

· 学位论文简介 ·

氮、氧、硼同位素的测定及其应用研究

Study on the Determination and Application of Nitrogen, Oxygen and Boron Isotopes

环境问题已成为当今制约经济发展的重要因素之一。近年来,随着同位素地球化学的进步,人们逐渐重视同位素在环境监测中的作用。硼同位素及硝酸盐氮氧同位素均被用于水污染源的识别和污染示踪研究,但其应用深度和广度有赖于同位素测定方法的进步和地球化学意义的开发。

硼和 NO_3^- 均是广泛存在于各种水体的微量或痕量成分。不同来源的硼的同位素组成差异明显,适合于研究物质起源和污染物示踪。 NO_3^- 在水中以离子形式存在,其氮同位素因适合于研究硝化和去硝化而成为水体氧化性环境和还原性环境的灵敏指示剂,其氧同位素直接反映了硝酸盐的生成机理,是水体污染示踪和研究地区污染物识别的良好指示剂。该论文共分两个部分,第一部分为硝酸盐中氮氧同位素的测定,研究了一种简捷的硝酸盐中氮氧同位素同时测定的新方法;第二部分研究了海水入侵中的硼同位素测定方法及其应用,对海水入侵研究中的硼同位素方法进行了系统的探讨,为硼同位素开辟了一个新的运用领域,为海水入侵研究提供了一个新的调查手段。

随着同位素地球化学和地质学的发展,硝酸盐中氮氧同位素逐渐受到重视,研究主要集中于水圈和大气圈。它被广泛应用于研究硝酸盐的起源和循环、大气和水环境污染监测、硝化和去硝化机理研究及同位素分馏程度研究。随着硝酸盐氮、氧同位素地质意义的不断进步,同位素分析方法也取得了明显的进展。该论文针对现有硝酸盐氮氧同位素测定方法的一些不足,首次运用石墨的非还原热离子发射特性,研究了一种基于 Cs_2^+ 、 NO_2^+ 的正热电离质谱 (PTIMS) 硝酸盐氮氧同位素测定新方法。该方法利用石墨的非还原热离子发射特性,首次建立了以测定 Cs_2^+ 、 NO_2^+ 离子的正热电离质谱来测定硝酸盐中氮和氧同位素组成的过程,对方法的可行性、特点和存在的问题进行了一些初步的探讨。该方法克服了传统的气体同位素质谱法中样品中的氮氧易损失、

外来氮氧易污染及样品处理程序复杂的不足,具有其它方法所不具备的简捷的特点。并运用这一方法对几种硝酸盐试剂氮氧同位素进行了测定,发现存在较大的差异。

现代海水入侵和咸水入侵是世界范围内带有普遍性的前沿研究课题,世界各大洲都曾发生过不同程度的入侵现象。我国的辽东半岛、山东半岛、苏北平原、广西北海等地大部分河流的河口区域自 20 世纪 60 年代以来,相继发生现代海水入侵或咸水入侵,且其危害程度日益加剧。同位素地球化学的发展,为海水入侵研究提供了新的手段。近些年来,随着硼同位素高精度测定方法的建立,硼同位素地球化学研究得到了迅速发展,但尚未见到直接用于海/咸水入侵研究的报导。该论文根据硼同位素独特的地球化学特征,以我国遭受海水入侵最为严重的莱州湾南岸地区为例,运用改进的样品处理方法测定低硼水样的硼同位素,并首次将硼同位素用于海水入侵研究,从理论和实践两方面研究了硼同位素这一海水入侵调查新手段。现代海水、地下卤水与淡水中硼浓度及其 $\delta^1\text{B}$ 值的巨大差异,使受海水或卤水入侵的地下水的 $\delta^1\text{B}$ 值表现出明显的差异,这使运用硼同位素研究海水或咸水入侵成为可能。莱州湾南岸地区的咸水的 $\delta^1\text{B}$ 值介于当地淡水和海/卤水的 $\delta^1\text{B}$ 之间,表明它们受到海水的入侵,这与水中 Cl^- 浓度有很好的一致性,硼同位素方法与传统的盐度 (Cl^- 浓度) 方法可得到相同的结论。但与化学成分的线性变化规律不同,硼浓度和 $\delta^1\text{B}$ 不同的水的混合,所得混合水的 $\delta^1\text{B}$ 随入侵程度的变化是非线性的,在海水入侵中表现为低入侵阶段混合水 $\delta^1\text{B}$ 的急剧上升。这种非线性关系使硼同位素非常适合于研究轻微入侵阶段的入侵,并使入侵的量化成为可能。对于现代海水的入侵,在现有的 $\delta^1\text{B}$ 测试精度下,即可区分出 0.00029 体积分率的海水。因具有高的灵敏度,硼同位素方法在宽过渡带的咸淡水界面研究中更显示出优势。

传统的氯离子浓度方法只能直观地反映水体是否变咸,具体的变咸机制判断需求助于水文地质条件调查。由于不同入侵类型具有各异的化学特征,硼同位素组成特征可用来区分入侵类型。氯离子浓度与同位素方法的结合将使海/咸水入侵研究简捷化,所得结论比单一运用氯离子浓度方法所得结论更为准确。硼迁移过程发生的同位素分馏是影响方法准确度的重要因素之一。硼的富集和贫化均可能导致硼同位素组成的变化。在常见的地下环境中,尤其需要考虑粘土吸附的影响。在调查区域的水体硼同位素组成的同时,系统调查研究区域的粘土、砂石相的同位素组成,运用各种迁移过程中硼同位素分馏规

律对水体的硼同位素进行校正,将使该方法更加完善,结论更加准确可靠,使硼同位素可以作为海水入侵的良好调查手段和有说服力的判断标准。该论文为海/咸水入侵研究提供了一种极好的新的手段。

该论文为硕士学位论文,于 2000 年 6 月在中国科学院青海盐湖研究所完成。

论文完成者:尹德忠。

论文导师:肖应凯(中国科学院青海盐湖研究所,研究员,博士生导师)。

(整理供稿 宋粤华)