把单原子抓进“ 阱 ”里 千年冰芯有了准确年龄

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/20249.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

把单原子抓进“ 阱 ”里 千年冰芯有了准确年龄。

海拔5900米青藏高原上钻取的109米冰芯，遇上一种基于量子精密测量的新兴定年方法，这会是一种怎样的碰撞？

9月26日，中国科学技术大学（以下简称中国科大）教授卢征天、蒋蔚带领的单原子探测团队与云南大学（以下简称云大）研究员田立德带领的冰川学团队合作，在美国《国家科学院院刊》发表研究成果。团队首次在国际上对冰芯进行了氩-39同位素定年测量，为青藏高原羌塘冰川冰芯建立了上千年的精准年代标尺。

一位审稿专家表示，我确信这篇文章将成为一个重要的参考工作，为未来的相关研究指引方向。



新提取出来的羌塘冰川冰芯 极地未来摄

大气环境的独特档案

所谓冰芯，就是以打钻方式从冰川内部取得的芯。一般而言，冰芯从底部越向上年代越新。

这些冰芯记录了多种气候环境变化指标，通常分为三大类：第一类是冰本身，也就是水分子中氢、氧同位素比例可以反映温度变化；第二类是冰芯中大气成分和含量，如二氧化碳、甲烷等温室气体可以揭示大气成分变化的过程。田立德介绍说。

第三类是冰芯中含有的各类杂质。比如肉眼可见的尘土，可以推断出当时沙尘暴活动较多。还有实验室仪器检测出的各种化学成分，可以提供自然活动和人类活动的相关信息。

可以说，冰芯堪称保存大气环境的独特档案，而掌握冰芯准确的年代信息是解码档案的第一步。

2014年5月，田立德与同事们在海拔5900米青藏高原羌塘一号冰川顶部连续奋战十多个通宵（白天温度高，融化的冰屑容易将钻机卡住），成功钻取了两根长达109米的透底冰芯，并常年保存在-17℃的冷库里。

我国青藏高原被誉为世界第三极，是中低纬度古气候研究的宝库。

不同于南极北极，青藏高原积累雪量大，冰芯分辨率更高。其次其所处纬度人类聚居，活动轨迹多，冰芯记录的历史、现实与人类生存环境更加息息相关。田立德说，这使得青藏高原冰芯研究工作尤为重要，也正因为如此，青藏高原吸引了来自世界各地的科学家，成为国际冰芯研究的角逐场。

这两根冰芯是什么年代的？包含了哪些信息？如何解码这份来之不易的档案？是田立德团队接下来面对的课题。而中国科大卢征天团队正好拥有打开这份档案的钥匙。



科考队在青藏高原羌塘冰川钻取冰芯 极地未来摄

半个世纪的难题

大气中有三种稀有的放射性气体同位素，分别是氪-85、氩-39、氪-81。

这些同位素是自然界的天然时钟。卢征天介绍说，一方面，它们均匀分布在大气中，其惰性使它们免受化学反应。并且它们在大气中的产生与其衰变处于平衡状态，使其同位素丰度（稀有气体同位素与稳定气体同位素的比值）比较稳定；另一方面，一旦它们与大气环境隔绝，比如被封闭在冰里，这时由于没有新产生的同位素补充，其同位素丰度会按照核衰变规律逐年减少。

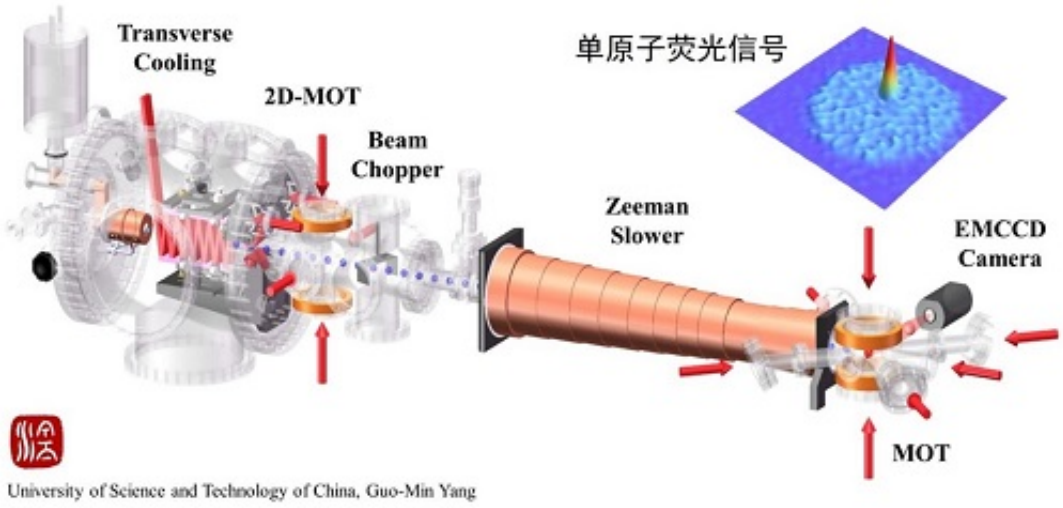
因此可以通过分析样品里的放射性同位素丰度，反演出样品年龄。这就是放射性同位素定年的原理。

早在1969年，瑞士地球科学家Hans Oeschger和Hugo

Loosli就提出了氩-39等是山地冰川的理想定年同位素。

然而，检测它们极为困难。氩-39同位素丰度极低，可低至十亿亿分之一。并且这些原子混合在比它多17个数量级的氩原子里。卢征天说，这种检测难度就好比在海滩上找到一粒特别的沙子。

因此，在过去半个世纪以来，冰芯中氩-39的定量分析一直是个难题。



用于氩-39分析的单原子灵敏探测装置 杨国民设计

把氩-39抓进原子阱里

此次研究中，卢征天团队采用了一种称为原子阱痕量分析（ATTA）的方法。

这个方法是卢征天早年在美国阿贡国家实验室工作时发明。其原理是使用精确控制的激光来操纵氩-39原子，把它们捕捉到由六束激光构成的原子阱中。原子在阱中会发出荧光，用灵敏的EMCCD相机探测到单个的氩-39原子，并一个一个数出来。

氩-39的半衰期为268年，它可以对50到1800年前的环境样品定年。

卢征天以一公斤的现代冰为例，它里面大概有1万个氩-39原子。经过一个半衰期（268年）以后，氩-39原子数量就会减少一半，变成5000个；再过一个半衰期，就会再减少一半，变成2500个。随着时间的推移，氩-39原子数量会越来越少。因此冰芯里氩-39的丰度可以告诉我们冰形成的时间，也就是它的年龄。

那么，问题来了。保存在云大冷库109米、约700公斤的冰芯，如何运到中国科大实验室做研究？

当时，我的同事FlorianRitterbusch博士带着像‘高压锅’样的装置去云大田立德老师实验室，取出冰芯里面的气体并带回中国科大。蒋蔚说，这是冰芯定年的第一步。

为什么要叫它高压锅呢？因为它的密封性能好，其次我们真的在锅底下点火，将冰融化，取出气体。蒋蔚笑着说，你别小看这口‘高压锅’，为了取样，它去过青藏高原、上海、法国巴黎和韩国首尔。

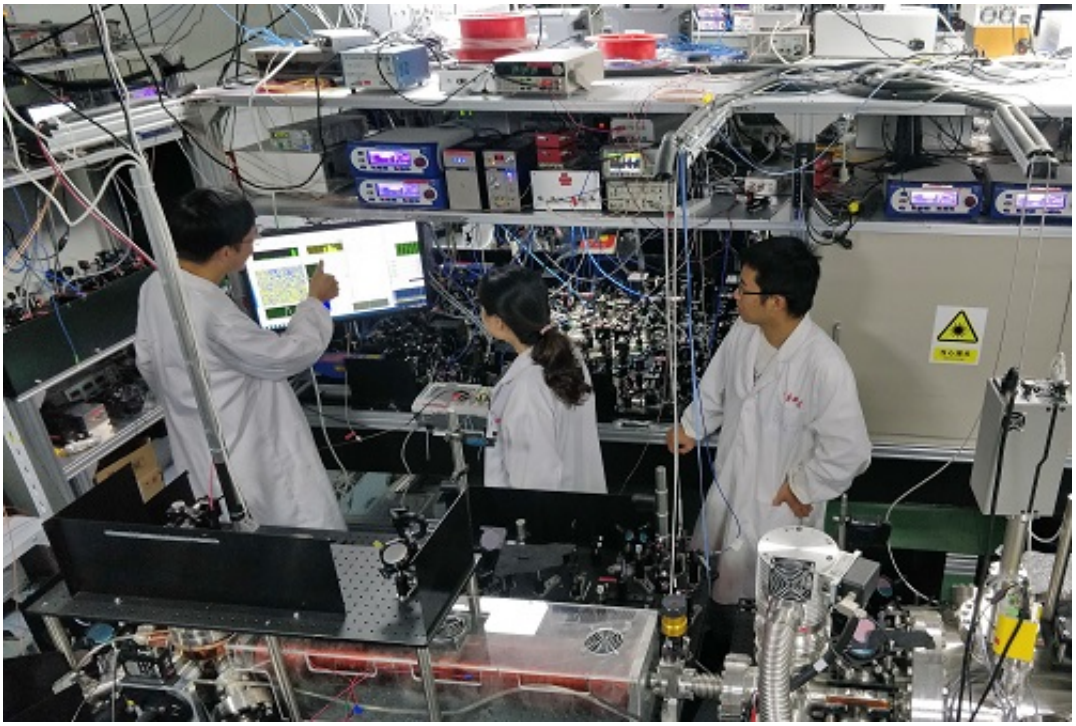
第二步提纯。蒋蔚解释说，因为取回的气体里有各种各样化学成分，需要先把其他气体反应掉，只留下氩气。

最后把分离出的氩气放到原子阱痕量分析仪器里，测量氩-39同位素的丰度，算出样品年龄。

在这项研究中，中国科大和云大团队利用氩-39定年法，最终获得了整根冰芯的年龄分布，其底部的年龄达到了1300年。

我们前期估算了这根冰芯的年龄范围在1400年左右，这一年龄段正好与理论上氩-39定年范围接近。最新合作成果首次证实了氩-39在千年冰芯绝对定年研究中的巨大潜力。田立德说，氩-39定年技术还可用于青藏高原其它冰芯的定年，解决地球科学家多年无法攻克的冰芯绝对定年难题。

田立德表示，新方法将提高中低纬山地冰川作为气候档案的价值。山地冰川不仅分布在青藏高原，还在欧洲的阿尔卑斯山脉、南美的安第斯山脉以及中亚等地区广泛存在。作为古气候记录，它们是南北两极冰川的重要补充。



在中国科大激光痕量探测与精密测量实验室，团队成员在做实验 蒋蔚摄

计划建立面向全球的同位素检测中心

在中国科大激光痕量探测与精密测量实验室，原子阱痕量分析仪器的光学平台上摆满了各种各样的光学元件，看起来令人眼花缭乱。

蒋蔚介绍说，这些光学元件都有固定位置，并非随便摆放。学生们花了几个月时间安装调试，使得复杂光路产生用来抓捕和探测氩-39原子的特定频率激光。

而且，最新仪器的效率也大大提高。2010年，我们在美国用自然丰度的氩气做过一个实验，当时

5个小时才能看到1个氩-39原子。卢征天说，现在在中国科大，用最新的仪器测量同样丰度的氩气，每小时可以探测到10个氩-39原子，计数率比当时提高了50倍。

这项研究中，科研人员还将氩-39定年结果与基于数年层法构建的冰芯年代标尺做了比对，对其进行了修正，约束了冰川流动模型，最终建立了基于氩-39结果的新冰芯年标。

这篇文章将会引起冰芯科学家、古气候学家以及放射性同位素定年专家的广泛兴趣。另一位审稿专家如是说。

卢征天、蒋蔚团队长期以来致力于发展氪-81、氩-39等稀有的气体同位素的超灵敏检测技术，使其真正应用于前沿地球科学研究。尖端的测量技术吸引了国内外科学家开展合作，在地下水、冰川和海洋等研究领域接连取得了一系列进展，显示了新技术对创新性研究的推动作用。

卢征天表示，下一步，团队一方面将继续发展原子阱痕量分析仪器，提高各项指标性能，让它成为地球科学当中不可缺少的工具；另一方面，计划在合肥建立一个面向国际的同位素检测中心，与来自全球的研究小组开展合作研究。希望能助力我国地球科学家做出重大的原创性结果，在国际合作中起到主导作用。（来源：中国科学报王敏）

相关论文信息：https://doi.org/10.1073/pnas.2200835119

作者：田立德等 来源：《国家科学院院刊》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发