

国家自然科学基金大气科学学科二级申请代码下设研究方向与关键词 解读: D0514大气环境与健康气象

车慧正 林金泰 丁爱军 张强

Research Directions and Keywords under the Secondary Application Codes of the Atmospheric Sciences Discipline of the National Natural Science Foundation of China: D0514 Atmospheric Environment and Health Meteorology

CHE Huizheng LIN Jintai DING Aijun ZHANG Qiang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9895.2301.22314>

您可能感兴趣的其他文章 Articles you may be interested in

大气气溶胶的卫星遥感及其在气候和环境研究中的应用

Review of Satellite Remote Sensing of Atmospheric Aerosols and Its Applications in Climate and Environment Studies

大气科学. 2018, 42(3): 621 <https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9895.1801.17272>

实验室模拟研究大气二次有机气溶胶的形成

Laboratory Simulation Studies of the Formation of Secondary Organic Aerosols in the Atmosphere

大气科学. 2018, 42(4): 767 <https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9895.1805.17251>

黄河源高寒湿地-大气间暖季水热交换特征及关键影响参数研究

Characteristics of Water and Heat Exchanges and Their Crucial Influencing Factors on the Alpine Wetland during the Warm Season in the Source Region of the Yellow River

大气科学. 2017, 41(2): 302 <https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9895.1607.16103>

平流层大气动力学及其与对流层大气相互作用的研究:进展与问题

Atmospheric Dynamics in the Stratosphere and Its Interaction with Tropospheric Processes: Progress and Problems

大气科学. 2018, 42(3): 463 <https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9895.1802.17250>

沙尘和生物气溶胶的环境和气候效应

Environmental and Climatic Effects of Mineral Dust and Bioaerosol

大气科学. 2018, 42(3): 559 <https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9895.1803.17280>

华北雨季开始早晚与大气环流和海表温度异常的关系

The Relationship between the Onset Date of the Rainy Season in North China and the Atmospheric Circulation and SST

大气科学. 2019, 43(1): 107 <https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9895.1801.17242>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

车慧正, 林金泰, 丁爱军, 等. 2023. 国家自然科学基金大气科学学科二级申请代码下设研究方向与关键词解读: D0514 大气环境与健康气象 [J]. 大气科学, 47(1): 220–229. CHE Huizheng, LIN Jintai, DING Aijun, et al. 2023. Research Directions and Keywords under the Secondary Application Codes of the Atmospheric Sciences Discipline of the National Natural Science Foundation of China: D0514 Atmospheric Environment and Health Meteorology [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 47(1): 220–229. doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2301.22314

国家自然科学基金大气科学学科二级申请代码 下设研究方向与关键词解读: D0514 大气环境与健康气象

车慧正¹ 林金泰² 丁爱军³ 张强⁴

1 中国气象科学研究院, 北京 100081

2 北京大学, 北京 100091

3 南京大学, 南京 210023

4 清华大学, 北京 100084

摘要 2018 年, 国家自然科学基金委员会持续推进科学基金系统性改革, 其中, 申请代码调整是优化学科布局改革的切入点。在战略研究类专项项目的支持下, 工作组对大气科学学科申请代码和下设研究方向及关键词进行了优化调整。D0514 (大气环境与健康气象) 由原二级申请代码 D0513 (大气化学与大气环境) 调整而来, 属于新申请代码的“发展领域”板块, 延伸了大气环境的知识链, 拓展了内涵, 有利于不同研究方向的交叉融合。本文梳理了国家自然科学基金大气科学学科二级申请代码 D0514 下设研究方向的总体框架, 解读了各研究方向的关键词设置, 并提出基金申请人选择研究方向和关键词需注意的事项。D0514 下设四个研究方向, 即大气环境与大气污染防治、室内空气污染、大气环境流行病学与毒理学和健康经济损失评估。四个研究方向既相互支撑、紧密关联, 又可相对清晰地区分。从研究对象、研究方法、科学问题等角度, 每个研究方向下设 20~30 个左右关键词。为提升基金智能辅助指派的效率, 建议申请人优先选择关键词库中的词汇。通过本文的解读, 让科学界了解申请代码下设的研究方向和关键词的设立过程, 服务于申请人有针对性地选择相应的研究方向和关键词。

关键词 申请代码 大气环境 健康经济评价 代码解读 关键词

文章编号 1006-9895(2023)01-0220-10

中图分类号 P4

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2301.22314

Research Directions and Keywords under the Secondary Application Codes of the Atmospheric Sciences Discipline of the National Natural Science Foundation of China: D0514 Atmospheric Environment and Health Meteorology

CHE Huizheng¹, LIN Jintai², DING Aijun³, and ZHANG Qiang⁴

1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

2 Peking University, Beijing 100091

3 Nanjing University, Nanjing, 210023

4 Tsinghua University, Beijing 100084

收稿日期 2022-11-11; 网络预出版日期 2023-01-11

作者简介 车慧正, 男, 1977 年出生, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事大气环境方面的研究。E-mail: chehz@cma.gov.cn

Abstract The National Natural Science Foundation of China (NSFC) has been promoting its systematic reform since 2018. The adjustment of the application code is the starting point for the reform of optimizing the discipline layout. With the support of strategic research projects, the Working Group optimized and adjusted the application code of the atmospheric sciences discipline and its subordinate research directions and keywords. D0514 (atmospheric environment and health meteorology) is adjusted from the original secondary application code D0513 (atmospheric chemistry and the atmospheric environment) and belongs to the “development field” section in the new application code. It extends the knowledge chain and connotation of the atmospheric environment and is conducive to the cross-integration of different research directions. This paper combs the overall framework of D0514 research directions, explains the keyword settings of each research direction, and proposes precautions for fund applicants in selecting research directions and keywords. D0514 has four research directions, namely, the atmospheric environment and air pollution prevention, indoor air pollution, atmospheric environment epidemiology and toxicology, and health economic loss assessment. These four research directions are not only mutually supportive and closely related but also clearly distinguishable. Based on the perspective of research objects, research methods, and scientific issues, each research direction has approximately 20–30 keywords. The keywords should not be too detailed. To improve the efficiency of artificial intelligence in selecting grant reviewers, the applicant should give priority to the keywords provided by the NSFC system. By interpreting this article, the scientific community can understand the establishment process of research directions and keywords under the application code to better select the corresponding research directions and keywords for applicants.

Keywords Application code, Atmospheric environment, Healthy assessment, Code explanation, Keywords

1 引言

当前新一轮科技革命蓬勃兴起，科学研究范式正在发生变革，学科发展走向交叉融通。2018年，国家自然科学基金委员会（简称自然科学基金委）持续推进科学基金系统性改革，提出了“明确资助导向”“完善评审机制”“优化学科布局”三项核心改革任务。在资助导向上，提出了基于四类科学问题属性的分类评审改革；在评审机制上，提出了“负责任、讲信誉、计贡献”的评审机制改革；在学科布局上，提出了以申请代码调整为切入点优化学科布局（李静海, 2018）。

2019年，大气科学学科（简称大气学科）被列为自然科学基金委17个改革试点学科之一。申请代码调整是优化学科布局改革的切入点，代码修订工作的指导原则是“提高申请代码的包容性和覆盖面，通过广覆盖的申请代码结构尽量涵盖更多的研究方向。鼓励设置跨学部申请代码，加强对跨学科、大交叉研究的支持”（国家自然科学基金委员会, 2019）。在科学界的大力支持下，通过开展资助战略研究，形成了2020年度申请代码设置方案（刘哲等, 2020）。大气学科新的申请代码包括“分支学科”“支撑技术”和“发展领域”三个板块，调整后内容的体系性和结构性均有了显著改善，且有助于大气科学从传统的“气象学”“大气物理学”等

较独立分支向地球系统科学转变（刘哲等, 2020）。

大气学科有15个二级申请代码，原二级申请代码D0513（大气化学与大气环境）存在“分支学科”与“发展领域”混淆的问题：大气化学是分支学科，其母学科是化学，有相对独立的知识体系；大气环境是“发展领域”，需要依靠大气物理学、大气化学等多分支学科交叉融合研究大气环境（刘哲等, 2020）。经科学界充分调研和研讨，D0513（大气化学与大气环境）调整为D0506（大气化学）和D0514（大气环境与健康气象）。申请代码D0514（大气环境与健康气象）延伸了大气环境的知识链，有利于不同研究方向的交叉融合。面对突发的新冠疫情，科学界快速响应，申请了以D0514（大气环境与健康气象）为申请代码的专项项目：病毒气溶胶感染活性在大气传播过程中的演变规律，并获得资助（项目批准号：42041002），前瞻性的申请代码调整更好的推动大气科学服务于国家重大需求。

为便于基金申请书能指派给最合适的通讯评审专家，每个申请代码下设若干“研究方向”和“关键词”，作为智能辅助指派系统的重要依据之一（Cyranoski, 2019）。本文将对D0514（大气环境与健康气象）下设的研究方向和关键词进行解读，以便申请人更好选择适合的研究方向和关键词，提升智能辅助系统的匹配精度。

2 研究方向总体框架

D0514 (大气环境与健康气象) 作为大气科学的发展领域, 针对空气污染、气候变化等环境问题的复杂性和综合性, 以健康气象为着眼点, 推动大气环境与其他学科的交叉, 获得大气环境治理问题的综合认知, 服务于环境—健康—经济协同可持续发展和全民大健康战略实施。

D0514 (大气环境与健康气象) 下设四个研究方向, 既相互支撑、紧密关联, 又可相对清晰地区分。其中, 研究方向 1 (大气环境与大气污染防治) 与作为分支学科的 D0506 (大气化学) 代码紧密联系, 是其重要的应用出口, 强调从服务大气污染防治需求的角度, 多学科交叉综合利用观测和模拟等手段揭示大气污染的形成机制、来源成因、生态影响、防治路径和措施成效评估。研究方向 2~4 逐步深化与环境科学、医学科学和社会经济学科的交叉: 研究方向 2 (室内空气污染) 着眼于室内大气环境与环境的健康影响及其应对问题, 使用室内精细化监测数据, 综合利用多种研究方法, 研究室内空气污染的来源、种类及其对人体健康的危害, 以及室内微气候调控对健康的影响等; 研究方向 3 (大气环境流行病学与毒理学) 研究大气环境中空气污染暴露、天气气候异常变化与人体健康的关系, 通过大气、环境与医学的交叉研究, 揭示高温热浪和低温寒潮等灾害天气与大气污染对人体健康的影响和机制; 研究方向 4 (健康经济损失评估) 基于大气环境与经济学、管理学等社会科学的“大交叉”, 对大气环境、天气和气候变化、气象灾害和城市化等因素导致人体健康危害的经济损失进行评估, 探索环境—健康—经济协同的发展战略和路

径。

3 研究方向关键词解读

目前 D0514 (大气环境与健康气象) 代码中四个研究方向的关键词数量分别为 35、20、30 和 17 (表 1)。图 1 显示了四个研究方向所有关键词在国内外研究论文中的使用情况, 作为关键词解读的辅助。数据来自 Web of Science 核心合集 (SCIE) 数据库, 所设置的检索条件为 “TS=(keywords) and PY=(year) and (WC= “ ENVIRONMENTAL SCIENCES” or WC= “ METEOROLOGY & ATMOSPHERIC SCIENCES” or WC= “ Public, Environmental & Occupational Health”), 其中 TS 为检索主题 (按关键词逐个检索), PY 为检索时间 [选择所有时段和近五年 (2017~2021 年)], WC 为检索学科。

D0514 (大气环境与健康气象) 所涉及的学科领域十分广泛, 其四个研究方向的关键词在论文中的使用频率差异明显 (图 1)。例如, 在近五年的研究论文中, 方向 1 和方向 2 使用频率最高的关键词分别为 “模式模拟” 和 “风险评估”, 使用量均在 4 万左右, 比方向 3 和方向 4 使用频率最高的关键词 “生理” 和 “气候变化” 低了一个数量级, 这与医学健康和气候变化领域的研究人员基数、论文数量和引用数量整体较高有关。

3.1 研究方向 1: 大气环境与大气污染防治

该方向采用天地空综合立体观测、烟雾箱模拟试验、大气化学模式、受体模型、大气环境资料同化、大数据分析等方法, 研究细颗粒物 (PM_{2.5})、臭氧及其前体物的时空演变及理化和光学特性, 揭示大气复合污染成因和机制, 识别其气候、环境、

表 1 D0514 下设研究方向和关键词一览表

Table 1 List of the research directions and keywords of D0514

研究方向	关键词
方向1: 大气环境与大气污染防治	PM _{2.5} , 大气复合污染, 污染防治, 颗粒物, 气溶胶, 臭氧, 二氧化硫, 氮氧化物, 酸雨, 生物气溶胶, 立体观测, 卫星遥感, 大气遥感, 大气环境同化技术, 模式模拟, 大气输送, 污染气象, 静稳天气, 城市热岛, 辐射强迫, 干湿沉降, 环境容量, 大气环境容量, 大气环境生态效应, 自然源与人为源相互作用, 源解析, 联防联控, 协同控制, 人为排放, 自然源和背景污染, 城市污染, 气溶胶组分, 卫星偏振遥感, 街区尺度, 显微形貌
方向2: 室内空气污染	质谱仪, 光谱仪, 风险评估, 不良建筑综合症, 空气净化, VOC, 甲醛, 颗粒物, 飞沫扩散, 人体健康, 环境暴露, 风洞试验, 计算流体模拟, 机器学习, 流行病学统计, 理论模型, 室内外空气交换, 固体燃料, 室内污染, 逸散源
方向3: 大气环境流行病学与毒理学	流感, 新冠肺炎, 遗传, 极端环境, 负氧离子, 舒适度, 极端天气, 紫外线, 重金属, 细颗粒, 大气污染物, 滞后效应, 早产, 机器学习, 人体暴露, 生理, 病理, 健康影响, 生物标志物, 热射病, 精神心理健康, 心脑血管疾病, 呼吸系统疾病, 神经系统疾病, 消化系统疾病, 泌尿系统疾病, 免疫, 毒性组分筛选, 毒作用模式, 易感性
方向4: 健康经济损失评估	大气环境, 气候变化, 生态建设, 人口流动, 城市化, 暴露反应关系, 协同效应, 统计模型, 人工智能, 综合评估模型, 人群健康模型, 人群暴露评估, 健康效益评估, 生态健康, 成本效益分析, 经济环境协同, 可持续发展

特性的时空演变研究日益增多。耦合污染物排放、空气质量模拟、健康损失计算和一般均衡模型等多学科模型,揭示污染物的健康和经济损失,也逐步成为大气环境交叉研究的热点。

(3) 科学问题:

该方向聚焦大气复合污染、城市污染、酸雨等环境问题的解决,通过厘清污染来源、输送机制和影响,构建区域联防联控和多污染物协同控制等防控策略。相关研究涉及人为排放、自然源排放及其相互作用、大气输送和背景污染(尤其是臭氧、一氧化碳等较长寿命污染物)、干湿沉降等,以及大气污染与静稳天气、城市热岛等气象问题的关联。

大气复合污染研究从多角度系统探究中国细颗粒物 and 光化学烟雾的形成机制,突出人为排放和大气过程及其相互作用对空气质量的影响,尤其是重污染成因。酸雨研究当前侧重酸沉降过程的理化机制及其对土壤、生态和农业等的影响。作为评价区域大气污染物排放限值的一个核心参数,大气环境容量的计算一直是研究重点。街区尺度研究侧重于基于高分辨率观测和模拟的大气污染物时空演变和健康效应。大气环境生态效应研究主要探索大气污染物对生态和农业的影响及其反馈,如臭氧干沉降的影响。联防联控研究重点针对 $PM_{2.5}$ 和臭氧协同演变特征、控制路径以及区域合作等。

高分辨率污染物排放精细估算是污染溯源的一个重要发展领域。对于 $PM_{2.5}$ 和挥发性有机物,其浓度、组成和来源仍为研究重点。综合利用多种类型的站点资料开展自然源和人为源识别、长距离输送和背景污染、极端天气对大气污染的影响、有机硝酸盐生成、氨减排对雾霾和酸雨的影响、卤素化合物对臭氧的影响、微塑料污染及其大气传输和沉降等研究也是近年来的关注点。人为源污染物对天然源 SOA 生成的影响仍存在争议。未来气候变化情境下,天然源和人为源相互作用、污染物减排方案优化、气候变化减缓和适应、生态足迹以及生物地球化学循环等均值得深入探索。

3.2 研究方向 2: 室内空气污染

人们大部分时间在室内度过,因此室内空气质量对人群健康具有重要的直接影响。相较于室外空气污染的研究和治理,室内空气污染研究和防治相对滞后。室内空气污染的研究对象与室外空气污染研究对象不尽相同,在研究方法和核心科学问题方面有一定的相通性,但同时具有明显的自身特定

(Nazaroff, 2022)。相关关键词近 5 年和历年文献发表情况见附录图 A2。

(1) 研究对象:

室内空气污染研究对象既包括气态污染物,如一氧化碳、氮氧化物、臭氧和挥发性有机污染物(VOC,如甲醛),也涉及固态污染物,包括颗粒物(PM)及其中的黑碳、重金属等物质。超细颗粒物及其理化组分、臭氧、氮氧化物、一氧化碳、苯系物、多环芳烃和邻苯二甲酸酯等有毒有害物质、新污染物、 CO_2 (一直是重要的室内空气质量指标)等是重要研究对象。室内污染的来源复杂,除了室外空气污染的影响,室内源排放影响也不容忽视,其中室内燃料燃烧、餐饮油烟、焚香等排放的源强及贡献是研究中常关注的对象。妇女和儿童等易感人群,农村和学校等特定或已有研究较少的场所需要重点考虑。

(2) 研究方法:

该方向方法涉及环境浓度和暴露水平测量、室内反应过程监测、健康结局识别和风险评估等。可在各种实际微环境中开展实地测量,也可模拟环境开展实验测定,例如在可对室内环境各理化参数进行精确化测量和控制的房间或舱内对污染物的迁移转化行为和化学反应等进行研究以掌握变化规律和影响因素。近些年,包括传感器类在内的在线监测仪器以及质谱技术,包括高分辨质谱仪和光谱仪等先进仪器,正在被越来越多的研究采纳以提高研究结果的时空分辨率和物种丰富度,为(新)污染物识别、反应动力学、溯源、健康危害评估和干预控制措施等提供更丰富的基础数据。在室内模拟方法方面,既有基于明确物理化学过程的白箱模型,也有基于经验公式的黑箱或经验模型。

(3) 科学问题:

室内空气污染研究关注污染物从源排放、室内反应、人群暴露健康影响和控制治理等方面。通过多种研究方法融合,揭示室内污染与室外污染的关联,以及污染物在室内环境的沉降、降解、吸附、氧化、生成和去除等过程的规律和主导因素;评估自然通风、强制通风或空气净化在不同微环境中的效果及费效成本;阐明室内空气污染的毒理和健康效应及其机制,例如氧化应激、炎症、呼吸系统疾病(哮喘、慢阻肺、肺癌/肺功能/肺炎等)、心血管疾病、高血压等。此外,研究需关注气候变化对室内建筑能耗、大气环境质量和人群健康影响以及

室内气候微调的理论、方法与技术。

3.3 研究方向 3：大气环境流行病学与毒理学

该方向主要针对大气环境中危害人体健康的物理、化学和生物等因素，以人群为研究对象，在暴露表征和健康效应评价的基础上，利用多种统计方法，识别关键危害因素，探索关键因素与健康危害之间的关联，并结合生物标志物分析和毒理实验等手段探索致病机制，从而为以健康保护为目标的治理措施提供理论依据。相关关键词近 5 年和历年文献发表情况见附录图 A3。该方向主要涉及环境危害因素、人体健康效应结局、以及研究方法与效应机制等三个方面的关键词，多数关键词的使用频率在五年内均有所增长。

(1) 研究对象：

大气环境流行病学的研究对象为大气中的健康影响因素，按照来源则包括自然因素（含极端环境、负氧离子、舒适度、极端天气、紫外线和二十四节气等）和污染因素（含重金属、细颗粒、大气污染物等）。这些因素的人体暴露评价是揭示其健康影响的前提；尤其是对于复杂危害因素如细颗粒物，筛选识别主要的危害组分是开展大气环境健康影响研究的关键，是污染物精细化控制的核心。特别需要指出的是，这些危害因素并非独立存在于大气环境中，揭示它们之间的相互作用例如细颗粒物与臭氧、气候变化与大气污染物间的协同健康效应，已被列入国家十四五规划与 2035 远景目标，同时也是碳中和实施中的重要科学问题。另一方面，随着应对人口老龄化和全民大健康战略实施重大需求的展现，气候趋利的候鸟式避寒或避暑康养受到越来越多的老年人群的青睐，其中的相关科学问题很值得研究。

(2) 研究方法：

该方向（D0514）的研究方法和范式，区别于 H3001（环境卫生）、H3011（非传染病流行病学）、D0712（环境与健康风险）。D0514 下设的大气环境流行病学研究方向，旨在依靠大气科学经典方法（大气遥感、立体观测、模式模拟、大气环境同化技术等）结合健康大数据、生物医学统计、机器学习和数据挖掘等方法，针对大气环境暴露长时期、大范围的时空特征，探究流行病学研究的新范式。旨在识别大气环境要素在生理、病理、免疫、遗传等多方面的新型健康影响，获得具有较高人群代表性的暴露反应关系，从而揭示大气污染健康效

应的时空规律及其根本原因，包括但不限于脆弱性、适应性、易感性、滞后性等效应特征的识别。

从毒理学的角度出发，采用细胞、动物或人群实验，研究危害因素（包括自然因素和污染因素）的暴露，探究危害因素在机体内的吸收、分布、代谢转化和消除过程，筛选识别主要危害组分并开展定量评价，也是该领域的重要研究方法。

(3) 科学问题：

该方向聚焦重大、有普遍意义的健康问题。大气污染物、不利气象条件主要影响人体循环系统和呼吸系统，可增加高血压、冠心病（含心肌梗塞）、心律失常、心跳骤停、心力衰竭、脑中风、哮喘、肺炎、慢性阻塞性肺疾病等疾病的发病率和死亡率。近年来，大气环境有害因素被发现可作用于神经和精神系统，与一系列神经退行性疾病（如老年痴呆、帕金森病）和心理疾病（如抑郁症）的发生和发展有关；可作用于生殖系统，引起早产、低出生体重、不孕不育等不良出生结局；还可以作用于代谢、消化和泌尿系统，与糖尿病、肝病、慢性肾病有关。高温、热浪等极端天气还可以引起热射病；大气污染物、不利气象条件还被认为与一系列传染性/传染性疾病的流行（如流感、新冠肺炎）有关。该方向密切结合大气环境暴露评价，关注与构建暴露反应关系，为发展健康气象相关研究，提供关键参数和理论依据。

(4) 其他相关关键词：

D0514 下设的大气毒理学方向，还包括利用“生物标准物”监测、“毒作用模式识别”等经典毒理学技术手段，揭示关键致病、制毒的生物分子机制，用以支撑因果关系构建和风险防范措施的制定。

3.4 研究方向 4：健康经济损失评估

该方向在大气科学基础上，融合多学科理论与认知，利用统计、人工智能和综合评估模型等方法，定量评估大气环境变化（包含气候变化与大气污染）导致的人群健康危害和经济损失，以及城市化、生态建设等社会经济活动的大气环境影响及其健康效应，旨在系统理解经济—环境—健康之间的内在联系，推动以提升人民健康福祉为目标的大气环境研究的发展（王文兴等, 2019）。该方向的关键词主要涉及大气环境变化对人群健康和生态环境的影响，对应的经济损失，以及减缓这些影响的成本和效益等。相关关键词近 5 年和历年文献发表情况见附录

图 A4。

(1) 研究对象:

该方向研究大气污染和气候变化对人群健康和经济的影响,以及相关的社会经济驱动因素(王金南等,2018),包括生态建设、人口流动、城市化等。由于大气污染与气候变化存在相互作用和反馈机制,而且二者均与自然过程(例如沙尘暴)和人类活动(例如非可再生能源与资源的使用)密切相关,因此研究大气污染防治和气候变化应对措施所产生的环境与健康协同效应,也是这个研究方向的重点。

(2) 研究方法:

该研究方向聚焦大气环境变化的健康和经济效益,涉及大气科学、环境科学、系统科学、流行病学、管理科学、经济学等多个学科的“大交叉”,也必然需要借助这些学科的研究方法和数据,包括大气环境领域的人群暴露(浓度)评估,流行病学领域的暴露反应关系和人群健康模型,管理科学和经济学领域的成本效益分析,以及学科交叉领域的健康效益评估和综合评估模型(Van Beek et al., 2020)。随着大气、环境和健康领域海量数据的出现,基于大数据的统计模型和人工智能方法正在成为该研究方向的热门技术。

(3) 科学问题:

这些关键词围绕与大气环境变化相关的“经济—环境—健康”系统的关键科学问题,包括但不限于研究经济发展与大气环境之间的相互关系、构建以改善公众健康为目标的经济与环境协同策略、探讨可持续发展战略的环境健康效益等问题,旨在从大气科学与其他学科交叉的视角,为我国生态文明建设、美丽中国、健康中国、碳达峰碳中和、一带一路和全球可持续发展等重大发展战略提供科学支撑。

(4) 其他相关关键词:

近年来,一些尚未进入自然科学基金委科学基金网络信息系统的关键词也逐步受到国内外学者的关注和重视。气候变化和大气污染减缓与应对措施之间除了协同增效效应之外,也存在多重效应和权衡效应,例如某些大气污染末端治理措施可能增加资源和能源的消耗,带来额外温室气体排放。基于质性分析,许多研究针对决策行为、区域文化、政治地理和极端事件等因素,对大气环境领域政策的有效性进行分析。环境公平性一直是国外研究的热点问题,国内也有学者开始关注,未来可能会逐渐

成为社会关注的焦点之一。

4 研究方向和关键词选择的注意事项与建议

为了促进科学研究的交叉融合,拓宽科研人员,尤其是年轻学者的知识面,提升智能辅助指派效果,关键词一方面要体现科学研究的关键信息,另一方面也不宜过细。申请人选择关键词时,要考虑关键词内涵能覆盖申请书主要内容,不必过于细化关键词。例如,关于各类污染物的研究可选择“空气污染”,关于各类源解析方法的研究可选择“源解析”,关于各类心脑血管疾病的具体病症研究可以选择“心脑血管疾病”,等等。建议申请人优先选择关键词库里的词汇,尽量避免自填关键词。

调研也发现少数申请人在现有关键词库中无法找到较合适的关键词,因此选择自填部分关键词。学科在持续发展中,关键词需及时更新并能反映科学前沿。在积累一定数据的基础上,自然科学基金委应对各方向研究进展、具体申报情况、自填关键词等进行系统分析,组织学科带头人和一线科学家,对关键词库进行完善,并通知评审专家定期维护关键词。

在自然科学基金委信息系统中,中文关键词已具备选择功能,但对应的英文关键词仍需由申请人翻译填写。同一个中文关键词容易出现不同的英文表述(譬如“协同效应”可以对应co-benefit、synergic effect、cooperative effect等),影响关键词的文献检索和分析,不利于开展基于英文关键词的评审工作。因此,建议自然科学基金委进一步统一英文关键词。

5 总结

本文针对国家自然科学基金大气科学学科二级申请代码D0514(大气环境与健康气象)的四个研究方向进行了关键词解读,旨在帮助申请人准确选择研究方向和关键词,并帮助进一步完善关键词库。四个方向的主要关键词设置基本合理,少部分关键词存在重复或者使用频率偏低的问题。随着学科发展和进步,研究方向和关键词应该在专家群体的共同努力下,适时调整优化,以体现学科发展最新动态。另外,D0514(大气环境与健康气象)作为大气科学发展领域的重要组成部分,仍需扩大影响力,

吸引相关交叉学科学者的关注，增加申请书数量，提升申请书质量。

致谢 衷心感谢专题顾问专家朱彤院士、陈建民教授和王式功教授及工作组成员对 D0514 代码关键词编制工作的鼎力支持，顾问专家提出的宝贵意见建议和工作组成员扎实的调研分析是 D0514 关键词编制的重要基础和保障。特别感谢毕新慧、陈仁杰、戴瀚程、高健、耿冠楠、胡伟、孔少飞、李婧、刘丹彤、刘颖君、邱兴华、沈国锋、施珊珊、陶明辉、王辰、王海鲲、王芃、薛涛、张少辉、张莹、庄炳亮（按姓氏拼音排序）等青年学者开展的论文结构编辑与梳理、数据统计分析等工作，为本文解读提供了关键支撑。

参考文献 (References)

Cyranoski D. 2019. Artificial intelligence is selecting grant reviewers in China [J]. *Nature*, 569(7756): 316–317. doi:10.1038/d41586-019-01517-8

国家自然科学基金委员会. 2019. 关于印发《国家自然科学基金委员会关于更好发挥科学基金在我国科技创新体系中作用的行动方案》的通知(国科金发计 2019[56 号])[R]. National Natural Science Foundation of China. 2019. Notice of the Issuance of Action Plan of NSFC on Promoting the Role of Scientific Foundation in China's Science and Technology Innovation System. National Natural Science Foundation of China, 2019, No. 56 (in Chinese) [R].

李静海. 2018. 构建新时代科学基金体系夯实世界科技强国根基 [J]. *中国科学基金*, 32(4): 345–350. Li Jinghai. 2018. Building a science funding system for a new paradigm shift in science [J]. *Bull. Natl. Nat. Sci. Found. China* (in Chinese), 32(4): 345–350. doi:10.16262/j.cnki.1000-8217.2018.04.001

Li K, Jacob D J, Liao H, et al. 2019. A two-pollutant strategy for improving ozone and particulate air quality in China [J]. *Nature Geoscience*, 12(11): 906–910. doi:10.1038/s41561-019-0464-x

刘哲, 丁爱军, 张人禾. 2020. 调整国家自然科学基金申请代码, 优化大气学科资助布局 [J]. *科学通报*, 65(12): 1068–1075. Liu Zhe, Ding Aijun, Zhang Renhe. 2020. Adjusting application codes and optimizing funding layout for the discipline of atmospheric sciences in the National Natural Science Foundation of China [J]. *Chin. Sci. Bull.* (in Chinese), 65(12): 1068–1075. doi:10.1360/TB-2020-0146

Nazaroff W W. 2022. 30+ years of knowledge creation: Indoor air 1991–2021 [J]. *Indoor Air*, 32(7): e13074. doi:10.1111/ina.13074

Van Beek L, Hajer M, Pelzer P, et al. 2020. Anticipating futures through models: The rise of Integrated Assessment Modelling in the climate science-policy interface since 1970 [J]. *Global Environmental Change*, 65: 102191. doi:10.1016/j.gloenvcha.2020.102191

王金南, 万军, 王倩, 等. 2018. 改革开放 40 年与中国生态环境规划发展 [J]. *中国环境管理*, 10(6): 5–18. Wang Jinnan, Wan Jun, Wang Qian, et al. 2018. The development of China's ecological and environmental planning in forty years of reform and opening-up [J]. *Chinese Journal of Environmental Management* (in Chinese), 10(6): 5–18. doi:10.16868/j.cnki1674-6252.2018.06.005

王文兴, 柴发合, 任阵海, 等. 2019. 新中国成立 70 年来我国大气污染防治历程、成就与经验 [J]. *环境科学研究*, 32(10): 1621–1635. Wang Wenxing, Chai Fahe, Ren Zhenhai, et al. 2019. Process, achievements and experience of air pollution control in China since the founding of the people's republic of China 70 years ago [J]. *Research of Environmental Sciences* (in Chinese), 32(10): 1621–1635. doi:10.13198/j.issn.1001-6929.2019.09.15

World Health Organization, 2021. WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide [R]. ISBN 978-92-4-003422-8.

附录 A

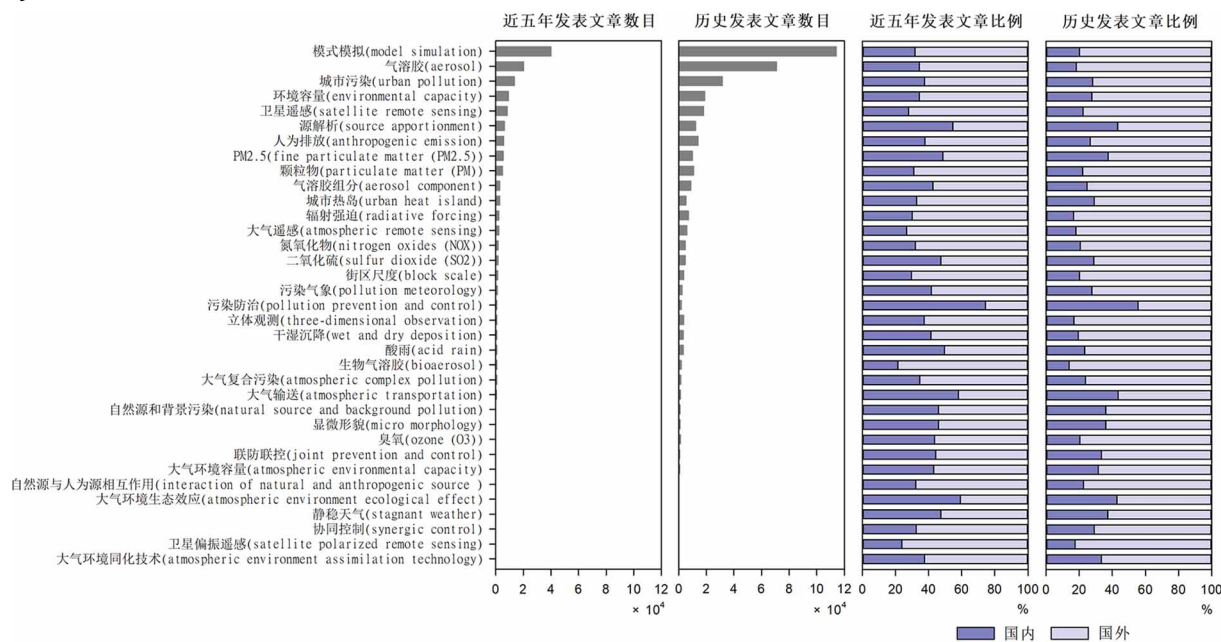


图 A1 研究方向 1 下设关键词近 5 年和历年文献发表情况

Fig. A1 Number of published manuscripts for different keywords of research direction 1, recently and for all time

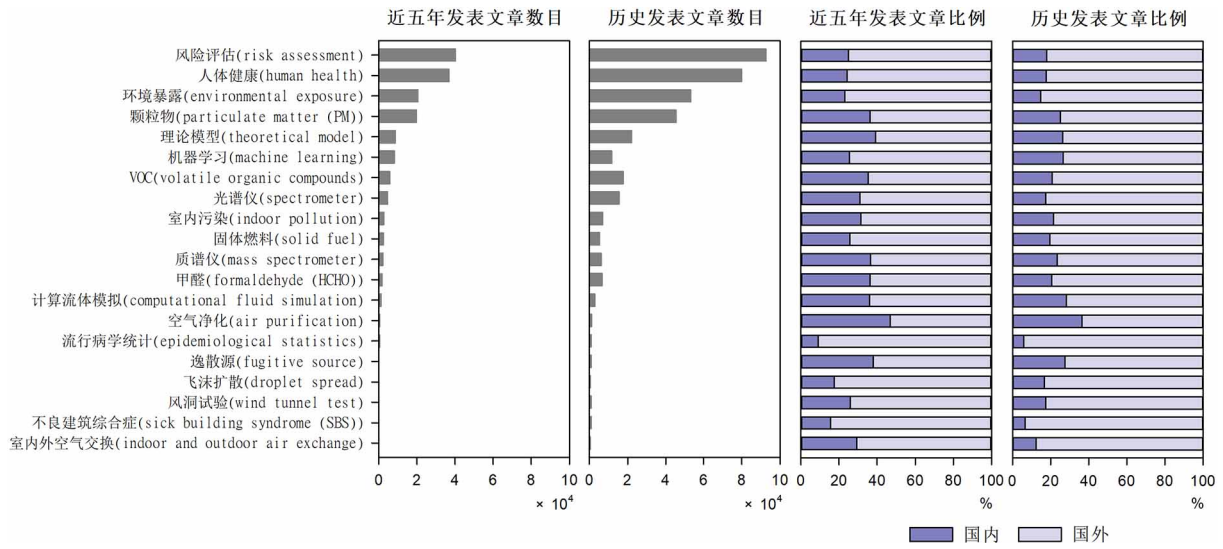


图 A2 研究方向 2 下设关键词近 5 年和历年文献发表情况

Fig. A2 Number of published manuscripts for different keywords of research direction 2, recently and for all time

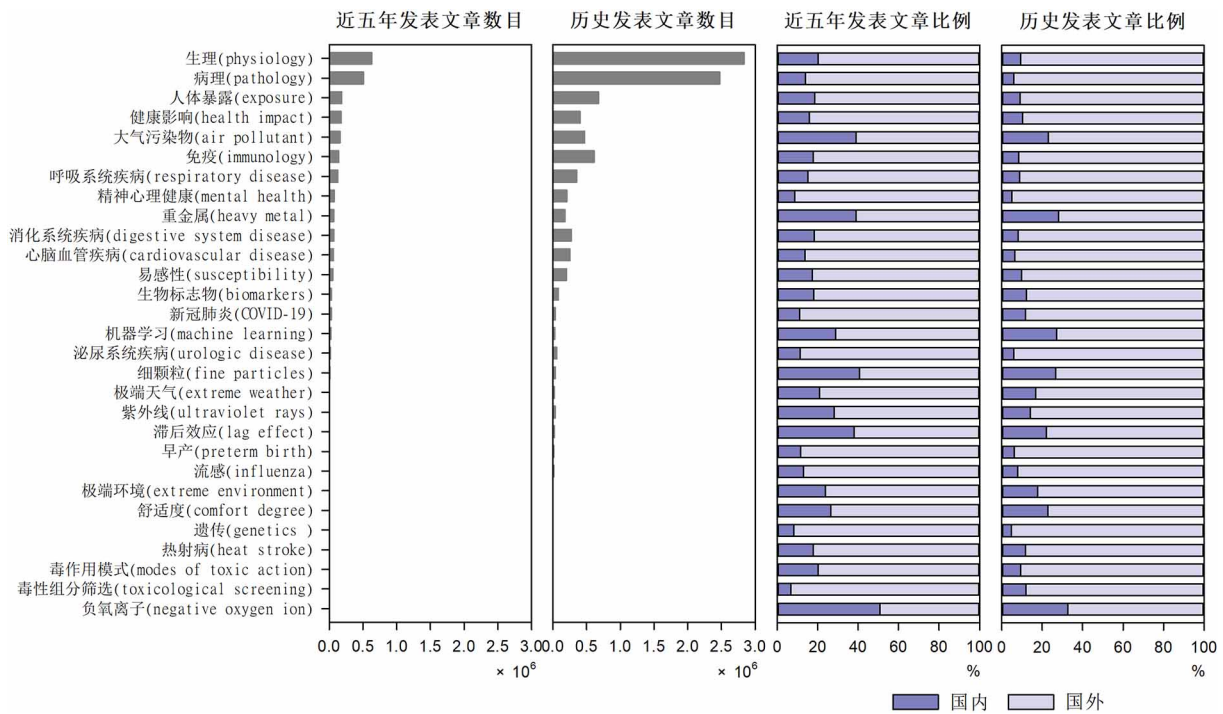


图 A3 研究方向 3 下设关键词近 5 年和历年文献发表情况

Fig. A3 Number of published manuscripts for different keywords of research direction 3, recently and for all time

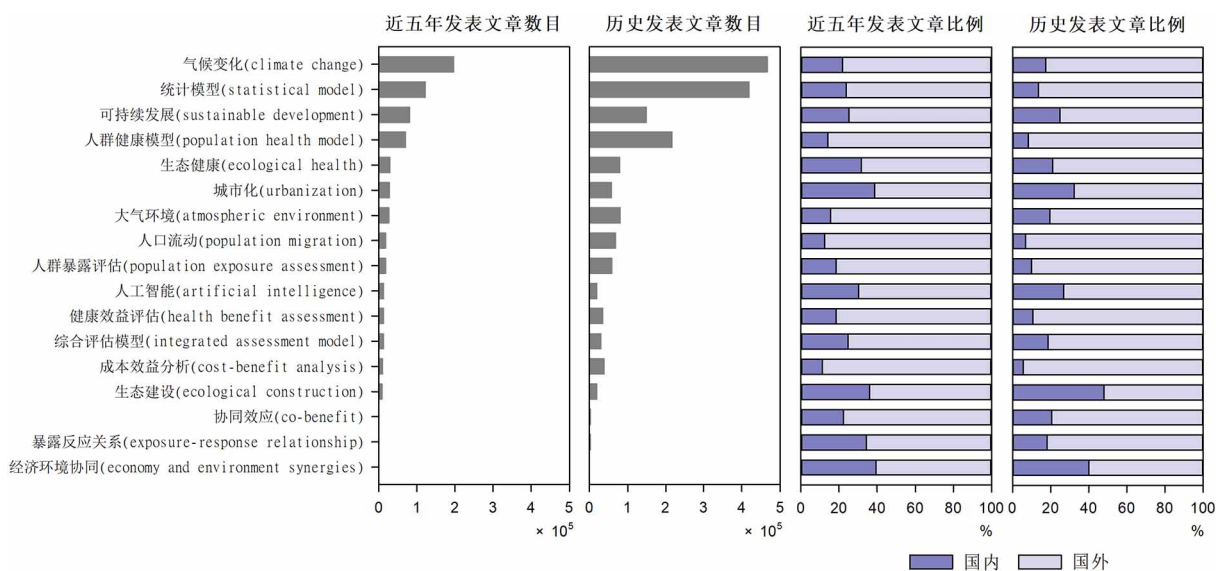


图 A4 研究方向 4 下设关键词近 5 年和历年文献发表情况

Fig. A4 Number of published manuscripts for different keywords of research direction 4, recently and for all time