

《量子压缩光源技术规范》

国家标准编制说明

(征求意见稿)

2025 年 8 月 5 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	2
（四）国家标准主要起草人及其所做的工作	5
二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据	7
（一）标准编制原则和依据	7
（二）标准主要技术内容说明	8
（三）标准中主要技术内容确定的依据和过程	8
三、试验验证情况的说明	9
四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况	9
五、标准采用国际文件的情况说明	9
六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	10
七、制定过程中重大分歧意见的处理过程	10
八、标准中涉及专利的情况	10
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	10
十、其他应予说明的事项	10
附件：《量子压缩光源技术规范》实验测试报告	11

《量子压缩光源技术规范》 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，国家标准化管理委员会下达《2024 年第九批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划》，《量子压缩光源技术规范》国家标准项目正式立项，计划号：20243417-T-469。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，由山西大学、北京华航无线电测量研究所、太原师范学院、太原科技大学、华东师范大学、青岛大学、北京空间机电研究所(航天五院 508 所)、中国空间技术研究院西安分院、中国计量大学、山西斯珂炜瑞光电科技有限公司等单位共同起草。其中，山西大学为该标准起草工作的牵头单位。

（二）制定背景

量子压缩光源能够作为一种革新的量子资源，为量子随机数的产生、量子密钥分发、亚散粒噪声计量等前沿量子科学领域研发和成果应用转化服务，高效的制备量子压缩态与准确地表征它的性能，对完善量子技术体系，尤其是测量标准化体系具有重要作用。

目前，国内进行量子光源研究的主要机构有山西大学、华东师范大学、北京华航无线电测量研究所、中国空间技术研究院、中科院西安光机所、南京大学等，针对不同体制和不同功能量子

光源的制备方法也发表了一些文献，但未形成一个统一的、通用的设计规范。国外对于量子光源的研究基本与国内持平，在部分方向上技术水平略高于国内，但同样未形成统一的设计规范。因此，制定《量子压缩光源技术规范》可以对量子光源制备和评估的规范化、标准化起到很好的指导作用。

（三）主要工作过程

2024 年 12 月，国家标准化管理委员会下达《2024 年第九批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划》，下达了《量子压缩光源技术规范》推荐性国家标准的制定任务，计划号：20243417-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。

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，会同项目牵头单位山西大学，面向领域内相关科研院所、企事业单位、社会团体等，广泛开展了标准起草工作组成员单位/起草专家的征集工作。

2025 年 4 月 8 日，《量子压缩光源技术规范》国家标准起草工作组正式成立。起草工作组由来自山西大学、北京华航无线电测量研究所、太原师范学院、太原科技大学、华东师范大学、科大国盾量子技术股份有限公司、青岛大学、中国科学技术大学上海研究院、北京空间机电研究所(航天五院 508 所)、中国空间技术研究院西安分院、中国长城科技集团股份有限公司、中国电子科技集团公司第四十一研究所、中电信量子信息科技集团有限

公司、中国信息通信研究院、广东国腾量子科技有限公司、中北大学、太原理工大学、中国计量大学、山西斯珂炜瑞光电科技有限公司共 19 个单位的 35 位专家构成。郑耀辉研究员任组长，组员有于春霖、马菁汀、马维光、王俊芬、王雅君、田龙、史少平、史学舜、冯飞、刘勇、刘尊龙、孙小聪、苏晓龙、杨文海、李卫、李东东、李传亮、沈照功、张天才、张文慧、张明江、张宽收、张萌、张靖、吴恒奎、林栩凌、荆杰泰、郜江瑞、贾晓军、徐洋、郭邦红、唐军、谭爱红、潘庆。

2025 年 4 月 15 日，《量子压缩光源技术规范》国家标准启动会暨第一次工作组会议在山西大学光电研究所召开，采用“线上线下结合”的会议方式。会议由山西大学王雅君教授主持，山西大学、北京华航无线电测量研究所、广东国腾量子科技有限公司、太原师范学院、北京空间机电研究所(航天五院 508 所)、太原科技大学、中国长城科技集团股份有限公司、中国信息通信研究院、科大国盾量子技术股份有限公司、青岛大学、中北大学、太原理工大学、济南量子技术研究所等单位的线下 19 位专家与线上 15 位专家出席，共 34 位专家参与。会议对标准草案进行了逐章逐条介绍，与会专家围绕草案中范围与制备方法不匹配、核心指标量化范围、环境条件、仪器设备参数、评估方法及文字表述等问题展开讨论，提出多条修改意见。会议明确了工作时间节点：4 月 20 日前秘书处整理会议纪要并发送全体成员确认；4 月

24 日前，各专家提交修改意见、方案及实验数据；4 月 30 日前汇总意见形成新待确认草案。

2025 年 4 月 30 日，工作组完成对第一次会议收集意见的处理，形成讨论稿（第二稿），并发送给工作组全体成员单位。

2025 年 6 月 9 日，工作组召开第二次工作会议，为线上会议。会议由山西大学王雅君教授主持，山西大学、中电信量子信息科技集团有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、太原科技大学、北京华航无线电测量研究所、太原理工大学、中北大学、太原师范学院、青岛大学、科大国盾量子技术股份有限公司等单位的 25 位专家出席。会议重点讨论讨论稿（第二稿），针对目次、原理与分类、组成、指标要求表述及测试方法等问题提出修改建议。会后，工作组根据讨论意见对草案进一步完善。

2025 年 7 月 11 日，工作组完成对第二次会议收集意见的征集和处理，形成讨论稿（第三稿），并发送给工作组全体成员单位。

2025 年 7 月 16 日，工作组召开第三次工作会议，为线上会议。会议由山西大学王雅君教授主持，山西大学、中电信量子信息科技集团有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、太原科技大学、北京华航无线电测量研究所、太原理工大学、中北大学、太原师范学院、青岛大学、科大国盾量子技术股份有限公司等单位的 23 位专家出席。会议重点讨论讨论稿（第三稿），针对分类表述、参考文献终止线、指标要求表述及评估方法的数据处理

等问题提出修改建议。经投票表决，工作组一致同意根据讨论意见对草案进一步完善后，可形成征求意见稿，报送至 TC578 秘书处。

（四）国家标准主要起草人及其所做的工作

本标准由山西大学作为牵头单位，由北京华航无线电测量研究所、太原师范学院、太原科技大学、华东师范大学、青岛大学、北京空间机电研究所(航天五院 508 所)、中国空间技术研究院西安分院、中国计量大学、山西斯珂炜瑞光电科技有限公司等单位共同起草。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	郑耀辉	山西大学	yhzheng@sxu.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	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
3	马菁汀	北京华航无线电测量研究所	majingting@foxmail.com	参与讨论、提供意见和建议
4	马维光	山西大学	mwg@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
5	王俊芬	山西斯珂炜瑞光电科技有限公司	/	参与讨论、提供意见和建议
6	王雅君	山西大学	YJWangsxu@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
7	田龙	山西大学	tianlong@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
8	史少平	山西大学	shishaoping666@163.com	参与讨论、提供意见和建议

9	史学舜	中国电子科技集团公司第四十一研究所	shixueshun@ei41.com	参与讨论、提供意见和建议
10	冯飞	北京华航无线电测量研究所	646711807@qq.com	参与讨论、提供意见和建议
11	刘勇	中电信量子信息科技集团有限公司	506297204@qq.com	参与讨论、提供意见和建议
12	刘尊龙	北京华航无线电测量研究所	lzlht35@foxmail.com	参与讨论、提供意见和建议
13	孙小聪	太原科技大学	sunciaocong@tyust.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
14	苏晓龙	山西大学	suxl@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
15	李卫	山西大学	xliwei@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
16	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
17	李传亮	太原科技大学	clli@tyust.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
18	杨文海	中国空间技术研究院西安分院	yangwh1@cast504.com	参与讨论、提供意见和建议
19	沈照功	青岛大学	shenzhaogong@qdu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
20	张天才	山西大学	tczhang@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
21	张文慧	太原师范学院	zhangwh0620@163.com	参与讨论、提供意见和建议
22	张明江	太原理工大学	zhangmingjiang@tyut.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
23	张宽收	山西大学	/	参与讨论、提供意见和建议
24	张萌	中国信息通信研究院	zhangmeng@caict.ac.cn	参与讨论、提供意见和建议
25	张靖	山西大学	jzhang74@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
26	吴恒奎	中国电子科技集团公司第四十一研究所	/	参与讨论、提供意见和建议
27	林栩凌	北京空间机电研究所（航天五院 508 所）	gezila@sina.cn	参与讨论、提供意见和建议

28	荆杰泰	华东师范大学	jtjing@phy.ecnu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
29	郜江瑞	山西大学	jrgao@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
30	贾晓军	山西大学	jiaxj@sxu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
31	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
32	郭邦红	广东国腾量子科技有限公司	cto@nqctek.com	参与讨论、提供意见和建议
33	唐军	中北大学	tangjun@nuc.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
34	谭爱红	中国计量大学	tanah@cjlu.edu.cn	参与讨论、提供意见和建议
35	潘庆	/	panqinggeng@163.com	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

1. 科学性和系统性

本标准所规定的量子压缩光源制备及评估方法，与我国近年来量子信息技术的发展和应用紧密结合，吸纳了国内该领域内同行所积累的相关经验，确保标准内容科学性和系统性，填补量子压缩光源制备与评估领域的标准空白。

2. 准确性和完整性

本标准规定了量子压缩光源性能要求及测量方法，适用于量子测量、量子通信以及量子计算领域。本标准在约定性能评价标准和测试方法时充分参考了现有的相关标准规范，保证术语的语义准确性和内容的完整性。

3. 可操作性

本标准所约定的制备方法和评估方法已经在基于光学参量过程的压缩态量子光源相关文献中反复实现，在行业内普遍认同，具有可操作性。

4. 标准的对象和范围

本标准规定了量子压缩光源性能要求及测量方法，具有较强的普适性。

（二）标准主要技术内容说明

本文件界定了量子压缩光源的术语和定义，描述了量子压缩光源的分类、组成和制备方法，规定了量子压缩光源的参数要求、制备与评估方法。本文件适用于采用自发参量下转换法、四波混频法、光力法和克尔效应法等方法制备量子压缩光源，可在量子精密测量等领域中的量子压缩光源参照使用。

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 量子压缩光源的原理与分类、5 关键参数要求、6 其他参数要求、7 制备方法、8 测试方法、9 评估报告。

（三）标准中主要技术内容确定的依据和过程

本标准规定了量子压缩光源性能要求及测量方法，适用于量子光源领域。为规范压缩态量子光源的研发和生产，减少歧义和误解，本标准围绕制备与评估过程进行如下几方面的约定：

1. 术语和定义：规范压缩态量子光源及制备与评估过程中的关键术语，通用术语不再赘述；

2. 仪器设备：考虑到压缩态量子光源广泛应用于量子雷达、

量子计算等不同应用场景，本标准重点对压缩态量子光源评估所需的基本仪器设备及其关键参数进行了约定，不同应用场景的其他辅助设备本标准不做赘述。

3. 制备步骤：本标准列举了压缩态量子光源的制备方法，对关键参数计算方法进行了约定。

4. 评估方法：列举关键表征指标噪声压缩度、输出功率和光束分布参数，并对评估方法进行了约定。对于尚在研究新方法本标准暂不予描述，待新方法被广泛采纳、应用成熟后在后续标准修订阶段进行补充。

三、试验验证情况的说明

本标准针对量子压缩光源性能要求及测量方法开展了部分试验验证工作，按照标准草稿中测试流程和数据处理方法，得到相应性能指标，验证了方法科学性和可行性。

试验验证的过程和数据见附件。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

本标准可填补量子压缩光源性能要求及测量领域相关国际、国内标准空白，暂无其他国际、国外相关文件参考。相关术语和定义编写过程中参考了《量子计算 术语和定义》《量子测量术语》等国家标准。

五、标准采用国际文件的情况说明

经检索，国际上还没有类似的标准，本标准未翻译或采用国际标准。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系
无。

七、制定过程中重大分歧意见的处理过程

本标准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、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

制备与评估是实现压缩态量子光源的物理前提和验证技术。鉴于压缩态量子光源的连续变量量子科技的核心资源，国内外相关量子光源的商业化已经开始布局，制定相应国家标准，可进一步规范压缩态量子光源的研发和生产，减少歧义和误解，强化基础通用标准制定，增加前瞻性、引领性国家标准供给，对推动量子光源技术融合创新和产业发展具有重要意义。

本标准的建议实施日期为：自发布之日起6个月。

十、其他应予说明的事项

无。

《量子压缩光源技术规范》国家标准起草工作组

2025 年 8 月 5 日

附件

《量子压缩光源技术规范》 实验测试报告

一、压缩度测试

1、测试设备：频谱分析仪

2、测试原理：

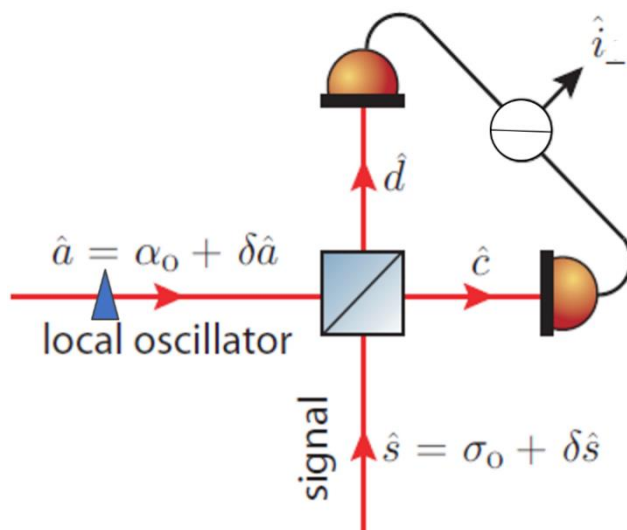


图 1 平衡零拍探测原理图

平衡零拍探测原理如图 1 所示，量子压缩光源输出的单模压缩光作为信号光与本底光在 50:50 分束器上发生干涉并耦合输出后，以相同的输出功率注入两个低噪声探测器。探测器输出的交流信号通过减法器相减，使用高压放大器对本底光路中的压电陶瓷进行扫描时，两束光之间的相对位相在 $0-\pi$ 之间不断发生变化，从而在不同的位相处探测得到信号光的反压缩、压缩或者鉴于两

者之间的信息。将扫描信号即获得振幅压缩光正交分量的量子噪声通过频谱分析仪(SA)记录,即可观察到压缩光的压缩度大小。

3、测试步骤:

1.挡住单模压缩光,注入 10mW 本底光,此时频谱仪记录为散粒噪声基准;

2.同时注入压缩光和本底光,通过高压放大器扫描两束光之间的相对位相,即可以探测到信号光的反压缩、压缩或者鉴于两者之间的信息。

4、测试结果:

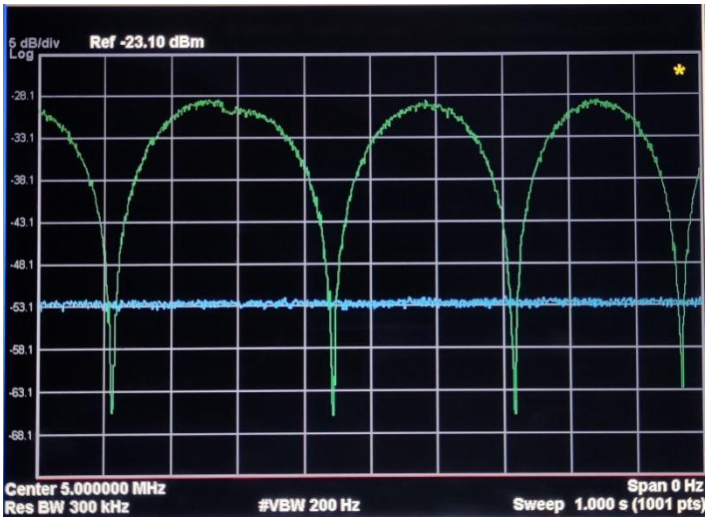


图 2 分析频率 5 MHz 处测得的 13 dB 压缩真空光源压缩度

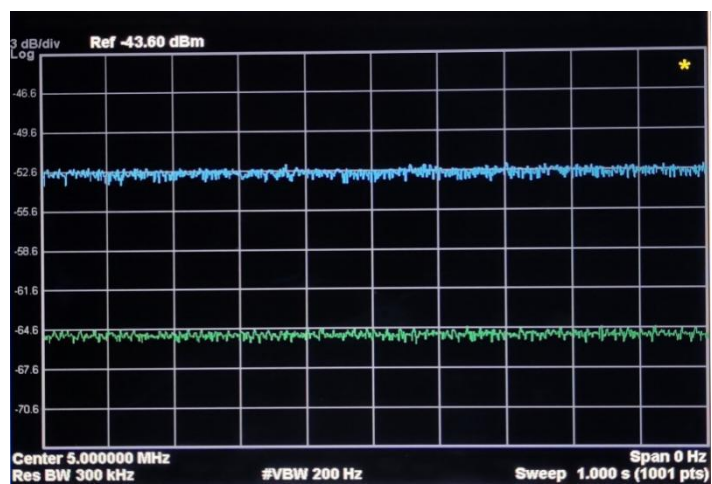


图 3 分析频率 5MHz 处测得的 12.6 dB 明亮压缩光源压缩度

二、稳定性测试

1、测试设备：频谱分析仪

2、测试原理

将量子压缩光源输出的压缩光用平衡零拍探测器探测，用频谱分析仪记录压缩度的波动。压缩源工作在最大压缩度附近，连续测试 8 小时，获得压缩源的长期不稳定性。

3、测试结果

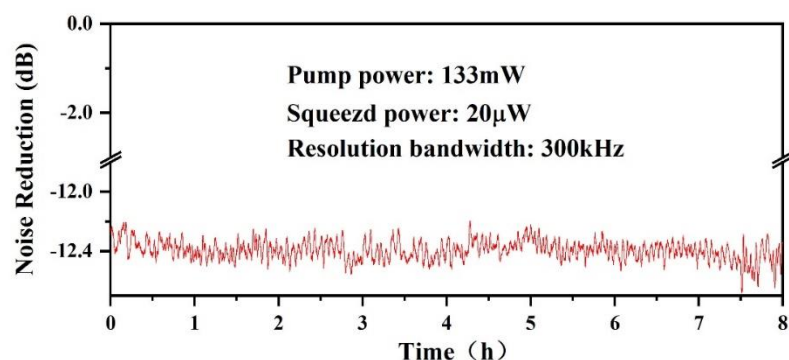


图 4 明亮压缩光源 8 小时压缩度稳定性测试结果

三、输出功率测试

1、测试设备: 功率计(美国 Thorlabs 公司 PM100D、S415C)

2、测试原理:



图 5 输出功率测试原理图

将压缩态量子光源输出的明亮压缩光通过透镜导入功率计，用功率计自带的软件系统记录输出功率；通过调节输入参数获得最大输出功率，并使压缩态量子光源工作在最大输出功率附近，连续测试 2 小时，获得压缩态量子光源的输出功率，以及长期功率不稳定性。

3、测试结果:

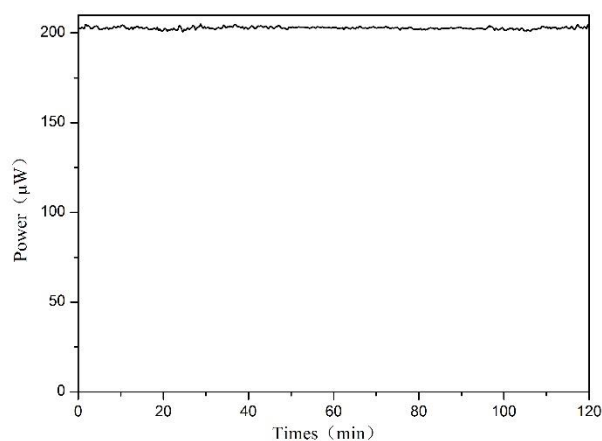


图 6 量子压缩光源输出功率变化

最终制备出的量子压缩光源输出的明亮压缩光功率为 205 微瓦，且具有长期稳定性。

四、光束分布参数测试

1、测试设备：光束质量分析仪（DataRay, Inc, M2 Meter）

2、测试原理



图 7 光束分布参数测试原理框图

压缩态量子光源输出的最理想分布为 TEM00 模的高斯光束，这也是衍射极限的光束大小。由于光学谐振腔长，激光增益介质，输出镜及辅助光学系统等的限制，大多数激光光束并不是完全由衍射极限决定的高斯型轮廓的纯 TEM00 模。光束分布参数测试方法如图 7 所示。高斯光束在空间中的传播路径为双曲线形，在实际测量中通过测量光束在空间中传播路径上的光斑尺寸，从而拟合出双曲线形来测量腰斑大小和光束发散角。

3、测试结果：

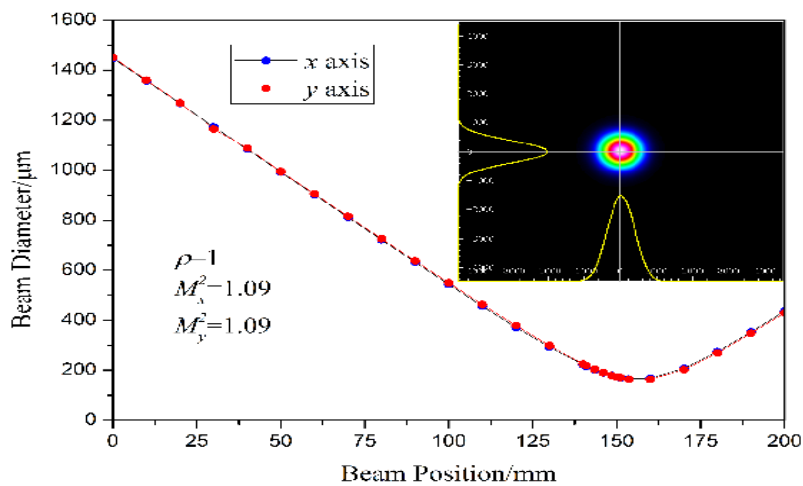


图 8 压缩光的光束质量