我国和印度 8 个典型站点大气降水氧同位素与降水量的关系

李云霞, 饶志国*, 刘小康, 金明, 陈发虎

兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000

* 联系人, E-mail: raozhg@lzu.edu.cn

2014-11-14 收稿, 2014-12-15 接受, 2015-02-10 网络版发表

国家自然科学基金(41372181, 41171091)和兰州大学中央高校基本科研业务费专项(lzujbky-2011-82)资助

摘要 对来自 GNIP 的我国和印度 8 个站点的加权平均年大气降水氧同位素($\delta^{18}\text{O}_p$)和年降水量数据进行的线性相关分析结果表明: 我国华南地区的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与降水量的关系不显著, 说明用该区域相关的古记录来指示降水量的变化, 其价值和意义是有限的; 印度季风区 4 个站点的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与年降水量之间普遍更显著的负相关关系, 说明印度季风区 $\delta^{18}\text{O}_p$ 变化很可能受控于年际尺度的“降水量效应”, 印度夏季风强度变化可能通过“瑞利分馏效应”对东亚季风区 $\delta^{18}\text{O}_p$ 产生重要影响。

关键词

大气降水氧同位素
降水量
东亚夏季风
印度夏季风

早期对现代大气降水氧同位素($\delta^{18}\text{O}_p$)月值数据的分析表明: 其在低纬地区主要受控于“降水量效应”, 在高纬地区主要受控于“温度效应”; 而在中纬度地区, 则与气候要素的关系复杂^[1]. 尽管对中国季风区 $\delta^{18}\text{O}_p$ 的年际变化特征已经有所涉及^[2], 但是大量的工作仍然集中于月和季节尺度的分析. 年际或者以上时间尺度的现代 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与气候要素的关系, 对相关记录的解译可能具有更直接的参考价值 and 意义^[3].

对 GNIP 的 5 个中国站点(石家庄、郑州、南京、香港和昆明)和 3 个印度站点(Kozhikode, Mumbai 和 New Delhi)的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 观测数据, 进行了年际尺度上与降水量之间的线性相关分析. 这些站点的数据量较大, 且分别位于东亚季风区和印度季风区. 为方便论述, 对相关的显著性水平按照 P 值进行分类如下: $P>0.5$ 为不显著; $0.2<P<0.5$ 为不太显著; $0.1<P<0.2$ 为比较显著; $P<0.1$

为显著; $P<0.01$ 为极显著.

东亚季风区 4 个站点的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与年降水量虽表现出一致的负相关, 但是由华南至华北, 这种负相关越来越显著(香港为不显著, 南京与郑州为不太显著, 石家庄为比较显著, 图 1). 可见, 华北地区的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与降水量的关系相对较为密切; 该地区与 $\delta^{18}\text{O}_p$ 有关的地质记录, 或许可以用来指示降水量变化; 已有结果表明, 该地区的降水量变化与东亚夏季风强度关系更密切^[4]; 该区域 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与降水量之间的关系, 值得进一步研究. 数据量最大的香港站点, 其 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与年降水量为不显著的负相关(图 1), 说明中国南方的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与年降水量之间的关系作为与 $\delta^{18}\text{O}_p$ 相关的古记录解译的参照, 其价值和意义是有限的.

相对而言, 印度季风区 4 个站点的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与年降水量都表现出更显著的负相关(New Delhi 和 Kozhikode 为极显

著, Mumbai 为显著, 昆明为比较显著, 图 1), 说明这是该区域普遍存在的关系, 可视为年际尺度上的“降水量效应”; 这也说明来自该区域的与 $\delta^{18}\text{O}_p$ 相关的地质记录, 指示过去降水量和印度夏季风强度变化是比较可靠的; 来自该区域的石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 也的确被认为是印度夏季风降水量变化的指示器^[5]. 已有结果表明: 由印度夏季风携带的来自西南通道的水汽, 对东亚季风区具有重要的贡献和影响^[6]; 沿着印度夏季风输送路径, 从印度洋西海岸(阿曼站点)到孟加拉湾西海岸(印度站点), 然后到中国南方站点, 最终到中国华北的站点, 石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 表现出逐步偏负的变化特征^[7]; 来自数值模拟的结果也指出了印度夏季风强度对中国南方石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 可能具有重要的影响^[8], 这一观点得到了来自赤道印度洋洋沉积物研究结果的支持^[9]; 最近对东亚和印度季风区全新世石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录和

引用格式: 李云霞, 饶志国, 刘小康, 等. 我国和印度 8 个典型站点大气降水氧同位素与降水量的关系. 科学通报, 2015, 60: 741–743

Li Y X, Rao Z G, Liu X K, et al. Interannual correlations between modern precipitation $\delta^{18}\text{O}$ and precipitation amount recorded by GNIP stations in China and India (in Chinese). Chin Sci Bull, 2015, 60: 741–743, doi: 10.1360/N972014-00838

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/N972014-00838>

图1 东亚和印度季风区8个站点的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 在年尺度上与降水量(p)的线性相关分析结果。原始数据来自GNIP网站(http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/IHS_resources_gnip.html)

Figure 1 Interannual correlations between precipitation $\delta^{18}\text{O}$ and precipitation amount recorded by 8 weather stations in East Asian and Indian monsoon regions. The original data downloaded from the website of GNIP (http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/IHS_resources_gnip.html)

相关古气候记录的综合分析结果, 同样认为印度季风区的降水量变化, 对东亚季风区的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 变化具有重要的影响^[7]。我们的分析结果, 支持上述的观点。尽管现在还无法确定印度夏季风强度是否是东亚季风区 $\delta^{18}\text{O}_p$ 变化的决定性或者唯一的因素, 但是印度夏季

风强度对东亚季风区 $\delta^{18}\text{O}_p$ 具有重要影响, 应当是可能的; 其机制可能是: 印度季风区的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 受控于“降水量效应”, 降水量多的时候, 该区域 $\delta^{18}\text{O}_p$ 偏负; 而由于“瑞利分馏效应(雨除效应)”的存在, 当印度季风区降水量大的时候, 其能够运移到东亚季风区的剩余水汽

的 $\delta^{18}\text{O}$ 是偏负的, 从而导致东亚季风区 $\delta^{18}\text{O}_p$ 偏负, 相应的地质(如石笋) $\delta^{18}\text{O}$ 记录也偏负。

年际尺度的 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与降水量的关系, 对相关的地质古记录的解译具有更加直接的价值和意义, 有必要加强更长时间尺度的现代 $\delta^{18}\text{O}_p$ 观测。

参考文献

- 1 Dansgaard W. Tellus, 1964, 16: 436–468
- 2 Dayem K E, Molnar P, Battisti D S, et al. Earth Planet Sci Lett, 2010, 295: 219–230
- 3 Fairchild I J, Smith C L, Baker A, et al. Earth Sci Rev, 2006, 75: 105–153
- 4 Ding Y H, Wang Z Y, Sun Y. Int J Climatol, 2008, 28: 1139–1161
- 5 Fleitmann D, Burns S J, Mudelsee M, et al. Science, 2003, 300: 1737–1739
- 6 Tian H, Guo P W, Lu W S. J Trop Meteorol, 2004, 20: 401–408 [田红, 郭品文, 陆维松. 热带气象学报, 2004, 20: 401–408]
- 7 Yang X L, Liu J B, Liang F Y, et al. Holocene, 2014, doi: 10.1177/0959683614551222
- 8 Pausata F S R, Battisti D S, Nisancioglu K H, et al. Nat Geosci, 2011, 4: 474–480
- 9 Saraswat R, Lea D W, Nigam R, et al. Earth Planet Sci Lett, 2013, 375: 166–175

Interannual correlations between modern precipitation $\delta^{18}\text{O}$ and precipitation amount recorded by GNIP stations in China and India

LI YunXia, RAO ZhiGuo, LIU XiaoKang, JIN Ming & CHEN FaHu

Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

In the present study, linear correlations between weighted-average annual precipitation oxygen isotopes ($\delta^{18}\text{O}_p$) and annual precipitation amount (original data from five Chinese and three Indian GNIP stations, respectively) demonstrated that: 1) correlation between $\delta^{18}\text{O}_p$ and annual precipitation amount is insignificant in southern China, so the significance of relevant geological proxy records as indicators of variations in past precipitation amount is limited in this area; 2) overall, negative correlations between $\delta^{18}\text{O}_p$ and annual precipitation amount at the four stations in the Indian monsoon region are much more significant than those for the four stations in the East Asian monsoon region. This indicates that $\delta^{18}\text{O}_p$ in the Indian monsoon region is probably controlled by an interannual “amount” effect, and $\delta^{18}\text{O}_p$ in the East Asian monsoon region may be strongly influenced by variations in Indian summer monsoon intensity via the Raleigh fractionation effect.

precipitation $\delta^{18}\text{O}$, precipitation amount, East Asian summer monsoon, Indian summer monsoon

doi: 10.1360/N972014-00838