

## 探测到来自地幔的中微子

(中国原子能科学研究院 周书华 编译自 Mark Buchanan, *Physics*, August 7, 2015)

地球内部长寿命的放射性同位素的不断衰变对地球加热并发射出中微子。用大型探测器可以观测这些中微子。Borexino 合作组最近报道了一组新的关于这种“地球中微子”的数据，并指出，其中至少一些源自地幔。这项工作可以使研究人员更好地理解放射性衰变如何帮助驱动内部的地球物理过程，包括地幔中岩石的缓慢迁移。

中微子与物质的相互作用极其微弱。当中微子穿过 1 光年厚的铅墙时，只有一半的中微子被阻止，所以，探测中微子是很具挑战性的。但是 Borexino 和另一个国际合作组 KamLAND 使用大型探测器曾以很高的置信度探测到地球中微子。研究人员希望通过更多的数据获得关于放射性同位素在地球内部的分布，以及它们释放给地下不同

区域的热量分布的进一步信息。

在意大利 Gran Sasso 国家实验室的地下运行的 Borexino 探测器含有 300 吨受到粒子照射会发光的液体，探测在核衰变中产生的电子反中微子。从 2007 年 12 月到 2015 年 3 月，该探测器总共记录了 77 个候选地球中微子事件。而在 2013 年该团队曾报道过探测到 46 个此类事件。

在所有已知的放射性同位素中，只有铀-238 和钍-232 具有足够的丰度，并产生能量足够高的反中微子对探测事件有贡献。但是，核反应堆也产生反中微子。使用国际原子能委员会的数据，Borexino 团队计算出，所探测到的 77 个反中微子事件中，约有 53 个可能来自反应堆，剩下约 24 个真正的地球中微子。这次对于地球中微子探测的置信度是迄今为止最高的。所有这些反中微子都来

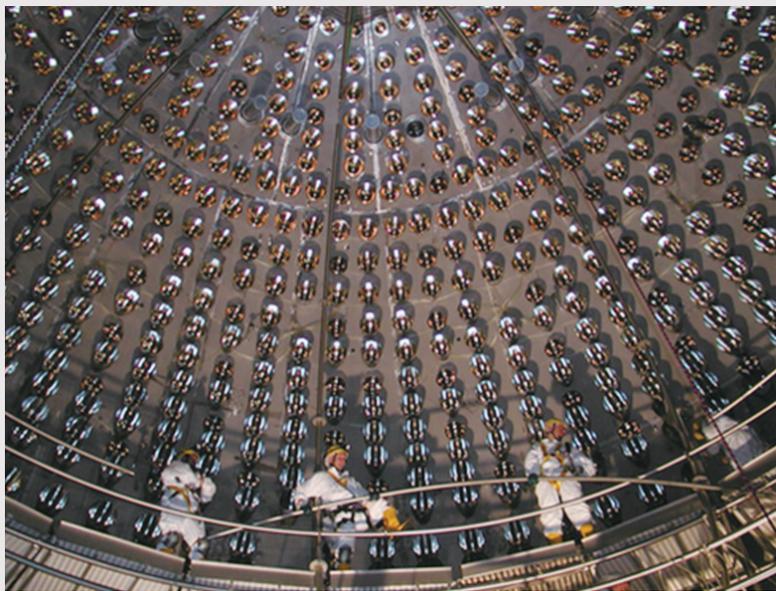
自反应堆的概率低于一亿分之一。

Borexino 合作组估算了从地幔产生的而不是源自地壳的地球中微子的数量。他们早期的估算具有很大的不确定性，没有很高的置信度说明探测到的地球中微子有多少是来自地幔的。基于更多的数据，该团队将误差减小到足以指出：所有这些中微子都源自地壳的概率只有 2%。为了求出来自地幔的中微子所占的比例，他们根据测量到的铀和钍的丰度估算了预期源自地壳的中微子数量，然后从中微子总数中将这部分减去。结果发现，大约一半的地球中微子最可能是来自地幔。

研究人员还估算了放射性衰变所产生的总热量。地球科学家们知道，从地球内部大约产生 47 太瓦 (470 亿千瓦) 的功率，其中一些是地球形成时“原初热”的剩余，其余部分则来自放射性衰变。每种来源所占的份额仍很不清楚。Borexino 最新的分析所给出的放射性产生的热大约为 33 太瓦 (带有很大的误差)，高于以前的研究结果。

Borexino 团队的负责人 Aldo lanni 指出，未来进行的更长期的研究将减小不确定性，可以进行精确的地球中微子谱学测量，根据产生中微子的元素来区分中微子。这样的数据将提供关于地球内部各处同位素分布的信息。目前的研究，根据中微子的能量仅仅能把来自铀-238 衰变与来自钍-232 衰变的反中微子区分开。而且误差太大，不能做出肯定的结论。

更多内容详见：M. Agostini et al. *Phys. Rev. D*, 2015, 92 : 031101。



中微子眼。意大利的 Borexino 实验装置在 7 年的周期内探测到地球中放射性衰变产生的 24 个中微子