目前学术界对于PM2.5产生原因的研究成果已经比较丰富，大体可以分为环境学研究和统计学研究两类。

环境学对于PM2.5的研究主要采用Model-3/CMAQ模式及过程分析技术[4]、高斯模型及其扩展模型[7-9]、CAMx(comprehensive air quality model with extentions)模拟[5]、示踪离子分析法[6]等方法，偏重于从技术层面研究PM2.5产生的过程和化学组成，或仅针对某一地区一次PM2.5重度污染过程进行分析[4-6]。

从变量选择的角度看，环境学对PM2.5的研究或者选择气候变量（如气压、风速、温度、湿度等）[7、10]，或者选用与PM2.5形成相关的大气成分变量（如二氧化硫、一氧化碳等）[25]二者相互割裂，在单项研究中很难发现气候变量和大气成分变量对PM2.5浓度的综合影响[[1]](#footnote-1)；从数据来源来说，环境学研究采用的数据来源除了使用公开的气候数据，大气监测数据外，也有不少研究采用监测站点的数据研究单独地区PM2.5的污染情况[4-6]；从研究方法和研究目标来看，环境学对PM2.5的研究在模型选择上大多采用环境学领域的专用模型对PM2.5的浓度及其扩散的污染区域进行仿真模拟和PM2.5污染预警，而对影响PM2.5浓度的具体因素分析并不关注[7-9]；从结论上来看，环境学领域相关研究得出的结论大多基于pm2.5的组成成分和影响因素层面[10、11]，或者从数学的角度拟合p（PM2.5）垂直廓线方程[11]。鲜有研究结合实际和结论提出针对性的建议。

统计学对于PM2.5的研究主要采用灰色关联分析[26]、皮尔逊相关分析、聚类分析、因子分析、时间序列、主成分分析[12、15]、多元线性回归[12-14、16]以及逐步回归、分位数回归[21]等方法。

从变量选择的角度看，统计学类研究与环境学类研究类似，其模型构建中变量选择角度单一，主要采用的是影响PM2.5的大气成分作为变量来研究PM2.5浓度的影响因素[12-16]（也有部分研究将经济变量加入分析模型），忽视了影响PM2.5浓度的大气成分变量和气候变量的综合作用；从数据来源看，统计学类研究采用的数据主要是公开的环境数据，大部分研究使用了时间序列数据（研究单一地区）或者截面数据（研究某几个地区）进行建模[10-13]；从PM2.5影响因素的研究方法看，统计学类研究大多倾向于运用多元回归分析方法等计量模型[12、13]，并结合主成分分析、Alpha可靠性检验、敏感性分析等统计学方法对PM2.5进行研究[12-15]；从结论和建议来看，统计学类相关研究得出的结论和提出的建议或者仅基于宏观层面，认为经济因素（汽车拥有量、房屋施工面积、经济结构失调等）、公共治理（能源消费结构、建筑扬尘等）等是导致PM2.5浓度增加的重要因素[13、14]，或者仅依据PM2.5浓度的影响因素做出结果解释。此外，统计学领域现有的研究成果主要是针对个别地区，或者某几个城市PM2.5浓度的影响因素进行探究，忽视了对PM2.5浓度的空间相关性和区域性差异进行分析。近年来，虽然部分学者也将空间计量模型引入了PM2.5的相关研究，但在空间权重矩阵的选择上，仍依赖于传统的Rook邻近空间权重矩阵和Queen邻近空间权重矩阵,不能很好的揭示PM2.5的空间分布规律。

从这两类研究的差异来看，环境学研究的优势在于可以结合大气环境背景和气象条件等对PM2.5的形成进行深入分析，但环境学类的研究，主要使用描述性统计方法、环境学领域的专用模型（如高斯模型等）等进行实证分析，这类分析能够在一定程度上模拟PM2.5的形成过程，但是却难以对PM2.5形成的具体原因进行分析；统计学类的研究使用的统计方法多样，对于PM2.5的研究偏重于纯粹的“数字规律”，环境学的理论支持较弱；此外，无论是环境学研究还是统计学研究在变量选择上出现了“双极化”特征，即建立模型时或者选择气候变量或者选择影响PM2.5浓度的大气成分变量，变量选择的“割裂”，在单项研究中很难发现气候变量和影响PM2.5浓度的大气成分对PM2.5浓度的综合影响。因此，本文认为将PM2.5浓度和气候变量、影响PM2.5的大气成分变量联合建模才能较为全面地分析影响PM2.5浓度的影响因素。

综合考虑PM2.5的现有研究成果，目前尚停留在对PM2.5的化学组成、来源和时空分布规律的分析阶段，缺乏基于面板数据讨论影响PM2.5浓度的因素和不同城市间PM2.5浓度的空间相关性。鉴于面板数据兼具时间和空间两个维度，所包含的信息更全面，能够充分考虑研究对象间存在的异质性，提高分析的准确性。因此，本文使用中国空气质量在线监测分析平台、天气后报网站、tutiempo 网站公布的影响PM2.5的大气成分数据和气候数据，通过空间相关性检验和空间面板计量模型，分析PM2.5浓度的影响因素和时空格局，从而为PM2.5的治理提供有效的建议。

1. 此外，也有部分学者将钙、铁等重金属作为研究变量，如李铭煊等《北京昌平某地冬季大气PM2.5元素污染特征分析》等。 [↑](#footnote-ref-1)