

第一章 电气安全技术

触电事故是较为常见的、恶性的电气事故，其特征是突发性大，人身伤亡率高。因此，触电事故是电力工业和各工矿企业、人民生活乃至于整个社会都要重视和预防的，也是电气安全技术工作的重点。

第一节 触电对人体的危害

触电是电流对人体的伤害。电流对人体的作用与其他形式的能量对人体的作用具有明显区别，其特点是触电前没有任何预兆，往往在事前一瞬间人体还没有丝毫察觉，触电事故突然发生了，所以这样的事故有比较大的危险性。

触电事故是由电流的能量作用于人体造成的。当电流通过人体时，人体会有麻痹、针刺、颤抖、痉挛、打击、疼痛等感觉；如果电流较大和持续时间长，会出现呼吸困难、心脏跳动不规则，甚至昏迷、心室颤动、心脏停跳、呼吸停止等症状。而且，人体在电流的作用下，人的防卫能力迅速降低。

电流对人体的伤害属于生理性质的伤害，伤害的严重程度主要取决于通过人体的电流大小、电流途径和持续时间。

电流作用于人体内部器官导致死亡的主要原因是心室性

纤维颤动或窒息。前者主要是电流通过心脏，致使心室性纤维颤动，心脏的泵室作用失调，最后导致心脏停搏，血液循环中止；后者是当电流通过大脑的呼吸中枢，会阻止呼吸，甚至窒息，或电流通过胸部时，会使胸肌收缩，导致呼吸道阻塞，呼吸循环停止。

第二节 人体的电气参数

触电时，电流将通过人体，流过人体的电流会遇到阻力，这阻力就是人体阻抗。人体阻抗主要由体内电阻、皮肤电阻和体内电容、皮肤电容组成。体内电容、皮肤电容很小，一般可以忽略不计。

人体体内电阻是由人体内部组织、血液、骨骼等组成。由于人体内部组织、血液等含水量高，所以人体内部组织导电性能良好，基本上不受外界因素的影响，其体内电阻值约为 $500\ \Omega$ 。

人体皮肤电阻由表皮、真皮和皮下层组成。最外层表皮又由角质层、粒层和生长层组成，角质层一般有 $0.05 \sim 0.2\text{mm}$ 厚，其电气绝缘强度在干燥时很高，电阻率约为 $0.15 \sim 10\ \text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ ，电阻高达 $10000 \sim 100000\ \Omega$ 。当角质层渗入水分或不完整时电阻值将会下降。真皮和皮下层有汗腺、汗管、毛囊、血管和神经、经脉等，其电阻率较低、电阻值较小。皮肤电阻主要由皮肤表面的角质层所决定的。

皮肤电阻随着不同的条件和情况在很大的范围内变化，使得人体电阻也在很大的范围内变化。通过科学试验，人体的电阻值是：

(1) 如果人体的皮肤是干燥又未破损，一般为 $10000 \sim$

100000 Ω 。

(2) 去掉角质层，将下降到 800~1000 Ω 。

(3) 如果将皮肤全部剥掉，将下降到 600~800 Ω 。

在不同的接触电压和人体皮肤状况条件下的人体电阻可见表 1-1，一般情况下计算人体电阻也可按 1000~2000 Ω 考虑。

表 1-1 不同条件下的人体电阻 (Ω)

接触电压 (V)	人 体 电 阻			
	皮肤干燥 ^①	皮肤潮湿 ^②	皮肤湿润 ^③	皮肤浸入水中 ^④
10	7000	3500	1200	600
25	5000	2500	1000	500
50	4000	2000	875	440
100	3000	1500	770	375
250	1500	1000	650	325

①干燥场所的皮肤，电流途径为单手至双足。

②潮湿场所的皮肤，电流途径为单手至双足

③有水蒸气等特别潮湿场所的皮肤，电流途径为双手至双足。

④游泳池或浴池中的情况，基本上为体内电阻。

影响人体电阻的因素很多，除角质层和皮肤生成的厚薄不同外，人体电阻值还受下列情况的影响而变化：

(1) 皮肤清洁时电阻值较大，有污垢、带有导电性粉尘时电阻值较小。

(2) 皮肤干燥时电阻值较大，潮湿、有汗水时电阻值较小。

(3) 表皮皮肤完整时电阻值较大，有损伤、破坏时电阻值较小。

(4) 电极与皮肤的接触面积大和接触紧密时电阻值小，反之电阻值大。

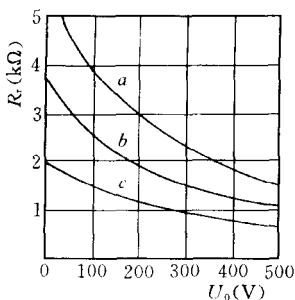


图 1-1 人体电阻和接触电压的关系

图中： a 是人体电阻的上限， b 是人体电阻的平均值， c 是人体电阻的下限； a 和 b 之间相应于干燥的皮肤， b 和 c 之间相应于潮湿的皮肤。

(5) 通过人体的电流大，时间长，皮肤发热出汗时电阻值下降。

(6) 接触的电压高时会电解和击穿皮肤，人体电阻值会大大下降。通常 $10 \sim 30 \text{ V}$ 的接触电压就能击穿皮肤。

人体电阻和接触电压的关系如图 1-1 所示。图中： a 是人体电阻的上限， b 是人体电阻的平

第三节 触电伤害

电流对人体组织的作用是复杂的，按触电造成的后果不同，触电伤害大致可分为电击和电伤两种。

一、电击

电击是电流对人体内部器官的一种伤害，属内伤。电击时一般人体和带电体直接接触，由于电流通过人的肌体，肌肉有抽筋现象，肢部会痉挛，使人摔向一侧。这时，电流作用已使管理心脏和呼吸机能的神经中枢受到复杂的伤害，如果尚未脱离电源，心脏和呼吸器官的正常工作机能会继续遭到破坏，易造成死亡；如果人体能迅速脱离电源，可能不致引起严重的后果，对在某些情况下已出现假死等现象的伤员，可以及时、正确地施行现场心肺复苏急救。实践证明多数人是可挽回生命的。触电死亡事故大多是电击所造成，

因此电击是最危险的触电伤害。

电击的主要特征有：

(1) 一般易发生在 35 kV 及以下的高压电气设备和低压电气设备上，加于人体的电压不太高。

(2) 受轻度电击时，由于电流大部或全部从人体体内通过，故触电者外表不易找到明显的伤害，只在与大地接触的人体部位留下米粒大或黄豆大的击穿痕迹。但电流流经人体的时间较长时，电击伤害程度加重。

二、电伤

电伤是电流的热效应、化学效应或机械效应对人体表面造成的局部伤害，包括电灼（烧）伤、电烙印和皮肤金属化。

(1) 电灼（烧）伤。电灼（烧）伤是电流热效应和机械效应对人体外部造成的局部伤害，它可分为电弧灼伤和非电灼灼伤。电灼（烧）伤是触电事故中出现较多的一种形式。

电弧灼伤有两种，一种是电流经过人体的电弧灼伤，称直接电弧灼伤，当人体某部位接近高压设备一定距离的瞬间，带电体对人体弧光放电，此时有较大的电流经过人体。由于人的本能作用和电弧放电时间较短，且伴有高频振荡，通常情况不致引起电击。但严重的电弧灼伤也能伴随电击，致人伤残或致命。另一种是电流不经过人体的电弧伤害，称间接电弧灼（烧）伤，由于放电时电弧温度高达 3000°C 以上，常会造成比较严重的以至大面积电弧烧伤。如电路中带负荷拉隔离开关时就会引起这类事故。

非电弧灼伤是由于电弧的辐射热作用所造成的人员眼睛伤害，或衣物等燃烧引起的烧伤，或因电流熔化局部导电体所产生的熔化金属粉末飞溅引起的灼伤。

必须警惕，员工的化纤类非棉织品着装，是在电弧高温辐射热作用下，极易造成人体表面皮肤被烧伤的大伤害。

(2) 电烙印。电烙印是人体触电后，由于电流的化学效应或机械效应在皮肤上形成的灼伤痕迹。伤痕一般呈圆形或椭圆形，有白色或灰色的边缘，一般不会使人感到疼痛。严重时会造成触电部位局部肌肉僵死，而不得不进行截除手术。

(3) 皮肤金属化。皮肤金属化是由于电流的机械性或化学性作用，将熔化产生的炽热金属微粒，渗入皮肤层所引起。大多数情况皮肤金属化是局部性的，通常不会造成其他严重后果。它是电伤中较轻的一种伤害。

人体触及带电体的情况是多种多样的，有时电击和电伤两种触电伤害会同时发生。此外，电伤会伴有伤员丧失知觉及平衡，致使其由高处坠落摔伤。

第四节 电流对人体作用的因素

通过试验研究和触电事故的分析所知，当电流流经人体内部组织时，影响触电伤害的程度与通过人体的电流大小、持续时间、电流途径、电流的频率和种类以及人体状况和电压高低等多种因素有关，而且各因素之间有着密切关系。

一、电流大小

通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，人的感觉越强烈，引起心室颤动或窒息所需的时间越短，致命的危险性就越大。

根据通过人体电流大小的不同，对人体产生的不同生理效应和呈现的状态，可将电流划分为以下三级。

(1) 感知电流。是指人体开始通电有感觉的最小电流。实验资料表明，人体的感知电流随着对每个人的通电感觉之异，而有差异；随着人体电流流入部位的不同，而有所不同。50~60Hz 交流电时，成人男性平均感知电流约为 1.1 mA，成人女性约为 0.7 mA。直流电时，男性感知电流约为 5.2 mA，女性约为 3.5 mA。

(2) 摆脱电流。是指人触电后能自主摆脱触电电源（带电体）的最大电流。摆脱电流是一个重要的安全指标，在其值内触电者具有自主行为的摆脱能力，自行脱离触电电源。实验资料表明，对于不同的人，摆脱电流也不相同。50~60Hz 交流电时成年男性平均摆脱电流约为 16 mA，成年女性约为 10.5 mA，直流电时男性平均摆脱电流约为 76 mA，女性约为 51 mA。按 0.5% 的危险度概率考虑，50~60 Hz 交流电时成人男性最小摆脱电流约为 9 mA，成人女性约为 6 mA，儿童约为 4.5 mA。实验资料见表 1-2。

表 1-2 感知电流、摆脱电流 (mA)

	平均感知电流		平均摆脱电流		最小摆脱电流
	工频交流	直 流	工频交流	直 流	工频交流 (按 0.5% 危险度概率)
男	1.1	5.2	16 (15)	76	9
女	0.7	3.5	10.5	51	6
儿 童	—	—	—	—	4.5

表 1-3 是工频电流经手—躯干—手的途径，对成年男性的实验结果，其感知电流与摆脱电流值与表 1-2 相接近。这里仍要指出安全是相对的，因为它以行为和本能来判断安全，被试验（保护）对象限于具有摆脱能力的触电者。1984 年国际电工委员会在 IEC479—1 中规定采用与持续时间无

关的、常用的 15~100Hz 的交流电感知电流为 0.5 mA，直流感知电流为 2 mA，交流摆脱电流值确定为 10 mA，我国国标中也将交流摆脱电流值定为 10 mA；矿井等类的作业则定为 6 mA。

表 1-3 工频电流对人体作用的实验资料 (mA)

感 觉 情 况	被试者		
	5%	50%	95%
手表面有感觉	0.7	1.2	1.7
手表面有麻痹似的连续针刺感	1.0	2.0	3.0
手关节有连续针刺感	1.5	2.5	3.5
手有轻度颤动，关节有受压迫感	2.0	3.2	4.4
前肢部有强力压迫的轻度痉挛	2.5	4.0	5.5
上肢部有轻度痉挛	3.2	5.2	7.2
手硬直、有痉挛，但能伸开，已感觉有轻度疼痛	4.2	6.2	8.2
上肢部、手有剧烈痉挛，失去感觉，手的前表面有连续针刺感	4.3	6.6	8.9
手的肌肉直到肩部全部痉挛，但还可能摆脱带电体	7.0	11.0	15.0

(3) 致命电流。是指在较短时间内危及生命的最小电流。当人体发生触电，电流流过心脏，使心脏不仅不能正常搏动，还将引起心室纤维颤动，血液循环中止而死亡，这个使心室颤动的电流可称为致命电流。心室颤动电流的大小与电流流过人体的途径、心室通电时间有关。

二、触电时间

电流对人体所造成的生理效应与触电时间长短有密切的关系。如果触电时间越长，流过心脏的电流越大，越容易引起心室颤动，电击伤害的危险性也就越大。其原因是：

(1) 触电时间越长，能量积累增加，心室颤动电流减小。当触电时间在 0.01~5 s 范围内时，心室颤动电流和触

电时间的关系为

$$I = \frac{116}{\sqrt{t}} \quad (1-1)$$

式中 I ——相应于体重 50 kg 的人的心室颤动电流, mA;

t ——触电时间, s。

心室颤动电流与时间的关系为, 当 $t \geq 1$ s 时, $I = 50$ mA; 当 $t < 1$ s 时, $I = \frac{50}{t}$ mA。

(2) 触电持续时间的长短与通过人体电流的大小对人体所产生的生理效应是不同的。图 1-2 绘出了当 15~100 Hz 交流电流流过人体四肢(手到手或手到脚)时, 4 种电流一时间区间对人体所产生的不同生理效应 (IEC479—1)。

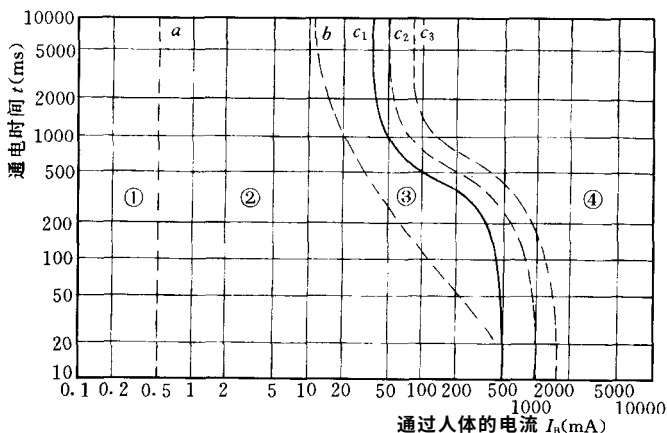


图 1-2 15~100 Hz 交流电对人体效应的时间—电流区间

1) 图 1-2 中的电流为从左手流经双脚时的人体生理效应。

2) 图 1-2 中, 500 mA/100 ms 这一点与大约 0.14% 的

心颤可能发生率相对应。在第 1 区间,通常无生理效应上的反应,与人体通过电流的时间无关;在第 2 区间,通常无有害的生理效应反应;在第 3 区间,通常被认为不会有器质性的损伤,但随着电流强度和持续时间的增加,很可能发生肌肉收缩、呼吸短促且困难、心脏组织和搏动传导的可逆性失调,甚至出现心室颤动和短暂心脏停跳;在第 4 区间,除了有第 3 区间的效应外,曲线 c_2 出现室颤的概率可达 5%,曲线 c_3 概率增至 50%,曲线 c_3 以上时概率可高于 50%。随着电流强度和持续时间的增加,可能发生心脏停跳、呼吸停止和严重灼伤。

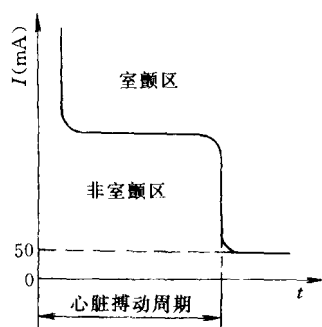


图 1-3 心室颤动电流与通电时间的关系

3) 通电时间与心室颤动电流有关,其关系如图 1-3 所示。当通电时间超过心脏搏动周期时,心室颤动电流仅数十毫安(一般认为是 50 mA 以上);当通电时间不足心脏搏动周期,但超过 10 ms,并发生在心脏搏动的特定时刻时,心室颤动电流在数百毫安以上。

心脏每一搏动周期中,只有心脏收缩与舒张之间大约 0.1~0.2s 左右的易激期对电流最敏感。触电时间一长,重合这段危险时间的可能性越大,危险性就越大。

4) 触电时间越长,人体电阻因出汗等原因降低,导致流过人体电流进一步增大,触电危险性也增加。

根据试验和综合分析资料得出的工频电流大小与触电持

续时间长短对人体的生理反应，可详见表 1-4 中所示。其中， O 范围内，人的生理反应是没有感觉； A_1 、 A_2 、 A_3 范围内，在一般情况下尚不致引起心室颤动，产生严重的后果，但持续通电时间过长时仍会引发心室颤动； B_1 、 B_2 范围，易产生严重后果。

表 1-4 工频电流对人体的作用

电流范围	电流 (mA)	触电时间	人的生理反应
O	$0 \sim 0.5$	连续通电	没有感觉
A_1	$0.5 \sim 5$	连续通电	开始有感觉，手指、手腕等处有痛感，无痉挛，可以摆脱带电体
A_2	$5 \sim 30$	数分钟以内	痉挛、不能摆脱带电体，呼吸困难，血压升高，是可以忍受的极限
A_3	$30 \sim 50$	数秒到数分钟	心脏跳动不规则，昏迷，血压升高，强烈痉挛，时间过长即引起心室颤动
B_1	50 至数百毫安	低于心脏搏动周期	受强烈冲击，但未发生心室颤动
		超过心脏搏动周期	昏迷，心室颤动接触部位留有电流通过的痕迹
B_2	超过数百毫安	低于心脏搏动周期	在心脏搏动周期特定的相位触电时，发生心室颤动、昏迷，接触部位留有电流通过的痕迹
		高于心脏搏动周期	心脏停止跳动、昏迷，产生可能致命的电灼伤

三、电流途径

人体心脏是最为薄弱的器官，流经心脏的电流是促使心室性纤维颤动的祸魁。通过试验证明电流流过人体的途径不同时，流过心室颤动电流大小也不同，由此造成的电击危险性也不相同。人体不同电流途径对心脏电流的影响，可用心脏电流系数表示。心脏电流系数就是从左手到双脚

的心室颤动电流阈值与任一电流途径的心室颤动电流阈值的比值，即

$$F = I_{\text{ref}}/I_h \quad (1-2)$$

式中 F ——心脏电流系数；

I_{ref} ——经左手到双脚的心室颤动电流阈值，mA；

I_h ——任一电流途径的心室颤动电流阈值，mA。

心室颤动电流阈值是指引起心室性纤维颤动的最低电流值。在人体触电时，不同电流途径下的心脏电流系数见表1-5。

表 1-5 不同电流途径下的心脏电流系数 F

电 流 途 径	心脏电流系数 F
左手至左脚、右脚或双脚；双手至双脚	1.0
左手至右手	0.4
右手至左脚、右脚或双脚	0.8
背至右手	0.3
背至左手	0.7
胸部至右手	1.3
胸部至左手	1.5
臂部至左手、右手或双手	0.7

从表 1-5 中可看出，胸至左手是最危险的电流途径，其次是胸至右手。对四肢来说左手至左脚、右脚或双脚和双手至双脚也是最危险的电流途径，其次是右手至左脚、右脚或双脚。左手至右手的心脏电流系数较小，即心脏分流的电流较小，脚至脚的电流途径偏离心脏较远，从心脏流过的电流更小，但不能忽视因痉挛而摔倒，导致电流通过人体主要部位造成的伤害。

有关心电相位的问题。正常人的心脏跳动是有节律周期的进行舒张和收缩，当人体触电时，电流流过心电相位的心

缩期和心舒期所产生的室颤电流阈值和危险性也有所不同。根据实验证明，电击心缩期的室颤电流阈值要比电击心舒期的室颤电流阈值小，也就是说电击心缩期的危险性要比电击心舒期的危险性大。当电流作用时间超过人的心脏搏动周期时，由于电流与心电相位的心缩期重合，极易产生心室颤动，因此心电相位在指定时间条件下对心室颤动电流阈值起着主要作用。

四、电流种类

直流电流、高频电流、冲击电流对人体都有伤害作用，其伤害程度一般较工频电流为轻。

电流频率不同，对人体的伤害程度也不同。25~300 Hz的交流电流对人体伤害最严重。1000 Hz 以上，伤害程度明显减轻，但高频高压电也有电击致命的危险。男性摆脱电流与频率的关系如图 1-4 所示。图中曲线 1、2、3、4、5、6 和 7 相应的概率分别为 99.5%、99%、75%、50%、25%、1% 和 0.5%。

10000 Hz 高频交流电最小感知电流，男性约为 12 mA；女性约为 8 mA。平均摆脱电流男性约为 75 mA，女性约为 50 mA。可能引起心室颤动的电流，通电时间 0.03 s 时约为 1100 mA；3 s 时约为 500 mA。

雷电和静电都能产生冲击电流。冲击电流能引起强烈的肌肉收缩，给人以冲击的感觉。冲击电流对人体的伤害程度与冲击放电能量有关。数十至一百微秒的冲击电流使人有感觉的最小值为数十毫安以上。数十至一百微秒接近 100 A 的冲击电流也不一定引起心室颤动，因而不致使人致命。当人体电阻为 1000 Ω 时，可以认为冲击电流引起心室颤动的界限是 27 W·s。

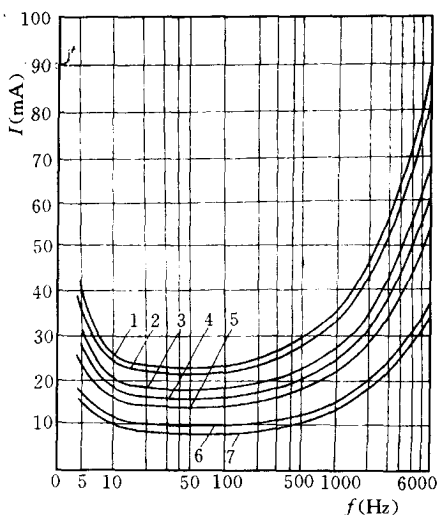


图 1-4 摆脱电流与频率的关系

五、人体状况

试验和分析表明电击危险性与人的性别、人体状况有关。从表 1-2 中可以看出，女性对于电流较男性敏感，女性的感知电流和摆脱电流均约为男性的三分之二。由于感知电流、摆脱电流和心室颤动电流一般与体重成正比，体重越轻越敏感，所以儿童对电流的感觉较成人敏感，儿童遭受电击较成人危险。人的健康状况、精神状态不同，对感知电流、摆脱电流和致命电流的敏感程度也不同，触电伤害程度也不一样。如有心脏病、呼吸道和神经系统疾病的人以及酗酒、疲劳过度的人，遭受电击时的危险性比正常人严重。

六、电压高低

流过人体的电流是由人体的接触电压和人体电阻所决定

的。实际上，在现场常常会发生人体接近小于最小安全距离的高压电或不慎碰触到高压带电体的现象，人体肌肤的角质层很易被高电压击穿破坏，电阻率下降，同时含水分高的肌肤也会被电解，人体电阻很快降至内部电阻值，通过人体的电流随之增大，因此电压越高对人体构成的危险性也就越大。另外，当人体接近 66 kV 及以上高电压和 500 kV 及以上超高电压的带电体时，由于高电场的作用，会产生很高的静电感应电压；在强交流电磁场的作用下，会产生很高的电磁感应电压。因此，电力作业人员有面临静电感应高电压和电磁感应高电压对人的触电伤害，以及高压带电导体剩余电荷的触电伤害，同时会伴有高处坠下致伤等二次伤害。

电压低，电磁场的作用相对较低弱，感应电压不大，人体对其敏感性较差，作业人员往往会在不知不觉中碰触及带电体而遭电击伤害，这类触电事故的例子较多。

电压高低对人体的影响见表 1-6。

表 1-6 电压对人体的影响

接 触 或 接 近 时 的 情 况	
电 压 (V)	对 人 体 的 影 响
10	全身在水中时，跨步电压界限为 10 V/m
20	为湿手的安全界限
30	为干燥手的安全界限
50 ^①	对人的生命没有危险的界限
100~200	危险性急剧增大
200 以上	对人的生命发生危险
3000	有被带电体吸引的感觉
10000 以上	有被弹开而脱险的可能

①该电压是指空载上限交流有效值。

第五节 安全电压和安全电流

一、安全电压

我国在 1984 年公布实施了《安全电压》的国家标准 (GB3805—83)，国标中规定了安全电压的定义及等级。安全电压定义为防止触电事故而采用的由特定电源供电的电压系列。这个电压系列的上限值，在空载和故障情况下，任何两导体间或任一导体与地之间的电压均不得超过交流（50～500 Hz）有效值 50、43、29、15V 和 8V。其相应的安全电压额定值的等级见表 1-7 所示。

特定电源供电是指有专用的安全电压的电源装置供电，除采用独立电源外，其供电电源的输入电路与输出电路必须实行电路上的隔离；工作在安全电压下的电路，必须与其他电气系统和任何无关的可导电部分实行电气上的隔离。

采用安全电压的电气设备、用电电器应根据使用场所的环境、使用方式和人员等因素，选用国标规定的不同等级的

表 1-7 安全电压
(交流有效值)

额定值 (V)	空载上限值 (V)
42	50
36	43
24	29
12	15
6	8

安全电压额定值。如手提式照明灯、安全灯、危险环境的携带式电动工具，在无特殊安全结构和安全措施情况下，应采用 36 V 安全电压；在金属容器内、隧道内、矿井内等工作地点，以及较狭窄、有金属导体管板或金属壳体、粉尘多和潮湿的环境使用的手提照明灯，应采用 24 V 或 12 V 安全

电压。本安全电压等级系列不适用于水下等特殊场所，也不适用于插入人体内部的带电医疗设备。

国标明确规定当电气设备采用 24 V 以上的安全电压时，必须采取防止直接接触带电部分的保护措施。有的人认为安全电压 50 V 空载上限值是根据人体允许电流 30 mA 和人体电阻 $1700\ \Omega$ 的条件确定的，就可把 50V 空载上限值作为正常的安全电压额定值，或者认为即使人体长时间直接接触 50V 空载上限值带电体也不会有危险，这是一种误解。从表 1-6 电压对人体的影响中可以看出，24~50 V 电压不造成触电对人生命有危险的界限是有条件的，所以超过 24 V 安全电压时，必须采取防止直接接触带电体的保护措施。另外，由于触电刺激，要采取预防可能引起的高处坠落、摔倒等二次性伤害事故。

当人体直接接触 24~42V 电压时，就有一定的危险，此时的人体触电会发生痉挛以上，致心室颤动以下这个区域内的伤害。正常人在接触不同电压时的人体电阻和通过人体的电流如表 1-8 所示。

二、安全电流

为了确保人身安全，一般以触电后人体未产生有害的生理效应作为安全的基础。因此，通过人体一般无有害生理效应的电流值，即称为安全电流。安全电流又可分为容许安全电流和持续安全电流两种，当人发生触电，通过人体的电流值不大于摆脱电流值称为容许安全电流。根据国家标准确定 50~60 Hz 交流电容许安全电流值为 10 mA，对于矿井容许的作业电流则规定为 6 mA；直流电的人体安全电流定为 50 mA。当人发生触电，通过人体的电流与相应的持续通电时间对应的电流值称为持续安全电流。交流持续安全电流值与