广州地化所：南海和东北印度洋气溶胶黑碳的来源及其对海洋黑碳循环的影响

发布时间：2023-10-13 来源:广州地球化学研究所

【大】 【中】 【小】 分享到:

气溶胶黑碳（BC）是一种短周期气候污染物，在极端气候事件和海洋碳循环中发挥着重要作用。长期以来，海洋气溶胶BC来源的定量解析是一项技术挑战。中国科学院广州地球化学研究所博士后耿晓飞与张干研究员等，与澳大利亚James Cook大学Michael Bird教授等合作，运用基于催化加氢技术的双碳同位素（$\delta^{13}C$-$\Delta^{14}C$）分析，定量分析了南海和东北印度洋气溶胶黑碳的浓度和来源，讨论了BC大气沉降对海洋碳循环的影响。

研究发现，气溶胶BC的浓度和$\delta^{13}C$-$\Delta^{14}C$均表现出显著的空间异质性。根据$\delta^{13}C_{BC}$-$\Delta^{14}C_{BC}$的空间分布特征，本研究在南海和东北印度洋识别出气溶胶BC的六个双碳同位素省（图1），并将其命名为“靠近中国大陆的南海海域”、“南海偏远海域”、“靠近东南亚的印度洋海域”、“印度洋偏远海域”“马六甲海峡”和“巽他海峡”。

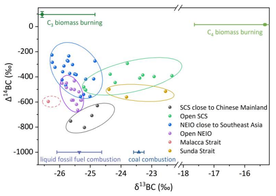


图1 南海和东北印度洋气溶胶BC的双碳同位素特征

基于同位素质量守恒模型，本研究发现化石燃料燃烧和生物质燃烧对南海和东北印度洋气溶胶BC的贡献分别为50.3±12.3%（28-82%）和49.7±12.3%（18-72%）。如图2所示，马六甲海峡（$0.49 \pm 0.02\ \mu g\ C\ m^{-3}$）、南海北部（$0.33 \pm 0.16\ \mu g\ C\ m^{-3}$）和孟加拉湾附近的印度洋海域（$0.23 \pm 0.16\ \mu g\ C\ m^{-3}$）是化石源BC的高浓区。而只有马六甲海峡（$0.29 \pm 0.01\ \mu g\ C\ m^{-3}$）和孟加拉湾附近的印度洋海域（$0.34 \pm 0.22\ \mu g\ C\ m^{-3}$）是生物质燃烧源BC的高浓区。研究结果表明中国和东南亚是化石源BC的主要陆地来源，而只有东南亚是生物质燃烧源BC的主要来源。

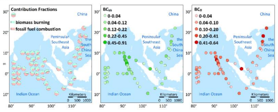

Contribution Fractions
biomass burning
fossil fuel combustion
BCbb
0-0.04
0.04-0.12
0.12-0.22
0.22-0.45
0.45-0.91
BCff
0-0.04
0.04-0.10
0.10-0.20
0.20-0.41
0.41-0.64
China
Peninsular Southeast Asia
the South China Sea
Indian Ocean
Kilometers
0 500 1000
30°
20°
10°
0°
10°
80°
90°
100°
110°

图2 化石燃料燃烧和生物质燃烧对气溶胶BC贡献的空间分布特征

基于大量的$\delta^{13}C_{BC}$-$\Delta^{14}C_{BC}$数据，本研究利用贝叶斯模型对各同位素省的BC来源进行了更为细致的定量解析。结合航运BC排放模拟、金属元素示踪和气团后向轨迹等综合分析，本研究对BC来源进行了更为深入的讨论。结果显示，液体化石燃料燃烧和C_3植物燃烧是本研究海域气溶胶BC的主要来源（图3）。其中，来自船舶排放和临近陆地的液体化石燃料燃烧是同位素省“靠近中国大陆的南海海域”（53.5%）、“马六甲海峡”（53.4%）和“印度洋偏远海域”（40.7%）的气溶胶BC的主导来源。C_3植物燃烧是同位素省“靠近东南亚的印度洋海域”（55.8%）、“印度洋偏远海域”（41.3%）和“南海偏远海域”（40.0%）的主要来源。燃煤和C4植物燃烧对气溶胶BC的贡献相对较小，同样表现现出了明显的空间异质性。燃煤和C_4植物燃烧对“巽他海峡”和“南海偏远海域”气溶胶BC的贡献高于其它海域。

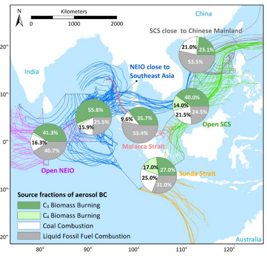

N
Kilometers
0 1000 2000
China
SCS close to Chinese Mainland
21.0%
23.1%
53.5%
India
NEIO close to Southeast Asia
55.8%
15.9%
40.0%
14.0%
21.5%
24.5%
Open SCS
41.3%
16.3%
40.7%
Open NEIO
9.6%
25.7%
53.4%
Malacca Strait
17.0%
27.0%
25.0%
31.0%
Sunda Strait
Source fractions of aerosol BC
C3 Biomass Burning
C4 Biomass Burning
Coal Combustion
Liquid Fossil Fuel Combustion
Australia
20°
10°
0°
10°
20°
80°
90°
100°
110°
120°

图3 各双碳同位素省气溶胶BC的来源解析和气团后向轨迹

溶解态BC（DBC）是溶解态有机质（DOM）的难降解组分，约占海洋DOM碳池（662 Pg）的2-6%。因此，DBC的收支是理解海洋碳循环的关键。河流输送（18-26.5 $Tg\ yr^{-1}$）曾被认为是海洋DBC的主要来源。然而，近期的研究发现河流$\delta^{13}C_{DBC}$与海洋$\delta^{13}C_{DBC}$相差约6‰，因此可能存在与海洋DBC碳同位素相似的其他重要来源。本研究发现海洋气溶胶BC与海水DBC表现出相似的双碳同位素特征（图4），因此建议BC大气沉降可能是海洋DBC的重要来源。尽管本研究中气溶胶BC的$\delta^{13}C$-$\Delta^{14}C$测定基于催化加氢技术，而DBC的$\delta^{13}C$-$\Delta^{14}C$测定基于苯多羧酸法，但是这两种方法测定$\delta^{13}C$-$\Delta^{14}C$表现出一定的可比性。

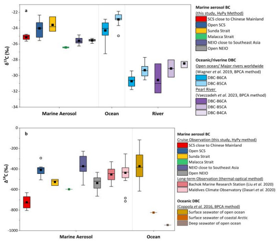


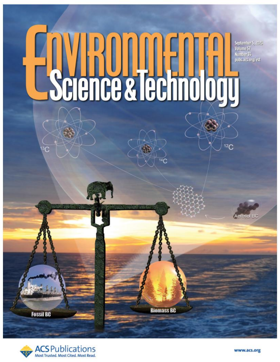
图4 （a）气溶胶BC、海水DBC和河水DBC的$\delta^{13}C$特征；（b）气溶胶BC和海水DBC的$\Delta^{14}C$特征

本研究观测到南海和东北印度洋气溶胶BC的浓度和$\delta^{13}C$-$\Delta^{14}C$特征具有高度的空间异质性。孟加拉湾附件的印度洋海域、马六甲海峡和南海北部是化石源BC的高浓区；其中，前两个海域也是生物质燃烧源BC的高浓区。根据双碳同位素的空间分布特征，本研究将气溶胶BC划分为6个同位素省，每个省都表现出不同的来源。此外，我们建议大气BC沉降是表层海水DBC的潜在重要来源。

相关论文发表于ES&T，并入选当期副封面文章。

论文信息：Geng, X.（耿晓飞）; Haig, J.; Lin, B.（林勃机）; Tian, C.（田崇国）; Zhu, S.（朱三元）; Cheng, Z.（成志能）; Yuan, Y.（袁宇鹏）; Zhang, Y.（张艳）; Liu, J.（刘俊懿）; Zheng, M.（郑玫）; Li, J.（李军）; Zhong, G.（钟广财）; Zhao, S.（赵时真）; Bird, M. I.; Zhang, G.（张干）, Provenance of Aerosol Black Carbon over Northeast Indian Ocean and South China Sea and Implications for Oceanic Black Carbon Cycling. Environmental Science & Technology 2023. 57, 35, 13067−13078

论文链接


Environmental Science & Technology
September 5, 2023
Volume 57
Number 35
pubs.acs.org/est
Fossil BC
Biomass BC
ACS Publications
Most Trusted. Most Cited. Most Read.
www.acs.org

论文入选当期ES&T副封面

下一篇： 广州地化所：利用在线富集方法准确测定低含量气态烃分子间和分子内同位素组成

版权所有 © 中国科学院广州分院 粤ICP备14001729号 京公网安备11040250004号 网站标识码:bm48000010