问题。无论是数月还是数年，量子计算终归将在处理某些特定业务问题方面超越传统计算，如开发新材料或优化航行路线。让我们做好准备，迎接这一转变。

企业甚至不需要自行购置量子计算机，即可充分利用量子计算机的问题解决能力。到 2024 年，HSRC 预计量子计算即服务几乎将占到量子计算市场份额的一半。<sup>5</sup> 云端已经面向公众提供量子计算机用于实验和教育。量子计算机已准备好拓展应用范围。

## 准备！出发！迎接量子未来

对于企业领导而言，现在正是为量子技术做准备的大好时机。试验和拓展这项全新基础技术的条件已然成熟。以下是企业领导可以采取的几个初始步骤：

- 立即开始参与，特别是，如果贵公司存在化学、优化或机器学习流程，更要尽快行动。量子计算已经取得足够的进步，值得投入一定的时间做出尝试。
- 指派量子技术负责人。该人员可以出席会议和研讨会，评估能够与量子计算一较高下的其他方法。负责人可以综合审视围绕这些方法形成的各种生态系统。
- 评估贵公司的哪些特定领域可以通过量子计算获益（或受其影响），以及哪种量子计算方法最适合贵公司。
- 获取适当的技能。量子计算与传统计算截然不同，甚至不使用“位”（信息的基本单位）。对于愿意接受新的问题解决方法的人才，企业应当优先考虑。可以考虑聘用从事高级分析的人员。

- 立即试用真正的量子计算机。云端提供免费的量子处理器。深入研究教程和模拟器，自行编写算法。<sup>6</sup> 开始考虑希望在量子时代解决哪些问题。

与传统计算一样，量子计算也存在限制。量子计算代表一种全新的范式，可以帮助解决目前无法解决的问题。倘若企业率先投身这个变革大潮，必将在竞争中占得先机。您愿意勇敢一试吗？

### 关于专家洞察@IBV 报告

这是专家们对具有新闻价值的商业和技术话题所发表的见解。通过系列访谈，主题专家们的观点被整理成为新颖、实用、规范的报告，即专家洞察@IBV。

## 主题专家

### Robert Sutor 博士

IBM 研究院  
人工智能、区块链和量子解决方案副总裁  
[linkedin.com/in/bobsutor/sutor@us.ibm.com](https://www.linkedin.com/in/bobsutor/sutor@us.ibm.com)

### Terry Hickey

IBM 服务部  
Watson、人工智能和量子计算副总裁兼合伙人  
[linkedin.com/in/hickeyterrence/hickey@ca.ibm.com](https://www.linkedin.com/in/hickeyterrence/hickey@ca.ibm.com)

### Lori Feller

IBM 服务部  
合伙人、认知创新和 IBM Q 咨询全球负责人  
[linkedin.com/in/lvfeller/lori.feller@us.ibm.com](https://www.linkedin.com/in/lvfeller/lori.feller@us.ibm.com)

© Copyright IBM Corporation 2018

Route 100  
Somers, NY 10589

美国出品  
2018 年 2 月

IBM、IBM 徽标及 [ibm.com](http://ibm.com) 是 International Business Machines Corporation 在全球各地司法辖区的注册商标。其他产品和服务名称可能是 IBM 或其他公司的商标。Web 站点 [www.ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://www.ibm.com/legal/copytrade.shtml) 上的“Copyright and trademark information”部分中包含了 IBM 商标的最新列表。

本文档是首次发布日期之版本，IBM 可能会随时对其进行更改。IBM 并不一定在开展业务的所有国家或地区提供所有产品或服务。

本文档内的信息“按现状”提供，不附有任何种类的（无论是明示的还是默示的）保证，包括不附有关于适销性、适用于某种特定用途的任何保证以及非侵权的任何保证或条件。IBM 产品根据其提供时所依据协议条款和条件获得保证。

本报告的目的仅为提供通用指南。它并不旨在代替详尽的研究或专业判断依据。由于使用本出版物对任何企业或个人所造成的损失，IBM 概不负责。

本报告中使用的数据可能源自第三方，IBM 并不独立核实、验证或审计此类数据。此类数据使用的结果均为“按现状”提供，IBM 不作出任何明示或默示的声明或保证。

## 备注和参考资料

- 1 “Richard Feynman: On quantum physics and computer simulation” Los Alamos Science Number 27.2002.  
<http://permalink.lanl.gov/object/tr?what=info:lanl-repo/lareport/LA-UR-02-4969-02>
- 2 Murphy, Ian. “IBM delivers commercial Quantum Computing” Enterprise Times. March 6, 2017.  
<https://www.enterprisetimes.co.uk/2017/03/06/ibm-delivers-commercial-quantum-computing/>
- 3 “50 Factorial – 50!” CoolConversion.com.  
[http://coolconversion.com/math/factorial/What-is-the-factorial-of\\_50\\_%3F](http://coolconversion.com/math/factorial/What-is-the-factorial-of_50_%3F)
- 4 “Quantum Computing Technologies & Global Market, 2017-2024 Volume 1”. Homeland Security Research Corp. 2017.
- 5 *ibid.*
- 6 “Welcome to the IBM Q Experience!”  
<https://quantumexperience.ng.bluemix.net/qx/experience>

07012907CNZH-03

