

图2 在95%置信度上对宇宙原初黑洞的限制。横轴是原初黑洞的质量，纵轴是原初黑洞占物质(左)或暗物质(右)的比例。蓝色的实线和虚线都是超新星引力透镜观测给出的限制，只是所用样本不一。LIGO给出的限制很不确定(灰色区域)。其他限制曲线由EROS、Eridanus II、CMB(未标记)等观测项目给出

会导致其他后果(例如充当星系超大质量黑洞的种子，宇宙大小尺度上结构的形成，甚至影响宇宙的热演化)。依据某些天体物理观测效应而给出的原初黑洞限制也标记于图2中。

Zumalacárregui 和 Seljak 的研究表明，重于 $0.01M_{\odot}$ 的黑洞不足以解释全部暗物质。但也有可能黑洞只占暗物质的一

小部分，其余成分可能包括弱相互作用重粒子(WIMP)、惰性中微子、轴子等。鉴于此，未来可继续通过探测超新星增亮来进一步约束宇宙中黑洞的总量。比如，即将启动的大型综合巡天望远镜(Large Synoptic Survey Telescope)项目能够在3天内对全天区进行成像，从而极大地提升观测瞬变源的能力，必将有助于发现黑洞作为透镜天体(背景源可以是超新星、恒星甚至其他发光天体)的事件。

更多内容详见：M. Zumalacárregui and U. Seljak, *Phys. Rev. Lett.*, 2018, 121: 141101。

ANITA 观测到另一个逆向类宇宙射线事件

(中国原子能科学研究院 周书华 编译自 Katherine Wright. *Physics*, October 18, 2018)

高能宇宙射线粒子不断地轰击地球。当其中某个粒子与大气层中的分子发生碰撞时，产生级联的次级粒子，统称为宇宙射线大气簇射。但这并不是高能粒子与地球相互作用的唯一方式。2006年12月28日，南极脉冲瞬态天线(ANITA)探测到一种“向上的”空气簇射——

一股从南极冰面喷发出来的高能粒子。研究团队如今报道了发生在2014年12月12日的第2个这样的事件。

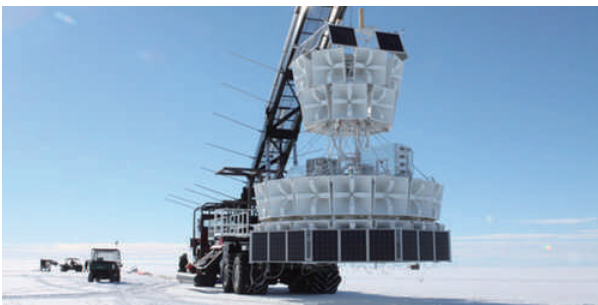
ANITA通过宇宙射线大气簇射所发射的无线电信号来探测这种簇射。ANITA或者在无线电波下行中，或者，更多时候，在无线电波

从冰上反弹回来后上行中探测无线电波。这种反弹使无线电波的相位发生反转，可以通过这两种无线电波的方向和相位将它们区分开。

但是在2006和2014年 ANITA 探

测到一种未预料到的信号——来自冰面上具有无反转相位的无线电波。探测结果显示，这些信号来自穿过地球向上运动的粒子。但是，预期这种宇宙射线的数量不会很大，这些信号的来源成了谜。有一种可能性是来自明亮的超新星爆发的宇宙射线穿过地球产生的，但是只有2014年的探测结果与这种事件相符合。另一种可能性是，ANITA探测到的无线电波是由一种新粒子发射的，这种粒子没有包括在标准模型中。研究团队认为在对这些神秘的信号来源做出明确结论之前，需要对这些信号进一步探测。

更多内容详见：P. W. Gorham et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2018, 121: 161102。



ANITA 准备下一次飞行实验