
科学家揭示液相二次有机气溶胶的来源和形成机制

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/19933.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

科学家揭示液相二次有机气溶胶的来源和形成机制。8月31日，《自然—通讯》在线发表了一项中外科学家合作的成果：通过测定液相二次有机气溶胶（SOA）单体分子的碳十四同位素，研究给出化石源碳对中国大气中液相SOA生成巨大贡献的关键科学证据。

9月1日，正在广州地化所访问的中国科学院院士、北京大学环境科学与工程学院教授朱彤对该成果评述认为，这一新认识对我们更好地模拟SOA生成，评价其气候和环境效应，以及更精准地控制空气污染，都有着重要意义。

据悉，该项研究由中国科学院广州地球化学研究所（以下简称广州地化所）研究员张干、瑞典斯德哥尔摩大学教授奥利昂·古斯塔夫松、日本中部大学教授河村公隆合作完成，并得到国家自然科学基金重点项目、一带一路科学组织联合研究专项、广东省珠江人才计划本土创新科研团队项目等的资助。

以小见大

SOA是大气细颗粒物（PM_{2.5}）的重要组分，对空气质量，全球气候变化和人体健康有着重要的影响。近年来，越来越多的研究表明有机前体物在云雾滴和含水气溶胶中的液相化学转化是SOA生成的重要途径。

由于植物排放前体物（如植物挥发、生物质燃烧）比化石燃料源（如燃煤、机动车排放）前体物的极性更强、更亲水，过去的研究多聚焦于植物排放前体物转化生成液相SOA的过程，缺乏对液相SOA中人为化石燃料源贡献的精准量化。

大气颗粒物成分复杂，来源多样，难以解析，而有机地球化学的风格正是从关键的标志性有机化合物上切入，见微知著出证据。领导该项研究的广州地化所研究员张干对《中国科学报》记者表示，这是我们开展这项研究的灵感源泉。

草酸是SOA中含量最高的组分之一，又在大气液相化学过程中扮演重要角色。因此，张干等人选择使用以草酸为主的一系列小分子有机酸，作为液相SOA的示踪物，在位于珠三角西南部的鹤山大气环境监测超级站（以下简称鹤山站），采集了一整年的大气细颗粒物（PM_{2.5}）样品，开展研究。

当鹤山站的气团起源于内陆时，我们发现草酸和它的液相前体物（乙醛酸、丙酮酸）的稳定碳同位素（ $\delta^{13}\text{C}$ ）组成明显变轻。这是大气液相过程中较轻的同位素优先参与大气化学反应、并在

产物中富集的特征信号。论文第一作者、广州地化所博士后徐步青如是说。

寻找证据

在该项研究中，研究人员结合气溶胶液态水含量、水溶性有机碳等一系列指标，给出了以草酸、乙醛酸、丙酮酸作为液相SOA示踪剂的证据。接下来，研究人员使用放射性碳十四同位素量化了几种液相SOA分子中生物来源碳和化石燃烧来源碳的相对占比。

碳十四同位素的半衰期约为5730年，经过漫长地质演化，煤、石油、天然气等化石燃料中的碳十四已完全衰变，而生物质的碳十四丰度，却和当前大气基本保持一致。张干说，其研究团队发现，当鹤山站的气团起源于内陆时，液相SOA标志性化合物的化石来源碳占比，达到了55%到70%。

过去，基于整体气溶胶组分的碳十四分析结果，大多认为有机气溶胶主要由生物质来源碳贡献。因此，化石来源碳对液相SOA的巨大贡献这一结果，确实超乎了我们的预期。徐步青表示，当气团起源于南海沿岸时，液相SOA分子中的生物来源碳占比可达近70%，这与内陆气团形成了鲜明的对比。

我国的几个重点区域，张干等人同样观测到化石来源碳在冬季对液相SOA形成的巨大贡献。

参与研究的河村公隆介绍说，草酸等二元羧酸的双碳同位素指纹，可以帮助解开液相SOA的来源和形成机制。碳十四提供了关键证据，证实在中国的这些典型城市，液相SOA分子可大量来源于化石燃料，这对中国城市大气PM2.5污染的防治，无疑有着重要的启示作用。

未来启示

在我国，主要由化石燃烧源产生的硝酸盐已逐渐成为气溶胶中最重要的吸湿粒子。同时，煤改气战略的推行使得天然气燃烧对气溶胶液态水的贡献同样值得关注。对此，张干表示，在我国能源结构持续调整的情景下，需要统筹考虑化石燃料排放的有机物、SO₂、NO_x和H₂O对液相SOA生成的贡献。

张干等人提出，气溶胶液态水、吸湿颗粒（主要包含硝酸盐、硫酸盐等）和液相SOA之间可能存在协同效应。一方面，吸湿颗粒驱动了气溶胶的吸湿增长，及对气态前体物的摄取，促进了液相SOA的生成；另一方面，液相SOA的生成会进一步加快气溶胶液态水含量的增加，从而形成正向反馈的通路。

该项研究对于欧洲、北美、南亚等地区大气中液相二次有机气溶胶的生成途径和碳源的研究，具有方法学上的示范作用。古斯塔夫松兴奋地说，我正期待着，将这项技术应用于对南亚、欧洲和北极大气中二次有机气溶胶样品的研究中。

由广州地化所领导的这项合作对理解大气气溶胶重要组分的来源和大气过程迈进了重要的一步。这一突破得益于先进的单体化合物放射性碳分析技术在大气样品中的开发与实践。张干团队是国际上开发并应用碳十四技术解决碳循环、环境污染和气候问题的领导小组之一，我非常高兴和张干团队合作。古斯塔夫松总结说。（来源：中国科学报朱汉斌）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-022-32863-3>

作者：张干等 来源：《自然—通讯》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发