

# PCB设计之安规规范

安规就是产品认证中对产品安全的要求，包含产品零件的安全的要求、组成成品后的安全要求。安规其实是中国人自己的产物，国外一般会叫成regulatory。

什么是安规？

安规——最佳的英文解释应当是**Production Compliance**。是指产品从设计到销售到终端用户，贯穿产品使用的整个寿命周期，相对于销售地的法律、法规及标准产品安全符合性。这种产品安全符合性不仅仅包含了普通意义上的产品安全，同时还包括产品的电磁兼容与辐射、节能环保、食品卫生等方面的要求。她应当不仅仅是一种要求、一本标准、一张证书、一份测试报告所能取代或能说明的，更应该是贯穿了产品生命周期的一种产品安全责任和活动。

单纯地把安规理解为认证应当是片面的。认证只是评估产品符合性的一种手段或过程，但是它不是必需的手段或过程。这种符合性应当在产品设计之初予以考核，经过但不一定经过第三方通过测试，考察产品对相关法律、法规及标准的符合性，对可预见或不可预见的风险进行评估，确保使用者在使用过程中尽可能地避免出现预见或不可预见的人身伤害或财产损失。

安规通过模拟终端客户可能的使用方法，经过一系列的测试，考核产品在正常或非正常使用的情况下可能出现的电击、火灾、机械伤害、热伤害、化学伤害、辐射伤害、食品卫生等等危害，在产品出厂前通过相应的设计，予以预防。

此安规规范适用于输入电压低于600V的弱点类设备的PCB安规设计。

## 第一部分 安规基础知识

UL与VDE的安全标准有本质上的差异,UL规格比较集中在防止失火的安全,而VDE规格则比较关于操作人员的安全,对于电源供给器而言,VDE乃是最严厉的电气安全标准.

下面的安全件均需要有VDE and UL证书(如果到加拿大的机型还外加CUL证书):

1. 变压器(骨架、绝缘胶带、聚酯绝缘胶带)
2. 滤波器(骨架、绝缘胶带、聚酯绝缘胶带)
3. 光耦
4. Y电容
5. X电容
6. PCB材质(并包括制板黄卡)
7. 可燃性塑胶材质(包括前面板、电源板支撑胶柱、电源板绝缘PVC、保险管座、电源线插座VH-3等)
8. 保险管
9. 热缩套管
10. 大容量的电解电容.
11. 各类线材

空间距离(clearance) / 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。

沿面距离(Creepage) / 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。

防护界面(bounding surface):

电气防护外壳的外表面，对于可触及绝缘材料可以认为是在材料表面上压贴了金属箔那样的表面。

抗电强度:

又叫电介质强度测试, 英文为hipot test, 大概是最多人知道的和经常执行的生产线安全测试。实际上, 表明它的重要性是每个标准的一部分。hipot 测试是确定电子绝缘材料足以抵抗瞬间高电压的一个非破坏性的测试。这是适用于所有设备为保证绝缘材料是足够的的一个高压测试。进行hipot 测试的其它原因是, 它可以查出可能的瑕疵譬如在制造过程期间造成的漏电距离和电气间隙不够。

测试方法就是在交流输入线之间或交流输入与机壳之间将零电压增加到3000V交流或4200V直流时, 不击穿或拉电弧就合格。

温度:

安全标准对电子电器的要求很严, 并要求材料有阻燃性, 开关电源的内部温升不应超过65℃, 比如环境温度是25℃, 电源元器件的温度应小于90℃。但一般来说, 不管是UL或CE认证的测试中, 都是按照元器件(特别是安全器件)的安全证书所标识的耐温限值为标准。安规测试中表示温度单位为K(热力学温标又称开尔文温标, 或称绝对温标, 它规定分子运动停止时的温度为绝对零度, 记符号为K。), 它是减去室温的才得出的结果。

接地测试:

亦称接地连续性测试, 接地测试必须对所有一类产品(Class I)进行。测试的目的是保证产品上的所有在单一绝缘失效的情形下会变成带电体, 并且可以被使用者接触到的导电性部件被可靠连接到电源输入的接地点。换句话说, 一个接地测试使用大电流的低电压源加到接地回路来核实接地路径的完整性。

通过测量连接在保护接地连接端子或接地触点和零件之间的阻抗来判断是否符合标准要求, 阻抗不超出产品安全标准确定的某个值则认为是符合要求的。一定要记住, 从结构和设计观点来看, 用做保护接地的导体不应该包含任何的开关或保险丝。

漏电流测量(leakage current measurement)

UL与CSA标准规格中需要所有露出的固定金属组件必须予以接到大地端,而且经由连接至地端的 $1500\Omega$ 电阻器来测量漏电流;VDE标准规格则规定在1.06倍额定电压下,由 $1500\Omega$ 电阻器与 $150\text{nF}$ 电容器并联来测量漏电流。

通过隔离变压器在电源的火线或零线与易触及的金属之间串接电流表,开关电源的漏电流在260V交流输入下不应超过3.5mA。

绝缘电阻( insulation resistance)

在VDE标准规格中,输入端与SELV输出电路之间需要有 $7.0\text{M}\Omega$ 的最小电阻值,而输入端与较容易受变动的金属组件之间,则需要有 $2.0\text{M}\Omega$ 的最小电阻值,而其外施电压则为1分钟 $500\text{Vac}$ 。

SELV:安全特低电压电路(safety extra-low voltage circuit)其定义为具有适当保护设计之次级电路,即在任意两个可能碰触组件之间或人体可能碰触到任意组件和产品的接地保护端子之间电压不会超过 $42.4\text{Vac}$ 或 $60\text{Vdc}$ 的次级电路;

ELV:特低电压电路(extra-low voltage circuit)其定义为在导体与导体之间或导体对地之间的交流电压峰值不超过 $42.4\text{Vac}$ 或直流电压不超过 $60\text{Vdc}$ 的次级电路;

危险电压(hazardous voltage):交流峰值超过 $42.4\text{Vac}$ 或直流超过 $60\text{Vdc}$ 的电压。

对于PCB

1. 正常状态下,若某点可得功率超过 $15\text{W}$ 或工作电压超过 $50\text{V}$ ,则阻燃等级需V-1以上;若某点在工作电压超过 $400\text{V}$ 的情况下可得功率超过 $15\text{W}$ ,则阻燃等级需V-0,且厂家需要有射出过程的认证(UL6500标准);

正常状态下,若某点在工作电压超过 $50\text{V}$ ,小于等于 $400\text{V}$ 时,可得功率超过 $15\text{W}$ ,则阻燃等级需V-1以上;若某点在工作电压超过 $400\text{V}$ 的情况下可得功率超过 $15\text{W}$ ,则阻燃等级需V-0(EN60065标准)。

2. 保险丝额定值需标注在保险丝座旁边,格式例如“T315mA L125V”

3. 板子上的变压器和滤波器,应贴有标注厂家名称(或商标)和型号的标签

4. 电路图中安全器件旁边要加上标志

5. 对于class I产品,初次级间用一个Y2电容即可;对于class II产品,要用两个Y2电容串连或一个Y1电容

6.a. 初次级间绝缘要为加强绝缘,与周围外壳间距离亦要达到加强绝缘的要求;L,N之间,保险丝两脚位间要有基本绝缘。具体数值需根据工作电压来定。(UL6500标准);

对于EN60065标准,大体与UL6500标准一样,不过由于电压一般为 $230\text{V}$ 左右,因此对于加强绝缘一般要求为 $6\text{mm}$ 的距离,对于基本绝缘一般为 $3\text{mm}$ 。具体数值仍然要根据工作电压来确定(EN60065标准)。

电源板上初次级间的距离在设计时需考虑到最少要有 $6\text{mm}$ 的安全距离

b. 对低压区的所有线材加以固定,以保证其距离高压电路(包括元件及布线)的爬电距离及电气空隙必须保证大于 $6\text{mm}$ ,例如:我司机型中给解码板供电的排线就属于基本绝缘线体,因此其与电源板上的初级区域的安全距离必须保证在外加 $2\text{N}$ 的力施加在此排线上时,能有最少 $6\text{mm}$ 的距离。同样,在属于低压区域的所有器件在施加 $2\text{N}$ 的外力时能使其与高压区域的安全距离在最少 $6\text{mm}$ 。

c. 对于需要绝缘垫片(PVC)的机型,其绝缘垫片的位置须保证高压区电路(包括元件、布线及电源线尾部基本绝缘段)至上盖(或底板)的电气间隙大于 $6\text{mm}$ ,例如:在给机壳上盖施加 $20\text{N}$ 的力的情况下,插在电源板上的电源线(及开关电源线)尾端裸露的基本绝缘线体到机壳上盖的最短距离不能小于 $6\text{mm}$ ,如果此最短距离可能会小于 $6\text{mm}$ ,则需加绝缘垫片PVC,并在加贴绝缘垫片PVC的情况下,必须保证此裸露的基本绝缘线体距离到最近的机壳上盖导体(即PVC的边缘)不能小于 $6\text{mm}$ ;

7. 保险丝若为listed的,则可随意报备;若为recognized的,则报备前需做测试

8. UL与CSA规格也提供可燃性标准,也就是所有PCB板被UL认可为94V-2或是更好的材料,而VDE规格亦接受这些标准,可燃材料包括面壳,电源板等板卡支撑胶柱,各种固定胶带等。

附注:防火等级优劣

发泡塑料材料类:HF-1等级较HF-2优,HF-2等级较HBF优;

一般材料:5V优于V-0,V-0优于V-1,V-1优于V-2,V-2优于HB。

对于外壳

主体部分阻燃等级需为V-0,且厂家需有射出过程的认证(UL6500);

外壳阻燃等级的要求一般要根据起火源对外壳距离的多少来确定(EN60065)。

外壳的开孔在设计时应保证悬挂的外来物在进入通风孔或其他孔洞时不会变成危险带电体,其中EN60065标准中要求用一个直径为4mm、长度为100mm的金属试验针插到孔内来检验是否合格,其中以试验针一端悬空自由地插入,插入深度不超过其长度。

对于变压器

在VDE标准规格中,对于变压器的设计,制造与利用都有较严格的规定,以满足大多数其它国家的安全需求,在UL标准规格中,要求用在变压器结构中的所有材料,必须有94V-2或是更好的额定值。

#### (1).变压器的绝缘(transformer insulation)

变压器的绕组依照需求,必须以绝缘做物理上的分隔,在绕组线上的亮漆,瓷漆或洋漆涂料,以及其它的金属组件,石棉与吸收水分的材料,在此需求的目的之内则不考虑绝缘。

#### (2).变压器的电介质强度(transformer dielectric strength)

当使用复合层的绝缘厚度时,任何两层之间必须能够承受电介质强度,测试时绝缘层接触在一起且测试电位加于外部表面。

#### (3)变压器的绝缘电阻(transformer insulation resistance)

绝缘用于变压器的结构中必须在绕组之间,以及在绕组与铁心和框架金属板之间,必须有10MΩ的最小电阻值,并在1分钟内提供500Vac电压。

(4).在设计变压器时,请保证变压器的次级绕组与初级管脚、初级绕组与次级管脚的爬电距离须有6mm的安全距离(可以通过增加白色的绝缘胶带Margintape宽度或全部管脚加上套管Tube来实现),并同一极性的绕组间应有两层绝缘胶带Tape。

变压器的标签上需要标上商标(trade mark)或生产商的厂名(manufacturer name)。

对于绝缘材料

要保证开关的防触电保护,就必须有可靠的绝缘结构,而绝缘材料的安全性又是保证绝缘结构可靠性的基础,因此,绝缘材料的选用应考虑:

1. 支承、覆盖或包裹带电部分的部件,不得由于受热而危及其安全性,必须选用有足够耐热能力的材料;

2.

a.对双重绝缘,其基本绝缘或附加绝缘的厚度应至少为0.4mm。

b.当加强绝缘不承受在正常工作条件和故障条件的温度下可能会导致绝缘材料变形或劣变的任何机械应力时,则该加强绝缘的最小厚度应为0.4mm。

c.电线或电缆中的危险带电导体与可触及零部件之间,或者危险带电零部件与电线或电缆中和可触及导电零部件连接的导体之间的内部导线绝缘,如果是由聚氯乙烯材料制成,则厚度至少应为0.4mm。

d.在DVD中,下列零部件之间应具有双重绝缘:

——可触及零部件与电线或电缆中和电网电源导电连接的电线或电缆的导体之间;

——电线或电缆中和可触及导电零部件连接的导体和与电网电源导电连接的零部件之间。

第二部分、安规设计相关概念定义:

#### 1 一次电路 primary circuit

直接与AC电网电源连接的电路。例如:与AC电网电源连接的装置,变压器、电动机、其它负载装置初级绕组,以及与电网连接的各种装置。

#### 2 二次电路 secondary circuit

不与一次电路直接连接,而是由变压器、变换器等等效的隔离装置供电或只用电池供电的一种电路。

#### 3 危险电压 hazardous voltage

存在于既不符合限流电路全部要求也不符合TNV电路全部要求的电路中,其交流峰值超过42.4V或直流值超过60V的电压。

注:不论电压高低,一次电路都是危险电压电路。

#### 4 特低电压电路 extra -low voltage (ELV)circuit

在正常工作条件下,在电路的任意两个导体之间或任一导体与地之间电压的交流峰值不超过42.4V或直流值不超过60V的二次电路;至少使用基本绝缘与危险电压隔离,但它既不符合SELV电路的全部要求,也不符合限流电路(见3.18)的全部要求。

#### 5 安全特低电压电路 safety extra-low voltage (SELV)circuit

作了适当的设计和保护的二次电路,使得在正常条件下和单一故障条件下,任意两个可触及的导体之间的电压值均不会超过安全值。

#### 6 功能绝缘 functional insulation

仅为设备正常工作所需的绝缘。

注:所定义的功能绝缘并不起防电击的作用。但是,它可以用来减小引燃和着火的可能性。

#### 7 基本绝缘 basic insulation

对防电击提供基本保护的绝缘。

## 8 附加绝缘 supplementary insulation

除基本绝缘以外施加的独立的绝缘，用以在基本绝缘一旦失效时仍能防止电击。

## 9 双重绝缘 double insulation

由基本绝缘加上附加绝缘组合构成的绝缘。

## 10 加强绝缘 reinforced insulation

一种单一的绝缘结构，在本标准规定的条件下，其所提供的防电击的保护相当于双重绝缘。

## 11 电气间隙 clearance

在两个导电零部件之间或导电零部件与设备界面之间测得的最短空间距离。

## 12 爬电距离 creepage distance

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界面之间的最短距离。

## 13 绝缘穿透距离 distances through insulation

在两个导电零部件之间或导电零部件与设备界面之间的绝缘材料的最小厚度

## 14 保护接地导体 protective earthing conductor

用来把设备的电源保护接地端子，同建筑物安装接地点连接起来的建筑物安装布线或电源中的导线。

## 15 保护连接导体 protective bonding conductor

用来把电源的保护接地端子同设备中为安全目的而需要接地的部分连接起来的设备中的导线或设备中的一个导电零部件的组合。

## 16 污染等级 pollution degree

污染等级 1	污染等级 2	污染等级 3
密封环境或类似	办公环境或类似	工厂环境或类似

## 17 材料组别 material group

I 组材料	II 组材料	III a组材料	III b组材料
$CTI \geq 600$	$600 > CTI \geq 400$	$400 > CTI \geq 175$	$175 > CTI \geq 100$

注：CTI是材料相比漏电起痕指数，一般由材料生产商提供，不能确知时按IIIb考虑。

## 18 安装类别(过电压等级) installation category

根据设备在电力系统中的分布位置(即过电压条件)划分的，分为以下四类：

安装类别IV：初级电源水平级。如：架空线、电缆系统、配电母线、户外电力线上的电动机等；

安装类别III：配电及控制水平级。如：直接接到配电干线、装入配电箱中的电器；

安装类别II：负载水平级。如：控制、启动、切断电动机用电器，螺线管电磁阀，耗能电器(电灯、电热器、家用电器、便携式设备)；

安装类别I：信号水平级。如：安装在电力系统末端的特殊设备类别，低压电子逻辑系统、电信、遥控、小功率信号电路中的设备。

## 第三部分 安规规范

### 1 确认产品的安规要求适用范围

### 2 选择PCB材料

1、PCB板材料一般应选用FR-4，阻燃等级为94V-0，温度等级为130℃，厂家尽可能少，并与现有产品一致。

### 3 分析电路特性，确定PCB隔离

1、判定PCB中哪些是与最终可触及件有电气联系；

2、确定产品输入，输出，接地，及用户可触及端口；

3、如果输入输出是要求隔离的，则需分析电路图，找出跨接输入输出的器件，如变压器，光耦，电容器，并绘制草图，确定隔离带。

4、如果是带有隔离辅助电源的，也要找出跨接输入输出的器件，绘制草图，并标注和主电路的连接关系，确定隔离带；

#### 4 分析电路类型，确定绝缘类型

1、针对用户可触及电路的特点，确定可行的保护方法;对于需要采取双重保护的电路可以采用：基本绝缘+保护接地，双重绝缘，加强绝缘等三种方式构成。

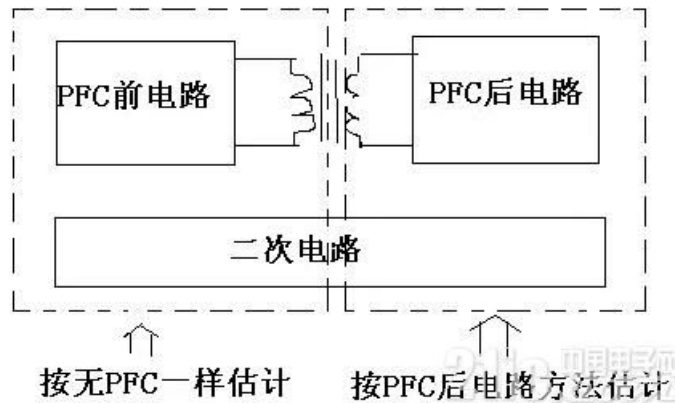
2、根据绝缘跨接的电路类型，查表2确定绝缘类型;

5 估计工作电压，确定绝缘距离(估计只作设计参考，判定合格需经测试确定)

1、根据电路特性，估计绝缘跨接的两电路之间的最大可能工作电压(有效值和峰值)，

推荐工作电压有效值保守估计方法为:

通常无PFC等升压电路的一次、二次电路之间按输入最大电压估计，隔离变压器原副边电压按原边电压最大值加上副边最大值估计;



2、根据产品应用条件，对照污染等级、安装类别定义，确定绝缘距离应查的表格(参考表1)，再根据绝缘类型和估计的工作电压，查对应的表格，判定绝缘距离：本规范以信息技术类设备为例 对有PFC或类似升压电路的一次、二次电路之间，PFC前端按无PFC一样估计，PFC后端按PFC输出电压估计，PFC后端隔离变压器原副边电压按原边电压最大值加上副边最大值估计。

根据应用条件参考表 1 ，对照污染等级、安装类别定义知，信息技术类设备一般属污染等级为2，安装类别为II，查表如下：

跨接一次、二次电路之间的绝缘查表3得到最小电气间隙，对于有重复峰值大于电网电压峰值的，如直流变换器，先按绝缘工作电压有效值查表3，再加上按重复峰值查表4的附加气隙，得到最小电气间隙；

跨接二次电路之间的绝缘查表5得到最小电气间隙；

最小爬电距离查表6，得到的值与电气间隙相比，取较大者为最小爬电距离值。

3、多层PCB板同一层面上的绝缘距离确定方法与上述方法相同，PCB层间厚度也与绝缘等级密切相关，工作绝缘、基本绝缘没有厚度要求(只有耐压要求);附加绝缘、加强绝缘要求厚度至少为0.4mm，同时满足耐压要求。

4、推荐按照下列步骤进行：

Step1：确定过电压等级，本规范不包括过电压等级3。

Step2：估算工作电压的峰值，重复峰值

Step3：查表3，4，5确定电气间隙;并且根据绝缘类型确定最终距离：

Step4：估算工作电压的有效值；

Step5：估计污染等级和材料的CTI值；

Step6：查表6确定爬电距离，根据绝缘类型确定最终爬电距离：

Step7：如果爬电距离小于电气间隙，则选取电气间隙的数值为爬电距离；

5、一般额定输入电压为220V设备，则一次电路与SELV之间应大于5mm;SELV对保护地应大于2mm;输入对保护地应大于3.2mm，考虑到防雷推荐为4mm；

6满足绝缘距离的判定

绝缘距离是否符合要求，对于不同的绝缘类型判定方法不同。

##### 6.1 工作绝缘的判定

工作绝缘是保证设备正常工作的绝缘，一般不涉及产品的安全性能，因而要求相对宽松，满足下列条件之一，即符合要求：

- 1、电气间隙和爬电距离符合本规范的要求；
- 2、短路该绝缘跨接的两电路部分，没有着火、电击等危险情况；
- 3、能承受相应的抗电强度；

## 6.2 基本绝缘、附加绝缘、加强绝缘的判定

基本绝缘、附加绝缘、加强绝缘是保证设备的安全性能的绝缘，要求严格，必须满足距离要求，并且满足耐压要求(详见GB4943表18)

## 7 PCB标识与注意事项

- 1、保险丝附近是否有6项完整的标识，包括保险丝序号，熔断特性，额定电流值，防爆特性，额定电压值，英文警告标识，如F101 F3.15AH,250Vac,“CAUTION: For Continued Protection Against Risk of Fire, Replace Only With Same Type and Rating of Fuse”
- 2、交流输入标识L、N以及保护接地标识
- 3、接线端标识应是唯一的，且不易引起混淆、误解。
- 4、同一设备不同单板之间元器件参考位最好是唯一的，且单板应有可区分的名称标识;单板应预留适当的空位，以便贴上条码(或等效识别标识)，不跨越除工作绝缘以外的绝缘，不遮挡其他丝印或标识，也不被遮挡、破坏。
- 5、PCB板设计时应充分考虑安装应用条件，留出足够的板边距，以满足安装后与外壳或其他元器件电气间隙和爬电距离要求，并防止标识被遮挡、破坏。
- 6、外形对称元器件PCB设计时应考虑防呆，如IC的第一脚位为方孔，变压器原副边脚位不对称，贴片IC的第一脚加一圆点(或等效标识),单板不对称安装或虚开一防呆孔。
- 7、PCB丝印应包含其版本信息，PCB设计更改，版本应作相应的更改。
- 8、隔离带用白色丝印作为划分标识;
- 9、电击危险的标识见ISO 3864，编号5036;

## 8 PCB设计更改控制

- 1、PCB更换新厂家或新材料，必须提供材料及其阻燃等级UL认证证书给安规室备案;
- 2、对实行安规控制的量产产品，含正在做和已做完安规认证产品的PCB设计更改(含更换新厂家或新材料)，应有详细记录，详细记录应包含更改原因、更改详细描述、更改设计人、日期、版本等，并报安规室认可备案，未经安规室认可，不得在量产产品上使用认证标记;
- 3、CAD室负责PCB设计时执行本规范，工艺负责审核PCB安规设计是否符合本规范，保证本规范范围内产品PCB安规设计符合本规范;安规室负责整机产品的安规审查，并监督本规范执行情况;
- 4、对量产产品PCB设计更改，工艺审核符合本规范后，工艺部门知会安规室，安规室负责报认证公司认可，认证公司认可后量产产品才能使用认证标识。