

电磁辐射防护涂料概述

伴随着电子化、信息化的迅猛发展，内藏信息微处理装置的电子机器的极大普及，以及 CPU 的运算速度越来越高速化，由此产生的电磁兼容、信息安全和噪音污染问题也越来越严重。目前从国内外来看，解决的方法主要着手于两个方面，一是对基板、线路进行降低电磁噪音设计；另一方面是采用电磁辐射防护材料对辐射进行防护。而电子系统在内部设计完成后，外部的防护就变得至关重要。在各种电磁辐射防护材料中，涂料以其方便、轻量、不占空间以及与基材一体化等众多优势成为其中的佼佼者，被广泛应用于各类电子产品、装置、系统的电磁辐射防护。

电磁辐射防护涂料从功能上可分为屏蔽涂料、吸波涂料和屏蔽吸收型涂料。它们有不同的原理，在电磁辐射防护中发挥各自不同的作用。

[1] 屏蔽涂料

屏蔽涂料又称为导电涂料，根据其组成和导电机理又可分为两大类：结构型导电涂料和掺杂型导电涂料。由于结构型导电涂料的导电性主要依靠链结构中的共轭 π 电子体系，以及隧道效应，因此载流子浓度较小，相比之下，掺杂型导电涂料的导电性随内部导电微粒含量的增大而增大，比结构型导电涂料有更好的导电性。所以目前市场上广泛应用的导电涂料绝大部分是掺杂型导电涂料。但是，掺杂型导电涂料存在的问题是导电微粒的形状、含量、稳定性、表面效应等对材料导电性的影响以及与基材的相互协调、基材本身的物理化学特性对整体材料性质的影响等。这些问题的解决是材料得以实用化的关键。

目前常用的屏蔽涂料主要是以复合法制得的，它是由树脂、稀释剂、添加剂以及导电性填料等所组成。常用的树脂有环氧树脂、聚氨酯、酚醛、聚酰亚胺、丙烯酸等。导电性填料一般是银、铜、镍等金属粉末和碳、石墨等非金属粉末。银粉的导电性优良，但价格较高，难以普遍采用。铜、镍的性能与银相近，价格低，但易氧化。碳、石墨粉末作为导电填料，其耐环境性好，但导电性较差，电磁屏蔽效果不好。因此，铜、镍系涂料是当今市场的主流产品。镍系涂料价格适中，屏蔽效果好，抗氧化能力比铜强，但镍系涂料在低频区 ($<30\text{MHz}$) 的屏蔽效果远不如铜系涂料。铜系涂料导电性好，但抗氧化性差。随着近年抗氧化技术的发展，铜系涂料得以突破瓶颈制约，逐渐成为屏蔽涂料的主角。如最近进入中国市场的日本海尔兹化学株式会社的铜/丙烯酸树脂 (PLS-100, 200) 导电涂料，屏蔽性能极佳，达 60-75dB(30MHz---1GHz)，在防止铜氧化方面采用了多方面的技术设计。首先，是用抗氧化剂对铜粉进行处理和用较不活泼金属(如 Ag, Al, Sn 等)包覆铜粉表面，使铜不易氧化。进一步，抓住导电涂料基体聚合物耐候性这一技术关键，对基体聚合物进行技术改进，制出新型聚合物，其分子量最高达到 100 万，是普通聚合物的 100 倍以上。分子呈三维结构，一旦固化，能形成极其稳定、牢固的薄膜，确保不氧化和不退化，可使屏蔽效果长达 10 年以上。新材料还彻底克服了涂膜氧化、龟裂、剥离等很多弱点。并完全无毒，是一种绿色涂料。

[2] 吸波涂料

电磁波吸收材料的研究最早开始于军事信息安全的 TEMPEST 技术，进而在军用战机隐形、舰船隐形、战车隐形、指挥系统隐形等方面得到广泛应用。成为电子战中的重要技术，一直受到各国高度重视。由于民用产品 EMC 技术的进步和标准的强制执行，民用电子产品的 EMC 问题越来越重要，尤其是商业上保密性，对电磁波吸收材料有强烈要求。电磁波吸收材料可以消除信息图象的幻影、防止信息泄露、民用电子产品的电磁兼容以及保护身心健康。作为电磁波吸收材料中的重要一种，也是电磁辐射防护涂料中的重要一类---吸波涂料目前被广泛关注。

目前，吸波涂料研究方面，国内由于特种需要，对毫米波研究比较偏重，但产业化效果还不十分理想，主要的问题是涂层过厚，附着力及耐候性不好，另外，兼容性尚不理想。在厘米波及分米波，国内尚无实用涂料。而目前伴随 WTO 的加入，国际 EMC 标准的强制实施，各类电子产品的 EMC 问题将十分突出，厘

米波及分米波吸波材料的需求显得十分迫切。这方面，国外产品比较成熟，如前面提到的日本海尔兹化学株式会社开发的系列涂料中磁质系列（PLS-A20、A50）就是有名的吸波涂料，在 1--18GHz 不同中心频率有 20dB 左右的吸收性能，而且涂膜性能非常稳定，耐候性好。另外，该涂料兼具屏蔽性能，是一种屏蔽吸收型涂料，在 30MHz—1GHz 范围有 30—40dB 的屏蔽性能。

[3] 电磁辐射防护涂料的广泛应用

电磁辐射防护涂料最早应用于军事领域。主要是军事电子信息系统的抗电磁干扰、信息泄露以及电磁兼容，后来逐渐发展为隐身技术。广泛应用于各种电子信息控制系统的抗电磁干扰和信息泄露防护，以及装甲战车，移动指挥系统、水面舰艇、飞机、导弹、火炮等的表面隐身防护。

民用方面，电磁兼容、电磁干扰和辐射危害防护等问题随着环境电磁总量的不断增大有严重的趋势，其解决尤为迫切。国家已拟强制执行电子产品的 EMC 标准，这也是国产电子产品走向国际化的重要步骤。其中，电磁辐射防护涂料将在手机、计算机、手提电脑、微波电信、医疗设备（CT、核磁共振、心电仪等）、电力系统、宇宙、航空航天、雷击防护以及各类电磁辐射工程（政府信息安全、银行系统、股票证券系统、地铁等）等重多领域大显身手，解决各类电子产品的功能串换、杂音、图象杂乱、机器误动、电磁障碍、通讯干扰、机密信息泄露以及对人体辐射超标等一系列问题。

[4] 电磁辐射防护涂料的未来发展趋势

21 世纪的电磁辐射防护涂料适应信息社会的迅猛发展有了更高的要求。突出表现在屏蔽涂料要有更好的导电性，吸波涂料要有更好的吸收特性，宽带、兼容、低厚度，综合性能方面都要有好的附着力、优异的耐候性、低密度、低成本、无公害（绿色涂料）、容易清除，保证基材回收等。

研究工作将从以下方面进一步拓展，首先要在填料方面开拓创新，研究新型的具有优异导电性能的轻量的耐氧化的新材料，或新型结构型导电材料，吸收剂需要向高吸收、轻量 and 兼容发展。其次，要制备性能更优的基材树脂，保证材料优良的耐候性。另外，要创新设计理念，提高材料整体性能。