

《器件无关量子随机数发生器检测规程》

国家标准化指导性技术文件编制说明

（征求意见稿）

2026 年 7 月 10 日

目录

一、工作简况	1
二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据	6
三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益	9
四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况	11
五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因	11
六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系	11
七、重大分歧意见的处理经过和依据	11
八、涉及专利的有关说明	11
九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和 implementation 日期的建议等措施建议	11
十、其他应当说明的事项	12
附件 1 《器件无关量子随机数发生器检测规程》实验测试报告（中国科学技术大学）	14
附件 2 《器件无关量子随机数发生器检测规程》实验测试报告（济南量子技术研究院）	19

一、工作简况

（一）任务来源及协作单位

2025 年 11 月，《器件无关量子随机数发生器检测规程》国家标准项目正式立项，计划号：20256262-Z-469，任务周期 12 个月。本文件由全国量子技术标准化技术委员会（SAC/TC 578）提出并归口，由合肥国家实验室、济南量子技术研究院、中国科学技术大学、国科量子通信网络有限公司、中移量子科技有限公司、科大国盾量子技术股份有限公司、中国计量科学研究院、中国科学院软件研究所、香港大学、宁波大学、武汉量子技术研究院、中电长城科技有限公司、中国信息通信研究院、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息安全测评中心、中国标准化研究院、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学、中科酷原科技（武汉）有限公司、山东省体育彩票管理中心共同起草。其中，合肥国家实验室为该标准起草工作的牵头单位。

（二）制定背景

在国家顶层设计引领和各部委有力支持下，我国量子信息技术整体水平已跻身国际领先行列，其中量子密钥分发与量子随机数技术在实用化进程中表现尤为突出，正处于从技术优势向产业综合优势转换的关键阶段，急需标准化工作提供系统性的方向指引。《国家标准化发展纲要》，将“推动标准化与科技创新互动发展”列为首要任务，明确提出加强关键技术领域标准研究，以科技创新提升标准水平，健全科技成果向标准转化的有效机制。

《纲要》特别指出，要在人工智能、量子信息、生物技术等领域开展标准化研究，并确保部分关键标准适度超前于产业发展平均水平。

器件无关量子随机数发生器凭借物理原理保障的内禀随机性及独立于器件的安全特性，能够满足随机数应用中对不可预测性与安全性的最高要求，具有广阔的应用前景。本文件针对该类器件的检测制定统一的标准化要求，明确相关性能指标，为器件无关量子随机数发生器的检测与使用提供规范化指导和依据，从而有力推动该领域产业化应用实现高质量发展。

（三）起草过程

2025 年 11 月 13 日，完成国家标准化指导性技术文件登记，由 TC578（全国量子技术标准化技术委员会）归口，主管部门为国家标准委。项目登记名称《器件无关量子随机数发生器检测规程》，计划号：20256262-Z-469，任务周期 12 个月。任务下达后，技术归口单位全国量子技术标准化技术委员会，会同项目牵头单位合肥国家实验室，面向领域内相关科研院所、企事业单位、社会团体等，广泛开展了标准起草工作组成员单位/起草专家的征集工作。

2026 年 3 月 31 日，项目第一次工作组会议召开，为线上会议方式，会议由第一起草人江扬帆博士主持，就项目基本情况及标准技术内容进行了详细介绍。会议期间，合肥国家实验室、济南量子技术研究院、中国科学技术大学、国科量子通信网络有限

公司、中国信息通信研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、宁波大学、中国计量科学研究院、香港大学、中国科学院软件研究所 10 家单位的 15 位专家出席。起草组专家围绕草案技术内容展开深入研讨与意见交流。本次会议形成修改意见 17 条。

2026 年 4 月至 2026 年 5 月，工作组认真研究并完成了对 17 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。

2026 年 6 月 16 日，项目第二次工作组会议召开，为线上会议的方式。会议由第一起草人江扬帆博士主持，合肥国家实验室、济南量子技术研究院、中国科学技术大学、国科量子通信网络有限公司、中移量子科技有限公司、中国计量科学研究院、宁波大学、香港大学、中电长城科技有限公司、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息安全测评中心、中国标准化研究院、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学、中科酷原科技（武汉）有限公司 14 家单位 19 位专家出席。与会专家对草案开展讨论，并给予意见、建议。本次会议形成修改意见 63 条。

2026 年 6 月，工作组完成对第二次会议收集的 63 条修改意见处理，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。

2026 年 7 月 2 日，项目第三次工作组会议召开，为线上会议的方式。会议由江扬帆博士主持，首先介绍了标准立项及前期工作情况，对草稿整体展开讲解和梳理，并逐条解读，合肥国家

实验室、济南量子技术研究院、中国科学技术大学、国科量子通信网络有限公司、科大国盾量子技术股份有限公司、中国科学院软件研究所、中移量子科技有限公司、中国计量科学研究院、宁波大学、香港大学、中电长城科技有限公司、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息安全测评中心、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学、武汉量子技术研究院 15 家单位 20 位专家出席。与会专家对草案的整体与细节展开充分讨论，保证项目的专业性、严谨性、系统性。本次会议形成修改意见 19 条。会上，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：参加投票单位 15 家（超过全体成员单位数的 3/4），同意 15 家，反对 0 家，弃权 0 家；参加投票人数 18 人，同意 18 人，反对 0 人，弃权 0 人。参与投票的成员单位和专家均同意形成征求意见稿。

（四）国家标准主要起草人及其所做的工作

本文件由合肥国家实验室作为牵头单位，由济南量子技术研究院、中国科学技术大学、国科量子通信网络有限公司、中移量子科技有限公司、科大国盾量子技术股份有限公司、中国计量科学研究院、中国科学院软件研究所、香港大学、宁波大学、武汉量子技术研究院、中电长城科技有限公司、中国信息通信研究院、中电信量子信息科技集团有限公司、中国信息安全测评中心、中国标准化研究院、中国人民解放军网络空间部队信息工程大学、

中科酷原科技（武汉）有限公司、山东省体育彩票管理中心等单位共同起草。主要起草人及工作如表 1 所示。

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	江扬帆	合肥国家实验室， 济南量子技术研究院	jiangyangfan@jiqt.org	牵头开展标准预研，负责标准制定总体组织协调工作，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，组织讨论并提出意见建议。
2	陈肖含	济南量子技术研究院	chenxiaohan@jiqt.org	参与标准预研，参与标准草案及编制说明起草，组织或参与标准关键技术验证，参与讨论并提出意见建议。
3	张强	中国科学技术大学，合肥国家实验室	qiangzh@ustc.edu.cn	参与标准预研，参与标准草案及编制说明起草，组织或参与标准关键技术验证，参与讨论并提出意见建议。
4	程苏艺	中国科学技术大学	suycheng@mail.ustc.edu.cn	参与标准草案及编制说明起草，组织或参与标准关键技术验证，参与讨论并提出意见建议。
5	聂友奇	中国科学技术大学，合肥国家实验室	youqinie@ustc.edu.cn	参与标准预研，提供标准制定工作指导，参与标准专业技术内容审核。
6	张军	中国科学技术大学	zhangjun@ustc.edu.cn	参与标准预研，提供标准制定工作指导，参与标准专业技术内容审核。
7	吴佳颖	合肥国家实验室	jywu@mail.ustc.edu.cn	提供标准制定工作指导，参与标准专业技术内容审核。
8	李明翰	国科量子通信网络有限公司	liminghan@qtict.com	提供标准制定工作指导，参与标准专业技术内容审核。
9	魏瑛	中移量子科技有限公司	weiyang3@cmict.chinamobile.com	提供标准制定工作指导，参与标准专业技术内容审核，提供意见和建议。
10	李东东	科大国盾量子技术股份有限公司	dongdli@ustc.edu.cn	提供标准制定工作指导，参与标准专业技术内容审核、提供意见和建议。

11	邓玉强	中国计量科学研究院	yqdeng@nim.ac.cn	提供标准制定工作指导，参与标准专业技术内容审核、提供意见和建议。
12	陈华	中国科学院软件研究所	chenhua@iscas.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议。
13	张行健	香港大学	thuxjzhang@gmail.com	参与讨论、提供意见和建议。
14	王超凡	济南量子技术研究院	wangchaofan@jiqt.org	提供文稿格式指导，参与讨论、提供意见和建议。
15	陈超	宁波大学	chenchao2@nbu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议。
16	韩玄	武汉量子技术研究院	hanxuan@mail.ustc.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议。
17	李阳	济南量子技术研究院	liyang@jiqt.org	参与讨论、提供意见和建议。
18	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。
19	姜艳	国科量子通信网络有限公司	jiangyan@qti.ct.com	参与讨论、提供意见和建议。
20	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。
21	于春霖	中电长城科技有限公司	yuchunlin@greatwall.com.cn	参与讨论、提供意见和建议。
22	安雪碧	中电信量子信息科技集团有限公司	anxuebi@chinatelecom.cn	参与讨论、提供意见和建议。
23	刘宏伟	中国信息安全测评中心	hwliu_w@163.com	参与讨论、提供意见和建议。
24	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。
25	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。
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	许修竹	山东省体育彩票管理中心	xuxiuzhu@sdtczx.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能性。

（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

本文件界定了器件无关量子随机数发生器的术语和定义，明确了器件无关量子随机数发生器的检测的总体要求，规定了器件无关量子随机数发生器的检测范围、检测方法和性能要求。本文件适用于器件无关量子随机数发生器的检测、评价和使用。

本文件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 符号、5 总体要求、6 性能表征参数、7 测试方法、8 检测报告。

（三）标准中主要技术内容确定的依据和过程

本文件在编制过程中，遵循了“科学性、实用性、可操作性”的原则。为便于不同领域的研究人员能够准确地了解、使用本文件，本文件明确了器件无关量子随机数发生器的纠缠源模块、选基随机序列模块、贝尔检验模块、数据后处理模块等模块的性能要求，重点对器件无关量子随机数发生器的检测总体要求、性能表征参数、测试方法和检测报告要求进行介绍，提供了器件无关

量子随机数发生器的检测规程，旨在为器件无关量子随机数发生器的设计、测试和评价提供技术依据。

2018年，中国科学技术大学与美国国家标准与技术研究院（NIST）同期首次实现器件无关量子随机数发生器，明确了器件无关量子随机数发生器的基本物理要求，如，纠缠光源总体探测效率应大于76%、贝尔不等式数据统计方法和贝尔检验的判定依据。2021年，中国科学技术大学实现技术突破，将器件无关量子随机数产率大幅提升，为器件无关量子随机数发生器的性能表征参数（如，纠缠态保真度、非信令条件的检验方法、器件无关量子随机数产率等）的标准制定提供了依据。技术内容的确定基于国内外器件无关量子随机数发生器的技术发展现状、应用场景的性能需求，以及国内主流研制单位的技术水平，是经过广泛的实验技术验证和讨论确定的。

在测试方法的步骤上，本文件方法建立过程中，综合考虑了GB/T 45240—2025《器件无关量子随机数发生器通用要求》和当前国内外各课题组的技术路线和相关成果，保证试验方法的可操作性和可重复性。

在器件无关量子随机数随机性统计的标准确立过程中，参考了GB/T 32915—2026《信息安全技术——二元序列随机性检测方法》，关键参数的确立（如，采集样本数量不少于1000个，每个样本长度不低于20000比特，样本通过率应不低于98%）综合考虑了对目前最高安全级别随机数的检测要求和实验技术发展

潜力，是经过行业协商确定的。

对于安全与环境要求的确定，本文件参照相关实验室环境标准。考虑到器件无关量子随机数发生器通常由高功率泵浦激光器驱动，且包含精密光学元器件的组合，因此，规定了温度（20℃～30℃）和湿度（20%～70%）要求，这是基于国内实验室环境控制能力的平均水平以及设备稳定运行的物理需求确定。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

本文件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）试验验证的分析

本文件描述了器件无关量子随机数发生器的检测总体要求、性能表征参数、测试方法、性能要求和检测报告要求，开展了完整的试验验证工作，按照标准草稿中测试流程和数据处理方法，得到相应的测试报告。由济南量子技术研究院和中国科学技术大学开展双重验证，完整报告见附件。

（二）综述报告

我国已在器件无关量子随机数发生器领域形成完整的技术积累。2018年，中国科学技术大学与美国国家标准与技术研究院（NIST）同期首次实现了基于光学系统的器件无关量子随机数发生器（文章发表于《Nature》），最初的随机数产率较低。2021年，中国科学技术大学实现技术突破，分别通过两种技术路径，

将器件无关量子随机数产率大幅提升（文章发表于《Nature Physics》和《PRL》），为器件无关量子随机数的广泛使用打下技术基础。2023年，中国科学技术大学率先推出面向公众的器件无关量子随机数信标服务（文章发表于《PNAS》），随后，美国NIST也发布了基于器件无关量子随机数的分布式随机数信标（文章发表于《Nature》）。2025年，首个相关国家标准《器件无关量子随机数发生器通用要求》正式发布，对硬件设备生产提出了通用化要求。本文件所采用的检测方法已在国内外多套器件无关量子随机数发生器系统中得到重复验证，其有效性充分确认，能够基本统一该类器件的检测流程、方法与性能指标，为行业提供可重复、可操作的检测标准。

（三）技术经济论证

本文件的检测规程基于成熟的测试技术方法，国内多家单位已掌握器件无关量子随机数发生器测试能力，技术可行。现有机构仅需少量校准及规范化成本（单项测试上千元）可进行检测和评估。对于器件无关量子随机数发生器的检测，本文件可减少重复测试投入，规范生产与检测流程，具有高的技术经济可行性。

（四）预期的经济效益、社会效益和生态效益

经济效益：统一测试方法，降低沟通成本，推动产品化与产业化，支撑计算模拟、密码学信息技术、量子计算与量子信息、和社会透明管理等进一步发展，促进面向公众的高安全等级随机数社会服务的高质高效发展。社会效益：完善量子技术标准体系，

促进人才培养与成果转化，提升国际话语权。生态效益：促进器件无关量子随机数发生器系统优化，降低随机数生成单位能耗等。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

相关术语和定义编写过程中参考了 GB/T 45240—2025《器件无关量子随机数发生器通用要求》、GB/T 43692—2024《量子通信术语和定义》、GB/T 32915—2026《信息安全技术——二元序列随机性检测方法》等国家标准。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

经检索，国际上还没有类似的标准，本文件未翻译或采用国际标准。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

经查，本文件与现有标准及制定中的标准无交叉重复，不涉及国内外专利，与有关的现行法律、法规和强制性国家标准无冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本文件在立项及各次讨论会以及编写讨论中，没有产生重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

未发现涉及相关专利。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡

期和实施日期的建议等措施建议

鉴于本文件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，建议本文件作为规范类国家标准化指导性技术文件。

本文件的建议实施日期为：自发布之日起 6 个月。

本指导性技术文件的实施将为我国器件无关量子随机数发生器的检测提供统一规程指导，明确系统术语定义、检测总体要求、性能表征参数、测试方法和检测报告等内容，同时给出具体性能参数，从而为该类设备的检测与应用提供规范性依据，促进该领域产业化应用的高质量发展。

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、其他应当说明的事项

编写工作组承诺，本文件无版权风险。

本文件在起草过程中严格遵循“开放、公平、公正”原则，充分吸纳了产学研用各类市场主体的意见，未设置任何排除、限制竞争的条款，未偏袒特定主体或技术路线，标准内容符合国家公平竞争相关法律法规及政策要求，能够为各类市场主体提供平等的技术依据和竞争环境。

编写工作组承诺，本文件编写过程中未参考或引用任何受版权保护的文本、图表、数据或其他专有内容，本文件无版权风险，在标准后续征求意见、审定及实施过程中，将持续保障公平竞争原则的落实，确保标准的中立性和公正性。

《器件无关量子随机数发生器检测规程》
国家标准化指导性技术文件编写工作组
2026 年 7 月 10 日

附件 1

《器件无关量子随机数发生器检测规程》 实验测试报告（中国科学技术大学）

被测器件无关量子随机数发生器为中国科学技术大学自研，位于中国科学技术大学上海研究院物理基础研究实验室。依据《器件无关量子随机数发生器检测规程》对检测项目进行性能表征实验测试。

1. 纠缠光源纠缠态制备速率

开启泵浦光源，设置泵浦光周期为 200kHz，调节泵浦光功率至生成的纠缠态的平均光子数约为 0.266，使用时间数字转换器记录探测器 A 和探测器 B 的输出计数分别为 2631385、2723764 及符合计数 2259963，统计时长为 60 s。计算得纠缠态制备速率为 52.8kbits/s，满足性能要求。

2. 纠缠光源量子态保真度

开启泵浦光源，通过调节纠缠光源中的波片组合制备被测设备标称目标非最大纠缠态 $|\psi\rangle = \cos(30.6^\circ)|HV\rangle + \sin(30.6^\circ)|VH\rangle$ 。采用极大似然法进行量子态层析，重构系统实际纠缠态的密度矩阵，实验中得到的量子态层析结果如图 1 所示，纠缠光源量子态保真度为 98.6%，满足性能要求。

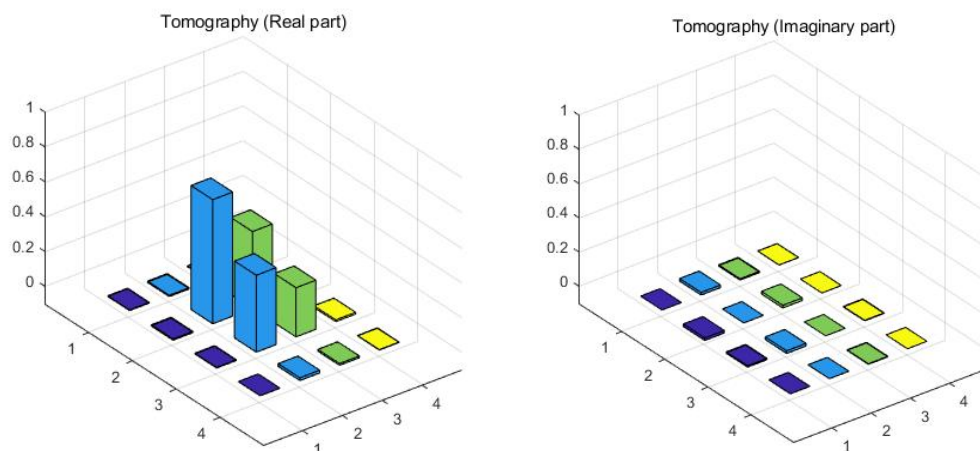


图 1 量子态层析结果

3. 测量基模块测量效率

采用基于普克尔盒 (Pockels Cell) 的调制技术对单光子进行偏振调制 (如图 2 所示), 透过率优于 99%。Pockels Cell 的半波电压约 2.7KV, 采用高压开关对其进行高重频控制。经过调试 Pockels Cell 驱动电压幅度、延迟、宽度等参数后, 可得到测量基调制对比度 $\geq 99\%$ 。我们使用选基随机数驱动 Pockels Cell, 随机数为 0 时, 进行角度为 A_1 的测量; 随机数为 1 时, Pockels Cell 相当于 45° 半波片, 整体光路进行角度为 A_2 的测量。

采用是德科技 N7774 激光器和 Newport918D-IR-OD2R 光功率计, 测量基模块测量效率为 95.5%, 满足性能要求。

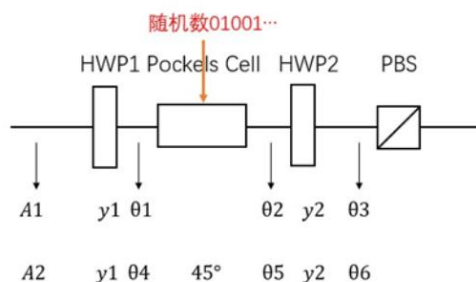


图 2 偏振调制过程

4. 纠缠光源总体探测效率

设置泵浦光功率，使纠缠态平均光子数约为 0.019，经测试，纠缠光源总体探测效率为 $(86.16 \pm 0.22)\%$ ，满足性能要求。

5. 非信令条件检验

采用《器件无关量子随机数发生器检测规程》附件 1 代码方案，输入时间数字转换器采集数据：

```
counts = [
    [1950244802,22890909,24489800,53080663],
    [1913712251,59352620,15670423,61870989],
    [1915692621,17847696,58987259,58119185],
    [1825866420,107805057,103686202,13429220]
]
```

得到 $D_{KL}(f||p_{NS})=3 \times 10^{-10}$ ，满足性能要求。

6. 贝尔检验

在测试过程中，通过调节纠缠光源中的波片组合制备被测设备标称目标非最大纠缠态 $|\psi\rangle = \cos(30.6^\circ)|HV\rangle + \sin(30.6^\circ)|VH\rangle$ 。

经过超过 1×10^9 轮次贝尔检验，使用 TDC 记录的 X、Y、A、B 结果，数据采集信息如下：

表 2 贝尔不等式数据统计

符合计数		ab				
		00	01	10	11	
xy	00	1950244802	22890909	24489800	53080663	0.95122676004558015528
	01	1915692621	17847696	58987259	58119185	0.02855979269410305679
	10	1913712251	59352620	15670423	61870989	0.02890556179202413700
	11	1825866420	107805057	103686202	13429220	0.89078262187331691546

根据表 1 进行数据统计和处理，计算贝尔检验结果：

$$S = p1 - p2 - p3 - p4 = 0.044341.$$

通过贝尔检验，满足性能要求。

7. 器件无关量子随机数产率

使用基于量子概率估计 (quantum probability estimation, QPE) 的随机性估计方法和 Toeplitz 随机数提取方法。在 8.22×10^9 轮次贝尔检验中，由 QPE 计算得到的器件无关量子随机数产率为 0.8kbps，满足性能要求。

8. 器件无关量子随机数随机性统计检测

设置器件无关量子随机数发生器运行时间，使其生成 20Mbits 的器件无关量子随机数，分为 1000 个样本，通过了随机性统计检验。

附件 2

《器件无关量子随机数发生器检测规程》 实验测试报告（济南量子技术研究院）

被测器件无关量子随机数发生器为济南量子技术研究院自研，位于济南量子技术研究院 DI 量子随机数实验室。依据《器件无关量子随机数发生器检测规程》对检测项目进行性能表征实验测试。

1. 纠缠光源纠缠态制备速率

开启泵浦光源，设置泵浦光周期为 4MHz，调节泵浦光功率至生成的纠缠态的平均光子数约为 0.2，使用时间数字转换器记录探测器 A 和探测器 B 的输出计数分别为 41475982、40663229 及符合计数 35362771，统计时长为 60 s。计算得纠缠态制备速率为 794.8kbits/s，满足性能要求。

2. 纠缠光源量子态保真度

测试条件：泵浦光重复频率为 500KHz，平均每脉冲光子数为 0.0014，实验系统制备的非最大纠缠态为： $|\psi\rangle = \cos\alpha|HV\rangle + \sin\alpha|VH\rangle$ ，其中 $\alpha=26.8^\circ$ ，纠缠态产生符合计数小值对应的基矢角度为 $\{45^\circ, -26.8^\circ\}$ 和 $\{90^\circ+26.8^\circ, 45^\circ\}$ ，每组数据统计时长为 50s。

表 3 纠缠光源量子态保真度测试结果

Alice Bob	H	V	D	A	R	L

H	49	29354	14875	14096	13277	14916
V	5859	47	2807	3340	3255	2804
D	3404	13748	14860	1923	7597	8502
A	2728	14105	2169	13792	8075	8289
R	2548	13664	8491	8143	14266	2346
L	3343	13355	8114	7978	1642	14782

最大似然法结果：99.4%，满足性能要求。

3. 测量基模块测量效率

采用是德科技 N7774 激光器和索雷博 S122C 光功率计，测量基模块测量效率为 95%，满足性能要求。

4. 纠缠光源总体探测效率

调节泵浦光功率，使纠缠态平均光子数约为 0.014，纠缠光源总体探测效率结果如表 4 所示，满足性能要求。

表 4 纠缠光源总体探测效率测试结果统计

泵浦光偏振	Alice 测量端	Bob 测量端	平均值
H	85.06% ($\pm 0.52\%$)	84.4% ($\pm 0.42\%$)	84.67%
V	84.89% ($\pm 0.44\%$)	84.34% ($\pm 0.4\%$)	

5. 非信令条件检验

采用《器件无关量子随机数发生器检测规程》附件 1 代码方案，输入时间数字转换器采集到的数据结果：

```
counts = [
    [26577448549,377074689,382548787,859205833],
    [273271195,9410352,2373883,10642175],
    [269497054,2356499,10618247,10489438],
    [2670079,179183,191828,29406],
]
```

得到 $D_{KL}(f||p_{NS})=6\times 10^{-11}$ ，满足性能要求。

6. 贝尔检验

开启泵浦光源，设置泵浦光重复频率为 4MHz，调节泵浦光功率使纠缠态平均光子数约为 0.19，制备非最大纠缠态： $|\psi\rangle = \cos\alpha|HV\rangle + \sin\alpha|VH\rangle$ ，其中 $\alpha = 26.8^\circ$ ，测量基矢分别为 $A_1 = -82.415^\circ$ ， $A_2 = -119.1256^\circ$ ， $B_1 = 7.5846^\circ$ ， $B_2 = -29.1255^\circ$ ，统计时长为 2h。采用《器件无关量子随机数发生器检测规程》公式（6）计算方法，得到贝尔检验结果为 0.7524，满足性能要求。

表 5 贝尔不等式测试结果统计

ab xy	00	01	10	11	
00	26577448549	377074689	382548787	859205833	0.973059
01	273271195	9410352	2373883	10642175	0.960148
10	269497054	2356499	10618247	10489438	0.955712
11	2670079	179183	191828	29406	0.120831

7. 器件无关量子随机数产率

采用双边熵估计方法和 Toeplitz 随机数提取方法，测得随机数产率为 146Kbps。

8. 器件无关量子随机数随机性统计检测：

设置器件无关量子随机数发生器运行时间，使其生成 300Mbits 的器件无关量子随机数，分为 15000 个样本，通过了随机性统计检验。