

霍金新解黑洞信息丢失之 谜：旧理论 新发现

7月21日，国际知名理论物理学家、英国剑桥大学教授霍金在都柏林举行的第十七届广义相对论和引力国际会议上宣称，他解决了困扰已久的黑洞信息“丢失”之谜。霍金在报告中称，通过用欧几里得路径积分方法（将引力量子化的一种可能方法）研究了拓扑平凡的路径（不包含黑洞）和拓扑不平凡的路径（包含黑洞）后，发现黑洞演化是满足因果律的，信息是不丢失的。这样，霍金就推翻了自己坚持了近30年的观点。霍金的报告引起了国际理论物理学界的广泛兴趣和媒体的高度关注。

所谓黑洞，是指一类引力非常之强的特殊天体，它能吸收所有靠近它的物质，甚至连光也无法逃脱。黑洞只吸收物质，不吐出物质。也就是说黑洞是“黑”的，人们无法直接“看”到它。尽管如此，大量的观测证据表明，宇宙中存在许多这样奇妙的天体。它的原身是超过大约3个太阳质量的普通天体，当它的核能量消耗完时，这一天体将变成一个黑洞。上世纪60年代，经过一些物理学家的研究，人们发现，只要3个物理量（质量、角动量和电荷）就能描述一个不随时间变化的黑洞。换句话说，对于一个黑洞，人们所能知道的只有这3个物理量。在黑洞的形成过程中，描述形成这个黑洞的物质的所有其他特性的信息都丢失了。黑洞的这一特性被美国的物理学家J. 惠勒称为黑洞无毛定理。

因为经典黑洞只进不出，所以黑洞一旦形成，将通过吸收外部物质而变得越来越大，永远不会消失。在黑洞形成过程中，物质信息丢失对于这个经典黑洞而言，在物理学上是不成问题的，人们只要假定形成这个黑洞的物质的所有其他信息（除了质量、角动量和电荷）仍然存在黑洞内部即可，因为人们无法探知黑洞内的任何信息。

这个故事自上世纪70年代中期起发生了本质的变化。1974年，霍金通过研究黑洞外的量子力学，发现黑洞不仅能够吸收黑洞外的物质，而且能以热辐射的形式向外“吐出”物质。这一辐射是一量子力学现象，被称为霍金蒸发。霍金的发现立即引起了整个物理学界的轰动。因为根据霍金的蒸发理论，黑洞在向外蒸发物质的同时，温度也随之升高。这样黑洞不断地向外蒸发物质，它的温度越来越高，蒸发越来越快，最后将以大爆炸的形式向外吐出所有的物质而结束它的生命。

□物理学界质疑霍金旧观点

因为黑洞向外蒸发物质是热辐射过程，人们无法从被辐射出来的物质中提取形成黑洞物质的任何信息。最后黑洞也不见了，那么有关形成黑洞的物质的信息去哪儿了呢？在黑洞的形成和相继的蒸发过程中，信息丢失了。霍金以论文的形式把这个观点发表在1976年的一期《物理评论D》上。霍金的信息丢失理论与20世纪两大物理学成就之一的量子力学相矛盾（另一大物理学成就就是伟大的物理学家爱因斯坦于1916年建立起来的广义相对论，正是它预言了黑洞的存在）。量子力学告诉人们，任何物理演化过程应该满足因果律：信息是守

恒的，即信息不可丢失。20 世纪两大物理学成就在黑洞物理里产生了矛盾。霍金据此甚至认为，量子力学可能不是一个基本理论，在黑洞物理中不再适用。

自上世纪初量子力学建立以来，大量的实验证明量子力学是正确的，信息是不丢失的。所以尽管一些物理学家相信霍金的观点，但大多数物理学家并不承认霍金的观点，而是相信在黑洞的形成和相继的蒸发过程中信息是不丢失的。他们的观点在 20 世纪 90 年代中期引力的全息原理被发现后得到了加强。诺贝尔奖获得者、荷兰理论物理学家霍夫特在 1993 年提出引力具有全息性质。1994 年，美国理论物理学家萨斯金德进一步发展了这一观点。引力的全息原理是说一个引力理论（广义相对论即为一引力理论）能够与一个不包含引力的量子场论（量子力学的推广）等价。换句话说，一个引力体系（如黑洞）能被量子场论所描述。而在量子场论中演化是应满足因果律的，信息是不丢失的，因此与它等价的引力理论也应该是满足因果关系的，信息是不丢失的。

□解决信息丢失之谜尚需时日

时隔 30 年，霍金又发表惊人言论。但是，他是否真正解决了困扰人们近 30 年的黑洞信息丢失之谜呢？目前霍金有关这一研究的论文还没有正式发表，而大多数物理学家对霍金是否解决黑洞信息丢失之谜仍持保守态度，因为人们相信，一般情况下要完全解决黑洞信息丢失之谜至少要等到建立一个正确的量子引力理论之后。而这一量子引力理论还在理论物理学家的努力之中。

尽管作为量子引力理论的候选者之一的超弦理论在上世纪 90 年代中后期对黑洞物理的发展做出了巨大的贡献，但超弦理论也不能完全破解黑洞信息丢失之谜。现在黑洞信息丢失之谜的核心问题不是黑洞是否丢失信息，而是如何按因果律描述黑洞的形成和相继的蒸发过程，这样一种描述可能只能在一个完全的量子引力理论中才能实现。