

上海科技大学2021实验室安全专项培训

“PI说安全”之实验室用电安全



主讲：傅旻帆博士
信息学院助理教授、研究员



签到



上海科技大学
ShanghaiTech University

环境安全与健康 (EHS)处
信息学院



通用电气安全研讨会

“批评与自我批评”

环境安全与健康 (EHS) 处

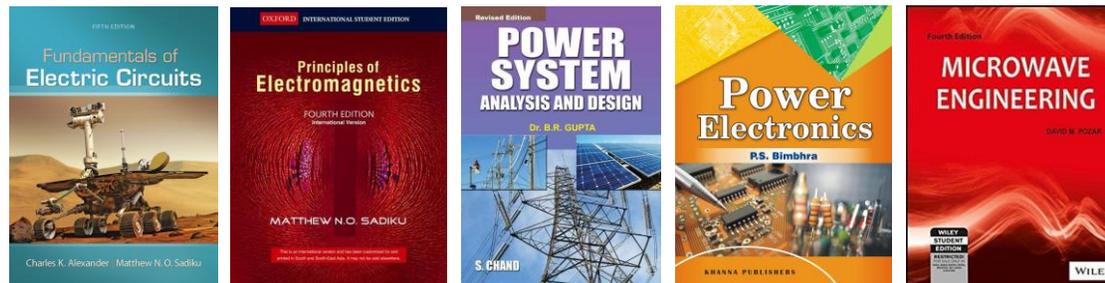
个人见解

用电安全问题

缺乏常识 (1%)



缺乏知识 (39%)



贪图方便 (60%)

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

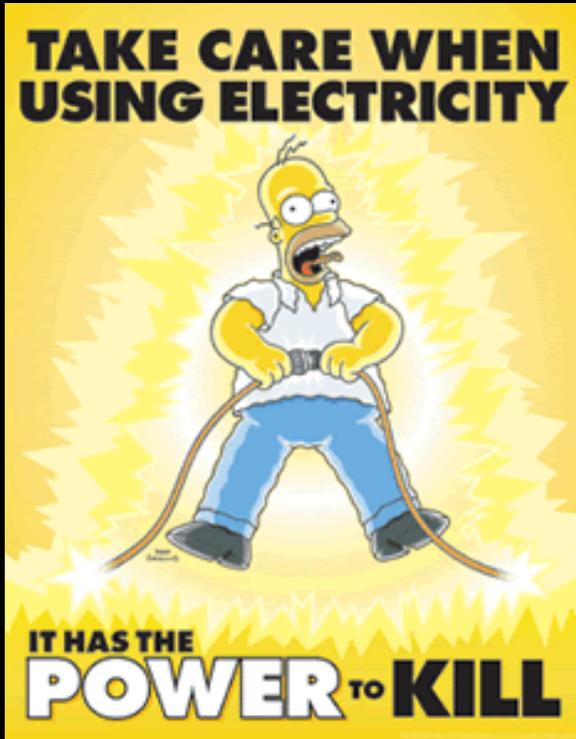
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$



$$I = \frac{U}{R} \begin{matrix} \text{源} \\ \text{路径} \end{matrix}$$

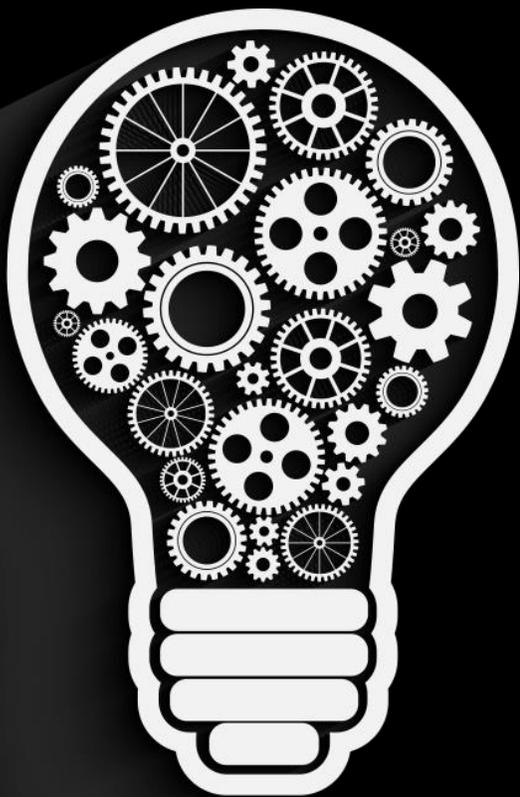


目的：提高安全用电意识，安全用电，了解触电急救知识。

电气安全概述



- ◆ 电在造福于人类的同时，也会产生潜在风险。
- ◆ 统计资料表明：我国每消耗1.5亿度电就会导致1人触电死亡；而美日等发达国家约每使用20-40亿度电才导致1人死亡。
- ◆ 因触电死亡人数占我国意外伤亡事故总数的5%左右。



培训内容

Content

1. 用电安全隐患
2. 电气事故类型和危害
3. 用电安全注意事项
4. 用电安全措施
5. 用电小技巧
6. 触电急救



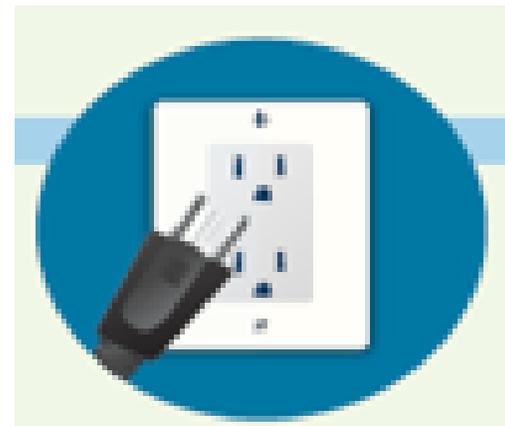
第一部分
用电安全隐患

用电安全隐患

超负荷用电或
用电负荷不均



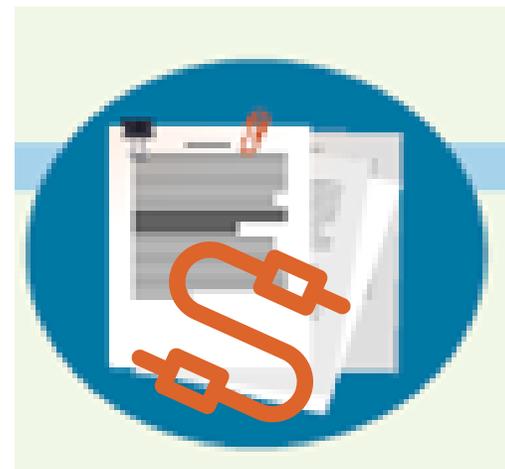
设备长时间处于
充电状态



插线板、电线在
地上



纸张等可燃物离
电源较近



用电过载的表现

! Learn the warning signs of an overloaded electrical system:



Frequent tripping of circuit breakers or blowing of fuses



Dimming of lights when other devices are turned on



Buzzing sound from switches or outlets



Discolored outlets



Appliances that seem underpowered



第二部分

电气事故的种类和危害

电流对人体的伤害

1、什么是触电？

触电是人体直接或间接接触到带电体，电流通过人体造成的。分电击与电伤两种。

触电对人体的伤害形式

- **电击**——电流通过人体内部，直接对内部器官、组织造成伤害。而在人体外表不一定留下电流痕迹。表现为：心室颤动、心脏停跳、中枢神经失调、昏迷、瘫痪等。
- **电伤**——电流直接或间接对人体表面的局部组织造成伤害，表现为：电灼伤、电烙印、皮肤金属化等。



触电方式

2、人体触电的方式：

触电方式很多，一般可分为以下两种

直接

直接接触触电

触及正常状态下带电的带电体而导致的触电。

间接

间接接触触电

触及正常状态下不带电、而在故障下意外带电的带电体而导致的触电。

(1) 直接接触触电的形式：

1

单相触电

2

两相触电

3

电弧伤害

触电方式



两相触电

人体的两个部位同时接触电源的两相，
电流从电源的一相经过人体流入另一相。
两相触电时，人体承受的电压为线电压，
因此更容易造成伤害。



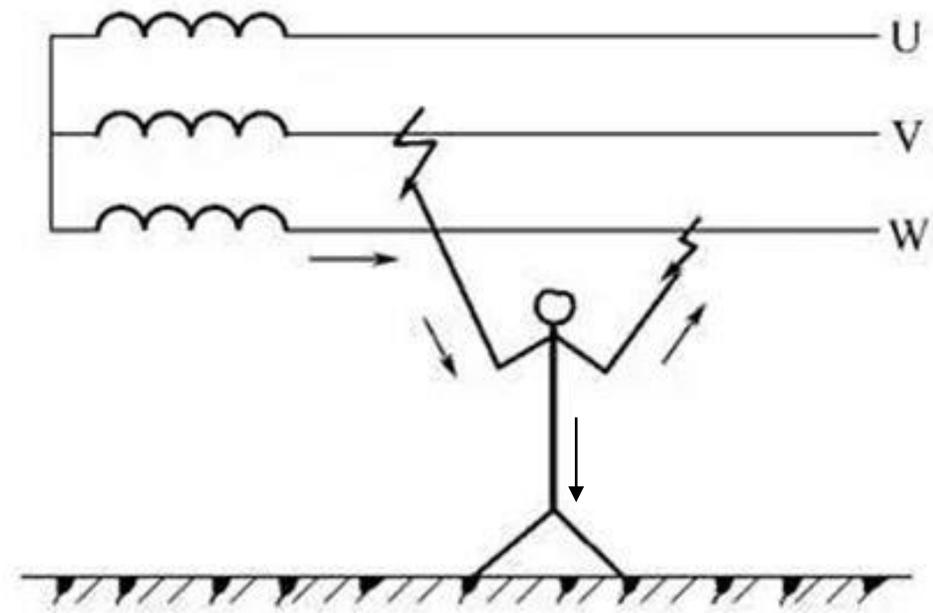
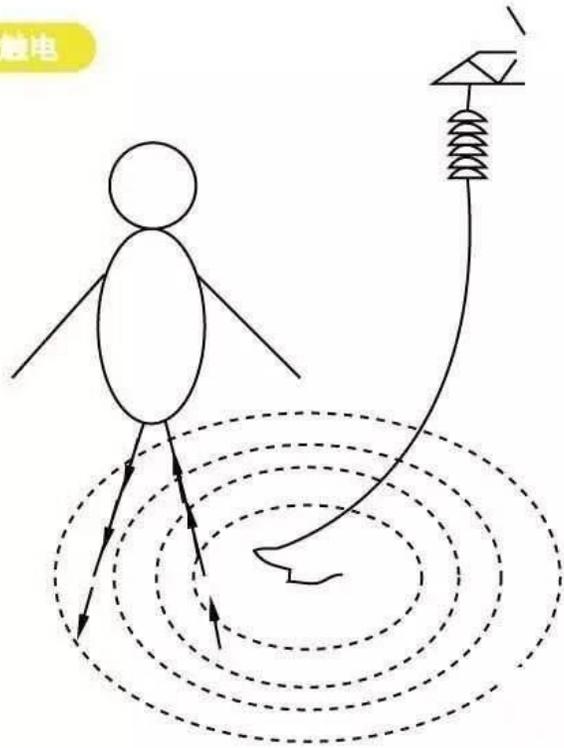
单相触电

单相触电是人体直接接触带电设备或线路
中的一相时，电流经过人体流入大地或带
电体。

触电方式

两相触电

跨步电压触电



电流对人体的伤害

3、电流效应的影响因素

(1) 电流值大小 (工频)

- **感觉电流**——引起感觉的最小电流。如轻微针刺，发麻。
 - 平均 (概率50%) ， 男： 1.1 mA ； 女： 0.7 mA； 直流 5 mA。
- **摆脱电流**——能自主摆脱带电体的最大电流。
 - 平均 (概率50%) ， 男： 16mA； 女： 10 mA；
 - 最低 (概率0.5%) ， 男： 9mA； 女： 6 mA；
- **室颤电流**——引起心室发生心室纤维性颤动的最小电流。
 - 电流 ≥ 50 mA， 心脏停止跳动；
 - 电流 ≥ 30 mA， 心室颤动。



电流对人体的伤害

3、电流效应的影响因素

(1) 电流对人体的危害程度

电流/mA	感觉情况	
	50Hz 交流电	直流电
0.6~1.5	开始感觉手指麻刺	没有感觉
2~3	手指强烈麻刺	没有感觉
5~7	手部疼痛,手指肌肉发生不自主收缩	刺痛并感到灼热
8~10	手难于摆脱电源,但还可以脱开,手感到剧痛	灼热增加
20~25	手迅速麻痹,不能脱离电源,呼吸困难	灼热愈加增高,产生不强烈的肌肉收缩
50~80	呼吸麻痹,心脏开始震颤	强烈的肌肉痛,手肌肉不自主地强烈收缩,呼吸困难
90~100	呼吸麻痹,持续 3s 以上,心脏停止跳动	呼吸麻痹
500 以上	延续 1s 以上有死亡危险	呼吸麻痹,心室震颤,心脏停止跳动



电流对人体的伤害

3、电流效应的影响因素

(2) 电流持续时间



$t \uparrow \rightarrow$ 吸收电能 $\uparrow \rightarrow$ 伤害 \uparrow

$t \uparrow \rightarrow$ 电流重合心脏易损（激）期，危险 \uparrow

$t \uparrow \rightarrow$ 人体电阻 $\downarrow \rightarrow$ 人体电流 $\uparrow \rightarrow$ 伤害 \uparrow

$t \uparrow \rightarrow$ 中枢神经反射 $\uparrow \rightarrow$ 危险 \uparrow

电流对人体的伤害

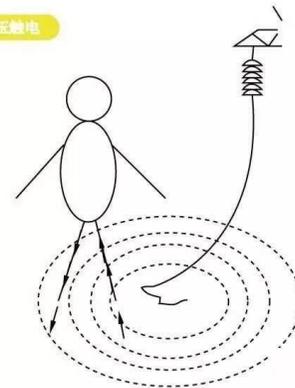
3、电流效应的影响因素

(3) 电流途径



- 1 不同途径，危险性不同，但没有不危险的途径。
- 2 最危险的是：左手到前胸。
- 3 判断危险性，既要看到电流值，又要看途径。

跨步电压触电



电流对人体的伤害

3、电流效应的影响因素

(4) 电流种类



高频电流

烧伤比工频电流严重，
但电击的危险性较小。



冲击电流

指作用时间 $< 0.1 \sim 10\text{ms}$
的电流。种类：方脉冲、
正弦波、电容放电脉冲。
影响室颤的主要影响因
素是 I_t 和 $I_2 t$ 的值。（ I —
有效值）



直流电流

持续时间 $>$ 心脏周期时，
室颤阈值为交流的数倍；



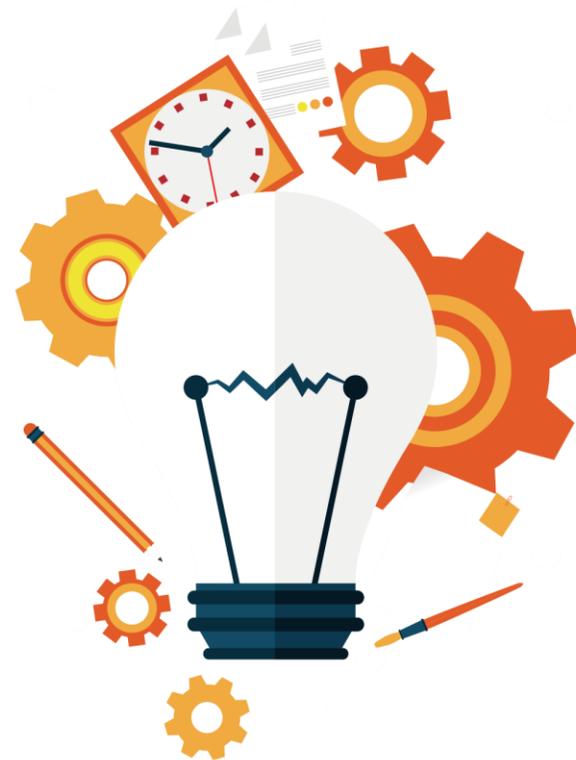
持续时间

$< 200\text{ms}$ 时，室颤阈值与
交流大致相同。

3、电流效应的影响因素

(5) 个体特征

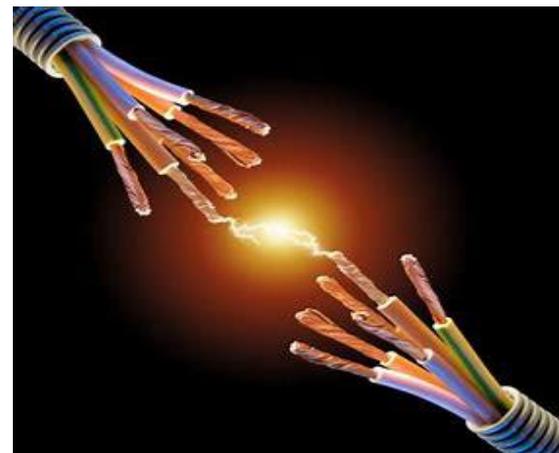
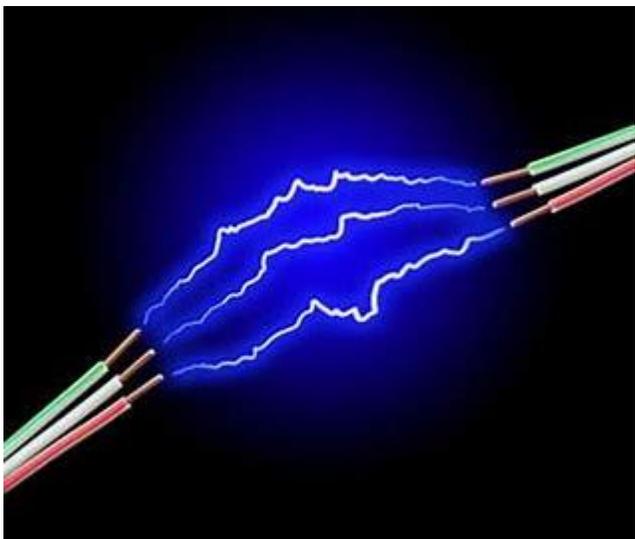
- ◆ 因人而异，健康情况、健壮程度、性别、年龄和人体状态等。即：男性、成年人、健康者对电流的抵抗能力则相对要强些。
- ◆ 在一般情况下，人体电阻可按1000~3000欧姆计算人体电阻因人而异。手有毛茧，皮肤潮湿、多汗，有损伤，带有导电粉尘的电阻较小，危险性较大。



电流对人体的伤害

电弧伤害

电弧是气体间隔被强电场击穿时电流通过气体的一种现象。被电弧“烧伤”着的人，将同时遭受电击和电伤。所以视为直接接触触电。



电压对人体的伤害

不同条件下的人体电阻

皮肤干燥 (Ω)	皮肤潮湿 (Ω)
1000-3000	500-800

$$I = \frac{U}{R}$$

作用于人体的电压越高，危险越大。同时随着电压的增高，人体阻抗会出现剧烈下降趋势。

我国国家标准规定了安全特低电压的系列，将安全特低电压额定值（工频有效值）的等级规定为42，36，24，12，6V。

当电气设备采用24V 以上安全特低电压时，必须采取防护电击的措施。

静电、电磁场危害

静电危害

- 足够量的静电会使局部电场强度超过周围介质的击穿场强而产生电火花，引发爆炸和火灾。
- 人体积累的静电到2000V 以上会产生不同程度的静电电击，严重的会造成人体伤害。

电磁场危害

- 电磁场作用下，能吸收一定的辐射能量，使人体内的一些器官功能受到不同程度的伤害。
- 头晕、头痛、乏力、记忆力衰退、睡眠不好、多汗、心悸、视力减退及心血管系统异常等。
- 高频、微波电磁场除对人体有危害外，还会产生高频干扰，影响通信、测量、计算等点则设备正常工作，诱发事故。

雷电危害

- 雷雨闪电时，实验室大型仪器设备最好切断电源。
- 实验室尽量不要开门、开窗。
- 雷雨闪电时，不要拨打、接听电话，最好关机。
- 闪电打雷时，不要接近一切电力设施，如高压电线变压器等。打雷时不要靠近、避免接触任何金属管线等。
- 避免站在电灯泡下，不要使用紧急冲淋。
- 正在进行的实验，如因雷电而带来危险因素，需妥善暂停进行。
- 如出现紧急断电，保持镇静，至光亮处，待雷电平息后，拨打紧急联系电话或疏散。
- 尽量不要出门，若必须外出，不要在高大独立的树下避雨，至少离大树**5**米外，不要把金属物体扛在肩上。行走时要与高层建筑保持一定距离，避开高空坠物。



电气事故的危害



- ◆ 人体危害（电击和电伤）、设备损失、电气火灾、爆炸等；
- ◆ 危险源识别难、事故危害大、涉及领域广。

电气火灾和爆炸

电气火灾和爆炸原因

- 电气设备过热：电路短路、接触不良、散热不良、发热量大；
- 电火花和电弧；
- 爆炸场所有堆积可燃品、粉尘、可燃气体。





第三部分
用电安全注意事项

办公室用电安全

用电禁忌

- **切忌超负荷用电**：插线板接用电器过多，易引起发热、接触不良，引发火灾；电加热器、电热水器应特别小心。
- **避免用电负荷不均**：不能只使用办公室里固定的几个插座，而应注意均匀分配符合，**避免过载。??**
- **切忌使用破损、裸露的电线，切忌电线穿过尖锐边角**，易漏电，引发火灾。



办公室用电安全

用电禁忌

- **避免将让电源靠近可燃物**：散热性差的电气，如便携电器应与易燃物保持距离，还应及时查看电器温度，避免过热。
- **切忌让电器长时间待机**：智能电器最好设成节能模式或断电，降低功耗，减小发热量；手机、相机等充电时间不宜过长。
- **及时断电**：下班时应及时关闭电源，以免深夜里，用电负荷减少，电压升高，击穿电器薄弱元件，引起火灾。

实验室用电安全

实验室用电安全注意事项

- 根据仪器设备的最大功率配置配电箱。
- 使用电气设备时，手要干燥。不要用潮湿的手接触通电工作的电气设备，也不用湿毛巾擦拭带电的插座或电气设备。不要用测电笔去测试高压电。
- 正确配置插座。
- 不要随便乱动或私自修理实验室内的电气设备。进行电气设备的连接、拆装或整体移动时，严禁带电操作，以免发生触电事故。
- 经常接触和使用的配电箱、配电板、闸刀开关、按钮开关、插座、插销以及导线等，必须保持完好、安全。不得有破损或将带电部分裸露出来，对不可避免的裸露部分应用绝缘胶布等绝缘体进行妥善绝缘处理。
- 不得用铜丝等代替保险丝，并保持闸刀开关、磁力开关等面板完整，以防止短路时发生电弧或保险丝熔断飞溅伤人。
- 所有电器设备的金属外壳都应按要求保护接地或保护接零。经常检查电气设备的保护接地、接零装置，保证连接牢固。
- 使用电钻、电砂轮等手持电动工具是，必须安装漏电保护器，工具外壳进行防护性接地或接零，并要防止移动工具时导线被拉断。操作时应戴好绝缘手套并站在绝缘板上。

实验室用电安全

实验室用电安全注意事项

- 在移动电风扇、照明灯、电焊机等电气设备时，必须先切断电源，并保护好导线，以免磨损或拉断。
- 在雷雨天，应停止带电实验操作，避免发生雷击事故，避免使用紧急冲淋；不要走进高压电杆、铁塔、避雷针的接地导线周围20m之内。当遇到高压线断落时，周围10m范围内，禁止入内；若已经在10m范围之内，应单足或并足跳出危险区。
- 对设备进行维修或安装新电器时，一定要先切断电源，并在明显处放置警示牌。
- 实验室内不宜存放超量的低沸点有机溶剂或易燃易爆品，以防止这些物品的蒸气达到爆炸极限时遇到电火花而发生爆炸或燃烧。
- 电器设备使用完毕后，实验人员应及时关闭总电源，并检查加热装置的分开关是否闭合。
- 通常，不应在无人监控的情况下长时间开启电气设备。不应过度依赖电气开关的自动控制，要经常注意观察电气设备的工作状态，预防传感器失而导致的电路失控
- 一旦有人触电，应首先切断电源，然后抢救。



第四部分
安全用电措施

安全用电的技术措施

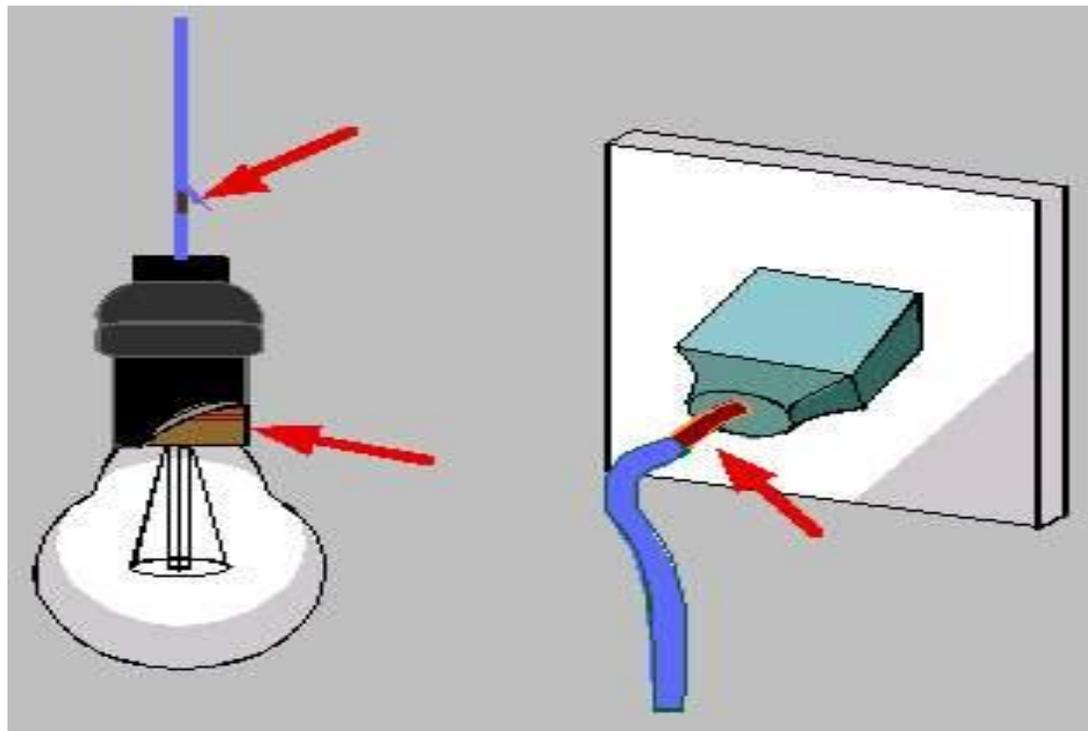
直接电击的防护



绝缘胶带

直接接触电击的基本防护原则是：应当使危险的带电部分不会被有意或无章地触及。最为常见的直接电击的防护措施为绝缘、屏护和间距。这些措施的主要作用是防止人触及或过分接近带电体造成触电事故。

安全用电的技术措施



注意:检查绝缘部分是否已破损。

安全用电的技术措施

屏护

采用遮拦、护罩、护盖、箱闸等把带电体同外界隔绝开来。

高压设备不论是否有绝缘，均应采取屏护。



安全用电的技术措施

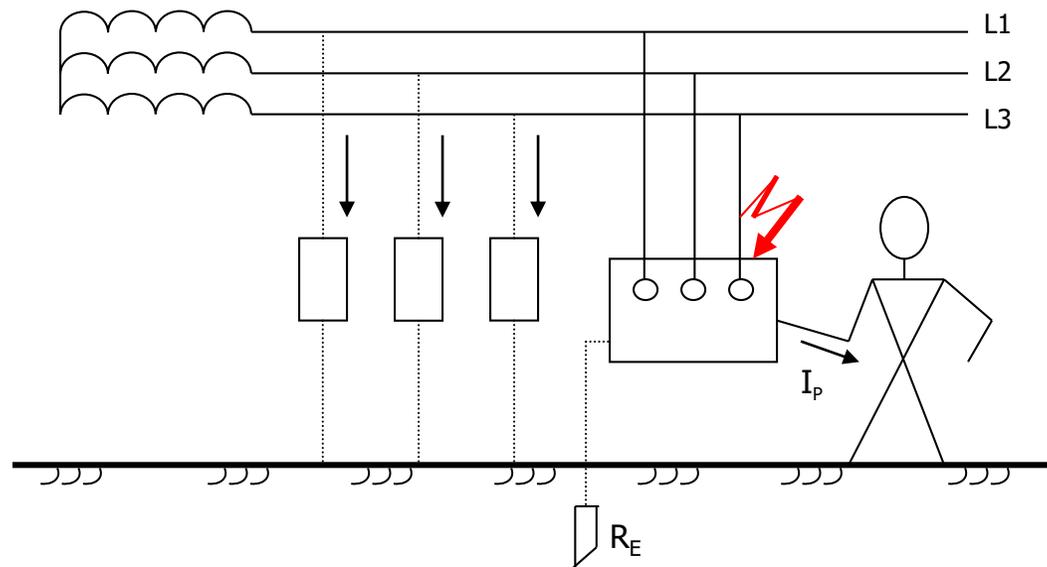
间距



保证带电体之间、带电体与地面、带电体与设备间必要的安全距离。

安全用电的技术措施

接地和接零

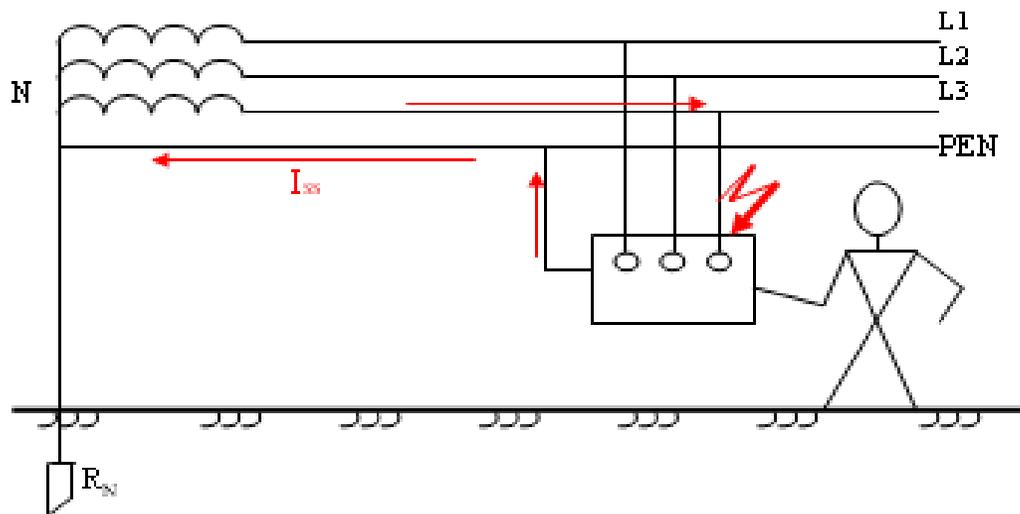


接地：电气装置或其它装置正常时不带电的金属外壳与大地的连接叫接地。

安全用电的技术措施

接地和接零

保护接零：就是把电气设备在正常情况下不带电的金属外壳与电网的零线紧密地连接起来。应该注意，零线回路中不允许装设熔断器和开关。（TN-C系统）



安全用电的技术措施

装设漏电保护装置



为了保证在故障情况下人身和设备的安全，应尽量装设漏电保护装置。它可以在设备及线路漏电时自动切断电源，起到保护作用。

安全用电的技术措施

采用安全电压

凡手提照明灯、高度不足2.5米的一般照明灯，如果没有特殊安全结构或安全措施，应采用36伏安全电压。安全电压的工频有效值不超过50伏，直流不超过120伏。我国规定工频有效值的等级为42伏，36伏，24伏，12伏和6伏。



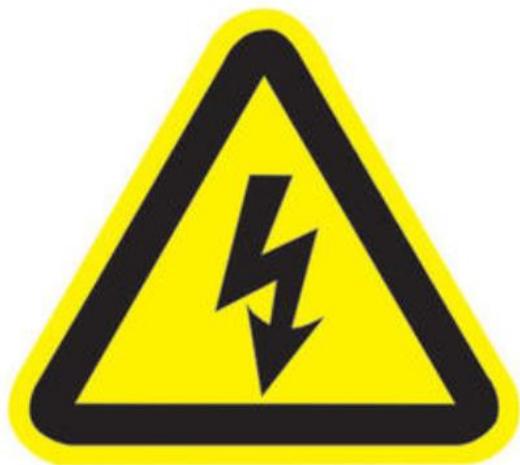
安全用电的技术措施

加强常识

①不要靠近有这种标志牌的地方!



安全用电的技术措施



止步 高压危险

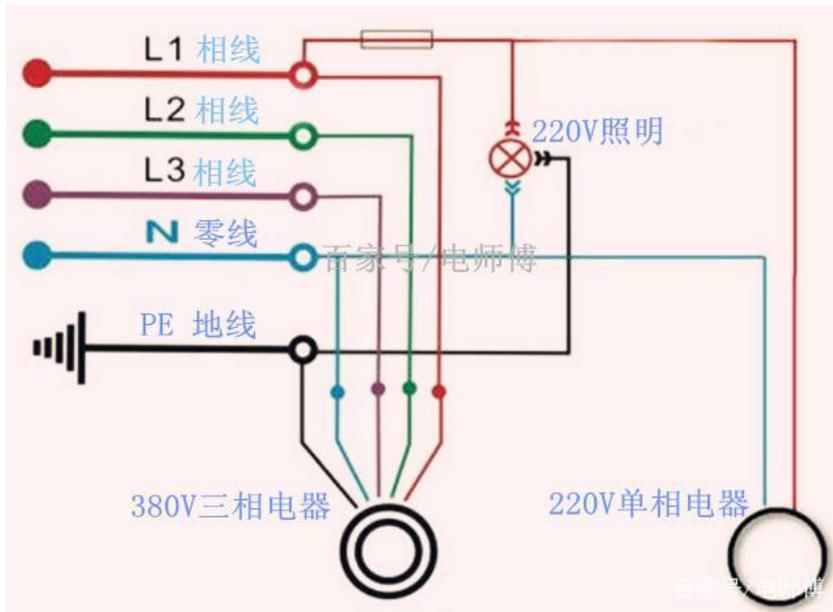
不要接触低压带电体
不要靠近高压带电体
(**低压勿摸，高压勿近**)



第五部分 用电小技巧

380 V 动力电

三相动力电（线电压）主要应用于大型机床、机械、搅拌机、电动机等用电



- 用电功率与封装是匹配的

220 V 照明电

单相照明电（相电压）主要应用小型设备

电风扇	≈100W	微波炉	≈800W
音 响	≈200W	电饭煲	≈800W
电视机	≈200W	电熨斗	≈800W
点冰箱	≈200W	吸尘器	≈1000W
电 脑	≈300W	取暖器	≈1000W
洗衣机	≈400W	空 调	大于2000W

常见规格:

- 10 A , 2.2 kW
- 16 A , 3.5 kW

排插

孔不够多，线不够长

BULL公牛



BULL公牛



新能源汽车充电延长线
(20 m, 16 A)

新型排插

孔不够多，线不够长



插孔电流：10 A； 额定功率：2.5 kW

防浪涌，保护敏感设备



收纳排插 (慎用)
散热问题

布电

- 标准台面
- 顶部为主
- 底部为辅
- 勤拉地线



耐压橡胶线槽 承重>20吨



第六部分
触电急救

触电急救

注意事项

1

如何使低压触电者脱离电源

2

脱离电源后的现场急救方法

触电急救(视频略)

案例 1



正确的救人方式是：首先应切断电源

触电急救(视频略)

案例 2



正确的救人方式是：

无法切断电源时，可用干燥的木棍挑开电线！

触电急救(视频略)

案例 3



正确的救人方式是：

无法切断电源时，可穿绝缘靴戴绝缘手套单手进行使触电者脱离电源！

触电急救(视频略)

案例 4



正确的救人方式是：

无法切断电源时，可穿绝缘靴、戴绝缘手套或用干燥的衣物包裹着手，单手拉着触电者干燥的衣物使触电者脱离电源！

触电急救

抢救迅速、救护得法、贵在坚持



- ◆ 触电后**一分钟内**抢救，90%能救活；
一到四分钟内抢救，60%能救活；**超过十分钟**抢救，获救的机率就很小了。
- ◆ 所以，救护要点为：**抢救迅速、救护得法、贵在坚持。**

触电急救

现场救护 CPR/AED



- 1 Call 911 or ask someone else to



- 2 Lay the person on their back and open their airways



- 3 If they are not breathing, start CPR



- 4 30 chest compressions



- 5 Two rescue breaths

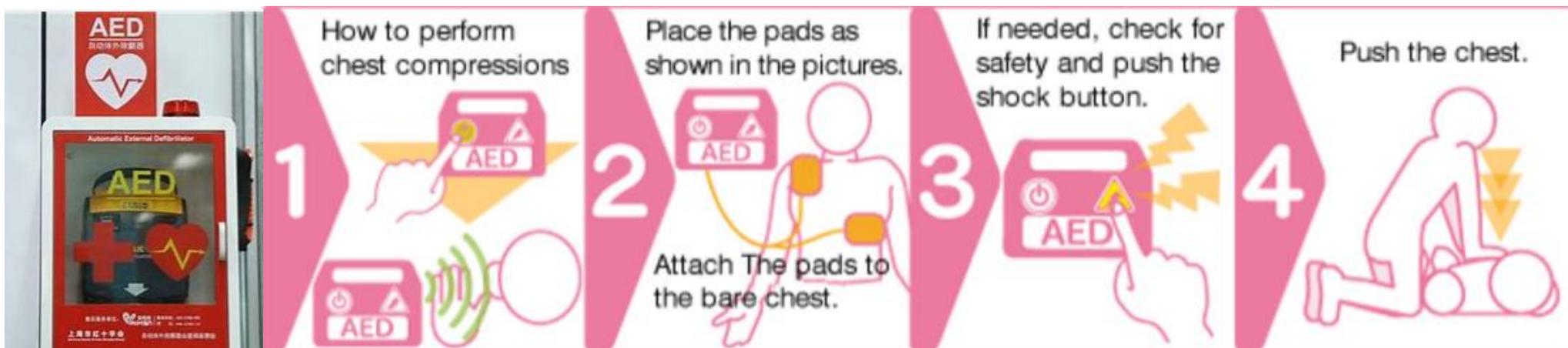


- 6 Repeat until an ambulance or AED arrives

图: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/324712>

触电急救

现场救护 AED



谢谢

Thank You



微信搜一搜

上科大EHS

环境安全与健康 (EHS) 处