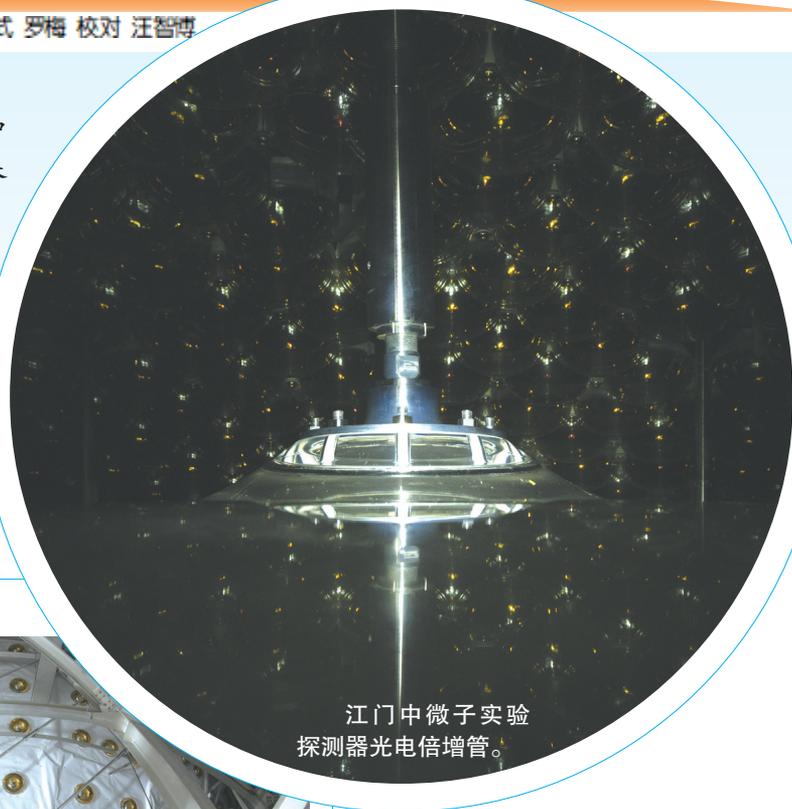
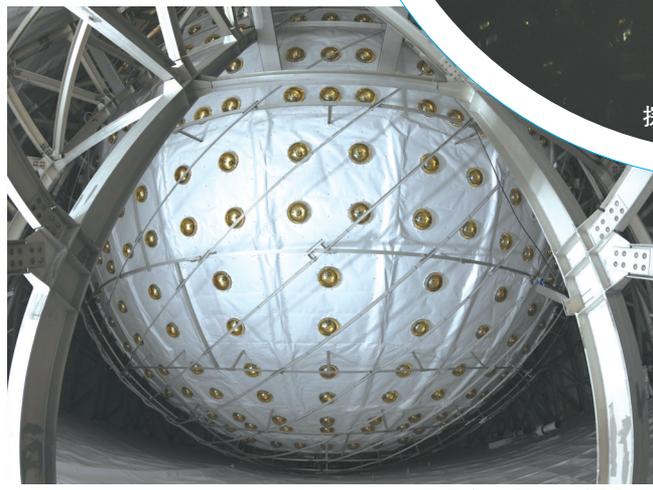


为了揭开宇宙最深邃的奥秘,科学家把目光投向地下700米的地方。在位于广东江门开平市的江门中微子实验大厅,从2013年立项至今,中国科学家花了11年时间设计、建造了一座位于地下700米的巨型探测器,用来捕捉有“宇宙幽灵”之称的中微子。探测中微子,到底为何如此重要,又如此困难?

在700米地下 与“宇宙幽灵”约会



江门中微子实验探测器光电倍增管。



江门中微子实验探测器

1 深入地下七百米

从广东江门开平市区出发,驱车大约一个小时,一片坐落在青山中的建筑群映入眼帘。换乘简易罐笼,听着耳边金属碰撞发出的叮当声,5分钟左右可以到达位于地下700米的实验大厅。

一座大科学装置,为什么要建在如此偏僻的地方?为什么要把探测器放置在700米深的地下?

据大装置的“管家”——中国科学院高能物理研究所科研人员介绍,江门中微子实验的主要工作,其实是测量核电站反应堆的中微子振荡,核电站反应堆热功率越大,释放的中微子数目就越多,实验精度就越高,尤其是当实验装置距离核电站反应堆50至55公里时,中微子振荡出现极大值,对中微子质量顺序的测量最灵敏。江门中微子实验所在位置,距离附近的阳江核电站和台山核电站均为53公里,三地形成一个等腰三角形,这样就可以最大限度利用两个核电站的总功率。

放置在地下700米深处,则是出于“安静”的要求。科研人员说,由于地面上有很强的宇宙射线,会干扰对中微子的探测。700米的山体和岩层就相当于过滤器,可以大幅减低宇宙射线强度。

江门中微子实验的核心探测设备是一座巨型的液体闪烁体探测器,相当于13层楼高,探测器放置在地下实验大厅内一个44米深的池子中央,由直径41.1米的不锈钢网壳支撑。

如此庞大的探测器是如何工作的?关键就在于其内部放置的密密麻麻的光电倍增管。中国科学院高能物理研究所所长曹俊说,探测中微子主要依靠液体闪烁体和光电倍增管实现。液体闪烁体是探测中微子的介质,看上去和水差不多,但对纯度要求非常高。当外界中微子进入探测器内部,个别中微子与液体闪烁体发生作用,就会发出微弱的光,探测器内数万个光电倍增管负责把光信号转化成电信号,并将微弱的电信号放大1000万倍。电信号有了一定强度,科研人员就可以将其记录下来,利用计算机开展数据分析,探索中微子方有可能。

2

解答七十年未解之谜

说起来,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。理解中微子,也就是理解宇宙的历史。

然而,人们无法感知到身边无处不在的中微子。这是因为中微子质量非常轻,以接近光速运动,更具有强大穿透力,可以轻松穿过人体、地面、地球甚至是太阳。更重要的是,中微子几乎不与任何物质发生反应,导致人们不仅看不到中微子,就连探测它也非常不容易。

直到1956年,美国物理学家莱因斯和考恩首次探测到了核电站反应堆发出的中微子,中微子的存在终于得到证实。从那时起,中微子就成为了物理学的重要主题,相关成果4次获得诺贝尔奖。然而,近70年后,人们对中微子的性质仍然缺乏详细了解。

“中微子质量大小、起源、质量顺序、是否造成宇宙中物质与反物质的不对称等关键问题尚不明确。”中国科学院院士、江门中微子实验首席科学家王贻芳如是说。作为我国中微子研究的领军专家,王贻芳2001年开始领导我国的中微子实验。在他看来,建设先进的探测器,获取更精确的数据,是中微子研究的重点。

根据现有规划,江门中微子实验设计寿命是30年,预计在正式运行后的5到10年内完成测量中微子质量顺序这一最主要的科学目标。同时,科研人员也会投入测量中微子的振荡参数,把精度提高10倍左右,并涉足超新星、地球中微子、太阳中微子等研究。在2030年左右,科研人员将对探测器进行改造升级,使其能够测量中微子的绝对质量。

3

大科学计划催生多项国际领先技术

作为一个复杂而精密的大科学装置,江门中微子实验建设要求高、难度大,面临的挑战在国际上也是少见的,尤其从控洞、设备安装,到调试、运行,全程在地下700米处进行,更关键的是,需要在长达30年的时间里确保探测器持续正常工作,这对于各项工程的要求到了近乎苛刻的程度。

“在建设江门中微子实验这一大科学装置过程中,科研人员在国产新型光电倍增管研制、高性能液体闪烁体研制、超大型高精度探测器设计制造等一系列前沿技术领域取得实质性突破,不仅满足了实验装置的建设需求,还推动了相关技术的国产化以及产业的发展,充分体现了大科学计划的牵引作用。”王贻芳说。

“江门中微子实验建成后将成为国际中微子研究的中心之一,与日本的顶级神冈中微子实验(Hyper-K)和美国的深部地下中微子实验(DUNE)形成中微子研究的三足鼎立之势,将使我国在中微子研究领域的国际领先地位进一步巩固。”王贻芳说。

文图据新华社