

距今大约四十亿年 陆地上第一场雨 被封印在这些宝石里

梅雨来了,打开天气预报,南方的降雨似乎没有要停下的意思,从某种意义上来说,这就是淡水的生产过程。这些雨水来自海洋,吹向陆地的水汽在锋面上转为雨水,滋养世间万物。

海水蒸发、降水落入溪流、河流最终汇入大海……这些过程,让地球上的水不停地在陆地、海洋和大气之间移动,这被称为水循环,淡水则更像是水循环的中间态。只有最新鲜的水才是淡水,如果没有水循环,淡水在足够漫长的时间里终将会溶解各种矿物质,变成盐水。

如果说水是生命之源,那么淡水就是其中最精华的部分。在地球历史的早期,淡水的存在以及水循环的开始可能促进了早期生命出现所需环境的形成。不过,水循环开始和淡水出现的时间一直难以确定。

在时间中磨灭的线索

大约46亿年前,地球诞生了。在被称为冥古宙的地球初期,星球形成时吸积的热量尚未散去,不稳定的放射性元素衰变放热,还有频繁的天体撞击,让地球宛如炼狱。根据目前的最流行的猜想,随着地表的温度降低到了200℃左右,从地底喷发的水蒸气慢慢凝结成水——因为那时地球的气压高达今天的27倍。大量凝结的水几乎覆盖整颗星球,形成了一片超级海洋,其中的铁元素和矿物质让整个星球表面布满棕色,抬头看向天空,由二氧化碳和氮气构成的大气是深橙色的。这里是生命的禁区。或许这能算得上地球上的第一场雨,但没有陆地,雨水直接落入海洋,就没有产生成片的淡水。

为了寻找陆地上的第一场雨,我们还需要深度研究早期的地球。但我们对地球早期的了解仍不算多,主要是因为很少有什么东西能跨越这么长的时间,从冥古宙一直存续到今天。好在澳大利亚西部的杰克山便是这样一片地方,这是地球上最古老的一片陆地,它大约在44亿年前就形成了,几乎与地球同时诞生。其中的锆石样本,是我们研究地球诞生初期的关键线索。

锆石是一种相对常见的矿物,在河流的沙砾中也能发现宝石级的锆石,宝石级的锆石切割后很像钻石。锆石比较便宜,经常被用来假冒钻石。不过锆石相比钻石,更配得上“锆石恒久远,一颗永流传”的宣传。在数十亿年的时间跨度上,大多数矿物都会失去自己原本的同位素信号,无法为我们提供地球早

期的线索。但锆石不一样,它的性质非常稳定,耐候性和耐腐蚀性也都很强。杰克山上就曾发现过44亿年前形成的锆石,作为对比,地球和太阳都大约是46亿年前诞生的,就连整个宇宙,也不过是137亿年前诞生的。

40亿年前的氧同位素

来自澳大利亚科廷大学和中科院地质与地球物理研究所的物理学家分析了来自杰克山的锆石样本,尝试寻找地球上第一批淡水出现的痕迹,这或许是地球陆地上的第一场雨。在他们的锆石样本中,大约有10%都超过了40亿岁。为了探究这些锆石是否含有淡水的记录,研究人员检测了锆石样品上氧同位素氧-18和氧-16的比例。

对于海水来说,这个比例几乎是恒定的,1966年,总部位于奥地利维也纳的国际原子能机构测定了太平洋蒸馏水的氧-18和氧-16比例,并将它称为维也纳标准平均海水(VSMOW)。一般研究中,会使用 $\delta^{18}\text{O}$ 这一参数,它表示样品中氧-18的比例和标准的氧-18比例的区别,标准氧-18比例一般以VSMOW为准。淡水中 $\delta^{18}\text{O}$ 会低一些,因为淡水都是由降雨带来的,水在蒸发时,带有氧-18的水分子蒸发得会更慢一些。凝结降雨时,带有氧-18的也会更早降下来,所以内陆地区降水中, $\delta^{18}\text{O}$ 会更低。例如,沿海的广州降雨 $\delta^{18}\text{O}$ 为-5.83‰,表示广州降水的氧-18比例比VSMOW低了5.83‰;但对于内陆地区的拉萨,降水 $\delta^{18}\text{O}$ 则低至-17.38‰。

对杰克山锆石样品的分析结果



显微镜下的
锆石晶体。



宝石级锆石。

显示,部分锆石样品的 $\delta^{18}\text{O}$ 比例明显低于地幔平均值。地幔的 $\delta^{18}\text{O}$ 为5.3‰,但是这些锆石样本的 $\delta^{18}\text{O}$ 则在-0.1‰到2.0‰之间。这些锆石样品中的 $\delta^{18}\text{O}$ 比地幔中的岩浆还低,海水的 $\delta^{18}\text{O}$ 为0,是岩浆的 $\delta^{18}\text{O}$ 被海水拉低了,还是岩浆的 $\delta^{18}\text{O}$ 被氧-18含量更低的淡水拉低了?研究人员决定用计算机模拟方法重现这些锆石诞生的过程。

研究人员通过蒙特卡洛方法模拟了这些锆石形成的过程。他们发现,仅靠海水和地幔岩浆作用,这样产生的锆石 $\delta^{18}\text{O}$ 不可能低于3‰,只有当陆地降水带来的淡水参与到锆石的形成过程中,才能产生他们采集到的锆石样本。并且,这片陆地

必须足够大,才能汇集足够的淡水。最后,他们将研究成果发表在了《自然·地球科学》上。

这些锆石样品已经40亿岁了,也就是说,至少在40亿年前,地球上就出现了第一块陆地,并且,这些陆地上也存在水循环带来的淡水。同时,我们关于地球早期的认识还充满了猜测,或许,地球表面在一开始并没有被无边际的海洋覆盖,或许陆地在40亿年前就出现了。

这对地球生命起源也很重要。因为地球上最早的生命证据之一——一块距今34.8亿年的微生物化石,就被认为是在一个温泉环境中,伴随着降雨形成的。

据环球科学