

《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》
国家标准编制说明

（征求意见稿）

2025 年 7 月 10 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	6
二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据	9
(一) 标准编制原则和依据	9
(二) 标准主要技术内容说明	10
(三) 标准中主要技术内容确定的依据和过程	10
三、试验验证情况的说明	12
(一) 主要试验的分析	12
(二) 主要试验验证的分析、综述报告	12
(三) 试验方案设计	12
(四) 试验结果	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、制定过程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	13
十、其他应予说明的事项	14
附件	15

《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》

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《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》推荐性国家标准的制定任务，计划号：20243420-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，起草单位包括合肥国家实验室，中国科学技术大学，北京量子信息科学研究院，清华大学，南京大学，赛濠（上海）仪器有限公司等。其中，合肥国家实验室为该标准起草工作的第一牵头单位。

（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。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。”

超导量子计算在所有量子计算物理体系中率先实现了“量子优越性”的演示，让人们看到了实现实用化量子计算的曙光。当前，超导量子计算已经可以制备出比特数大于 50 的完全可编程原型机，演示了超过经典超级计算机的计算能力，即实现了量子优越性。

实现超导量子计算的关键设备就是极低温极低噪声系统，一方面提供的极低温环境、测控线路，满足了超导量子芯片运行所必须的条件，系统的极低噪声水平也保证了超导量子芯片的性能不受到外界环境的干扰；另一方面，系统的空间、制冷能力以及可拓展性也成为可容纳超导量子芯片比特数目的重要指标。

极低温极低噪声系统又包括稀释制冷机、低噪声环境和测控线路三个部分。其中稀释制冷机提供处理器所需的低温环境；减震和磁屏蔽设备提供处理器所需的低噪声环境，测控线路是处理器运行的硬件需求，连接处理器和外部电子学设备，直接关系到比特的实际测控，它对稀释制冷机不同温区的空间和制冷能力有特定需求。根据这一发展趋势，宏观上规范所有路线应具备的指标，关注于超导量子处理器实际的测控需求。从这一角度出发去制定标准是科学且可行的。

量子优越性实现之后，针对支持 50 比特及以上的超导量子处理器测控需求，给出极低温极低噪声系统的推荐性标准，将进一步推动超导量子计算技术的标准化和产业化进程，制定具有重要的战略意义和实践价值。在超导量子计算由科研向产业转化的关键阶段，制定相关的国家标准，规范超导量子处理器的测控系统，对我国超导量子计算机的发展是十分必要的。该标准的制定同时也直面国际相关领域的竞争，有助于我国掌握超导量子计算领域的国际话语权。

（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《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》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/TC 578）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/TC 578）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《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》推荐性国家标准的制定任务，计划号：20243420-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（SAC/TC 578）会同项目牵头单位济南量子技术研究院，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，《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》国家标准编写工作组正式成立。起草工作组由来自合肥国家实验室、中国科学技术大学、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、清华大学、南京大学、上海量羲技术有限公司、中国电子科技集团公司第八研究所、中国电子科技集团公司第十六研究所、本源量子计算科技(合肥)股份有限公司、上海国盾量子信息技术有限公司等共23个单位的27名专家构成。吴刚教授任组长，组员有李俊云、王明磊、李旭、孙麓岩、于扬、陆兆辉、张俊峰、罗高乔、徐洋、樊洁、龚明、戴巍等。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。会议由第一起草人合肥国家实验室吴刚教授主持，中国科学技术大学、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、本源量子计算科技（合肥）股份有限公司、中国电子科技集团公司第十六研究所、中国科学技术大学上海研究院、中国科学院物理研究所、中国科学院理化技术研究所、集烺科学仪器(苏州)有限公司、深圳国际量子研究院、合肥知冷低温科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、中船鹏力（南京）超低温技术有限公司、上海量羲技术有限公司、格物致寒(苏州)科学仪器有限

公司 15 家单位的 18 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。会议共收到合肥知冷低温科技有限公司、中国电子科技集团公司第八研究所、合肥本源量子计算科技有限责任公司、集烺科学仪器（苏州）有限公司、济南量子技术研究院、上海量羲技术有限公司、深圳国际量子研究院、中国电子科技集团公司第十六研究所、中国科学院理化技术研究所、中国长城科技集团股份有限公司等单位提出的修改意见 52 条。

2025 年 3 月至 4 月，工作组认真研究并完成了对 52 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 16 日，工作组召开第二次工作会议，会议为线上会议。会议由第一起草人合肥国家实验室吴刚教授主持主持，中国科学技术大学、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、清华大学、南京大学、本源量子计算科技（合肥）股份有限公司、中国电子科技集团公司第十六研究所、中国科学技术大学上海研究院、中国科学院物理研究所、中国科学院理化技术研究所、集烺科学仪器(苏州)有限公司、深圳国际量子研究院、合肥知冷低温科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、中船鹏力（南京）超低温技术有限公司、上海量羲技术有限公司、格物致寒(苏州)科学仪器有限公司、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学、中国电子科技集团公司第八研究所 18 家单位的 23 位专家出席。会议首先听取了牵头

单位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 10 条。

2025 年 6 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 7 月 9 日，工作组召开第三次工作会议，会议为线上会议。会议由科大国盾量子技术股份有限公司李旭主持，合肥国家实验室、济南量子技术研究院、中国科学技术大学、科大国盾量子技术股份有限公司、中国电子科技集团公司第八研究所、本源量子计算科技（合肥）股份有限公司、深圳国际量子研究院、合肥知冷低温科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、中船鹏力（南京）超低温技术有限公司、上海量羲技术有限公司、北京飞斯科科技有限公司、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学、山东新一代标准化研究院有限公司 14 家单位的 15 位专家出席。会议首先针对讨论稿（第三稿）的内容及编制说明逐条讨论，征询意见。会上，工作组 12 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 22 家，实际参加投票单位 12 家，同意 12 家，反对 0 家，弃权 10 家。

（四）国家标准主要起草人及其所做的工作

本标准由合肥国家实验室作为牵头单位，中国科学技术大学、济南量子技术研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、清华大学、南京大学、中国电子科技集团公司第八研究所、本源量子计算科技（合肥）股份有限公司、中国电子科技集团公司第十六研究所、中国科学技术大学上海研究院、中国科学院物理研究所、中国科学院理化技术研究所、集烺科学仪器(苏州)有限公司、深圳国际量子研究院、合肥知冷低温科技有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、中船鹏力（南京）超低温技术有限公司、上海量羲技术有限公司、格物致寒(苏州)科学仪器有限公司、北京飞斯科科技有限公司、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学。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	吴刚	合肥国家实验室	awu@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	李俊云	中国科学技术大学	jyunli@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	王明磊	济南量子技术研究院	wangminglei@jinqt.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

序号	姓名	单位	联系方式	主要工作
				见和建议
4	李旭	科大国盾量子技术股份有限公司	xu.li@quantum-info.com	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	孙麓岩	清华大学	luyansun@tsinghua.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
6	于扬	南京大学	yuyang@nju.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
7	陆兆辉	中国电子科技集团公司第八研究所	21395140@qq.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
8	张俊峰	本源量子计算科技（合肥）股份有限公司	18155118362@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
9	吴明	上海量羲技术有限公司	mwu@qlone.com	参与讨论、提供意见和建议
10	罗高乔	中国电子科技集团公司第十六研究所	13865991134@163.com	参与讨论、提供意见和建议
11	徐洋	中国科学技术大学上海研究院	xuyang2013@ustc.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
12	樊洁	中国科学院物理研究所	jfan@iphy.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
13	龚明	中国科学技术大学	minggong@ustc.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
14	戴巍	中国科学院理化技术研究所	cryodw@mail.ipc.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
15	董靖	集烺科学仪器(苏州)有限公司	dongjing@jhcoolab.com	参与讨论、提供意见和建议

序号	姓名	单位	联系方式	主要工作
16	潘长钊	深圳国际量子研究院	pancz@iqasz.cn	参与讨论、提供意见和建议
17	王绍良	合肥知冷低温科技有限公司	wangshaoliang@zlcryogenic.com	参与讨论、提供意见和建议
18	于春霖	中国长城科技集团股份有限公司	Yucl@cec.com.cn	参与讨论、提供意见和建议
19	巢伟	中船鹏力（南京）超低温技术有限公司	chaowei@724pride.com	参与讨论、提供意见和建议
20	张磊	格物致寒(苏州)科学仪器有限公司	zhanglei@insnano.com	参与讨论、提供意见和建议
21	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
22	黄社松	北京飞斯科科技有限公司	huangss@physike.com	参与讨论、提供意见和建议
23	姬忠庆	中国科学院物理研究所	zji@iphy.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
24	吴嘉杰	中国长城科技集团股份有限公司	wujiajie@greatwall.com.cn	参与讨论、提供意见和建议
25	王卫龙	中国人民解放军网络空间部队信息工程大学	wangwl19888@163.com	参与讨论、提供意见和建议
26	何昊冉	中国人民解放军网络空间部队信息工程大学	1017857534@qq.com	参与讨论、提供意见和建议
27	李东东	科大国盾量子技术股份有限公司	dongdli@ustc.edu.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

本文件界定了超导量子计算专用极低温极低噪声系统的术语和定义、技术要求、性能测定方法。

本文件适用于超导量子计算专用的极低温极低噪声系统的性能测定，也可作为系统设计、制造和测试的指标参考。

本标准的主要技术内容包括：1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义、4 技术要求、5 性能测定方法。

(三) 标准中主要技术内容确定的依据和过程

超导量子计算原型机由以下几部分构成：

超导量子计算处理器：超导量子计算运算核心

极低温极低噪声系统：提供超导量子处理器运行的环境

室温操控设备：实现超导量子比特的测控和读取

软件系统：支持超导量子计算原型机运行



图一 超导量子计算原型机构成图

当前超导量子计算领域发展趋势是由数十比特展示的“量子优越性”，到数百比特解决的“特定问题上的应用”，再到百万比特量级的“通用量子计算”。在这一发展过程中，量子处理器的极低温极低噪声环境和测控需求是不变的。

项目组认为在当前的技术水平下，超导量子计算专用极低温极低噪声系统是一种通用规范，它规范了超导量子处理器实现量子优越性所需要的测控环境的各项指标，以及实现这一环境的硬件需求。草案制定的基础是超导量子计算原型机所需求的极低温极低噪声系统，是超导量子计算这一领域研究的出发点。同时，草案的制定考虑到超导量子计算这一产业的整体发展前景，在具体环境指标的实现手段上没有强制性要求，不排斥其他实现方案。这使得改草案具有一定的前瞻性，不会阻碍未来新技术的发展。

其中，极低温极低噪声系统又包括稀释制冷机、低噪声环境和测控线路三个部分。其中稀释制冷机提供处理器所需的低

温环境；减震和磁屏蔽设备提供处理器所需的低噪声环境，测控线路是处理器运行的硬件需求，连接处理器和外部电子学设备，直接关系到比特的实际测控，它对稀释制冷机不同温区的空间和制冷能力有特定需求。

项目组根据这一发展趋势，在制定本草案时不规定具体的技术路线和硬件结构，而是在宏观上规定所有路线应具备的指标，保证草案的适用性和可执行性。

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

本标准对超导量子计算专用极低温极低噪声系统无关性检验进行验证。

（二）主要试验验证的分析、综述报告

本标准使用的方法，经过国内超导量子计算专用极低温极低噪声系统的重复使用，其有效性得到了充分的验证，基本可以统一超导量子计算专用极低温极低噪声系统通用要求，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：超导量子计算专用极低温极低噪声系统。
- 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：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《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》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，为我国超导量子计算专用极低温极低噪声系统提供了规范，将进一步推动超导量子计算技术的标准化和产业化进程，制定具有重要的战略意义和实践价值。在超导量

子计算由科研向产业转化的关键阶段，制定相关的国家标准，规范超导量子处理器的测控系统，对我国超导量子计算机的发展是十分必要的。该标准的制定同时也直面国际相关领域的竞争，有助于我国掌握超导量子计算领域的国际话语权。

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。

《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》国家标准编写工作组

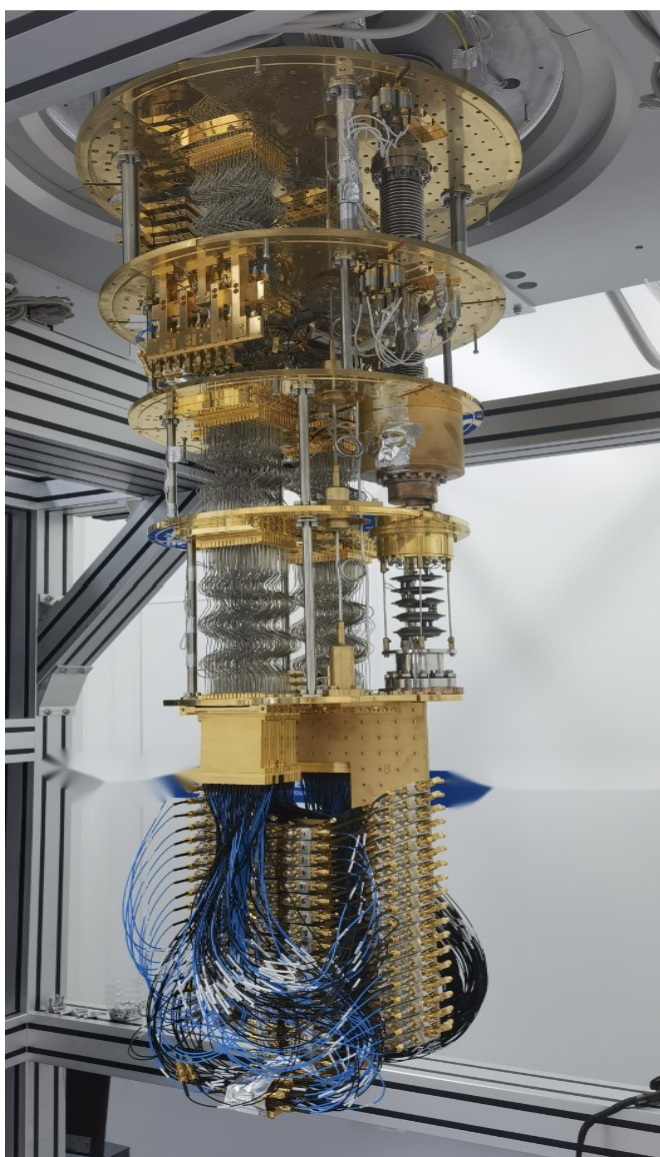
2025 年 7 月 10 日

附件

《超导量子计算专用极低温极低噪声系统》 实验测试报告

1 空间

采用游标卡尺和直尺直接测量测控线路、磁屏蔽和样品安装位置的空间。如下图是某型号超导量子计算专用极低温极低噪声系统。



图二 某型号超导量子计算专用极低温极低噪声系统内部结构图

2 运行温度

示例为某极低温极低噪声平台搭建完成后，通过稀释制冷机软件测试的运行温度，可以看出其运行温度，二级冷盘 3.4K，混合室盘 8.5mK。

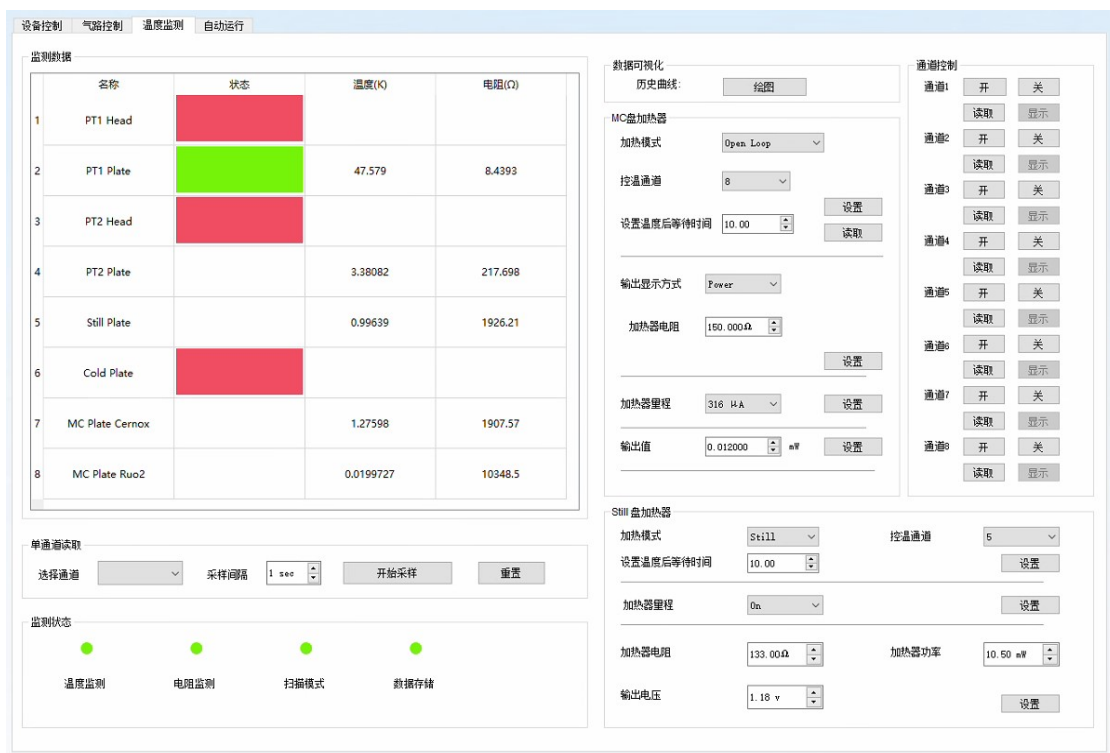


名称	状态	温度(K)	电阻(Ω)
PT1 Head		41.7324	6.6516
PT1 Plate		49.1402	8.9636
PT2 Head		2.95351	856.6
PT2 Plate		3.40105	581.528
Still Plate		0.692393	2088.89
Cold Plate		0.0929587	4835.47
MC		0.0085109	16164.7

图三 某型号超导量子计算专用极低温极低噪声系统运行温度图

3 制冷功率

稀释制冷机空载条件下，根据稀释制冷机厂商提供的测试方法和参数进行测试，分别测试混合室盘加热到温度 20mK 和温度 100mK 的加热功率。



图四 某型号稀释制冷机空载测试 20mK 制冷功率



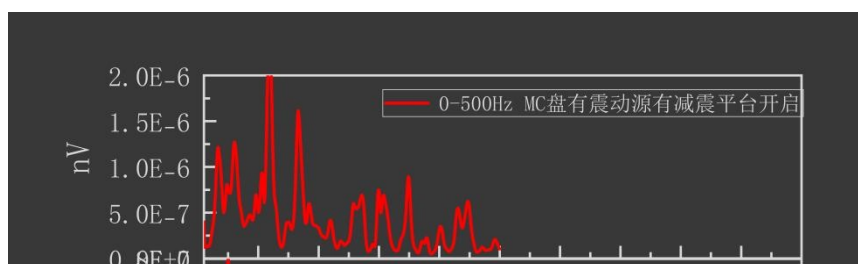
图五 某型号稀释制冷机空载测试 100mK 制冷功率

4 振动

利用频谱分析仪和电测法测试装置，将振动传感器安装在混合室盘，开启脉管制冷机，记录振动信号。



图六 振动测试装置



图七 振动测试结果

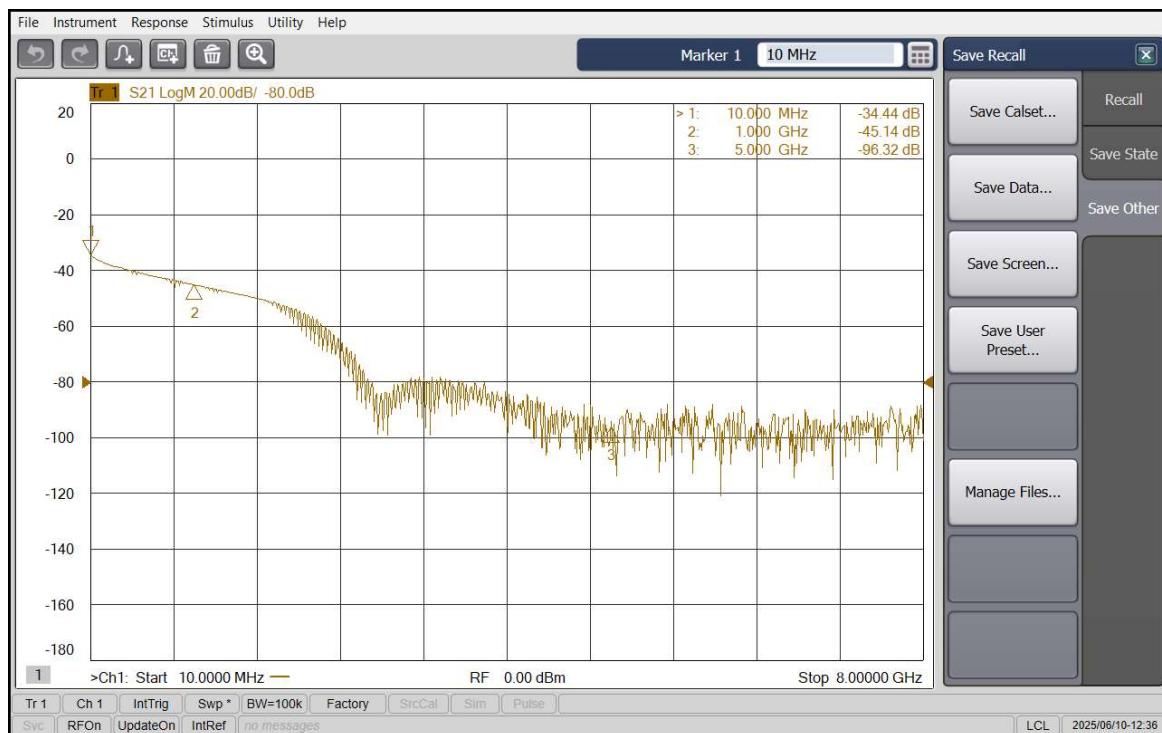
5 剩余磁场



图八 磁场测试装置

6 测控线路

将所有测控线路在超导量子处理器位置两两短接，运行系统降至最低温度，矢量网络分析仪连接每组测控线路的室温接头，测量每两根电缆的通断和频谱特性。



图九 测控线缆低温测试

7 绝缘性能

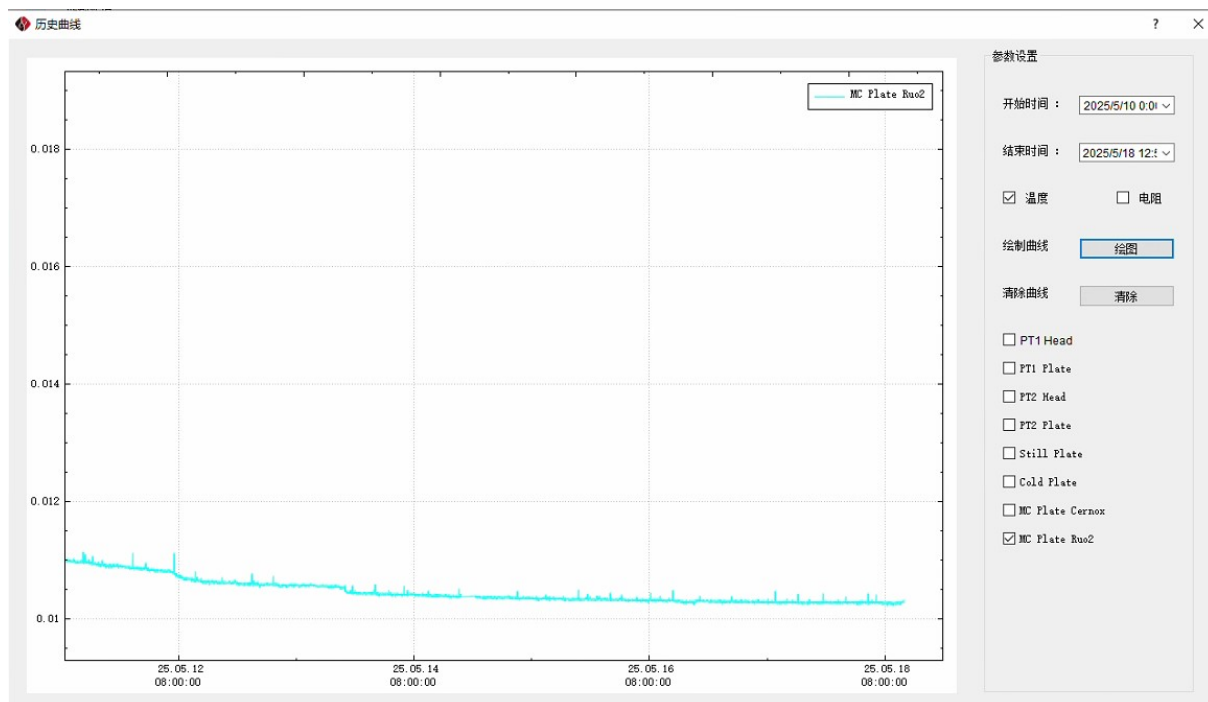
测量混合室盘和外部供电地线之间的电阻。



图十 绝缘测试

8 运行可靠性

利用稀释制冷机软件记录近 7 天稳定运行数据。如图为 7 天内混合室盘温度。



图十一 运行可靠性结果图

9 环境稳定性

利用工业级温湿度计监测监视系统所处空间的环境。



图十二 环境稳定性监控图