

目 录

一、现代生活需要电的防护知识 (代序)	(1)
二、碰到裸电线的人会触电，为什么站在高压输电线上的鸟儿却活得欢？	(4)
三、为什么已经断开电源的电器的外壳却电死了人？	(16)
四、一条输电线断落触地，为什么离它几尺外的牛会倒地而死？	(27)
五、有的人会放出电火花，这是什么道理？	(30)
六、油罐汽车后总拖着一条“尾巴”，它是干什么的？	(36)
七、小小电容器能把人电死吗？	(41)
八、站在日光灯旁脱毛衣，为什么灯管会闪亮一下？	(45)
九、我们的祖先是怎么认识雷电的？	(49)
十、你见过被雷电击毙的人吗？受害者身上的花纹是怎么一回事？	(54)
十一、雷雨临空，你应该躲到哪里去？	(61)
十二、美国前国防部长的座机挨雷打的事，你知道吗？雷电喜欢袭击哪些对象？	(67)
十三、避雷针是怎么避雷的？它会失效吗？	(73)
十四、1989年震惊全国的黄岛油库大火的真象你清楚吗？纵火犯是谁？	(82)
十五、没有挨雷打的雷击事故，是怎么一回事？	(89)
十六、美国火箭为什么会不听使唤，自作主张地飞掉了？	(94)
十七、地球大气的电场有100多伏电压加在你的头和脚之间，你为何没有触电？	(98)
十八、什么样的天气会出现雷电？	(105)

十九、雷雨云中的电是怎样变为闪电的？它有多少种类	
型？.....	(113)
二十、你见过滚地雷吗？它有多大威力？.....	(120)
二十一、气象预报里可以增加雷电预报吗？.....	(127)
二十二、美国最先进的防雷设施是什么样的？它的效果	
如何？.....	(139)
二十三、消灭雷电、变害为利，可能吗？.....	(146)
参考资料.....	(150)

一、现代生活需要电的防护知识（代序）

21世纪已经临近，这样的年代有什么特征？最主要的时代特征就是科学技术的日新月异，并且迅速渗入到人们的日常生活中，而电则总与这些新科技产品有关系。不论你走到哪里，它总伴随着你。衣、食、住、行、学习、工作，从早到晚都在用电，连孩子们的娱乐也与电打上了交道。家用电器日新月异，犹如雨后春笋涌入千家万户。

可是请你注意，电有二重性，它为你服务，能干各种事，为你和孩子们带来欢乐。但它又会突然发怒，袭击你和全家人，甚至瞬间致人死命，乐极生悲的惨案常有发生。所以现代化的生活需有电的防护知识。

例如，家里装上电热水器，洗澡多么惬意！可是有的厂家出售的产品不完全合格，用它淋浴，转眼之间就触电身亡。即使是合格的产品，不懂用电的规矩，仍有可能触电。更何况所有电器使用日久都难免损坏漏电，由此造成惨案更是常有的事。本书就是要告诉各行各业的工人、农民、学生和孩子们的家长最基本的用电安全的科学知识，凡是读完高小的人都可以看懂本书，而对于读完大学的干部，本书也有重要价值，因为这里讲解的实际知识，大学课本几乎很难见到。

曾经出现这样一件事：某单位为了满足职工们的要求，把一个食堂翻造成浴室，楼下作仓库，楼上作浴室，淋浴的人感到脚麻、胸闷，泡在浴池里的人都感到不舒服，其中一

人比较有经验，大叫“有电”，并立即跳出池子，有的靠近池边的人跟着他跑出去呼救。赶来抢救的工人迅速切断电源，此时两名浸泡在水中的人已经死了。这是一起电灯线漏电造成的死人事故。你知道电灯线漏电怎么会导导致死人的原因吗？为什么有的人并没有电死？淋浴者的感觉又是怎么一回事？遇到这种情况你应该怎么办？当你读完本书前四章后，就都明白了。

现实生活中也有一些情况并不用电。就以洗热水澡为例，可以用煤气热水器，但是这种热水器也会杀人。1992年3月15日中央电视台的晚会上就有人揭露：合肥一厂家生产的热水器已杀死五人，没有介绍杀人详情。某报刊有这样一条消息：某厂的家属宿舍里一位老人用煤气烧水洗澡，浴后穿尼龙袜，穿得不合适就脱下来，在袜子离脚的一瞬间，一声巨响，全室大火，该厂出动九辆消防车才扑灭大火，老人已被烧死。祸首原来是被害老人脚上产生的电火花！

不要误以为这位老人特殊，是会发电火花的怪人。当今时代，这不稀罕，你、我、他，人人都会经常发出电火花。这是新科技的产物，大量化纤、塑料制品与人们结成不解之缘，正是这些东西使人们变为带电的人。

现在，住房改善，高楼林立，煤气管道进入家家户户。一个人偶然之间跳出的电火花，可能点燃起另一个人不慎泄漏出来的煤气，就有可能导致千家万户毁于大火。进入现代化生活的人必须具备相应的防护知识，了解这种神秘的静电，以免遭不测之灾。在工矿企业，特别是一些新技术部门，静电灾害是经常发生的。本书的第二个用意就是要普及静电安全知识。

在人类没有发明电和化纤之前，我们的老祖宗却已受到电的祸害，这就是传说的中“雷公”。在任何时刻地球各处

总是有大约 2 000 个地点正在遇上雷暴。在美国，每年平均约有 300 人挨雷击而伤亡，约有 2 000 家农户挨雷击而起火。我国当然远超过此数，只是还没有精确统计调查。

近年来，旅游业日益发展，受雷击人数有逐年增多的趋势。当你正在山川间游览之际，雷雨云临空，这该怎么办？住在高楼大厦里的人，在家享受着现代科技创造的幸福之时，请你不要忘了，雷电也会跟踪入室，光临你家，有的人握着电话机，在一声响雷之际长眠于椅上了。有人家中的电视机在雷声中毁了。还有的人则见到了火球穿窗而入，到处游荡。

雷电对于工矿企业，对于农、林、交通各业都有极大危害。你听说过黄岛大火吗？电视台曾播映了大火现场，损失惨重，许多救火者丧生，震惊全国。谁是纵火犯？是雷电！帮凶呢？是有关人员的无知。可以说雷电灾害处处有，时时有，谁都难免碰上。因此，每个人都应该懂得一点有关雷电的基本知识，这就是本书的第三个用意。

人生活在大自然里，就必须了解它，这样才能利用它，又能避免或防止它的灾害。迄今还有许多自然界的谜未被解开。本书描述的许多静电和雷电现象，其中有些尚未弄清楚，有待今天的青年和后人去探明。人定可以胜天，这是我们的信念，但是这需要一代又一代的人接替奋斗才能达到。

“科学技术是第一生产力”这一真理已经开始为人们所认识，新时代的人应该成为科学的主人，希望本书会激发读者探索科学真理的兴趣，利用前人已积累的知识，继续前进。

二、碰到裸电线的人会触电， 为什么站在高压输电线上 的鸟儿却活得欢？

触电伤亡这种不幸的事，以往常出现在用电较多的工厂里或者农场里。现在不同了，农家也用上了电，形形色色的电器大量涌入寻常百姓家，因此农民和城镇居民的触电机会大大增加了。

安全用电是衡量一个国家用电水平的重要标志之一，先进的工业国每百万用电人口触电死亡1人左右，而我国在70年代却达到20人，其中15%是城市居民，20年后的今天，情况反而更严重了，因为电器大量进入家庭，特别是洗衣机、电热水器、电熨斗等容易漏电出事故的电器的频繁使用，而使用者却缺乏相应的科学素质。亟需大力宣传用电安全知识，尽可能达到家喻户晓，俗话说：“不怕一万，就怕万一”。哪一家有人碰上这个“万一”，就是大不幸。要确保万无一失，防患于未然，就需要多学点用电的科学知识，心明眼亮才能防止触电，否则就难免出事。

当家长的常叮嘱孩子说：“带电的东西千万碰不得，摸不得，那可要丧命的呵！”孩子们听了不一定信，他们好奇，特别是看到马路旁的输电线上吱吱欢叫的鸟儿，他们要问：“那这些小东西为什么没事儿呢？你看他们还高兴地唱哪！”

还有更好看的呢，1991年3月5日晚上电视新闻联播节目里有这样的惊险镜头：几位工人竟出现在高空中的电线上，双手握住裸电线，在电线上爬来爬去。播音员介绍说，这是50万伏直流高压输电线，多么吓人的高电压！可是他们也像鸟儿那样安然无恙。为什么地上的人摸到200多伏的裸电线就必触电，非伤即亡，不能幸免？究竟触电由哪些因素决定？

说来话长，容我细说。宇宙间一切物体都是由原子组成，原子则由带正电的原子核和带负电的电子组成，电子围绕原子核运动，其总电量与原子核的电量相等。丢失一部分电子的原子就显正电，称它为正离子。

有些物体里的某些电子能自由运动，例如各种金属，这类物体称为导体。另一类物体里的电子很难移动，称之为绝缘体。把一个金属导体固定在绝缘体作成的支架上，就成为电容器，因为使它带上电以后，电量可以保存在它那里不变。我们来做一个小实验。取两个电容器放在桌上，如图2.1所示，拿丝绸与玻璃棒摩擦，玻璃棒就带有正电，玻璃

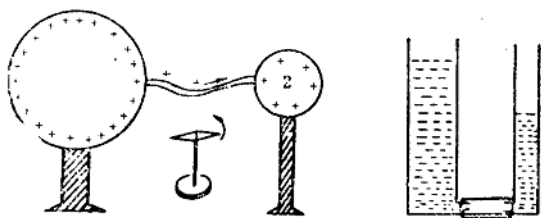


图 2.1

棒与金属球接触，后者就存上电了。用这种办法使两个电容器都带上电，而后用一根铜线把它们连结起来，在连通的一瞬间，铜线下的小磁针会转动一下，图2.1的左半部就表示这个现象，这表明铜线里有电流通过，电流产生了磁场，磁针才出现转动。

电荷的存在和流动，人眼无法直接看到，只能通过各种仪器来显示。为了形象化地理解电荷的流动，现借助图 2.1 右半部的示意图加以说明。玻璃容器盛水，水面的高度与容器的形状和水量的多少有关，对给定的容器说，水量越多，水面的高度越高，容器底部出口处的水压也就越大。把两个水容器用皮管接通时，就有水流发生，一直流到两容器的水面高度相等为止。这一概念完全可以类比地用到电上来，把水换成电就行了。

不同的电容器就如不同形状的水容器，电量越多，它的电位越高，当把它用导体连接到另一电容器上时，电荷就从高电位流向低电位，直到两个电容器的电位相等为止。电位相差越多，电流就越大。通常把电位之差称为电压，电流大小与电压成比例。

电流会产生磁场，能推动磁针旋转，流有电流的线圈也会受磁场力的作用而旋转，电动机（俗称马达）就利用了这个原理。电流会使导线发热，各种电炊具、电熨斗就利用了它。电流还会产生化学作用、生理作用等等。人体也是导体，人体的任意两部分接触不同电位的物体时也必会产生电流，这电流会产生热，会引起化学变化或生理变化……，人体就会受到伤害，触电就是这么一回事。

如果人体只有一部分接触高电位，其它部分没有与任何电位接触，这样全身都是同一个高电位，当然人身是带上了电，但是电荷静止地分布在人体上，不形成电流，对人就不产生伤害。你觉得奇怪吗？不信的话，你不妨亲身实践一次就体会啦，这是挺有意思的科学实验。

座落在北京三环路中轴路上，有一个市民可以进行科学实践的地方，它叫中国科学技术馆。在它的中央大厅摆着一台制造高电位的装置，叫范德格喇夫起电机，它开动以后，

顶部的金属球就带电，随着电量的不断增多，球的电位就不断升高，最后可以达到三、四十万伏。在它的旁边有个用绝缘物垒起的高台，观众可以登上去，手可以放在金属球上，这时人体的电位就与它相同了，当然人也成了电容器，带上了许多电荷，却安然无恙。本书封3照片1是作者现场抓拍下来的照片，你们看，那位女青年神态自若，头发都竖立起来了，真可谓怒发冲冠。这时全身带了许多电，每根头发都有相同的电荷，同号电相斥，各根头发互相排斥，所以散开竖直成这个样子了。这多么有趣！但是请你务必注意，她脚下站的必须是绝缘良好的高高的台子，这是她安全无恙的关键！要知道地面的电位是零，她与地面电位相差为几十万伏！倘若有位年幼无知的小朋友好奇地跑上去，伸手想摸一摸这位大姐姐，惨祸就会发生：当小手接近大姐姐的人体时，会有电火花从两人之间跳过，小手挨上后，立刻有强大电流从大金属球流经大姐姐的人体，再从小手流经小朋友的人体，通入地下，这就是触电事故了！金属球与大地之间有几十万伏高电压，两个人组成一条通电流的导体，多么危险的事呵！

看清楚这个物理演示实验，就可以明白：为什么输电线上的鸟儿可以欢唱无恙，50万伏的超高压直流输电线上的工人可以爬行而不触电，皆是由于他们只接触一个高电位，身体各部分电位相同，没有电流通过。还应该做些补充说明，否则会因误解而闯大祸的。

电视屏幕上介绍的直流输电线与我们日常见到的马路旁鸟儿站的输电线有很大不同，50万伏的超高压直流输电线的几条并行的线都是50万伏，电位相同，工人两手各握住一条，不会有电流通过人体。可是鸟儿站的输电线是交流输电线，几根并行的电线彼此的电位各不相同，如果人爬上去，

两手各握一条，必立刻触电死亡，因为两根电线的电位差别很大，也就是说电压很高，就必然在两手间的人体里流过强大的电流。

人们一定要问：人是怎么爬到50万伏的超高压输电线上去的？这个问题提得好。如果人有翅膀，可以像小鸟那样飞上去，落在电线上，那是决不会触电的，可是人做不到。输电线都是固定在高大铁架上的绝缘瓷瓶上，工人可不可以从铁架子爬上去呢？这是绝对不可冒险一试的！因为铁架与大地相通，电位是零，电线与铁架之间电压是50万伏，人若站在铁架上，伸手去攀电线，则人的手与脚之间的电压高达50万伏，从人体流过的电流之大，足以立刻把人烧成焦炭了！在电力系统中，为了检修时不影响工厂生产，有时需要带电作业，工人登上高压电线，需要有一套专门设备，这里只能简单说一点原理：工人要穿特制的工作服，使全身保持均一电位，他得坐在一个绝缘良好的升降台上，对地绝缘的台得缓慢地升高，人体的电位也在缓慢地升高，当升降台升高到高压输电线的附近时，人体的电位已变得和电线的电位相同，这时工人伸手握电线就没问题了。

从上述说明我们看出一个道理：触电危险与否主要是看人身是否有电流通过。高电压不一定可怕，归根结蒂，造成人们触电伤亡的是流经人体的电流。

进一步仔细考察，就会看到：在完全相同的条件下触到我们室内常用的220伏电压，不同的人会有不同的后果，一个人电死了，另一个却没事，这是为什么？就是同一个人碰上220伏电压，有时只是微微有点感到麻刺一下，有时却被灼伤，更有可能是会丧命，这里有什么规律呢？

首先要弄清，什么样的电流才是致命的。工业上和家用电器大多数是使用50赫的交流电，通称工频电。对于这种

电，经过大量调查到的触电事故的统计、分析，发现：电流通过心脏部位最为危险，若电流达到30至100毫安，通电时间超过心脏的脉动周期（即0.75秒），就会引起心室颤动，血液循环遭到破坏，大脑得不到血液供氧，几分钟后就导致死亡。因此，国际电工委员会公认：人体安全电流的限额为30毫安，除了心脏病等特殊患者以外，一般健康的人，心脏通过30毫安以下的工频电流，即使通电时间较长，也不致于出现死亡事故。反之，若在极短瞬间内通过较大电流，也可能不致身亡。例如，在10微秒内有100安的冲击电流通过心脏，仍不致于心颤而危及生命，某些遭雷击者仍被救活，就是例证。至于较大的电流不经过心胸部位，那就常常造成肌肤灼伤，不一定导致死亡。

电流的大小是由加在导体两端的电压和两端间的电阻决定的，计算的公式是：

$$\text{电流（以安为单位）} = \frac{\text{电压（以伏为单位）}}{\text{电阻（以欧为单位）}}$$

一个人身体的电阻是由身体的两部分的电阻相加而成；第一部分是皮肤内的肌肉、骨、内脏等总体所产生的电阻，各人差别不大，阻值很低，约300至500欧左右；第二部分是皮肤的电阻，阻值一般较大，各人相差很多，并且与表皮的情况很有关系。因此人身的电阻大小主要决定于表皮状况，弄清它的特性，你就会明白安全用电的诀窍了。

表皮上有一层0.05至0.2毫米厚的角质膜，它的电阻很高，在清洁干燥的情况下，阻值可以高达10万欧以上，可以说它是守护人体的“大门”。你可以用上述公式算一下看，家用电都是220伏电压，有了这层角质膜，进入人体的电流有多大呢？才2、3毫安，所以有时人碰到电线破损处触了电，只麻刺一下，没事！可是请你且慢高兴！这层膜太薄

了，很易破裂，它一破，“大门”就洞开了！如果表皮沾上水，出了汗，或者沾上污垢，它就变为导电的了。一般幸运的触电者的情况是，无意中轻轻碰着了电器的带电部分，或者电源，皮肤受到的力不大，角质膜未破，这样 220 伏工频电压对人体产生的电流一般约在 5 至 10 毫安左右，肌肉受到电流的生理作用而发生痉挛、收缩，因而脱离了电源，好像人被打了一下并被立即推开似的，这就是幸免于伤亡的触电者的情况。

但是另一种情况就非常危险，例如手拉一条晒衣的铁丝，而它又缠在漏电的电线上，或者手捏住落地电扇的金属立柱，而电扇又是漏电的。这时，开始只是肌肉痉挛、收缩，手指就会握得更紧，电流就增大，痉挛加剧，握得更紧，电流更增大，角质膜发热、损坏，电流就剧增，人已无法自主摆脱电流，此时若周围无人，则触电者必死无疑！这个过程是几秒钟内的事，所以有经验的人怀疑电器有漏电，或者判断不清时，决不信手去握电器的金属把手，而是用手背轻轻触一下，从是否麻手可以判断电器是否漏电，万一是漏电，只是被电打了一下弹回而已。

这里提供一张图，可使你有个形象化的概念。图 2.2 的纵方向表示电流在人体内持续的时间长短，横方向表示流经人体的电流的大小。不同大小的电流和流过人体的电流所维持的时间所产生的生理效应是很不相同的，可以划分为四个区域。在左边第 1 区内，电流恒小于 0.5 毫安，不管触电时间多么长久，人都毫无感觉，故称此区域为无反应区。第 2 区域称为感知电流区，电流大于 0.5 毫安，人开始有轻微发麻感，电流增大到 1、2 毫安时，皮肤会有针刺感，再增大电流，肌肉就会痉挛，在第 2 区范围内，电流只是引起神经上的感觉，即使痛苦，也不会导致病态的生理效应。多大电流才

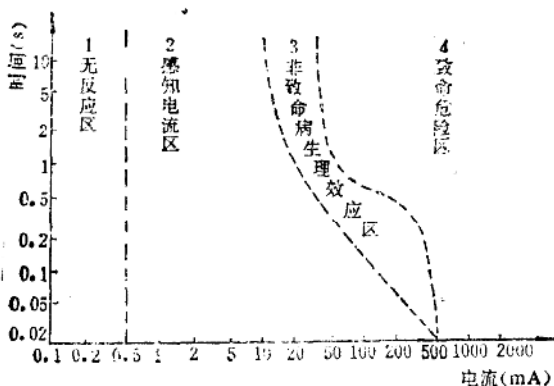


图 2.2

不致引起伤病呢？这与电流持续的时间还有关系，从图2.2可以看出：500 毫安 的电流，电流持续时间短于0.02秒就不会致病伤。若电流小于10毫安，则几十秒时间也不致得病。在第3区就不同了，电流会产生病态生理效应，如呼吸困难，血压升高，心脏机能紊乱等，但尚不致有生命危险。当电流增大到第3、4区的分界线之右，就要有生命危险，请注意：致命与否不仅决定于电流大小，还决定于电流持续时间的长短！

图 2.2 的数值是对工频电流而言，如果碰到直流电，则这些区域的分界线均要往右移。例如，直流电要到 4 至 5 毫安以上才会有感觉。高频电流的危险性也比工频电流低一些，频率非常高的电流甚至只从人的表皮通过，对人体损害的危险要小得多，有些魔术师就利用它来表演惊人的现象。

现在把不同情况下人体的电阻数值列表如下，使读者可

以更具体地认识到表皮状况对于人身安全的重要性。注意，这里的数据是指人一手握紧工频电源的一个电极，双脚赤裸站在另一个电极上的情况。

表 1 不同条件下的人体电阻

接 触 电 压 (伏)	人 体 电 阻 (欧)			
	皮肤干燥	皮肤潮	皮肤湿	皮肤浸水
10	7 000	3 500	1 200	600
25	5 000	2 500	1 000	500
100	3 000	1 500	770	375
250	1 500	1 000	650	325

懂行的人从这个数据表会得出很有价值的推论，举几点说一说，读者会由此得到启发。

第一个问题。人碰到漏电的电器会不会发生危险？这就看你的皮肤状况了。如果皮肤干燥，从表 1 可以估算，就按 250 伏一行估算，人体流过的电流约 167 毫安，再查看图 2.2，若通电时间不到 0.1 秒，则这个电流尚不致引起病态生理效应。由此得出推论：人若偶然瞬间碰一下漏电的电器，在皮肤干燥时，不一定会发生伤亡事故的。

第二个问题。市场上常可见到 36 伏的电力变压器，人们都称它为安全变压器，它把 220 伏电压降为 36 伏。一般机床上的灯就是用的 36 伏电压。现在要问：你能确信 36 伏不会电死人吗？那就用表 1 的数据来判断吧！如果人站在水沟里工作，皮肤浸水，人体电阻在 25 伏电压下只有 500 欧，若人摸着 25 伏电压，则通过人体的电流应为 25 除以 500，即 50 毫安，再查看图 2.2，喔哟，触电时间超过 1 秒，人就有丧命之忧了。你看！25 伏电压对于在下水道里工作的人尚且是

致命的呵！可见 36 伏更非绝对安全！那么机床上用 36 伏岂不是不要命哪？不！机器工作运转，装在它上面的电灯难免漏电，使机床带上 36 伏电，工人的手碰到机床是经常的事，可是工人站在干燥的地上工作，而且总是穿着鞋的，皮肤至多算作潮湿，所以从表 1 看，人体电阻大约在 1500 至 2500 欧之间，就算是 1500 欧吧，以 36 伏除以 1500，通过人体的电流也仅有 24 毫安，再查看图 2.2，不论触电多久，不会有生命危险。所以对机床工人说，36 伏是安全电压。

所以，我们不能从人们习惯的说法来考虑问题，而应该对任何事都作科学的分析，安全用电来不得一点马虎。作为国家的法规，那就必须建立在科学实验的测定的基础上。我国对工频电压的安全限额是有专文详细规定的，计有三档：36 伏、24 伏和 12 伏，必须根据工作的具体情况来选用。工厂机床上选用 36 伏是正确的，而在矿井、浴池、下水道等场所工作就要选 12 伏，工人手提的照明灯是用 12 伏变压器供电的，而理发师手中的电器则应选用 24 伏电压。

从表 1 我们得出一条安全用电的重要规矩，那就是绝对不许用湿手去摸电器，包括电灯开关，或者捏着电源插头，有些触电伤亡的人是由于拿着湿布揩电器的结果。水是导电的，在用湿布揩电器时，水会渗流入电器内或者流入电源插座里，电就循水这条通路经过人体了。

有些读者会根据亲身经验提出疑问：“我就用湿手摸着 220 伏电了，只是被电打了一下，有点痛，心蹦蹦跳了一阵，没啥呢！”这是实情。请你注意，你脚下穿着干的鞋哪！是

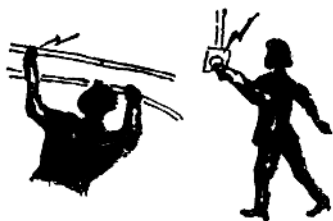


图 2.3

它救了你的命！表 1 只是考虑人体本身的电阻。穿鞋的人，一手触着电源，如图 2.3 右边那位女同志，这种情况是常见的，电流必通过鞋。通常干的皮鞋、塑料鞋，它们的电阻都比人体电阻大得多，触电后电流的大小基本上由它决定。如果穿了湿的布鞋，那与赤足差不多，你就有丧命的可能了。

还有另一种情况，那就是图 2.3 左边所表示的男同志的触电，这就特别危险，电流经过心脏。

我们再来看看图 2.4 这种触电情况。洗衣机是很易发生触电事故的电器，因为它有水。例如不慎把水溅到电源里了，有的洗衣机外壳是金属的，外壳就带了电，孩子走过，身体的某部分万一碰着带电的外壳，就会触电。如果地上淌着

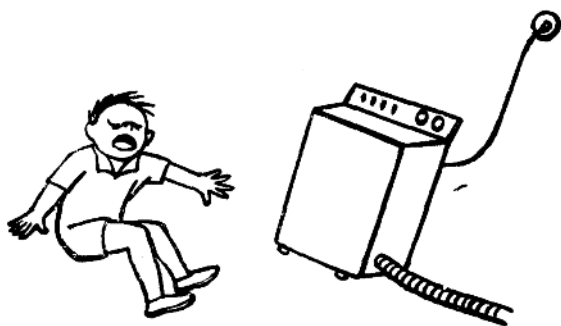


图 2.4

水，孩子又穿的是薄的布鞋，那就糟了！如果孩子穿的是塑料或橡胶鞋，那就幸运多了，孩子只是被电“打”倒在地而已。

由此，对家里电器较多的家长作一点建议：最好让儿童穿塑料底或橡胶底的鞋，地面要保持干燥，不要在电器附近玩水。

在电器大普及的时代，电器漏电是很难完全避免的，这是一个涉及千家万户人身安全的大事，国家有关部门近年已做了一些通盘考虑，它涉及电力、建筑、机电生产企业等许多部门，做了许多统一的新规定。但是除了部分专业人员知悉外，广大居民和一般工人、农民、学生并不清楚，更不领会这些规定的必要性。有些人常常为了贪图省事，不按章办事，结果广大人民群众的安全仍得不到保障。为了你和全家的安全，应该知道这方面的知识，遵守这些安全法规，并抵制那些违反法规的商品进入你家，下一章将着重介绍这方面的科学知识。