



霍芳：2003 年入局，专利局材料工程发明审查部，副调研员，暖通空调领域。



昌学霞：2007 年入局，专利局材料工程发明审查部，主任科员，暖通空调领域。

我国 PM2.5 专利技术综述

材料工程发明审查部 霍芳 昌学霞¹

摘要：本文利用中国专利检索系统，检索了我国 PM2.5 相关技术领域的专利申请，重点分析了我国 PM2.5 相关专利申请的分布情况，从专利申请的年度分布、申请人类型、技术侧重点等方面进行统计分析，在上述统计分析的基础上，总结出我国 PM2.5 相关专利技术的一些规律，并提出相应建议，为进一步研究我国 PM2.5 相关技术提供参考资料。

关键词：PM2.5 专利技术 专利分析

一、引言

近年来频繁出现的雾霾天气将 PM2.5 引入人们的视野。PM2.5 是指环境空气中空气动力学当量直径小于或等于 $2.5\mu\text{m}$ 的细颗粒物，也称可入肺颗粒物。由于其易于富集有毒重金属、酸性氧化物、有机污染物、细菌与病毒，且能通过呼吸系统进入人体，因而严重危害人体健康。PM2.5 主要来源于火力发电、工业生产、汽车尾气排放等过程中向外界环境释放的残留物。现有的常规除尘技术如静电除尘器、旋风除尘器、湿式除尘器等虽已达到较高水平，但仍难以有效捕集可吸入颗粒物，尤其是 PM2.5，造成大量 PM2.5 排入大气

环境中，因此，如何预防及脱除 PM2.5 是目前研究的重点。

我国对 PM2.5 相关技术领域的研究起步较晚，还没有系统地研究它的各种规律，如 PM2.5 的基本污染特征、健康效应和来源分析等。但自 1999 年以来相关企业、高校或个人开始对 PM2.5 的预防、监测或脱除等各个方面进行了研究并产生了大量专利技术。

二、检索系统、数据库及检索方法

为了解 PM2.5 相关技术在我国专利申请状况，我们通过检索中国专利申请数据库（CNPAT）和中国专利全文数据库（CNTXT）来获得进行统计分析的专利样本。检索涉及

¹ 第二作者对本文的贡献等同第一作者

的关键词主要包括：PM2.5、细颗粒物、可吸入颗粒物、悬浮颗粒物、入肺颗粒物、入肺粒子、亚微米粒子、细微粒子、小颗粒物、大气颗粒物、悬浮微粒、微尘、飘尘、微细粉尘、2.5微米、2.5 μm。由于2013年所申请的专利多数还未公开，因而本文仅分析2012年前（含2012年）的数据。经过数据整理，得到有效数据751项。

三、专利分析

（一）专利申请量趋势分析

截至2012年底我国PM2.5相关专利申请总量为751件，其年度分布如图1所示。从该图中可以看出，在1999年之前相关专利申请为零；从1999年至2009年，我国PM2.5相关专利申请量较少，增长缓慢，年申请量均低于50件；2010年和2011年的申请量增速有所提升，但增长仍较缓慢，年申请量低于100件；到2012年，申请量大幅增加，年申请量达到483件。这与我国在2012年2月发布的《环境空气质量标准》不无关系，在此次新修订的《环境空气质量标准》中增加了PM2.5的监测指标，这表明国家已经充分意识到PM2.5对我国人民健康有较大影响。

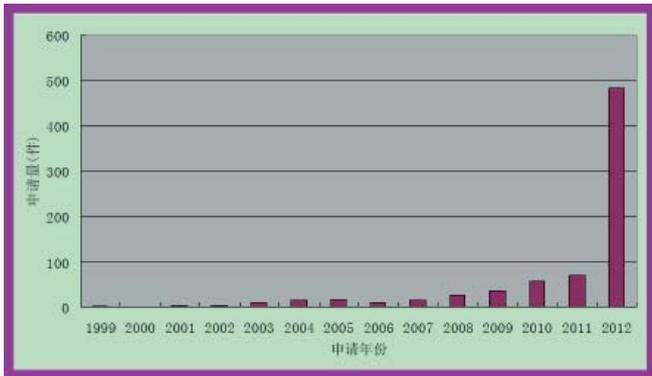


图1 PM2.5相关专利申请的年度分布情况

（二）专利申请类型及申请人分布

图2是PM2.5相关专利申请类型的分布情况，从图2可以看出，非PCT发明专利申请为382件，占总量的51%；实用新型专利申请为348件，占总量的46%；而PCT发明专利申请为21件，仅占总量的3%。

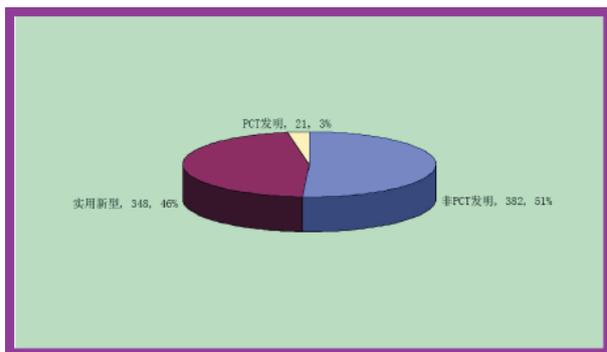


图2 三种专利申请分布情况

图3是PM2.5相关专利申请的中外申请人分布情况，从图3中可以看出：在中国申请专利的申请人中，中国申请人占96%，而外国申请人仅占4%；外国申请人中，美国申请人为13个，日本申请人为6个，美国和日本两国的申请人占外国总申请人数的66%。



图3 中国及外国申请人分布情况

图4示出了中国申请人的地区分布情况。从图中可以看出，北京位居申请量的第一位，申请量为114件，占全国申请总

量的 16%；第二位是江苏，申请量为 105 件，占总量的 15%；第三位是广东，申请量为 101 件，占总量的 14%；随后是浙江、上海、山东、山西、湖北、重庆和四川，以上是排名前十位的省市。排名前十位的省市的申请量之和占全国申请总量的 78%，而其余省、市和地区的申请总量仅占全国申请总量的 22%，这说明我国各省市申请量差距比较大，专利申请相对集中，主要集中在北上广及江浙一带。这些省市经济比较发达，对科技创新比较重视，同时这些省市的工业及汽车污染比较严重，PM2.5 的问题也相对突出，因而对 PM2.5 的相关专利技术也更加重视。

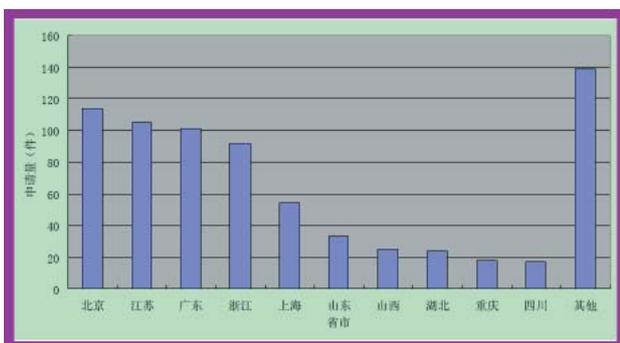


图 4 中国申请人地区分布情况

图 5 示出了中国申请人的类型分布情况，从图中可以看出，中国申请人中企事业单位申请了 377 件，占总量的 52%；科研院所申请了 217 件，占总量的 30%；个人申请了 128 件，占总量的 18%。通过该图可以发现如下特点：国内申请人中企事业单位的申请量占了多数，反映出我国相关企事业单位已充分认识到 PM2.5 相关技术的重要性，专利申请比较积极，PM2.5 相关专利技术不是仅停留在研发阶段，产业化程度已比较高。

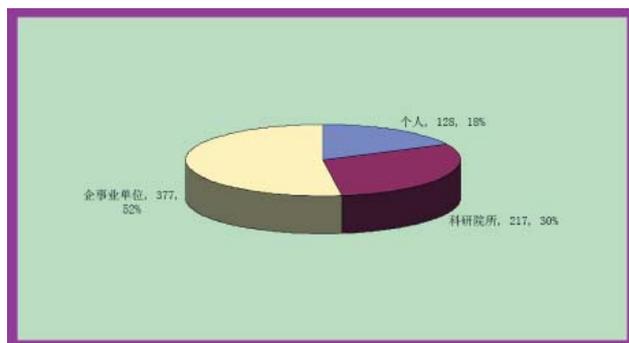


图 5 中国申请人的类型分布情况

表 1 表示的是 PM2.5 技术领域前十位申请人的排序。排名前十位的申请人中有两位来自浙江，两位来自江苏，两位来自广东，北京、山西、山东和重庆各有一位，这与 PM2.5 相关专利申请的地区分布相符，再次从主要申请人排名这一侧面反映出这几个地区 PM2.5 相关技术的研发及产业化能力比较高。同时排名前十位的申请人均为企事业单位或科研院所，且企事业单位的申请量大于科研院所的申请量，进一步表明我国 PM2.5 相关专利技术不仅停留在研发阶段，更多的专利技术已投入产业化生产。

表 1 主要申请人排序

排序	申请人	申请量 (件)	所属地区
1	清华大学	20	北京
1	浙江菲达环保科技股份有限公司	20	浙江
3	长治市丰雨机械有限公司	19	山西
4	江苏瑞丰科技实业有限公司	16	江苏
5	东南大学	15	江苏
5	广东风华环保设备有限公司	15	广东
7	深圳市华测检测技术股份有限公司	14	广东
8	山东大学	12	山东
8	绍兴文理学院	12	浙江
8	中电投远达环保工程有限公司	12	重庆

（三）专利申请的技术主题分析

图 6 是 PM2.5 相关专利申请按分类号的分布情况。申请量排名前几位的技术主题分布在分类号 B01D、G01N、B03C、F24F、F01N 和 C10L 等。上述分类号表示的技术主题分别为：

B01D：分离

G01N：借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料

B03C：从固体物料或流体中分离固体物料的磁或静电分离；高压电场分离

F24F：空气调节；空气增湿；通风；空气流作为屏蔽的应用

F01N：一般机器或发动机的气流消音器或排气装置；内燃机的气流消音器或排气装置

C10L：不包含在其他类目中的燃料

由此可以看出，我国 PM2.5 相关专利申请的技术侧重点为 PM2.5 的去除（涉及分类号 B01D、B03C、F24F、F01N）；其次为 PM2.5 的监测（涉及分类号 G01N）；然后是在燃料层面控制 PM2.5，即从源头控制以减少 PM2.5 的排放（涉及分类号 C10L）。

国内 PM2.5 相关专利申请涉及最多的就是 PM2.5 的去除，这也是应对目前 PM2.5 污染问题的直接有效的方法，但这并不能从根本上解决问题，相关企事业单位及科研院所还应找到能从源头解决这个问题方法，如在燃料中添加各种添加剂作为脱除剂或吸附剂以减少 PM2.5 的产生，从而更有效地解决 PM2.5 所带来的各种问题。

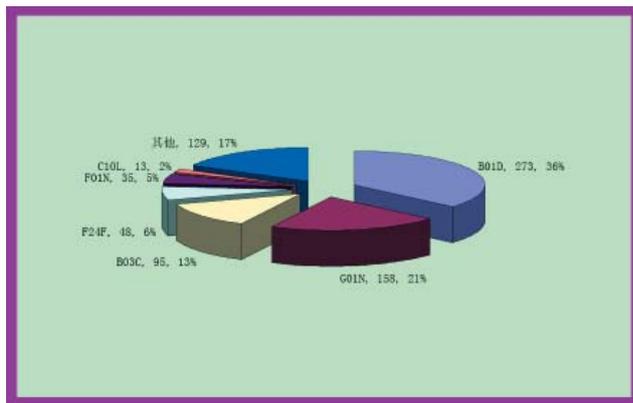


图 6 申请的技术主题分布情况

（四）典型技术分析

1. PM2.5 的去除

传统的除尘装置如旋风除尘器或电除尘器等对 PM2.5 的去除能力有限，因而目前去除 PM2.5 的专利技术主要是通过化学团聚、超声团聚或电场团聚等技术使颗粒团聚增大，再用传统除尘装置进行捕集。

江苏瑞帆环保装备股份有限公司申请的 CN102416363A 提供一种基于化学团聚与分体联动阳极式电除尘的除尘方法及装置，在电除尘器入口烟道经双流体雾化喷嘴喷入团聚剂溶液，且团聚剂溶液与压缩空气一起喷入，利用高聚物粘结剂与细微粉尘通过带有极性基团的高分子长链相连接，使细微粉尘粒径增大，再进入电除尘单元脱除。

绍兴文理学院申请的 CN102847608A 提供一种超声团聚 PM2.5 颗粒的烟气净化装置及其净化方法，其装置包括超声团聚雾化器和电除尘器，燃煤烟气经脱硫脱硝后进入超声团聚雾化器，水雾、负氧离子与流入的燃煤烟气中的 PM2.5 颗粒相结合，团聚成较大颗粒，再通过电除尘器除尘后进入烟囱。

重庆大学申请的 CN102626577A 提供

一种脱除可吸入颗粒物的方法及系统，经除尘器除尘后的烟气引入可吸入颗粒物浓淡分离器，并在其中进行分离，将分离出的含尘浓度高的烟气经风机引入可吸入颗粒物团聚区域，在可吸入颗粒物团聚装置中布置有加湿喷嘴、电团聚发生器或声团聚发生器等装置，含尘浓度高的烟气经过颗粒物团聚装置后烟气中的颗粒物团聚、长大到颗粒粒径足够大，再引入脱硫塔中除尘和脱硫后排入大气。

另一类涉及 PM2.5 去除的专利技术是通过改进过滤装置，使其能够直接捕集 PM2.5。

清华大学申请的 CN102688639A 提供一种粒状空气过滤装置，其滤料采用直径为 1mm-10mm 的颗粒状滤珠，颗粒状滤珠采用毛玻璃制作。这种过滤装置造价低廉、清洗方便且能高效去除 PM2.5。

苏州企航新能源有限公司申请的 CN102626578A 提供一种玄武岩纤维的尾气除尘装置，包括第一除尘模块和第二除尘模块，第一除尘模块的除尘袋由纤维间隙为 2.5-10 微米的玄武岩纤维制成，第二除尘模块的除尘袋由纤维间隙小于 2.5 微米的玄武岩纤维制成，可分别用于过滤直径为 2.5-10 微米的尾气颗粒和直径为 2.5 微米的尾气颗粒。

华北电力大学申请的 CN102764553A 提供一种谢尔宾斯基海绵结构细颗粒物脱除装置，其利用谢尔宾斯基海绵结构内比表面积大、多通道等特征并利用细颗粒物热泳沉积效应和湍流效应，对细颗粒进行脱除。

此外，还有一类涉及 PM2.5 去除的专利技术是利用高温燃烧的方法去除 PM2.5 颗粒物。华南理工大学申请的 CN102705843A

提供一种烧除尾气中 PM2.5 颗粒物的处理装置，其利用螺旋形电阻丝作为加热介质，通电后，电阻丝能在较短时间内达到 900 度以上的高温，PM2.5 颗粒物随尾气通过这一区域时，由于 PM2.5 颗粒物较小，使得颗粒物能被迅速烧除。

2. PM2.5 的监测

目前世界各国广泛采用的监测方法主要是称重法、 β 射线吸收法和微量振荡天平法等，在采样气路前端加上 PM2.5 的切割器即可测得 PM2.5 的浓度。

称重法是颗粒物浓度测量最基本的方法，一般与其他测量方法结合使用，其原理简单、结果可靠，但需要大量的手工操作，而且采样时间长、自动化程度低、成本较高且难以实现在线监测。

β 射线吸收法是在称重法基础上发展起来的一种方法，其测量的动态范围宽，且测量结果与气溶胶的种类、粒径、形状、颜色及化学组成等无关，只与粒子的质量有关，但由于存在放射性辐射源，容易产生辐射泄漏。

微量振荡天平法是近年才发展起来的颗粒物质量浓度测量方法，能够用于实时连续监测空气中颗粒物的浓度，其测量精度和实时性是传统方法无可比拟的，但其受温度、湿度干扰较大，且对滤膜要求很高。

我国涉及 PM2.5 监测的专利技术都是以上述方法为基础所进行的改进。

北京盈胜泰科技有限公司申请的 CN102680349A 提供一种 PM2.5 的监测设备，在其进气道前端设置有颗粒物采集层，其后依次设置有多个第一分离层、多个第二

分离层以及有机挥发物检测层，其中，颗粒物采集层用于采集大气中多级颗粒物，多个第一分离层用于按不同尺寸分层并收集 PM2.5 以上的颗粒物，多个第二分离层用于按不同尺寸收集 PM2.5 以下的粉尘颗粒并测量器重量，有机挥发物检测层用于检测有机挥发物的质量及体积参数。

北京汇丰隆生物科技发展有限公司申请的 CN102608004A 提供一种空气动力学粒径谱仪，与传统称重法相比，该发明采用飞行时间测量空气动力学直径，无需前级粒径切割采样，避免了粒子损耗，灵敏度较高，且检测准确度较高。此外，该发明可实现实时信息采集、分析，快速获得空气质量浓度谱图，并可自行设定数据统计时间，获得某一时刻或一段时间范围内的 PM2.5 和 PM10。

青岛中特环保仪器有限公司申请的 CN202075193U 提供一种烟气综合分析仪，其测量原理是基于振荡元件微质量测量原理。该仪器的核心为一个弹性的中空振荡管，它的底端固定，顶端装有选择吸附或过滤单元，振荡管顶端在驱动单元的驱动下以固有频率精确振荡，当不同的气体组分或颗粒物流过吸入过滤单元时，该单元质量将发生改变，从而导致固有频率的改变，由于气体流过振荡管的流速是固定的，因此通过一定时间内频率的变化即可测出被测物质的变化。

3. 源头控制

由于 PM2.5 主要源自于火力发电、工业生产以及汽车尾气的排放，因而可在燃料中添加各种添加剂，如 Ba 基脱除剂或 Zn 基脱除剂。添加剂在燃料燃烧过程中同

步扩散到烟尘中，并在烟尘中与 PM2.5 接触粘连碰撞，使 PM2.5 颗粒附着和沉积到添加剂的内外表面上，从而使颗粒逐渐增大到能被除尘器脱出的大小，应用这种技术可使 PM2.5 在排入大气之前得到清除。

河南科技大学申请的 CN102517127A 提供一种燃煤超细颗粒物的排放控制方法，将 Ba 基脱除剂与燃煤混合后一同送入磨煤机，将煤磨成煤粉，并使煤粉与 Ba 基脱除剂混合均匀，将磨制好的煤粉和 Ba 基脱除剂的混合物送入锅炉炉膛内燃烧，脱除剂会吸附大量的极细小颗粒，脱除剂粒径增大，携带飞灰和脱除剂的烟气进入除尘器内，除尘后直接排入大气。

东南大学申请的 CN101805654A 也提供一种燃煤超细颗粒物的脱除方法，该方法与 CN102517127A 提供的方法类似，只不过采用的是 Mg 基脱除剂。

四、结语

通过对我国 PM2.5 相关专利申请的 analysis，主要结论如下：

1) 目前，我国 PM2.5 专利技术正处于快速发展阶段，相关专利申请的数量和申请人的数量都在不断上升，特别是在 2012 年 2 月发布了《环境空气质量标准》之后，相关专利申请呈飞跃式增长，可见 PM2.5 已受到多方关注，行业发展十分迅速，但我国专利申请的技术主题多集中在 PM2.5 的去除和监测，从源头控制以减少 PM2.5 的相关专利技术还有进一步发展的空间和潜力。

2) 我国 PM2.5 相关专利申请主要集

中在北上广和江浙地区，中西部地区还相对落后，今后中西部地区应积极加强与经济发达地区的合作，增强相关科研能力，同时还可以适当采取地区鼓励和扶持政策，支持 PM2.5 专利技术的全面发展。

3) 我国 PM2.5 相关专利申请以非 PCT 发明专利申请和实用新型申请为主，PCT 发明专利申请较少，应当鼓励申请人将优秀的专利技术进行 PCT 发明专利申请，以便在世界范围内进行专利布局，获取更多的

专利保护，得到更大的专利收益，同时能够增强我国在 PM2.5 技术领域的世界地位。

4) 目前我国 PM2.5 相关专利技术的申请人主要为企事业单位和科研院所，表明我国 PM2.5 相关专利技术不是仅停留在研发阶段，已有相当一部分实现了产业化，今后应当鼓励相关企事业单位与科研院所联手，实现更多专利技术的产业化，为切实解决我国 PM2.5 污染问题提出更有效的解决方案。

(材料工程发明审查部 巩建华 审校)