

计算机机房用防静电聚氯乙烯型材研制

戚亚光 郑式光 李东海

(常州轻工职业技术学院, 常州 213004)

摘要 研究了计算机机房用聚氯乙烯防静电型材的生产工艺, 探讨了不同炭黑品种、各种添加剂、工艺过程及加工条件对型材性能的影响。通过选择配方与加工条件, 获得了综合性能良好的防静电型材。将其用于机房活动地板, 导静电能力可达到国家标准 A 级水平。

关键词 防静电 聚氯乙烯 型材 导电炭黑

静电放电 (ESD) 对数字电路常常会产生严重的影响, 其所造成的电压脉冲可能使一些微电子器件急速劣化而使计算机提早出现故障, 也可能使操作中的计算机程序出现偶发性错误。因此, 对计算机机房这样的微电子设备集中地, 采取有效措施控制静电危害迫在眉睫。本工作旨在研究防静电聚氯乙烯 (PVC) 型材生产工艺, 研制既具有良好力学性能、良好外观质量, 又具有良好导静电能力的防静电 PVC 型材, 以此取代原先使用的普通硬质 PVC 型材, 用作计算机机房活动地板的组件, 使机房地板较好地满足计算机机房活动地板的技术要求^[1]与电子计算机场地通用规范^[2]。

1 实验部分

1.1 材料

PVC: SG-5 型, 天津化工厂;

导电炭黑: V_4 , 化工部四川炭黑工业研究院;

导电炭黑: XC-72 型, 美国卡博特公司;

特导电炭黑: Ketjen Black EC-300J, 荷兰阿克苏公司;

特导电炭黑: HG-1, 山东临淄华光化工厂;

氯化聚乙烯 (PE-C): 山东潍坊化工厂;

邻苯二甲酸二辛酯 (DOP): 南京金陵化工厂;

热稳定剂: 南京金陵化工厂;

E-蜡 [低分子量 (乙烯/乙酸乙酯) 共聚物]: 德国 BASF 公司;

A-蜡 (氧化低分子量聚乙烯): 德国 BASF 公司;

超细活性重质碳酸钙 (CaCO_3): PD-40, 上海大恒化工有限公司。

2.2 实验设备

高速混合机: GH-10 型, 北京塑料机械厂;

两辊炼塑机: SK160B 型, 上海橡胶机械厂;

压力成型机: SL-45 型, 上海橡胶机械厂;

塑料挤出机: SJ-45B 型, 江南塑料机械厂;

半导体橡塑测试仪: BD-2 型, 上海电动工具研究所;

超高阻计: ZC-36 型, 上海第六电表厂;

悬臂梁冲击试验机: UJ-4 型, 河北承德试验机厂;

微机控制高分子材料万能试验机: CMT-5503, 深圳新三思试验设备有限公司。

2.3 实验过程

实验的工艺流程见图 1。

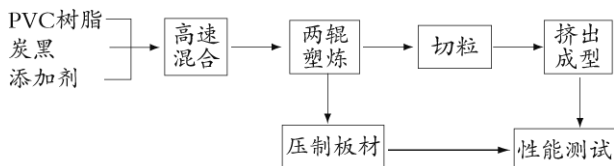


图 1 实验的工艺流程图

将 PVC 树脂、炭黑及各种添加剂按一定投料顺序, 在高速混合机内捏合至一定温度, 出料后, 由两辊炼塑机塑炼成片。塑炼工艺条件为: 前辊温度 185°C , 后辊温度 180°C , 塑炼时间为 $10 \sim 15 \text{ min}$ 。出片后压制成 2 mm 厚的板材, 取样测试其性能。另外, 将出片后的片材切粒, 经挤出成型得到防静电型材, 并测试其性能。

2.4 性能测试

悬臂梁冲击强度按 GB/T 1843-1996 测定; 拉伸性能按 GB/T 1040-1992 测试; 体积电阻率大于 $1 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 按 GB/T 1410-1989 测定, 小于 $1 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 按 GB/T 15662-1995 测定; 型材表面电阻采用兆欧表测定长 50 cm 型材两端之间的电阻。

3 结果与讨论

3.1 炭黑品种对 PVC 导电性的影响

由于各公司生产工艺及生产原料不同, 因此导

电炭黑有许多品种、牌号,而不同品种、牌号的导电炭黑对塑料导电性的影响主要取决于其比表面积、粒径、结构度与表面化学性质等^[3]。炭黑的结构度和比表面积直接关系到炭黑一次结构(聚熔体)和二次结构(凝聚体)的空间链枝状形态。比表面积越大,结构度越高,越易形成导电网络,使塑料呈现较低的体积电阻率。笔者选用了四种导电炭黑,探讨了它们对 PVC 体积电阻率的影响,结果见图 2。

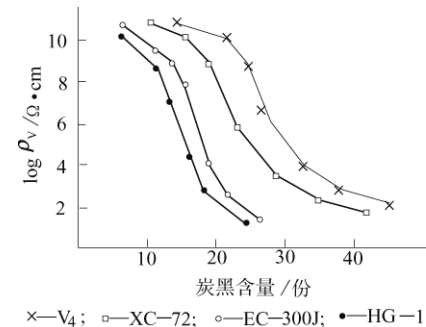


图2 炭黑品种及含量对 PVC 体积电阻率的影响

从图 2 可看出,四种导电炭黑的导电性以 HG-1 为最好,EC-300J 次之,而 XC-72 与 V₄ 在较高用量时也可达到良好的导电性。这一结果完全与四种炭黑的制造商提供的比表面积、结构度等数据(见表 1)相对应。

表 1 各种导电炭黑的技术参数

炭黑品种	BET ¹⁾ 比表面积 / m ² · g ⁻¹	DBP ²⁾ 吸收值 / mL · g ⁻¹	粒径 / nm	pH 值	挥发 分 /%
V ₄		125	24	6 ~8	≤1.5
XC-72	254	178	30		≤1.5
EC-300J	800	325	30	9	≤0.6
HG-1	1080	586	33	6.5	

注: 1) 氮吸附法(按 Brunauer-Emmett-Teller 多层吸附理论测定);
2) 邻苯二甲酸二丁酯。

由表 1 可见,EC-300J 与 HG-1 导电炭黑具有特别高的比表面积与结构度(DBP 吸收值越大,结构度越高)。导电炭黑高度链枝状结构的相互交织类似于纤维导电,尤其是 HG-1 炭黑具有空壳状的纤维聚集形式,这就使其在用量较少时,就达到较高的体积占有率,从而使临界渗滤阈值大大降低。由炭黑用量-体积电阻率关系可知,HG-1 的渗滤区用量(以 PVC 用量为 100 份计)为 10 ~16 份,EC-300J 为 12 ~18 份,XC-72 为 20 ~27 份,V₄ 为 24 ~33 份。在此渗滤区域内,稍稍增加炭黑用量,体积电阻率即在 1 ×10⁹ ~1 ×10⁴ Ω · cm 范围内迅速下降。生产中为使制品具有较好的防静电性即静电能力,炭黑用量应选在渗滤区。

3.2 炭黑品种对防静电 PVC 力学性能等的影响

在炭黑与 PVC 复合的防静电塑料中,炭黑粒子被 PVC 树脂基体分割和包裹,且颗粒之间空隙被基体树脂所填满。由于导电炭黑高结构度的特点,在渗滤区,包裹填料颗粒的基体树脂层变得很薄,容易被拉断;另外,由于炭黑含量增多易产生裂纹和内应力,使材料易被破坏,故表现为拉伸强度、冲击强度、断裂伸长率均大幅度降低^[4]。几种炭黑在典型用量(选在渗滤区,体积电阻率满足防静电要求)时填充 PVC 的力学性能、型材外观质量及生产成本见表 2。

表 2 不同炭黑填充 PVC 的力学性能、型材外观质量与生产成本

炭黑品种	用量 / 份	冲击强度 / J · m ⁻¹	拉伸强度 / MPa	断裂伸长 率 /%	型材外 观质量	型材生 产成本
V ₄	26	204	21.4	108	较好	较低
	32	186	20.2	102	较好	
XC-72	22	302	23.3	122	好好	较高
	26	286	22.8	114	好好	
EC-300J	12	348	26.4	157	好好	高
	16	304	24.7	136	好好	
HG-1	10	212	21.8	112	尚可	最低
	14	195	20.7	104	尚可	

由于不同品种炭黑的粒径、比表面积及结构度不同,故堆砌特性不同,加之表面化学性质及生产过程中后处理工艺的差异,使 PVC 与炭黑颗粒界面粘结及炭黑的分散性有所不同,这些都对 PVC 力学性能与型材表面质量产生不同的影响。由表 2 可知,当用量在渗滤区时,EC-300J 的力学性能最好,其次是 XC-72 略高于 HG-1;而 V₄ 填充 PVC 的力学性能最差。在产品表面质量方面,填充 XC-72 与 EC-300J 的防静电 PVC 型材表面平滑光洁,而采用 HG-1 的 PVC 型材表面光洁性较差。若综合考虑生产成本,则当对各项性能要求很高时,应选用 EC-300J 或 XC-72 炭黑填充 PVC;而在一般性场合则可选用 HG-1 或 V₄ 炭黑。

3.3 其它添加剂对防静电 PVC 性能的影响

炭黑品种对防静电 PVC 型材性能起决定性作用,同时其它一些添加剂对其性能也有十分重要的影响。笔者针对 PE-C、E-蜡、A-蜡、CaCO₃ 等在炭黑填充防静电 PVC 中的应用进行了探讨。它们对防静电 PVC 性能的影响见表 3。由于 PE-C 具有弹性体的特性,且与炭黑、PVC 树脂有良好的相容性,在 PVC 配料中还能促进物料的塑化,因此它的加入赋予材料很好的韧性,使型材不易脆裂、折断。分散剂 A-蜡、E-蜡的加入则有助于 PVC 树脂对

炭黑颗粒的润湿,从而使炭黑得到良好的分散,形成更多的导电网络,同时也提高了 PVC/炭黑复合材料的力学性能^[5]。更有意义的是,适量 CaCO₃ 的加入既未使力学性能明显下降,也未使体积电阻率发生明显变化。这可能是因为 CaCO₃ 的加入,尽管会使炭黑的含量有所下降,但一方面由于 CaCO₃ 颗粒的空间位隔作用,另一方面由于近乎光滑球形的

CaCO₃ 颗粒对炭黑起到了研磨分散作用,从而使炭黑得到了更好的分散与更高的空间占有率,使其在一定用量范围内,既确保了 PVC/炭黑体系的各项性能不明显降低,又较大幅度地降低了生产成本。当然,填充过多的 CaCO₃,一方面会掩埋炭黑的导电作用,使炭黑用量必须增加,另一方面又会造成力学性能降低,故以 15 份左右为宜。

表 3 各种添加剂对防静电 PVC 性能的影响

各种添加剂及添加量/份 ¹⁾				冲击强度 /J · m ⁻¹	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 /%	体积电阻率 Ω · cm
PE-C	E - 蜡	A - 蜡	CaCO ₃				
				22	31.6	脆断	7.2 × 10 ⁶
10				43	26.4	22	1.2 × 10 ⁷
15				130	23.2	54	1.6 × 10 ⁷
20				214	20.6	83	3.8 × 10 ⁷
20	0.6			266	22.4	103	6.2 × 10 ⁶
20	0.6	0.4		302	23.3	122	2.3 × 10 ⁶
20	0.6	0.4	5	286	23.0	116	2.1 × 10 ⁶
20	0.6	0.4	10	260	22.5	108	2.4 × 10 ⁶
20	0.6	0.4	15	254	22.1	102	4.2 × 10 ⁶
20	0.6	0.4	20	208	20.2	90	3.5 × 10 ⁷

注:以树脂为 100 份计,所用炭黑均为 XC-72,用量 26 份。

3.4 捏合工艺对防静电 PVC 性能的影响

在 PVC 制品生产过程中,捏合工艺对制品的性能有着举足轻重的影响。对炭黑填充防静电 PVC 型材生产来说,捏合工艺则更显重要,投料顺序、捏合终点温度的控制等都会影响型材的导电性能、外观及力学性能。笔者探讨了如下 A 与 B 两种捏合工艺过程,并控制不同的捏合终点温度,结果大不相同,见表 4。

表 4 捏合工艺对防静电 PVC 性能的影响

捏合工艺	捏合终点温度 /℃	型材表面电阻 /Ω	型材外观	型材对折试验
A	80 ~90	3.4 × 10 ⁸	表面毛糙	易开裂,折断
A	110 ~120	2.5 × 10 ⁸	表面毛糙	易开裂,折断
B	80 ~90	5.3 × 10 ⁷	表面光亮	易开裂,折断
B	110 ~120	2.2 × 10 ⁶	表面光亮	耐反复曲折

捏合工艺 A: 将 PVC、DOP、热稳定剂、加工助剂、PE-C、CaCO₃、炭黑等一次性投料、捏合至预定的终点温度出料。

捏合工艺 B: 分两阶段投料捏合。即先将 PVC、DOP、热稳定剂、加工助剂、PE-C 捏合至 DOP 基本吸干,再加入 CaCO₃ 及炭黑,继续捏合至预定的终点温度出料。

对工艺 A 而言,具有很高比表面积和结构度的炭黑,会优先地吸收增塑剂 DOP。这样,一是不利于 DOP 增塑作用的发挥,使 PVC 树脂的粘流温度较高,粘度较大,造成炭黑不易分散;二是炭黑吸附

了增塑剂后,更增大了颗粒间的凝聚力,而凝聚后的炭黑团聚体更难以分散。由于分散不好,无论是导电性、外观还是韧性都很差。而按工艺 B,增塑剂基本被树脂所吸收,增塑剂的增塑作用得到有效发挥,有利于后续的塑化及粘流态树脂粘度的降低,在剪切力作用下,树脂易生成大量新表面,以包裹粒径微细的具有高比表面积的炭黑颗粒。另外,较低粘度的粘流态树脂也易于浸润炭黑颗粒,从而使炭黑易于分散。因此,型材的导电性得到了提高,韧性也得到了改善,产品表面光洁性也较高。

当采用较高的捏合终点温度时,PVC 树脂分子链热运动加强,不仅使增塑剂在树脂颗粒内部得到了有效的扩散混合,而且使硬脂酸铅、A-蜡、E-蜡等可熔固体助剂在混合过程中得到充分熔融、分散,达到混合均匀,更有利于后续的塑化加工,故使型材的各项性能达到较佳状态。

3.5 挤出成型工艺对防静电 PVC 型材性能的影响

在炭黑填充 PVC 防静电型材生产配方中,炭黑用量一般选在渗滤区,使材料体积电阻率控制在 10⁶ Ω · cm 数量级。由于炭黑用量在渗滤区时,体积电阻率随用量的变化会发生很大的改变,由此也可推测,即使在相同用量时,成型加工工艺的不适当变化也会使材料及型材的性能产生很大的差别,造成质量波动。事实上,由于挤出成型过程既是物料经受进一步塑化加工的过程,又是炭黑凝聚体的分

散与再聚集的动态过程,因此为获得性能及外观质量都较佳且质量稳定的防静电 PVC 型材,除了控制捏合工艺外,还必须控制成型工艺条件(成型温度、螺杆转速)。挤出成型工艺对防静电 PVC 型材性能的影响如表 5 所示。从表 5 可看出,成型温度及螺杆转速都较低时,型材的导电性、外观及韧性都较差。分析其原因,一是物料塑化不充分;二是较高的树脂粘度不利于炭黑的浸润分散,而较低的螺杆转速又只能提供较小的剪切力,不利于剪切分散与炭

黑的研磨分散。这些情况在采用较高的温度和较高的螺杆转速时得到了纠正。但温度过高时,螺杆转速无论低或高都会引起产品质量的下降。这是因为高温低速时物料在高温下停留时间太长而引起热分解;而高温高速时由于导电炭黑的结构度高、比表面积及空间占有率大,使填充体系内部颗粒间摩擦生热过高,导致热分解明显,挤出物料的均匀性下降,各项性能劣化,表现为型材表面毛糙、电阻升高,型材易开裂、折断。

表 5 挤出成型工艺对防静电 PVC 型材性能影响

挤出成型温度/℃				螺杆转速 /r · min ⁻¹	型材表面电阻 /Ω	型材外观	型材对折试验
一区	二区	三区	机头				
120	135	155	165	30 ~40	2.6 ×10 ⁸	表面灰暗	易开裂,折断
120	135	155	165	70 ~80	4.5 ×10 ⁷	表面光亮	易开裂,折断
140	155	170	180	70 ~80	2.3 ×10 ⁶	表面光亮	耐反复曲折
150	170	180	190	30 ~40	1.2 ×10 ⁹	表面毛糙	易开裂,折断
150	170	180	190	70 ~80	5.4 ×10 ⁸	表面毛糙	易开裂,折断

4 产品应用与推广

经过对炭黑品种及用量、添加剂的组合、捏合工艺及挤出工艺的研究,试生产了一批防静电 PVC 型材,由江苏华东机房(集团)公司用于活动地板的组装,取代了原先使用的普通硬质 PVC 型材。组装后经测试表明,由于有导电性较好的防静电 PVC 型材从四周与地板的钢质边缘、三聚氰胺贴面板相嵌接,大大改善了地板的导静电能力,表面电阻从原来的 10⁹ Ω 数量级下降到 10⁷ ~10⁸ Ω 数量级,抗静电等级从原来的 B 级上升为 A 级^[1],提高了产品档次。目前,该产品已在各机房活动地板厂获得了全面推广应用。

5 结论

合理地选用炭黑、其它添加剂及用量,通过恰当

的捏合工艺与挤出工艺,可生产出导电性、力学性能、外观质量都较好且生产成本较适中的防静电聚氯乙烯型材。综合考虑各方面要求,以 22 ~27 份的 XC-72 炭黑再配以 A-蜡、E-蜡、PE-C、CaCO₃ 及稳定剂、增塑剂,采用 DOP 先被树脂吸收、110 ~120℃为捏合终点温度的捏合工艺,挤出机温度为 140 ~180℃,螺杆转速为 70 ~80 r/min 的挤出工艺,生产的计算机房防静电聚氯乙烯地板性能较好。

参考文献

1 GB 6650-86 计算机机房活动地板的技术要求。
2 GB/T 2287-2000 电子计算机场地通用规范。
3 王奇坤.塑料用炭黑的性能与应用.塑料科技,1997(3):28
4 李白干,陈婧.复合型导电塑料的研究.塑料,1996,25(1):27
5 刘晓明,冯钠,夏英,等.抗静电母料中分散剂的作用.塑料科技,1997(1):13

DEVELOPMENT OF ANTI-STATIC POLYVINYL CHLORIDE PROFILE FOR THE COMPUTER ROOM

Qi Yaguang, Zheng Shiguang, Li Donghai

(Changzhou institute of light industry, Changzhou 213004, China)

ABSTRACT The productive technology of the anti-static polyvinyl chloride profile for the raised floor of the computer room was studied. The effects of the different carbon black, other additives, technical process and processing conditions on the profile properties were discussed. By properly selecting of the formulation and processing conditions, the anti-static profile with excellent combined properties was obtained. When used for the raised floor of the computer room, its electro-static conductivity could reach to the level A of the state standard.

KEYWORDS anti-static, polyvinyl chloride, profile, conductive carbon black

尼龙、聚酯增韧新品

美国 Rohm and Haas 公司最近新推出一种名为 Pararoid

EXL-2314 的丙烯酸酯类抗冲改性剂,专用于增强、增韧尼龙、聚酯及其混合物。(刘佳)