

电子衡器静电环境下多个案例分析

□山东金钟科技集团股份有限公司 沈立人

【摘要】文章通过个人在电子衡器设计、制造、安装过程中的多个案例，介绍电子衡器可能会遇到的静电方面问题，分析了多个电子衡器产生静电的原因，提出预防电子衡器产生静电的方法，提醒从事电子衡器工作的同仁必须重视静电对电子衡器的影响。同时介绍了关于静电与之有关的部分知识，让我们认识到虽然静电能够带来一些好处，但是给电子衡器带来的却是灾难。

【关键词】电子衡器；静电；案例分析

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）10-0005-04

引言

在我们日常生活中经常会遇到一些静电现象，可能会给日常生活和工作带来不便。而在设计、使用、安装电子衡器的过程中，也可能会遇到不少静电问题，有的静电甚至会造成电子衡器的故障或损坏。今天写此篇文章的目的，就是想通过个人所经历的几个实例，谈谈在设计、制造、安装电子衡器时遇到的静电问题，并对此进行解析和探讨解决方法。

第1例 在上世纪90年代中期我们承接了一份包装化工物料的定量包装秤合同，这对于设计、制造了大量此类产品的技术人员来说，认为是小菜一碟，没有将这次任务放在眼里。在交付验收时，性能完全能够达到合同要求，可是万万没有想到的是，安装人员还没有回来，故障保修电话就打到公司。安装人员返回去一看，确实包装指标超出规定要求，检查结果发现包装袋中的物料不是多，就是少。再检查定量包装秤内部，在给料仓、称量斗的壁上，因为静电吸附作用粘附了厚薄不等的物料，当这些物料厚度到了一定程度，由于重力作用的原因，不同大小的物料可能随时落入称量斗或包装袋中，从而影响了称量准确度。

第2例 在一家著名的石油化工单位，其生产的

每块合成橡胶都要通过检重秤称重，重量不足或超过定量值的会被剔除。当时现场检测一台我们公司制造的检重秤时，在运行了一段时间之后，发现该秤的称重仪表有时会出现示值不稳定现象。开始我们认为是称重仪表出现了故障，但在更换了新的称重仪表后，示值依然不稳定。在请教了该单位工程技术人员后，才知道这种合成橡胶在输送带上运行时，两者也会因为摩擦产生静电，而这个静电通过电路传导到称重仪表，造成称重表示值不稳定。

第3例 太行山中一家煤矿使用一台电子汽车衡称量其销售的煤炭，由于此台汽车衡是安装在一个山坡上的，是周围唯一一个高出地平面金属物体。在安装使用后的第一个夏天，突然用户告知汽车衡无法使用了，我们连夜赶到了现场进行检查，有几只称重传感器的电阻应变计被烧坏了，称重仪表没有问题。同时了解到发生事故的时候，虽然天空乌云密布，但没有发生雷电现象，而且此台汽车衡安装了接地装置，经检测接地电阻小于 100Ω ，有一根直径8mm接地引入线连接到一个水塘的多根接地极上。

第4例 在一家火力发电企业在进出货物的门口并排安装了两台电子汽车衡，投入使用后发现一台汽车衡运行正常，而另一台汽车衡在称量车辆后称

重仪表总是出现遗留部分示值。技术服务人员认真检查了汽车衡所有部件，将两台汽车衡除了承载器之外的部件相互交换，结果问题汽车衡总是出现遗留示值的现象无法解决。

第5例 在我国上世纪九十年代进入电子衡器时代，我们制造称重仪表的车间在生产过程中，偶尔会出现集成电路芯片失效的现象。特别是开始生产数字式称重传感器后，数字式称重传感器中所使用集成电路芯片发生问题的事件时有发生。

通过以上这些现象，电子衡器的静电问题引起了我们的注意。

1 原因分析

1.1 定量包装秤的问题

第1个案例问题比较复杂，既有物料本身的问题，也有物料输送方法和系统接地的的问题，关键是我们对静电性能的认识问题。因为原料是一种絮状和粉状的非金属混合物，在管道输送过程中物料互相之间摩擦，产生大量的静电。而我们在考察了国内类似产品生产企业后，发现别的企业原料的成分相同，但是原料的结构是颗粒状的，使用皮带输送机输送，就不存在静电问题。为了解决这个输送系统的静电，我们在系统的多处位置增加了接地装置，虽然有一定的效果，但没有彻底消除静电的影响，定量包装秤的计量性能依然时好时坏。

1.2 检重秤的问题

第2个案例问题，原因就是知识面狭窄，在安装此台产品之前也没有对称量对象进行了解。一是对于被包装物品性能缺乏了解，不知静电可以在绝缘材料中储存能量，在输送过程中合成橡胶与输送带之间摩擦会产生静电；二是没有在检重秤及称重仪表上连接接地装置，便于所产生的静电及时导入大地；三是可能该类称重仪表抗静电性能设计存在问题，能够考虑更换抗静电性能优良的称重仪表。

1.3 煤矿汽车衡的问题

针对第3例汽车衡的问题，我们拜访了山东省气象台，在向气象专家报告了使用现场的情况后，气象专家分析后给出了一个可能性答案是，静电感应的作用破坏了称重传感器。

静电感应是在带电积云接近地面时，由于单一

雷云带电的单极性，总是会在附近的金属导体上感应出大量的反极性束缚电荷。而金属导体远离带电积云端会相应产生与雷电同级的电荷，从而在金属导体与雷云之间，以及金属导体自身产生出很高的静电电压（感应电压），其电压幅值可达到几万到几十万伏。而当这些带电积云离开金属导体上空后，金属导体上的电荷不能快速消散、泄露，而这几个称重传感器就成为薄弱点，作为了泄露的通道。这种过电压造成接地不良的金属物导体和大型的金属设备放电而引起电火花，从而引起称重传感器的电击穿。

从以上的分析情况看来，这次事故也可以认为是一起雷电破坏，不过是雷电的静电感应所产生的效果。

1.4 电厂汽车衡问题

第四个案例在电子汽车衡称量结束时出现遗留示值的现象，可能是由多种原因产生，比如可能是承载器结构问题、称重传感器质量问题、电缆线质量问题、称重仪表质量问题。对于这次产生的现象，当使用地阻仪检测，发现这台问题汽车衡接地装置有问题，当解决了接地装置接触不良的问题后，称量结束称重仪表的示值马上就能回到零点。对于这种现象，经多次试验和分析，认为可能与车辆轮胎与承载器摩擦产生的静电有关。承载器上的静电如果不能及时排入大地，就会通过称重传感器传入称重仪表，使得称量后称重仪表遗留示值，而只要承载器有良好的接地，承载器上的静电就会引入大地。

1.5 生产过程防静电问题

衡器行业的电子衡器产品中所采用的集成电路芯片，集成电路芯片的线路规格大多是大于100nm以上的，虽然不像网络产品（如手机等）的线路规格是7nm至14nm。相对来讲允许通过的电流稍大一些，但是对于生产现场瞬时发生的静电放电的破坏力，也是无能为力。静电对电子产品的破坏表现有4个方面：

- (1) 静电吸附灰尘，降低元件绝缘电阻，缩短寿命；
- (2) 静电放电破坏，使元件受损不能工作；

(3) 静电放电电场或电流产生的热使元件受损;

(4) 静电放电产生幅度很大, 频谱极宽(从几十兆到几千兆, 达几百伏/米)的电磁场使电子产品受电磁干扰损坏。

对于衡器的电子器件生产企业, 虽然不需要像手机等网络产品那样, 需要对生产场地进行严格的防静电管理, 但也发生过一些由于防静电管理问题, 而产生集成电路损坏的事件。

静电损伤常通过人体、器件以及场感应三种途径表现, 所以从一个元件产生以后, 一直到它损坏以前, 所有的过程都受到静电的威胁。这一过程包括: 元件制造: 包含制造、切割、接线、检验到交货; 印刷电路板: 收货、验收、储存、插入、焊接、品管、包装到出货; 设备制造: 电路板验收、储存、装配、品管、出货; 设备使用: 收货、安装、试验、使用及保养。其中最主要而又容易疏忽的一点却是在元件的传送与运输的过程。

2 静电知识^[1]

2.1 静电产生

不同物质两者紧密接触时, 在接触表面上就发生电子转移。逸出功小的物质易失去电子而带正电荷, 逸出功大的物质增加电子则带负电荷。各种物质逸出功的不同是产生静电的基础。

(1) 摩擦起电

摩擦起电的步骤是使用两种不同的绝缘体相互摩擦, 使得它们的最外层电子得到足够的能量发生转移, 摩擦起电后两绝缘体必带等量异性电荷。案例1就是一种非金属混合物在管道输送过程中摩擦产生的静电, 案例2也是一种两种非金属物品在移动中互相摩擦产生的静电。

常见物质束缚电子本领由弱到强的次序: 毛皮 < 玻璃 < 云母 < 羊毛 < 尼龙 < 丝绸 < 硬橡胶 < 金属 < 松香 < 硫, 而且在上面列举的物质中, 相隔越远的两种物质摩擦越容易起电。

(2) 接触起电

接触起电是物体带电的三种方式之一, 即一个不带电的导体通过与另一个带电体接触后分开, 从而成为带电体的现象。

(3) 静电感应

放入电场中的导体, 其中的自由电荷在电场力的作用下发生定向移动使导体两端分别出现等量异种电荷——感应电荷。故导体中的自由电荷受到电场力的作用而定向移动是产生静电感应的原因。案例3就是一种带电积云感应出汽车衡承载器上的静电。

2.2 静电危害

(1) 静电在工业中的危害: 静电的产生在工业生产中是不可避免的, 其造成的危害主要可归结为以下两种机理:

其一, 静电放电(ESD)造成的危害: 引起电子设备的故障或误动作, 造成电磁干扰。

其二, 静电引力(ESA)造成的危害: 在电子工业方面, 因为静电会吸附灰尘, 从而易造成集成电路和半导体元件的污染, 大大降低成产率。

(2) 高压静电放电造成电击, 危及人身安全。

(3) 在多易燃易爆品或粉尘、油雾的生产场所极易引起爆炸和火灾。

(4) 击穿集成电路和精密的电子元件, 或者促使元件老化, 降低生产成产率。

(5) 胶片和塑料工业: 使胶片或薄膜收卷不齐; 胶片、CD 塑盘沾染灰尘, 影响品质。

(6) 造纸印刷工业: 纸张收卷不齐, 套印不准, 吸污严重, 甚至纸张黏结, 影响生产。

(7) 纺织工业: 造成根丝飘动、缠花断头、纱线纠结等危害。

(8) 对皮肤的危害: 长期处于开着的电视、电脑和微波炉等环境下, 就常常可能有毛孔变大, 皮肤干燥、红斑、皮肤瘙痒等症状。而天天操作电脑的办公室白领脸部红斑、色素沉着等面部疾病的发病概率远远高于不用电脑者, 这是由于电脑屏幕所产生的静电吸引了大量悬浮的灰尘, 使面部受到刺激引起的。对于皮肤敏感的人更是如此。

(9) 对心脏的危害: 在临床上, 当某些人病危时, 可能使用一种电击的方式挽救病人生命, 因为对心脏电击能除颤。可见一定量的电流能起到救人的作用, 但是正常的人并不需要电流。若是人体所带的静电在数千伏甚至万伏, 它会严重干扰以至改

变人体内所固有的电位差，特别是影响到心脏的正常工作，有可能引起心率异常和心脏早搏。冬季有1/3的心血管疾病与静电有关，查不出病因的心脏病人、神经衰弱的人十之八九是因为长期受静电干扰所至。

(10) 对大脑的危害：医学专家解释，干燥产生的静电对大脑的确会有影响，它会引起神经细胞膜电流传导异常，影响人的中枢神经，使人感到疲劳、烦躁、失眠、头痛。

3 处理措施

3.1 接地

接地的目的就是使物体与大地之间构成电气上的泄漏电路，将物体上产生的静电泄漏至大地，防止物体积蓄静电荷，防止带电物体附近的物体受到带电物体的静电感应。

接地类型分为：直接接地和间接接地。对于不同的物体可以采用不同的处理方法，这里列举几种对电子衡器常用的措施。

接地是将金属导体与大地进行电气上的连接，使金属导体的电位接近于大地的电位；间接接地是在金属导体以外的物体的全部或局部表面上，装设与此物体紧密贴合的金属导体，并将此金属导体作为电极进行接地。在标准环境条件下，接地电阻应小于 100Ω 。

第1个案例虽然当时在定量包装秤的给料装置和称量斗上增加了接地装置。今天再反思这个问题，当时的接地方案还是不够全面：一是在气体输送管道上，应该多处增加接地导入线。我们当时仅仅在定量包装秤系统上接地，而没有在物料输送源头采取措施，治标不治本；二是应该与用户探讨有关生产过程中物料的性能问题，是否可以适当减小物料输送速度，以减小物料摩擦产生的静电；三是在给料与称量斗的设计上采用减少积料的结构设计，并适当考虑防粘、防静电涂层的采用；四是应该检查这些接地导入线的接地电阻阻值，是否在设计规范有效的范围内。

第2个案例不但应该在检重秤的输送带机构上增加与大地连接的导入线，而且称重仪表以及相关的控制系统也应该连接大地的导入线。同时应该考

虑更换输送带的材质，选择不易产生摩擦静电的皮带。

第3个案例不但应该增加承载器与大地连接的导入线，而且还应该在每个称重传感器上下垫板之间连接分流线，采用多种方式加快承载器上的电荷排泄。

第4个案例也是一个接地装置施工出现问题，导致接触不良影响到了承载器上的静电电荷，不能及时泻入大地。而且两套接地装置完全可以合并为一套，一方面增加了接地极的数量能更好地减少地阻，一方面也避免了故障发生的可能性。

第5个案例要求生产过程中，仪表与传感器组装工作场所安装防静电地板，操作人员应穿用防静电工作服、鞋袜，接触集成电路器件人员采用人体接地用具，如手环等，生产设备必须有接地，将可能产生的静电电荷导入大地。

3.2 增湿

湿度增加可以使带电体表面形成薄薄的水膜，水膜中含有杂质和溶解物质，使表面电阻降低，加速静电的逸散和泄漏。但增湿不适应高温环境里静电非导体上的静电消散、泄漏。

第1个案例中，我们也与使用单位沟通，是否可以在物料中适当增加点湿度，来降低物料表面电阻。但是使用单位为了保证产品质量，无法采取这种措施。

3.3 静电消除器

静电消除器由高压电源产生器和放电极（一般做成离子针）组成，通过尖端高压电晕放电，把空气电离为大量正负离子，然后用风把大量正负离子吹到物体表面以中和静电，或者直接把静电消除器靠近物体的表面而中和静电。在第1个案例时，因为我们当时没有了解到静电消除器的作用，所以没有考虑到静电消除器的使用问题。

3.4 防止放电着火

在可带电材料和设备装置上安装放电电器，例如汽车槽车后面安装一串接近地面的导电橡胶带，释放槽车在行驶中由于槽内油品的摇晃产生的静电，防止电荷的不断积累，造成放电危险。

5 结语

(1) 物体中的电子受外力而脱离轨道，这个外力包含各种能量(如动能、位能、热能、化学能等)在日常生活中，任何两个不同材质的物体接触后再分离，即可产生静电。而静电能量的大小则在很大程度上受到物质所含杂质成分、表面氧化和吸收，物质及环境温度、湿度、压力、外界电场等因素的影响。

(2) 在定量灌装化工材料和燃料等液体物料时，在控制灌装速度的同时，也应该加强接地装置的安装质量，接地电阻应该按照防爆现场的标准执行。

(3) 不要认为产品能够通过EMC对电子衡器的静电放电抗扰度试验^[2]，就可以高枕无忧了。许多现场的静电干扰强度可能远远大于产品所通过试验的严酷度等级。

(4) 由于电子衡器产品的电子器件中集成度越来越高，体积越来越小，内部线路越老越细，抗静电能力越来越弱，因此在生产过程中每一道工序都要防止静电放电造成的击穿而造成报废。

(5) 电子衡器产品的防静电是个系统工程，应

该从产品的使用环境、被称物料的材料特性以及产品的结构设计上通盘考虑。

参考文献

[1] 罗宏昌等 静电实用技术手册 上海科学普及出版社[M].

[2] GB/T17626.2-2018 电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试验[S].

作者简介

沈立人，1947年出生，高级工程师，原山东金钟科技集团股份有限公司员工。1968年参加工作，在金钟公司从事各种机械衡器和电子衡器设计、制造、标准和规程编写等工作50余年。曾主持公司汽车衡、轨道衡、台案秤，多种自动电子衡器的设计与生产、安装、检定工作；研发并申报了多项专利技术；参加了目前衡器行业全部产品标准、计量检定规程、型式评价大纲的编写和审定工作；主持制修订多种电子衡器标准；参加中国衡器协会组织的《衡器实用技术手册》《衡器装配调试工》培训教材；在国内相关计量技术的杂志上发表了百余篇论文。