

新型冠状病毒肺炎防护医用口罩专利情报

国家知识产权局

新型冠状病毒肺炎防护医用口罩专利情报课题组

2020年3月15日

前 言

新冠肺炎疫情发生以来，口罩作为必备防护用品出现短期紧缺问题。为保障供给，习近平总书记多次对强化医疗物资等供应保障作出重要指示，要求充分调动口罩、医用防护服生产企业的积极性，加快推动企业复工达产。相关企业发挥先锋表率作用，迅速新建口罩、熔喷布产线，扩大产能，口罩供给得到有效保障，力助全国人民战胜新冠肺炎疫情。

口罩是标准的模块化装配型产品，生产看似简单，实际上，从原材料到成品，需要将多种部件、多元工艺整合串织，涉及化工、纺织、机械、冶金、电子等基础工业门类。我国在极短时间内实现口罩日产量成倍增长，离不开完备的工业体系和生产企业的责任担当。随着全球战疫出现重心转移，口罩的研发也需要不断向纵深推进，充分发挥科技情报对研发的智力支撑作用就显得尤为重要。

为落实好习近平总书记重要指示和党中央、国务院决策部署，支持疫情防控科技攻关和企业复产复工，国家知识产权局近期组织业务骨干围绕医用口罩关键技术，开展专利情报挖掘，试图筛选出更多潜在的提升口罩产能和防护性能的技术情报，为生产研发提供参考。本报告以医用口罩的产业链为主线，对口罩产品、关键原材料、消毒技术和生产设备四个方面专利信息进行全面分析，总结重要技术发展状况和核心技术专利布局状况，对重点研发方向给出建议。

由于时间和精力所限，报告中难免出现纰漏，不当之处

敬请批评指正。

目 录

一、 医用口罩产业总体情况	1
(一) 口罩产业链.....	1
(二) 口罩行业技术分解	2
(三) 相关约定.....	4
二、 医用口罩产品关键技术专利分析	5
(一) 医用口罩产品专利申请态势分析	5
(二) 立体口罩罩体技术发展路线分析	6
三、 医用口罩关键原材料专利分析	12
(一) 医用口罩关键原材料专利申请态势分析.....	12
(二) 医用口罩关键原材料重点技术分析	15
四、 医用口罩消毒关键技术专利分析	29
(一) 医用口罩消毒技术专利申请态势分析	29
(二) 医用口罩消毒技术重点技术分析	30
五、 医用口罩生产设备专利分析	32
(一) 医用口罩生产设备专利申请态势分析	32
(二) 医用口罩生产设备重点技术分析	34
六、 主要结论	40
(一) 医用口罩专利申请总体态势.....	40
(二) 医用口罩重点技术及研究方向.....	41

一、医用口罩产业总体情况

(一) 口罩产业链

口罩的生产流程如图 1-1 所示，主要包括口罩的生产、消毒以及其上游的原材料。其中，口罩的生产主要包括口罩打片、口罩带点焊、口罩包装等环节，口罩的消毒一般采用环氧乙烷灭菌，灭菌后需进行环氧乙烷解析。口罩的原材料主要包括熔喷布、纺粘布、鼻梁条、耳带等。其中，熔喷布是口罩的核心，其一般由高熔融指数聚丙烯树脂经熔喷纺丝制备，纺粘布也一般由聚丙烯树脂制备。因此，口罩的上游产业链主要包括生产熔喷布的高熔融指数聚丙烯以及相关的熔喷布生产设备。

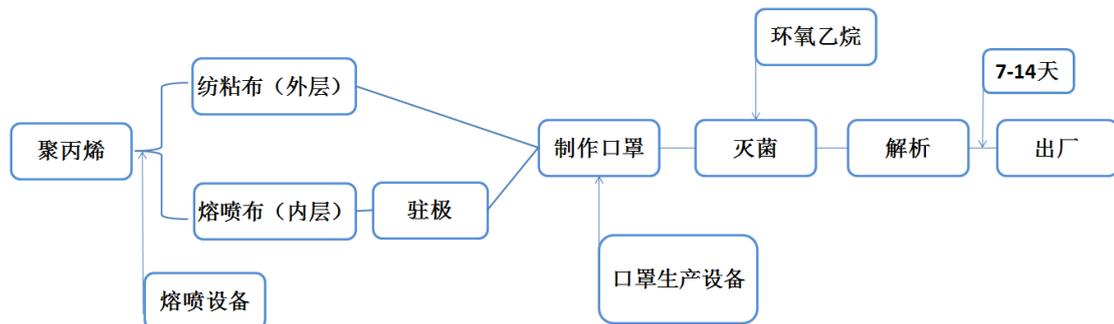


图 1-1 口罩生产流程

新冠肺炎疫情期间，医用口罩短期产能不足的主要原因在于熔喷布的短缺，熔喷布产能的不足成为目前制约口罩产能的瓶颈。疫情期间，新兴的纳米纤维膜口罩作为一个有效补充，也发挥了重要作用，其采用纳米纤维膜作为口罩的内层滤层。

(二) 口罩行业技术分解

口罩产业的关键技术为口罩生产相关技术、上游关键原材料相关技术以及生产设备相关技术。

口罩及其设备的技术分解如图 1-2 所示。医用口罩可以分为普通医用口罩、医用外科口罩和医用防护口罩。医用防护口罩关键的技术改进主要在于改进过滤性、呼吸性和气密性，其中在气密性改进上，主要通过设置折叠形和杯形口罩结构来实现。在口罩生产设备方面，根据口罩的形状，口罩生产整机设备主要分为无纺布平面口罩机、杯形口罩机、折叠口罩机，其中用于生产医用口罩的主要为无纺布平面口罩机和杯形口罩机。

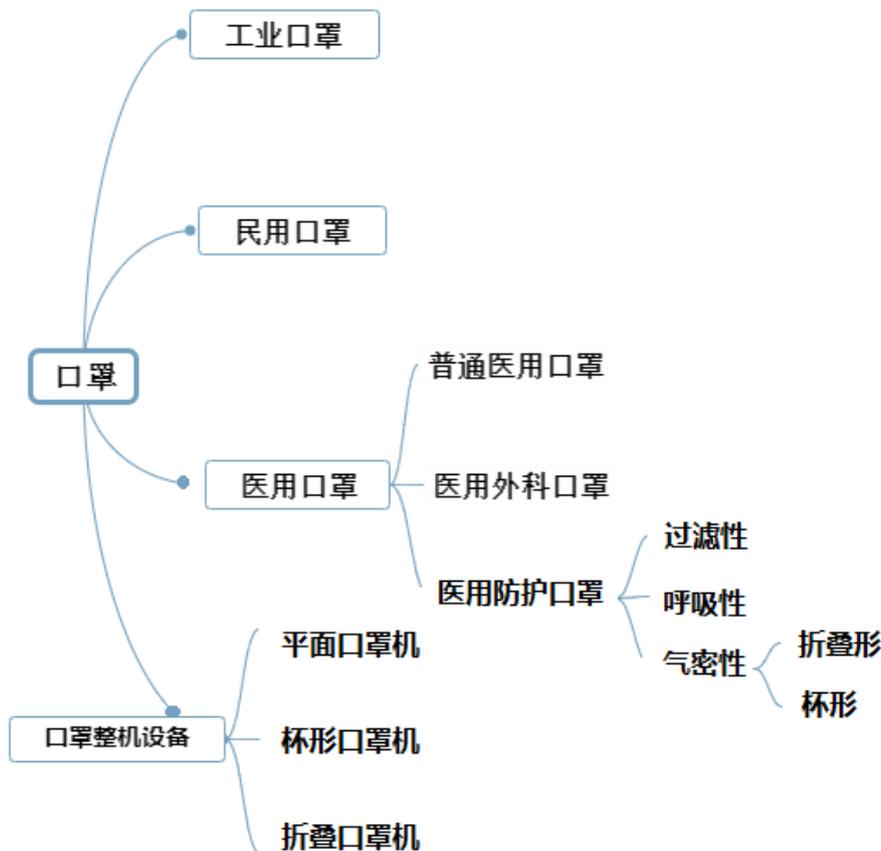


图 1-2 口罩及其生产设备技术分解表

口罩的关键原材料技术分解如图 1-3 所示，以聚丙烯熔喷布为主。对聚丙烯熔喷布的主要改进在于提升防护性、舒适性和驻极。聚乳酸熔喷布因其可降解性，也是熔喷无纺布里重要的一类，对其技术改进主要是提升纤维强度、过滤精度、尺寸稳定等，以期能够实现产业化，作为聚丙烯熔喷布的有效替代。对于生产熔喷布的熔喷设备，其核心技术在于熔喷模头，主要技术改进在于改良熔喷纤维牵伸效果、保证喷丝组件均匀供料等。除了聚丙烯熔喷布，新兴的纳米纤维膜口罩以纳米纤维膜为口罩过滤材料，对其技术改进主要是进一步提升其透气性，以及提高抗菌性能。

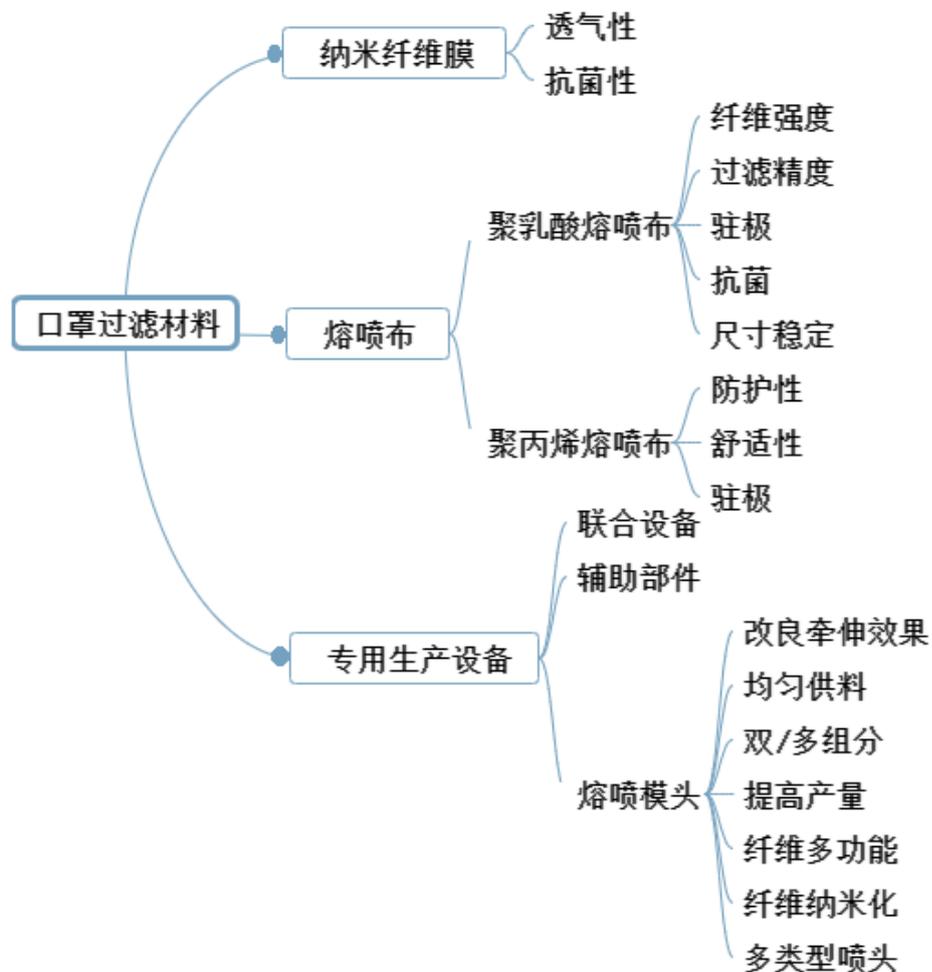


图 1-3 口罩关键原材料技术分解表

（三）相关约定

本报告基于上述技术分解表，以医用口罩为基础，选取其中四个关键技术进行深入分析，包括：医用口罩产品、关键原材料、消毒技术、相关生产设备。

本报告基于全球专利数据进行分析，数据检索截止日期为2020年3月10日，采用的专利文献数据主要来自CNABS、VEN数据库，以及全文数据库CNTXT、WOTXT、EPTXT、USTXT、KRTXT、JPTXT，专利申请法律状态数据来自智慧芽和 Patentics 的法律状态信息，引文数据来自智慧芽和 Patentics 的被引用频次查询模块。

二、医用口罩产品关键技术专利分析

(一) 医用口罩产品专利申请态势分析

医用口罩产品多采用一层或者多层无纺布复合制作而成，分为普通医用口罩、医用外科口罩和医用防护口罩。其中，中间层为熔喷无纺布，其具有抵抗液体、过滤颗粒物和细菌等效用。

表 2-1 医用口罩产品全球专利申请数量表

	全球专利申请数量 (按最早优先权, 单位: 项)	全球专利申请数量 (按同族公开号, 单位: 件)
医用口罩	5157	6359

表 2-1 示出了医用口罩产品全球专利申请数量，按已公开专利申请的最早优先权统计为 5157 项，每项专利申请已公开的同族申请总量合计 6359 件。

图 2-1 示出了医用口罩产品的全球专利申请趋势。从图中可以看出，在全球范围内，2003 年前医用口罩产品的专利申请一直在低位，1991-2002 年每年均不到 50 项申请。2003 年专利申请量相比之前呈现跳跃式增长，这主要是由于 2002 年 11 月暴发了 SARS 疫情，医用口罩成为人们抵挡病毒的呼吸屏障，促使医用口罩产品的申请量增加。从 2004 年开始，医用口罩产品申请量呈现小幅波动变化。自 2009 年起明显呈波动上升趋势。

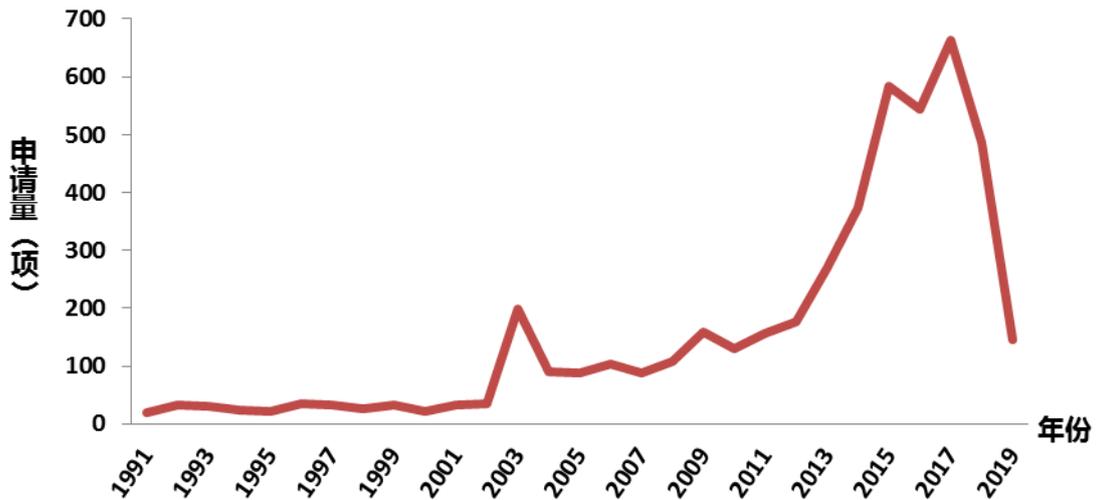


图 2-1 医用口罩产品全球专利申请趋势图

(二) 立体口罩罩体技术发展路线分析

常规的医用口罩通常是具有皱褶的平面式口罩，此类口罩的边缘密封性不够理想，不能很好地满足特种需求。因此，随着防护需求及防护意识的提升，立体口罩因罩体形状具有更好的呼吸性以及气密性而成为研究重点。立体口罩的罩体形状包含杯形结构和折叠式结构两大类。杯形结构口罩通过塑形工艺成型为立体杯状形态，其具有良好的面支撑性能和良好的密封性能，因此，杯形结构口罩在涉及较高密封性要求的专业防护领域具有广泛的应用。折叠式口罩能够收折成平面，相较杯形口罩具有更好的便携性。下面将对罩体形状的技术发展路线进行详细介绍。

1. 杯形口罩产品技术发展路线分析

杯形口罩产品技术发展路线如图 2-2 中所示。从图中看出，对于过滤性，技术经历了通过熔喷工艺将吸附/抗菌颗粒均匀负载到熔喷微纤维网中、在熔喷过程中将持久电荷引入

熔喷纤维中，再将带电纤维结合到纤维网中改进过滤性能，通过热粘合模压使得多层口罩一次成型，增加瓦棱状过滤层，中间层为吸附/抗菌性颗粒的改进；CN101495690B 提出制作杯形口罩的非织造网，包含相互缠结的具有相同聚合物组分的连续微纤维和较大尺寸纤维的熔喷双峰质量分数/纤维尺寸混合物，以获得良好的颗粒捕捉性能。

关于气密性，CN103889492B 提出贴合面部的密封圈为气管结构，更具有适形性。

关于呼吸性，一方面是寻求降低气流阻力的方法，另一方面致力于使得口罩具有良好的面支撑性从而避免呼吸时出现罩体坍塌。CN101801464B 提出使用外支撑框架使口罩具有更好的面支撑性能。CN103118744B 提出利用具有皱褶多孔的塑料层支撑过滤材料，从而制作具备柔性、可开合、并适应佩戴者面型的口罩。



图 2-2 杯形口罩产品技术发展路线图

2. 折叠式口罩产品技术发展路线分析

折叠式口罩产品技术发展路线如图 2-3 所示。
CN1048903C 公开的三片式平折式和 CN1161046C 公开的竖

向分线二折式尤为重要。这两类折叠型兼具良好的贴合面部轮廓性能和生产、包装、携带的便利性。三片式平折式领域，关于罩体基本形状的专利 CN1048903C 已于 2016 年到期，以该专利为基础的后续申请包括 CN101668445B 和专利申请 CN101668444A，其中 CN101668445B 提出了在面罩罩体上边缘设置凹型区段以贴合鼻部。CN101668564B 提出设置抓握凸片协助展开罩体；CN105611849B 提出贴合面部的边缘是高摩擦系数的材料以保证更好的气密性；CN106998834B 提出在下片中设置刚性支撑片。

在竖向分线二折式领域，CN1161046C 已于 2015 年终止。CN109922868A 提出在面罩主体上或面罩主体内设置加强元件，从而避免面罩主体朝佩戴者的面部塌缩。

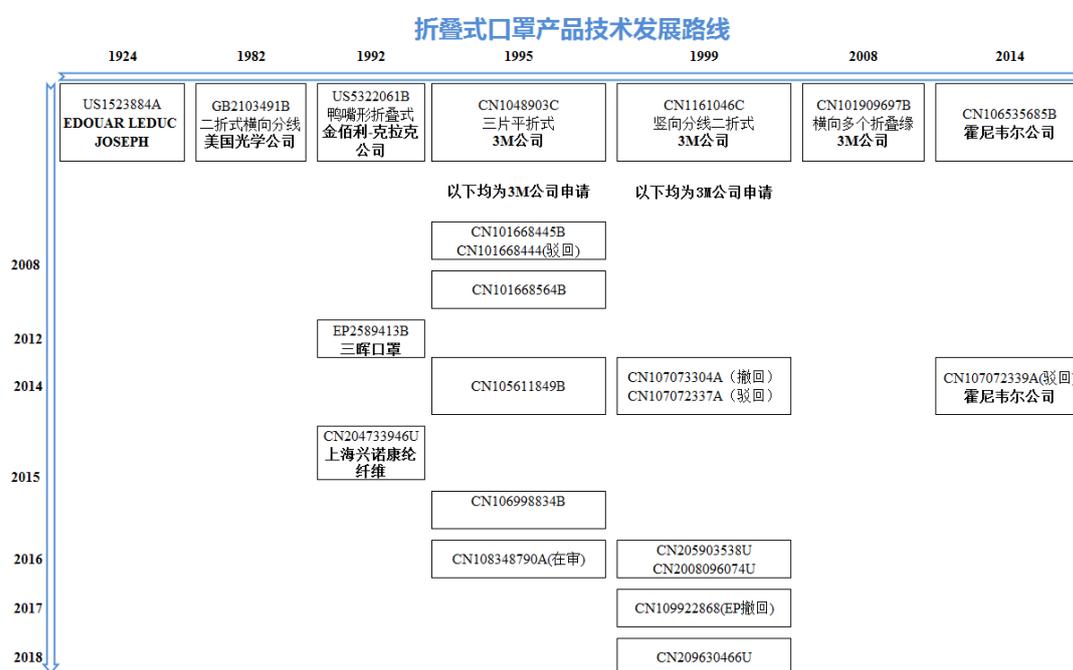


图 2-3 折叠式口罩产品技术发展路线图

口罩罩体技术的重点专利情况如表 2-2 所示。

表 2-2 口罩罩体重点专利列表

技术主题	授权公告号	申请(专利权)人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期(截止时间)	
医用防护口罩	US3971373	3M 公司	1974	颗粒加载的微纤维片产品和由其制成的呼吸器	期限届满失效	1994	
	US4215682	3M 公司	1978	熔喷纤维驻极体	期限届满失效	1998	
	US4536440	3M 公司	1984	模压纤维过滤产品	期限届满/权利转移	2004	
	EP0582286B1	3M 公司	1992	球状非织造聚合物微纤维网	权利终止	2011	
	CN1096513C	3M 公司	1997	含吸着剂颗粒的模压面罩	未缴年费终止失效	2013	
	CN101495690B	3M 公司	2006	通过热和压力附着有弹性和热塑性聚烯烃系带的过滤面罩及其制备方法	未缴年费专利权终止/等恢复	2020	
	气密性	US4384577A	模戴克-麦第克公司	1981	一次性口罩	期限届满/权利转移	2018
		AU7811587A1	3M 公司	1986	一次性呼吸器的部分周边密封	权利终止	2006
		US5374458A	3M 公司	1992	模压多层面膜	期限届满	2013

技术主题	授权公告号	申请(专利权)人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期(截止时间)
呼吸性					失效	
	JP3785432B2	兴研株式会社	2003	一次性防尘面罩及其制造方法	有效	2023
	CN103889492B	霍尼韦尔公司	2011	呼吸面具的实现更贴合的可自动调节垫	有效	2031
	US3220409A	美国强生公司	1961	面罩	期限届满失效	1981
	EP0241221B2	3M 公司	1986	弹性形状保持纤维过滤面罩	期限届满/异议	2006
	CN101801464B	3M 公司	2007	具有用于支承呼气阀的框架的过滤式面罩呼吸器	等年费滞纳金	2027
	CN103118744B	模戴克-麦第克公司	2010	褶皱过滤面罩呼吸器	有效	2030

三、医用口罩关键原材料专利分析

(一) 医用口罩关键原材料专利申请态势分析

医用口罩中的熔喷层作为口罩的核心过滤层，是决定口罩过滤和防护性能的关键，熔喷层目前使用最广泛的是聚丙烯熔喷布。近年来，随着纳米技术的发展，纳米纤维膜替代传统的熔喷布，作为口罩核心过滤层材料越来越受到关注。此外，还有聚乳酸熔喷布等其它熔喷布。

表 3-1 口罩关键原材料全球专利申请数量表

	全球专利申请数量 (按最早优先权, 单位: 项)	全球专利申请数量 (按同族公开号, 单位: 件)
口罩关键原材料	814	3868

表 3-1 示出了口罩关键原材料全球专利申请数量，口罩关键原材料全球专利申请数量为 814 项，每项专利申请已公开的同族申请总量合计 3868 件。

1. 聚丙烯熔喷布全球专利申请态势分析

图 3-1 示出了用于口罩的聚丙烯熔喷布全球专利申请趋势，全球专利申请量按已公开专利申请的最早优先权统计为 535 项。从全球范围看，1994 年前用于口罩的聚丙烯熔喷布的专利申请量一直处在低位，专利申请量均在 10 项以内，该技术处于萌芽期。1994 年之后，全球专利申请量总体呈上升趋势。2008 年之后的专利申请量一直处于高位，专利申请量每年基本均在 25 项以上，处于快速发展期。2015 年专利申请量达到峰值，达到 40 项以上。

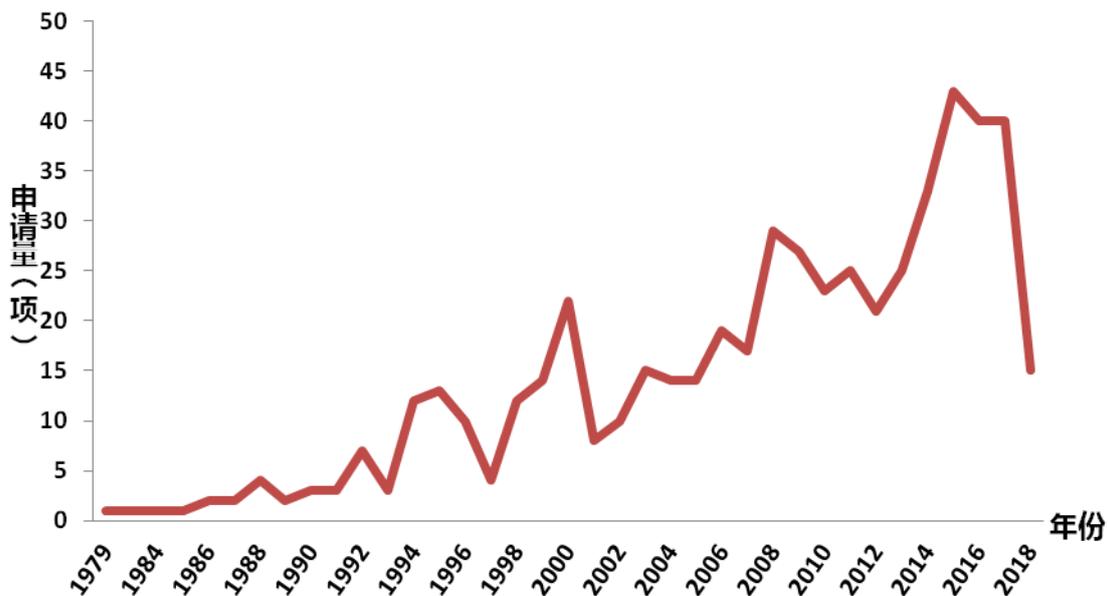


图 3-1 聚丙烯熔喷布全球专利申请趋势

2. 纳米纤维膜全球专利申请态势分析

图 3-2 示出了用于口罩的纳米纤维膜全球专利申请趋势，全球专利申请量按已公开专利申请的最早优先权统计为 167 项。从图中可以看出，纳米纤维膜应用于口罩或呼吸防护专利申请始于 2003 年，2003-2012 年间，每年全球专利申请数量均在 10 项以下，全球纳米纤维膜口罩领域处于初步发展阶段。2013 年开始全球专利申请量开始明显增加，由于雾霾、流行病等导致居住环境日趋恶劣，对口罩的过滤效率和多功能需求逐渐增加。

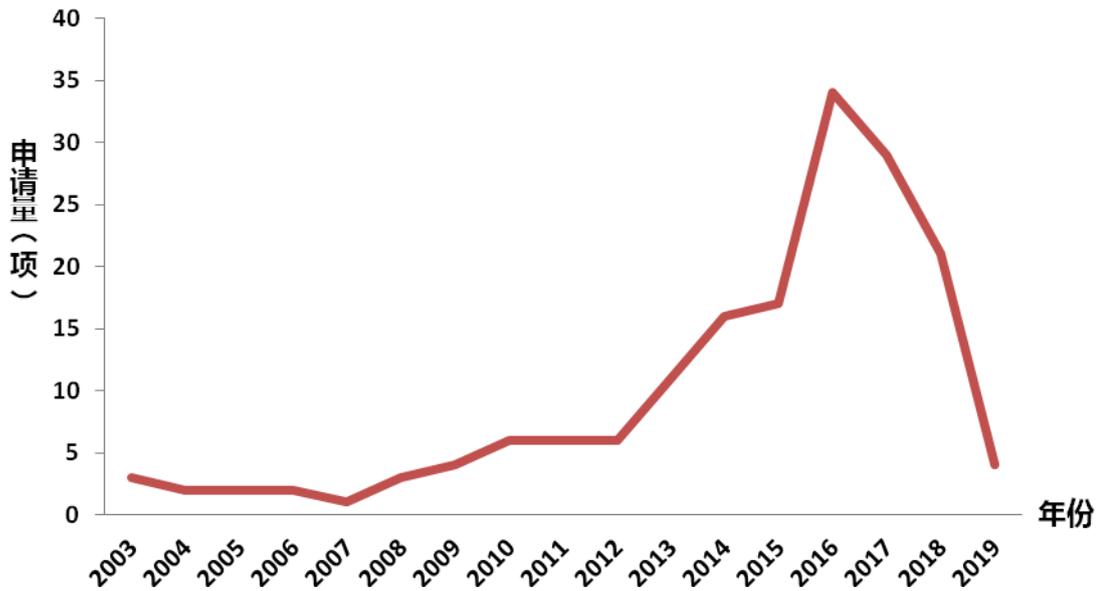


图 3-2 纳米纤维膜全球专利申请趋势

3. 聚乳酸熔喷布全球专利申请态势分析

图 3-3 示出了用于口罩的聚乳酸熔喷布全球专利申请量的变化趋势，全球专利申请量按已公开专利申请的最早优先权统计为 112 项。从图中可以看出，聚乳酸熔喷布专利技术从 1995 年开始萌芽，至 2013 年经历了缓慢发展阶段，在此期间，聚乳酸熔喷布全球专利申请量均少于 10 项，主要因为聚丙烯熔喷布技术成熟，被大规模用于口罩生产，主要专利技术集中于聚丙烯熔喷布。受 2013 年大规模雾霾影响，口罩使用量激增促使研究人员开始关注可生物降解聚乳酸熔喷布用于替代聚丙烯熔喷布的技术研发，以弥补聚丙烯熔喷布无法自然降解的缺陷。在 2016 年聚乳酸熔喷布专利申请量达到高点 19 项，2017-2018 年申请量在 10 项以上，保持活跃。

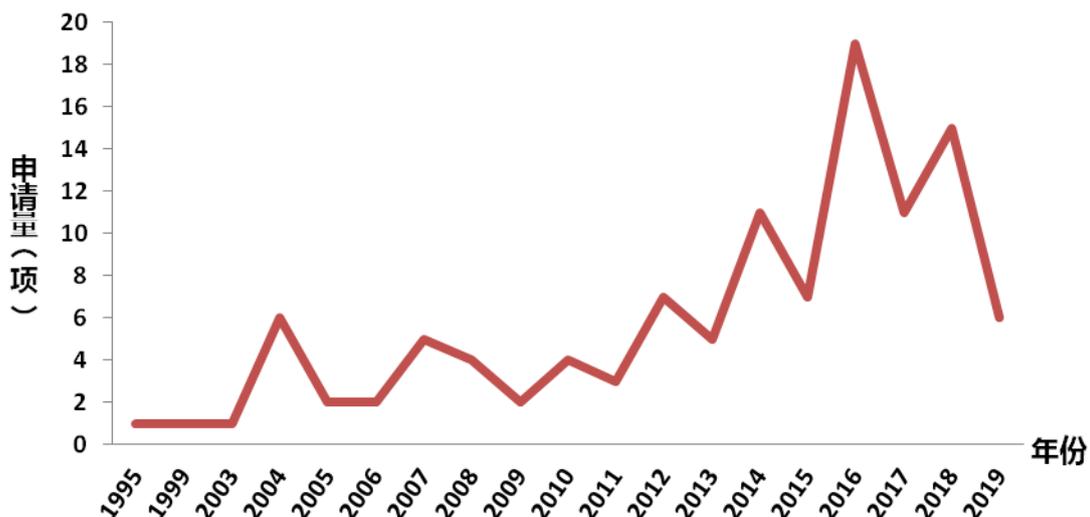


图 3-3 聚乳酸熔喷布全球专利申请趋势

(二) 医用口罩关键原材料重点技术分析

口罩关键原材料目前使用最广泛的是聚丙烯熔喷布，另外，随着纳米技术的发展，采用纳米纤维膜替代传统的熔喷布越来越受到关注，而聚乳酸熔喷布因其良好的生物可降解性，有望成为聚丙烯熔喷布的有效替代材料。本节将针对聚丙烯熔喷布、纳米纤维膜、聚乳酸熔喷布三个方面的重点技术进行分析。

1. 聚丙烯熔喷布重点技术分析

用于口罩领域的聚丙烯熔喷布技术主要涉及防护性、舒适性和驻极处理三个方面。

(1) 防护性

防护性技术分支涉及颗粒防护、细菌病毒防护和有害气体防护三个方面，技术发展路线如图 3-4 所示。

①颗粒防护方面，自 1993 年在专利 JP3507537B2 提出通过在熔喷过程中进行拉伸颈缩-冷却颈缩可获取纤维直径

相异的双峰纤维之后，研究聚焦在双峰纤维的直径比，例如 2014 年 JP6390612B2 提出将较大尺寸纤维直径设置为比较小纤维的直径大 5 倍以上，可以获得优异的过滤效果。

JP2019018188A 将熔喷布中亚微米纤维的长度设定为不大于 $0.1\mu\text{m}$ ，这样能够对纳米级颗粒起到很好的拦截效果。

②细菌病毒防护方面，JP5564934B2 提出将包含 0.5wt% 或更多的自由基清除剂的有机抗菌聚合物加入到熔喷层，US2010040880A1 提出在熔喷纤维表面形成分子自组装肽涂层，能够获取良好的抗菌性，且环境友好。

KR20160030696A 提出在无纺织物上涂覆纳米级硝酸银颗粒和光催化二氧化钛，可以对大多数细菌病毒进行灭活。JP2019027002A 提出将颗粒直径小于 $0.8\mu\text{m}$ 的氧化铝粉末和二氧化硅陶瓷复合后涂覆于非织造层表面，可以产生微弱辐射发生层，其对于口罩本体附近飞溅的病毒、细菌同样起到防护作用。

③有害气体防护方面，主要是对吸附剂的选择，例如 EP1962968B1 提出在熔喷纤维中加入吸附性多孔碳纤维，KR20180116448A 提出采用聚合物吸附剂对甲醛进行吸附。

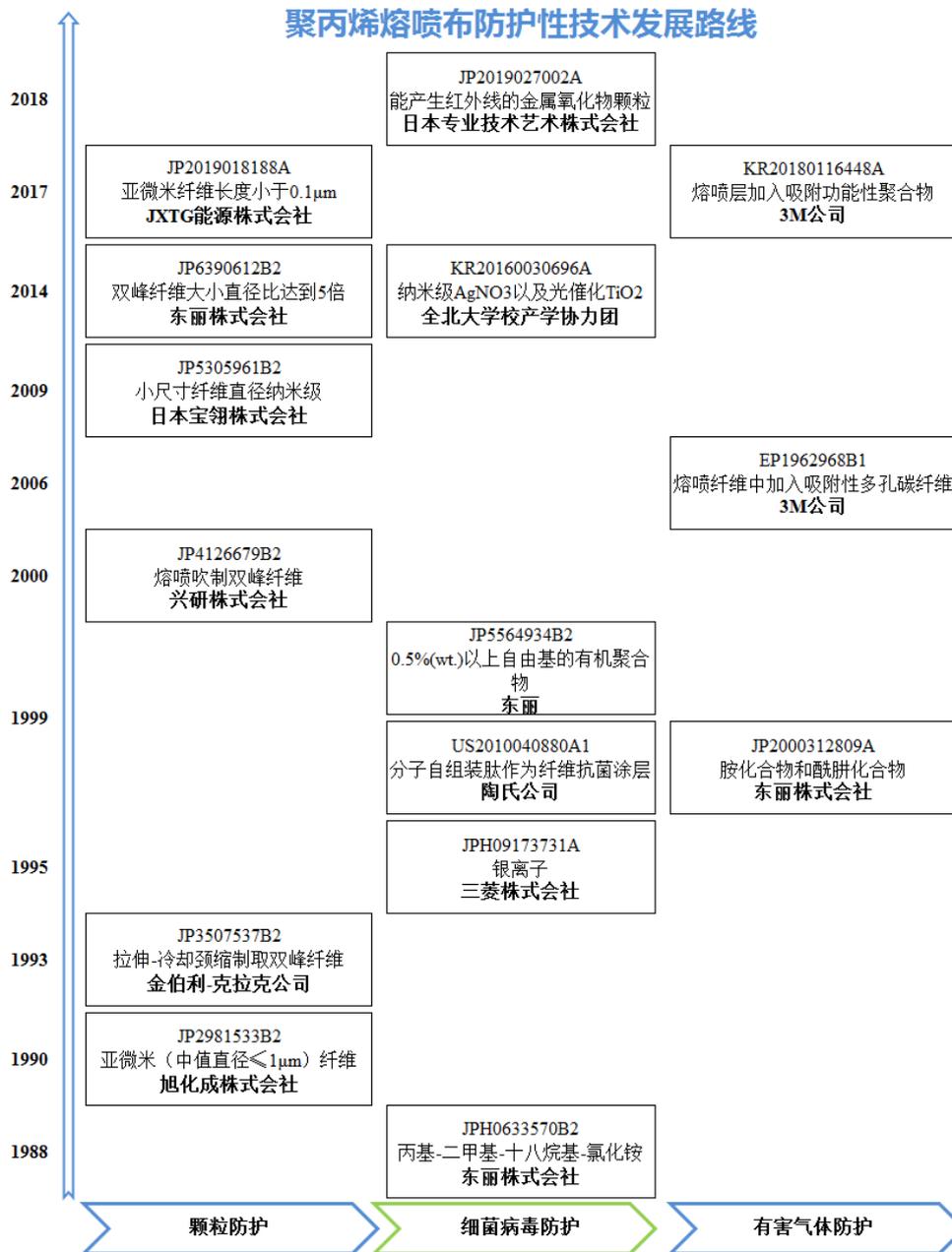


图 3-4 聚丙烯熔喷布防护性技术发展路线图

(2) 舒适性

舒适性技术分支涉及低滤阻、不渗液和形状保持三个方面，技术发展路线如图 3-5、图 3-6 所示。

①低滤阻方面，JP3380251B2 通过制备曲面状熔喷布外形提升空气有效透过面积，进而将口罩渗透性参数控制在 100CM/SF 以上。US20090308548A1 提出引入纤维熔喷布克

重参数作为衡量滤阻的标准之一，并将熔喷层克重优化至 10gsm 到 18gsm 之间，获取了较好的透气性能。RU2630792C2 中采用机械拉伸使得纤维形成多孔结构，可降低过滤阻力。

US20180272258A1 提出对前期多层熔喷层叠加滤料进一步改进，其采用多层波浪状无纺布滤层，其在过滤方向产生纤维直径梯度，大大降低了口罩滤阻。DE202018100242U1 提出在无纺布纤维层上叠加纳米纤维层，并通过梯度过滤的方式提供较低滤阻和较好透气性。

②不渗液方面，JP2018103109A 提出采用聚四氟乙烯悬浮液浸渍，其可以在纤维外表面形成均匀的聚四氟乙烯膜层，获得优良的拒油和抗油雾特性。US20180216269A1 提出采用全氟羧酸盐和含氟表面活性剂处理熔喷非织造纤维，进而提高熔喷层的疏水性能。

③形状保持方面，CA2190517A1 中采用等规立构聚烯烃以及无规立构聚合物进行双组份熔喷，得到具备良好强度和软度的非织造网层。JP5333988B2 将熔喷纤维设置为包含热塑性树脂的芯层以及与芯层匹配的鞘层，可以熔喷得到网状交织的无纺布层。JP2019047910A 提出采用伸缩性纤维 A 和包含伸缩性纤维 B 的混合纤维或复合纤维的伸缩性无纺布，制得具备一定弹性和形状保持力的无纺布层，进一步增强纤维层形状保持力。



图 3-5 聚丙烯熔喷布低滤阻技术发展路线图

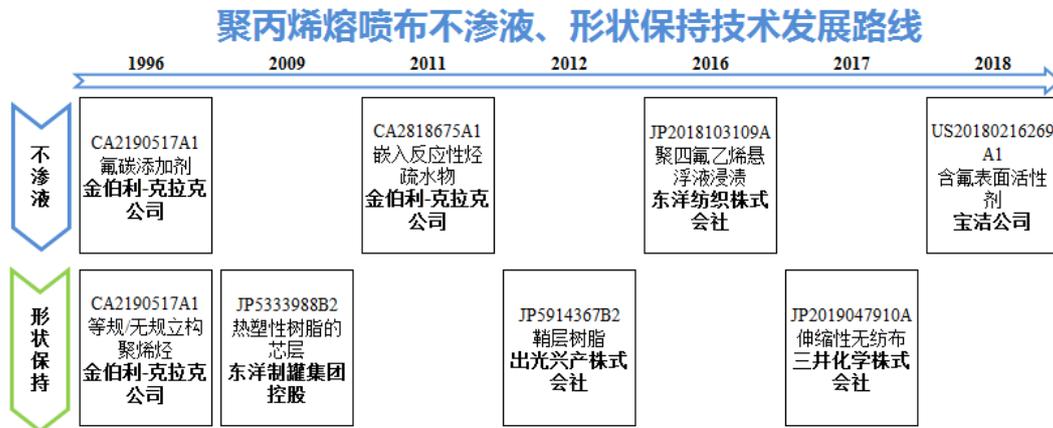


图 3-6 聚丙烯熔喷布不渗液、形状保持技术发展路线图

(3) 驻极

驻极技术分支涉及驻极方式改进、驻极前处理两个方面，技术发展路线如图 3-7 所示。

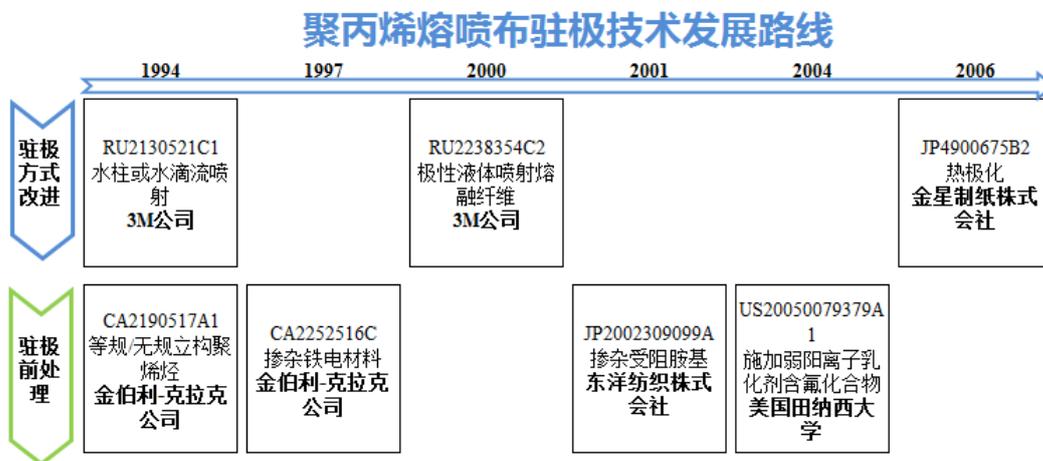


图 3-7 聚丙烯熔喷布驻极技术发展路线图

①驻极方式改进方面，RU2130521C1 中采用 10-500psi 压力的水柱或水滴流喷射到熔喷布基材上，其产生的压力足以使基材具有驻极体电荷。JP4900675B2 提出热极化驻极的方式，其可以获得与电晕放电等技术类似的效果。

②驻极前处理方面，CA2252516C 通过在熔喷纤维中掺

杂铁电材料（钙钛矿、钨青铜、氧化铋层状材料和烧绿石），其可以通过热极化使纤维形成一定取向，进而使纤维带电。JP2002309099A 提出通过在熔喷纤维中掺杂受阻胺基、含氮受阻酚基等耐候改性剂，以提升驻极体的稳定性。US20050079379A1 提出通过在纤维表面施加具有弱阳离子乳化剂的含氟化合物，避免后期充电电荷的中和效应。

聚丙烯熔喷布在华重点专利，如表 3-2 所示。

表 3-2 聚丙烯熔喷布在华重点专利列表

技术主题	授权公告号	申请（专利权）人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期（截止时间）
聚丙烯熔喷布	CN1066221C	金伯利-克拉克公司	1993	具有防透性的可拉伸熔喷织物	失效	2008
	CN103717796B	捷恩智株式会社	2012	混纤长纤维无纺布、使用其的过滤器以及空气过滤器	有效	2032
	CN105074075B	东丽株式会社	2014	混纺无纺布及其制造方法	有效	2034
	CN105899275B	纳幕尔杜邦公司	2014	作为空气过滤介质的驻极体纳米纤维网	有效	2034
	CN102018299B	3M 公司	2010	具有结构性焊接图方案的平折过滤式面罩呼吸器	有效	2030

技术主题	授权公告号	申请 (专利 权) 人	申请年	发明名称	法律状 态/事 件	有效期 (截止 时间)
驻 极	CN104870058B	3M 公司	2013	具有折叠凸缘的过 滤面罩呼吸器	有效	2033
	CN105008601B	陶氏环球技 术有限责任 公司	2014	包含聚乙烯掺合物 的纤维	有效	2034
	CN105263996B	金伯利-克拉 克公司	2014	孔引发技术	有效	2034
	CN1212199C	3M 公司	2000	使用润湿液体和含 水极性液体制造驻 极体纤维网的方法 和设备	失效	2009
	CN1052042C	3M 公司	1994	使驻极体过滤介质 充电的方法	失效	2014
	CN1250794C	3M 公司	2000	以自由纤维和极性 液体制造非织造纤 维性驻极体网的方 法和装置	失效	2017

由上表可知，聚丙烯熔喷布国外重点技术相关专利在华申请中，涉及防护性的重点专利有 CN1066221C、CN103717796B、CN105074075B、CN105899275B 四项，其中，CN1066221C 于 2008 年失效；CN103717796B、

CN105074075B、CN105899275B 专利权仍然有效。

涉及聚丙烯熔喷布舒适性的相关专利 CN102018299B、CN104870058B、CN105008601B、CN105263996B 专利权均有效,专利权到期时间分别为 2030 年、2033 年以及 2034 年。

涉及驻极技术的 3 项专利 CN1212199C、CN1052042C、CN1250794C 分别于 2009 年、2014 年、2017 年失效。

另外,由上述分析可知,国外目前的研究重点集中于口罩舒适性的改进,而作为口罩防护性相关技术以及驻极相关技术在国外已趋于成熟,部分相关基础专利已经或将要到期,而舒适性相关技术方面,大部分专利处于有效期。

2. 纳米纤维膜重点技术分析

口罩用纳米纤维膜重点技术主要集中在透气性和功能改性,技术发展路线如图 3-8 所示。

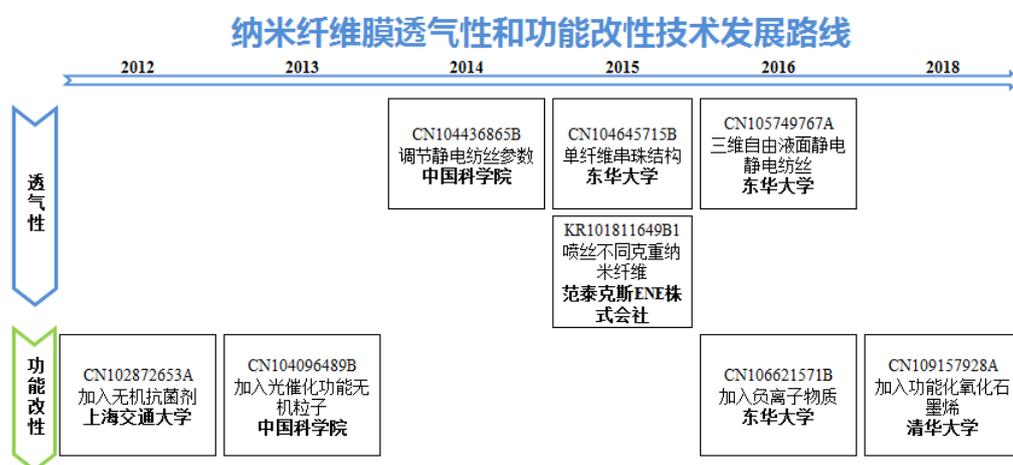


图 3-8 纳米纤维膜透气性和功能改性技术发展路线图

(1) 透气性

CN104645715B 提出在静电纺丝过程中通过采用蒸汽场补偿与控制技术、同电性电压纺丝技术以及引入单纤维具有

串珠结构与均匀圆柱形态的纳米纤维层，一步成型获得纤维间无粘连、结构蓬松且具有三维立体空腔的网状互通结构的高效低阻复合纳米纤维过滤材料。KR101811649B1 提出主要通过自上而下喷丝方式，同一平面上的纵向控制聚合物纺丝溶液的电纺丝辐射获得不同基重纳米纤维构成特殊结构的纳米纤维膜，增强透过率。

CN105749767A 提出采用三维自由液面静电纺丝法批量化制备纳米纤维膜，获得的孔径分布范围在 $0 \sim 3\mu\text{m}$ ，可制备出具有直径和孔径窄分布的纳米纤维膜产品，过滤材料的滤效可达 99% 以上，滤阻低于 $200\text{mm H}_2\text{O}$ ，满足我国国标 GB2626-2006 及美标 NOISH 标准的要求。

(2) 功能改性

CN106621568B 提出将纳米纤维与抗菌材料进行复合获得具有较好的抗菌防雾霾过滤材料，CN106621571B 中利用纳米纤维膜的空腔结构放置负离子物质，释放负离子，增强口罩佩戴舒适度。CN109157928A 提出将功能化氧化石墨烯与高分子聚合物混合进行静电纺丝制备纳米纤维膜，具备有效吸附 NH_3 、 CO 、 NO_2 等污染气体的优异性能。对于口罩用纳米纤维膜功能改性方面比较分散，根据实际功能需求加入抗菌剂、吸附剂等功能粒子，研究方向多样化。

纳米纤维膜在华重点专利列表，如表 3-3 所示。

表 3-3 纳米纤维膜在华重点专利列表

技术主题	授权公告号	申请 (专利权) 人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期 (截止时间)
透 气 性	CN104436865B	中国科学院	2014	一种高效低阻复合纤维 PM2.5 过滤膜及静电纺丝 制备方法	有效	2034
	CN104645715B	东华大学	2015	一种口罩用高效低阻纳 米纤维空气过滤材料及 其制备方法	有效	2035
	CN105455254B	清华大学	2016	一种有效阻隔PM0.3且富 含纳米抗菌成分的纳米 纤维口罩	有效	2036
功 能 改 性	CN104096489B	中国科学院	2013	一种无机-有机功能化聚 四氟乙烯微孔膜的制备 方法	有效	2033
	CN109157928A	清华大学	2018	一种功能化石墨烯插层 的纳米纤维滤膜及其制 备方法	在申	
	CN106621571B	东华大学	2016	一种可释放负离子的空 气过滤材料及其制备方 法	有效	2036

3. 聚乳酸熔喷布重点技术分析

对聚乳酸熔喷布的研究主要集中在提高聚乳酸熔喷纤维强度、过滤精度、驻极性能、抗菌性以及尺寸稳定性，技术发展路线如图 3-9、图 3-10、图 3-11 所示。



图 3-9 聚乳酸熔喷布纤维强度技术发展路线图



图 3-10 聚乳酸熔喷布过滤精度技术发展路线图

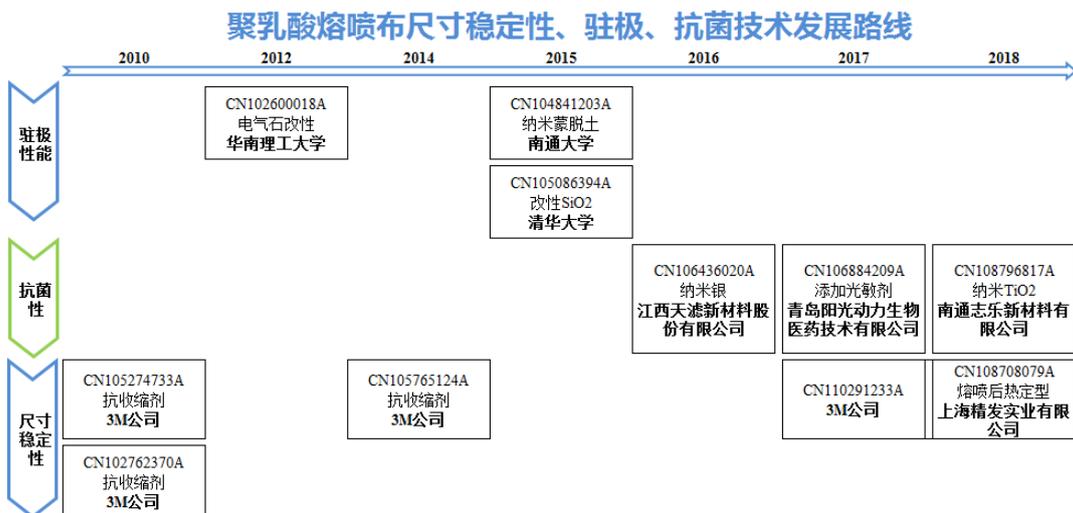


图 3-11 聚乳酸熔喷布尺寸稳定性、驻极、抗菌技术发展路线图

(1) 提高纤维强度

KR20100098529A、WO2009024837A1 提出通过添加聚醚共聚物和大环酯低聚物提升纤维强度，CN102046861A 提出通过官能团化聚合物进一步提升纤维结晶性能；CN104160077A 提出将多种聚乳酸共混提高其熔点；CN105088542A、CN105584171A 提出通过聚酰胺弹性体、聚醚型聚氨酯对聚乳酸改性；CN107475892A 提出将聚乙二醇与聚乳酸共混，使聚乳酸纤维具有高伸长率和高韧性。

(2) 提高过滤精度

JP5654356B2 提出将亚微米纤维群和微米纤维群复合得到纤维网；CN103987888A 提出将不同熔点、不同直径的纤维混合制成纤网用于颗粒过滤；CN105297176A 提出将双组份聚合物熔喷形成岛岛结构，进一步提高纤维粗糙度从而提升过滤性能；CN109825952A 提出在聚乳酸熔喷的同时加载高压静电促使形成平均直径为 $0.5 \sim 1.2\mu\text{m}$ 的纤维，从而得到孔径分布更小的熔喷布。

(3) 提高尺寸稳定性

提高尺寸稳定性的主要改进为添加抗收缩添加剂，其中抗收缩添加剂为热塑性半结晶聚合物；CN108708079A 提出不添加助剂，将聚乳酸熔喷后进行热定型以增加熔喷布尺寸稳定性。

(4) 提高驻极性能

CN102600018A 提出采用电气石对聚乳酸纤维进行改性以提高驻极性能，CN105086394A 和 CN104841203A 提出通过改性 SiO_2 、纳米蒙脱土与聚乳酸纤维混合提高其驻极性

能，增强颗粒吸附力。

(5) 提高抗菌性

CN106436020A 提出在聚乳酸聚合物中掺杂纳米银，CN106884209A 提出添加光敏剂抗菌，CN108796817A 提出添加纳米二氧化钛提升聚乳酸纤维抗菌性能。

聚乳酸熔喷布在华重点专利，如表 3-4 所示。

表 3-4 聚乳酸熔喷布在华重点专利列表

技术主题	授权公告号	申请(专利权)人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期(截止时间)
聚乳酸熔喷布	CN1813089B	宝洁公司	2004	包含纳米纤维的卫生制品	有效	2024
	CN105274733B	3M 公司	2010	尺寸稳定的非织造纤维幅材及其制造和使用方法	有效	2030
	CN105088542B	张家港骏马无纺布有限公司	2014	一种高伸长率改性聚乳酸 SMS 复合非织造材料及制备方法	有效	2034
	CN105297176B	东华大学	2015	一种表面粗糙的超细纤维材料及其制备方法	有效	2035
	CN105086394B	清华大学深圳研究生院	2015	熔喷非织造布用的含 SiO ₂ 可生物降解复合材料及制备方法	有效	2035

四、医用口罩消毒关键技术专利分析

(一) 医用口罩消毒技术专利申请态势分析

目前产业上，口罩灭菌消毒以环氧乙烷 (EO) 消毒法为主。环氧乙烷是广谱、高效的气体灭菌消毒剂，穿透力强，温度低，在低温灭菌领域具有显著优势；但消毒后口罩上会有环氧乙烷残留，而环氧乙烷本身是一种有毒的致癌物质，其残留量应不超过 $10\mu\text{g/g}$ 。因此，口罩经环氧乙烷消毒后，需要进行环氧乙烷解析，解析期一般为 7-14 天。本节将对口罩消毒技术的全球专利申请态势进行分析。

表 4-1 口罩消毒技术全球专利申请数量表

	全球专利申请数量 (按最早优先权, 单位: 项)	全球专利申请数量 (按同族公开号, 单位: 件)
口罩消毒技术	30	69

表 4-1 示出了口罩消毒技术全球专利申请数量，涉及口罩生产中的消毒技术，其全球专利申请数量为 30 项，每项专利申请已公开的同族申请总量合计 69 件。

图 4-1 示出了口罩消毒技术全球专利申请趋势，全球专利申请按已公开专利申请的最早优先权统计为 30 项。从图中可以看出，第一项关于口罩消毒技术的专利出现在 1982 年，随后十年未有申请量的增加（1983-1993 年），1994 年申请量开始增加，1994-2016 年口罩消毒技术的专利申请量一直处于低位增长，年均 1 项左右。2017-2018 年呈现跳跃式增长，分别为 4 项和 7 项。

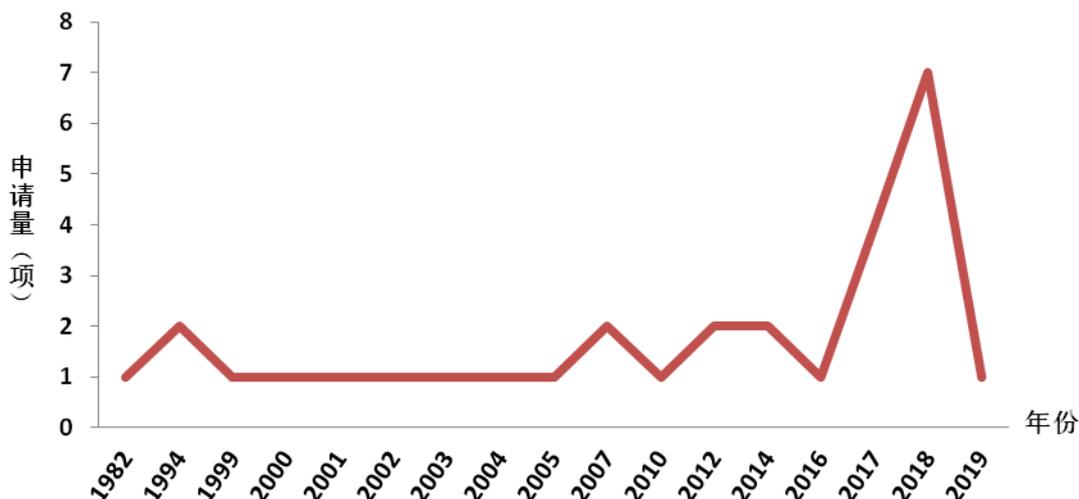


图 4-1 口罩消毒技术全球专利申请趋势

(二) 医用口罩消毒技术重点技术分析

由于口罩消毒的标准要求比较高，产业上所普遍采用的环氧乙烷消毒技术较为成熟，但具有消毒解析时间长、毒性高等缺陷。辐照消毒由于穿透力比较强、消毒时间短，有望成为环氧乙烷消毒的补充和替代。

目前辐照消毒已经应用于一次性医疗用品和医用包装材料的消毒。主要技术包括，对电子束辐照工艺的系统控制，比如通过在灭菌表面布置传感器组件，实时监测电子束的剂量，精准控制工艺各个环节；通过电子出射窗与传送通道的组合设计优化等方式来提高灭菌工艺的自动化控制（CN106031320B、EP2729939B1、EP3107585B1、US2017049914A1、US9850014B2、US9969513B2、CN104797518A）。此外，US9439809B2 提出改进消毒伤口敷料中的聚合物层，以使这些制品能够通过电子束或 γ 辐射消毒；CN101366954B 提出采用钴 60- γ 射线对生物涂层或携

载基因涂层的医疗装置进行辐射灭菌前，采用冷冻干燥处理，可以避免 γ 射线照射对生物活性成分的破坏；CN101476172A 提出医用纤维材料在包装后通过钴 60- γ 射线照射消毒，能够达到医用消毒标准且不损坏纤维结构。

辐照消毒在华重点专利见表 4-2。

表 4-2 辐照消毒在华重点专利列表

技术主题	授权公告号	申请(专利权)人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期(截止时间)	
辐照消毒	辐照工艺的系统控制	CN106031320B	利乐拉瓦尔集团及财务有限公司	2015	用于包装材料的灭菌装置	有效	2035
	辐照的消毒防护	CN101366954B	乐普深圳国际发展中心有限公司	2008	一种生物涂层医疗装置的灭菌处理方法	有效	2028
	辐照消毒	CN207940901U	上海绿竹医疗	2017	一种医用诊断 X 射线机	有效	2027

装置		科技有 限公司				
多层 聚合 物的 辐照 消毒	CN101573144B	伊西康 内外科 公司	2007	改良的聚合 材料消毒法	有效	2027
辐照 消毒 装置	CN101939029B	罗伯 特 博世 有限公 司	2008	用于以富含 能量的电子 束处理成形 件的装置和 方法	失效	2017

五、医用口罩生产设备专利分析

(一) 医用口罩生产设备专利申请态势分析

口罩生产设备主要包括口罩整机生产设备和熔喷布专用生产设备。

表 5-1 示出了口罩整机生产设备全球专利申请数量，按已公开专利申请的最早优先权统计为 251 项，每项专利申请已公开的同族申请总量合计 272 件，总体上数量不大，且同族不多。

表 5-1 口罩整机生产设备全球专利申请数量表

	全球专利申请数量 (按最早优先权, 单位: 项)	全球专利申请数量 (按同族公开号, 单位: 件)
口罩整机生产设备	251	272

图 5-1 示出了口罩整机生产设备全球专利申请态势。由图中可以看出, 在 2010 年之前申请量较少, 每年申请量均不到 10 件, 而且在时间上也不连续, 2010 年-2012 年申请量开始有少量增长, 之后的 2013-2014 年又下降到 10 件以下, 但从 2015 年开始, 申请量开始大幅增加, 2018 年的申请量甚至达到了 50 件以上。

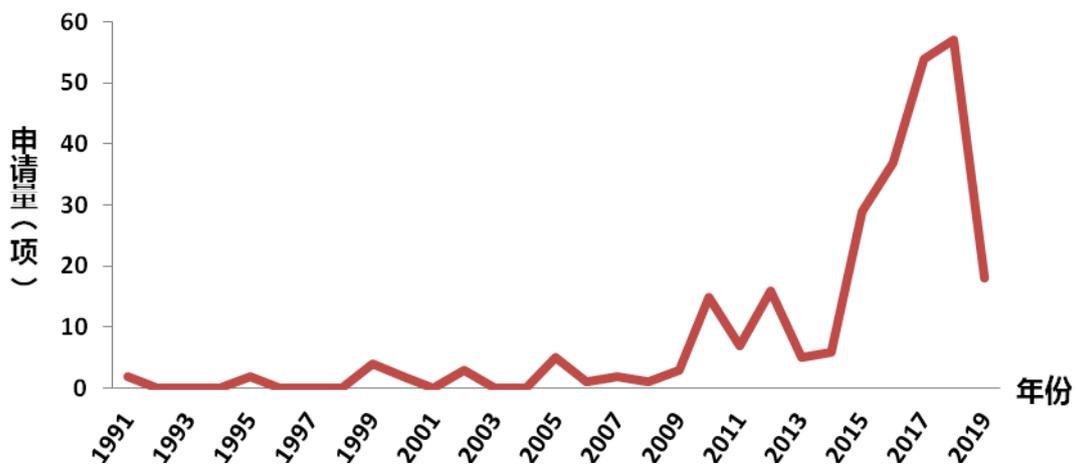


图 5-1 口罩整机生产设备全球专利申请态势

表 5-2 示出了熔喷布专用生产设备全球专利申请数量, 按已公开专利申请的最早优先权统计为 329 项, 每项专利申请已公开的同族申请总量合计 2161 件。

表 5-2 熔喷布专用生产设备全球专利申请数量表

	全球专利申请数量 (按最早优先权, 单位: 项)	全球专利申请数量 (按同族公开号, 单位: 件)
熔喷布专用生产设备	329	2161

图 5-2 示出了熔喷布专用生产设备全球专利申请态势。从图中可以看出, 在 1990 年之前申请量较少, 熔喷布专用生产设备年最高申请量不超过 5 项, 且多次出现申请量为零的年份, 自 1991 年开始申请量逐步增长, 2018 年全球专利申请量达到 40 件以上。

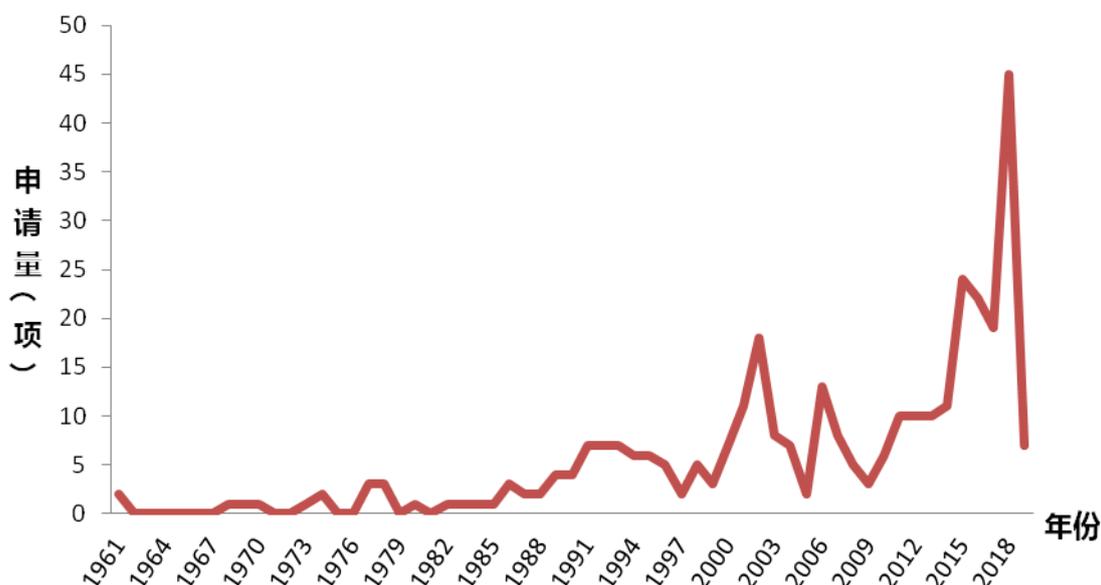


图 5-2 熔喷布专用生产设备全球专利申请态势

(二) 医用口罩生产设备重点技术分析

据报道, 在此次疫情期间, 非口罩生产商可以快速组装多条口罩生产线并投入, 可见口罩整机设备不存在大的技术壁垒, 且从专利技术角度看, 该领域全球专利申请量不大, 且缺乏重点专利, 因此本节重点分析熔喷布专用生产设备。熔喷布专用生产设备核心技术在于熔喷模头, 主要技术改进

方向在于改良熔喷纤维牵伸效果、细化成纺纤维、纤维多功能化、多层宽幅化等。

1. 熔喷布专用生产设备重点技术分析

随着熔喷技术的逐渐成熟，纤维的细化、纳米化成为主流发展方向。在纤维的纳米化方面，主要手段是与静电纺丝相结合或减小喷丝孔孔径。例如采用熔喷与静电相结合制备熔喷纳米纤维无纺布 (KR20030077384A)。WO2007121458A 中熔体挤出孔的长径比达到 20 以上，并进一步结合合适的流速来制备纳米纤维。WO2011028661A 提出一种同轴导管式熔喷模头，内导管为熔体通道，外导管为气体通道，并使外导管比内导管短，从而抑制小珠或者畸形丝，提高丝的品质，部分细丝可以达到纳米级。JP2014-088639A 提出在模头中设置两级气流通道，利用二次牵伸效果，提高牵伸性能。

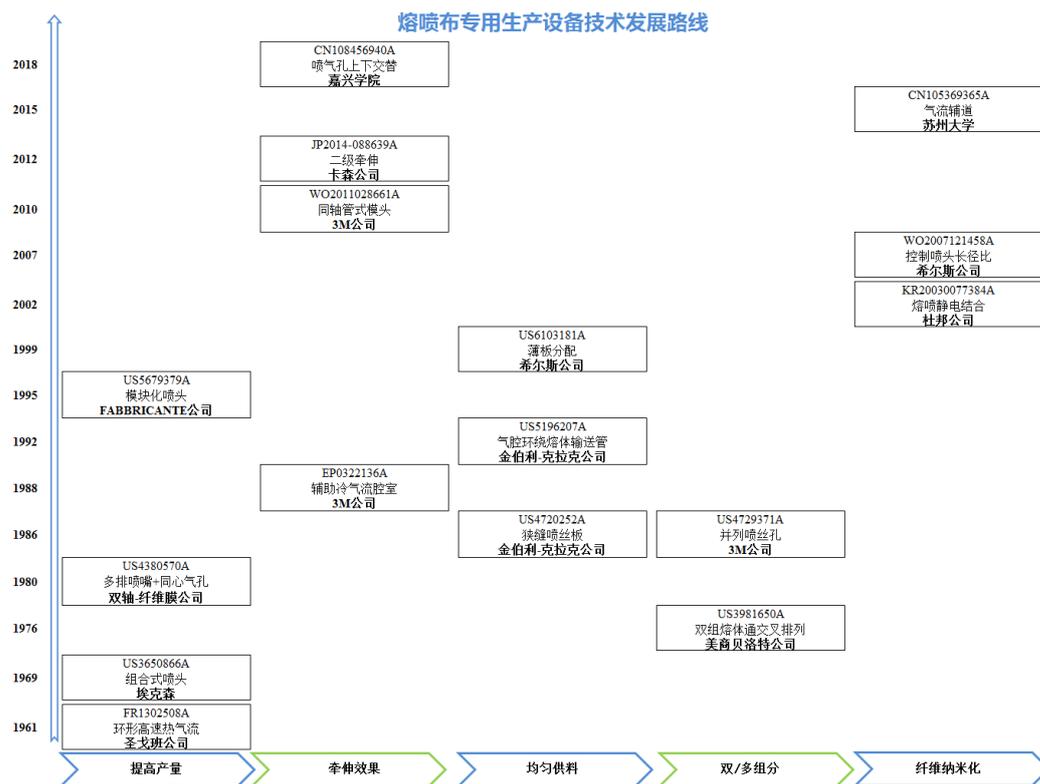


图 5-3 熔喷布专用生产设备技术发展路线图

(2) 熔喷布专用生产设备重点专利介绍

本节着重从熔喷模头在改良牵伸效果、细化成纺纤维、纤维多功能化、多层宽幅化等几个方面的技术，梳理重点专利申请，以为科技攻关提供可借鉴的方向。

①改良牵伸效果

表 5-3 改良牵伸效果重点专利列表

技术主题	授权公告号	申请人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期(截止时间)
改	US3825379A	埃克森美孚公	1972	使用毛细管的熔喷模具	期限届满	1992

良 牵 伸 效 果		司			失效	
	US4720252A	金伯利-克拉克 公司	1986	熔喷模头	期限届满 失效	2006
	US4818463A	赖芬豪泽公司	1987	通过双侧通入气流的熔 喷装置制备纤维网	期限届满 失效	2007
	US5098636A	赖芬豪泽公司	1990	采用锯齿状宽狭缝喷嘴 利用热气流成纤的模头	期限届满 失效	2010
	US5421921A	诺信公司	1992	可用于喷射纤维粘结剂 的组合模块熔喷狭缝模 头	期限届满 失效	2012
	US6013223A	双轴-纤维膜公 司	1998	生产长丝非织造纤维网 的方法和设备	失效	2008

②细化成纺纤维

表 5-4 细化成纺纤维重点专利列表

技 术 主 题	授权公告号	申请(专利权) 人	申请年	发明名称	法律状态 /事件	有效期 (截止 时间)
细 化	US5075068A	埃克森美孚公 司	1990	加工熔喷长丝的方法和 设备	未缴年费 终止失效	2003
成	CN101087904B	金伯利-克拉	2005	适于熔喷设备的低湍流	有效	2025

纺		克公司		模具组件		
纤维	US8029260B2	赖芬豪泽公司	2008	纤维素纤维熔喷挤出装置制备纤维素纤维网	有效	2028

③纤维多功能化

表 5-5 纤维多功能化重点专利列表

技术主题	授权公告号	申请人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期(截止时间)
纤维多功能化	US5145689A	诺信公司	1990	间歇控制式熔喷模头及其带控制阀的模头组件	未缴年费 终止失效	2004
	US5227172A	埃克森美孚公司	1991	用于生产熔喷驻极体的带电收集器设备	未缴年费 终止失效	1997
	US7150616B2	金伯利-克拉克公司	2003	多组分纤维熔喷模头	有效	2023
	US7168932B2	金伯利-克拉克公司	2003	双熔体通道双挤出毛细管熔喷装置	未缴年费 终止失效	2011

US7150616B2 和 US7168932B2 分别提出了通过设置多熔体输送通道来制备多组分熔喷纤维以及将熔喷喷头分为相互独立的两组通道且交替排列。

④多层宽幅化

表 5-6 多层宽幅化重点专利列表

技术主题	授权公告号	申请(专利权)人	申请年	发明名称	法律状态/事件	有效期(截止时间)
多层宽幅化	US2007102841A1	诺信公司	2005	分配器和分配液体材料的方法	公开	
	CN109137266A	赖芬豪泽公司	2018	具有颗粒和/或纤维初生装置和连续带的设备	公开	

US2007102841A1 提出在喷丝孔周围有多个出气孔，气流从上述出气孔中喷出使纤维丝摆动，在改善纤维牵伸效果的同时能形成层叠的多层纤维网。CN109137266A 涉及连续生产设备。

六、主要结论

(一) 医用口罩专利申请总体态势

1. **在口罩产品方面**，全球专利申请量总体态势与疫情暴发、环境因素及民众防护意识的提高密切相关。在 2002-2003 年，由于 SARS 疫情的暴发呈现过短期增长，在 2009 年之后由于 H1N1 流感、埃博拉病毒、雾霾的原因进入了较高速增长期，迄今为止全球专利申请总量达 17083 项，医用口罩总量达 5157 项。

2. **在口罩关键原材料方面**，聚丙烯熔喷布、纳米纤维膜、聚乳酸熔喷布的全球专利申请总量分别为 535 项、167 项、112 项。聚丙烯熔喷布发展较早且技术较为成熟，口罩用纳米纤维膜技术方面虽然出现较晚，但已经实现产业化，聚乳酸熔喷布具有优异的可降解性，符合环保性要求。

3. **在口罩消毒技术方面**，申请量较少，截止目前全球专利申请总量仅为 30 项。在 2016 年前，年均申请量不超过 2 项，自 2017 年后中国申请开始逐渐上升，在 2018 年达到峰值（6 项）。

4. **在口罩生产设备方面**，口罩整机生产设备全球专利申请总量为 251 项，不管是全球还是国内，口罩整机生产设备的专利申请总量都很少，申请总量自 2010 年开始出现少量的增长，2015 年以后开始高速增长；熔喷布专用生产设备全球专利申请总量为 329 项，1990 年之前年最高申请量不超过 5 件，自 1991 年开始申请量逐步增长，2018 年达到了 40 件以上。

（二）医用口罩重点技术及研究方向

1. 在口罩产品方面，主要研究方向集中在呼吸性、气密性的改进，实现呼吸性、气密性和过滤性三者的平衡。有关呼吸性的研究，主要研究方向集中在罩体的支撑性能，包括罩体本身的自支撑性能、罩体附加的支撑结构方面。有关气密性的研究集中在罩体形状与面部的贴合，除罩体本身结构外，改进还在于罩体附加的密封结构。此外，罩体过滤性能分区的改进也是目前研究方向之一。

2. 在口罩关键原材料方面，聚丙烯熔喷布的主要研究方向集中在解决防护性和舒适性方面，包括提升颗粒物、细菌和有害气体防护能力，以及降低滤阻、提升不渗液性能和提高形状保持性；对于纳米纤维膜，主要研究方向集中在提高透气性和抗菌性，进一步发挥其透气性好的特点，推动其在高端口罩上的发展；对于聚乳酸熔喷布，主要研究方向集中在提高纤维强度、过滤精度、驻极性能、抗菌性以及尺寸稳定性，以期通过性能提升推动聚乳酸熔喷布产业化。

3. 在口罩消毒技术方面，目前环氧乙烷消毒技术较为成熟，相关研究较少；辐照消毒有望作为环氧乙烷消毒的替代技术，已经应用于一次性医疗用品和医用包装材料的消毒上，其主要研究方向集中在灭菌工艺的自动化控制、消毒对象的防护、避免或减少其在辐照消毒过程中受到的损坏。

4. 在口罩生产设备方面，尚未发现口罩产品生产设备与其他类型的无纺布制品设备的通用性多用途研究。对于熔喷布专用生产设备，早期申请的核心专利均已失效。目前，熔

喷布已向纤维纳米化、纤维多功能化发展，这对熔喷布专用生产设备提出了更高的要求。