

快速瞬变脉冲群测试的失败原因及对策

朱文立

(信息产业部电子第五研究所, 广东 广州 510610)

摘要: 介绍了电子产品快速瞬变脉冲群形成机理及相应的测试方法, 综合其他研究者的成果及笔者的实践经验, 针对快速瞬变脉冲群影响电子产品的不同特点提出了相应的对策方案, 以方便电子产品设计人员及电磁兼容对策工程师在实际工作中参考、验证、改进和完善。

关键词: 电子产品; 电磁兼容; 快速瞬变脉冲群; 设计; 对策

中图分类号: TN03

文献标识码: A

文章编号: 1672-5468 (2007) 01-0005-06

Cause Analysis of EFT/B Test Failure and Countermeasures

ZHU Wen-li

(CEPREI, Guangzhou 510610, China)

Abstract: The mechanism of EFT/B generated in electronic products and the related measurement methods are discussed in the article. To different electronic products, EFT/B will produce different effects. Based on the other researchers' and the author's working experiences, **some countermeasures to the effects of EFT/B are proposed** to help the electronic product designers and EMC engineers to improve and optimize their work.

Key words: electronic product; EMC; EFT/B; design; countermeasure

1 引言

电子电气设备抗扰度试验的经验表明, 有必要对具有较高重复频率的快速瞬态试验进行模拟以考察敏感设备的相应抗扰性能, 为此, 国际电工委员会 (IEC) 制定了相应的试验标准 IEC 61000-4-3 《电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群 (EFT) 抗扰度试验》(我国将该标准等同转化为国家标准 GB/T 17626.4)。该标准对 EFT 的定义、

工作原理、测量方法及试验发生器等进行了详细的规定, 成为其它相关标准引用和参考的基础。EFT 抗扰度作为产品 EMC 的重要项目, 已被列入大多数产品或产品族的 EMC 标准中。

目前, 通用的 EMC 设计和对策方面的书籍和文章比较多, 但涉及 EFT 项目的设计和对策方面的书籍和论文还很少。本文通过综合其他研究者的研究成果并结合自己多年的检验工作实践, 针对 EFT 对电子产品的不同影响特点, 提出相应的对策

收稿日期: 2006-09-05 修回日期: 2006-10-09

作者简介: 朱文立 (1968-), 男, 湖北赤壁人, 信息产业部电子第五研究所安全与电磁兼容检测中心高级工程师, 主要从事电磁兼容设计与检测技术研究工作。

方案,供相关产品设计人员参考。

2 EFT 干扰机理及测试

2.1 EFT 干扰机理

GB/T 17626.4 认为 EFT 是由于感性负载在断开或接通时,因开关触点间隙的绝缘击穿或触点弹跳等缘故,在开关处会产生一连串的暂态脉冲(脉冲群)骚扰。当感性负载多次重复通断,则脉冲群又会以相应的时间间隙多次重复出现。产生此类脉冲的原因包括:小型感性负载切换、继电器触电跳动(传导干扰);高压开关装置切换(辐射干扰)。EFT 的特点是上升时间快,持续时间短,能量低,但具有较高的重复频率。EFT 一般不会引起设备的损坏,但由于其干扰频谱分布较宽,会对设备正常工作产生影响。其干扰机理为 EFT 对线路中半导体结电容单向连续充电累积,引起电路乃至设备的误动作。

2.2 EFT 测试及相关要求

EFT 抗扰度试验适用于在住宅区、商业区、工业区使用的各类电子、电气设备。测试时将 EFT 耦合到设备的电源端口、信号和控制端口以检验设备在遭受这类暂态骚扰影响时的性能。

2.2.1 试验发生器和试验波形

试验发生器的性能指标有:单个脉冲波形、脉冲重复频率和输出电压峰值,如图 1、2 所示。测量脉冲群由间隔为 300 ms 的连续脉冲串构成,每一个脉冲串持续 15 ms,由数个单极性的单个脉冲波形组成,单个脉冲的上升沿 5 ns,持续时间 50 ns,重复频率 2.5 kHz (对 4 kV 测试等级)或 5 kHz (对其它测试等级)。其频谱是从 2.5/5 kHz~100 MHz 的离散谱线。IEC 61000-4-4:2004 把重复频率提高到 5 kHz 和 100 kHz (优选 100 kHz)并取消了 2.5 kHz,使得测试更加切合实际的干扰

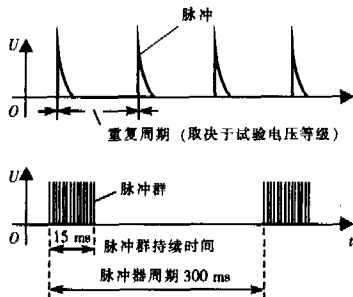


图1 快速瞬变脉冲群概略

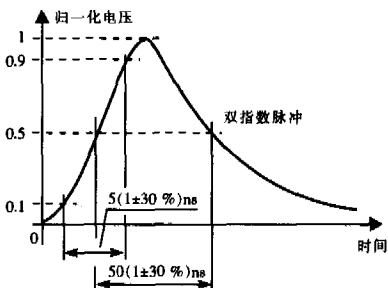


图2 接 50 Ω 负载时单个脉冲的波形

情况。此时频谱为 100 kHz~100 MHz 的离散谱线。该标准近期内会转化为新版的 GB/T 17626.4 以取代当前有效版本 GB/T 17626.4:1998。

2.2.2 试验等级及其选择

GB/T 17626.4 用表格的形式列出了 EFT 试验等级及分别针对供电电源端口、保护接地以及 I/O (输入/输出) 信号、数据和控制端口对相应的电压峰值和重复频率。对具体产品 EFT 试验等级的选择一般在相应的产品或产品族标准中加以规定。GB/T 17626.4 也在附录中给出了一个试验等级选择指引,它可作为产品或产品族标准等级选择的参考,也作为没有相关标准时等级选择的依据。

2.2.3 试验布置及实施

标准对实验室 EFT 型式试验布置和现场试验布置进行了完整的描述和详细的说明。测试时样品处于正常工作状态,根据端口类型选择相应的试验等级和耦合方式。根据其端口及其组合,依次施加试验电压。

对电源端子选择耦合/去耦网络施加干扰,耦合电容为 33 nF。对 I/O 信号、数据和控制端口选择专用容性耦合夹施加干扰,等效耦合电容约为 50~200 pF (对 IEC 61000-4-4:2004,为 100~1 000 pF)。

对电源端口,应通过耦合/去耦网络在每一根传输线及传输线各种组合与地之间施加 EFT 干扰。一般来说电源端口必须进行测试。对信号控制端口,一般将连接电缆整体放入容性耦合夹进行测试。哪些端口需进行测试由产品或产品族标准规定。每种组合应在正、负两种脉冲极性下分别进行,每种测试状态持续时间不少于 1 min。不同的产品或产品族标准对试验实施可根据产品的特点有特别的规定。

3 EFT 试验失败原因分析

3.1 从干扰施加方式分析

对电源线施加 EFT 干扰时,信号发生器输出的一端通过 33 nF 的电容注入到被测线上,另一端通过耦合单元的接地端子与大地相连;对信号/控制线施加 EFT 干扰时,信号发生器输出通过耦合夹与受试电缆之间的分布电容进入受试电缆。这两种干扰注入

都属于对大地的共模注入方式，所有的差模抑制方法对此类干扰无能为力。

3.2 从干扰传输方式分析

EFT 干扰脉冲含有极其丰富的高频成分，沿线缆传输时，会有一部分干扰能量从线缆中向周围空间辐射，从而进入受试设备，这样受试设备最终受到的是传导和辐射的复合干扰。因此单纯对 EFT 干扰施加端口采取传导干扰抑制方式不能完全克服干扰的影响。

3.3 根据 EFT 干扰造成设备失效的机理分析

EFT 单个脉冲能量较小，一般不会对设备造成影响。但它是持续一段时间的单极性脉冲串，会对设备半导体结电容充电产生累积，最后达到并超过芯片抗扰度电平时，甚至会造成数字系统的位错、复位、内存错误以及死机等现象。因此，线路出错会有个时间过程，而且会有一定的偶然性和随机性。测试结果与设备线缆布置、设备运行状态和脉冲参数、脉冲施加的组合等都有极大的相关性。为了抵抗瞬态干扰，大多数电路都在输入端安装积分电路，这对单个脉冲具有很好的抑制作用，但是对于脉冲串则不能有效地抑制。

新版 IEC 61000-4-4 将脉冲重复频率从 5 kHz 提高到 100 kHz，单位时间内的脉冲密集程度大大增加，对结电容的电荷积累越快，也就越容易达到线路出错的阈限。因此，新的标准把脉冲重复频率提高，实际上就是将试验的严酷程度提高。

3.4 从 EFT 耦合单元参数分析

对电源端口，耦合电容为 33 nF；而信号控制电缆等效耦合电容为 50~200 pF（对新版 IEC 61000-4-4 为 100~1 000 pF）。对于 33 nF 耦合电容，下限截止频率为 100 kHz，EFT 脉冲的频谱范围为 100 kHz~100 MHz；对于 200 pF/1 000 pF 的耦合电容，下限截止频率为 15 MHz/3 MHz，EFT 脉冲频谱范围为 15 MHz/3~100 MHz。由此可知 EFT 干扰中的低频成分较难被耦合到被测设备上。

以上分析是基于负载阻抗为 50 Ω 系统。电源端口输入阻抗一般会远低于 50 Ω ，其频谱范围低端会较 100 kHz 大；对控制信号端口输入阻抗一般会大于 50 Ω ，其频谱范围低端会较 15 MHz/3 MHz 小。被测设备实际得到的两种干扰频谱的差别并不大，但电源端口耦合的干扰能量远大于信号控制

端口。入侵频谱范围还取决于被干扰端口的输入阻抗，对于不同的产品、不同的端口，实际测得的干扰频谱还会有较大的差异。

3.5 从 EFT 干扰的幅度分析

与其它瞬态脉冲一样，EFT 抗扰度测试时施加在被测线缆上的 EFT 脉冲幅度从几百伏到数千伏。

3.6 从 EFT 干扰传输途径分析

如图 3 所示，EFT 干扰主要通过以下几种途径干扰被测设备：

a) EFT 干扰通过耦合单元进入设备电源线和控制信号线，并沿着这些线缆进入被测设备；虽然通过接口滤波器时有所衰减，但依然有较高的干扰电压进入设备内部，影响电路的正常工作。

b) 线缆上的干扰同时会在传导过程中向空间辐射，被邻近电缆接收并进入设备内部对电路形成干扰，当没有对 EUT 所有的连接电缆采取防护措施时，较易出现这种互扰现象。

c) 线缆干扰进入设备内部后，直接通过空间辐射被内部电路接收，对电路形成干扰。当 PCB 接口上有滤波措施，但线缆与电路距离较近时，容易出现这种现象。

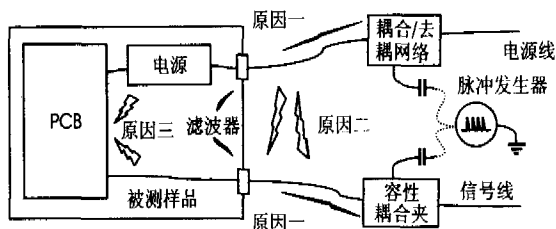


图 3 EFT 测试失败原因分析示意图

4 电子产品通过 EFT 试验的对策

4.1 EFT 干扰的一般对策

我们可采取的对策包括：1) 对直接传导干扰以**共模抑制**为主；2) 为抑制传导和辐射两种途径的干扰，除对端口进行滤波外，还需对敏感电路进行屏蔽；3) 为了抑制密集单极性脉冲群，单纯使用反射型电容、电感滤波会很快饱和，考虑到电源和信号传递采用 RC 吸收滤波器未必适用，较好的方式是利用**高频铁氧体对高频干扰呈阻性能直接吸收并转化为热能来吸收此类干扰**；4) 选择传输线滤波电路应覆盖侵入的 EFT 干扰的频谱范围；5)

对 EFT 干扰, 若在干扰通道先采用对地的脉冲吸收器来吸收大部分的脉冲电压和能量, 再配合吸收式共模滤波器, 可起到事半功倍的效果; 6) 除对干扰直接传输通道采取脉冲吸收和滤波, 对空间辐射采取屏蔽和隔离等措施外, 为防止 EFT 干扰通过空间辐射到其它端口线再从该线侵入敏感设备, 应对干扰端口线与其它端口线进行空间分隔, 并对其它端口也采取适当的共模干扰抑制措施。

4.2 EFT 干扰传输环路

EFT 干扰传输环路如图 4 所示。EFT 是共模干扰, 必须通过大地回路来完成整个干扰环路。

EFT 干扰源通过传导或辐射以共模方式进入敏感设备电源线或控制信号线, 再通过这些线缆以传导或辐射方式进入敏感设备的内部电路。若 EUT 为金属外壳, PCB 上的干扰通过 PCB 与金属外壳间的杂散电容 $C1$ 或直接通过接地端子传输到金属外壳, 再通过金属外壳与大地之间的杂散电容 $C2$ 传输到大地; 若 EUT 为非金属外壳, PCB 上的干扰通过 PCB 与大地之间较小的杂散电容 $C3$ 传输到大地, 由大地返回干扰源, 完成整个干扰环路。

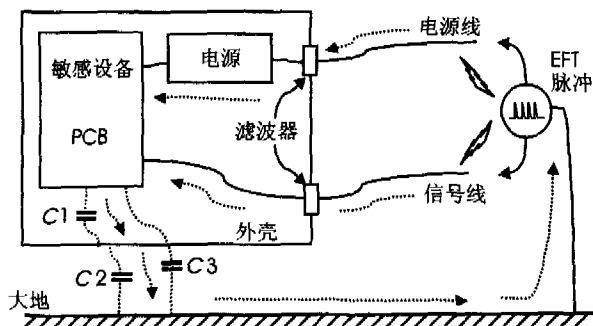


图 4 EFT 干扰传输环路示意图

4.3 针对电源线试验的措施

解决电源线 EFT 干扰问题的主要方法是在被测设备的电源线入口处安装瞬态脉冲吸收器和吸收型电源线共模滤波器以阻止干扰进入被测设备。下面根据被测样品的外壳性质, 分两种情况进行讨论。

4.3.1 被测设备的机箱为金属制品

金属外壳隔离了 EFT 干扰的空间辐射, 有效地保护了内部电路, 应着重解决传导干扰问题。

如图 4 所示, 金属机箱与大地之间较大的杂散电容 $C2$, 能够为 EFT 共模电流提供比较固定的通路。若被测样品有保护接地线连电源插座, 正常

工作时该线有较大的电感, 也应作为被测线之一通过网络耦合 EFT 干扰, 并与电源插座保护地端通过去耦网络进行隔离, 对干扰成分阻抗较大。因此, 仅靠改善电源线中保护接地的方法对提高被测样品电源端 EFT 抗扰能力的作用并不明显。

处理方法是在金属机箱的电源入口处加装共模滤波器, 滤波器的金属外壳与金属机箱直接连接成为一个整体, 并通过机箱将滤波器输入、输出电源线隔离。共模滤波器能将 EFT 干扰导入机箱再通过 $C2$ 导入大地, 并通过大地回到干扰源。由于滤波器中共模滤波电容受漏电流的限制, 容量较小, 对 EFT 干扰中较低的频率成分主要依靠共模扼流电感抑制。此处应选择铁氧体吸收式共模扼流圈。选择滤波器时要注意滤波器的抑制干扰带宽应覆盖 EFT 干扰带宽。

EFT 干扰属高压瞬态脉冲干扰, 测试等级较高时, 产生的电流很容易使共模电感饱和, 且其密集的单极性脉冲也容易使共模电容饱和, 这时应让输入电源先通过对地 (实际为金属外壳) 脉冲吸收器吸收大部分的脉冲电压和能量, 再配合滤波器就能较好地抑制干扰。当被测设备电源端口还需通过浪涌测试时, 为兼顾两个项目的测试需求, 脉冲吸收器可选择氧化锌压敏电阻, 该电阻对瞬态脉冲具有 ns 级的响应时间; 当被测设备电源端口只需抑制 EFT 脉冲时, 硅瞬变电压吸收二极管 (TVS) 是最佳选择, 它对瞬态脉冲的响应时间 <1 ns。

4.3.2 被测设备的机箱为非金属制品

如图 4 所示, 耦合进设备的 EFT 干扰只能通过内部电路与大地之间较小的杂散电容 $C3$ 耦合进大地, 被测样品电路对地会有较大的 EFT 干扰电压存在。因此, 须在电路底部加一块金属板以增加设备对地的杂散电容, 如图 5 所示, 供脉冲吸收器和滤波器接地。脉冲吸收器、电源滤波器、电源模块以及 PCB 都安装在该金属平板的上面, 电源模块和电源滤波器的金属外壳与金属平板紧密连接。金属平板的作用等效于 4.3.1 节的金属外壳, EFT 干扰电流通过金属平板与大地之间的杂散电容回到

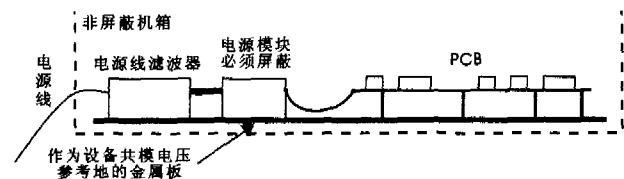


图 5 参考接地平板设置

干扰源。脉冲吸收器与电源滤波器的要求与 4.3.1 节相同。

如果设备尺寸较小, 金属板不能起到好的旁路作用, 在这种情况下可取消金属板, 主要靠滤波器中的共模电感发挥作用。必要时可用多个电感串联以展宽共模电感的抑制频谱范围, 保证滤波效果。

由于没有金属外壳屏蔽, 滤波器前的电源线上的干扰会通过空间辐射进入设备内部。此时, 脉冲吸收器和电源滤波器应放在靠近设备的外壳处。防止电源线与内部电路通过空间耦合传递 EFT 干扰。

4.4 针对信号线试验应采取的措施

与电源端的耦合网络注入方式相比, 对信号和控制线 EFT 脉冲采用容性耦合夹注入, 注入脉冲的频谱范围较窄, 注入能量也较低。下面就信号控制线在几种不同情况下的对策分别进行介绍。

4.4.1 被测设备的机箱为金属制品

由于 EFT 干扰脉冲采用容性耦合夹注入电缆, 最佳对策是将被测电缆屏蔽起来。若被测样品为金属外壳且接地, 被测电缆在穿过金属外壳处将屏蔽层与金属外壳 360°环接, EFT 干扰通过该连接导入金属外壳, 干扰的中高频分量通过外壳与大地之间的杂散电容耦合到大地, EFT 干扰的低频分量通过外壳的接地线导入大地, 并从大地返回干扰源。对没有保护接地线连接外壳的设备, EFT 干扰的低频成分可能会对被测设备电路产生干扰, 因此, 补充接地线可以有效地克服这类干扰。

若屏蔽层有 EFT 干扰电流, 则部分高频干扰会耦合到屏蔽电缆的内部信号线上。穿过金属外壳的信号控制线应在外壳接口处加装适当的信号线共模滤波器(吸收型)。若滤波器的共模电容对信号的传输有影响, 则可以通过降低或取消共模电容、提高共模扼流圈吸收能力来达到目的。在实际使用时, 需要注意调整扼流圈的匝数, 必要时用两个不同匝数的扼流圈串联起来, 兼顾高频和低频要求。

若被测信号的控制电缆不便更换为屏蔽电缆, 则干扰直接进入线缆内的每一根传输线上, 此时可采取类似 4.3.1 节的方法, 在线缆入口处加装瞬态脉冲吸收器与信号线共模滤波器。安装方式与 4.3.1 节相同。瞬态脉冲吸收器的选择原则与 4.3.1 节相同, 其耐压选择应与端口的工作电压相适应。滤波器抑制的频谱范围应能覆盖电缆上注入的 EFT 干扰频谱。若此时瞬态脉冲吸收器的结电容和滤波

器的共模电容对信号传输有影响, 可选择结电容较小的瞬态脉冲吸收器并降低或取消共模电容。若此时的瞬态脉冲吸收器依然影响电缆中的高速信号传输, 则只能去掉它并将普通电缆换为屏蔽电缆。

4.4.2 被测设备的机箱为非金属制品

可按照 4.3.2 节的方式, 在机箱底部加一块金属平板, 如图 5 所示, 从而有效地增加设备对大地的杂散电容, 并让被测设备的保护接地线与金属平板相连。接地线所起的作用与 4.4.1 节相同。

若将电缆屏蔽起来, 也可以较好地抑制 EFT 干扰。屏蔽电缆进入设备后, 屏蔽层通过直接固定的方式与金属平板连接, 穿出金属屏蔽层的信号线以最短距离与直接安装在金属平板上的滤波器连接。该滤波器与 4.4.1 节的相应滤波器要求相同。

若被测电缆不便更换为屏蔽电缆, 可按照 4.4.1 相应的处理方法在电缆入口处加装瞬态脉冲吸收器与信号线共模滤波器。其参数要求与 4.4.1 相同, 安装要求与 4.3.2 节相同。若瞬态脉冲吸收器的结电容和滤波器的共模电容对信号传输有影响, 可采取与 4.4.1 节相同的处理措施。

由于没有金属外壳屏蔽, 滤波器前的信号控制线上的干扰会通过空间辐射进入设备内部, 处理方法请参考 4.3.2 节相关部分。当通过空间远离的方法依然不能防止空间辐射干扰时, 只能对敏感电路进行局部屏蔽, 屏蔽体应该是一个完整的六面体。

4.5 其它端口的防护措施

在 EFT 抗扰度测试中, 并非所有的外部信号控制端口都需进行测试。对那些连接电缆比较短的端口, 实际使用过程中不易直接耦合大的 EFT 干扰, 所以标准不对这些端口提出测试要求。若我们按上述要求对关键端口采取相应的抑制措施, 被测线上的干扰还会向空间辐射, 被其它未采取措施的端口线缆接收, 并耦合进被测设备的内部而形成干扰。因此, 应针对这些端口采取必要的抑制措施。由于这类 EFT 干扰为频率比较高、幅度比较小的共模干扰, 只需在这些端口线进入被测设备入口处采用信号线共模抑制滤波器, 就能起到较好的抑制效果。滤波器的抑制频率范围应与端口感应到的 EFT 干扰频谱相适应且外壳应与金属机壳或金属平板良好地连接。若端口传输的信号为敏感信号, 建议采用屏蔽绞线, 屏蔽层与金属机壳或金属平板良好的连接。

4.6 其它 EFT 干扰抑制措施

以上主要是在 EFT 注入端口及外壳和接口上采取措施。除了这些外部措施,提高被测设备内部电路抗干扰能力也是非常必要的。从元器件选择、电路设计、排版布局、PCB 设计、屏蔽、滤波、接地设计等方面遵循 EMC 设计的通用要求和设计原则,即可较好地满足测试对内部电路的要求,这是产品 EMC 设计非常重要的内容,也是普通 EMC 设计书籍文章的主要组成部分。

5 结束语

EFT 干扰广泛存在于日常用电的环境中,而电子类产品中存在大量对 EFT 干扰非常敏感的模拟和数字电路,因此,绝大多数电子产品的 EMC 抗扰度测量项目都包括 EFT 抗扰度测试。EFT 干扰

有较为独特的地方,因此,在电子产品设计中,除了要符合一般的 EMC 抗扰度设计规则外,还需针对 EFT 干扰特点,采取相应的对策措施。将 EMC 通用设计要求与 EFT 抑制的特定要求相结合,可以为电子产品通过 EFT 抗扰度测试提供有效的保障。

参考文献:

- [1] GB/T 17626.4-1998, 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 [S].
- [2] 杨继深. 电磁兼容技术之产品研发与认证 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [3] 钱振宇. 3C 认证中的电磁兼容测试与对策 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [4] 白同云, 吕晓德. 电磁兼容设计 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.

信息与动态



秋冬季节不可忽视静电对人体的伤害

秋天的阳光格外灿烂,阳光灿烂的日子总会给人带来好心情,但欣喜之余,仍不免有烦心之事。由于天气干燥,静电现象随处可见。静电对于绝大多数的人来说并不陌生,如开关电视机、冰箱、电脑等电器时,即使日常生活中的梳头、脱衣裤以及开门、开水龙头的时候,也常会出现头发越梳越乱、脱衣物则发出噼啪响声及闪光的现象,还可能伴有一种强烈触电的刺痛感觉。甚至年轻的妈妈在拥抱、亲吻自己的宝宝时,也会受到静电的干扰。汽车是静电的一个高发地带,开车或是坐车的人都会有这样的感觉:在开关车门时,手刚一触及车门,就会在瞬间像被电击中,麻麻地很不舒服。然而,不少人却对静电这种司空见惯、习以为常的奇妙现象给人体健康所带来的危害性知之甚少或不以为然,更未引起人们的足够认识与警惕。对此,专家提醒大家:静电虽然不像交流电那么可怕,但它对人体健康造成的危害也是不容忽视的。

通常,人体所带静电在数千甚至上万伏时,它可能干扰以至改变人体内所固有的电位差,影响各器官,特别是心脏的正常工作,对于那些心脏功能比较脆弱的群体——如老人或小孩,这种危害会更加严重。同时静电还会对脑电波产生影响,影响人的中枢神经,使人感到疲劳、烦躁、失眠、头痛。其次,持久的静电易影响人体内的酸碱度平衡,也会让人感觉恶心、全身乏力、有呕吐感并且厌食。静电对人体

的第三类影响主要是皮肤,长期处于开着的电视、电脑和微波炉等环境下,静电对皮肤的影响就很明显,如那些长期对着电脑的办公室职员,就常常可能出现面部皮肤毛孔增大,皮肤容易干燥、出现红斑、皮肤瘙痒等症状。静电俨然成了我们健康生活的隐形杀手,怎样才能消除静电呢?

在日常生活中,我们可以采取一些简单的方法来尽量减少静电的发生,例如:

- 1) 秋冬干燥季节,尽可能少穿化纤类衣物;
- 2) 家用电器不用时应拔掉电源插头,长时间使用电脑或看电视后,最好用肥皂清洗裸露的皮肤;
- 3) 平时室内应多洒些水,以降低产生静电的可能性。

以上的传统措施虽然可以适当地减少静电的产生,但效果并不看好。大部分时间我们依然会受到静电干扰,近来市场上有一些可以随身携带的除静电器,效果不错,只是在需要的时候,用除静电器碰一下身体或可能带电的物体来消除静电,比较麻烦,很多时候会忘记使用,这是它的缺憾。而第三代民用防静电产品最大的特点就是在使用时不用再拿产品去接触身体或导电物体来消除静电,而是将其带在手上或挂在钥匙扣上,就能全自动地消除本产品周围几十厘米内的人体、汽车、电子产品、金属物体等所产生的静电;而且安全环保,有效地避免了大家有时因为忘记使用除电装置而不小心被静电袭击的情况,做到防患于未然。(本刊讯)