

石墨烯在航空煤油储运中的应用

高 迪 (中国航空油料有限责任公司大连分公司, 辽宁 大连 116000)

摘要: 石油化工材料的生产、储存、运输等环节, 各个环节不可避免的安全隐患源。现用的消除人体静电方式存在一定的局限性, 为有效的消除人体静电, 提高安全水平, 本文探讨了石墨烯材料在油库储运中的应用。

关键词: 航空煤油; 静电; 石墨烯

1 背景

石油化工材料的生产、储存、运输等环节, 大多情况下处于可燃气体环境或可能存在气体泄露的危险爆炸场所, 储罐的气体置换、清洗等作业中, 人员活动, 致使人体携带静电是各个环节不可避免的安全隐患源。中国航空油料有限责任公司大连分公司内部, 人体释放静电装置主要为以下两种: ①油罐扶梯把手兼做人释放静电装置, 需将扶梯把手部分磨光, 露出金属表面, 制作简单, 但表面易腐蚀, 且在释放静电过程中易产生静电火花放电; ②半导体人体释放静电装置, 可利用人体静电来启动内部电路, 吸收静电能后缓慢释放消散, 装置内部装有电器元件, 在室外使用时故障率较高, 需投资且安装不便。综上, 为有效的消除人体静电, 提高安全水平, 本文探讨了石墨烯材料在油库储运中的应用。

2 人体静电简介

2.1 人体静电带电方式

2.1.1 接触-分离或活动带电

库区内人员操作、行动、油料取样、排沉淀、非金属容器的罐装、油品的倾倒, 油罐的上下扶梯, 油罐清洗、检修等, 都会造成人体静电的聚集。

2.1.2 感应带电

油品的自然沉降、电气的感应干扰、汽车运输的储罐接地不良等, 人员操作时会感应带电。

2.1.3 吸附或捕捉带电

在油品的输送过程中, 油品会有摩擦、喷溅等现象, 随着油品流动, 静电会分散至各个部件, 人体接触这些未接地或接地不良的部件, 电荷会转移到人体, 致使人体带电。

2.2 人体静电典型参数

2.2.1 作业人体静电电压值

人体行走静电电压: 1~3kV; 一般作业人体静电电压: 2~5kV。

2.2.2 人体静电能量计算

根据国际公认和国内外的标准, 均按“导体”来定义。人体静电能量计算公式推荐:

$$W = \frac{1}{2}CV^2$$

式中: C-人体电容 (一般情况下 100~400PF, 少数可达 1000PF, 根据 GB12158-2006 规定为 100PF); V-人体静电电压。

综上, 可推导出: 作业人体静电能量 (2~5kV、200PF): 0.4~2.5MJ。人体有电击感的临界电压: $\geq 3kV$, 放电能量 $\geq 0.9 MJ$ 。

2.3 人体放电的危害和管理指标

人体放电形式主要为: ①带有足够电荷的人体与良性接地导体之间的放电, 一般情况下为火花放电; ②带有足够电荷的物质与人体之间的放电, 一般情况下为刷形放电; ③带有足够电荷的人体与人体之间的放电, 一般情况下为火花放电。

2.4 煤油、汽油、柴油危险特性

①煤油闪点 38℃, 爆炸极限 0.7%~5.0%, 燃点 210℃最小点火能 0.25MJ; ②汽油闪点 -50~-20℃, 爆炸极限 1.3%~6.0%, 燃点 415~530℃最小点火能 0.20MJ; ③柴油闪点 45/55℃, 爆炸极限 1.5%~4.5%, 燃点 220℃最小点火能 0.63MJ。

2.5 防止人体静电的相关规定

① GB12158-2006《防止静电事故通用导则》; ② GB13348-2009《液体石油产品静电安全规程》; ③ SH3097-2017《石油化工静电接地设计规范》; ④同时参考《静电参考指南》(日本)、《防静电技术规范》(英国 BS5958 第 2 部分)。

3 实际应用静电改造

3.1 石墨烯涂料选用

石墨烯涂料经过研发与改良, 具有稳定的导电和防腐特性, 因其特性在导电涂料中应用最为广泛。石墨烯的涂料可定制表面电阻在 $10^6 \sim 10^9 \Omega \cdot cm$ 之间, 在金属表面形成亚导电体图层, 既可以有效将静电消除, 又可防止人体与金属表面接触, 发生火花或电晕放电, 所以一般应用于对防火、防爆等要求很高的场合。

目前, 抗静电涂料已成功的在输油管道内外导电防腐、储油罐内外导电防腐、油轮内外导电防腐及设备防护, 在航空、航天、煤矿、通信、纺织等领域的设备防腐涂料领域得到了极大推广应用, 石墨烯材料凭借其较强的导电性能、较好的可塑性等特点, 能更好的根据各领域不同要求制得符合要求的高品质导电涂料。

3.2 成熟的高导电石墨烯涂料的案例数据

产品特性见表 1。

针对不同基材表面导静电或者导电需求结合石墨烯、碳纳米管分散技术和水性涂料技术, 对 PET、PC、ABS、HIPS、PA、PVC、硅胶等多种塑料基材提供水

性防静电/导电涂料解决方案。常规供货的涂料是针对PET基材。可根据客户对基材和导电性的要求定制加工。用在电子包装材料、塑料片材或制品、石油储运管道设备等,可有效避免静电危害。

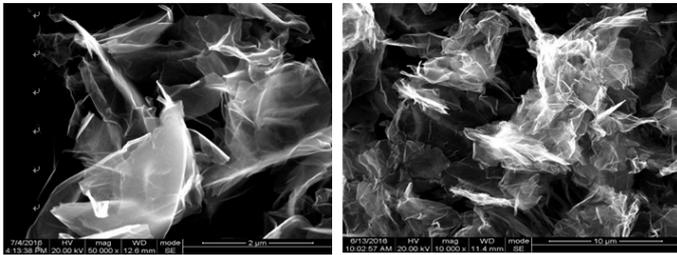


图1 石墨烯特性

①方块电阻值在 $10^1 \sim 10^{12} \Omega/\text{sp}$ 可控可调; ②水性涂料, 安全环保; ③涂装施工方便易行, 适合喷涂、辊涂、浸涂、凹版印刷。

3.3 相关试验资料

大连东强防静电技术有限公司提供资料表明, 用表面电阻为 $2 \times 10^6 \sim 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 的静电亚导体材料, 进行大量的人体放电试验和泄放人体静电的实验(详见图2), 结论如下:

3.3.1 模拟人体放电试验

人体(2~5kV)对金属放电: 转移能量0.3~1.4MJ, 足以引煤油、汽油、柴油中可燃气体; 人体(2~5kV)对静电亚导体材料)放电: 转移能量 $2.5 \times 10^{-8} \sim 1.6 \times 10^{-6} \text{MJ}$, 可以实现0区和1区安全使用要求。

3.3.2 模拟人体泄放静电后残余能量试验

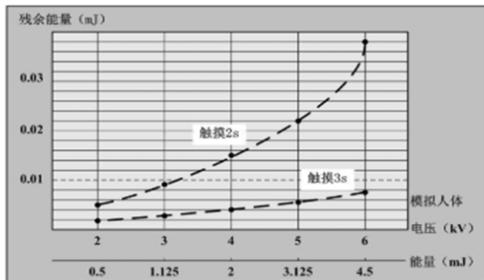


图2 模拟人体泄放静电后残余能量

人体(模型)带电 $\pm 2 \sim 6 \text{kV}$, 触摸静电亚导体材料2s, 人体带电残压 $\leq \pm 0.57 \text{kV}$, 带电能量由0.5~4.5MJ降到0.041MJ以下, $< 0.20 \text{MJ}$ 的危险界限; 触摸3s, 人体

带电残压为0.12~0.27kV, 剩余能量为0.0018~0.0091MJ, 远低于0.01MJ。

3.4 实施应用

项目小组根据厂家指导及相关资料学习, 对比上述试验通过制定试验计划、实施对比试验、涂刷石墨烯涂料、稳定数据等环节, 经测试对比: ①石墨烯复合水性导电涂料绝缘物体上表面电阻值量级可达到 $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$, 表面涂刷一次, 干燥时间2h, 综合用量0.965元/mL; ②高硬防静电涂料绝缘物体上表面电阻值量级可达到 $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$, 表面涂刷一次, 干燥时间0.33h, 综合用量0.59元/mL。最终选择GTT-H8高硬度防静电涂料, 表面电阻可控制在 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm} \sim 1 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 之间, 涂刷在金属扶梯入口处扶手后, 用绝缘电阻测试表1kV档位下, 测得阻值为零, 为导通状态。

3.5 总结

项目小组比照人体释放静电装置, 受到静电亚导体启发, 经试验, 结果符合亚静电导体特性。将扶梯入口处扶手金属表面涂刷亚导静电体漆膜, 既可以有效将静电消除, 又可防止人体与金属表面直接接触, 发生火花或电晕放电, 消除事故隐患。

3.5.1 优点

①涂刷10处扶梯入口处扶手, 用量不足100mL, 用量低; ②投入少、价格低, 品质稳定; ③涂刷方便, 干燥快; ④易于操作, 难度低。

3.5.2 缺点

①涂料表面硬度低, 不耐划碰; ②耐用性一般, 3~5年需重新涂刷; ③适用范围, 需进一步论证。

4 说明

项目组思考具有局限性, 试验数据比较单一, 感谢中国科学院成都有机化学有限公司、上海沪正纳米科技有限公司、大连东强防静电技术有限公司、苏州恒球石墨烯有限公司等提供的数据及技术支持, 以上如有不当, 敬请批评指正!

作者简介:

高迪(1989-), 男, 汉族, 吉林九台人, 助理工程师, 供职于中国航空油料有限责任公司大连分公司, 研究方向: 航煤储运、电气工程。

表1 石墨烯参数

性质	单位	高导电石墨烯				表征方法
		TNHRGO	TNERGO-3	TNERGO-10	TNERGO-50	
层数(Layers)	层	< 10	< 3	< 3	< 3	
纯度(Purity)	wt%	-	> 98	> 98	> 98	
片径(Scale)	microns	0.06-0.12	1-5	8-15	> 50	
SSA	m^2/g	150-200	50-80	70-110	110-170	BET
灰分(ASH)	wt%	< 1	< 1	< 1	< 1	
体积电阻率	$\mu\Omega \cdot \text{m}$	-	600-800	600-800	600-800	
碳含量	wt%	-	> 98	> 98	> 98	XPS
氧含量	wt%	-	< 2	< 2	< 2	XPS
外观	-	灰黑色蓬松粉末	灰黑色蓬松粉末	灰黑色蓬松粉末	灰黑色蓬松粉末	
制备方法	-	等离子法	化学氧化还原法			

SSA= 比表面积 (Special Surface Area)