

## 项目公示信息

一、成果名称：大气气溶胶组成、来源及其对冰川消融和环境的影响

二、完成单位：陕西科技大学；中国科学院西北生态环境资源研究院；中国科学院地球环境研究所

三、完成人：李小飞；康世昌；王启元；王羽琴

四、成果类型：I.基础研究、应用基础研究类

五、成果简介：

1.科学技术领域：

大气污染物的成因、光学特性、来源及其形成机制的研究，涉及大气科学与冰冻圈科学领域，属于大气污染化学科学技术的范畴。

2.主要研究内容：

在经济增长与城市化快速发展的背景下，大气污染已成为一项重要的环境问题。关中盆地南邻秦岭山脉，北接黄土高原，是中国空气污染最为严重的地区之一，其中高浓度的细颗粒物（ $PM_{2.5}$ ）是主要污染物。 $PM_{2.5}$ 中碳质气溶胶的浓度约占整个气溶胶的 10%至 50%，对全球气溶胶的辐射平衡具有重要贡献，主要成分包括元素碳（EC）

和有机碳（OC）。EC 根据化学组成和光学特性又被称为黑碳（BC），其来源主要是初级排放，如化石燃料和生物质燃料的燃烧。黑碳在大气中表现出强烈的光吸收能力，其对全球变暖的贡献仅次于二氧化碳。OC 则是由脂肪族和芳香族等多种有机化合物组成，通常包括一次有机碳和通过大气化学过程生成的二次有机碳。在可见光波段内，只有黑碳能有效进行光吸收，而有机碳则主要发挥光散射作用。然而，在紫外-近可见光波段内，部分有机碳能够显著吸收光，尤其在紫外光波段表现出明显的波长依赖性。这类有机碳因其吸光特性呈现棕色或棕褐色，故被称为棕碳（BrC）。外场观测表明，棕碳在紫外-近可见光波段（200~550 nm）的吸光贡献占碳质气溶胶的 30%至 50%，相当于黑碳的 10%至 40%；而在紫外光波段的贡献比例更高。作为一种有机化合物的复合体，棕碳对气候变化、大气能见度、空气质量及健康效应等方面产生了重要影响，因此在大气环境领域已成为研究的热点之一。该研究的主要内容采集关中地区的  $\text{PM}_{2.5}$  样品，并运用 UV-Vis 光谱仪、三维荧光光谱仪（EEM）及总有机碳分析仪对该地区大气中水溶性有机碳（WSOC）的光学特性、直接辐射影响及其来源进行了系统研究。分析了关中地区  $\text{PM}_{2.5}$  的污染特征、化学组成、光学特性，以及分子组成与光学特性之间的关系。同时，以北京市怀柔区为例，探讨了气象条件和区域传输过程对大污染的影响。此外，研究还探讨了青藏高原（TP）冰川表面雪中的吸光性杂质（LAIs），评估了 LAIs 在不同海拔高度、时间和空间上的分布特征及其对冰川表面反照率和辐射强迫的影响，揭示了黑碳在

加速冰川融化过程中所发挥的关键作用。

### 3.科学价值:

本课题深入探讨了大气中  $\text{PM}_{2.5}$  与水溶性棕碳 (WS-BrC) 的辐射强迫、光学特性及其来源,对准确评估全球碳循环具有重要意义,并有助于理解城市与秦岭之间的相互作用及其影响,从而提升关中盆地的空气污染治理能力。这些研究成果为评估和管理环境污染、理解生态系统的动态变化以及应对气候变化提供了重要的科学基础,具有显著的科学价值。本研究为筑牢国家生态安全屏障和保护秦岭生态环境提供了科学依据,促进了对城市大气污染对秦岭环境影响的深入认识,为中国关中盆地的政府部门制定有效降低公众健康损害风险的政策提供了重要的指导和参考价值。此外,通过研究大气污染物对青藏高原冰川及气候变化的影响,为青藏高原的冰川变化提供了详实的数据支持,帮助科学界更好地理解气候变化对高山冰川的影响。同时,本研究为冰冻圈科学和全球气候变化研究的深入开展奠定了坚实的基础。

### 4.同行引用情况:

申报人近年以大气气溶胶光学特性、来源及气候环境影响为主要研究内容,取得一系列标志性的研究成果。已发表的成果包括 *Science of the Total Environmental*、*Atmospheric Research*、*Environmental Pollution*、*Environmental*

Research 、 Environmental Science &Technology、环境科学等权威期刊，均为 SCI 收录。已发表成果中，单篇最高引用率为 101 次，合计引用 196 次。所发表成果在大气颗粒学学会、中国冰冻圈科学学会、中国环境科学学会和中国地理学会等学术年会进行了广泛的交流，并在教学过程中得以讲解和解读。

## 六、完成人合作关系情况:

该项目共 4 位完成人，工作单位分别为陕西科技大学、中国科学院西北生态环境资源研究院、中国科学院地球环境研究所，长期合作，共同承担完成国家自然科学基金项目等。其中，第二完成人康世昌为中国科学院西北生态环境资源研究院研究员，合作发表论文 Concentrations, sources, fluxes, and absorption properties of carbonaceous matter in a central Tibetan Plateau river basin; Light-absorbing impurities in a southern Tibetan Plateau glacier: Variations and potential impact on snow albedo and radiative forcing; Light-absorbing impurities accelerate glacier melt in the Central Tibetan Plateau; Insights into dissolved organics in non-urban areas - Optical properties and sources; 第三完成人王启元为中国科学院地球环境研究所研究员，合作发表论文 Water-soluble brown carbon in PM<sub>2.5</sub> at two typical sites in Guanzhong Basin: Optical properties, sources, and implications; 第四完成人王羽琴为陕西科技大学讲师，合作发表代表性论文 Water-soluble brown carbon in PM<sub>2.5</sub> at two typical sites in Guanzhong Basin: Optical properties, sources, and

implications; Impacts of Sources on PM2.5 Oxidation Potential during and after the Asia-Pacific Economic Cooperation Conference in Huairou, Beijing; Insights into dissolved organics in non-urban areas - Optical properties and sources; 西安市 PM<sub>2.5</sub> 中水溶性离子的季节变化特征。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作关系人及排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	李小飞（2） 康世昌（0） 王启元（0） 王羽琴（0）	2023	渭南市冬季 PM <sub>2.5</sub> 化学组成及来源解析	附件 7
2	论文合著	李小飞（1） 康世昌（9） 王启元（0） 王羽琴（0）	2023	Concentrations, sources, fluxes, and absorption properties of carbonaceous matter in a central Tibetan Plateau river basin	附件 2
3	论文合著	李小飞（1） 康世昌（2） 王启元（0） 王羽琴（0）	2018	Light-absorbing impurities in a southern Tibetan Plateau glacier: Variations and potential impact on snow albedo and radiative forcing	附件 3

4	论文合著	李小飞 (1) 康世昌 (2) 王启元 (0) 王羽琴 (0)	2018	Light-absorbing impurities accelerate glacier melt in the Central Tibetan Plateau	附件 4
5	论文合著	李小飞 (2) 康世昌 (8) 王启元 (0) 王羽琴 (7)	2023	Insights into dissolved organics in non-urban areas - Optical properties and sources	附件 6
6	论文合著	李小飞 (1) 康世昌 (0) 王启元 (14) 王羽琴 (10)	2023	Water-soluble brown carbon in PM <sub>2.5</sub> at two typical sites in Guanzhong Basin: Optical properties, sources, and implications	附件 1
7	论文合著	李小飞 (0) 康世昌 (0) 王启元 (0) 王羽琴 (1)	2020	Impacts of Sources on PM <sub>2.5</sub> Oxidation Potential during and after the Asia-Pacific Economic Cooperation Conference in Huairou, Beijing	附件 5
8	论文合著	李小飞 (0) 康世昌 (0) 王启元 (0) 王羽琴 (1)	2020	西安市 PM <sub>2.5</sub> 中水溶性离子的季节变化特征	附件 8

七、代表性论文专著目录:

代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	发表时间	年卷页码 (xx年xx卷xx页)	作者	通讯作者(含 共同作者)	第一作者(含 共同作者)	国内 作者 (中文名)	他引 总次数	检索 数据库	参与人(成果完 成人)	知识产权 是否归 国内所有
1	Water-soluble brown carbon in PM <sub>2.5</sub> at two typical sites in Guanzhong Basin: Optical properties, sources, and implications	Atmospheric Research	2023.01.01	2023 年 281 卷 106499 页	Xiaofei Li, Feng Yu, Yiyin gSong, Chao Zhang, Fangping Yan, Zhao Hu, Yali Lei, Lekhendra Tripathee, Rui Zhang, Jingning Guo, Yuqin Wang, Qingcai	李小飞、王启元	李小飞	李小飞, 余锋, 宋奕颖, 张超, 严芳萍, 胡召富, 雷亚莉, 张蕊, 郭景宁, 王羽琴, 陈庆彩, 刘浪, 曹军骥, 王启元	7	Science Citation Index Expanded	李小飞; 王启元; 王羽琴	是

					Chen , LangLiu , Junji Cao, Qiyuan Wang							
2	Concentrations, sources, fluxes, and absorption properties of carbonaceous matter in a central Tibetan Plateau river basin	Environmental Research	2023-01-01	2023 年 216 卷 114680 页	Xiaofei Li, Jingn ing Guo, Feng Yu , Lekhendra Tripathee ,Fangping Yan ,Zhao fu Hu , Shaopeng Gao , Xiaobo He ,Chaol iu Li , Shichang Kang	李小飞, 康世昌	李小飞	李小飞, 郭 景宁, 余锋, 严芳萍, 胡 召富, 高少 鹏, 何晓波, 李潮流, 康 世昌	1	Science Citation Index Expanded	李小飞; 康世昌	是
3	Light-absorbing impurities in a southern Tibetan	Atmospheric Research	2018-01-01	2018 年 200 卷 77-87 页	Xiaof ei Li, Shich ang Kang,	康世昌	李小飞	李小飞, 康 世昌, 张国 帅, 屈斌,	53	Science Citation Index	李小飞; 康世昌	是



	Plateau glacier: Variations and potential impact on snow albedo and radiative forcing				Guoshuai Zhang , Bin Qu, Lekhendra Tripathy ,Rukmes h Paudyal, Zhefan Jing, Yulan Zhang , Fangping Yan, Gang Li, Xiaoqing Cui,Rui Xu, Zhaofu Hu, Chaoliu Li			井哲帆, 张 玉兰, 严芳 萍, 李刚, 崔晓庆, 徐 锐, 胡召富, 李潮流		Expanded		
4	Light-absorbing impurities accelerate glacier melt in the Central Tibetan Plateau	Science of the Total Environment	2017-06-01	2017 年 587 卷 482-490 页	Xiaofei Li, Shichang Kang, Xiaobo He,Bin	康世昌	李小飞	李小飞, 康 世昌, 何晓 波, 屈斌, 井哲帆, 李 洋, 张玉兰, 严芳萍, 李	101	Science Citation Index Expanded	李小飞; 康世昌	是

					Qu, Lekhendra Tripatheea ,Zhefan Jing, Rukumesh Paudyal, Yang Li,Yu lan Zhang , Fangping Yan, Gang Li, Chaoliu Li			刚, 李潮流				
5	Impacts of Sources on PM2.5 Oxidation Potential during and after the Asia-Pacific Economic Cooperation Conference in Huairou, Beijing	Environmental Science & Technology	2020-01-17	2020 年 54 卷 2585-259 4 页	Wang, Yuqin ; Zhang , Yuanxun; Schau er, James J.; de Foy, Benjamin; Cai, Tianq i; Zhang , Yang	张元勋	王羽琴	王羽琴, 张 元勋, 蔡天 骐, 张阳	11	Science Citation Index Expanded	王羽琴	是

6	Insights into dissolved organics in non-urban areas - Optical properties and sources	Environmental Pollution	2023-07-15	2023 年 329 卷 121641 页	Feng Yu, Xiaofei Li, Rui Zhang ,Jingning Guo, Wen Yang, Lekhendra Tripathee, Lang Liu, Yuqin Wang, Shichang Kang, Junji Cao	李小飞	余锋	余锋, 李小飞, 张蕊, 郭景宁, 杨雯, 刘浪, 王羽琴, 康世昌, 曹军骥	3	Science Citation Index Expanded	李小飞	是
7	渭南市冬季 PM <sub>2.5</sub> 化学组成及来源解析	环境科学	2023-12-15	2023 年 44 卷 6474-6485 页	郭景宁, 李小飞, 余锋, 张蕊, 高月, 杨雯	李小飞	郭景宁	郭景宁, 李小飞, 余锋, 张蕊, 高月, 杨雯	0	中国科学引文数据库	李小飞	是

8	西安市 PM <sub>2.5</sub> 中水溶性离子的季节变化特征	环境科学	2020-06-15	2021 年 41 卷 2528-2535 页	黄含含， 王羽琴， 李升苹， 陈庆彩	王羽琴	黄含含	黄含含，王羽琴，李升苹，陈庆彩	20	中国科学引文数据库	王羽琴	是
---	-------------------------------------	------	------------	-------------------------------	-----------------------------	-----	-----	-----------------	----	-----------	-----	---

八、主要知识产权（标准、规范）目录:

主要知识产权（标准、规范）目录

序号	知识产权类别	知识产权名称	国家（地区）	授权号（批准号）	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型专利	一种自动分时段降水采样装置	中国	CN220960787U	2024-05-14	20925733	陕西科技大学	李小飞；杨雯
2	实用新型专利	一种箱式臭氧净化器	中国	CN221713858U	2024-09-17	21699519	陕西科技大学	李小飞；杨雯；高飞；李昂；郭景宁；张蕊