

少年科技通识系列 · 第4部

量子计算与超级计算机

突破计算极限

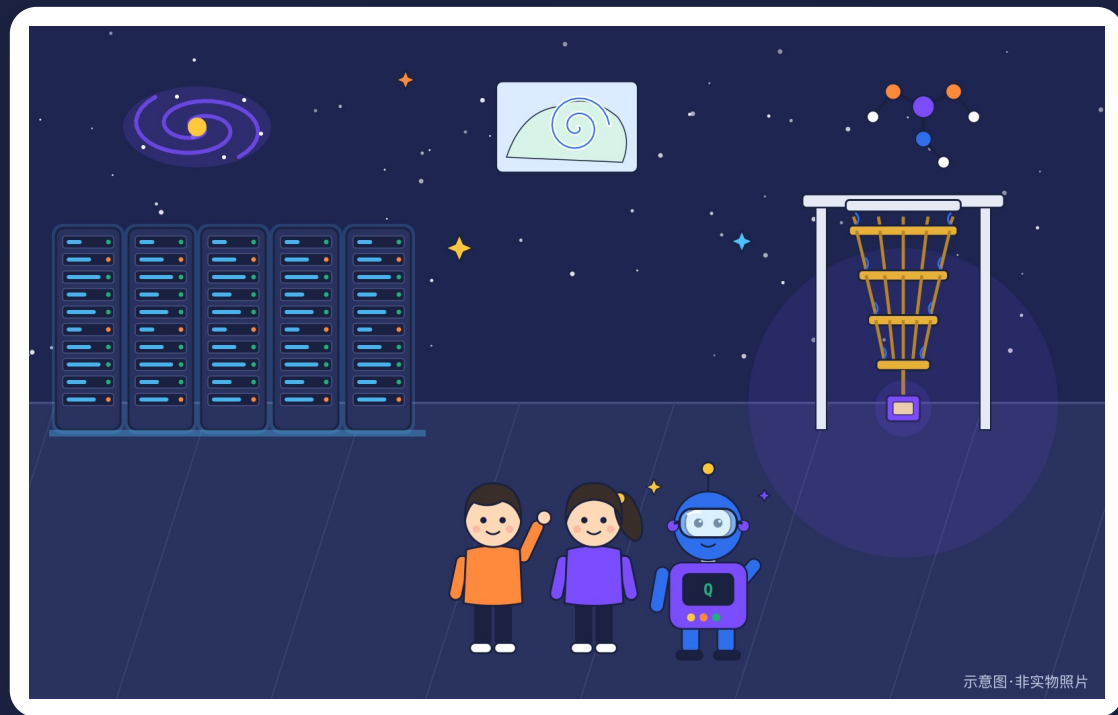
更快的计算，更深的理解

8—11 岁必读

12—15 岁进阶

第1版 · 2026年10月 · 适合8—15岁

插图均为原创示意图，非历史照片



少年科技通识系列： 10 部书目

1

已出版

从算盘到人工智能：
计算机发展史（起源—2026）

2

已出版

人工智能新时代：
AI 如何改变世界
（2026—2035）

3

已出版

机器人与智能世界：
人类和机器的未来

4

本册 · 第 4 部

量子计算与超级计算机：
突破计算极限

5

已出版

互联网的未來：
从万物互联到智能互联

6

已出版

芯片与半导体：
探索计算机的大脑

7

规划中

编程与软件世界：
从代码到智能应用

8

规划中

网络安全与数字文明：
守护未来世界

9

规划中

太空计算与星际互联网：
科技走向宇宙

10

规划中

未来 100 年：
人工智能、科技与人类文明（2035—2100）

少年科技通识系列（Young Explorers Tech Series） · 读者：8—15 岁（8—11 岁必读 / 12—15 岁进阶）

教师授课路线图： 45 分钟与 90 分钟

环节	页码	45 分钟精简版	90 分钟完整版
开场：最难的题有多难？	P5—6	3 分钟：为什么需要超算	5 分钟：含读法说明
超算诞生与工作原理	P7—11	6 分钟：构成图+互动①	11 分钟：全部
从 T 到 E：速度与榜单	P12—16	6 分钟：互动②+时间轴	11 分钟：全部
超算应用与绿色计算	P17—21	4 分钟：应用卡+能效	9 分钟：全部
量子规则	P22—26	7 分钟：互动③④	12 分钟：全部
量子比特与量子算法	P27—32	6 分钟：路线图+互动⑤	12 分钟：全部
优越性之争与纠错	P33—36	4 分钟：三台原型机	9 分钟：全部
量子通信与密码	P37—39	4 分钟：互动⑥	8 分钟：全部
世界各国与 2035 情景	P40—45	3 分钟：地图+情景图	8 分钟：情景卡
未来计算科学家、课后任务	P46—53	2 分钟：学习路径	5 分钟：职业与路径
合计		45 分钟	90 分钟

互动编号：①人体并行计算 ②数量级排序 ③硬币叠加小实验 ④纠缠手套游戏 ⑤量子计算机能做还是不能做 ⑥密码侦探

本书怎么读：徽章、情景卡与提醒

证据等级徽章

✓已发生

截至 2026 年 10 月 25 日已经发生，并有可靠来源。

🔧试点中

已经在少数地方、少数人中真实使用或试运营，但还没有普及。

🔬研究中

还在实验室、论文或演示阶段。

🔮展望

对未来的预测或可能性，可能发生，也可能不发生。

情景卡：三种可能

较快

技术进步快、成本下降快、社会接受度高。

基准

按目前趋势稳步发展。

较慢

遇到能源、成本、安全或规则等方面的阻力，发展放缓。

情景是思考框架，不是预言；每张情景卡都属于展望。

卡片与提醒

三种卡片

历史用七字段卡；现状用事实卡（带证据等级）；数字用来源框（谁发布、哪年、口径、不确定性）

比喻都有局限

旋转硬币、配对手套只是帮助理解，每次都要说清哪里不像

两个必问

“量子优越性”是哪道题？有争议吗？
公司路线图都是【计划】

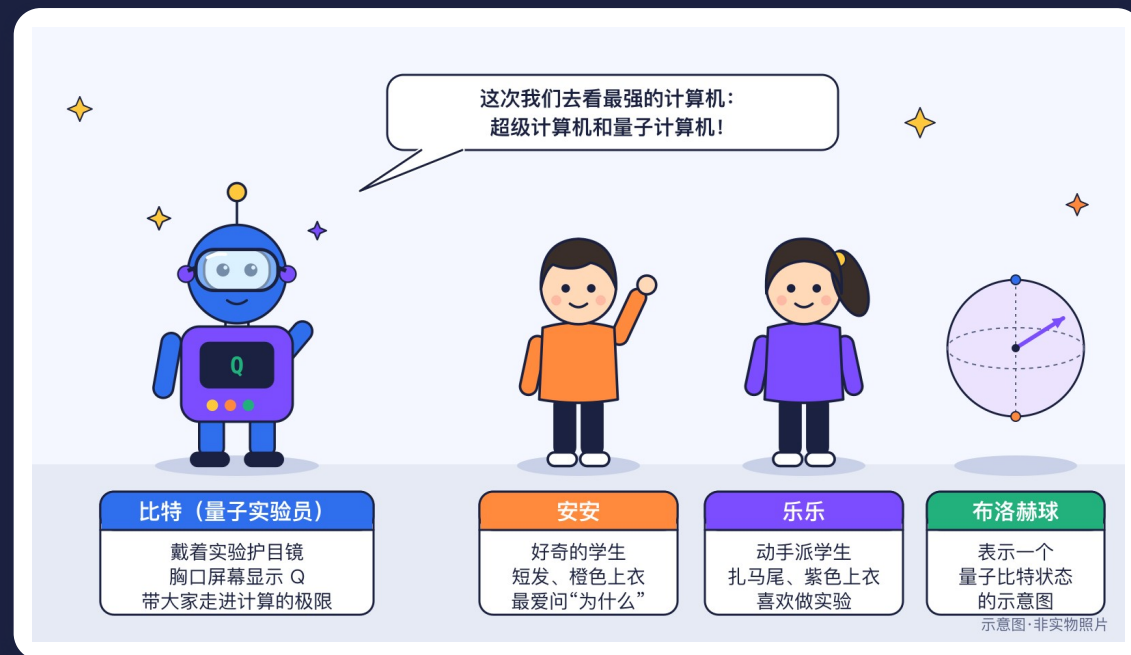
最难的题有多难？

有没有连最快的电脑都很难算的题？

1 天气、气候、分子、宇宙：计算量大到惊人

2 超算：成千上万个节点一起算

3 量子计算机：只对某些特殊问题可能有优势



【想象情景】角色对话



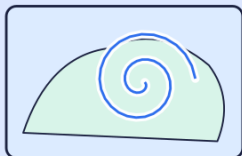
安安：量子计算机是不是更快的普通电脑？



比特：我们来核实一下！它只擅长某些题，要和普通电脑配合。

为什么需要超算和新型计算

天气与气候



把大气分成无数小格子，
一步步算出明天、明年的变化

问题太大，普通电脑要算很久很久

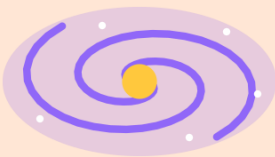
药物与蛋白质



分子里的原子成千上万，
要算它们怎样相互作用

问题太大，普通电脑要算很久很久

宇宙与星系



模拟星系怎样形成，
要跟踪数量巨大的星体

问题太大，普通电脑要算很久很久

新材料与电池



从无数种组合里，
找出更好的材料

问题太大，普通电脑要算很久很久

所以科学家需要超级计算机，也在研究量子计算机

示意图·非实物照片

关键词

超级计算机 Supercomputer

比喻：成千上万个计算大脑一起解一道超级难题。

准确：计算速度位于世界前列的计算机系统，由大量处理器通过高速网络连接、并行工作。
“超级”是相对的：今天的手机可能比几十年前的超算还快。

数量级 Order of Magnitude

比喻：每升一级，就大 10 倍。

准确：以 10 的幂次表示大小差别的方法，例如 10^3 （千）与 10^6 （百万）相差 3 个数量级。

- “超级”是相对的：今天的手机可能比几十年前的超算还快

超级计算机的诞生

第一台超级计算机长什么样？

- 1 “第一台超级计算机”是习惯说法，超算的定义是相对的
- 2 向量计算：对一长串数字做同样的运算
- 3 TOP500：每年两次给最快的 500 台超算排名



【想象情景】角色对话



乐乐：第一台超算有多快？



比特：比现在的手机慢多了，但在当时是世界第一！

克雷的超算与 TOP500 榜单

1963—1964 年

美国

CDC 6600：常被称为第一台超级计算机

人物 | 西摩·克雷、吉姆·桑顿

地点 | 奇珀瓦福尔斯（研制），美国

组织 | 控制数据公司（CDC）

发生了什么 | 克雷设计的 CDC 6600 是当时世界上最快的计算机。

为什么重要 | 开创超级计算机路线。

今天的例子 | 今天的超算仍追求更快、更好的散热。

【注意】 “第一台超级计算机”是习惯说法；首台交付年份另有 1965 年说法。

1976 年

美国

Cray-1 安装在洛斯阿拉莫斯

人物 | 西摩·克雷

地点 | 洛斯阿拉莫斯（新墨西哥州），美国

组织 | 克雷研究公司；洛斯阿拉莫斯国家实验室

发生了什么 | 一台像圆柱沙发一样的超级计算机，成了那个年代的明星。

为什么重要 | 向量计算的代表。

今天的例子 | GPU 也擅长对大量数据做同样的运算。

【注意】 第一个客户另有说法；本书不写价格和速度数字。

1993 年 6 月

德国

TOP500 榜单诞生

人物 | 汉斯·莫伊尔等

地点 | 曼海姆，德国

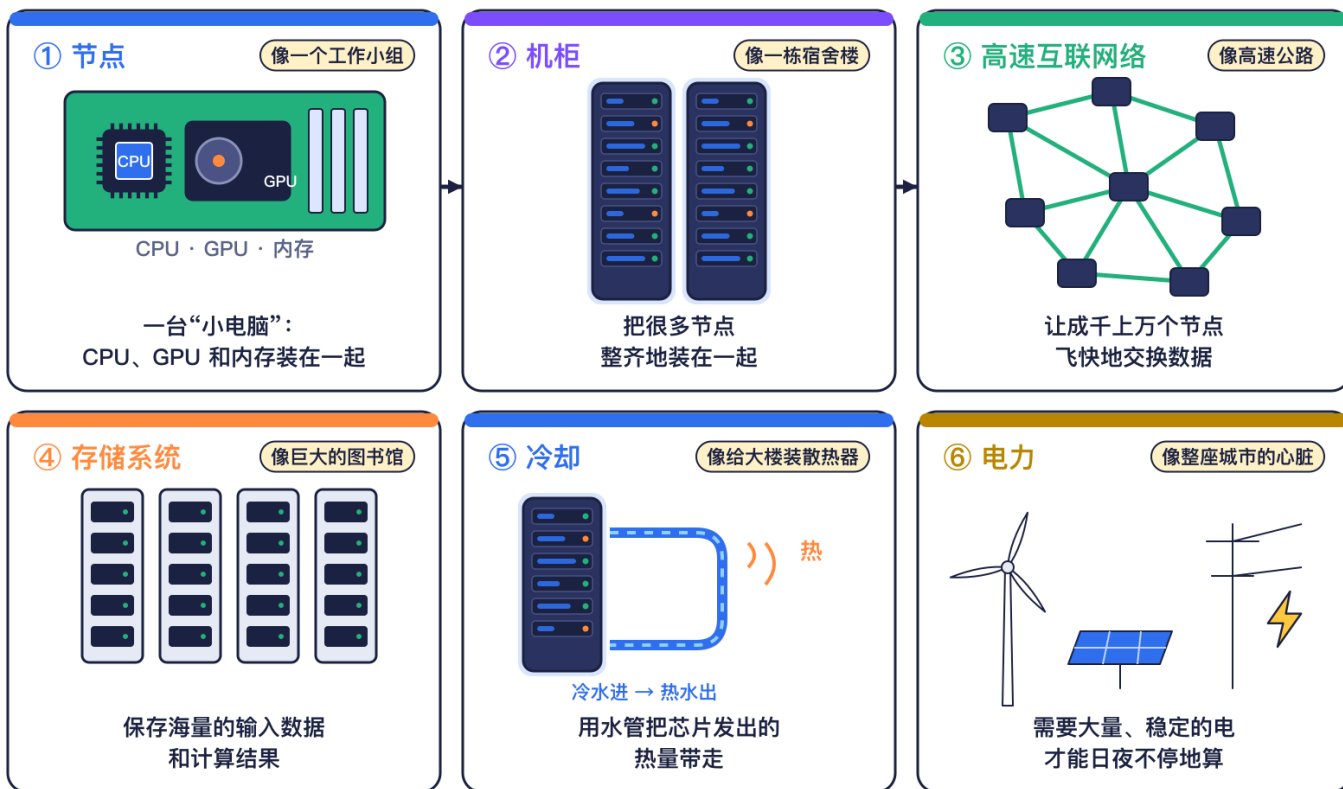
组织 | TOP500 项目（为曼海姆超算会议编制）

发生了什么 | 科学家开始每年两次给全世界最快的 500 台计算机排名。

为什么重要 | 让人们可以比较各国超算的发展。

今天的例子 | 每年 6 月和 11 月发布新榜单。

超算不是一台大电脑，而是许多节点连在一起



示意图·非实物照片

关键词

节点 Node

比喻：超算里的一台“小电脑”。

准确：超级计算机中的基本计算单元，通常包含 CPU、GPU（或其他加速器）、内存和网络接口。

高速互联网络 Interconnect

比喻：节点之间的“超级高速公路”。

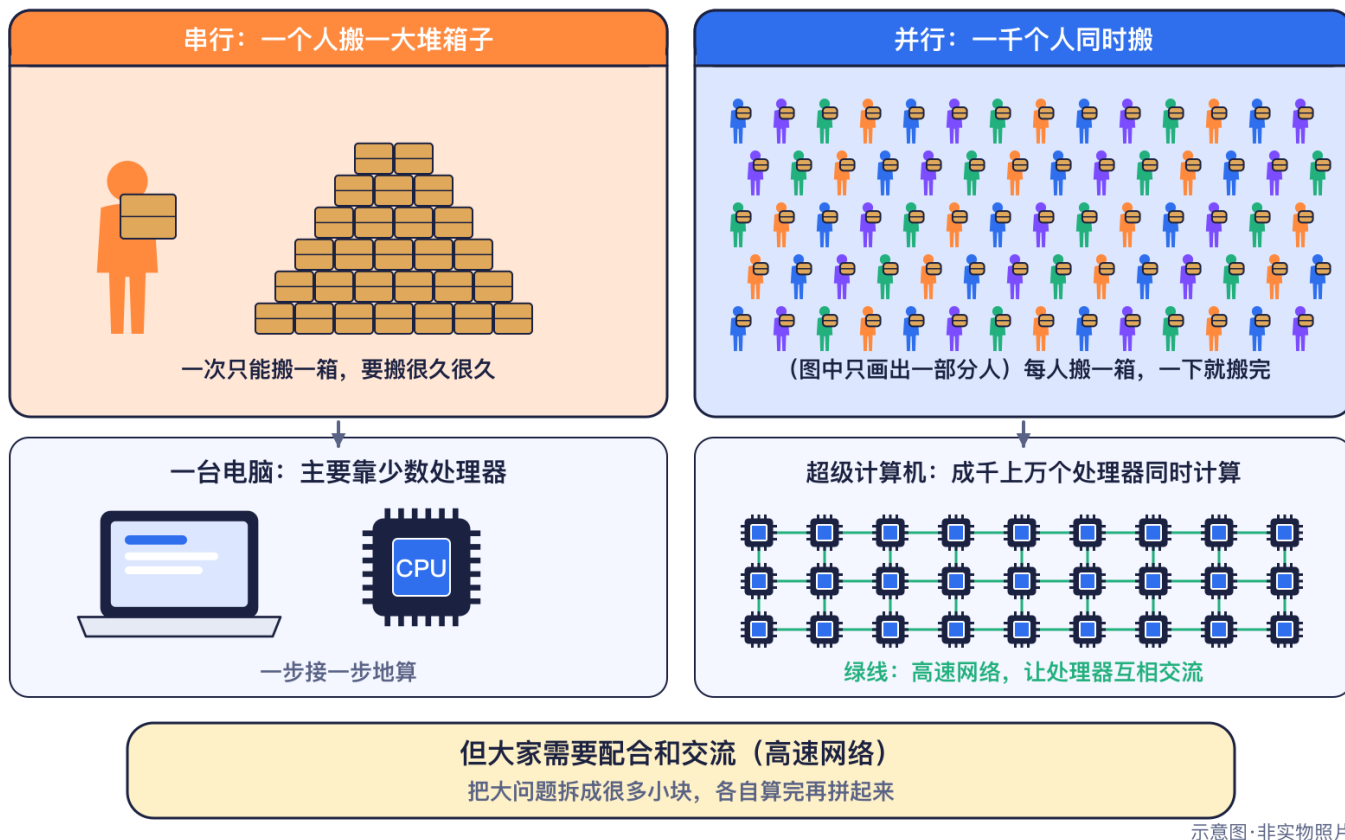
准确：连接超算各节点的专用高速网络，延迟低、带宽大，让节点能快速交换数据。

液冷 Liquid Cooling

比喻：给发烫的芯片“洗冷水澡”。

准确：用水或其他液体带走处理器产生的热量，比风冷效率高；余热还可以用来给建筑供暖。

并行计算：大家一起算，但要花时间沟通



关键词

并行计算 Parallel Computing

比喻：一千个人同时搬箱子，而不是一个人慢慢搬。

准确：把一个大任务拆成许多小任务，由多个处理器同时计算，再把结果合起来。处理器之间需要通信，所以加速不是无限的。

FLOPS（每秒浮点运算次数） Floating-point Operations Per Second

比喻：计算机每秒能做多少道带小数的算术题。

准确：衡量计算速度的单位。常见数量级：T（万亿， 10^{12} ）、P（千万亿， 10^{15} ）、E（百亿亿， 10^{18} ）。

- 比喻的局限：节点之间要传数据，人再多也不能无限加速

人体并行计算

互动① 一个人算 vs 十个人算

- 1 一位同学独自算完 10 道题，计时
- 2 10 位同学每人算 1 道，再由一人汇总，计时
- 3 比较两次用时，说说差别在哪里

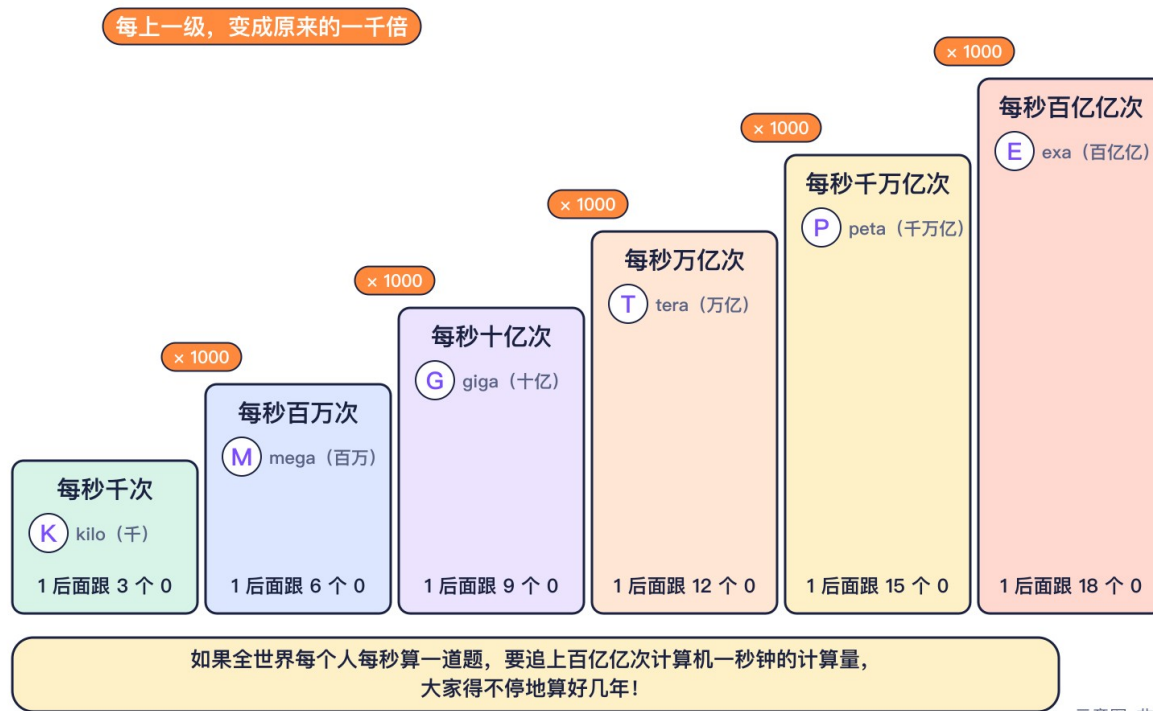


乐乐：传纸条和汇总，也要花时间哦！

想一想：人越多一定越快吗？如果有 100 人、只有 10 道题，会怎样？

答案见备注

计算速度阶梯：每升一级大 1000 倍



示意图·非实物照片

关键词

百亿亿次（E级） Exascale

比喻：1后面跟18个0次运算，每一秒！

准确：每秒至少 10^{18} 次浮点运算的计算能力。
2022年起陆续有超算在HPL基准测试中达到E级。

TOP500 TOP500 List

比喻：超级计算机的“世界排行榜”。

准确：每年两次发布的全球最快500台超算榜单，按HPL基准测试成绩排名。它只衡量一种测试，不代表所有应用表现，也不是所有超算都参加。

HPL 基准测试 High-Performance LINPACK

比喻：超算的“标准考试题”：解一个超大的方程组。

准确：TOP500排名所用的测试程序，通过求解大型线性方程组衡量浮点计算速度。

数量级台阶：从小到大排一排

互动② 给数字卡排队

A 千 (10^3)

第几级

B 百亿亿 (10^{18} , E 级)

第几级

C 百万 (10^6)

第几级

D 万亿 (10^{12} , T 级)

第几级

E 十亿 (10^9)

第几级

F 千万亿 (10^{15} , P 级)

第几级

玩法

- 1 拿到数字卡的同学按从小到大排队
- 2 每人说出“1 后面有几个 0”
- 3 相邻两级差多少倍？



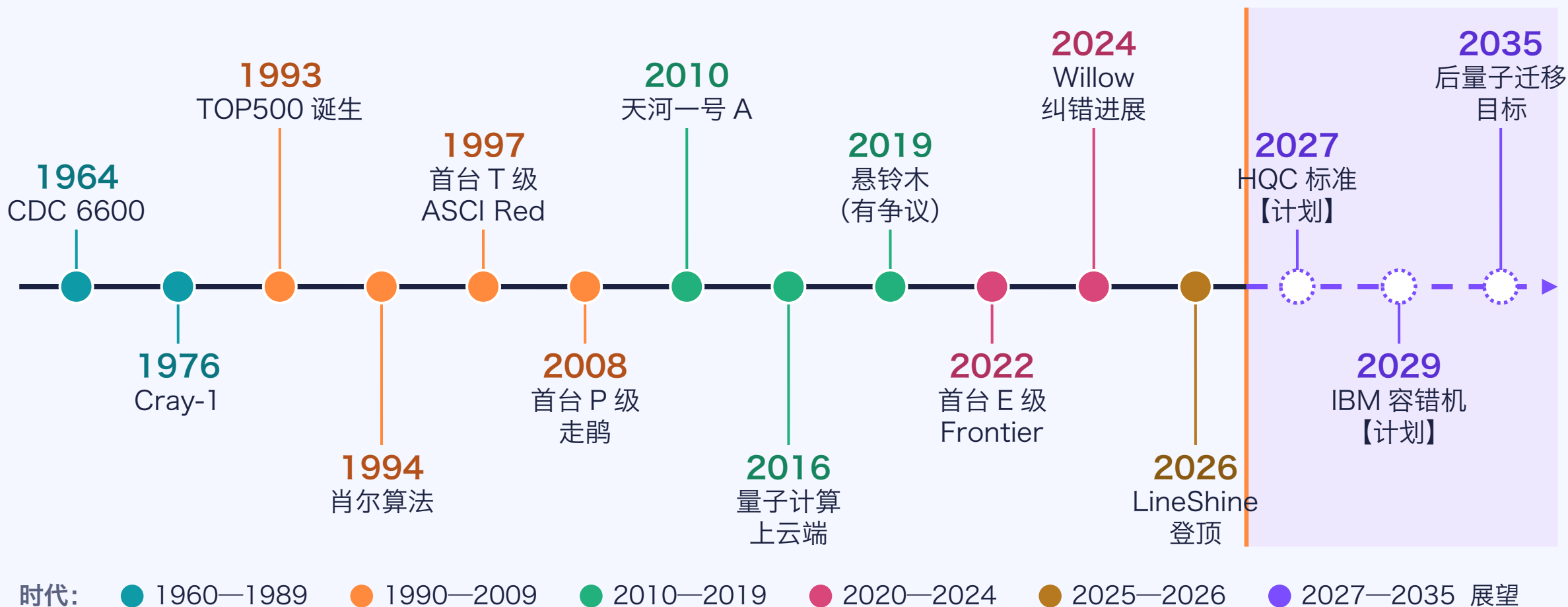
比特：每升一级大 1000 倍！

答案见备注

计算极限时间轴：已发生与展望区

按年份先后排列 · 间隔不按比例

今天 2026-10-25 ▶ 展望区 (可能变化)



登上世界第一的超算

2010 年 11 月

中国

天河一号 A：中国超算首次世界第一

机构 / 人物 | 国防科技大学；国家超级计算天津中心；国防科技大学研制团队

地点 | 天津，中国

发生了什么 | 中国的超级计算机第一次登上世界第一。

为什么重要 | 中国超算的重要里程碑。

证据等级 |  已发生

【注意】 以 TOP500 榜单的 HPL 实测成绩为准；未参加排名的系统不在比较之内。

2022 年 6 月

美国

Frontier：第一台百亿亿次（E 级）超算

机构 / 人物 | 橡树岭国家实验室；HPE、AMD

地点 | 橡树岭（田纳西州），美国

发生了什么 | 超级计算机第一次在测试中达到每秒百亿亿次运算！

为什么重要 | 进入百亿亿次时代。

证据等级 |  已发生

【注意】 以 TOP500 榜单的 HPL 实测成绩为准；未参加排名的系统不在比较之内。

2026 年 6 月

中国

LineShine 登顶：纯 CPU 的 E 级超算

机构 / 人物 | 国家超级计算深圳中心

地点 | 深圳，中国

发生了什么 | 深圳的超级计算机成为世界最快，而且没有用 GPU。

为什么重要 | 多条技术路线并存。

证据等级 |  已发生

【注意】 TOP500 只衡量 HPL；暂无官方中文名。

2026 年 6 月 TOP500：看清口径

统计

数据年份 2026

谁发布的 | TOP500 项目

哪一年发布 | 2026 年 第 67 期 TOP500 榜单

原文口径 | E 级系统数量：共 5 台：LineShine 2.198、El Capitan 1.809、Frontier 1.353、Aurora 1.012、JUPITER Booster 1.000 EFlop/s

不确定性 | 只统计自愿提交 HPL 成绩的系统。

统计

数据年份 2026

谁发布的 | TOP500 项目

哪一年发布 | 2026 年 第 67 期 TOP500 榜单

原文口径 | 500 台系统合计性能与入榜门槛：合计 18.73 EFlop/s（半年前 14.99）；入榜门槛 2.66 PFlop/s

不确定性 | 只衡量 HPL 基准。

统计

数据年份 2026

谁发布的 | TOP500 项目

哪一年发布 | 2026 年 第 67 期 TOP500 榜单

原文口径 | 前 10 名国家分布：美国 4 台、意大利 2 台，中国、德国、日本、瑞士各 1 台

不确定性 | 各国全部 500 台的分布本书未收录。

超算帮人类做什么

超算算出来的东西和我有什么关系？

1

天气预报和气候模拟

2

药物、蛋白质、新材料、核聚变研究

3

模拟宇宙、训练 AI 模型

天气

算全球大气的变化，做天气预报

气候

精细到能直接“算出”云

医药与聚变

先在电脑里“试一试”，缩小实验范围

宇宙与 AI

模拟上万亿个粒子；训练大模型

【想象情景】角色对话



乐乐：超算能直接造出新药吗？



比特：不能，它帮科学家缩小范围，还要做实验验证。

天气、气候和公共卫生

2022 年 10 月 18 日

意大利

欧洲天气预报中心新超算投入业务

机构 / 人物 | 欧洲中期天气预报中心（ECMWF）

地点 | 博洛尼亚，意大利

发生了什么 | 欧洲的天气预报中心换上了新的超级计算机，用来算全球天气。

为什么重要 | 超算是天气预报的“发动机”。

证据等级 |  已发生

2023 年 11 月

美国

E 级超算上的云分辨气候模拟

机构 / 人物 | 美国能源部 E3SM 团队；桑迪亚国家实验室

地点 | 美国

发生了什么 | 科学家在 E 级超算上模拟全球大气，精细到能直接“算出”云。

为什么重要 | 更真实地模拟云和降雨。

证据等级 |  已发生

2020 年 6 月

日本

富岳登顶并用于抗疫研究

机构 / 人物 | 理化学研究所计算科学研究中心；富士通

地点 | 神户，日本

发生了什么 | 日本的富岳超算登上世界第一，还被用来模拟飞沫怎样在空气中传播。

为什么重要 | 超算服务公共卫生与 AI。

证据等级 |  已发生

核聚变、宇宙和 AI

2024 年 6 月 24 日

美国

超算帮助研究核聚变

机构 / 人物 | 通用原子公司、加州大学圣迭戈分校；橡树岭领导计算设施

地点 | 美国

发生了什么 | 科学家在超算上模拟“人造太阳”里的等离子体，发现了一个常见看法的例外。

为什么重要 | 建造昂贵装置前先在电脑里“试一试”。

证据等级 |  已发生

2024 年 11 月

美国

史上最大的宇宙模拟

机构 / 人物 | 阿贡国家实验室；尼克·弗朗蒂埃团队

地点 | 美国

发生了什么 | 科学家在超算上模拟了一个装着 4 万亿个粒子的“虚拟宇宙”。

为什么重要 | 帮助理解宇宙结构的形成。

证据等级 |  已发生

2024 年 5 月 10 日

日本

在 CPU 超算上训练日语大模型

机构 / 人物 | 东京工业大学、东北大学、富士通、理化学研究所等

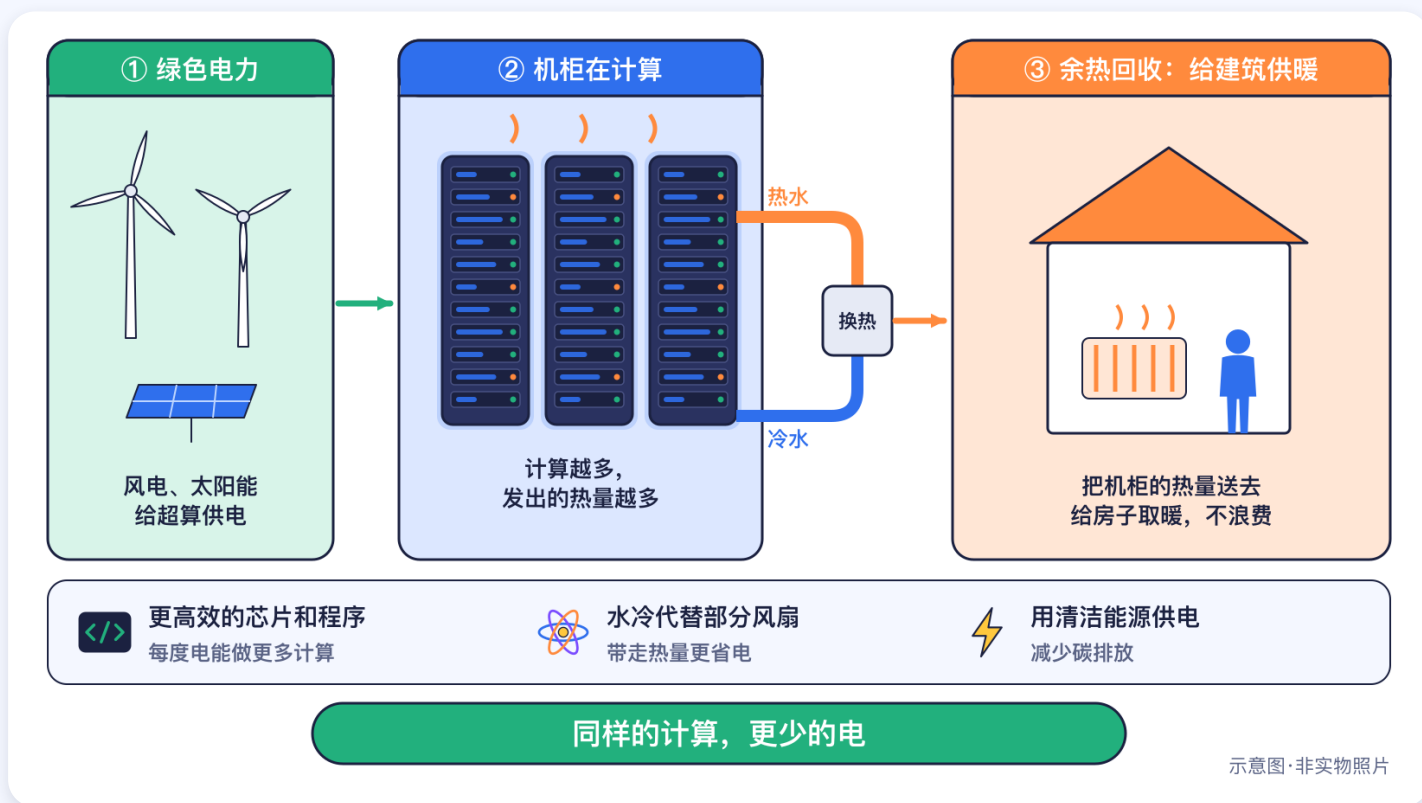
地点 | 日本

发生了什么 | 日本科学家用富岳超算训练了一个擅长日语的 AI 模型。

为什么重要 | 超算也能训练 AI 模型。

证据等级 |  已发生

超算很耗电：同样的计算，更少的电



关键词

Green500 Green500 List

比喻：超算的“省电排行榜”。

准确：按能效（每瓦功率能完成多少次浮点运算）给超级计算机排名的榜单。

液冷 Liquid Cooling

比喻：给发烫的芯片“洗冷水澡”。

准确：用水或其他液体带走处理器产生的热量，比风冷效率高；余热还可以用来给建筑供暖。

- 最快的不一定最省电
- 余热可以用来给建筑供暖

超算和数据中心要用多少电？

统计

数据年份 2026

谁发布的 | TOP500 项目

哪一年发布 | 2026 年 第 27 期 Green500

原文口径 | 最高能效：

KAIROS 约 73.3

GFlops/W；El Capitan 约 60.9 GFlops/W

不确定性 | 每瓦是平均能效；最省电的系统往往规模较小。

统计

数据年份 2026

谁发布的 | TOP500 项目

哪一年发布 | 2026 年 第 67 期 TOP500 榜单

原文口径 | LineShine 功耗：约 42,220 千瓦

不确定性 | 运行 HPL 时的功耗。

预测

目标年份 2030

🔮 展望

预测可能不准

谁预测的 | 国际能源署 (IEA)

哪一年发布 | 2025 年 《能源与 AI》

原文口径 | 全球数据中心用电 (基准情景)：约 945 太瓦时，约翻一番

不确定性 | 基准情景预测。

量子世界的规则

微观世界的规则和我们看到的一样吗？

1

量子：能量一份一份，像楼梯的台阶

2

叠加、测量、纠缠：微观世界特有的规则

3

比喻只能帮助理解，每个比喻都有局限

量子

能量只能取某些分立的值

叠加

处在多个状态的组合中

测量

一看就得到一个确定结果

纠缠

两个粒子的测量结果相关联

【想象情景】角色对话



安安：薛定谔真的把猫关进盒子了吗？



比特：没有！那只是思想实验，纸上推演。

量子物理的起点

1900 年

德国

普朗克提出能量量子假设

人物 | 马克斯 · 普朗克

地点 | 柏林，德国

组织 | —

发生了什么 | 普朗克发现：能量不是像水一样连续流，而是一份一份的，像楼梯的台阶。

为什么重要 | 量子物理的起点。

今天的例子 | LED 灯、激光、太阳能电池都离不开量子物理。

1905 年

瑞士

爱因斯坦提出光量子

人物 | 阿尔伯特 · 爱因斯坦

地点 | 伯尔尼，瑞士

组织 | —

发生了什么 | 爱因斯坦提出：光也是一份一份的，用来解释光照到金属上会打出电子的现象。

为什么重要 | 揭示光的粒子性。

今天的例子 | 相机的感光元件利用了光电效应。

1935 年 5 月 15 日

美国

EPR 论文：对“纠缠”的质疑

人物 | 爱因斯坦、波多尔斯基、罗森

地点 | 普林斯顿，美国

组织 | 普林斯顿高等研究院

发生了什么 | 爱因斯坦和同事提出疑问：两个相隔很远的粒子怎么会互相“关联”？

为什么重要 | 引发了几十年的争论，最终由实验检验。

今天的例子 | 量子通信利用的正是纠缠。

【注意】 **【思想实验】** 薛定谔的猫只是纸上推演。

叠加与测量：旋转硬币的比喻



?

比喻有局限：
量子叠加还涉及“振幅”和“干涉”，
不只是“还没看清”那么简单

示意图·非实物照片

关键词

量子叠加 Superposition

比喻：像旋转中的硬币（比喻有局限）。

准确：量子系统可以处在多个状态的组合中，每个状态有一个“振幅”；测量时以一定概率得到其中一个结果。“同时是 0 和 1”是简化说法。

量子测量 Measurement

比喻：拍下旋转硬币落地的一瞬间。

准确：对量子系统的观测会让它给出一个确定结果（如 0 或 1），同时改变原来的叠加状态。

- 比喻的局限：真正的叠加还有振幅和干涉
- “同时是 0 和 1”只是简化说法

旋转硬币：测量 20 次

互动③ 转硬币、按硬币、做统计

- 1 转动硬币，说说它“现在是正面还是反面”
- 2 按住硬币（测量），记录结果
- 3 重复 20 次，统计正面和反面各几次
- 4 讨论：比喻哪里像，哪里不像？



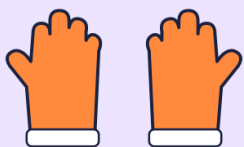
安安：按住之前，真的说不清是哪一面！

想一想：为什么量子计算往往要把同一个程序重复运行很多次？

答案见备注

配对手套：纠缠的比喻

① 一双配对的手套



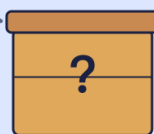
一只左手、一只右手，
分别装进两个盒子

② 寄到很远的两个地方，打开一个盒子



这里：打开，是左手

相隔很远



远方：不用看也知道是右手

一知道这只，就知道另一只

?

比喻有局限：手套的左右在装盒时就定好了；
真实的量子纠缠更奇妙，测量前两个粒子都没有确定的结果，
但结果之间有关联。

而且纠缠不能用来超光速传递信息。

示意图·非实物照片

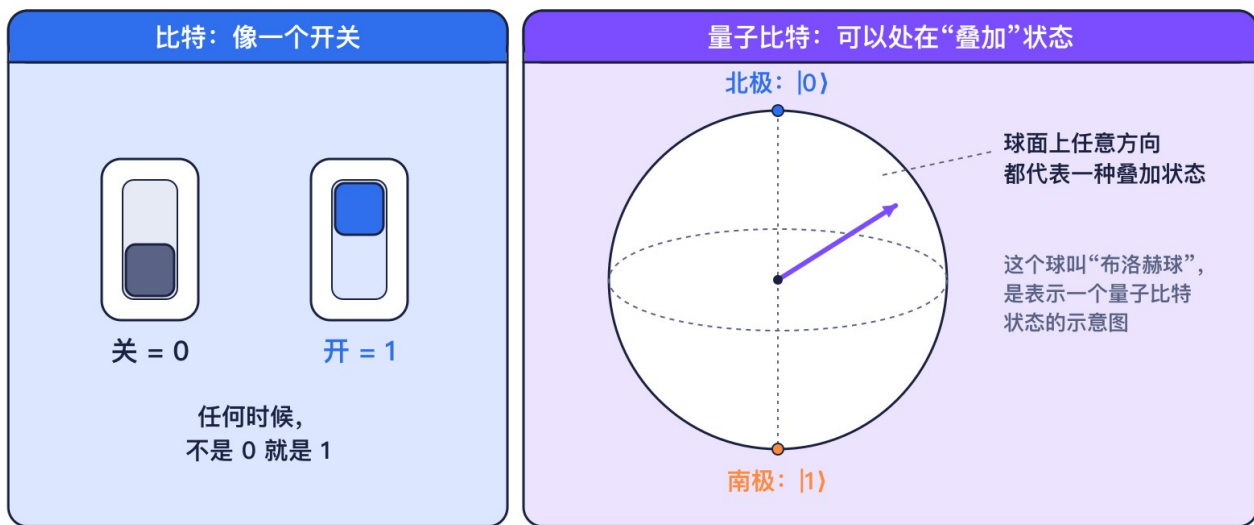
互动④ 两个袋子两只手套

- 1 随机把一只手套放进一个袋子
- 2 两个袋子交给相隔较远的两位同学
- 3 打开一个袋子，猜另一个袋子里是哪只

想一想：比喻哪里不像？纠缠能用来超光速传消息吗？

答案见备注

比特与量子比特：测量时都只给出 0 或 1



“同时是 0 和 1”只是简化说法；
测量时只会得到 0 或 1，叠加状态决定得到它们的可能性

示意图·非实物照片

关键词

量子比特 Qubit

比喻：不只是开或关，还能指向球面上任意方向的小箭头。

准确：量子计算的基本信息单位，可以处于 $|0\rangle$ 和 $|1\rangle$ 的叠加态，可用布洛赫球表示；测量时只会得到 0 或 1。

布洛赫球 Bloch Sphere

比喻：表示一个量子比特状态的“地球仪”。

准确：用球面上的点表示单个量子比特状态的几何图像：北极为 $|0\rangle$ ，南极为 $|1\rangle$ ，其他点为叠加态。

退相干 Decoherence

比喻：旋转的硬币被风一吹就倒了。

准确：量子系统因与环境相互作用而失去量子特性的过程，是量子计算出错的主要原因之一。

量子比特有好几条技术路线



示意图·非实物照片

关键词

超导量子比特 Superconducting Qubit

比喻：在接近绝对零度的“金色吊灯”里工作的电路。

准确：用超导电路实现的量子比特，需要稀释制冷机冷却到极低温，是目前主要技术路线之一。

离子阱 Ion Trap

比喻：用电磁场把带电原子“悬”在空中，再用激光操控。

准确：用电磁场囚禁离子、以激光操控其量子态的量子计算技术路线，量子比特质量高但速度和规模化有挑战。

中性原子 Neutral Atom

比喻：用激光“镊子”排好一排排原子。

准确：用光镊阵列捕获中性原子作为量子比特的技术路线，易于排成大阵列。

比特多不等于更好用

2023 年 12 月 4 日

美国

1121 量子比特的 Condor：比特多 ≠ 更好用

机构 / 人物 | IBM

地点 | 纽约，美国

发生了什么 | IBM 造出了超过 1000 个量子比特的芯片，但它自己也说：比特多不等于更好用。

为什么重要 | 质量比数量更重要。

证据等级 |  **已发生**

2025 年 9 月 24 日

美国

6100 个原子量子比特阵列

机构 / 人物 | 加州理工学院；曼努埃尔 · 恩德雷斯团队

地点 | 帕萨迪纳（加州），美国

发生了什么 | 科学家用激光排出了 6100 个原子组成的量子比特阵列。

为什么重要 | 量子比特规模的新纪录。

证据等级 |  **研究中**

2025 年 11 月 5 日

美国

离子阱量子计算机 Helios 商用发布

机构 / 人物 | Quantinuum

地点 | 纽约（发布），美国

发生了什么 | 一家公司推出了高精度的离子阱量子计算机。

为什么重要 | 离子阱路线商用化。

证据等级 |  **试点中**

【注意】 逻辑比特数为公司说法。

量子计算的三个重要想法

1981—1982 年

美国

费曼：用量子系统模拟量子世界

人物 | 理查德 · 费曼

地点 | 马萨诸塞州（演讲），美国

组织 | 加州理工学院（费曼所在）

发生了什么 | 费曼说：要模拟微观世界，最好用一台按微观规律工作的计算机。

为什么重要 | 量子计算思想的源头之一。

今天的例子 | 量子模拟至今是最被看好的应用。

1994 年

美国

肖尔算法：量子计算机能分解大数

人物 | 彼得 · 肖尔

地点 | 新泽西州，美国

组织 | AT&T 贝尔实验室

发生了什么 | 肖尔发现：未来足够强大的量子计算机能很快分解大数，这会威胁现在的一些密码。

为什么重要 | 量子计算的转折点。

今天的例子 | 推动全世界换用后量子密码。

1996 年

美国

格罗弗搜索算法

人物 | 洛夫 · 格罗弗

地点 | 默里山（新泽西州），美国

组织 | 贝尔实验室

发生了什么 | 在没整理的大抽屉里找东西，量子算法能少翻很多次。

为什么重要 | 说明量子加速并非对所有问题都一样大。

今天的例子 | 研究优化与搜索问题。

量子计算机擅长某些题，不是万能加速器



关键词

量子模拟 Quantum Simulation

比喻：用量子系统去“扮演”另一个量子系统。

准确：用可控的量子设备模拟分子、材料等量子系统，是量子计算最被看好的应用方向之一。

干涉 Interference

比喻：水波相遇时有的地方叠高、有的地方抵消。

准确：量子振幅可以相互加强或抵消，量子算法正是利用干涉让正确答案的概率变大。

- 量子计算机和普通计算机配合，而不是取代它

量子计算机：能做还是不能做？

互动⑤ 举牌：可能有优势／普通电脑更合适

A 模拟一种新药分子的性质

举牌

B 打开视频网站看动画

举牌

C 分解一个非常大的数

举牌

D 在没整理的大名单里查一个名字

举牌

E 写一篇作文

举牌

F 算一道两位数乘法

举牌

判断提示

1 这道题和微观世界的规律有关吗？

2 有没有专门的量子算法？

3 普通电脑是不是已经做得很好？

答案见备注

“量子优越性”：都是一道专门的比速度题

2019 年 10 月 23 日

美国

谷歌悬铃木宣布“量子优越性”

机构 / 人物 | 谷歌量子人工智能；
约翰 · 马丁尼斯等

地点 | 圣巴巴拉（加州），美国

发生了什么 | 谷歌说它的量子芯片
在一道专门设计的题目上比超算快
得多，但很快有人提出不同意见。

为什么重要 | 量子计算的里程碑，
也是一场科学争论。

证据等级 |  已发生

【注意】 **【基准任务】** 专门比速度的题；
“1 万年”为谷歌估计，已受到挑战。

2020 年 12 月

中国

九章光量子计算原型机

机构 / 人物 | 中国科学技术大学；
潘建伟、陆朝阳

地点 | 合肥，中国

发生了什么 | 中国用光子搭成的量
子计算原型机，在一道特殊的题目
上超过了超算。

为什么重要 | 光量子路线的重要成
果。

证据等级 |  已发生

【注意】 **【基准任务】** 不同报道的倍数不一
致，本书不写具体倍数。

2025 年 3 月 3 日

中国

祖冲之三号

机构 / 人物 | 中国科学技术大学；
潘建伟、朱晓波、彭承志等

地点 | 合肥，中国

发生了什么 | 中国的 105 比特超导
量子原型机在专门的比速度题上表
现突出。

为什么重要 | 中国超导量子路线的
重要进展。

证据等级 |  已发生

【注意】 **【基准任务】** 倍数为新华社报道口
径。

“快多少”是谁估计的？

研究估计

数据年份 2019

谁发布的 | 谷歌（IBM 提出异议）

哪一年发布 | 2019 年 《自然》论文与 IBM 博客

原文口径 | 悬铃木基准任务耗时：谷歌：约 200 秒，超算约需 1 万年；IBM：经典超算约 2.5 天

不确定性 | 针对专门基准任务；后续经典算法进一步改进。

研究估计

数据年份 2025

谁发布的 | 谷歌量子人工智能
哪一年发布 | 2025 年 《量子回声》

原文口径 | 与经典超算的速度对比：约 2 小时完成，谷歌估计经典超算慢约 1.3 万倍

不确定性 | 谷歌估计；应用研究为预印本。

科普数据

数据年份 2026

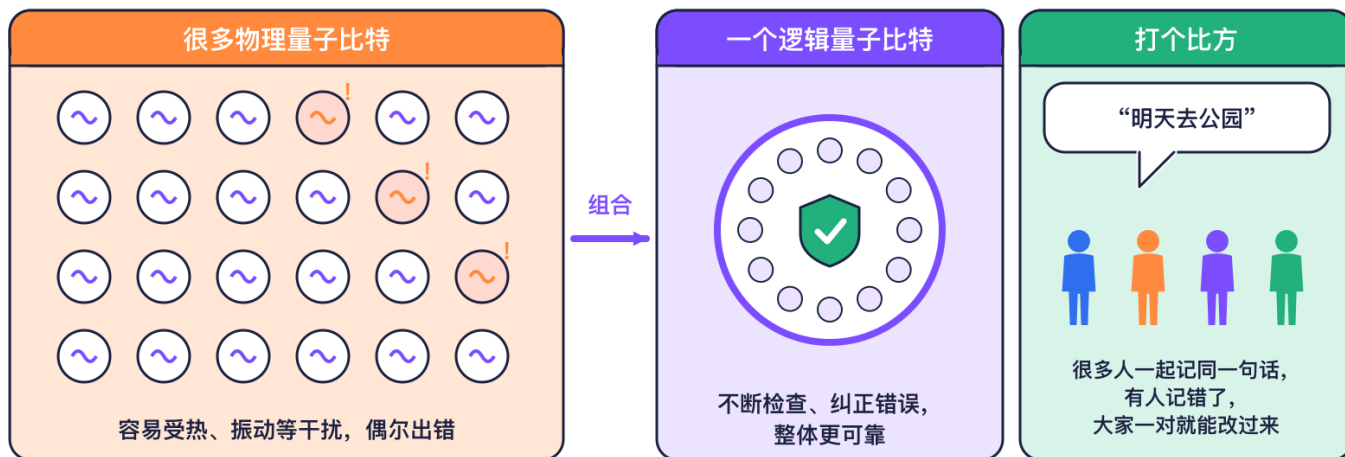
谁发布的 | 美国国家标准与技术研究院（NIST）

哪一年发布 | 2026 年 《量子计算解释》

原文口径 | 量子与经典计算机的错误率：今天的量子计算机大约每 1000 次操作出一次错；普通计算机大约每 10^{18} 次运算才出一次错

不确定性 | 量子比特的数量和质量都在快速变化，今天的量子计算机通常有几百到几千个量子比特。

量子纠错：用一支小队换一个可靠的比特



? 比喻有局限：量子信息不能直接复制，真实的纠错方法更巧妙——它通过检查量子比特之间的关系来发现错误，而不是直接“偷看”答案

这是走向实用量子计算机的关键难题
需要的物理量子比特多，每一个还要足够好

示意图·非实物照片

关键词

量子纠错 Quantum Error Correction

比喻：很多人一起记同一句话，互相纠正记错的地方。

准确：把多个物理量子比特编码成一个更可靠的逻辑量子比特，持续检测并纠正错误，是实现实用量子计算的关键。

逻辑量子比特 Logical Qubit

比喻：一支“纠错小队”合起来当一个可靠的队员。

准确：由多个物理量子比特通过纠错编码组成、错误率更低的量子比特。

- 比喻的局限：量子信息不能直接复制，纠错方法更巧妙

纠错与新路线：有进展，也有争议

2024 年 12 月 9 日

美国

Willow 芯片：量子纠错“越大越准”

机构 / 人物 | 谷歌量子人工智能；哈特穆特·内文团队

地点 | 圣巴巴拉（加州），美国

发生了什么 | 谷歌的芯片第一次做到：用的量子比特越多，错误反而越少。

为什么重要 | 走向实用量子计算机的关键一步。

证据等级 |  **已发生**

【注意】 10^{25} 年是针对专门基准任务的谷歌估计。

2026 年 7 月 30 日

美国

IBM 与芝加哥大学宣布逻辑量子比特上的量子优势

机构 / 人物 | IBM；芝加哥大学

地点 | 约克敦海茨 / 芝加哥，美国

发生了什么 | IBM 宣布用 70 个“纠错小队”完成了一项普通计算机很难算的任务，其他科学家正在检验。

为什么重要 | 量子优势进入逻辑比特时代的尝试。

证据等级 |  **研究中**

【注意】 **【预印本】** 尚未独立证实。

2025 年 2 月 19 日

美国

Majorana 1：拓扑量子比特（有争议）

机构 / 人物 | 微软；切坦·纳亚克等

地点 | 美国

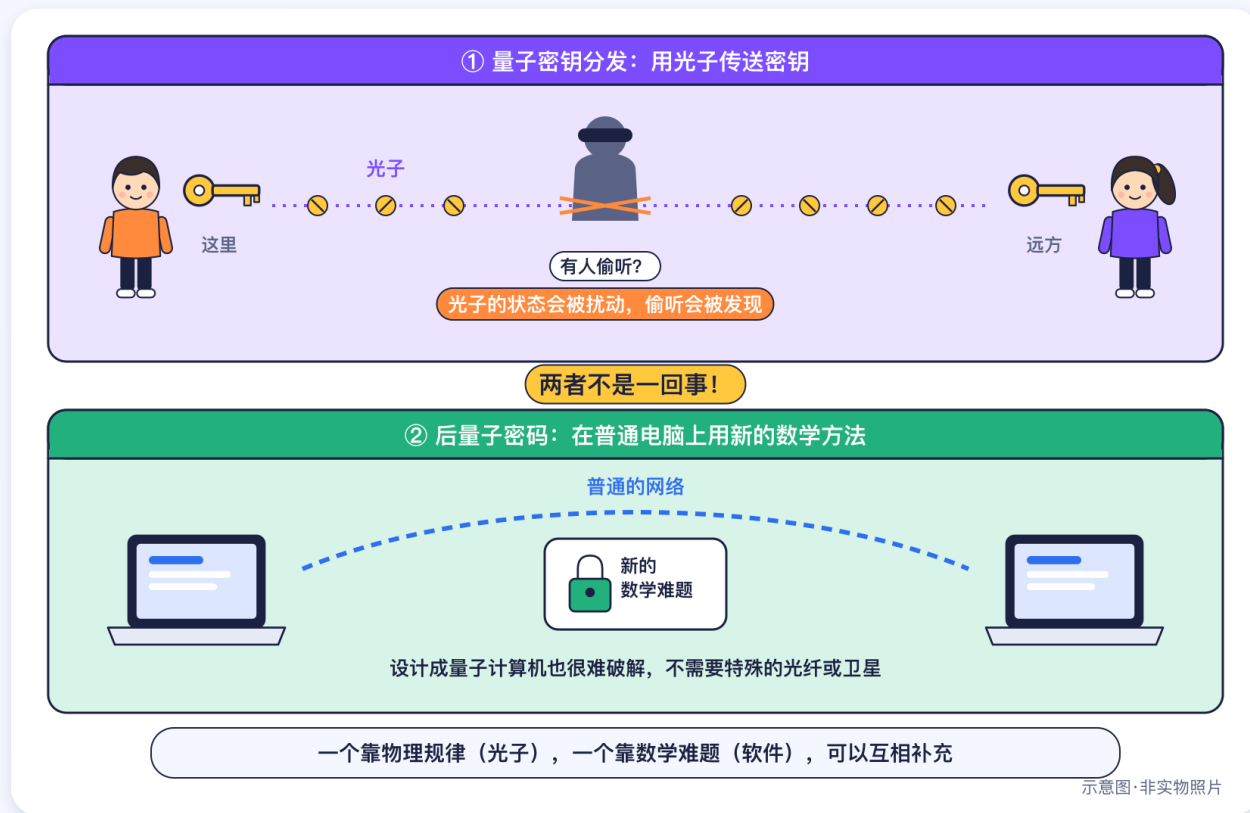
发生了什么 | 微软说造出了新型“拓扑量子比特”芯片，但很多科学家还在怀疑。

为什么重要 | 说明前沿研究需要独立验证。

证据等级 |  **研究中**

【注意】 物理基础有争议，不能写成“已经造出拓扑量子比特”。

量子通信和后量子密码：两件不同的事



关键词

量子密钥分发 Quantum Key Distribution (QKD)

比喻：用光子传送密码钥匙，有人偷看就会留下痕迹。

准确：利用量子测量会扰动状态的特性，在两地之间分发密钥并发现窃听的通信技术；它保护的是密钥分发环节。

后量子密码 Post-Quantum Cryptography (PQC)

比喻：给普通电脑换一把量子计算机也难撬开的新锁。

准确：运行在普通计算机上、被认为能抵抗量子计算机攻击的新型密码算法。它不是量子技术，而是新的数学方法。

● 先存储后解密：现在截获，将来再解密

墨子号、京沪干线与新密码标准

2016 年 8 月 16 日

中国

墨子号量子科学实验卫星发射

机构 / 人物 | 中国科学院；中国科学技术大学潘建伟团队

地点 | 酒泉卫星发射中心，中国

发生了什么 | 世界第一颗量子科学实验卫星飞上了太空。

为什么重要 | 开创卫星量子通信。

证据等级 |  已发生

2017 年 9 月 29 日

中国、奥地利

京沪干线开通与洲际量子保密通话

机构 / 人物 | 中国科学院；奥地利科学院；白春礼、安东 · 蔡林格

地点 | 北京—维也纳，中国、奥地利

发生了什么 | 中国和奥地利的科学家用量子密钥加密，进行了一次洲际视频通话。

为什么重要 | 量子通信走向实际网络。

证据等级 |  已发生

2024 年 8 月 13 日

美国

首批后量子密码标准发布

机构 / 人物 | 美国国家标准与技术研究院（NIST）

地点 | 盖瑟斯堡（马里兰州），美国

发生了什么 | 美国发布了量子计算机也难破解的新密码标准，普通电脑现在就能用。

为什么重要 | 全世界开始迁移到新密码。

证据等级 |  已发生

密码侦探：从凯撒密码到新密码

互动⑥ 凯撒密码

- 1 把一句话的每个字母向后移 3 位加密
- 2 和同学交换纸条，尝试破解
- 3 说说你是怎么破解的



比特： 不要用真实的密码或个人信息做练习！

想一想： 破解下面这句：KHOOR（每个字母向后移了 3 位）。为什么现代密码要用更难的数学？

判断对错

后量子密码要用量子计算机才能运行

对还是错？

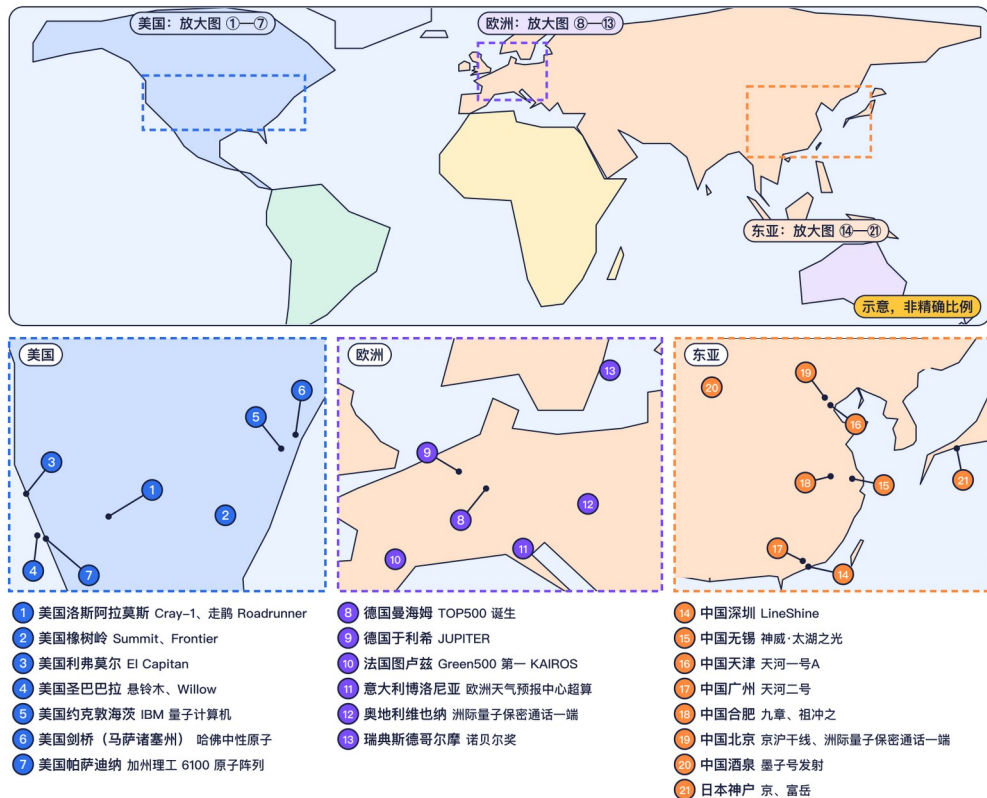
量子密钥分发保护的是密钥分发环节

对还是错？

答案见备注

世界各国的超算与量子研究

哪些国家在研究最快的计算机？



突破计算极限，需要全世界科学家的合作

示意图·非实物照片

2026 年的 E 级超算（TOP500）

中国深圳

TOP500

✓已发生

LineShine 2.198 EFlop/s，排名第一

美国利弗莫尔

TOP500

✓已发生

El Capitan 1.809 EFlop/s

美国橡树岭

TOP500

✓已发生

Frontier 1.353 EFlop/s；另有 Aurora

德国于利希

TOP500

✓已发生

JUPITER Booster 1.000 EFlop/s，欧洲首台

各国的投入与说法：看清是什么类型

政府承诺

目标年份 2033



展望

计划可能调整

谁承诺的 | 英国政府

哪一年发布 | 2023 年 《国家量子战略》

原文口径 | 量子技术投入：从 2024 年起 10 年投入 25 亿英镑

不确定性 | 政府承诺，分年拨付。

公司说法

谁说的 | 微软

哪一年发布 | 2025 年 Majorana 1 发布

原文口径 | 实用量子计算的时间：“以年计，而非以十年计”

不确定性 | 公司说法；物理基础仍有争议。

官方说明

谁说的 | 美国国家标准与技术研究院（NIST）

哪一年发布 | 2026 年 《什么是后量子密码》

原文口径 | 能破解现有加密的量子计算机何时出现：“没人知道，预测差异很大，有人认为可能不到 10 年”

不确定性 | 官方说明强调不确定性。

2035：计算的未来

十年后的计算会是什么样？

1 四个方向：超算与 AI、量子计算、密码与通信、能源

2 三种情景：较快、基准、较慢

3 公司路线图只是【计划】，未来取决于人们的选择



较快

技术进步快、成本下降快、社会接受度高



基准

按目前趋势稳步发展



较慢

遇到成本、能源或技术难题的阻力

【想象情景】角色对话



比特：下面全是🔮展望情景，不是预言。



乐乐：那我们能做些什么准备？

四个方向、三种可能



怎么看这张图

- 行是三种情景，列是四个方向
- 量子计算的不确定性最大
- 密码迁移有明确的目标年：2035 年
- 这是思考框架，不是预测

2030 年：几种可能

🧠全部为展望情景：由本书编写组依据资料趋势设想，用于讨论，不是预言。

2030 · 较快

技术进步快、成本下降快、社会接受度高。

超算与 AI

参考：TOP500 项目 2026

更多国家拥有 E 级超算，超算与 AI 深度结合，天气和气候模拟更精细。

量子计算

参考：IBM 2025
【计划】

出现能纠错的中等规模量子计算机，在部分化学和材料问题上展现实际价值。

能源与环境

参考：IEA 2025

新超算和数据中心大量使用液冷、余热回收和可再生能源。

2030 · 基准

按目前趋势稳步发展。

E 级超算逐步增多，科研机构更多把 AI 模型和物理模拟结合使用。

逻辑量子比特数量增加，量子计算机主要用于研究和测试，与超算配合使用。

数据中心用电约翻一番（IEA 基准情景），能效成为超算设计的首要目标之一。

2030 · 较慢

遇到能源、成本、安全或规则等方面的阻力，发展放缓。

芯片和电力成本限制超算扩建，算力增长放缓。

纠错和规模化遇到困难，量子计算仍以实验和演示为主。

电力供应紧张，部分地区限制新建大型计算设施。

2035 年：几种可能

🧠全部为展望情景：由本书编写组依据资料趋势设想，用于讨论，不是预言。

2035 · 较快

技术进步快、成本下降快、社会接受度高。

2035 · 基准

按目前趋势稳步发展。

2035 · 较慢

遇到能源、成本、安全或规则等方面的阻力，发展放缓。

超算与 AI

超算帮助科学家在气候、材料和医药上更快取得突破，“数字孪生地球”等大型模拟更常见。

超算成为更多行业的研发工具，但最先进的系统仍集中在少数国家和机构。

能源和环境压力使人们更注重提高效率，而不是一味追求更快。

量子计算

容错量子计算机开始解决一些普通计算机难以解决的科学问题。

量子计算机在少数专门领域有用，大多数日常计算仍由普通计算机完成。

量子计算的实用化比预期慢，研究重点仍在提高量子比特质量。

密码与通信

参考：NIST 2026

后量子密码成为默认标准，量子通信和后量子密码互相补充。

多数国家基本完成迁移目标，密码安全成为每个系统设计时的必选项。

仍有大量旧系统没有升级，“先存储后解密”的风险依然存在。

两条学习路径，选一条出发

8—11 岁 必读路径

- 1 人体并行计算**
20 分钟：为什么人多更快，沟通也要时间
- 2 数量级台阶**
20 分钟：从千到百亿亿
- 3 旋转硬币：叠加与测量的比喻**
15 分钟：统计 20 次，说说比喻的局限
- 4 凯撒密码侦探**
30 分钟：为什么需要更难的数学

12—15 岁 进阶路径

- 1 用 Python 体验概率与“测量”**
45 分钟：运行 1000 次并统计
- 2 超算能耗小侦探**
30 分钟：读懂数据卡的口径
- 3 新闻里的“量子突破”**
30 分钟：谁说的？哪道题？有争议吗？
- 4 配对手套：纠缠的比喻**
15 分钟：为什么纠缠不能超光速传消息

安全约定：不要用真实的密码或个人信息做练习；Python 练习无需联网；排队和传纸条时慢慢走。

计算科学的职业

高性能计算工程师

让超算跑得更快、更稳

计算科学家

用模拟研究气候、材料、宇宙

气象学家

用超算做数值天气预报

处理器架构师

设计 CPU、GPU 和加速器

数据中心工程师

能源、冷却、余热利用

量子物理研究员

研究量子比特和量子现象

量子工程师

把量子比特做得更稳定

量子算法工程师

设计适合量子计算机的算法

密码学家

设计和迁移后量子密码

科学传播者

把前沿科学讲清楚、讲准确

这些职业都需要数学、物理、编程和合作能力；本书不承诺任何职业的收入，重要的是保持好奇、终身学习。

术语表（1/2）

超级计算机 | 成千上万个计算大脑一起解一道超级难题。

并行计算 | 一千个人同时搬箱子，而不是一个人慢慢搬。

节点 | 超算里的一台“小电脑”。

高速互联网络 | 节点之间的“超级高速公路”。

FLOPS（每秒浮点运算次数） | 计算机每秒能做多少道带小数的算术题。

百亿亿次（E级） | 1后面跟18个0次运算，每一秒！

TOP500 | 超级计算机的“世界排行榜”。

HPL 基准测试 | 超算的“标准考试题”：解一个超大的方程组。

Green500 | 超算的“省电排行榜”。

液冷 | 给发烫的芯片“洗冷水澡”。

量子 | 能量像楼梯一样一级一级，而不是像斜坡一样连续。

量子叠加 | 像旋转中的硬币（比喻有局限）。

量子测量 | 拍下旋转硬币落地的一瞬间。

量子纠缠 | 像一对配好的手套分别寄到两地（比喻有局限）。

干涉 | 水波相遇时有的地方叠高、有的地方抵消。

量子比特 | 不只是开或关，还能指向球面上任意方向的小箭头。

布洛赫球 | 表示一个量子比特状态的“地球仪”。

退相干 | 旋转的硬币被风一吹就倒了。

卡片上是儿童能懂的比喻；英文名与不失真的准确解释见本页备注（正文相应页面也有）。

术语表（2/2）

超导量子比特 | 在接近绝对零度的“金色吊灯”里工作的电路。

离子阱 | 用电磁场把带电原子“悬”在空中，再用激光操控。

光量子计算 | 用一颗颗光子当信息载体。

中性原子 | 用激光“镊子”排好一排排原子。

量子纠错 | 很多人一起记同一句话，互相纠正记错的地方。

逻辑量子比特 | 一支“纠错小队”合起来当一个可靠的队员。

量子优越性 / 量子优势 | 在一道专门设计的难题上，量子计算机比最强超算更快。

肖尔算法 | 量子计算机分解大数的“特殊钥匙”。

格罗弗算法 | 在没整理的抽屉里找东西，能少翻很多次。

量子模拟 | 用量子系统去“扮演”另一个量子系统。

量子密钥分发 | 用光子传送密码钥匙，有人偷看就会留下痕迹。

后量子密码 | 给普通电脑换一把量子计算机也难撬开的新锁。

先存储后解密 | 先把上了锁的信偷偷存起来，等有了万能钥匙再打开。

数量级 | 每升一级，就大 10 倍。

卡片上是儿童能懂的比喻；英文名与不失真的准确解释见本页备注（正文相应页面也有）。

资料来源 (1/3)

共 69 条, 访问日期均为 2026-10-25 ; 各条标题见备注。

计算机历史博物馆 | <https://www.computerhistory.org/collections/catalog/X1385.97/>

LANL | <https://www.lanl.gov/asc/platforms/index.php>

TOP500 | <https://top500.org/project/authors/hans-werner-meuer/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/1993/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/list/1997/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/list/2008/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/list/2010/11/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/list/2011/11/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/list/2013/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/list/2016/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/list/2018/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/list/2020/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/2022/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/2024/11/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/2025/11/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/2026/06/>

TOP500 | <https://top500.org/lists/top500/2026/06/highs>

弗吉尼亚理工大学 | <https://news.vt.edu/articles/2007/11/2007-679.html>

TOP500 | <https://top500.org/lists/green500/list/2026/06/>

ECMWF | <https://www.ecmwf.int/node/28114>

Kokkos 项目博客 | <https://kokkos.org/blog/gordon-bell-prize-2023/>

RIKEN | https://www.riken.jp/en/news_pubs/news/2020/20210113_2/index.html

OLCF | <https://www.olcf.ornl.gov/2024/06/24/new-clues-to-improving-fusion-confinement/>

EurekAlert | <https://www.eurekalert.org/news-releases/1106165>

富士通 | <https://info.archives.global.fujitsu/global/about/resources/news/press-releases/2024/0510-01.html>

诺贝尔奖官网 | <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1918/planck/biographical/>

诺贝尔奖官网 | <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1921/summary/>

斯坦福哲学百科 | <https://plato.stanford.edu/entries/qt-epr/>

斯坦福哲学百科 | <https://plato.stanford.edu/entries/qt-entangle/>

《国际理论物理杂志》 | <https://doi.org/10.1007/BF02650179>

《英国皇家学会会刊 A 》 | <https://doi.org/10.1098/rspa.1985.0070>

CNN | <https://kvia.com/cnn-other/2026/03/18/quantum-pioneers-who-perfected-secrecy-receive-turing-award/>

arXiv | <https://arxiv.org/abs/quant-ph/9508027>

arXiv | <https://arxiv.org/abs/quant-ph/9605043>

IBM | <https://www.ibm.com/quantum/blog/factor-15-shors-algorithm>

HPCwire | <https://www.hpcwire.com/2011/05/26/d-wave-sells-first-quantum-computer/>

资料来源 (2/3)

共 69 条, 访问日期均为 2026-10-25 ; 各条标题见备注。

IBM | <https://uk.newsroom.ibm.com/2016-May-04-IBM-Makes-Quantum-Computing-Available-on-IBM-Cloud-to-Accelerate-Innovation>

Nature | <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1666-5>

IBM | <https://www.ibm.com/quantum/blog/on-quantum-supremacy>

中国科大新闻 | <https://news.ustc.edu.cn/info/1056/84872.htm>

中国科大宣传部 | <https://xcb.ustc.edu.cn/info/1011/21075.htm>

新华网 | <https://www.news.cn/20250303/64fdd20539f64366a52ca936ccd46b85/c.html>

诺贝尔奖官网 | <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/press-release/>

IBM | <https://newsroom.ibm.com/2023-12-04-IBM-Debuts-Next-Generation-Quantum-Processor-IBM-Quantum-System-Two,-Extends-Roadmap-to-Advance-Era-of-Quantum-Utility>

IBM | <https://www.ibm.com/quantum/blog/quantum-roadmap-2033>

哈佛大学 | <https://otd.harvard.edu/news/researchers-create-first-logical-quantum-processor>

Google 博客 | <https://blog.google/technology/research/google-willow-quantum-chip/>

UNESCO | <https://www.unesco.org/en/years/quantum-science-technology>

微软 | <https://news.microsoft.com/source/features/innovation/microsofts-majorana-1-chip-carves-new-path-for-quantum-computing/>

Nature | <https://www.nature.com/articles/s41586-024-08445-2>

加州理工 | <https://www.pma.caltech.edu/news/caltech-team-sets-record-with-6100-qubit-array>

诺贝尔奖官网 | <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2025/press-release/>

Google Research | <https://research.google/blog/a-verifiable-quantum-advantage/>

Quantinuum | <https://www.quantinuum.com/press-releases/quantinuum-announces-commercial-launch-of-new-helios-quantum-computer-that-offers-unprecedented-accuracy-to-enable-generative-quantum-ai-genqai>

IBM | <https://newsroom.ibm.com/2026-07-30-ibm-and-the-university-of-chicago-demonstrate-quantum-advantage,-establishing-trusted-quantum-computation-on-logical-circuits>

Phys.org | <https://phys.org/news/2026-07-quantum-task-classical-simulations.html>

国家科技创新中心 | https://www.ncsti.gov.cn/kjdt/ztbd/liangzikeji/liangzikejiHL/202107/t20210715_36738.html

arXiv | <https://arxiv.org/abs/1707.01339>

Photonics Online | <https://www.photonicsonline.com/doc/china-builds-world-s-first-space-ground-integrated-quantum-communication-network-0001>

NIST | <https://www.nist.gov/news-events/news/2024/08/nist-releases-first-3-finalized-post-quantum-encryption-standards>

NIST | <https://www.nist.gov/news-events/news/2025/03/nist-selects-hqc-fifth-algorithm-post-quantum-encryption>

美国白宫 (存档) | <https://bidenwhitehouse.archives.gov/briefing-room/statements-releases/2022/05/04/national-security-memorandum-on-promoting-united-states-leadership-in-quantum-computing-while-mitigating-risks-to-vulnerable-cryptographic-systems/>

资料来源（3/3）

共 69 条，访问日期均为 2026-10-25；各条标题见备注。

英国 NCSC | <https://www.ncsc.gov.uk/guidance/pqc-migration-timelines>

NIST | <https://www.nist.gov/cybersecurity/what-post-quantum-cryptography>

NIST | <https://www.nist.gov/quantum-information-science/quantum-computing-explained>

加州理工 | <https://scienceexchange.caltech.edu/topics/quantum-science-explained/quantum-computing-computers>

IBM | <https://newsroom.ibm.com/2025-06-10-IBM-Sets-the-Course-to-Build-Worlds-First-Large-Scale-Fault-Tolerant-Quantum-Computer-at-New-IBM-Quantum-Data-Center>

英国政府 | <https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>

IEA | <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/executive-summary>

课后任务

1 量子新闻侦探

找一条“量子突破”新闻：谁说的？哪道题？有争议吗？

2 绿色计算海报

读数据卡，写出让计算更省电的三个办法

3 比喻改进赛

为叠加或纠缠想一个新比喻，并写出它的局限

下一部：第5部《**互联网的未来：从万物互联到智能互联**》

更快的计算，更深的理解——比喻有局限，结论要核实。

谢谢大家！



比特



安安



乐乐