

# 基于专利分析的中国激光PM2.5传感器技术态势研究

陈新准<sup>1\*</sup>, 李娜<sup>1</sup>, 张宾<sup>1</sup>, 马鹏飞<sup>1</sup>, 王大成<sup>2</sup>, 陆黎梅<sup>3#</sup>, 黄树杰<sup>4</sup>, 陆小博<sup>4</sup>, 刘新雅<sup>5</sup>

<sup>1</sup>广州奥松电子股份有限公司, 广东 广州

<sup>2</sup>中国科学院空天信息创新研究院国家遥感应用工程技术研究中心, 北京

<sup>3</sup>广州科技职业技术大学外语外贸学院, 广东 广州

<sup>4</sup>中耕生态环境科技(广州)有限公司, 广东 广州

<sup>5</sup>广州奥雅电子有限公司, 广东 广州

收稿日期: 2024年1月2日; 录用日期: 2024年3月13日; 发布日期: 2024年3月22日

## 摘要

为了解当前中国激光PM2.5传感器技术发展状况和发展趋势, 使用 HimmPat和Incopat数据库对2010年—2023年国内激光PM2.5传感器技术相关专利进行检索, 并从该技术领域的申请态势、专利布局、研发力量、IPC分类和技术功效等方面进行分析。结果显示: 1) 数量及趋势: 中国激光PM2.5传感器技术专利申请总体态势自2013年进入快速发展期, 2017年达到高峰, 申请量高达147件。2) 专利布局方面, 东部沿海发达地区的专利申请量具有明显数量优势, 主要集中在江苏、广东、北京、浙江和湖北, 申请人以企业为主, 占比80%。3) IPC分类: 该领域IPC技术分布较为集中, 主要涉及G01D小类(归属借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料类别)。4) 技术功效方面, 该领域的技术功效重点在于提高精度、提高便利性、降低设备的复杂性、降低成本等, 其中, 提高精度的专利热点侧重于通过增加检测点, 减少误差, 提高精度。

## 关键词

激光传感器, PM2.5, 专利分析, 技术态势

## A Research on Technology Trend of Laser PM2.5 Sensor in China Based on Patent Analysis

Xinzhun Chen<sup>1\*</sup>, Na Li<sup>1</sup>, Bin Zhang<sup>1</sup>, Pengfei Ma<sup>1</sup>, Dacheng Wang<sup>2</sup>, Limei Lu<sup>3#</sup>, Shujie Huang<sup>4</sup>, Dabo Lu<sup>4</sup>, Xinya Liu<sup>5</sup>

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 陈新准, 李娜, 张宾, 马鹏飞, 王大成, 陆黎梅, 黄树杰, 陆小博, 刘新雅. 基于专利分析的中国激光PM2.5传感器技术态势研究[J]. 传感器技术与应用, 2024, 12(2): 154-162. DOI: 10.12677/jsta.2024.122018

<sup>1</sup>Guangzhou Aosong Electronics Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

<sup>2</sup>National Engineering Research Center of Remote Sensing Application, Institute of Aerospace Information Innovation, Chinese Academy of Sciences, Beijing

<sup>3</sup>College of Foreign Languages and Trade, Guangzhou University of Science and Technology, Guangzhou Guangdong

<sup>4</sup>Zhonggeng Eco-Environmental Technology (Guangzhou) Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

<sup>5</sup>Guangzhou Aoya Electronics Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

Received: Jan. 2<sup>nd</sup>, 2024; accepted: Mar. 13<sup>th</sup>, 2024; published: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2024

## Abstract

In order to understand the current development status and development trends of laser PM2.5 sensor technology in China, HimmPat and Incopat databases were used to search the domestic laser PM2.5 sensor technology related patents from 2010 to 2023, and the obtained patents were analyzed in terms of application trend, patent layout, research and development strength, IPC classification and technical efficacy in the technology field. The results show that: 1) Number and trend: The overall trend of China's laser PM2.5 sensor technology patent applications has entered a period of rapid development since 2013, reaching a high front in 2017, and the number of applications reaching 147. 2) In terms of patent layout, the number of patent applications in the developed eastern coastal areas has obvious quantitative advantages, mainly concentrated in Jiangsu, Guangdong, Beijing, Zhejiang and Hubei provinces, and the applicants are mainly enterprises, accounting for 80%. 3) IPC classification: The distribution of IPC technology in this field is relatively concentrated, mainly involving G01D subcategory (belonging to the test or analysis of materials with the help of chemical or physical properties of measured materials). 4) In terms of technical efficacy, the technical efficacy in this field focuses on improving accuracy and convenience, reducing the complexity of equipment and cost, etc. Among them, patent hotspots of improve accuracy focus on reducing error and improving accuracy by increasing detection points.

## Keywords

Laser Sensor, PM2.5, Patent Analysis, Technology Trend

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2013年“雾霾”成为了年度关键词，PM2.5也随之进入公众视野，一时间占据了社会舆论的风口浪尖。PM2.5是指大气中直径小于或等于2.5微米的颗粒物，也称为可入肺颗粒物。它的直径还不到人的头发丝粗细的1/20。与那些较粗的大气颗粒物相比，PM2.5粒径小，面积大，活性强，易附带有毒、有害物质(例如，重金属、微生物等)，且在大气中的停留时间长、输送距离远，所以对人体健康和大气环境质量的影响也更大。目前市面应用较为广泛的PM2.5传感器主要有红外粉尘传感器和激光粉尘传感器两种类型[1][2]。红外粉尘传感器的结构和电路比较简单，发出的是光柱较粗的红外光，空气采样少，所以检测并不全面，相应的测量精度也不高。激光粉尘传感器的结构和电路相对复杂，发光元件主要是激光

LED,发出的一般是光柱较细的红光,可以采集大量数据,经由专业颗粒物计数算法分析后,对浓度测量的结果也更精确,是PM2.5传感器的重要发展方向[3]。因此,探究激光PM2.5传感器的技术发展态势,对促进我国传感器的创新发展有着重要意义。但目前业界和学界对激光类PM2.5传感器技术的研究还较欠缺,相关的研究文献也较缺乏。鉴于此,本文通过对比分析2010年1月1日~2023年12月31日激光类PM2.5传感器技术中国专利信息,以期对国内激光PM2.5传感器技术领域进行客观评价,把握当前国内激光PM2.5传感器技术的发展状况与发展趋势,为该领域的技术升级、研究开发提供决策参考和技术依据。

## 2. 研究对象与方法

### 2.1. 数据来源于分析方法

使用Incopat专利检索平台的专利数据库(<https://www.incopat.com/>),数据库引进并本地化了德温特世界专利索引数据,数据库收录了包括中国在内的158个国家、地区和组织的专利数据。此外,还使用了HimmPat数据库(<https://himmpat.com>)进行了补充检索。

本文所采用的专利分析工具为Incopat数据库提供的专利统计分析平台、E西测路软件及社会网络分析软件。分析对象是激光PM2.5传感器技术中国专利,即国内外申请人在中国申请的专利。

### 2.2. 研究对象和检索方法

研究对象为2010年1月1日~2023年12月31日激光PM2.5传感器技术相关的中国专利。考虑到发明人对PM2.5传感器的理解存在不同,为保障检索的全面性,检索式设置为“(颗粒物 OR 粉尘 OR PM2.5 OR dust) AND (传感 OR 检测 OR 监测 OR sensor)/ti AND (G01N15/06/ic) AND (激光/tac)”,此外,与HimmPat数据库检索到的相关专利进行合并补充,并经人工判读,共得到1046件相关专利,借此对我国激光PM2.5传感器技术的发展态势进行分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 专利申请态势

#### 3.1.1. 激光PM2.5传感器技术发展趋势

图1为2010年~2023年激光PM2.5传感器技术相关中国专利申请的年度分布情况,鉴于专利的公开存在一定滞后期,故在数据趋势分析方面仅分析2023年之前的申请数据。数据显示,截止到2023年12月31日,国内共申请激光PM2.5传感器相关专利1046件,其中发明专利440件,实用新型专利606件。如图1所示,本领域的专利申请可分为3个阶段。2011年之前为第一阶段(技术研发的萌芽期),年度专利申请量不足5件,且年度波动较大。从传感器的发展历史来看,80年代初美、日、德、法、英等国家相继确立加速传感器技术发展的方针,视为涉及科技进步、经济发展和国家安全的关键技术,纷纷列入长远发展规划和重点计划之中,并采取严格的保密规定对技术封锁和控制,禁止技术出口,尤其是针对中国,也致使中国传感器的发展较晚,尤其是激光类PM2.5传感器。因此,在2011年及以前该领域每年专利申请量不足5件。2011年~2013年为第二阶段(缓慢发展期),专利申请量相比第一阶段有所增多,但年均仍不足10件。2011年底持续多日的大范围雾霾天气让PM2.5进入人们视野,国内企业意识到PM2.5传感技术的重要性,开始研发工作。2013年~2017年为第三阶段(快速发展期),专利申请量和年均增幅相比第二阶段均显著提高,至2017年达到峰值(147件),随后略微下降,但仍在100件/年的高位上下浮动。在2013年“雾霾”成为了年度关键词后,PM2.5传感器技术研发热度增加,2014年申请量达到60件。随后国家相继颁布了《关于发布2016年工业强基工程实施方案指南的通知》《促进新一代人

工智能产业发展三年行动计划(2018~2020 年)》等文件,鼓励推动智能传感器关键技术的研发及产业化,鼓励推动智能传感器关键技术的研发及产业化。通过国家政策的引导,企业技术的积累与沉淀,我国激光类 PM2.5 传感器技术得到较快发展,专利技术日渐成熟。

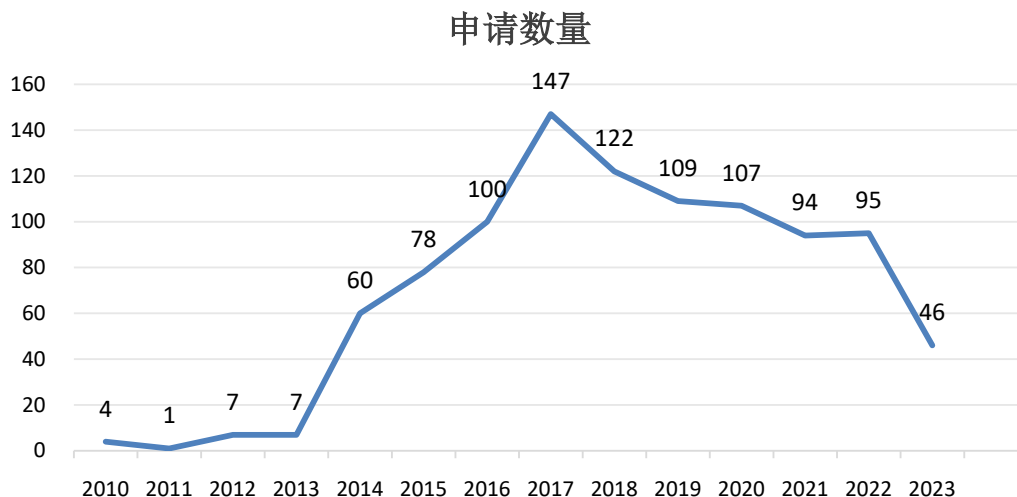


Figure 1. Trend of patent application for laser PM2.5 sensor

图 1. 激光 PM2.5 传感器专利申请趋势

### 3.1.2. 专利地域布局分析

图 2 为激光 PM2.5 传感器中国专利各地区专利布局情况。从图中可以看出,国内专利申请量靠前的省份集中于长三角和珠三角范围内,排名前五的为江苏省、广东省、北京、浙江省和湖北省,专利申请量分别达到了 192 件、128 件、98 件、90 件,几乎占据了全国激光类 PM2.5 传感器相关专利申请量的 60%,为该领域的核心技术力量。

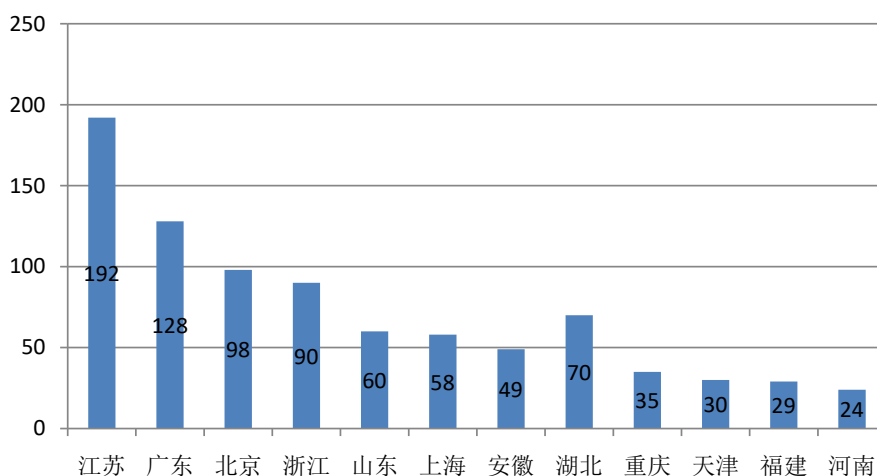


Figure 2. Analysis of patent geographical layout of laser PM2.5 sensor

图 2. 激光 PM2.5 传感器专利地域布局分析

### 3.1.3. 优势申请人分析

中国激光类 PM2.5 传感器技术领域专利申请人情况如图 3 和图 4 所示,申请人中企业申请专利为 769 件,占比 77.5%,其次是高校,申请专利 128 件,占比 12.9%,其他类型申请人申请比例不足 10%。可

见，激光类 PM2.5 传感器专利申请人以企业为主。其中江苏省、广东省、浙江省和山东省企业申请比例超过 80%，北京则以企业和科研单位为主，申请所占比例分别约为 65% 及 24%。如图 4 所示，位列前五名的申请人中只有 2 所大学，剩余均为企业。其中，排名前三的有中煤科工集团重庆研究院有限公司、武汉四方光电科技有限公司，武汉市普瑞思高科技科技有限公司，专利申请量在 11 到 15 件之间。

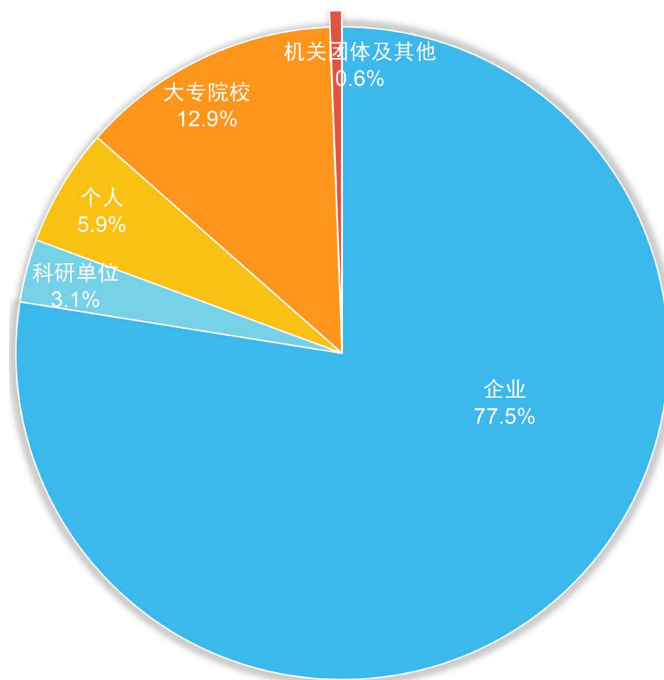


Figure 3. The distribution of patent applicant categories for laser PM2.5 sensor  
图 3. 激光类 PM2.5 传感器专利申请人类别分布

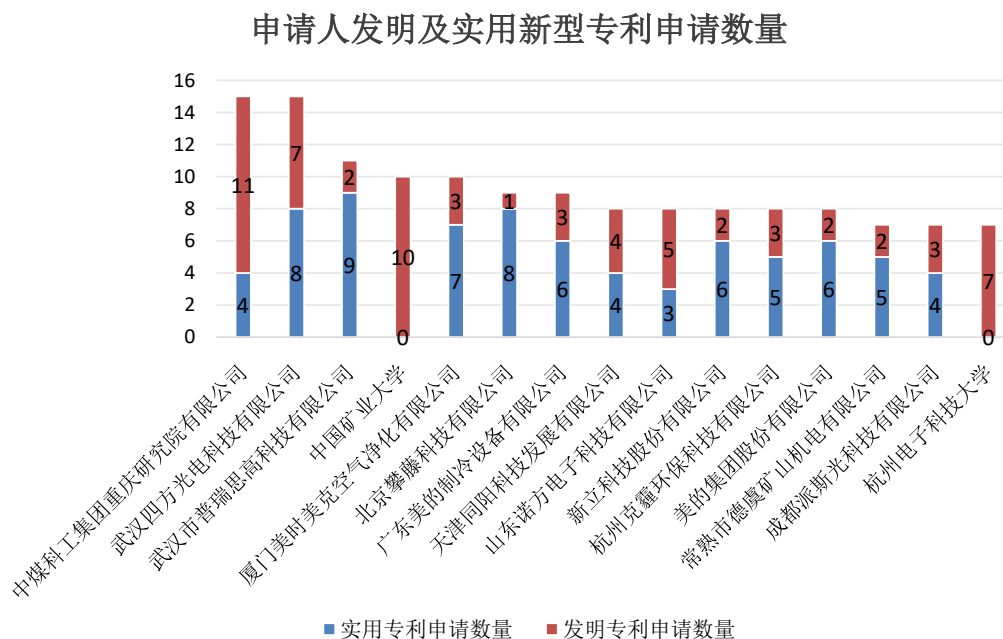


Figure 4. The top 15 applicants for laser PM2.5 sensor patent applications.  
图 4. 激光类 PM2.5 传感器专利申请量排名前五的申请人

### 3.1.4. 优势专利发明人分析

图5为激光类PM2.5传感器专利发明(设计)人排名的TOP15。其中排名第二、第三、第五、第七、第八、第九、第十二的吴付祥、刘国庆、王杰、张强、晏丹、赵政、邓勤来自中煤科工集团重庆研究院有限公司,排名第一、第六的刘志强、何涛来自武汉四方光电科技有限公司,其次周志斌、袁俊俊、陈行亦来自排名前十五的申请单位,只有司书春、刘善文、史建凯在排名前十五申请单位之外,由此再次证实激光类PM2.5传感器的技术集中于以上申请企业。

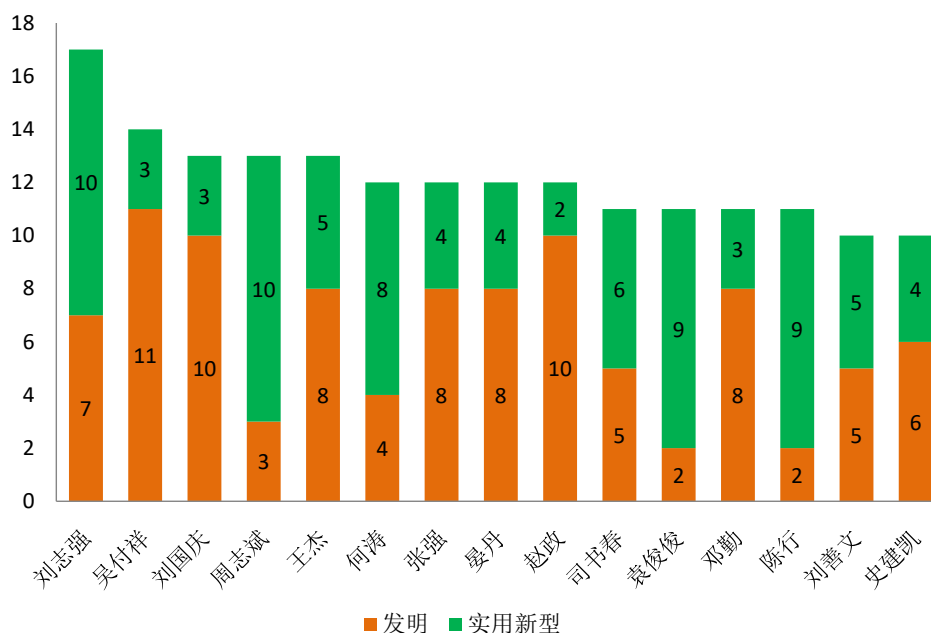


Figure 5. The top 15 inventors of domestic laser PM2.5 sensor patent applications.  
图5. 国内激光类PM2.5传感器专利申请量排名前五的发明人

### 3.2. 法律状态分析

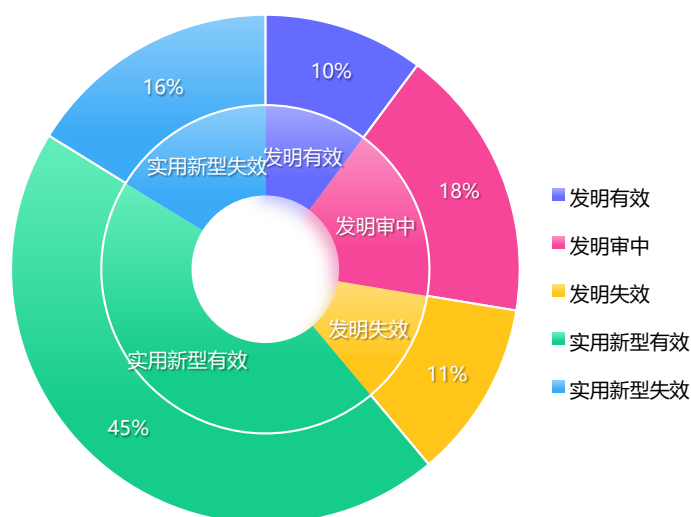


Figure 6. Statistical chart of legal status of domestic patents related to laser PM2.5 sensor.  
图6. 国内激光类PM2.5传感器相关专利的法律状态统计图

图6为国内激光类PM2.5传感器相关专利的法律状态统计图。国内激光类PM2.5传感器相关专利总的授权量为992件,授权率达到55.0%,其中实用新型专利授权率为73.4%。发明授权率为26.2%、失效率为29.0%、审中比例为44.8%,由此可见,激光类PM2.5传感器的技术仍保持较高创新性,整体研发情况较为活跃。

### 3.3. IPC 分布及趋势分析

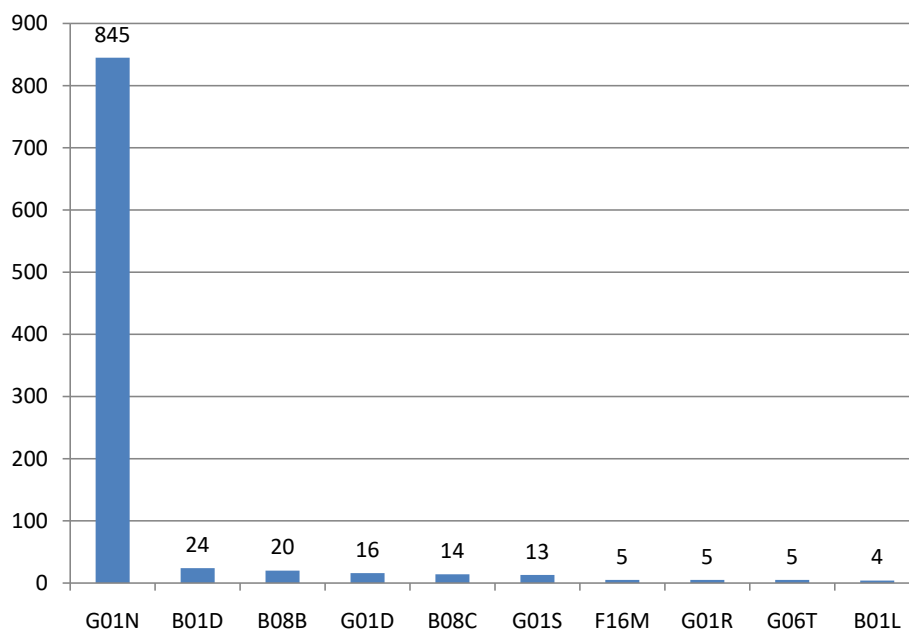


Figure 7. Distribution of main IPC subclasses in the technical field of laser 2.5PM sensor

图7. 激光类 2.5PM 传感器技术领域主要 IPC 小类的分布

Table 1. Contents corresponding to the main IPC subclasses in technical field of laser PM2.5 sensor

表1. 激光类 PM2.5 传感器技术领域主要 IPC 小类所对应内容

IPC 分类	技术领域	申请量
G01N	借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料(除免疫测定法以外包括酶或微生物的测量或试验入 C12M, C12Q)	845
B01D	分离(用湿法从固体中分离固体入 B03B、B03D)	24
B08D	一般清洁;一般污垢的防除	20
G01D	非专用于特定变量的测量;计费设备	16
G08C	测量值、控制信号或类似信号的传输系统	14
G01S	应用除无线电波外的电磁波的反射或再辐射系统,例如,激光雷达系统	13

IPC (International Patent Classification, 国际专利分类)分类是目前国内外唯一通用的专利文献分类和检索的工具,可进一步分析专利申请人在该领域的技术研发态势[4]。通过对检索得到的激光 PM2.5 传感器技术专利按照 IPC 分类代码小类(即国际专利分类号中的前 4 位)所涉及的主题进行统计分析发现,共有 26 个 IPC 小类,其中出现频次 10 次以上的小类有 6 个,具体分布情况见图 7。按照 2018 版国际专利分类表,主要 IPC 小类代码所代表的内容见表 1。从图 7 可知,激光 PM2.5 传感器的技术领域主要集中在 G01N 小类,归属借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料类别,占专利总量的 80%,技

术集中度较高,是激光类 PM2.5 传感器技术的研究热点。其次是 B01D, 归属于分离技术类别, 以及 B08D, 归属一般清洁、一般污垢的防除等技术类别。对于 G01N, 技术分布集中在 G01N15/00 (测试颗粒的特性; 测试多孔材料的渗透性, 孔隙体积或者孔隙表面积)和 G01N15/06 (测试悬浮颗粒的浓度)两大组。

### 3.4. 专利技术功效及技术热点分析

技术功效成效有助于了解各时期的技术特征, 进而对研发路线进行适应性的调整。图 8 是近 10 年来激光 PM2.5 传感器专利技术功效图。

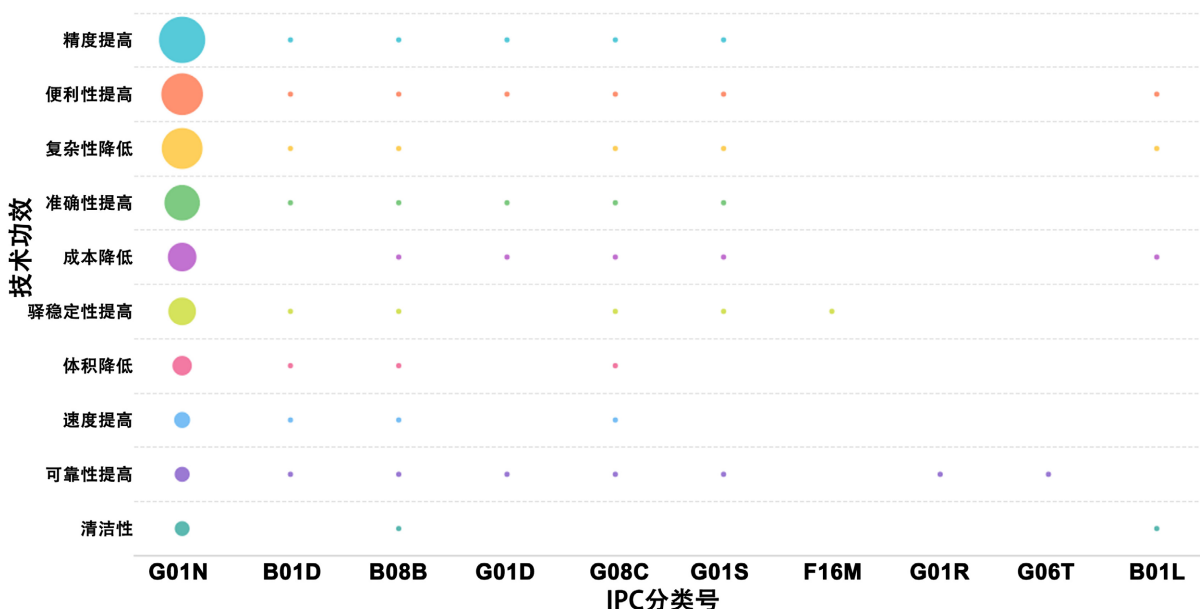


Figure 8. Patent technical efficacy map from 2010 to present

图 8. 2010 年至今的专利技术功效图

从图 8 的技术功效图来看, 提高激光 PM2.5 传感器的精度和便利性, 降低生产成本和设备复杂性[5]、提高稳定性等为近几年专利布局的重点。其中, 最受关注的是精度。传感器的精度是应用的基础, 国内申请人已布局较多专利, 是近年来的技术研发热点。申请人侧重于通过增加检测点减少误差提高精度[6], 包括以下方法: 1) 设置多个激光器, 发射不同波长的激光, 并进行耦合后的激光进行准直, 借此计算烟尘的粒径和浓度; 2) 激光检测装置设置两组透镜、采光器, 通过两组粉尘浓度的对比, 进一步提高精确度; 3) 采用特定波长的光线进行颗粒检测, 并设置不同角度的探测器, 同时对实验系数进行标定及校正, 减少测量误差等; 还可通过增加振动或往复运动, 减少颗粒物在传感器上的存放量, 以减少对检测精度的影响。其次为降低成本, 成本过高是制约传感器广泛应用的重要因素, 导致无法形成规模效应。第三, 提高传感器的便利性也是国内申请人所关注的技术功效。申请人主要通过以下思路改进传感器的便利性: 1) 设置升降组件和束线组件, 通过对检测传感器的升降, 可以全面检测车间内的粉尘含量; 2) 将过滤器设置成气路模块中自传模式, 利用离心力作用有效防止过滤器阻塞, 再设置交替过滤模组, 提高使用的便利性; 3) 粉尘采集装置中设置多路管道、滤膜及气泵, 并将清洁单元设置为可反复运动模式, 通过自清洁方式提高检测精度[7]。

## 4. 结论与建议

本文在检索中国激光类 PM2.5 传感器技术相关专利的基础上, 利用专利挖掘和专利分析的方法对其



进行研究,得出以下结论及建议。

1) 在激光类 PM<sub>2.5</sub> 传感器技术领域,相关中国专利申请经历了萌芽期、缓慢发展期和快速发展期,目前正处于稳定期。企业是该技术领域的创新主体,专利申请量占比 80%,其次是国内高校。

2) 从专利的地域分布来看,江苏、广东、北京、浙江和山东的激光类 PM<sub>2.5</sub> 传感器专利申请量位居国内省区市前五名,占据全国申请量的 60%,企业为主要申请人,区域发展较不平衡。建议各省份加强区域间合作,整合专利技术,突破技术瓶颈,从整体上提高我国激光 PM<sub>2.5</sub> 传感器技术水平[8]。

3) 国内激光类 PM<sub>2.5</sub> 传感器实用新型专利授权率为 73.4%,发明授权率为 26.2%,审中比例为 44.8%,由此可见我国激光类 PM<sub>2.5</sub> 传感器领域的原创专利相对较少,创新力有待加强。建议企业和高校、科研院所加强合作,提高该技术领域的创新性。

4) 该领域 IPC 技术分布较为集中,主要为 G01N,涉及借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料等技术。G01N15/00(测试颗粒的特性;测试多孔材料的渗透性,孔隙体积或者孔隙表面积)和 G01N15/06(测试悬浮颗粒的浓度)是专利申请的重点。

5) 在专利的技术功效方面,提高精度、提高便利性、降低设备的复杂性、提高检测的准确性、成本降低等专利技术点更为集中。其中包括设置多个激光器、选用多种特定波长的探测器等方式提高精度,通过设置可振动或往复运动的过滤器,减少颗粒物在传感器上的存放量,减少对检测精度的影响并提高使用的便利性。

随着工业、医疗、环保、食品等行业技术的快速发展,人们对激光类 PM<sub>2.5</sub> 传感器的测量精确性、稳定时间、响应速度等提出了更高的要求,高端激光类 PM<sub>2.5</sub> 传感器未来市场发展前景巨大。而当前国内技术相对国外仍处于落后水平,技术的创新性不够强,产品性能指标还需进一步提高。面对这种严峻的形势,建议科研单位、高校等加强与企业的合作,促进成果的转化。同时国家大力扶持企业的生产工艺改造升级,在提升产品量产能力的基础上,能够生产出更加高性能的激光类 PM<sub>2.5</sub> 传感器产品,提高产品的市场竞争力。

## 基金项目

1) 广州市科技计划项目:2024 年度农业和社会发展科技专题项目:基于物联网的食用菌栽培环境调控传感器关键技术研发与应用,项目编号:SL2023B03J01136。

2) 中国民办教育协会 2023 年度规划课题(学校发展类):高职院校产业学院治理体系结构及其优化研究,项目编号:CANFZG23467。

## 参考文献

- [1] 张强,田野,等. PM<sub>2.5</sub> 激光散射发传感器校准研究[J]. 中国仪器仪表, 2018(2): 56-60.
- [2] 吴丹,张国城,等. 低成本光散射颗粒物传感器性能影响因素综述[J]. 计量学报, 2021(8): 1087-1093
- [3] 刘保献,姜南,等. 光散射原理的大气 PM<sub>2.5</sub> 小型传感器监测性能评估研究[J]. 环境科学研究, 2013, 36(3): 510-516.
- [4] 陈千思,刘金燕,等. 烟草生物技术中国专利申请态势及热点分析[J]. 烟草科技 2023(1): 1-20.
- [5] 马永跃. 基于单粒子激光散射法扬尘在线监测系统设计[J]. 价值工程, 2018, 7(15): 134-136.
- [6] 李隆乾. 经济型 PM<sub>2.5</sub> 传感器精度影响因素的敏感性分析及其修正方法研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2020.
- [7] 刘保献,姜南,等. 基于传感器的大气 PM<sub>2.5</sub> 高密度网格化监测技术及应用研究[J]. 中国环境监测, 2023, 39(5): 1-7.
- [8] 陆黎梅,吴东庆,等. 基于专利分析的中国餐厨垃圾饲料化技术态势研究[J]. 广西社会科学, 2021(3): 124-129.