

噪声预算核验证书

样例 · 脱敏 · 二级（复算级）

项	内容
证书编号	NBV-2026-0001（样例）
核验对象	光晶格钟原子系综的自旋压缩读出链路
数据来源	已公开发表的摘要与正文数值（本样例不涉及未公开数据）
依据	《量子测量链路噪声预算核验规范》草案 §7、§8.1
符合性等级	二级：提供数据与复算脚本，第三方可逐点复现
出具日期	2026-10-24

本证书为格式样例，用于演示交付物形态；对象名称已做脱敏处理。

1 结论

在「产生 12.9 dB、读出 6.5 dB」这组公开数值下，反解得到的链路效率为 $\eta = 0.818$ ($L = 0.182$)。即：读出差额 6.4 dB 全部落在读出与探测链路上，不在压缩态本身。这与原文「受态读出限制」的自述一致。

该链路的地板是 $A_{e,\max} = 7.40$ dB。即使把压缩度提到无穷大，读出端也只能到 7.40 dB，即比现在再得 0.9 dB。若把 η 从 0.82 提到 0.95，同样条件下读出端可达 10.1 dB，增益 -3.6 dB。两者的量级差，就是该先投哪一头的答案。

一句话结论

瓶颈是读出效率（82%），不是压缩源。继续提高压缩度最多再得 0.9 dB；把读出效率提到 95% 可再得 3.6 dB——后者是前者的四倍。

2 算账

全部计算只用下式与两个公开数值，无自由参数。

$$V = \eta \cdot e^{(-2r)} + (1 - \eta) + n$$

反解：
$$L = (V_{out} - V_{sq}) / (1 - V_{sq})$$

量	符号	取值	来源 / 算法
产生压缩度	r	12.9 dB	原文
读出压缩度	Ae	6.5 dB	原文
产生端方差	V_sq	0.0513	$10^{(-12.9/10)}$
读出端方差	V_out	0.2239	$10^{(-6.5/10)}$
隐含总损耗	L	0.1819	反解式
隐含效率	η	0.8181	$1 - L$
损耗地板	Ae,max	7.40 dB	$-10 \cdot \lg L$
读出差额	Δ	6.4 dB	$12.9 - 6.5$

复算偏差：解析值与本表数值之差小于 10^{-6} 。地板 7.40 dB 意味着即使 $V_{sq} \rightarrow 0$ ，读出端也不可能优于该值。

一处待核。原文另报「平均时间改善 3.7(2) 倍」。按方差比折算应为 4.47 倍，两者相差约 21%。
该差异在摘要中未说明来源，可能来自态制备的占空比。本证书据此把该项列为「已报未核」，不计入结论。

3 边界

- 只覆盖高斯态、线性损耗、单参数相位估计。非高斯态、光子计数、多参数联合估计不适用本式。
- 不评价物理机制。本证书不判断腔反馈、Bloch 曲率等因素的作用，只核算读出链路的等效损耗。
- 数据取自公开摘要，未取得原始数据。若原始数据中的读出效率与本节反解值不符，以原始数据为准，并应重新出具证书。
- 未覆盖的效应：暗噪声修正、探测器非线性、态制备时间。这些项若存在，会改变 η 的分解，但不改变总账。

4 复现包

第三方只需下列三项即可复算，无需专有软件。

文件	内容
输入	$r = 12.9 \text{ dB}$; $A_e = 6.5 \text{ dB}$; $n = 0$
公式	$V = \eta e^{(-2r)} + (1-\eta) + n$; $L = (V_{\text{out}} - V_{\text{sq}})/(1 - V_{\text{sq}})$; $A_{e,\text{max}} = -10 \cdot \lg L$
工具	噪声预算计算器与回溯审计.xlsx（工作表「计算器」第三区）
校验	复算 A_e 与 6.5 dB 之差 $\leq 10^{-3} \text{ dB}$; $\eta = 0.818 \pm 0.001$

版本戳：规范草案 §8.1（2026-10）；计算器 v2026-10。数据与脚本随证书一并交付。

5 条款对应

本证书	规范条款	要求
1 结论	§10.2	结论应为可判定的陈述，含测量条件与数值
2 算账	§7、§8.1	最小披露集与传递式；两项输入缺一不可
2 反解	§8.1	由两个 dB 值反推链路损耗，用于与自报值比对
3 边界	§10.4	应明示未覆盖的效应
4 复现包	§9.2	提供数据与脚本，可逐点复现，偏差 $\leq 10^{-6}$

6 核验清单

- ☐ 两项输入均由公开来源给出，未作任何推断或补齐。
- ☐ 反解值落在 0 – 1 之间（闭合），本式适用；若含前置放大则应改按 § 8.1.3 处理。
- ☐ 复算偏差 $\leq 10^{-3} \text{ dB}$ 。
- ☐ 第 3 节已列明未覆盖效应。
- ☐ 复现包可独立运行，不依赖专有软件。
- ☐ 待核项（平均时间改善 3.7 倍）已单列，未计入结论。

核验人：_____ 复核人：_____ 日期：_____

本证书按《量子测量链路噪声预算核验规范》出具。证书只陈述由所报数据可复算的结论；凡不可复算者，均已在第 3 节列为边界。