

新疆吐-哈地区硝酸盐巨量富集特征及机制探讨*

葛文胜¹, Michalski G.², 魏乐军³, 王凡², 蔡克勤¹,

桑少杰⁴, 邱斌⁴, 付强¹

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 Department of Earth and Atmospheric Sciences, Purdue University, West Lafayette IN., USA; 3 中国地质科学院, 北京 100037; 4 新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第一地质大队, 新疆 昌吉 831100)

吐-哈地区是我国目前发现的唯一的硝酸盐巨量堆积分布区, 蕴藏有超大型钠硝石矿床, 分布着大小不一的硝酸盐型盐湖或干盐湖(郑喜玉等, 1995), 已发现库姆塔格、大南湖、西戈壁、裤子山、大洼地、乌宗布拉克等许多硝酸盐矿床(蔡克勤等, 1992; 高月珍, 1993; 葛文胜等, 2007; 李博昀等, 2005; 刘国庆等, 2005), 在区域上已构成一个规模巨大的硝酸盐成矿区带。是继世界最大的智利 Atacama 沙漠硝酸盐矿床(Ericksen, 1983)之后又一巨量硝酸盐成矿区。

1 硝酸盐巨量富集特征

新疆硝酸盐巨量富集形成的矿床多为复合型盐类矿床, 可以划分为两种类型: 盐湖型硝酸盐矿床和盐滩型硝酸盐矿床。盐湖型硝酸盐矿床多分布在东天山南缘大断裂之间的构造洼地或构造断陷盆地中, 以裤子山矿床为代表, 矿石以钾硝石为主; 盐滩型硝酸盐矿床多产于吐哈盆地及觉罗塔格山间洼陷的第四系更新统松散砂砾石层, 呈似层状产出, 矿床有明显的垂直分带现象, 如库姆塔格、大南湖等, 矿石以钠硝石为主。

对新疆吐-哈地区几个典型硝酸盐矿床样品同位素分析结果表明。新疆盐滩型硝酸盐 $\delta^{18}\text{O}$ 介于40.0‰~50.6‰之间, 盐湖型硝酸盐 $\delta^{18}\text{O}$ 介于43.6‰~45.3‰之间, 明显高于生物成因的硝酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$, 同时, 盐湖型硝酸盐的 $\Delta^{17}\text{O}=12.2\text{‰}\sim 12.5\text{‰}$, 盐滩型硝酸盐的 $\Delta^{17}\text{O}=15.2\text{‰}\sim 16.3\text{‰}$, 氧同位素非质量分馏效应非常明显。盐滩型硝酸盐的 $\delta^{15}\text{N}=3.4\text{‰}\sim 7.28\text{‰}$, 相对大气成因的硝酸盐的 $\delta^{15}\text{N}$ 要富集; 盐湖型硝酸盐 $\delta^{15}\text{N}=11.3\text{‰}\sim 12.5\text{‰}$, 明显高于大气光化学作用成因的 Atacama 沙漠硝酸盐的 $\delta^{15}\text{N}$ (Michalski et al., 2004)。

2 硝酸盐巨量富集机制探讨

自从智利 Atacama 硝酸盐矿床发现以来, 关于硝酸盐矿床氮的来源和硝酸盐巨量富集机制一直存在争议, 从细菌硝化作用(Ericksen, 1983)、毛细蒸发迁移(Mueller, 1968)、火山成因(Oyarzun et al., 2007)、大气沉降(Michalski et al., 2004; Böhle et al., 1997; 秦燕等, 2008)到金属催化-光化学反应(陈永志等, 2009)等, 都从不同的角度开展研究并提供了相应的证据来说明氮的来源及富集机制, 但目前还没有那种学说能够完全清楚地解释这一地球上干旱区硝酸盐巨量富集的独特现象。

大气光化学作用形成的硝酸盐, 通常其 $\delta^{15}\text{N}$ 介于-5‰~5‰之间(Moritz et al., 2004), 如智利 Atacama 沙漠硝酸盐 $\delta^{15}\text{N}$ 为-1.0‰~3.0‰之间(Ericksen, 1983)。从 Atacama 硝酸盐的 N、O 同位素组成来看, 基本可以认为是较为典型的大气光化学作用的产物(Michalski et al., 2004)。但新疆吐哈地区硝酸盐矿床

*本文得到国家自然科学基金项目(编号: 40972062)的资助

的 N、O 同位素组成显然与智利硝酸盐矿床存在差异,其成因应更为复杂。新疆硝酸盐的 $\Delta^{17}\text{O}$ 介于 12~17.1‰之间,相较于 Atacama 硝酸盐的 $\Delta^{17}\text{O}$ 偏低,与美国加州 Mojave 沙漠形成的硝酸盐的 $\Delta^{17}\text{O}$ 更为接近 (Michalski et al., 2004),特别值得注意的是盐湖型矿床如裤子山硝酸盐矿床的 $\delta^{15}\text{N}$ 超过了 11‰, $\Delta^{17}\text{O} = 12.2\text{‰} \sim 12.5\text{‰}$,与 Atacama 沙漠硝酸盐存在明显的差异,与盐滩型矿床也不完全相同,显示生物参与成矿的特征 (Moritz et al., 2004)。如果仅从 $\Delta^{17}\text{O}$ 存在的异常情况分析,盐滩型硝酸盐矿床应有 60%~80%、盐湖型硝酸盐矿床有 50%的硝酸盐是由于大气光化学反应产生的,其他的硝酸盐可能由于有机质参与成矿而形成。对于盐湖型矿床,上升泉成为重要的盐湖物质和卤水的补给来源。

因此,新疆硝酸盐氮的来源复杂,既有大气光化学反应产生的硝酸盐,也存在有机质硝化和反硝化作用形成的硝酸盐;同时,深部卤水的补给也不容忽视,特别是盐湖型硝酸盐矿床与深部补给密切相关。

硝酸盐的成矿作用可以概括为,首先大气氮或地表含氮化合物与氧通过光化学反应形成硝酸根,煤系地层风化和油气中氮化合物的裂解、火山岩地层中的 N 和 NH_4^+ 的氧化形成 NO_3^- 进入水体,然后通过淋滤作用、毛细蒸发作用和蒸发干化作用等形成盐湖型硝酸盐矿床和盐滩型硝酸盐矿床,同时,还有深部富含 NO_3^- 的卤水补给,并且始终处于动态的演化过程中,在此过程中,包含了大气光化学作用,微生物硝化和反硝化作用,蒸发淋滤作用等几个方面。

3 研究前景

地球上在极端干旱条件下硝酸盐的富集和大型硝酸盐矿床的形成,是一个极其特殊的现象,从研究区来看,存在着大气、大规模的沉积有机质和超大型硝酸盐矿床3个巨大的氮储库,对于研究干旱区氮的来源、循环、迁移和富集具有特殊的有利条件。开展硝酸盐矿床的成矿模式的研究工作,深入研究3个储库之间氮的迁移规律,探讨硝酸盐矿床的成因和富集模式,对于揭示干旱地区氮的循环以及微生物地质作用,认识干旱区气候变化、环境演变具有积极的科学和现实意义。

参考文献

- 蔡克勤, 高建华, 赵德钧, 于友库. 1992. 新疆罗布泊地区水硝镁矾和钠硝石的矿物学研究[J]. 矿物学报, 12 (2): 143-151.
- 陈永志, 刘成林, 焦鹏程, 李树德, 韩建明. 2009. 新疆干旱区沉积物金属催化-光化学反应生成硝酸盐试验研究[J]. 矿床地质, 28 (5): 713-717.
- 高月珍. 1993. 新疆鄯善红台钠硝石矿床物质组分和成因探讨[J]. 化工地质, 15 (1): 16-23.
- 葛文胜, 蔡克勤, 邱斌, 桑少杰, 帅开业. 2008. 新疆吐哈盆地大型硝酸盐矿床特征及成矿模式研究[A]. 第九届全国矿床会议论文集[C]. 北京: 地质出版社. 365-366.
- 葛文胜, 邱斌, 桑少杰, 蔡克勤, 帅开业. 2007. 新疆吐-哈盆地库姆塔格钠硝石矿床特征及成因研究[J]. 矿物学报, 27(增刊): 104-106.
- 李博昀, 熊孝先, 刘振敏, 刘国庆. 2005. 新疆吐鲁番-哈密地区硝酸盐矿床类型、分布规律及找矿前景[J]. 化工矿产地质, 27 (4): 193-200.
- 刘国庆, 熊孝先, 郭洪周, 刘振敏, 李博昀. 2005. 新疆鄯善黑山尾地区钠硝石成矿远景分析[J]. 化工矿产地质, 27 (2): 91-95.
- 秦燕, 李延河, 刘锋, 侯可军, 万德芳. 2008. 新疆吐-哈地区硝酸盐矿床的氧同位素非质量效应[J]. 地球学报, 29 (6): 729-734.
- 郑喜玉, 刘建华. 1995. 新疆的硝酸盐盐湖[J]. 盐湖研究, 3 (2): 20-25.
- Böhlke J K, Ericksen G E and Revesz K. 1997. Stable isotope evidence for an atmospheric origin of desert nitrate deposits in northern Chile and southern California, USA[J]. Chem. Geol., 136: 135-152.
- Ericksen G E. 1983. The Chilean nitrate deposits[J]. American Scientist, 71: 366-374.
- Michalski G, Böhlke, J K and Thiemens M H. 2004. Long term atmospheric deposition as the source of nitrate and other salts in the Atacama Desert, Chile: New evidence from mass-independent oxygen isotopic compositions[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 68: 4023-4038.
- Moritz F, Lehmann, Daniel M, Sigmana and William M Berelson. 2004. Coupling the $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ of nitrate as a constraint on benthic nitrogen cycling[J]. Marine Chemistry, 88: 1-20.
- Mueller G. 1968. Genetic histories of nitrate deposits from Antarctica and Chile[J]. Nature, 219: 1131-1134.
- Oyarzun J and Oyarzun R. 2007. Massive volcanism in the altiplano-puna volcanic plateau and formation of the huge Atacama Desert nitrate deposits: A case for thermal and electric fixation of atmospheric nitrogen[J]. International Geology Review, 49: 962-968.