



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

量子计算 术语和定义

Quantum computing Terminology and definition

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2022年4月18日)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 量子计算通用基础术语	1
4 量子计算硬件术语	2
5 量子计算算法与软件术语	4
6 量子计算应用术语	5
参 考 文 献	7
索 引	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由全国量子计算与测量标准化技术委员会（SAC/TC587）提出并归口。

本文件起草单位：中国科学技术大学、济南量子技术研究院、中国科学院计算技术研究所、中国人民解放军国防科技大学、中国标准化研究院、中国信息通信研究院、中国电子技术标准化研究院、深圳市腾讯计算机系统有限公司、中国计量大学、武汉大学、华为技术有限公司、杭州知量科技有限公司、上海图灵智算量子科技有限公司、阿里巴巴网络技术有限公司、深圳量旋科技有限公司等。

本文件主要起草人：朱晓波、吴玉林、黄合良、王辉、张强、周飞、于小飞、郑明睿、孙晓明、赖俊森、杨宏、张昱、吴伟、康键、郑一聪、谭爱红、徐红星、张凯、王流伍、金贤敏、黄蕾蕾、邹均庭等。

引 言

量子计算是利用量子力学的基本特性实现问题求解的计算模式，通过构建可精密操控的量子物理硬件系统，运行量子计算软件实现量子算法，求解计算问题，实现量子计算在特定问题或领域的应用。术语定义按照物理和计算基础、硬件实现、算法软件和应用四个层次，分为量子计算通用基础术语，量子计算硬件术语，量子计算算法与软件术语，量子计算应用术语四章。

量子计算 术语和定义

1 范围

本文件界定了量子计算通用基础、量子计算硬件、量子计算算法与软件、量子计算应用方面相关的术语和定义。

本文件适用于开展与量子计算相关活动的各类组织，为量子计算相关活动中使用的术语提供共同理解；适用于量子计算相关标准制定、技术文件编制等。与量子计算相关的教材、书刊编写以及文献翻译也可参考本文件。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 量子计算通用基础术语

3.1

量子 quantum

物质和能量的基本单元。

3.2

量子态 quantum state

量子系统的状态。

3.3

量子信息 quantum information

量子系统状态所包含的所有物理信息。

3.4

量子比特 quantum bit

以量子态（3.2）来编码信息的最小信息单元。

注：又称量子位，qubit。

3.5

多量子比特 multiple-qubit

由多个量子比特（3.4）组成的用来信息传递或信息处理的量子多体系统。

3.6

量子叠加 quantum superposition

量子系统同时处在不同量子态（3.2）的量子现象。

3.7

量子纠缠 quantum entanglement

量子力学系统中的关于两个或多个物理系统状态之间关联的一种属性，该属性无法被经典物理学解释。

3.8

量子力学 quantum mechanics

研究电子、原子、分子、凝聚态物质，以及基本粒子结构、性质的基础理论。

3.9

量子隧穿 quantum tunneling

微观粒子能够穿越势垒的量子现象。

3.10

量子计算 quantum computing

遵循量子力学（3.8）的规律进行信息处理的计算模式。

3.11

量子查询 quantum query

量子算法（5.2）通过查询量子黑盒获取有关输入和输出的对应信息。

3.12

量子复杂度理论 quantum complexity theory

使用量子计算（3.10）定义的复杂性类别。

3.13

分布式量子计算 distributed quantum computing

利用多台通过量子（3.1）或经典通道互联的量子计算机完成计算任务的量子计算模式。

3.14

量子线路模型 quantum circuit model

将量子计算分解为一系列量子门（4.1）操作的量子计算模型。

3.15

单向量子计算 one-way quantum computation

通过对制备的簇态进行单比特测量来完成量子计算的一种量子计算模型。

3.16

绝热量子计算 adiabatic quantum computing

依赖绝热定理进行计算的一种量子计算模型。

3.17

拓扑量子计算 topological quantum computing

依赖二维准粒子, 任意子及其编织操作进行计算的一种量子计算模式。

4 量子计算硬件术语

4.1

量子门 quantum gate

量子线路模型（3.14）中进行量子比特（3.4）操纵的最小量子线路。

4.2

单量子比特门 single-qubit gate

量子线路模型（3.14）中对单量子比特进行操纵的最小线路单元。

4.3

多量子比特门 multiple-qubit gate

量子线路模型（3.14）中对多个量子比特同时进行操纵的最小线路单元。

4.4

量子线路 quantum circuit

量子计算（3.10）中一种以线路形式清晰表示计算流程的模型。

- 4.5
量子芯片 quantum chip
将量子器件集成起来承载量子信息处理功能的芯片。
- 4.6
量子门阵列 quantum gate array
多个操作量子比特(3.4)的量子门(4.1)的集合。
- 4.7
量子随机数 quantum random number
基于量子力学原理所保证的随机性过程产生的真随机数。
- 4.8
量子随机数发生器 quantum random number generator
依据量子力学原理所保证的随机性过程产生真随机数的器件。
- 4.9
量子纠缠光源 quantum entangled photon source
按需产生纠缠光子的光源。
- 4.10
量子点 quantum dot
在三维方向上束缚电子空穴的半导体纳米器件。
- 4.11
约瑟夫森结 Josephson junction
两块超导体通过很薄的势垒层弱连接构成的一种结构。
- 4.12
量子模拟器 quantum simulator
一类比对模拟自然界中各种不同量子及经典现象的人工可控量子系统。
注：该系统只能完成特定问题的求解，属于非普适量子计算机。
- 4.13
量子存储器 quantum memory
存储介质所携带量子信息(3.3)的装置。
- 4.14
量子处理器 quantum processor
量子计算机中承载所有信息处理功能的核心器件。
- 4.15
量子计算机 quantum computer
一类遵循量子力学规律进行数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。
- 4.16
超导量子计算 superconducting quantum computing
依赖于对超导量子比特的操纵完成量子计算的量子计算硬件方案。
- 4.17
量子点量子计算 quantum dot quantum computing
一种通过操纵量子点内部电子自旋而实现量子计算的量子计算硬件方案。
- 4.18
光量子计算 optical quantum computing
依赖于对光量子比特的操纵完成量子计算任务的量子计算硬件方案。

- 4.19
离子阱量子计算 trapped ion quantum computing
依赖于对离子阱中囚禁的离子量子比特的操纵，来完成量子计算任务的量子计算硬件方案。
- 4.20
中性原子量子计算 neutral-atom quantum computing
依赖于对中性原子的操纵，来完成量子计算任务的量子计算硬件方案。
- 4.21
色心量子计算 color center quantum computing
依赖于色心的自旋量子比特的操纵，来完成量子计算任务的量子计算硬件方案。
- 4.22
核磁共振量子计算 nuclear magnetic resonance quantum computing
依赖于分子内部核自旋量子比特，来完成量子计算任务的量子计算硬件方案。
- 4.23
混合量子计算 hybrid quantum computing
一种结合多个量子体系来完成量子计算任务的量子计算硬件方案。
- 4.24
容错量子计算 fault-tolerant quantum computation
当系统错误率低于特定的阈值，量子计算机可以压制错误而正常运行的量子计算模式。
- 4.25
量子态保真度 fidelity of quantum states
在量子计算硬上制备的量子态和理论模型之间接近度的一种度量。
- 4.26
量子门保真度 fidelity of quantum gate
量子门的物理实现和理论模型之间接近度的一种度量。
- 5 量子计算算法与软件术语
- 5.1
量子编程语言 quantum programming language
一组使用高级设计表达量子算法（5.2）的编程语言。
- 5.2
量子算法 quantum algorithm
基于量子计算（3.10）解决计算问题的算法。
- 5.3
量子编码 quantum encoding
将量子信息（3.3）承载到量子比特（3.4）上的过程。
- 5.4
量子纠错 quantum error correction
量子计算中保护量子比特状态不被量子退相等噪声改变，正确完成计算任务的技术手段。
- 5.5
量子编译器 quantum compiler
将高级语言编写的量子程序转化为指令集语言的工具。
- 5.6
量子指令集 quantum instruction set

一组实现量子计算最基础操作的指令。

5.7

量子线路经典模拟器 classical simulator for quantum circuit

利用经典计算方式来仿真模拟量子系统演化的经典软硬件设备。

5.8

量子行走 quantum walk

用量子力学概率幅表示转移概率的随机行走。

5.9

量子退火 quantum annealing

通过使用量子波动的过程在给定的一组候选解（候选状态）上找到给定目标函数的全局最小值的算法。

5.10

肖尔算法 Shor's algorithm

求解质因数分解的量子算法（5.2）。

5.11

格罗弗算法 Grover's algorithm

进行非结构化数据搜索的量子算法（5.2）。

5.12

量子傅里叶变换 quantum Fourier transformation

对量子态（3.2）向量的离散傅里叶变换。

5.13

量子相位估计算法 quantum phase estimation algorithm

对量子酉算符的本征态进行本征值估计的量子算法（5.2）。

5.14

经典-量子混合算法 hybrid quantum-classical algorithm

将经典计算的分析、优化方法与量子态的制备和测量相结合来完成计算任务的算法。

6 量子计算应用术语

6.1

量子计算云平台 quantum computing cloud platform

由量子计算硬件资源、资源抽象控制组件及其上的量子服务软件构成的，实现量子算力资源共享的软硬件集合。

6.2

量子机器学习 quantum machine learning

利用量子计算进行机器学习任务处理的过程。

6.3

量子化学 quantum chemistry

应用量子力学的基本原理和方法，研究物质分子的结构和化学反应中微观过程的一门基础学科。

6.4

量子优越性 quantum advantage

量子计算机解决某些特定问题可以优于经典计算机的能力。

6.5

盲量子计算 blind quantum computing

客户A寻找量子终端B求解问题,A可以在B得不到关于计算的输入、输出、以及算法等信息的前提下,让B进行计算并反馈给A结果的一种安全量子云计算方案。

注:又称量子盲计算。

6.6

玻色采样 boson sampling

从多个全同玻色子经过线性网络后的分布中进行采样的量子算法(5.2)。

6.7

随机线路采样 random circuit sampling

采用特定形式的随机量子线路,并根据其输出分布生成样本的量子算法(5.2)。

6.8

量子模拟 quantum simulation

使用人工可控的量子系统模拟自然界中不同量子及经典现象。

参 考 文 献

- [1] Kielpinski, D., Monroe, C., & Wineland, D. J. (2002). Architecture for a large-scale ion-trap quantum computer. *Nature*, 417(6890), 709-711.
- [2] Harrow, A. W., Hassidim, A., & Lloyd, S. (2009). Quantum algorithm for linear systems of equations. *Physical review letters*, 103(15), 150502.
- [3] Horodecki, R., Horodecki, P., Horodecki, M., & Horodecki, K. (2009). Quantum entanglement. *Reviews of modern physics*, 81(2), 865.
- [4] Johnson, M. W., Amin, M. H., Gildert, S., Lanting, T., Hamze, F., Dickson, N., ... & Chapple, E. M. (2011). Quantum annealing with manufactured spins. *Nature*, 473(7346), 194-198.
- [5] Nielsen, Michael A., and Isaac Chuang. "Quantum computation and quantum information." (2002): 558-559.
- [6] Kok, P., Munro, W. J., Nemoto, K., Ralph, T. C., Dowling, J. P., & Milburn, G. J. (2007). Linear optical quantum computing with photonic qubits. *Reviews of Modern Physics*, 79(1), 135.
- [7] Albash, T., & Lidar, D. A. (2018). Adiabatic quantum computation. *Reviews of Modern Physics*, 90(1), 015002.
- [8] Grifoni, M., & Hänggi, P. (1998). Driven quantum tunneling. *Physics Reports*, 304(5-6), 229-354.
- [9] Duan, L. M., Cirac, J. I., & Zoller, P. (2001). Geometric manipulation of trapped ions for quantum computation. *Science*, 292(5522), 1695-1697.
- [10] Barz, S., Kashefi, E., Broadbent, A., Fitzsimons, J. F., Zeilinger, A., & Walther, P. (2012). Demonstration of blind quantum computing. *science*, 335(6066), 303-308.
- [11] Aaronson, S., & Arkhipov, A. (2011, June). The computational complexity of linear optics. In *Proceedings of the forty-third annual ACM symposium on Theory of computing* (pp. 333-342).
- [12] Jaksch, D., Bruder, C., Cirac, J. I., Gardiner, C. W., & Zoller, P. (1998). Cold bosonic atoms in optical lattices. *Physical Review Letters*, 81(15), 3108.
- [13] Lim, Y. L., Beige, A., & Kwek, L. C. (2005). Repeat-until-success linear optics distributed quantum computing. *Physical review letters*, 95(3), 030505.
- [14] Kwiat, P. G., Mattle, K., Weinfurter, H., Zeilinger, A., Sergienko, A. V., & Shih, Y. (1995). New high-intensity source of polarization-entangled photon pairs. *Physical Review Letters*, 75(24), 4337.
- [15] Yin, J., Cao, Y., Li, Y. H., Liao, S. K., Zhang, L., Ren, J. G., ... & Li, G. B. (2017). Satellite-based entanglement distribution over 1200 kilometers. *Science*, 356(6343), 1140-1144.

- [16] Grover, L. K. (1997). Quantum mechanics helps in searching for a needle in a haystack. *Physical review letters*, 79(2), 325.
- [17] He, Y. M., He, Y., Wei, Y. J., Wu, D., Atatüre, M., Schneider, C., ... & Pan, J. W. (2013). On-demand semiconductor single-photon source with near-unity indistinguishability. *Nature nanotechnology*, 8(3), 213.
- [18] Xiang, Z. L., Ashhab, S., You, J. Q., & Nori, F. (2013). Hybrid quantum circuits: Superconducting circuits interacting with other quantum systems. *Reviews of Modern Physics*, 85(2), 623.
- [19] He, Y. M., He, Y., Wei, Y. J., Wu, D., Atatüre, M., Schneider, C., ... & Pan, J. W. (2013). On-demand semiconductor single-photon source with near-unity indistinguishability. *Nature nanotechnology*, 8(3), 213.
- [20] Monroe, C., Raussendorf, R., Ruthven, A., Brown, K. R., Maunz, P., Duan, L. M., & Kim, J. (2014). Large-scale modular quantum-computer architecture with atomic memory and photonic interconnects. *Physical Review A*, 89(2), 022317.
- [21] Bravyi, S., Gosset, D., & König, R. (2018). Quantum advantage with shallow circuits. *Science*, 362(6412), 308-311.
- [22] Kimble, H. J. (2008). The quantum internet. *Nature*, 453(7198), 1023-1030.
- [23] Devitt, S. J. (2016). Performing quantum computing experiments in the cloud. *Physical Review A*, 94(3), 032329.
- [24] Cohen-Tannoudji, C., Dupont-Roc, J., & Grynberg, G. (1997). Photons and Atoms-Introduction to Quantum Electrodynamics. *Photons and Atoms-Introduction to Quantum Electrodynamics*, by Claude Cohen-Tannoudji, Jacques Dupont-Roc, Gilbert Grynberg, pp. 486. ISBN 0-471-18433-0. Wiley-VCH, February 1997., 486.
- [25] Broadbent, A., & Jeffery, S. (2015, August). Quantum homomorphic encryption for circuits of low T-gate complexity. In *Annual Cryptology Conference* (pp. 609-629). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [26] Griffiths, D. J., & Schroeter, D. F. (2018). *Introduction to quantum mechanics*. Cambridge University Press.
- [27] Hedges, M. P., Longdell, J. J., Li, Y., & Sellars, M. J. (2010). Efficient quantum memory for light. *Nature*, 465(7301), 1052-1056.
- [28] Arute, F., Arya, K., Babbush, R., Bacon, D., Bardin, J. C., Barends, R., ... & Burkett, B. (2019). Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *Nature*, 574(7779), 505-510.

- [29] Yuan, Z. S., Chen, Y. A., Zhao, B., Chen, S., Schmiedmayer, J., & Pan, J. W. (2008). Experimental demonstration of a BDCZ quantum repeater node. *Nature*, 454(7208), 1098-1101.
- [30] Hillery, M., Bužek, V., & Berthiaume, A. (1999). Quantum secret sharing. *Physical Review A*, 59(3), 1829.
- [31] Barreiro, J. T., Müller, M., Schindler, P., Nigg, D., Monz, T., Chwalla, M., ... & Blatt, R. (2011). An open-system quantum simulator with trapped ions. *Nature*, 470(7335), 486-491.
- [32] Preskill, J. (1999). Plug-in quantum software. *Nature*, 402(6760), 357-358.
- [33] Bradley, C. E., Randall, J., Abobeih, M. H., Berrevoets, R. C., Degen, M. J., Bakker, M. A., ... & Taminiau, T. H. (2019). A ten-qubit solid-state spin register with quantum memory up to one minute. *Physical Review X*, 9(3), 031045.
- [34] Harrow, A. W., & Montanaro, A. (2017). Quantum computational supremacy. *Nature*, 549(7671), 203-209.
- [35] Gheorghiu, A., Kapourniotis, T., & Kashefi, E. (2019). Verification of quantum computation: An overview of existing approaches. *Theory of computing systems*, 63(4), 715-808.
- [36] Arute, F., Arya, K., Babbush, R., Bacon, D., Bardin, J. C., Barends, R., ... & Burkett, B. (2019). Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *Nature*, 574(7779), 505-510.
- [37] Ladd, T. D., Jelezko, F., Laflamme, R., Nakamura, Y., Monroe, C., & O'Brien, J. L. (2010). Quantum computers. *Nature*, 464(7285), 45-53.
- [38] P. W. Shor, in *Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, Santa Fe, NM, USA (IEEE, 1994).
- [39] Wang, H., He, Y. M., Chung, T. H., Hu, H., Yu, Y., Chen, S., ... & Liu, R. Z. (2019). Towards optimal single-photon sources from polarized microcavities. *Nature Photonics*, 13(11), 770-775.
- [40] De Greve, K., Yu, L., McMahon, P. L., Pelc, J. S., Natarajan, C. M., Kim, N. Y., ... & Höfling, S. (2012). Quantum-dot spin-photon entanglement via frequency downconversion to telecom wavelength. *Nature*, 491(7424), 421-425.
- [41] Wilson, A. C., Colombe, Y., Brown, K. R., Knill, E., Leibfried, D., & Wineland, D. J. (2014). Tunable spin-spin interactions and entanglement of ions in separate potential wells. *Nature*, 512(7512), 57-60.
- [42] Barends, R., Kelly, J., Megrant, A., Veitia, A., Sank, D., Jeffrey, E., ... & Chen, Y. (2014). Superconducting quantum circuits at the surface code threshold for fault tolerance. *Nature*, 508(7497), 500-503.
- [43] 物理学名词（第三版）[M]. 科学出版社，物理学名词审定委员会，2019

[44] A. Nielsen and I. L. Chuang, Quantum computation and quantum information. Cambridge University Press, 2010.

[45] D. P. DiVincenzo, The physical implementation of quantum computation, ArXiv:quant-ph/0002077, 2000.

[46] B. M. Terhal, “Quantum error correction for quantum memories,” Reviews of Modern Physics, vol. 87, p.

索 引

汉语拼音索引

	B	
玻色采样		6.6
	C	
超导量子计算		4.16
	D	
单量子比特门		4.2
单向量子计算		3.15
多量子比特		3.5
多量子比特门		4.3
	F	
分布式量子计算		3.13
	G	
格罗弗算法		5.11
光量子计算		4.18
	H	
核磁共振量子计算		4.22
混合量子计算		4.23
	J	
经典-量子混合算法		5.14
绝热量子计算		3.16
	L	
离子阱量子计算		4.19
量子		3.1
量子比特		3.4
量子编程语言		5.1
量子编码		5.3
量子编译器		5.5
量子查询		3.11
量子处理器		4.14
量子存储器		4.13
量子点		4.10
量子点量子计算		4.17
量子叠加		3.6
量子复杂度理论		3.12
量子傅里叶变换		5.12
量子化学		6.3
量子机器学习		6.2
量子计算		3.10
量子计算机		4.15
量子计算云平台		6.1

量子纠缠	3.7
量子纠缠光源	4.9
量子纠错	5.4
量子力学	3.8
量子门	4.1
量子门保真度	4.26
量子门阵列	4.6
量子模拟	6.8
量子模拟器	4.12
量子算法	5.2
量子行走	5.8
量子随机数	4.7
量子随机数发生器	4.8
量子隧穿	3.9
量子态	3.2
量子态保真度	4.25
量子退火	5.9
量子线路	4.4
量子线路经典仿真器	5.7
量子线路模型	3.14
量子相位估计算法	5.13
量子芯片	4.5
量子信息	3.3
量子优越性	6.4
量子指令集	5.6
M	
盲量子计算	6.5
R	
容错量子计算	4.24
S	
色心量子计算	4.21
随机线路采样	6.7
T	
拓扑量子计算	3.17
X	
肖尔算法	5.10
Y	
约瑟夫森结	4.11
Z	
中性原子量子计算	4.20
A	
英文对应词索引	
adiabatic quantum computing	3.16

	B	
blind quantum computing		6.5
boson sampling		6.6
	C	
classical simulator for quantum circuit		5.7
color center quantum computing		4.21
	D	
distributed quantum computing		3.13
	F	
fault-tolerant quantum computation		4.24
fidelity of quantum gate		4.26
fidelity of quantum states		4.25
	G	
Grover's algorithm		5.11
	H	
hybrid quantum computation		4.23
hybrid quantum-classical algorithm		5.14
	J	
Josephson junction		4.11
	M	
multiple-qubit gate		4.3
multiple-qubit		3.5
	N	
neutral-atom quantum computing		4.20
nuclear magnetic resonance quantum computing		4.22
	O	
one-way quantum computation		3.15
optical quantum computing		4.18
	Q	
quantum		3.1
quantum advantage		6.4
quantum algorithm		5.2
quantum annealing		5.9
quantum bit		3.4
quantum chemistry		6.3
quantum chip		4.5
quantum circuit		4.4
quantum circuit model		3.14
quantum computing cloud platform		6.1
quantum complexity theory		3.12
quantum compiler		5.5
quantum computer		4.15
quantum computing		3.10
quantum dot		4.10

quantum dot quantum computing	4.17
quantum encoding	5.3
quantum entangled photon source	4.9
quantum entanglement	3.7
quantum error correction	5.4
quantum Fourier transformation	5.12
quantum gate	4.1
quantum gate array	4.6
quantum information	3.3
quantum instruction set	5.6
quantum machine learning	6.2
quantum mechanics	3.8
quantum memory	4.13
quantum phase estimation algorithm	5.13
quantum processor	4.14
quantum programming language	5.1
quantum query	3.11
quantum random number	4.7
quantum random number generator	4.8
quantum simulation	6.8
quantum simulator	4.12
quantum state	3.2
quantum superposition	3.6
quantum tunneling	3.9
quantum walk	5.8
R	
random circuit sampling	6.7
S	
Shor's algorithm	5.10
single-qubit gate	4.2
superconducting quantum computing	4.16
T	
topological quantum computing	3.17
trapped ion quantum computing	4.19