防静电包装材料的分类及发展

文/马亚楠

由于现代科学技术和电子工业的飞速发展，静电危害日益严重，防静电技术受到了重视并迅速得到了发展。在全球性防静电大潮之中，防静电包装技术和防静电包装材料也得到了长足的发展。

关于静电的介绍

静电是一种处于静止状态的电荷。由于物体之间的摩擦接触分离，而产生的滞留于物体表面的正负电荷。物体之间互相摩擦产生静电，是由于物体摩擦或碰撞时，所接触的两个面离得很近(距离小于25×10-8cm时)，致使一物体分子中的电子进入另一物体分子的引力范围内。当物体摩擦或碰撞时产生的能量较大时，就会使容易失去的电子的物体上的电子转移到容易得到电子的物体上，使物体带有静电。

防静电包装材料

防静电包装使用不产生摩擦电荷的包装材料，能够消除或减少包装器件在搬运过程中或者使用的过程中所产生的静电电荷，防止由于静电放电(ESD)造成对静电敏感的产品(ESSD)的损坏，以此来达到包装产品防护的目的。其包装的防护能力主要取决于防静电包装材料性能的高下，抗静电、静电逸散、静电导电、静电屏蔽等包装材料的电阻率是不同的（表1），其应用也不相同。

不同的防静电包装材料防静电能力获得的加工工艺是不同的，据此可以把防静电包装材料作如下分类：抗静电剂处理型；导电材料填充型；镀层型；表面改性型；复合型；结构导电聚合物；纳米型防静电包装材料。

（1）抗静电剂处理型防静电包装材料

包装材料的表面用抗静电剂进行处理或者深层的复合处理，使材料的导电性提高，以此来消除材料的静电现象，该工艺方法获得的防静电包装材料即称之为抗静电剂处理型防静电包装材料。该工艺过程简便而且具有价格低廉的明显优势，因此受到广泛关注，是目前提高高分子材料抗静电性能最常用的方法，但现有的抗静电剂普遍存在效果差，稳定性差、对环境湿度依赖性强等缺点。

抗静电剂分为外用和内部抗静电剂两大类。外

表1　防静电包装材料电阻率分布

材料类别	电阻率
绝缘材料	面电阻率为1012Ω以上的材料，或体电阻率为1011Ω·cm以上的材料。
静电逸散材料	面电阻率为105~1012Ω的材料，或体电阻率为104~1011Ω·cm的材料。
静电导电材料	面电阻率为103~106Ω的材料，静电体积导电性材料保持102~105Ω·cm的体电阻率。
静电屏蔽材料	具有衰减静电场能力的材料，其面电阻率小于104Ω的表层.或体电阻率(平均每1mm厚度)小于103Ω·cm的材料。
电磁屏蔽材料	具有衰减电场和磁场能力的材料，其面电阻率小于100Ω，或体电阻率小于10Ω·cm的导电材料。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用抗静电剂主要在材料外部表面进行使用，因而除了要求有高的抗静电效果外，还应有安全性、耐磨擦性、耐久性、相容性、经济性等。由于包装材料基材多为塑料且带负电，因此最有效的是阳离子型表面活性剂和两性型表面活性剂。常用作抗静电剂的阳离子型表面活性剂有铵盐、季铵盐和含氮的杂环化合物几大类。

内部抗静电剂主要用在包装材料内部，因此应有耐久性、耐热性、安全性、耐光性等，还应不改变或少改变材料的透明度和颜色。由于阴离子抗静电剂作为内部抗静电剂时不仅加入量偏大，而且抗静电效果较差，因而使用较少。

新颖的内用两性抗静电剂由于耐热性，相容性优良，作为内部抗静电剂格外受到人们青睐。其中，用得较多的有咪唑啉衍生物金属盐、甜菜碱型金属盐等等。从抗静电剂发展来看，高分子型的永久抗静电剂是最有前景的产品，尤其是其在精密的电子电器领域的应用。

（2）导电填料填充型防静电包装材料

导电填料填充型包装材料的导电范围能在很宽的范围内加以调节，提高材料的静电耗散率，有效避免静电的积累。导电填料，是能赋予导电性能的一类物质。其种类繁多，按其性能来分，主要有五种系列，即金属系、碳系、金属氧化物系、金属化纤维系、有机高分子系。

金属填充型防静电材料，就是在材料中填充金属导电物使材料具有防静电功能。按填充材料的形状来分类可分为粉末状、鳞片状和纤维状三大类，鳞片状和纤维状的填充材料导电性能要比粉末状好。填充料按金属属性分有常见的金、银、铜、铁、铝等金属粉末及胶态金属、片状镍等等。

碳黑系填充防静电材料，其性能主要取决于导电填料的种类、骨架结构、分散性能、表面状态、添加浓度等，以及塑料材料的种类、结构，填料加入的工艺方法等。此外，它还与调色剂等添加剂的加入、高聚物化学降解、成形工艺、材料缺陷，以及环境温度、电场强度等息息相关。最常见的碳黑系填充材料是工业炭黑和乙炔黑。

金属氧化物系填充型防静电材料，与金属填充型材料相比性能略差一些，但性价比好。如氧化钛、氧化锡、氧化锌等等，其中，性价比较高的是氧化锡，它颜色浅，颗粒直径很小(0.1μm以下)，可以做透明的防静电包装材料。

导电填充技术同化学抗静电剂处理方法相比较，有如下优点。首先，导电性填充材料可以更有效地降低聚合物材料的电阻率，并可在相当宽的范围内加以调节；其次，导电性填充材料获得的抗静电制品，其泄漏静电的机理与吸湿无关；最后，在抗静电性的耐久性方面，导电性填充材料也优于化学抗静电剂。

目前导电填料填充型包装材料的发展集中在提高材料的综合性能与降低电阻率两个方面，研究的主要课题有导电填料的改进及合成树脂的选择。

（3）镀层型防静电包装材料

在包装材料的表面镀上一层金属镀层，使其具有防静电的功能，常使用的镀层方法有电镀、化学镀、物理气相沉积、化学气相沉积、热喷镀等工艺方法。

高分子材料电镀最常见的就是塑料电镀，经过去油-化-敏化-活化-化学镀-电镀等工序制成。常见的塑料基材有PVC、PP、PET、PA、ABS、PMMA、玻璃钢等等。常用的电镀金属主要有金、银、铜、锡、镍等。二元合金有两种金属参与，像铜-锌、锡-镍、锡-钴、铜-锡、金-银、铜-镍等，三元合金有三种金属参与，其使用视具体情况而定。

真空物理气相沉积方法制得的防静电材料，主要应用真空蒸发镀、溅射镀、离子镀等三种技术。包装行业已经广泛使用真空镀铝膜，镀铝纸就是真空蒸发镀技术的产物，它是在10-3~10-9MPa真空中，加热金属铝至其熔点以上形成铝蒸汽，然后在塑料表面凝聚形成极薄的铝膜，它阻气性能优异，外观好，可以用于食品的包装。

热喷镀是利用热能将喷料加热熔融，然后均匀地喷涂在塑料表面，从而赋予优良的导电性能使其达

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

到防静电的目的。热喷镀技术有多种方法，主要的方法有电弧喷镀、火焰喷镀、等离子喷镀等工艺。

（4）表面改性型防静电包装材料

在进行接枝共聚（大分子链上通过化学键结合适当的支链或功能性侧基的反应，所形成的产物称作接枝共聚物）时，先对单体混合物用射线进行辐照处理，使共聚物获得良好的抗静电性能。

将甲基丙烯酸或者是丙烯酸用β射线进行辐照处理后，再将其接枝到聚丙烯或聚乙烯上；或者将聚酸胺用γ射线辐照后再与甲基丙烯酸进行接枝，可以显著提高这些材料的抗静电性能。

高分子材料用激光或者电子束进行处理，其防静电功能也会得到明显的提高。例如，包装袋用电子束进行处理后，它的防静电能力不亚于碳黑系填充型和添加抗静电剂型的防静电包装材料，其耐久性好，没有腐蚀，没有污染，性能优良。

此外，用电子束对包装材料的处理，也可以用于(透明)复合型软包装材料(袋)。

（5）复合型防静电包装材料

由两种或者两种以上材料复合而成的具有防静电功能的包装材料。复合型防静电包装材料作为包装袋(容器)已广泛使用，其结构特点是，中间往往夹有3-4层阻挡屏蔽层(这些屏蔽层往往采用金属化薄膜，导电性填料填充的薄膜)，最表面或最里面层一般使用抗静电剂型防静电薄膜。

（6）结构型导电高分子材料

高分子包装材料通过自身化学结构的作用，使其有π电子的分子结构，电子运动经过π共扼系而呈现导电性，再通过化学方法进行掺杂如掺五氟化砷、五氟化硼等以增加其导电能力，使其具有防静电的功能。

用电解聚合法合成并经掺杂处理而制成，现在它们的最高导电水平已经可与铜、银等金属媲美。其中研究得最多、最典型的代表是聚乙炔等。聚乙炔是目前性价比最好的导电材料，其体电阻率为铜的1/4，已用于抗静电清漆、太阳能电池。

结构型导电高分子材料的导电能力在整个材料中均匀一致，高分子材料代替金属材料已成为材料科学领域的必然发展趋势。

（7）纳米型防静电包装材料

金属纳米微粒可以消除静电，包装材料进行生产的过程中加入少量金属纳米微粒就可以起到防静电的作用，使得包装材料表面不再吸附灰尘，减少了因摩擦而导致的擦伤。

纳米掺锑二氧化锡(ATO)，是一种N型半导体材料，与其他的防静电包装材料相比，它的优势展现在具有良好的导电性、耐候性、浅色透明性、稳定性以及红外发射率较低等方面，是一种极具发展潜力的新型多功能导电材料。

防静电包材的应用

防静电包装主要用在对静电敏感产品的包装上，因而它在电子工业、航空航天、兵器工业，以及纺织、食品、包装等工业部门得到了广泛的应用。例如：电子、电气产品、光电产品、弹药、导弹、火炸药等产品的包装，特别是出口包装，有的国家规定必须采用防静电包装方可进入国际市场。

防静电包材的发展前景

功能性包装材料在满足一般包装功能的同时具有特定功能，有时是很不够的。例如，防静电包装薄膜在获得抗静电能力后，影响了二次加工，造成擦伤、线纹，还需要赋予减阻功能。包装这门学科，对其材料的性能要求有时较苛刻，物理的、化学的、力学的、电学的等性能往往要同时满足，而且还要赋予特定的多功能，例如防静电、防电磁波等所谓的“双防”材料，甚至多防材料等。随着抗静电包装材料需求的增长以及社会对绿色包装的重视，研制具有高能动化、稳定性好、经济环保的复合功能材料给科研人员提出了更高的要求。■

（作者单位：曲阜师范大学工学院）

责任编辑 张 峥 电子邮箱 yinshuazhiliang@126.com

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net