

中微子探测器像
一个巨大的钢球。



阻挡宇宙射线捕捉“幽灵粒子” 地下700米洞穴 建起巨大“钢球”

近日,广东江门市,在媒体座谈会上,中科院高能物理研究所所长、中科院院士王贻芳又一次遇到了那个这些年回答过无数次的问题,“为什么要建(大科学装置),有什么用?”或者说“跟我们普通人有什么关系?”

这位物理学家一如既往地耐心地从中微子是什么讲起,讲竞争激烈的国际中微子研究,讲对于宇宙基本规律的探索,讲各国的基础研究。呼吁多年,王贻芳感觉到了这些年大家对大科学装置看法的积极变化。在他看来,“建设大科学装置就像谁最先有望望远镜、显微镜,谁最早得到科学最新的东西,谁做了谁就走在前面。”

探秘

地下700米,用岩石阻挡宇宙射线

江门中微子实验位于广东省江门开平金鸡镇的一个村落,一路坐车从窗外看去,可以看到大片的农田、民居和偶尔出现的农家乐饭店。

这里进行着一场国际“竞赛”:以测量中微子质量顺序为首要科学目标的大科学装置,建成后将与日本的“顶级神冈中微子探测器”和美国的“深部地下中微子实验”设施形成中微子研究的鼎足之势。

为什么选址这里?王贻芳告诉记者,从地图上看,这里和阳江核电站、台山核电站正好形成一个“等腰三角形”,实验室距离两个核电站均为53公里。据了解,核电站发电会产生大量中微子,距离核反应堆50至55公里的地方建造往往是理想的地

点。“利用两个核电站,我们的实验造价就省了一半的钱。”他说。

乘坐近15分钟的轨道牵引车后,记者来到地下700米的山洞——实验大厅所在地。记者看到了江门中微子实验的“心脏”——中微子探测器。探测器的主支撑结构是一个巨大的“钢球”,使用了大约900吨的不锈钢材料。

未来,中微子探测器将浸泡在位于地下实验大厅44米深的水池中央,它由直径41米的不锈钢网壳、直径35.4米的有机玻璃球、以及2万吨液体闪烁体、2万只20英寸光电倍增管、2.5万只3英寸光电倍增管等关键部件组成。

据介绍,之所以把探测器放在很深的地下,是用岩石来阻挡宇宙射线;

将其泡在水池中,是用水来阻挡来自岩石、空气、灰尘的天然放射性干扰。

据了解,液体闪烁体99.7%的成分是日用洗涤剂的一种原材料——烷基苯,液体闪烁体是探测中微子的介质,当大量中微子穿过探测器时,偶尔会在探测器内发生反应,发出极其微弱的闪烁光。

按照设计,液体闪烁体被密封在钢和有机玻璃制作的容器中,然后被浸泡在一个巨大的水池中。

钢架上将安装可以将光信号转变成电信号的光电倍增管。中微子在液体闪烁体中发生反应后发出的闪烁光可以被光电倍增管捕捉到。探测器建成后,水池将封盖,探测器将在“不见天日”的情况下运行30年。

普自己在做的中微子研究。

在所有的动机中,真正让王贻芳和他的科学家同事们愿意耗费多年心血(大科学装置从提出到建造往往以5年、10年为计)的根本动机,就是希望了解这个世界的好奇心。“学物理就希望了解这个世界,初心就是希望在对整个物质世界的认识中能做出自己的一点贡献。”他说。

王贻芳告诉记者,人们觉得大科学装置有用,更多是认为大科学装置主要解决国家目前经济发展的需求,不过在他看来,这是大科学装置成果的其中一个方面,更重要的是要让中国的基础研究走在国际前列。

成果

测量中微子质量顺序为首要科学目标

来自世界各国的科学家,都绞尽脑汁去捕捉“幽灵粒子”中微子的蛛丝马迹。中微子分为电子中微子、 μ 中微子和 τ 中微子三种,中微子振荡就是指三种中微子的相互转化和混合。在此之前,日本和加拿大的科学家发现已知三种中微子之间的两种振荡模式,但第三种中微子振荡模式一直未被发现。

2012年3月,王贻芳领衔的大亚湾中微子团队宣布,首次探测到中微子的第三种振荡模式。这一发现为超出标准模型的新物理研究,特别是解释宇宙中物质与反物质不对称性提供了可能。这一成果使得王贻芳被授予2016年“基础物理学突破奖”,他也是唯一获得该奖项的中国科学家。

2020年12月,大亚湾核反应堆中微子实验装置退役,后继者就是江门中微子实验。相较前者,江门中微子实验以“测量中微子的质量顺序”为首要科学目标,这也是国际中微子研究的核心问题,而且此次实验规模更大,实验也更加灵敏。

自2014年成立国际合作组,江门中微子实验至今已发

展为由19个国家和地区的74个科研单位600余位科学家组成的大型国际合作组,如此大规模的国际合作可能在中国科学界是第一次。

王贻芳认为,用于基础研究的大科学装置一定要有充分的国际合作,要积极争取国外的参与和实物贡献。对于基础研究来说,这种国际合作使得投入更加有效,覆盖面更广,研究成果的影响力也会扩大,“十几个国家,这些人都会到自己国家宣传,项目影响力可能会乘以5倍、10倍。”

此外,国际合作对于选择优秀的项目极其重要,在项目立项阶段,国际评审应避免利益冲突。一个项目在十几个国家都能有说服力,那说明这个项目很可行。“如果你不能吸引别人投资,那说明你不够优秀。”王贻芳说。

近年来,无论是大亚湾反应堆中微子实验、江门中微子实验还是大型环形正负电子对撞机,中科院高能所正逐渐把世界科研的目光吸引到中国。“把一个科学的中心建在中国,让别人向往我们,让他们都到我们这里来。”王贻芳说。

名词解释

中微子

什么是中微子?中微子被称为“幽灵粒子”,因为它在十二种基本粒子中最小、最轻,也没有电荷,最难探测,所以人们对它的了解也最少。通过研究中微子,可以知道物质世界的构成,知道物质世界为什么成为今天的世界。

散裂中子源

中子由于不带电,不易受到带电质子和电子的阻碍,能比其他探测方式更为轻松地穿

透物质。中子束打到被研究的样品身上,大多数会不受任何阻碍而穿过样品,但有些中子会与研究对象的原子核发生相互作用,其运动方向也会发生改变,向四周“散射”。测量中子散射的轨迹及其能量和动量的变化,可以精确地反推出物质的结构。

为了源源不断地产生中子,科学家们要建设一个类似于“中子工厂”的大科学装置,这就是散裂中子源装置,人们把它称为研究物质材料微观结构的“超级显微镜”。

据《南方都市报》

焦点

为什么要建大科学装置?

中国科学院高能物理研究所副所长、散裂中子源科学中心主任陈延伟告诉记者,国家发改委布局建设的中国散裂中子源当初落户东莞市大朗镇时,这里还只有一大片荔枝林。如今投入应用4年时间,中国散裂中子源已成为相当“火爆”的科学装置,多家科研团队和企业排队申请应用。

在王贻芳看来,无论是FAST天眼也好,中国散裂中子源也好,这些大科学装置都提升了地方的知名度,成为了所在城市的一张名片。“比如在东莞,有人听说隔壁就是中国散裂中子源,那人家就愿意来投资。”

在地下700米的实验大厅,记者见到了外形酷

似“圆眼睛灯泡”的光电倍增管。国内曾经生产过小光电倍增管,后来被日本滨松垄断。

为了满足江门中微子实验“世界最高探测效率”的需求,研究所与企业成立联合体共同研制20英寸的光电倍增管。之后研制的高速光电器件被广泛应用于国家安全、医疗、科研等方面。“我们不跟他提需求,企业也想不到做这些事情。”王贻芳曾在2021未来青年论坛上发表演讲时称,正是科学家和工程师的这一次合作,使中国的光电器件一下子走到了国际前列。

在很多人眼中,不少大科学装置距离人们的生活太过遥远。过去这些年,王贻芳在多个场合科