阻燃剂应用行业白皮书

作者/所有权：兴秀成阻燃材料（宿迁）有限公司

第一章 背景简介

1.1 行业背景与驱动力

高分子材料凭借质轻、耐腐蚀、绝缘性能优异等特点，已深度渗透至电子电器、建筑、交通、新能源等国民经济核心领域。然而，多数高分子材料具有高可燃性，燃烧过程中产生的熔滴、浓烟和有毒挥发物对生命财产安全构成严重威胁，尤其在成炭能力较弱的聚烯烃、聚酯等材料中问题更为突出。阻燃改性已成为高分子材料应用中不可或缺的安全保障环节。

从市场规模看，阻燃剂行业正处于稳步扩张期。据 Global Market Insights 统计，2025 年全球阻燃剂市场规模达到 98 亿美元，预计 2035 年将增长至 177 亿美元，年均复合增长率（CAGR）为 6.1%。中国市场表现尤为突出，2025 年市场规模达 256.6 亿元，同比增长 24.99%，需求量约 96.9 万吨。亚太地区整体贡献全球 62%的消费量，其中电子电气与建筑领域的需求增速分别达到 7.3%和 5.9%。新能源汽车动力电池用阻燃材料市场在 2025 年达到 12.4 亿美元，预计 2026 年将突破 15 亿美元；光伏与储能领域相关阻燃剂需求同比增长 22.7%，成为行业新增量极。

1.2 法规与标准驱动

全球阻燃剂行业正经历深层次的监管变革，环保合规已成为配方开发的首要约束条件。

欧盟方面，2025 年生效的《可持续产品生态设计法规》（ESPR）明确将持久性、生物累积性和毒性（PBT）物质纳入限制范围，直接冲击多溴二苯醚等传统溴系阻燃剂的市场存量。欧洲化学品管理局于 2025 年 11 月将十溴二苯乙烷（DBDPE）添加至 SVHC 候选清单。得克隆（Dechlorane Plus）被正式纳入 POPs 法规限制清单，限值将从 1000 mg/kg 分阶段收紧至 1 mg/kg。在纺织品领域，欧盟修订法规推动环保型无卤阻燃剂在装饰布与产业用布领域的渗透率突破 42%，传统卤系阻燃剂在部分终端场景的用量同比收缩约 11%。

中国方面，2026 年实施的 GB/T 39600-2026 标准进一步限制六溴环十二烷在建筑保温材料中的使用，倒逼企业加速转型。同期，中国阻燃剂出口量达到 69.8 万吨，出口金额 32.1 亿美元，同比分别增长 9.4%和 12.6%，产品结构高端化趋势明显。

在终端品牌层面，苹果、三星、惠普、戴尔等企业已承诺逐步停用溴系阻燃剂，出口型企业加速构建无卤合规供应链。法规压力正从“被动合规”转向“主动替代”，无卤化、低烟低毒、可回收性已成为阻燃剂技术路线的核心命题。

1.3 技术路线总览

当前阻燃剂技术体系围绕无卤化主导方向，形成了多条并行发展的技术路线：

阻燃体系	代表产品	核心优势	主要局限	适用基材
磷氮溴系	连枯，聚连枯	阻燃效率极高、微量高效	只能达到 V2 阻燃等级	PP 材料
膨胀型（磷-氮系）	聚磷酸铵（APP）、焦磷酸哌嗪（PAPP）、MCA	成炭效率高、添加量适中	耐水性差、易迁移	PP、PE、TPE
有机磷酸盐系	有机次膦酸盐（ADP）、多聚磷酸盐	低烟无毒、气相/凝聚相双重机制	耐迁移性、腐蚀性还需提高高	PA、PBT、TPU、TPE
膦酸酯系	磷酸酯(BDP、RDP等）、DOPO 衍生物、六苯氧基磷腈	低烟无毒、气相/凝聚相双重机制	耐水解性待提升	PC、PC/ABS、PBT、环氧树脂
无机金属氢氧化物	氢氧化铝（AH）、氢氧化镁（MH）	成本低、抑烟效果好	添加量大（>50%）、力学损伤	电缆料、沥青、橡胶
溴系	溴化环氧、溴化聚苯乙烯	阻燃效率极高、微量高效	环保法规限制、烟气腐蚀性	PBT、PA（存量应用）
磺酸盐类	PPFBS、KSP、KTSS	添加量极低（0.02%~0.8%）、透明性好	抗熔滴需复配	PC 光学级
硅系	聚硅氧烷、硅-磷协效	绿色协效、改善成炭	单独使用效率有限	PC、PC/ABS

第二章 阻燃剂应用方案与配方工艺

2.1 磷氮溴系滴落 V2 阻燃聚丙烯材料——低溴体系 XF-202W

2.1.1 应用背景：在全球环保法规日趋严苛的今天，传统溴系阻燃剂（如多溴联苯、多溴二苯醚等）正面临前所未有的应用限制。从欧盟 RoHS 指令到 REACH 法规，再到各大终端品牌（如消费电子、新能源汽车、智能家居）内部的“去卤化”绿色供应链要求，寻找兼具**高效阻燃**与**极致环保**的替代方案，成为材料改性行业的共同难题。

我们研发团队经过技术攻关，成功推出一款**新型超低溴阻燃剂 XF-202W**，彻底打破这一僵局：

极限低溴：通过创新的分子设计与工艺提纯，该阻燃剂的溴含量可精准控制在 **100 PPM（0.01%）** 以下，远低于国际无卤标准（溴<900ppm）的限定值。
满足严苛法规：极低的游离溴与总溴含量，完美规避了传统溴系阻燃剂燃烧时可能产生二噁英的风险，轻松应对 RoHS、REACH 及未来更严苛的环保法规。

2.1.2 应用案例：

	组分		单位	均聚 PP	共聚 PP
配方	树脂	PP T30S	%	96	
		PP K8003	%		93
	阻燃剂	202W	%	**3**	**6**
	抗氧剂	1010	%	0.2	0.2
		168	%	0.2	0.2
	润滑分散剂	EBS	%	0.3	0.3
		PETS	%	0.3	0.3
	测试项目	测试标准			
阻燃性能	UL94	GB/T2408-2008	/	1.6mm V2	1.6mm V2
	GWIT	GB/T5169.10	℃	750	750
力学性能	拉伸强度	GB/T1040-2018	MPa	30.2	19.2
	弯曲强度	GB/T9341-2008	MPa	28.9	21.8
	弯曲模量	GB/T9341-2008	MPa	1247	871
	悬臂梁缺口冲击强度	GB/T1843-2008	kj/m^2	4.1	35
环保	ROHS2.0	IEC62321	ppm	45	89

螺杆组合

"44A" "96SK" "96SK" "96SK" "72SK" "72SK" "64" "64" "30/7/72" "45/56/5" "64" "56" "45/56/5" "60/4/44" "64" "60/4/44" "90/5/56" "44/22L" "72" "72" "64" "64" "64" "56" "56" "44" "44" "45/56/5" "45/56/5" "44" "45/5/56" "45/5/56" "44" "60/4/44" "90/5/56" "42/22L" "72" "72" "72" "64" "56" "44" "44" "44"

2.1.3 注意事项：

1、配方设计：配方中不能含有 PE、POE、EVA 等树脂、不能含有碳酸钙及含碳酸钙的矿粉等影响阻燃效果的物质；保证足量的润滑剂、分散剂；正确选用耐候助剂和色粉（如：UV 剂选择偏中性产品），防止影响其效果。

2、挤出设备螺杆组合选择低剪切强分散的组合，如上表提供组合方式

2.1.4 应用领域及场景：插座排插、开关外壳、线圈骨架、连接器、保险丝盒、低压端子、小家电底座、卫浴、照明配件、线束护套、波纹管、线缆填充、纺丝等。

2.2 磷氮膨胀系阻燃聚烯烃材料——聚磷酸铵体系 XF-8205B

2.2.1 应用背景：随着欧盟 REACH 法规 SVHC（高关注物质）清单的不断更新，全球供应链正经历着一场严苛的“绿色洗牌”。在阻燃材料领域，传统卤系阻燃剂及部分受限的磷系替代品频频面临合规红线。寻找一款**绝对环保合规**且**能适应高温加工工艺**的无卤阻燃剂，成为众多改性塑料企业亟待攻克的痛点。

传统的聚磷酸铵（APP）虽然环保无卤，但热稳定性不足（通常 200℃左右开始分解），在 PA、PBT 等工程塑料的高温挤出注塑中极易导致材料发泡、降解或阻燃失效。

为此，我们重磅推出**高耐温无卤环保聚磷酸铵阻燃剂 XF-8205B**，直击合规与加工双重挑战：

极致合规，直面 SVHC：完全无卤环保，不含有害重金属及欧盟 SVHC 高关注物质，完美契合 RoHS、REACH 最新要求，为您的产品出口欧洲扫清合规障碍。

硬核耐温，270℃不惧挑战：通过特殊的表面改性与微胶囊化包覆技术，该方案实现了 **TGA 2%热失重温度高达 270℃**的突破！这意味着它拥有极佳的热稳定性，能轻松应对高温工程塑料的加工窗口，杜绝加工过程中的“提前分解”。

高效阻燃，成炭优异：受热时能迅速膨胀成炭，形成致密隔热层，不仅阻燃效率高（助力 UL94 V-0），且低烟、无毒、无熔滴。

相容性佳：有效改善了传统 APP 易吸潮、与树脂相容性差的缺陷，对制品的机械性能影响降至最低。

2.2.2 应用案例：

	组分		单位	阻燃 PP	阻燃 PE
配方	树脂	PP 8030	%	73.2	
		HDPE 7260	%		68.2
	阻燃剂	XF-8205B	%	**25**	**30**
		抗滴落剂	%	**0.3**	**0.3**
	抗氧剂	1010	%	0.2	0.2
		168	%	0.2	0.2
	润滑分散剂	EBS	%	0.3	0.3
		PETS	%	0.8	0.8
	测试项目	测试标准			
阻燃性能	UL94	GB/T2408-2008	/	1.6mm V0	1.6mm V0
	GWIT	GB/T5169.10	℃	800	800
力学性能	拉伸强度	GB/T1040-2018	MPa	20.2	19.2
	弯曲强度	GB/T9341-2008	MPa	26.9	18.2
	弯曲模量	GB/T9341-2008	MPa	1147	716
	悬臂梁缺口冲击强度	GB/T1843-2008	kj/m^2	5.9	3.7
环保	ROHS2.0	溴含量	ppm	NG	NG

螺杆组合

"44A" "96SK" "96SK" "96SK" "72SK" "72SK" "64" "64" "64" "30/7/72" "45/56/5""60/4/44" "64" "56" "45/56/5" "60/4/44" "90/5/56" "44/22L" "72" "72" "64" "64" "64" "56" "44" "44" "45/56/5" "45/56/5" "44" "45/5/56" "45/5/56" "44" "45/5/56" "60/4/44" "90/5/56" "42/22L" "72" "72" "72" "64" "56" "44" "44" "44"

2.2.3 注意事项：

1、配方设计：配方中不能含含有碳酸钙及含碳酸钙的矿粉等影响阻燃效果的物质；保证足量的润滑剂、分散剂；正确选用耐候助剂和色粉（如：UV 剂选择偏中性产品），防止影响其效果。

2、挤出设备螺杆组合选择低剪切强分散的组合，如上表提供组合方式

2.2.4 应用领域及场景：低压配电与排插、墙壁开关、接线盒、暗盒、线束固定座；照明组件、LED 灯底座、路灯接线盒、灯带底壳、路由器、机顶盒、电源外

壳、智能电表壳；家电、小家电外壳；电动汽车内饰与电池管理系统外壳、轨道交通、低烟无卤护套及发泡材料等。

2.3 磷氮膨胀系阻燃聚烯烃材料——焦磷酸哌嗪体系 XF-8206E

2.3.1 应用背景：随着欧盟 REACH 法规 SVHC（高关注物质）清单的持续扩容，全球高端制造供应链对阻燃材料的环保合规性提出了近乎苛刻的要求。同时，在改性塑料行业，**玻纤增强 PP（GF-PP）**的阻燃一直是个技术难点——玻纤的“灯芯效应”极易导致阻燃失效，而传统膨胀型阻燃剂往往耐热性不足（加工易分解），且在高温高湿环境下极易发生“析出”和“喷霜”现象。

面对法规高压与工艺痛点，我们推出全新升级的**无卤环保焦磷酸哌嗪阻燃剂 XF-8206E**，为高端工程改性提供破局之法：**无视 SVHC 壁垒，极致无卤：**完全不含卤素，完美契合欧盟 REACH/SVHC 最新法规要求，不含有害受限物质，助您的产品畅通无阻地进入欧洲及全球高端市场。

硬核耐热，TGA 2%失重≥290℃：通过特殊的微胶囊化及表面改性工艺，实现热稳定性的巨大飞跃。TGA 2%热失重温度高达 290℃以上，具备极高的加工温度窗口，完美适应玻纤增强 PP 的高温挤出与注塑工艺，不分解、不发泡。
抗高温高湿析出，告别“喷霜”：极佳的耐水性和抗迁移性，即使在严苛的“双 85”（85℃/85%RH）高温高湿环境中，也能有效抑制阻燃剂向表面迁移，避免制品表面发白、析出，保持产品外观与电气性能的长期稳定。
专为 GF-PP 定制，破局“灯芯效应”：成炭效率极高，受热时能迅速形成致密、坚固的膨胀炭层，有效包裹玻纤并隔绝热量与氧气，轻松助力玻纤增强 PP 达到 UL94 V-0 级别（如 1.6mm 甚至更薄）。

2.3.2 应用案例：

	组分		单位	阻燃 PP	阻燃 PP+30%GF
配方	树脂	PP 8030	%	75.2	40.2
	填充	玻纤	%		30
	阻燃剂	XF-8206E	%	**23**	**28**
		抗滴落剂	%	**0.3**	**0.3**
	抗氧剂	1010	%	0.2	0.2
		168	%	0.2	0.2
	润滑分散剂	EBS	%	0.3	0.3
		PETS	%	0.8	0.8
	测试项目	测试标准			
阻燃性能	UL94	GB/T2408-2008	/	1.6mm V0	1.6mm V0
	GWIT	GB/T5169.10	℃	800	800

力学性能	拉伸强度	GB/T1040-2018	MPa	19.8	70.6
	弯曲强度	GB/T9341-2008	MPa	27.1	89.1
	弯曲模量	GB/T9341-2008	MPa	1237	4436
	悬臂梁缺口冲击强度	GB/T1843-2008	kj/m^2	6.3	9.3
环保	ROHS2.0	溴含量	ppm	NG	NG

螺杆组合

"44A" "96SK" "96SK" "96SK" "72SK" "72SK" "64" "64" "64" "30/7/72" "45/56/5""60/4/44" "64" "56" "45/56/5" "60/4/44" "90/5/56" "44/22L" "72" "72" "64" "64" "64" "56" "44" "44" "45/56/5" "45/56/5" "44" "45/5/56" "45/5/56" "44" "45/5/56" "60/4/44" "90/5/56" "42/22L" "72" "72" "72" "64" "56" "44" "44" "44"

2.3.3 注意事项：

1、配方设计：配方中不能含含有碳酸钙及含碳酸钙的矿粉等影响阻燃效果的物质；保证足量的润滑剂、分散剂；正确选用耐候助剂和色粉（如：UV 剂选择偏中性产品），防止影响其效果。

2、挤出设备螺杆组合选择低剪切强分散的组合，如上表提供组合方式

2.3.4 应用领域及场景：专为高端家电外壳、新能源汽车三电系统部件（如电池壳、支架）、光伏组件、建筑模板等玻纤增强 PP 改性量身定制。

2.4 无卤阻燃增强 PA——二乙基次磷酸铝 ADP+替代 MPP 体系 XF-8501B

2.4.1 应用背景：在无卤阻燃玻纤增强尼龙（GF-PA6/PA66）领域，**ADP（二乙基次膦酸铝）复配 MPP（三聚氰胺聚磷酸盐）** 是业内公认的“黄金组合”。它虽然阻燃效率高，但在实际改性及注塑加工中，MPP 带来的副作用却让无数工程师头疼：

易析出：MPP 吸水性较强，在高温高湿或水煮环境下极易发生迁移，导致制品表面发白、喷霜。

易产生模垢：加工过程中，分解物和析出物容易在模具表面沉积，不仅增加清模频率、降低良率，还影响外观。

三聚氰胺残留：存在游离三聚氰胺残留的风险，带来气味问题，且在部分严苛的环保法规中受限。

高温易变色：热稳定性不足，在高温注塑或停留时间较长时，极易导致制品黄变。

针对这些行业顽疾，我司经过深度研发，成功推出一款**替代 MPP 的新型磷酸盐协效剂**。这款新型磷酸盐与 ADP 复配后，添加份数略高于 MPP 体系，但物理性能要比 MPP 复配体系明显提高。更从根源上**彻底解决了 MPP 带来的四大痛点：**

①**真正“零”三聚氰胺：**配方体系中完全不引入三聚氰胺，无游离残留，低气味，完美契合最严苛的环保与车规级要求。
②**彻底告别析出与模垢：**极佳的耐水性与加工热稳定性，不向表面迁移，不给模具“留渣”，大幅提升注塑良率与连续生产时间。
③**耐温更高，拒绝变色：**极高的热稳定窗口，高温加工不分解、不黄变，保持制品外观长期如新。

2.4.2 应用案例：

	组分		单位	1.6mm 阻燃 PA66+30%GF	0.8mm 阻燃 PA66+30%GF
配方	树脂	PA66	%	50.8	36.2
		PA6	%		10
	填充	玻纤	%	**30**	**30**
	阻燃剂	XF-8501B	%	**18**	**22**
	抗氧剂	1098	%	0.2	0.2
		626	%	0.2	0.2
	润滑分散剂	TAF	%	0.3	0.3
		硅酮粉	%	0.5	0.5
	测试项目	测试标准			
阻燃性能	UL94	GB/T2408-2008	/	1.6mm V0	0.8mm V0
	GWIT	GB/T5169.10	℃	725	725
力学性能	拉伸强度	GB/T1040-2018	MPa	158.3	141.3
	弯曲强度	GB/T9341-2008	MPa	241	228
	弯曲模量	GB/T9341-2008	MPa	11220	10634
	悬臂梁缺口冲击强度	GB/T1843-2008	kj/m^2	18.9	16.8
电学性能					

螺杆组合

"44A" "96SK" "96SK" "96SK" "72SK" "72SK" "64" "64" "64" "30/7/72" "45/56/5""60/4/44" "64" "56" "45/56/5" "60/4/44" "90/5/56" "44/22L" "72" "72" "64" "64" "64" "56" "44" "44" "45/56/5" "45/56/5" "44" "45/5/56" "45/5/56" "44" "45/5/56" "60/4/44" "90/5/56" "42/22L" "72" "72" "72" "64" "56" "44" "44" "44"

2.4.3 注意事项：

1、配方设计：配方中不能含含有碳酸钙及含碳酸钙的矿粉等影响阻燃效果的物质；保证足量的润滑剂、分散剂；正确选用耐候助剂和色粉（如：UV 剂选择偏中性产品），防止影响其效果。

2、挤出设备螺杆组合选择低剪切强分散的组合，如上表提供组合方式

2.4.4 应用领域： 新能源汽车高压连接器、新能源汽车高压部件、超充充电桩、光伏接线盒、高端电子电器外壳、断路器、电动工具等。

2.5 无卤阻燃增强 PBT——二乙基次磷酸铝 ADP+MPP 体系

XF-8502A

2.5.1 应用背景：

在电子电气、新能源汽车及光伏领域，玻纤增强 PBT（GF-PBT）是不可或缺的工程塑料。然而，在阻燃改性时，工程师们常常面临两难抉择：

选**溴锑体系**：阻燃效率高、机械性能好，但面临欧盟 RoHS 等环保法规限制，且**CTI（漏电起痕指数）极低**，在高压应用场景中存在安全隐患。

选**传统无卤体系**：虽然环保，但改性后**拉伸强度低、韧性差、材料偏脆**，且加工过程中极易产生**模垢**，导致频繁停机清模，良率大幅下降。

针对上述行业顽疾，我司研发团队经过技术攻关，重磅推出**专为 GF-PBT 定制的 ADP 与 MPP 复配新型阻燃剂**。该方案实现了无卤阻燃 PBT 性能的跨越式提升，**媲美溴锑的力学性能**：通过特殊的复配与表面处理技术，大幅改善阻燃剂与 PBT 树脂的相容性。**其改性后的拉伸强度与冲击韧性，几乎与传统溴锑阻燃体系完全一致**，彻底告别“无卤必脆”的魔咒。

彻底解决模垢难题：极具创新的协效体系，加工热稳定性极佳，高温注塑不分解、不析出，**彻底解决无卤阻燃 PBT 易产生模垢的痛点**，大幅提升注塑连续生产时间与良率。

高 CTI 护航高压安全：完美克服了溴锑体系低 CTI 的缺陷，该无卤方案赋予材料**极高的漏电起痕指数（CTI 可达 600V）**，特别适用于高压连接器、继电器等对电气绝缘要求严苛的场景。

极致环保：完全无卤，符合 RoHS、REACH 及 IEC 61249-2-21 无卤标准，助力产品畅行全球市场。

2.5.2 应用案例：

	组分		单位	PBT+30%GF（溴锑）	PBT+30%GF（8502A）
配方	树脂	PBT 102	%	40.8	44.8
		PET 318	%	10	10
	阻燃剂	8502A	%		**14**
		溴化环氧+锑	%	**18**	

	玻纤	ECS303-3-H	%	30	30
	抗氧剂	1010	%	0.2	0.2
		626	%	0.2	0.2
	PETS	PETS	%	0.8	0.8
	测试项目	测试标准			
阻燃性能	UL94	GB/T2408-2008	/	1.6mm V0	1.6mm V0
	GWIT	GB/T5169.10	℃	775	750
力学性能	拉伸强度	GB/T1040-2018	MPa	120.3	117.8
	弯曲强度	GB/T9341-2008	MPa	176	178
	弯曲模量	GB/T9341-2008	MPa	8681	8871
	悬臂梁缺口冲击强度	GB/T1843-2008	kj/m^2	9.9	9.1
电学性能	CTI	GB/T4207	V	250	600

螺杆组合

"44A" "96SK" "96SK" "96SK" "72SK" "72SK" "64" "64" "64" "30/7/72" "45/56/5""60/4/44" "64" "56" "45/56/5" "60/4/44" "90/5/56" "44/22L" "72" "72" "64" "64" "64" "56" "44" "44" "45/56/5" "45/56/5" "44" "45/5/56" "45/5/56" "44" "45/5/56" "60/4/44" "90/5/56" "42/22L" "72" "72" "72" "64" "56" "44" "44" "44"

2.5.3 注意事项：

1、保证 PBT、PET 等树脂原料的含水率≤0.3%；

2、配方设计：保证足量的润滑剂、分散剂、浮纤改善助剂等，因为阻燃剂为酸性，在添加其他助剂时不要选择 PH 值为碱性产品（如：光老化剂选择偏中性产品），防止影响其效果。

3、挤出设备螺杆组合选择低剪切强分散的组合，如上表提供组合方式。

2.5.4 应用领域：新能源汽车高压部件、超充充电桩、光伏接线盒、智能电表外壳、继电器、断路器

2.6 除上述列举阻燃剂及应用方案，我司在无卤阻燃 PE、无卤阻燃 TPE、无卤阻燃 TPU、无卤阻燃 TPV、无卤阻燃 PC、无卤阻燃 PC/ABS 合金、无卤阻燃 PET、无卤阻燃 PPO、三氧化二锑替代等都有成熟阻燃剂及应用方案。

第三章 阻燃改性材料的应用领域及典型产品

3.1 电子电器领域

电子电器是阻燃剂最大的终端应用市场，2025 年消耗阻燃剂 76.3 万吨，占比 32.1%。典型应用产品包括：

消费电子外壳：无 PFAS 阻燃 PC/ABS 材料，满足 UL94 V-0 和 S2 针焰测试要求，具有良好的成型性和刚韧平衡性，适用于手机中框、平板电脑后壳、智能音箱外壳等。
电器部件：增强阻燃 PBT 材料，具有高流动性、高灼热丝起燃温度（GWIT），适合薄壁制件成型，用于电容器、开关和电控盒等电气部件。
连接器：阻燃增强尼龙材料，用于光伏连接器、新能源连接器等关键部件，要求低析出、低模垢、耐寒等综合性能。

3.2 新能源汽车与储能领域

新能源汽车渗透率快速提升带动了阻燃材料的增量需求。2025 年交通运输领域（含新能源汽车）消耗阻燃剂 37.9 万吨，占比 15.9%。典型应用包括：

动力电池组件：阻燃相变材料用于电池热管理，可将峰值热释放速率（PHRR）控制在 300 kW/m²以下，电池热失控排气时间从 35 min 延长至 200 min。玻璃纤维增强 PP 材料（30 wt%阻燃剂）用于 EV 电池壳体热屏障。
充电基础设施：EV 充电枪握把采用无卤阻燃 TPE 材料，兼具耐久性和防火安全性能。
汽车电子电器：低析出、低模垢阻燃尼龙材料用于新能源车辆线束、连接系统、“三电”系统及充电相关部件，防火高 CTI 尼龙材料满足高压电气安全要求。

3.3 光伏与储能系统

光伏与储能是阻燃材料的新兴增量市场，2025 年相关阻燃剂需求同比增长 22.7%。光伏连接器、接线盒、逆变器外壳等户外应用场景对阻燃材料提出耐候性、耐水解性和长期可靠性的综合要求。耐寒红磷阻燃增强尼龙材料已在光伏连接器中实现规模化应用。

3.4 建筑材料领域

建筑行业是阻燃剂的第二大应用市场，2025 年消耗 61.5 万吨，占比 25.8%。主要应用包括：保温材料（EPS/XPS 用溴系阻燃剂正加速向无卤磷系替代）、阻燃沥青路面（隧道防火设计）、阻燃密封胶与涂料、阻燃装饰布（窗帘、沙发布）等。建筑装饰领域阻燃剂需求在 2026 年上半年同比上涨 13.8%。

3.5 纺织品与防护领域

交通运输内饰市场（航空座椅面料、高铁座椅面料）对低烟无毒阻燃体系的需求年增速预计达到 16.4%，成为利润率最高的细分赛道。防护服市场受工业安全法规驱动，芳纶混纺面料配套阻燃整理剂用量稳步攀升。反应型阻燃剂因其与聚酯纤维的化学键合特性，在永久性阻燃面料中的应用占比预计于 2026 年底达到 28.6%。

第四章 技术趋势与展望

4.1 无卤化进程加速

磷系阻燃剂（有机磷酸酯、红磷微胶囊化）已占据主导地位，2025 年全球产量约 86 万吨，市场份额达 31.4%，其中无卤磷酸酯类产品占比从 2020 年的 41%上升至 2025 年的 57%。欧洲与北美市场无卤阻燃剂渗透率已升至 56%。

4.2 纳米技术与微胶囊化

纳米复合阻燃、微胶囊化技术正显著提升阻燃效率并改善阻燃剂与基体材料的相容性，成为当前研发主流方向。微胶囊化技术解决了红磷易燃、易吸湿的固有缺陷，同时提升了与树脂基体的界面结合力。

4.3 PFAS 替代

全氟烷基磺酸盐（PPFBS）等含氟阻燃剂面临 PFAS 法规管控压力，硅基改性磺酸盐（如 KTSS）以添加量低至 0.02 wt%、水溶性下降 7 倍的优势，正在成为新型产业化替代品种。