

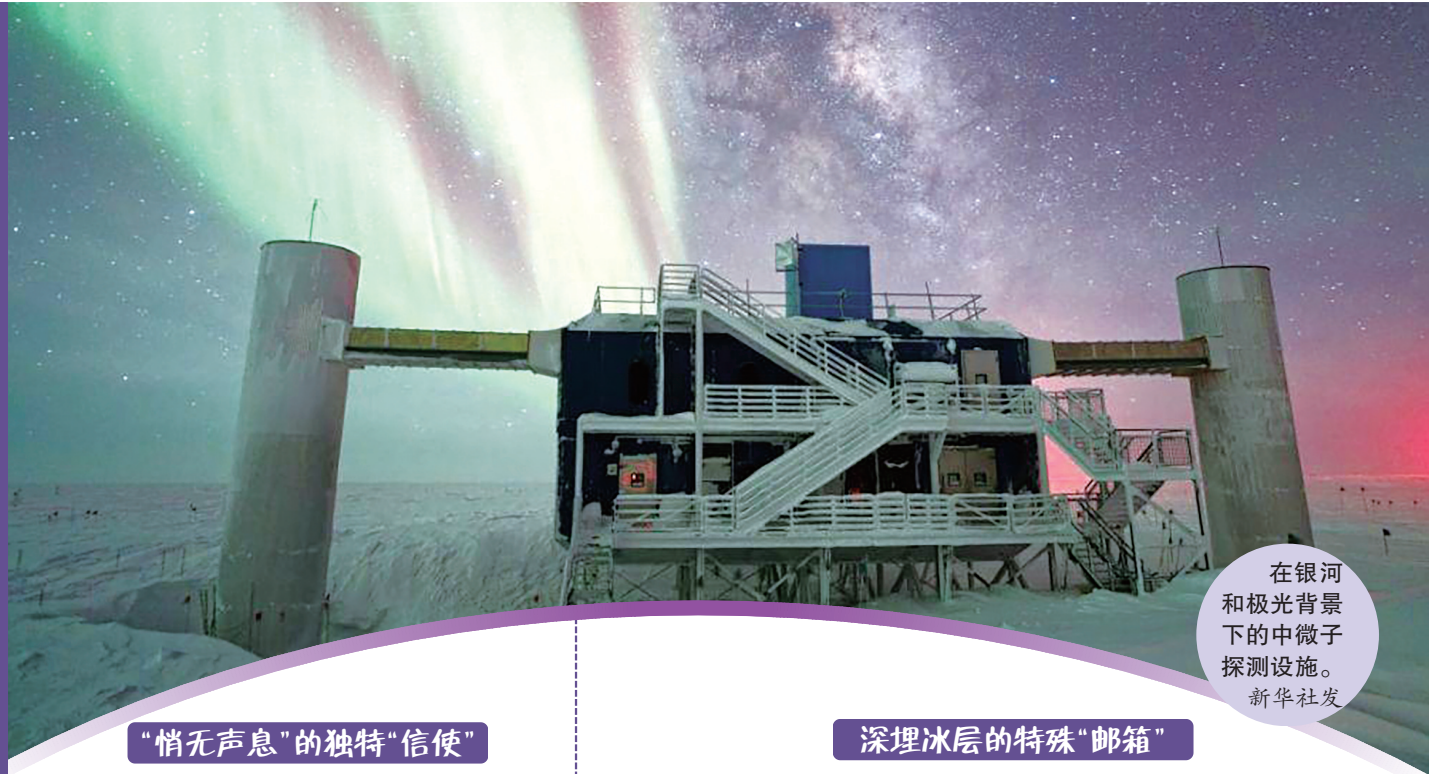
“

穿过我们的身体,甚至穿过整个地球,“宇宙中最害羞的粒子”——中微子通常不留痕迹。不过,在南极深冰下,来自遥远宇宙的高能中微子偶尔也会因与原子核的碰撞而激起微光。这些微光由埋在冰中的探测器记录下,我们就可能读到“宇宙来信”。

为接收这样的“来信”,2026年诺贝尔物理学奖得主弗朗西斯·哈尔岑和同行,把1立方千米南极深冰变成了一座特殊“邮箱”——冰立方中微子天文台。

# 在南极深冰下,等一封宇宙来信

——二〇二六年诺贝尔物理学奖成果解读



在银河和极光背景下的中微子探测设施。  
新华社发

## “悄无声息”的独特“信使”

每秒,约有650亿个来自太阳的中微子穿过你的小指甲,它们既让你毫无察觉,也让科学家难以探测。

还有一些中微子或从遥远的宇宙传来。其中有些中微子的能量远高于太阳中微子,数量却稀少得多,可能带来它们诞生之地的消息。

寻找它们,是为了追问一个谜题:宇宙中的一些粒子,究竟在哪里、通过什么过程,获得了远超地面加速器所能赋予的能量?这些天然的粒子加速器,又是怎样工作的?

直接追踪这些粒子并不容易,宇宙射线中的许多粒子由于带电,会被磁场改变方向,抵达地球时,来路已经难以辨认。中微子则提供了另一条线索,这种不带电的“信使”不会被磁场带偏,又极少受到物质阻拦,有机会从光难以穿透的地方带出消息。

诺贝尔物理学委员会主席马克·皮尔斯解释说,这意味着,观测宇宙不一定只能依靠光,也可以借助中微子带来的信息。

可是,对如此“悄无声息”的访客,我们怎样才能捕捉到其到访的证据?

1988年在波兰举行的一次会议上,哈尔岑和同行首次提出在南极利用冰层建设中微子天文台的构想,希望以足够大的探测体积,捕捉极少数中微子与原子核发生相互作用后产生的信号。

不过,“这是一场不能保证成功的冒险。”哈尔岑10月6日在获奖后回忆说。

## 深埋冰层的特殊“邮箱”

“我们的最大风险是,没有人知道,1立方千米的探测器究竟是否足够大,大到能够发现来自地球大气层之外、来自宇宙的中微子。”哈尔岑说。

中微子本身并不发光。但当它偶尔撞上冰中的原子核,就可能产生一些带电粒子。这些粒子在冰中高速运动时,会发出微弱的光。

要捕捉这种微光,就需要在冰层中布设光传感器。哈尔岑把这些传感器比作“反向灯泡”:与灯泡相反,它们接收光后,会把光变成电信号。根据接收到的光量,研究人员可以估算粒子

在冰中留下了多少能量;再根据光到达不同传感器的时间差,推算中微子的来向。

怎样把这些传感器送进深冰?研究人员向冰川学家学习,用高压热水在冰层中融出深孔,再把串有光传感器的长缆缓缓放进去。

前期实验逐渐证明了这条路走得通,在此基础上建设的冰立方中微子天文台,到2011年达到完整规模:5160个光传感器分布在86条长缆上,主要阵列位于冰面下1450米至2450米,覆盖约1立方千米冰体。

## 尚待解读的远方“来信”

仪器建成后,还要辨认信号:宇宙射线也会在大气层中产生中微子,要寻找来自遥远宇宙的中微子,需要科学家对探测到的事件进行筛选,分析粒子的能量、方向等特征,判断数据是否超出了大气背景所能解释的范围。

2013年,研究团队报告了两个能量极高的中微子事件,获得了具有天体物理起源的高能中微子的首批证据。后来研究团队识别出更多高能事件,并确认了来自地球大气层之外的高能中微子。

不过,“寄信人”的信息还很模糊。星系NGC 1068是受到关注的候选来源之一,但有关证据尚不足以作出判定;冰立方也发现了银河系的高能中微子信号,但尚未能锁定具体的源头。

尽管这些宇宙“来信”的具体出处仍待追索,中微子探测的边界已被拓宽。人类此前已经探测到来自太阳和超新星的中微子,冰立方则把探测推广到更高能量范围,正如诺贝尔物理学

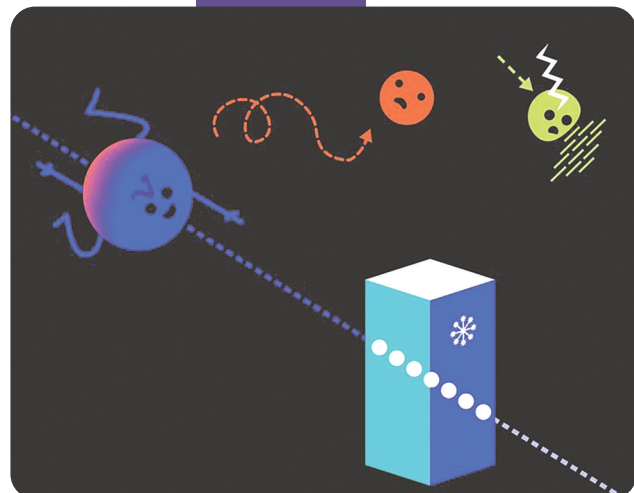
委员会委员埃娃·奥尔松在发布会上所说,它使中微子天文学“跃升到了一个新的高度”。

诺贝尔物理学委员会委员、瑞典乌普萨拉大学教授奥勒·埃里克松在接受记者采访时说,冰立方探测到的高能中微子带来了遥远宇宙事件的信息,帮助人类更深入地认识所处的世界。这不只是深奥的科学,很多时候,这类科学成就最终会产生实际应用。

透过中微子天文学这扇新窗口,我们能了解宇宙的哪些事情?哈尔岑的回答出人意料:“真正令人兴奋的是,我还无法回答这个问题。”

从最初的设想到冰中的微光,数十年的坚持并没有为所有疑问画上句号,南极深冰中的传感器仍在记录,那些遥远的“寄信人”尚未显露身份。但一些过去无从追问的问题,如今已经有了寻找答案的可能。对宇宙的这种“来信”,我们正在阅读。

新华社记者 郭爽 朱昊晨 张馨文



在巨大冰块中探测中微子的示意图。新华社发



10月6日在瑞典斯德哥尔摩举行的2026年诺贝尔物理学奖公布现场。新华社记者 吕优摄