

安全电流和安全电压：

人体对电流的反应

通过电流的性质	直流(mA)		交流 50kHz(mA)		交流 10kHz(mA)	
	男	女	男	女	男	女
有感觉，不太痛苦	5.2	3.5	1.1	0.6	12	8
有痛苦感觉	62	41	9	6	55	37
痛苦难忍，肌肉不自由	74	50	16	10.5	75	50
呼吸困难，肌肉收缩	90	60	23	15	94	63

一般人体能感觉到刺激的电流值大约是 1 mA，当人体通过 5~20mA 时肌肉就产生收缩抽现象，使人不能自离电线

多数国家规定允许的触电电流与时间乘积为 30mA*S

人体电阻通常在 1500 欧姆~300000 欧姆，典型值为 1000 欧姆~5000 欧姆，推荐值为 1500 欧姆

人体电阻实测例子

测试部位	测试环境		人体电阻(欧姆)
	相对湿度	温度(°C)	
手腕到手腕	82%	28	6300
	66%	23	14600
手腕到脚踝	82%	28.5	7400
	66%	23	24500
手腕到大地	湿度较大		6000
	比较干燥		300000

由以上人体对电流的反应和人体电阻可得出安全电压的值：我国的安全电压值一般规定 12~50V

电源 EMI 滤波器的耐压、泄露电流与安全：

耐压与安全

1、滤波器中的 Cx 电容若被击穿，相当于 AC 电网短路，至少造成设备停止工作；若 Cy 电容被击穿，相当于将 AC 电网的电压加到设备的外壳，直接威胁人身安全，并波及所有以金属外壳为参考地的电路或设备安全，往往导致某些电路或设备的烧毁。

2、国际上的一些耐压的安全规范如下：

德国	VDE0565.2	高压测试(AC)	P、N 对 E	1.5kV/50Hz	1 分钟
瑞士	SEV1055	高压测试(AC)	P、N 对 E	2*Un+1.5kV/50Hz	1 分钟
美国	UL1283	高压测试(AC)	P、N 对 E	1.0kV/60Hz	1 分钟
德国	VDE0565.2	高压测试(DC)	P 对 N	4.3*Un	1 分钟
瑞士	SEV1055	高压测试(DC)	P 对 N	4.3*Un	1 分钟
美国	UL1283	高压测试(DC)	P 对 N	1.414kV	1 分钟

说明：

(1)P-N 耐压测试采用直流电压的原因是 Cx 容量较大，如用交流测试，则耐压测试仪要求的电流容量很大，造成体积大，成本高；采用直流便不存在该问题。但要交流工作电压转换成等效的直流工作电压，如对于最大交流工作电压 250V(AC)=250*2*1.414=707V(DC)，所以 UL1283 安全规范为 1414V(DC)=707*2。

(2)国际著名滤波器专业厂说明书中耐压测试条件：

Corcom 公司(美国)	P、N 对 E: 2250V(DC)	一分钟	P 对 N: 1450V(DC)	一分钟
Schaffner 公司(瑞士)	P、N 对 E: 2000V(DC)	一分钟	P 对 N: 不测	

国内滤波器专业厂一般参考德国 VDE 安规或美国 UL 安规

泄露电流与安全

任何典型滤波器电路的共模电容 C_y 都有一端接金属外壳。从分压角度看，滤波器金属外壳都带有 $1/2$ 额定电压，因此从安全角度出发，滤波器通过 C_y 到地端的泄漏电流(leakage current)要尽可能小，否则将危及人身安全。

国际上一些主要工业国家的关于泄漏电流的安全规范如下：

泄漏电流的安全规范

国家	安规名称	安全泄漏电流的极限值(对于一级绝缘的设备)
美国	UL478	5 mA 120V/60Hz
	UL1283	0.5~3.5 mA 120V/60Hz
加拿大	C22.2No.1	5 mA 120V/60Hz
瑞士	SEV1054-1	0.75 mA 250V/50Hz
	IEC335-1	
德国	VDE0804	3.55 mA 250V/50Hz

说明：1、泄漏电流直接和电网电压、电网频率成正比。对 400Hz 电网滤波器泄漏电流是 50Hz 电网的 8 倍(即在工频电网中符合安全规范要求的滤波器可能不一定能在更高频的电网中符合安规要求)

2、在检查滤波器泄漏电流时一定要采用符合国际规范的测量电路(如下图示)。测量时，金属外壳不能接地，一定要悬浮。

滤波器泄漏电流测试电路原理框图：

