

- ▶ 科研成果
- ▶ 研究专题
- ▶ 获奖

基于Fisher信息对称的信息完全测量研究进展

[【大中小】](#) [【打印】](#) [【关闭】](#)

量子测量, 作为提取信息的基本手段, 是量子信息论中一个基本而重要的概念。量子态层析是指通过对多份同一未知量子态进行量子测量, 再利用测量获取的信息对量子态进行估计, 以确定真实量子态的过程。如何选择量子测量以有效地获取量子态的信息是量子态层析中的一个核心问题。理想的量子测量方案中涉及的量子测量算子要尽可能少, 并且在实验中要易于实现。

信息技术部的研究人员李楠与著名物理学家C. M. Caves教授等合作利用Fisher信息量, 提出一种新的量子测量方案——Fisher对称信息完全测量, 该测量在平均提取参数信息的意义下是最优的。这一方案的提出对于量子态层析和量子计量学等领域的理论发展和实验研究有着重要价值。此结果于2016年5月发表在国际物理学重要学术期刊《Physical Review Letters》上。

当对编码了参数信息的量子态进行量子测量以提取信息时, 根据Born律, 不同的量子测量会诱导出不同的经典概率分布。由Cramer-Rao不等式可知, 此概率分布的经典Fisher信息量对参数估计精度提供了一个下界。但这是一个依赖于具体量子测量选择的下界。而利用量子态的对称对数导数定义的量子Fisher信息量是经典Fisher信息量的上界, 因此其对参数估计精度提供了一个与量子测量选择无关的下界。1994年Braunstein和Caves证明, 对于单参数情形, 存在这样的最优测量使其诱导的经典Fisher信息量达到量子Fisher信息量。然而, 当考虑多参数情形时, 经典和量子Fisher信息量都要表示成矩阵形式。虽然经典Fisher信息量(矩阵)仍然以量子Fisher信息量(矩阵)为上界。但由于不同参数对应的最优测量通常具有不可对易性, 一般来说并不存在统一的最优测量使得其诱导的经典Fisher信息量等于量子Fisher信息量。

目前, 在如何用一个量来评价提取多参数信息的量子测量是否最优方面, 并没有统一的标准。一个著名的结果是Gill-Massar标准 [Phys. Rev. A 61, 042312 (2000)]。但此标准下的最优测量可能出现“能够完全提取某些参数信息, 而对另一些参数信息的提取完全无效”的极端情形。针对此问题, 李楠及其合作者改进了Gill-Massar标准, 提出关于每个参数提取信息相等的条件(Fisher对称条件)。将满足Fisher对称条件的Gill-Massar最优测量定义为Fisher对称信息完全测量。李楠等人证明纯态的Fisher对称信息完全测量在任意有限维情形都存在, 并给出了在实验上有指导意义的具体构造方案。详细信息请见:

N. Li, C. Ferrie, J. A. Gross, A. Kalev, and C. M. Caves, Fisher-symmetric informationally complete measurements for pure states, Physical Review Letters 116, 180402 (2016).

<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.116.180402>