

电气间隙和爬电距离(图文分析)经典！0

IEC 60335-1: 2001《家用和类似用途电器的安全 通用要求》(第四版)标准在 2001 年 5 月公布,但由于配合使用的各个产品《家用和类似用途电器的安全 XX 特殊要求》很多还没有制订出来,所以目前还没有普遍使用 2001 版本的《通用要求》。

与第三版相比,新版标准在许多方面,特别是在爬电距离和电气间隙方面有了很多变化。可以预见这些变化将会影响全世界未来 10 年家用电器及类似产品的结构设计,希望引起相关人员的注意,尤其是家电产品设计和测试方面人员的足够重视。

欧洲标准化组织在 2002 年对 EN60335-1 进行了换版,而中国国家标准 GB4706.1 相信很快更新。据悉全国家用电器标准化技术委员会已经于 2003 年 9 月在烟台召开了 GB4706.1-XXXX 标准的起草工作会议,有希望在今年内完成征求意见稿。

下面笔者结合工作实践,给大家介绍一下标准制订的一些背景情况,并重点对变化较大的第 29 章作简单介绍。

背景介绍:在过去 40 多年里,第一版(1976),第二版(1988),第三版(1991)标准关于爬电距离和电气间隙的内容要求一直没有什么变化。它们都是以过去积累的经验为基础制订出来的,但是现在看来这些要求相对保守,留有余地太多,或者说对制造商的要求高了。

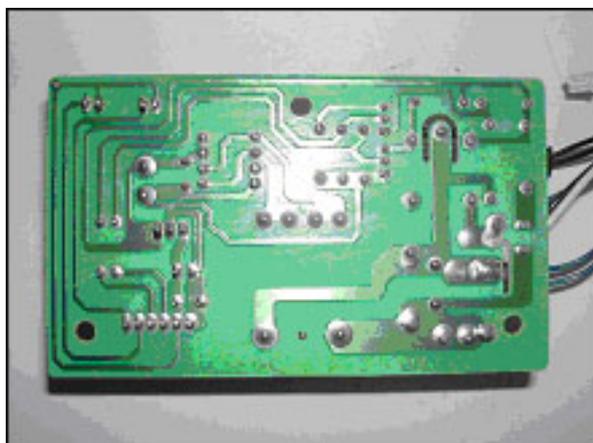
例如:对于 230V 和小于 130V 的危险带电部件与易触及部件之间都是 8mm 爬电距离和电气间隙的要求和同样的交流耐压测试值的要求。虽然 TC 61(制订 IEC 60335 标准的委员会)早在编写第三版时,就已经注意到这些内容要求不尽合理,并打算修改,可是由于在这方面经验不足,更改条件还不成熟,所以被耽搁了好几年。最近几年,随着 IEC60664 绝缘配合系统系列标准的不断完善,对于直流电压小于 1000V 和交流电压小于 1500V 绝缘配合有了更明确和具体的电气间隙和耐压要求,TC 61 委员会就有了修订标准的技术基础。因而参照 IEC 60664 所制订的新版 IEC 60335 与旧版相比,有很多变化,并且这些新增内容比较复杂,不太容易理解和掌握。

变化介绍:

第 3 章定义:在新的标准中引入了一些新的概念,原来的一些定义稍作了改动。

1 3.3.5 功能绝缘 functional insulation:为实现电器正确功能,两导体之间的绝缘,没有安全的功能。其实这也不是“新”的概念,在开关标准、电子产品标准早就有这个概念了。大家不妨打开 GB4943-1995 (idt IEC 60950-1:1991)《信息技术设备(包括电气事务设备)的安全》标准,我们就会发现类似的概念 1.2.9.1“工作绝缘:设备正常工作所需的绝缘,并不起防电击作用”。

最常见的功能绝缘的例子:PCB 板上带电件之间的绝缘,如图 1 中所示,



带电件 1 和带电件 2 之间的绝缘即为功能绝缘。而在 IEC60335-1: 1991 版中, 会把它当作基本绝缘来考核。

第 13.3 条: 电气强度试验电压发生了变化。IEC60335-1: 1991 (第三版) 标准的要求: 试验电压值:

- 对其他基本绝缘为           1000V
- 对附加绝缘为                2750V
- 对加强绝缘为                3750V

可以认为器具内部的部件工作电压都是小于 250V, 按额定电压小于 250V 的水平来考核的。但随着技术的发展, 越来越多的白色家电采用新的技术, 譬如家用空调变频技术, 微波炉高压倍压电路等, 器具使用的是 220V 的额定电源电压, 但在器具内部可能出现高于电源电压的工作部件, 有的部件工作电压高达数千伏。经过大量的实践, 技术专家们觉得应该修改第三版标准不分工作电压考核的情况。请看标准中的表 4:

表 4-电气强度试验电压

| 绝缘                | 额定电压 V | 工作电压          | 试验电压  |
|-------------------|--------|---------------|-------|
| SELV              | ≤150V  | >150V 且 ≤250V | >250V |
| 基本绝缘<br>1.2U+700  | 500    | 1000          | 1000  |
| 附加绝缘<br>1.2U+1450 |        | 1000          | 1750  |
| 加强绝缘<br>2.4U+2400 |        | 2000          | 3000  |

我们可以看到, 附加绝缘和加强绝缘的试验电压从原来的 2750V 和 3750V 分别下降到了 1750V 和 3000V, 但是增加了对工作电压大于 250V 的部件/位置的试验。

第 14 章: 瞬时过电压 (冲击电压试验), 它与 29 章电气间隙试验密切相关。通俗地说, 瞬时过电压试验模拟闪电瞬时引入的一个高电压, 看看器具的电气承受能力。某种意义上讲, 也可以说它是第 13 章电气强度试验的延伸。

第 22.3 条: 增加了直接插入插座式器具的插脚保持力的测试, 要求经过 70° C 处理 1h 后, 沿插脚纵向施加 50N 拉力, 插片不应有大于 1mm 的位移。

第 29 章: 电气间隙, 爬电距离和固体绝缘。由于采用了新的体系, 而且与前面 14 章紧密相连, 有必要先给大家理一理 29 章各条款的联系。

29 章提出总的要求: 电气间隙、爬电距离和固体绝缘要能够承受电气应力, 是充分的。

29.1 条 电气间隙的要求, 并提出基本绝缘和功能绝缘的电气间隙可以减小的条件和试验。

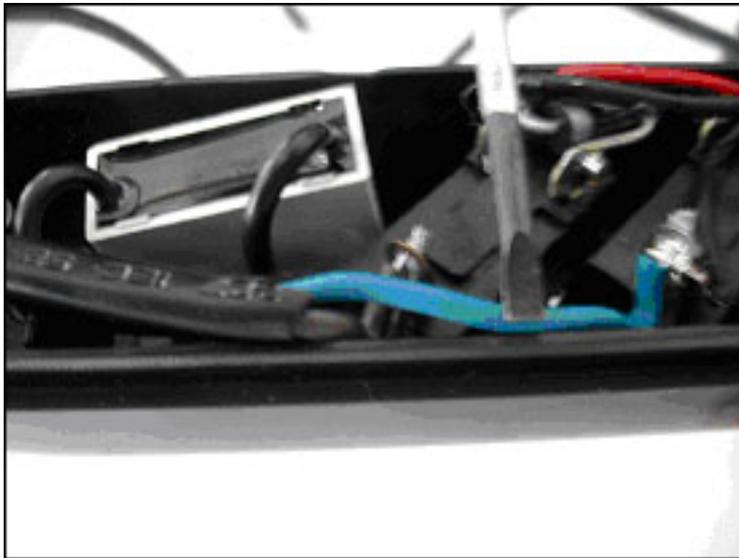
29.1.1 条 基本绝缘的电气间隙要求;

- 29.1.2 条 附加绝缘的电气间隙要求：按表 16 中基本绝缘的限值；
- 29.1.3 条 加强绝缘的电气间隙要求：按表 16 中的限值，但采用额定冲击电压更高一级别的限值。
- 29.1.4 条 功能绝缘的电气间隙要求：按表 16 的限值，但某些情况可以不考虑（例外情况）。
- 29.1.5 条 对工作电压大于额定电压的情况电气间隙的要求；
- 29.2 条 爬电距离的要求；
- 29.2.1 条 基本绝缘的爬电距离要求：按表 17；
- 29.2.2 条 附加绝缘的爬电距离要求：按表 17 中基本绝缘的限值；
- 29.2.3 条 加强绝缘的爬电距离要求：按表 17 中两倍于基本绝缘的限值；
- 29.2.4 条 功能绝缘的爬电距离要求：按表 18，但某些情况可以不考虑（例外情况）；
- 29.3 条 附加绝缘和加强绝缘的固体绝缘（穿透绝缘）距离要求；

为方便理解，试归纳查电气间隙的步骤如下：

- 步骤一：根据过电压类别、额定电压查标准中表 15 得出额定冲击电压；
- 步骤二：查表 16 得出基本绝缘电气间隙；
- 步骤三：必要时，按一定的条件减少基本绝缘的电气间隙；
- 步骤四：按不同的绝缘，得出相应的电气间隙。

举例：问某 220V 额定电压电吹风内部布线到外壳外表面，沿外壳安装缝（如图 2）的电气间隙是多少？



解释：

从防触电的角度分析，内部布线的绝缘层提供基本绝缘防护，风扇外壳提供附加绝缘防护，两者合称双重绝缘。现在要考核附加绝缘的电气间隙。

- 步骤一：查表 15 得知额定电压 220V，过电压类别 II 的情况下额定冲击电压 2500V；
- 步骤二：查表 16 得出基本绝缘在额定冲击电压 2500V 情况下最小电气间隙为 2.0mm；
- 步骤三：按 29.1.2 条附加绝缘是采用基本绝缘的限值，即 2.0mm。

而按 IEC60335-1:1991 标准, 查表得到 4.0mm 的限值, 由此可见, 要求的确是降低了。

IEC60335-1:2001 表 15-额定冲击电压

| 过电压类别       | 额定电压 V |      | 额定冲击电压 V |    |
|-------------|--------|------|----------|----|
|             | I      | II   | III      | IV |
| ≤50         | 330    | 500  | 800      |    |
| >50 且 ≤150  | 800    | 1500 | 2500     |    |
| >150 且 ≤300 | 1500   | 2500 | 4000     |    |

!

IEC60335-1:2001 表 16-最小电气间隙

| 额定冲击电压(V) | 最小电气间隙(mm)注 1 |
|-----------|---------------|
| 330       | 0,5 注 2       |
| 500       | 0,5 注 2       |
| 800       | 0,5 注 2       |
| 1500      | 1,0 注 3       |
| 2500      | 2,0 注 3       |
| 4000      | 3,5 注 3       |
| 6000      | 6,0 注 3       |
| 8000      | 8,5 注 3       |
| 10000     | 11,5 注 3      |

注 1: 这些尺寸要求只适合于空气中的电气间隙。

注 2: 由于大规模生产会产生一些误差, 比标准 IEC 60664 中更小的电气间隙要求因此未被采用。

注 3: 在整个产品寿命周期里, 有可能会造成间隙的减少, 考虑到这些原因, 表 16 的要求比标准 IEC 60664 中最小间隙增加了 0.5mm。

IEC60335-1:2001 表 17-基本绝缘的最小爬电距离

| 工作电压 (V)      | 爬电距离 (mm) |     | 防污等级      |      |      | 材料组别 |      |
|---------------|-----------|-----|-----------|------|------|------|------|
|               | I         | II  | 1         | 2    | 3    |      |      |
|               | I         | II  | IIIa/IIIb |      |      |      |      |
|               | I         |     |           |      |      |      |      |
|               | II        |     |           |      |      |      |      |
|               | IIIa/IIIb |     |           |      |      |      |      |
| ≤50           | 0.2       | 0.6 | 0.9       | 1.2  | 1.5  | 1.7  | 1.9a |
| >50 且 ≤125    | 0.3       | 0.8 | 1.1       | 1.5  | 1.9  | 2.1  | 2.4  |
| >125 且 ≤250   | 0.6       | 1.3 | 1.8       | 2.5  | 3.2  | 3.6  | 4.0  |
| >250 且 ≤400   | 1.0       | 2.0 | 2.8       | 4.0  | 5.0  | 5.6  | 6.3  |
| >400 且 ≤500   | 1.3       | 2.5 | 3.6       | 5.0  | 6.3  | 7.1  | 8.0  |
| >500 且 ≤800   | 1.8       | 3.2 | 4.5       | 6.2  | 8.0  | 9.0  | 10.0 |
| >800 且 ≤1000  | 2.4       | 4.0 | 5.6       | 8.0  | 10.0 | 11.0 | 12.5 |
| >1000 且 ≤1250 | 3.2       | 5.0 | 7.1       | 10.0 | 12.5 | 14.0 | 16.0 |

|                 |      |      |      |       |       |       |       |
|-----------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| >1250 且 ≤1600   | 4.2  | 6.3  | 9.0  | 12.5  | 16.0  | 18.0  | 20.0  |
| >1600 且 ≤2000   | 5.6  | 8.0  | 11.0 | 16.0  | 20.0  | 22.0  | 25.0  |
| >2000 且 ≤2500   | 7.5  | 10.0 | 14.0 | 20.0  | 25.0  | 28.0  | 32.0  |
| >2500 且 ≤3200   | 10.0 | 12.5 | 8.0  | 25.0  | 32.0  | 36.0  | 40.0  |
| >3200 且 ≤4000   | 12.5 | 16.0 | 22.0 | 32.0  | 40.0  | 45.0  | 50.0  |
| >4000 且 ≤5000   | 16.0 | 20.0 | 28.0 | 40.0  | 50.0  | 56.0  | 63.0  |
| >5000 且 ≤6300   | 20.0 | 25.0 | 36.0 | 50.0  | 63.0  | 71.0  | 80.0  |
| >6300 且 ≤8000   | 25.0 | 32.0 | 45.0 | 63.0  | 80.0  | 90.0  | 100.0 |
| >8000 且 ≤10000  | 32.0 | 40.0 | 56.0 | 80.0  | 100.0 | 110.0 | 125.0 |
| >10000 且 ≤12500 | 40.0 | 50.0 | 71.0 | 100.0 | 125.0 | 140.0 | 160.0 |

a 如果部件的工作电压小于 50V，允许使用 IIIb 的材料

对于基本绝缘和功能绝缘的电气间隙可以有条件地减少，条件是：

a) 通过第 14 章的瞬时过电压（冲击电压）测试；

b) 结构上能保证不变形：在装配时或发生磨损或有相对位移的情况下，电气间隙不会受到影响。因此螺丝，联接线等必须可靠联接，不会发生脱落。这里刚性联接能被接受。

要强调对于 0 类和 0I 类器具的基本绝缘在污染等级 3 的情况还是要按表 16 执行，电气间隙的要求不能减少。

查爬电距离的要求的步骤可归纳为：

步骤一：确定被考核部位的工作电压；

步骤二：确定被考核部位的材料组别（CTI 指数）；

步骤三：确定被考核部位的污染等级；

步骤四：按不同的绝缘，在相应的表中查在该工作电压、材料组别和污染等级下的爬电距离要求。

在讨论电气间隙、爬电距离的问题时，值得注意以下几个问题：

1、 零部件与整机的问题：在参照 IEC 60664 制订标准时，TC 61 标准委员会在选用电气间隙要求时，增加了 0.5mm 的余量(参照前面表 16 注 3)。虽然零部件标准委员会也参照 IEC 60664 标准制订零部件标准，但他们选用最低的电气间隙要求制订他们的标准。(因为 IEC 60664 只给出了在不同情况下的绝缘配合系统，没有对每个不同产品有具体电气间隙的要求，因此每个标准委员会会根据产品的特点进行选择。所以不同类型的产品就会有不同要求。) 因此出现了这个问题：如果我们对零部件按照标准最低电气间隙要求进行考核，那么，符合零部件标准的零件不一定就能符合整机要求。因此我们在选用零部件时就需特别注意。这个问题在新的修改版中有望得到解决。

2、 漆包线的问题：在第三版的标准中虽然没有功能绝缘这个概念，但是浸渍过的绕组电气间隙有 1.0mm 的减少。但在第四版的标准，只有在额定冲击电压大于 1500V 的情况下，才允许有 0.5mm 的减少。

3、 根据表 16 的不同额定冲击电压的值可以查出基本绝缘，附加绝缘，加强绝缘和功能绝缘的电气间隙要求。但是，对于加强绝缘的电气间隙要求，在表 16 中要选高一级别的额定冲击电压对应的限值。

4、 对于电热管(防尘)和 PTC 元件，它们的电气间隙要求被减少到 1.0 mm。

5、 由于新版电气间隙要求比旧版减少很多，因此新版第 22.31 条的要求与旧版的就有了很大变化。原来要求是：螺丝或导线等脱落后，要保证 50%的要求，而现在严格按 100% 满足表 16 要求。

6、 我们需要改变这个观念：由于过去电气间隙有足够多的余量，如果电气间隙满足要求了，交流耐压测试（电气强度试验）要求一般都没有什么问题，因此，我们往往比较注意电气间隙的要求，经常会忽略交流耐压测试。现在情况有所不同，电气间隙要求减少许多，我们在考虑电气间隙同时，还要考虑交流耐压和冲击电压的测试。有时，我们最终还以冲击电压测试为准考核电气间隙(如基本绝缘和功能绝缘)，当然前提是结构上还要满足一些附加条件，前面已讨论过这个问题，这里不再重复  
本文来自：新 e 代电子网，网址是：[www.elecm.com](http://www.elecm.com)：大量电子、电脑技术资料、书籍、教程下载！

### 电气间隙和爬电距离

电气间隙：在两个导电零部件之间或导电零部件与设备防护界面之间测得的最短空间距离。

爬电距离：沿绝缘表面测得的两个导电零部件之间或导电零部件与设备防护界面之间的最短路径。

#### 1.确定电气间隙步骤

确定工作电压峰值和有效值；

确定设备的供电电压和供电设施类别；

根据过电压类别来确定进入设备的瞬态过电压大小；

确定设备的污染等级（一般设备为污染等级 2）；

确定电气间隙跨接的绝缘类型（功能绝缘、基本绝缘、附加绝缘、加强绝缘）。

#### 2.确定爬电距离步骤

确定工作电压的有效值或直流值；

确定材料组别（根据相比漏电起痕指数，其划分为：I 组材料，II 组材料，IIIa 组材料，IIIb 组材料。注：如不知道材料组别，假定材料为 IIIb 组）

确定污染等级；

确定绝缘类型（功能绝缘、基本绝缘、附加绝缘、加强绝缘）。

#### 3.确定电气间隙要求值

根据测量的工作电压及绝缘等级，查表（4943：2H 和 2J 和 2K，60065-2001 表：表 8 和表 9 和表 10）检索所需的电气间隙即可决定距离；作为电气间隙替代的方法，4943 使用附录 G 替换，60065-2001 使用附录 J 替换。

GB 8898-2001：电器间隙考虑的主要因素是工作电压，查图 9 来确定。（对和电压有效值在 220-250V 范围内的电网电源导电连接的零部件，这些数值等于 354V 峰值电压所对应的那些数值：基本绝缘 3.0mm ,加强绝缘 6.0mm）

#### 4.确定爬电距离要求值

根据工作电压、绝缘等级及材料组别，查表(GB 4943 为表 2L，65-2001 中为表 11) 确定爬电距离数值，如工作电压数值在表两个电压范围之间时，需要使用内差法计算其爬电距离。

GB 8898-2001 其判定数值等于电气间隙，如满足下列三个条件，电气间隙和爬电距离

加强绝缘可减少 2mm,基本绝缘可减少 1mm:

- 1.这些爬电距离和电气间隙会受外力而减小，但它们不处在外壳的可触及导电零部件与危险带电零部件之间；
- 2.它们靠刚性结构保持不变；
- 3.它们的绝缘特性不会因设备内部产生的灰尘而受到严重影响。

\*注意：但直接与电网电源连接的不同极性的零部件间的绝缘，爬电距离和电气间隙不允许减小。基本绝缘和附加绝缘即使不满足爬电距离和电气间隙的要求，只要短路该绝缘，设备仍满足标准要求，则是可以接受的（8898 中 4.3.1 条）。

\*GB 4943 中只有功能绝缘的电气间隙和爬电距离可以减小，但必须满足 标准 5.3.4 规定的高压或短路试验。

5.确定爬电距离和电气间隙注意

可动零部件应使其处在最不利的位置；

爬电距离值不能小于电气间隙值；

承受了机械应力试验；