



“纯净暗房”中捕捉“幽灵粒子”

我国开启中微子研究新篇章

地下700米，广东江门的一处静谧山体深处，一个直径超35米的有机玻璃球正静静地捕捉来自宇宙的“幽灵粒子”——中微子。

中国科学院高能物理研究所8月26日宣布，作为国际上首个建成运行的新一代大型中微子实验装置，中国江门中微子实验已成功完成2万吨液体闪烁体灌注，并正式运行取数。这座历时十余年建设的重大科学设施，将着手解决粒子物理学领域未来十年内的重大问题之一：中微子质量排序。

中国科学院院士、江门中微子实验首席科学家王贻芳表示，这是国际上首次运行这样一个超大规模和超高精度的中微子专用大科学装置，“将使我们能够回答关于物质和宇宙本质的基本问题”。

● 测量精度前所未有的

江门中微子实验探测器位于广东省江门市附近地下700米处，可以探测53公里外台山和阳江核电站产生的中微子，并以前所未有的精度测量它们的能量。

经过10余年的准备和建设，江门中微子实验在试运行期间首批获取的数据显示，其探测器关键性能指标全面达到或超越设计预期，这使江门中微子实验能够着手解决粒子物理学领域未来10年内一个重大问题——中微子质量排序，即第三种中微子是否比第二种中微子更重。

中微子是构成物质世界的基本粒子之一，也是宇宙中最古老、数量最多的粒子，从宇宙大爆炸起就弥散在宇宙中，无处不在却又“神出鬼没”，几乎不与任何物质发生反应，导致人们不仅看不到，就连探测也十分不易。

直到1956年，人类才首次在核反应堆捕捉到中微子的踪迹。从那时起，中微子就成为物理学研究的重要课题，但仍有诸多未解之谜。

中微子就像宇宙留给人类的一道谜题。早在2003年，我国便论证设计了第一代中微子实验装置——大

亚湾中微子实验。

如今，江门中微子实验接过了接力棒。它不仅要解答中微子质量排序问题，还将以更高精度测量中微子振荡参数，并涉足超新星、地球中微子、太阳中微子等研究。

项目团队透露，江门中微子实验的设计使用寿命可达30年，后期可升级改造为世界最灵敏的无中微子双贝塔衰变实验。这样的升级将探测中微子绝对质量、检验中微子是否为马约拉纳粒子，从而解决粒子物理、天体物理和宇宙学的前沿交叉热点难题，并深刻影响人们对宇宙的理解。

● 重大国际合作项目

江门中微子实验由中国科学院高能物理研究所牵头，合作组包括来自17个国家和地区的约700名研究人员。从看不见摸不着的“幽灵粒子”，到一步步揭开神秘面纱，江门中微子实验是通向未知宇宙的一扇新窗口。

江门中微子实验副发言人、意大利米兰大学及意大利国家核物理研究所(米兰)教授乔阿基诺·拉努奇认为，江门中微子实验建设取得的重要成就，也得益于富有成效的国际合作，例如，共同推动液体闪烁体探测技术达到极限边界，为实现江门中微子实验宏伟的物理目标开辟了道路。

与国际同类实验相比，江门中微子实验对质量顺序的测定不受地球物质效应和其他未知中微子振荡参数的影响，并将显著提高6个中微子振荡参数中的3个参数的精度。江门中微子实验使科学家能对来自太阳、超新星、大气和地球的中微子开展前沿研究，并将开启探索未知物理的新窗口，包括对不活跃中微子和质子衰变的搜寻。

江门中微子实验总工程师马晓妍指出，建设江门中微子实验不仅需要新的想法和技术，还需要多年的精心规划、测试和坚持，以及满足材料纯度、稳定性

和安全性等严格要求。中外数百名工程师和技术人员的团队协作，使江门中微子实验这个最初大胆的设计变成一个功能齐全的探测器。

● 特殊要求全部满足

江门中微子实验由中国科学院高能所于2008年提出构想，2013年得到中国科学院战略性先导科技专项(A类)、广东省人民政府的支持；2015年启动隧道和地下实验室建设；2021年12月完成实验室建设并开始探测器在地下实验室的安装建设；2024年12月探测器主体建设完成并开始灌注超纯水与液体闪烁体。

灌装过程中尤为关键的是，超纯水与液体闪烁体的超高洁净度、透明度和极低放射性本底等特殊要求全部得到满足。同时，项目团队完成探测器的调试优化，确保探测器在灌注完成后立刻进入正式运行取数阶段。

据介绍，江门中微子实验的核心探测器为有效质量达2万吨的液体闪烁体探测器(中心探测器)，安置于地下实验大厅44米深的水池中央。其直径41.1米的不锈钢网壳作为主支撑结构，承载了包括35.4米直径的有机玻璃球、2万吨液体闪烁体、2万只20英寸光电倍增管、2.5万只3英寸光电倍增管，以及前端电子学、电缆、防磁线圈和隔光板等众多关键部件。遍布探测器内壁的光电倍增管协同工作，探测中微子与液闪相互作用产生的闪烁光，并将其转换为电信号输出。科学家估计，这个装置一天可以“捉”到大约60个“幽灵粒子”。

建设如此高精度的探测器，每一步都是挑战。马晓妍介绍，项目团队在45天内完成6万多吨超纯水的灌注，将内外有机玻璃球的液位差控制到厘米量级，流量偏差不超过0.5%，有力保障了探测器主体结构的安全稳定。

综合新华社、中新网、中国科学报

↓ 建设中的江门中微子实验核心探测器(资料图片)。

