

《量子计算系统性能测试方法》

国家标准编制说明

(征求意见稿)

2025 年 7 月 11 日

目 录

一、工作简况	1
(一) 任务来源及协作单位	1
(二) 制定背景	1
(三) 主要工作过程	3
(四) 国家标准主要起草人及其所做的工作	7
二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据	10
(一) 标准编制原则和依据	10
(二) 标准主要技术内容说明	11
(三) 标准中主要技术内容确定的依据和过程	11
三、试验验证情况的说明	12
四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况	13
五、标准采用国际文件的情况说明	13
六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	13
七、制修订过程中是否存在重大分歧意见，以及重大分歧意见的处 理过程	13
八、标准中涉及专利的情况	13
九、国家标准性质的建议及贯彻国家标准的要求和措施建议	14
十、其他应予说明的事项	14
附件	15

《量子计算系统性能测试方法》 国家标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源及协作单位

2024 年 12 月 3 日，国家标准化管理委员会发布《关于下达 2024 年第九批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2024〕53 号），下达了《量子计算系统性能测试方法》推荐性国家标准的制定任务，计划号：20243512-T-469，任务周期 18 个月。本标准由全国量子计算与测量标准化技术委员会（SAC/TC 578）提出并归口管理，起草单位包括中国科学技术大学、合肥国家实验室、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、无锡江南计算技术研究所、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息通信研究院、华翊博奥（北京）量子科技有限公司等共同负责标准起草。其中，中国科学技术大学为该标准起草工作的牵头单位。

（二）制定背景

2020 年 10 月 16 日，习近平总书记在中央政治局第二十四次集体学习时强调，“要充分认识推动量子科技发展的重要性和紧迫性，加强量子科技发展战略谋划和系统布局，把握大趋势，下好先手棋。”“加快发展量子科技，对促进高质量发展、保障国家安全具有非常重要的作用。”在国家顶层布局和相关部委的大力支持下，我国量子信息技术整体处于国际领先地位，正处于

从技术领先向产业综合领先发展的关键时期，急需标准化工作的指导。特别在中共中央、国务院于 2021 年 10 月印发的《国家标准化发展纲要》中，将“推动标准化与科技创新互动发展”放在五大任务之首，提出要加强关键技术领域标准研究，以科技创新提升标准水平，健全科技成果转化标准的机制。《纲要》明确指出，要“在人工智能、量子信息、生物技术等领域，开展标准化研究……部分领域关键标准适度领先于产业发展平均水平。”

量子计算是通过调控量子信息单元实现计算目标的一种新型计算模式，在特定问题上能提供指数级加速，因此能够求解一些用经典计算机很难求解或无法求解的计算问题，将从根本上改变信息处理的格局，对国家的军事、金融和国防等信息安全领域产生颠覆性的影响，在人工智能、大数据处理和科研等方面也将产生革命性的变革，是未来算力突破的重要研究方向。

当前量子计算技术正处于快速演进阶段，不同研发主体的技术路线多元、性能指标体系各异，导致系统性能评估缺乏统一基准，难以客观衡量技术成熟度与应用适配性。制定编制《量子计算系统性能测试方法》国家标准，构建统一的性能评估框架，将解决不同架构量子计算系统的性能可比性问题，规范测试指标定义、测试流程与结果表征方法，为技术研发提供参考；同时，通过明确核心技术参数与安全测试要求，能够保障量子计算系统在关键领域应用中的可靠性与安全性，为产业界提供标准化的技术

依据，加速量子计算从实验室走向实际场景的落地进程，支撑我国在量子计算领域的技术创新与产业竞争力提升。

（三）主要工作过程

2023 年 10 月 10 日，中国科学技术大学、合肥国家实验室联合济南量子技术研究院成立前期工作组，启动《量子计算系统性能测试方法》标准的起草准备工作；2023 年 11 月 6 日，前期工作组向全国量子计算与测量标准化技术委员会（SAC/TC578）提交了标准的立项申报资料；2023 年 12 月 11 日，全国量子计算与测量标准化技术委员会（SAC/TC578）全体委员投票表决通过立项申请；2024 年 7 月 5 日，完成立项答辩；2024 年 8 月 29 日，完成新版标准草案和推荐性国家标准建议书的编制工作；2024 年 9 月 11 日，完成立项评估；2024 年 9 月 27 日，完成项目审核并进行网上公示；2024 年 11 月 27 日，完成立项公示。

2024 年 12 月 3 日，国家标准化管理委员会批准立项申请，正式下达《量子计算系统性能测试方法》推荐性国家标准的制定任务，计划号：20243512-T-469，任务周期 18 个月。任务下达后，技术归口单位全国量子计算与测量标准化技术委员会，会同项目牵头单位中国科学技术大学，面向领域内相关科研院所、企事业单位、社会团体等，广泛开展了标准编写工作组成员单位/起草专家的征集工作。

2025 年 3 月 12 日，《量子计算系统性能测试方法》国家标准编写工作组正式成立。起草工作组由中国科学技术大学、

合肥国家实验室、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、无锡江南计算技术研究所、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息通信研究院、华翊博奥（北京）量子科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、深圳量旋科技有限公司、北京交通大学、中移（苏州）软件技术有限公司、北京量子信息科学研究院等共 31 个单位的 55 名专家构成。梁福田研究员任组长，组员有朱晓波、吴玉林、张强、李东东、朱剑文、苑涛、张萌、杨蒿翔、于春霖、项金根、任爽、王肖斌、郑志月等。国家标准启动会暨第一次工作组会议在济南量子技术研究院召开，为“线上线下结合”的会议方式。会议由标准第一起草人中国科学技术大学梁福田研究员主持，中国科学技术大学、合肥国家实验室、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、无锡江南计算技术研究所、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息通信研究院、华翊博奥（北京）量子科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、深圳量旋科技有限公司、北京交通大学、中移（苏州）软件技术有限公司、北京量子信息科学研究院等 25 家单位的 38 位专家出席。会议进行了编写工作任务分工，制定了编写工作计划，并要求各单位对标准草案进行意见反馈。本次会议共收到深圳量旋科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、北京量子信息科学研究院、华翊博奥（北京）量子科技有限公司、上海图灵智算量子科技有限公司、华东师范大学、中科酷原科技（武汉）有限公司、北京交通大学、中移（苏

州)软件技术有限公司、中国信息通信研究院等单位提出的修改意见 70 条。

2025 年 3 月至 4 月,工作组认真研究并完成了对 70 条意见的修改,形成讨论稿(第二稿),并将讨论稿(第二稿)发送给工作组全体成员单位。

2025 年 4 月 23 日,工作组召开第二次工作会议,本次为线上会议,由第一起草人中国科学技术大学梁福田研究员主持,中国科学技术大学、合肥国家实验室、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、无锡江南计算技术研究所、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息通信研究院、华翊博奥(北京)量子科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、深圳量旋科技有限公司、北京交通大学、中移(苏州)软件技术有限公司、北京量子信息科学研究院等 20 家单位的 26 位专家出席。会议首先介绍了起草工作组针对征求意见的逐条回应和相应的修改结果,随后针对讨论稿(第二稿)的内容再次逐条讨论,征询意见。会议共收到修改意见 27 条。

2025 年 5 月,工作组完成对第二次会议收集的修改意见处理,形成讨论稿(第三稿),并将讨论稿(第三稿)发送给工作组全体成员单位。

2025 年 6 月 5 日,工作组召开第三次工作会议,本次为线上会议。会议由第一起草人中国科学技术大学梁福田研究员主持,中国科学技术大学、合肥国家实验室、济南量子技术研究院、科

大国盾量子技术股份有限公司、无锡江南计算技术研究所、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息通信研究院、华翊博奥（北京）量子科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、深圳量旋科技有限公司、北京交通大学、中移（苏州）软件技术有限公司、北京量子信息科学研究院等 23 家单位的 26 位专家出席。会议介绍了起草工作组针对征求意见的逐条回应和相应的修改结果，随后针对讨论稿（第三稿）的内容再次逐条讨论，征询意见。

2025 年 7 月 4 日，工作组召开第四次工作会议，会议为线下会议。会议由第一起草人中国科学技术大学梁福田研究员主持，中国科学技术大学、中国信息通信研究院、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、中电信量子信息科技集团有限公司、山东新一代标准化研究院、中移（苏州）软件技术有限公司、中国人民解放军国防科技大学、华翊博奥（北京）量子科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、北京交通大学、华东师范大学、中国科学院软件研究所、深圳量旋科技有限公司、中国电信研究院、北京量子信息科学研究院、中国软件评测中心、中科酷原科技（武汉）有限公司、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学、本源量子计算科技（合肥）股份有限公司、无锡江南计算技术研究所、广东国腾量子科技有限公司等 22 家单位的 37 位专家出席。会上，工作组 22 家单位全体成员代表所属单位投票表决，投票结果同意对工作组讨论稿（第三稿）修改完

善后，形成征求意见稿和征求意见稿编制说明，向 TC578 标委会秘书处提交。投票情况：应参加投票单位 30 家，实际参加投票单位 22 家，同意 22 家，反对 0 家，弃权 8 家。

（四）国家标准主要起草人及其所做的工作

本标准由中国科学技术大学作为牵头单位，合肥国家实验室、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、无锡江南计算技术研究所、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息通信研究院、华翊博奥（北京）量子科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、深圳量旋科技有限公司、北京交通大学、中移（苏州）软件技术有限公司、北京量子信息科学研究院共同负责标准起草。主要起草人员及其工作如下表 1：

表 1 标准起草人员及主要工作

序号	姓名	单位	联系方式	主要工作
1.	梁福田	中国科学技术大学	ftliang@ustc.edu.cn	牵头标准预研，负责标准制定全面工作，包括制定和推进工作计划、文件收集、提出标准整体框架和主要技术内容，参与讨论、提供意见建议
2.	朱晓波	中国科学技术大学	xbzhu16@ustc.edu.cn	参与标准预研，起草标准与编制说明，组织标准关键技术验证，参与讨论、提供意见和建议
3.	吴玉林	合肥国家实验室	yulinwu@ustc.edu.cn	参与标准预研，起草标准与编制说明，组织标准关键技术验证，参与讨论、提供意见和建议
4.	张强	济南量子技术研究院	zhangqiang@jiqt.org	参与标准预研，起草标准与编制说明，组织标准关键技术验证，参与讨论、提供意见和建议
5.	李东东	科大国盾量子技术股份有限公司	dongdli@ustc.edu.cn	参与标准预研，起草标准与编制说明，参与讨论、提供意见和建议

				议
6.	唐世彪	科大国盾量子技术股份有限公司	shibiao.tang@quantum-info.com	参与标准预研，起草标准与编制说明，参与讨论、提供意见和建议
7.	苑涛	中电信量子信息科技集团有限公司	yuantao1z@chinatelecom.cn	参与标准预研，起草标准与编制说明，参与讨论、提供意见和建议
8.	张萌	中国信息通信研究院	zhangmeng@caict.ac.cn	参与标准预研，起草标准与编制说明，参与讨论、提供意见和建议
9.	朱剑文	无锡江南计算技术研究所	hepzjw@163.com	参与标准预研，提供标准工作指导，标准专业技术内容审核
10.	杨蒿翔	华翊博奥（北京）量子科技有限公司	yanghx@hyqubit.com	参与讨论、提供意见和建议
11.	于春霖	中国长城科技集团股份有限公司	yuchunlin@greatwall.com.cn	参与讨论、提供意见和建议
12.	项金根	深圳量旋科技有限公司	jxiang@spinq.cn	参与讨论、提供意见和建议
13.	王肖斌	中移（苏州）软件技术有限公司	wangxiaobin@cmss.chinamobile.com	参与讨论、提供意见和建议
14.	任爽	北京交通大学	sren@bjtu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
15.	周朋	中国长城科技集团股份有限公司	zhoupeng@greatwall.com.cn	参与讨论、提供意见和建议
16.	吕启闻	中国长城科技集团股份有限公司	lvqiwen@greatwall.com.cn	参与讨论、提供意见和建议
17.	吴伟	中国人民解放军国防科技大学理学院	weiwu@nudt.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
18.	赵勇	量子科技（合肥）产业研究院	zhaoyong@ustc.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
19.	高丁超	中国科学院软件研究所	gaodc@ios.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
20.	郝苑辰	中国电信股份有限公司北京研究院	haoyc@chinatelecom.cn	参与讨论、提供意见和建议
21.	王超凡	济南量子技术研究院	wangchaofan@jiqt.org	参与讨论、提供意见和建议
22.	徐华	合肥弈维量子科技有限公司	hua.xu@ywquantum.com	参与讨论、提供意见和建议
23.	郑志月	北京量子信息科学研究院	zhengzy@baqis.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议

24.	吴芳炜	中移（苏州）软件技术有限公司	wufangwei@cmss.chinamobile.com	参与讨论、提供意见和建议
25.	解宇恒	中国电信股份有限公司北京研究院	xieyh@chinatelecom.cn	参与讨论、提供意见和建议
26.	石志全	中科酷原科技（武汉）有限公司	shizhiquan@cascoldatom.com	参与讨论、提供意见和建议
27.	吴婷	中国软件评测中心（工业和信息化部软件与集成电路促进中心）	wuting@cstc.org.cn	参与讨论、提供意见和建议
28.	蔡明磊	华翊博奥（北京）量子科技有限公司	caiml@hyqubit.com	参与讨论、提供意见和建议
29.	付祥	中国人民解放军国防科技大学	xiangfu@quanta.org.cn	参与讨论、提供意见和建议
30.	付卓	中科酷原科技（武汉）有限公司	fuzhuo@cascoldatom.com	参与讨论、提供意见和建议
31.	郭邦红	广东国腾量子科技有限公司	cto@nqtek.com	参与讨论、提供意见和建议
32.	刘国珍	上海图灵智算量子科技有限公司	Liuguozhen@turingq.com	参与讨论、提供意见和建议
33.	刘勇	中电信量子信息科技有限公司集团有限公司	liuyong11@chinatelecom.cn	参与讨论、提供意见和建议
34.	楼华哲	北京中科弧光量子软件技术有限公司	louhz@arclightquantum.com	参与讨论、提供意见和建议
35.	汤彪	中科酷原科技（武汉）有限公司	tb@cascoldatom.com	参与讨论、提供意见和建议
36.	杨林	上海图灵智算量子科技有限公司	Yanglin@turingq.com	参与讨论、提供意见和建议
37.	于锦涛	北京中科弧光量子软件技术有限公司	yujt@arclightquantum.com	参与讨论、提供意见和建议
38.	张俊峰	本源量子计算科技（合肥）股份有限公司	18155118362@163.com	参与讨论、提供意见和建议
39.	赵勇杰	本源量子计算科技（合肥）股份有限公司	zyj@originqc.com	参与讨论、提供意见和建议
40.	郑明睿	济南量子技术研究院	zhengmingrui@jiqt.org	参与讨论、提供意见和建议
41.	卢丽芳	中国软件评测中心（工业和信息化部软件与集成电路促进中心）	Lulf@cstc.org.cn	参与讨论、提供意见和建议
42.	侯一凡	中国人民解放军网络空间部队信息工程大学	Hou3938268@126.com	参与讨论、提供意见和建议

43.	穆清	中国人民解放军网络空间部队信息工程大学	webber1985@qq.com	参与讨论、提供意见和建议
44.	储文皓	科大国盾量子技术股份有限公司	wenhao.chu@quantum-info.com	参与讨论、提供意见和建议
45.	关卉杰	科大国盾量子技术股份有限公司	a0610328guanguan@gmail.com	参与讨论、提供意见和建议
46.	金贤敏	上海交通大学	xianmin.jin@sjtu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
47.	康健	中国标准化研究院	kangjian@cnis.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
48.	赖俊森	中国信息通信研究院	laijunsen@caict.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
49.	唐豪	上海交通大学	Htang2015@sjtu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
50.	王敬	中国信息通信研究院	wangjing15@caict.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
51.	应圣钢	中国科学院软件研究所	yingsg@ios.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
52.	王俊超	中国人民解放军网络空间部队信息工程大学	Wangjunchao11@126.com	参与讨论、提供意见和建议
53.	姚飞	中移(苏州)软件技术有限公司	yaofei@cmss.chinamobile.com	参与讨论、提供意见和建议
54.	刘金明	华东师范大学	jmliu@phy.ecnu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
55.	郭凯	山东新一代标准化研究院有限公司	guokai@sieti.cn	参与讨论、提供意见和建议

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

(一) 标准编制原则和依据

本标准文件按照 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。

(1) 在国内当前的技术条件下实现标准化目标具有完全可行性。

(2) 本项目的技术与主流技术发展方向相符合。

(3) 当前技术条件下标准可实现。

(二) 标准主要技术内容说明

本文件描述了门线路模型量子计算系统的性能指标和测试方法。本文件适用于门线路模型的量子计算系统在设计、研发、生产制造及使用过程中的性能测试。

本标准的主要技术内容如下：1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义、4 缩略语、5 量子计算系统性能指标、6 测试方法、7 测试报告。

(三) 标准中主要技术内容确定的依据和过程

目前，国际上的量子计算标准工作主要关注和研究量子计算相关概念术语和定义，尚未有量子计算系统性能测试方法的相关规范或标准。加快开展量子计算系统性能测试相关标准研制，有利于统一各方共识，更好地推动量子计算机技术的发展和應用，形成推进产业发展合力。为便于不同领域的研究人员在量子计算系统性能测试的相关研究和应用中，能够准确地了解、使用本标准，本标准重点对门线路模型量子计算系统的性能指标体系及测试方法进行介绍。

本标准指标体系（包括器件指标、基础操控指标、综合性能指标）的构建紧密围绕门线路模型量子计算系统的设计、研发、生产及应用需求，确定了由3大类、16小项组成的指标体系，涵盖了量子比特物理特性、操控精度、算法执行效率等关键维度，满足产业界对量子计算系统性能评估的实际需求。

本标准中的量子体积、算法量子比特数等指标，参考了国际上通用的性能评估框架（如 IBM 提出的量子体积概念、QED-C 算法库），确保标准与国际先进技术水平接轨。各项指标的阈值（如单比特门保真度 $\geq 98\%$ 、读取保真度 $\geq 85\%$ ）参考了当前量子计算技术的主流水平，例如超导、离子阱等不同技术路线的典型性能参数，兼顾了先进性和可实现性。

在测试方法的步骤上，本标准方法建立过程中，综合考虑了当前国内外课题组的技术路线以及国际上通用的性能评估框架，对量子计算系统性能指标体系做了详细介绍，保证测试方法的可操作性和可重复性。

三、试验验证情况的说明

本标准中涉及的验证实验数据见标准文档的附件及测试报告所示。

（一）主要试验的分析

本标准对量子计算系统的性能指标提供测试评估方法，其中性能指标由器件指标、基础操控指标、综合性能指标三部分构成。器件指标包括量子比特数、连通性、比特存活率和比特相干性；基础操控指标包括保真度、时长、量子门容量、操控并行度和系统校准能力；综合性能指标包括最大纠缠比特数、算法量子比特数、量子体积、线路执行效率、镜像基准测试、随机线路采样测试和能耗。

（二）主要试验验证的分析、综述报告

本标准使用的方法，经过国内外门线路模型的量子计算系统的广泛使用，其有效性得到了充分的验证，基本可以统一门线路模型量子计算系统性能指标的评估测试方法，为行业推荐可操作的测试评估方法奠定基础。

（三）试验方案设计

- 试验对象准备：门线路模型的量子计算系统。
- 实验结果见试验验证报告。

（四）试验结果

基于上述验证试验数据的结果，可以得出结论：依据国内现有硬件条件，本标准在国内可以有效实施。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

经查，国际、国外均未发布与《量子计算系统性能测试方法》直接对应的同类标准。

五、标准采用国际文件的情况说明

本标准未采用国际文件。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与有关的现行法律、法规和强制性国家标准无冲突。

七、制修订过程中是否存在重大分歧意见，以及重大分歧意见的处理过程

本标准制定过程中无重大分歧意见。

八、标准中涉及专利的情况

未发现涉及相关专利。

九、国家标准性质的建议及贯彻国家标准的要求和措施建议

鉴于本标准规定内容不涉及人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全等内容，属于基础性标准。根据标准化法及有关规定，建议本标准作为推荐性国家标准。

本标准的建议实施日期为：自发布之日起 6 个月。

本标准的实施，为我国量子计算系统性能测试方法提供了规范，通过建立起科学合理的评估指标和测试方法，减少相关研究和应用中的标准不统一或缺失现象，避免量子计算机性能定义混乱，测试标准不统一现象，从而推动该领域的研究、交流与技术进步，为相关领域标准化工作打下基础。

建议保证标准文本的充足供应，使各相关方能够及时获取标准文本。对于标准使用过程中容易出现的疑问，工作组做好必要、及时的解释工作。针对不同的使用对象，有侧重点地进行标准培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

十、其他应予说明的事项

无。

《量子计算系统性能测试方法》国家标准编写工作组

2025 年 7 月 11 日

附件

《量子计算系统性能测试方法》 实验测试报告

1、被测量子计算系统

测试组选择了一台超导量子计算系统,用于量子计算系统性能指标测试任务,系统照片如图 1 所示。



图 1 被测量子计算系统的实物照片

2、器件指标测试结果

2.1 比特相干性 T1

根据标准文档 6.1.4.1 节所述测试方法,工作组对量子处理器中编号为 Q03 量子比特的比特相干性进行了测量,此处使用纵向弛豫时间 T1 表征比特相干性。测量过程中,工作组首先设定量子比特在某个工作频率下,测量得到量子比特的 T1 时间。

之后，可以改变量子比特的的工作频率，测量在不同工作频率下量子比特的 T1 时间，从而得到 T1 的平均值为 31.7786us。

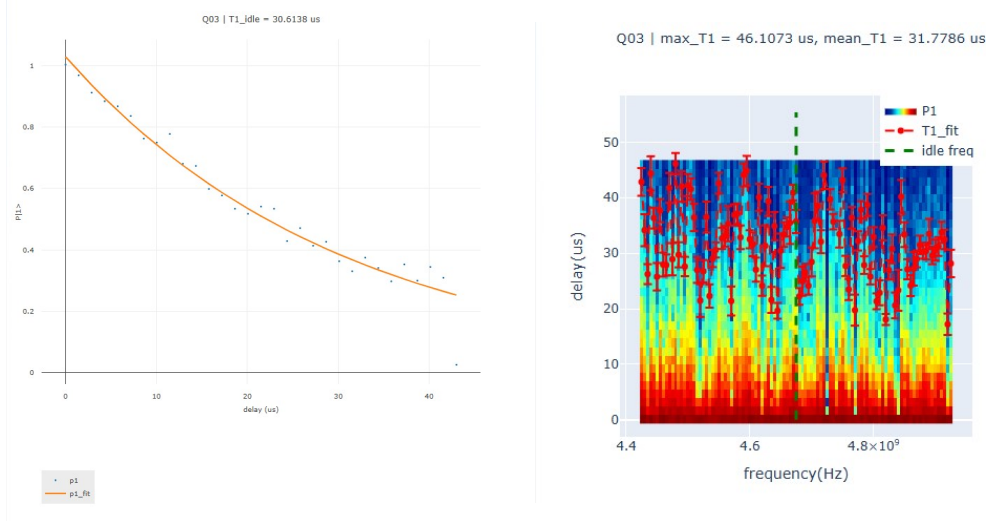


图 2 纵向弛豫时间 T1 测量结果

2.2 比特相干性 T2

根据标准文档 6.1.4.2 节所述测试方法，工作组对量子处理器中编号为 Q03 量子比特的比特相干性进行了测量，此处使用横向弛豫时间 T2 表征比特相干性。测量过程中，工作组采用的是 Ramsey 实验方法。首先设定量子比特在某个工作频率下，测量得到量子比特的 T2 时间。之后，可以改变量子比特的工作频率，测量在不同工作频率下量子比特的 T2 时间，从而 T2 的平均值为 4.0927us。

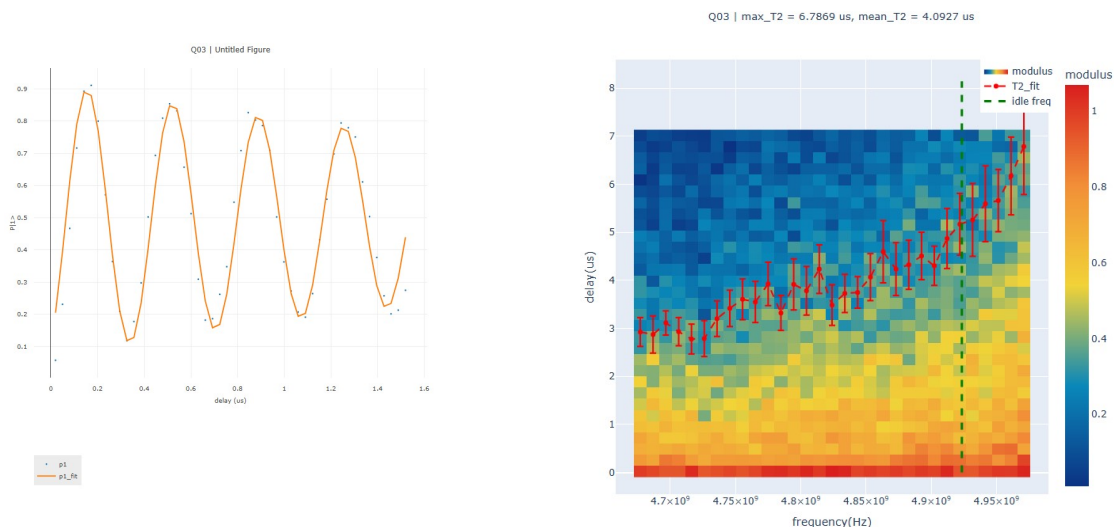


图 3 横向弛豫时间 T2 测量结果

利用测量得到的 T1 和 T2, 计算得到量子比特的纯相位弛豫时间 T_ϕ , 公式为: $\frac{1}{2T_1} + \frac{1}{T_\phi} = \frac{1}{T_2}$, 计算得到表征比特相干性能的 T_ϕ 值为 4.3744us。

3、基础操控指标测试结果

3.1 单比特门保真度

根据标准文档 6.2.1.2 节所述测试方法, 使用交叉熵基准 (XEB) 测试方法测量单比特门保真度。工作组对量子处理器中编号为 Q04 量子比特的单比特门保真度进行了测量。测量过程中, 工作组在 10 到 300 之间选择 15 个循环次数 m 的值, 测量得到不同 m 下的 XEB 保真度的值 (α)。通过测试方法中提到的拟合函数对数据进行拟合处理, 最终得到泡利错误率为 0.224%, 即此次测量得到的单比特门保真度为 $F = 99.776\%$ 。

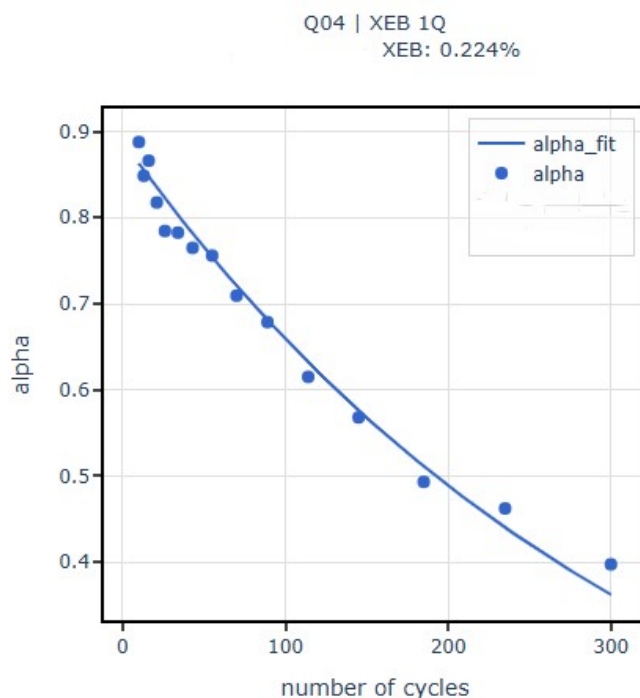


图 4 单比特门保真度测量结果

3.2 两比特门保真度

根据标准文档 6.2.1.3 节所述测试方法，使用交叉熵基准（XEB）测试方法测量两比特门保真度。测量过程中，工作组在 20 到 400 之间选择 12 个循环次数 m 的值，测量得到不同 m 下的 XEB 保真度的值（ α ）。通过测试方法中提到的拟合函数对数据进行拟合处理，最终得到泡利错误率为 0.4777%，即此次测量得到的两比特门保真度为 $F = 99.5223\%$ 。

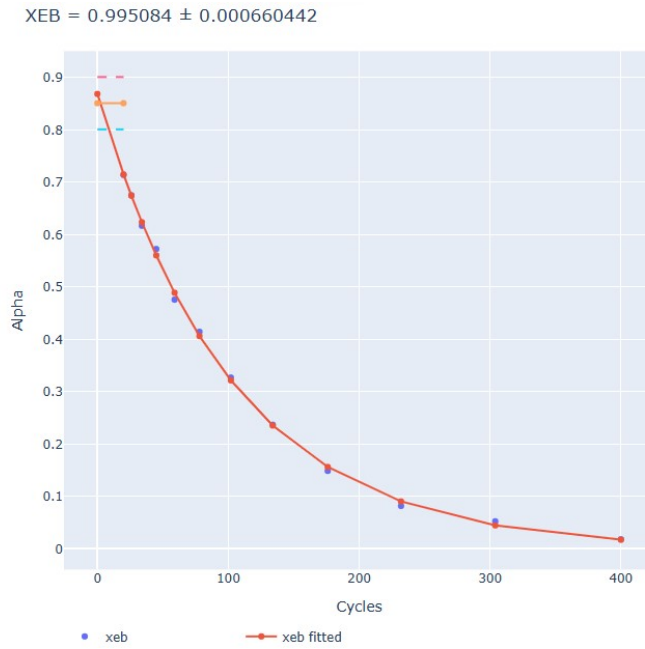
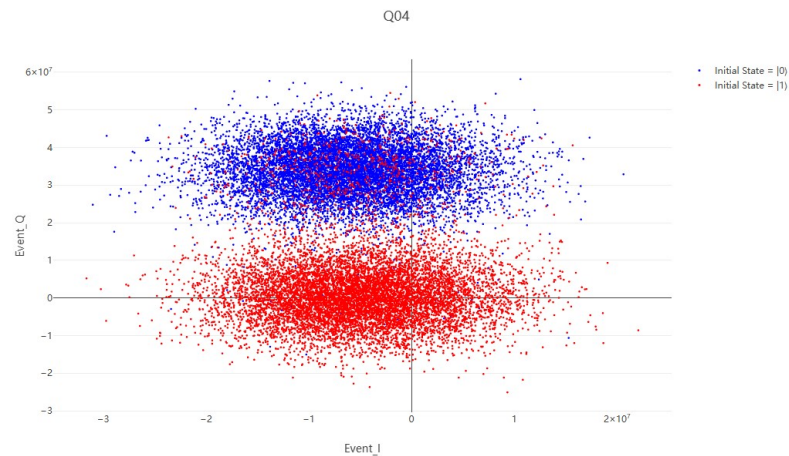


图 5 两比特门保真度测量结果

3.3 读取保真度

根据标准文档 6.2.1.4 节所述测试方法，工作组对量子处理器中编号为 Q04 量子比特的读取保真度进行了测量， F_{00} 参数测量了 1 万次， F_{11} 参数测量了 1 万次。测量结果分布如图所示。对测量结果进行处理之后，得到 $F_{00} = 0.9867$ 和 $F_{11} = 0.9240$ ，此次测量的读取保真度值为： $F = (F_{00} + F_{11})/2 = 0.95535$ 。



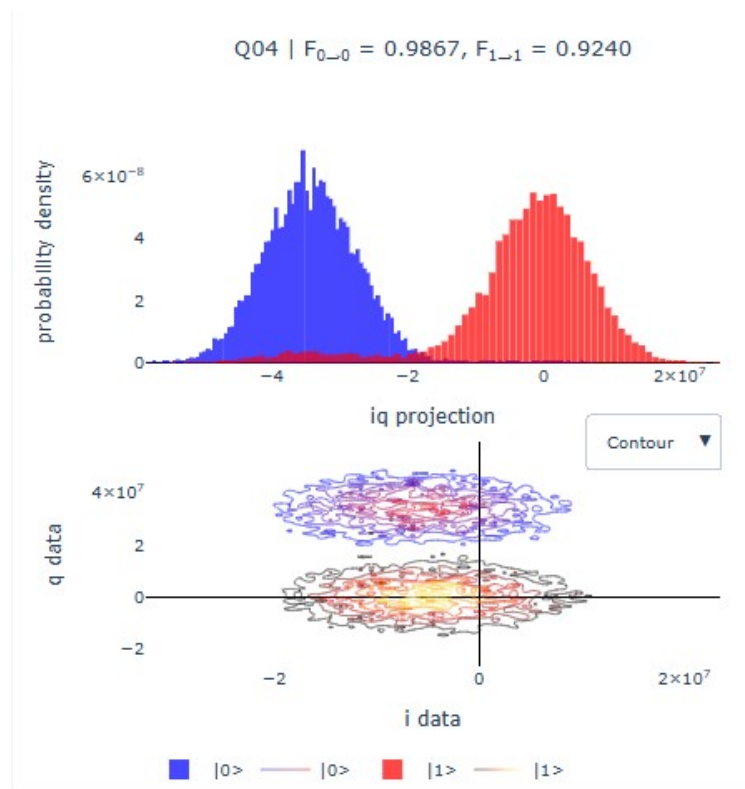


图 6 读取保真度测量结果

4、综合性能指标测试结果

4.1 最大纠缠比特数

根据标准文档 6.3.1 节所述测试方法，制备多比特 GHZ 态，并测量其保真度。根据保真度大于 0.5 的判定条件，得到最大纠缠比特数。测量过程中，工作组测量了比特数分别为 2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18 情况下，GHZ 态的保真度。测量结果如图表所示，最大纠缠比特数为 13。

比特数	GHZ 态保真度
2	0.9212366631437723
3	0.8813182019251429
4	0.8518883229940397

5	0.7421112228778035
6	0.7260449575712249
7	0.6745318197752677
8	0.6327026450151017
9	0.6148355677924447
10	0.6185136019722006
11	0.5752316549517738
12	0.5550622959295258
13	0.5180868390762311
14	0.4822266587025430
15	0.4689384513028071
16	0.4337283791939127
17	0.3982241043031317
18	0.3419801856804925

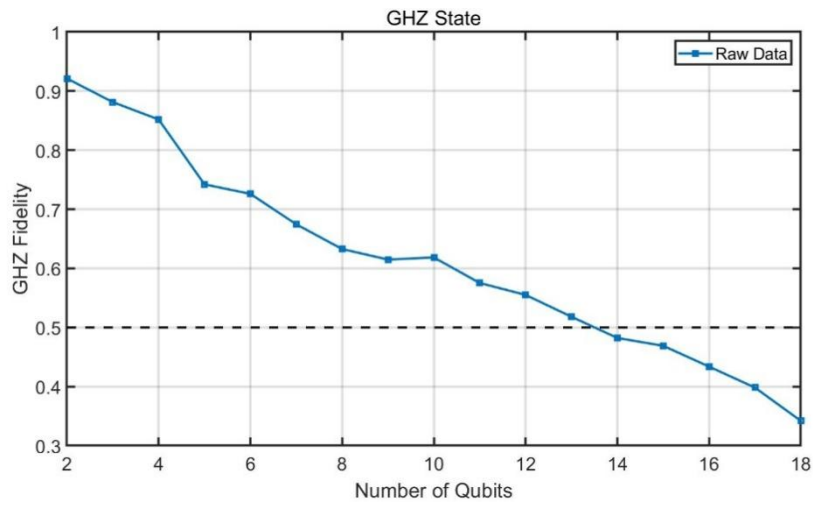


图 7 多比特 GHZ 态保真度测量结果