

基于IEC 60479潮湿环境下电流通过人体效应浅析浴室电触击防护措施

赵 瑛, 孟晓龙, 孙天伦, 周 锐

(中国石油工程建设公司北京设计分公司, 北京 100011)

摘要: 随着人类生活水平的日益提高和追求生活品质的提升, 电气安全尤其是对浴室环境的电触击防护越来越引起民众的认识, 但人们对相关的技术细节仍存在不了解的情况, 因此造成触电事故仍屡屡发生。拟通过对IEC 60479潮湿环境下电流通过人体效应的研究, 从潮湿环境人体电阻的变化及电流阈值入手, 结合潮湿环境下的安全电压分析国内外对该类场所采取措施的差异, 并对这类场所的电触击防护措施进行综合研判, 希望籍此得到以人为本的“本质安全”的防护措施。

关键词: 潮湿环境 人体效应 电流阈值 安全电压 电触击防护

Analysis of electric shock protection measures of bathroom based on human body effect under humid environment of IEC 60479

ZHAO Ying, MENG XiaoLong, SUN Tianlun, ZHOU Rui

(China Petroleum Engineering Construction Corporation, Beijing Engineering Branch, Beijing 100011, China)

Abstract: With development of human living level and improvement of quality of life, electrical safety, especially the electric strike protection of the “bathroom” environment, has increasingly aroused public awareness, but people still misunderstand about the relevant technical details. Therefore, accidents resulting in electric shocks even deaths still occur frequently. The author intends to Analyze of electric shock protection measures of bathroom based on human body effect under humid environment of IEC 60479, focus on the change of the human body resistance under the humid environment, Being combined with the safety voltage and the current threshold in the humid environment, to analyze the different measures taken under this environment between China and other countries, comprehensively study of the electrical strike protection measures of such environment and expecting to obtain the “intrinsic safety” protection measures based on human totally safety.

Key words: humid environment, human body effect, current threshold, safety voltage, electric shock protection

0 引言

有观点表明, 当人体同时触及不同电位的导电部分时, 电位差使电流流经人体, 称为电接触。根据接触电流的大小和持续时间的长短, 它对人体有不同的效应。电流小对于人体

无害, 用于诊断和治病的某些医疗电器设备, 接触人体时通过微量电流还能治病救人, 对人体有益, 这种电接触被称作微电接触。如通过人体的电流较大, 持续时间过长, 则可使人体受到伤害甚至死亡, 这种电接触被称作电击。电

击危及生命,因此电气专业人员应了解电流通过人体的效应,才能采取正确有效的防范措施,避免发生电击事故。

一般来说,当通过人体某部分的电流超过30 mA时,如果该电流未能在很短的时间内被切断,人体将处于十分危险的境地。低压电气装置内人身电击的防范必须符合有关的国家标准、法规、安装规程、正规导则和通知等要求。

潮湿环境下人体阻抗值会快速下降,浴室的情况也会更加复杂,根据IEC 60364相关内容,浴室整体以及不同分区内的电触击防护措施均有不同。

那么,笔者就从IEC 60479潮湿环境下电流通过人体效应入手,浅析浴室电触击防护措施。

1 基于IEC 60479潮湿环境下的电流阈值及其流经人体效应

交流电从左手到双脚通过人体时的时间/电流效应说明如图1和表1所示。可以看出,一般来说,当通过人体某部分的电流超过30 mA时,如果该电流未能在很短的时间内被切断,人体将处于十分危险的境地。

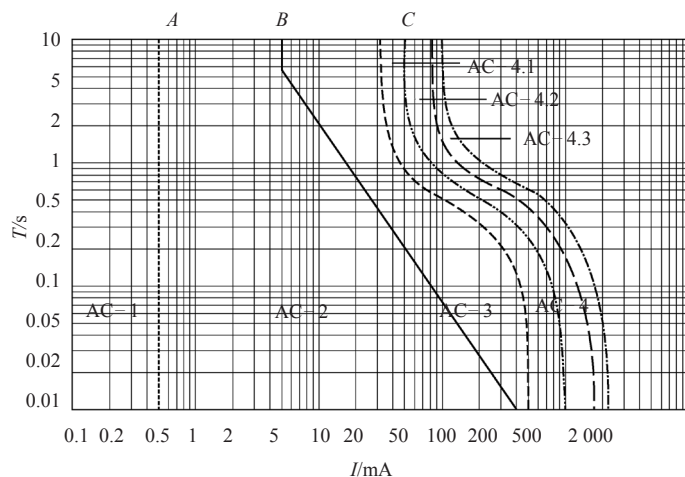


图1 交流电流从左手到双脚通过人体时的时间(T)/电流(I)效应图(IEC)

Fig. 1 IEC effect diagram of AC current through human body from left hand to feet (T) / (I)

表1 效应图说明(IEC)

Tab. 1 IEC effect diagram description

曲线	区域
A曲线: 电流感知阈	AC-1区: 无知觉
B曲线: 肌肉反应阈	AC-2区: 有知觉
C1曲线: 0概率的心室纤维性颤动阈	AC-3区: 可逆效应(肌肉收缩)
C2: 曲线: 5%概率的心室纤维性颤动阈	AC-4区: 可能出现不可逆效应
C3: 曲线: 50%概率的心室纤维性颤动阈	AC-4.1区: 心室纤维性颤动的概率达到5%
	AC-4.2区: 心室纤维性颤动的概率达到50%
	AC-4.3区: 心室纤维性颤动的概率超过50%

AC-1称安全区; AC-2区称感知区,可自由摆脱; AC-3区称不易摆脱区,不易摆脱区交流电平均值为10 mA; AC-4区称致命区,最小致命电流是30 mA。

值得一提的是,也有一些国家(如德国、澳大利亚和新西兰)对于B曲线(肌肉效应电流)的规定有不同的地方,如图2所示。

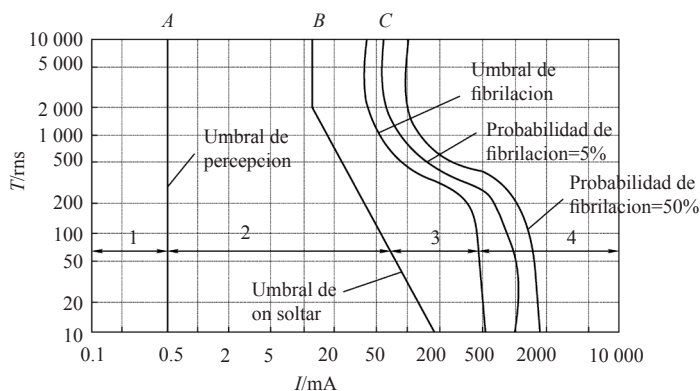


图2 交流电流从左手到双脚通过人体时的时间(T)/电流(I)效应图(AS/NS)

Fig. 2 AS/NS Effect diagram of AC current through human body from left hand to feet (T) / (I)

由于电流和阻抗之间的必然联系,人们在研究潮湿环境电流阈值通过人体效应的同时,也探索了人体阻抗和潮湿环境之间的联系,发现皮肤潮湿和出汗、带有导电的化学物质和导电的金属尘埃及皮肤破坏时,人体电阻急剧下降。

人体工频总阻抗在皮肤干燥时按1000~30 000 Ω 考虑,在潮湿情况下可按500~800 Ω 考虑。因此,在相同接触电压的情况下,潮湿环境浴室触电风险更大而且致命时间更短。

2 基于IEC 60364对潮湿环境浴室防电触击安全区域划分

IEC 60364对潮湿环境浴室防电触击安全区域划分如图3所示。

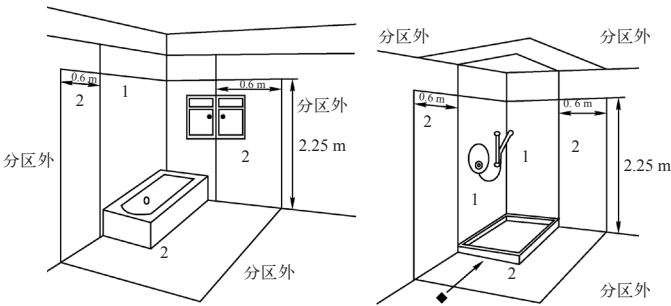


图3 IEC 60364对潮湿环境浴室防电触击安全区域划分
Fig. 3 IEC 60364 bath room area classification for humid environment electric shock protection

基于IEC 60364对潮湿环境浴室防电触击安全区域划分，国内外均采用了对应的措施防止潮湿环境浴室电触击。

3 基于国内外相关标准对潮湿环境浴室电触击防护措施

基于国内外相关标准，对潮湿环境浴室电触击防护的措施如表2所示。

通过表2可以看出，在潮湿环境浴室内淋浴时，以12 V为安全电压。安全电压的规定是从总体上考虑的，但对于某些特殊情况、某些人也不一定绝对安全。

目前，不区分住宅和公共浴室，国外对浴室漏电流保护定值更多采用10 mA，国内对浴室漏电流保护定值更多采用30 mA。国内有文献说明主要是：“潮湿改变不了30 mA的最小致颤电流，而且在心颤发生后到致死前沐浴人可以及时切断电源使人免于死亡。如果安装10 mA 漏电保护器，反而因浴室潮湿而误动作，给沐浴人增添烦恼”。笔者查阅了浴室触电亡人的案例，认为如果30 mA是安全的，而10 mA是没有必要的，装了30 mA漏电保护器后的浴室不应该再出现触电亡人事故，但笔者对此有不同观点。由于30 mA的试验数据是在

表2 潮湿环境浴室防电触击安全区域的基本电气要求

Tab. 2 Basic requirements on area classified for humid environment electric shock protection

类型或类别	Zone 0	Zone 1	Zone 2	分区外
IP等级	IPX7	IPX5	IPX4 (IPX5公共浴室)	OK
电源配线	本区域专用供电，加强绝缘	本区域专用供电，加强绝缘	本区域专用供电，加强绝缘	OK
接线盒	不适用	不适用	不适用	OK
插座	不适用	不适用	不适用	OK
刮胡刀 (20~50 V·A 隔离变压器)	不适用	不适用	SELV ≤AC 12 V	SELV ≤AC 12 V
照明开关	不适用	SELV ≤AC 12 V	SELV ≤AC 12 V	OK
安全电压隔离变压器	不适用	不适用	不适用	OK
照明灯具	SELV ≤AC 12 V	SELV≤AC 12 V	CLASS II	CLASS I
电暖风机	不适用	不适用	CLASS II	CLASS I
(水)电加热器	不适用	不适用	电缆直接连接，无接线盒	OK
洗衣机	不适用	不适用	不适用	OK
漏电流保护定值	10 mA或 ≤30 mA (安全电压下)	10 mA或 ≤30 mA (安全电压下)	10 mA或 ≤30 mA (安全电压下)	10 mA或 ≤30 mA (安全电压下)
等电位	OK	OK	OK	OK

基于心里素质比较好的成年人基础上建立的，老人、病人、妇女和儿童在浴室触电发生心颤时，几乎无法走出浴室去自己切断电源。极端的情况是，一旦该病人为心脏病患者，发生心颤时，即使没有因触电亡人，也可能会因惊吓致命。笔者就此也咨询了多家医院心脑血管病相关医生，得到的答案均是对心颤阈值 30 mA的理解从行为能力角度有待商榷，应该按照可靠的摆脱平均阈值10 mA进行分析。至于由于施工原因或者漏电保护器不可靠导致的误动作，不应作为漏电流整定依据。而且在国外，采用加强绝缘的线路后，10 mA漏电保护整定的效果并没有经常发生误动作，至少没有把误动作作为是否采用10 mA漏电保护整定的理由。目前，用户很多的电热水器厂家海尔就是给家用热水器匹配的10 mA及以下的漏电流保护器。

那么，从规范角度又该如何确保漏电流整定并满足浴室的安全呢？笔者认为有必要利用安全电压进行简单的核算以说明问题。

通过前面论述知道，对于人体防电触击安全，电压、电流和人体阻抗应该综合考虑。人体工频总阻抗在皮肤干燥时按1 000~30 000 Ω考虑，在潮湿情况下可按500~800 Ω考虑。考虑潮湿环境下的电流阈值及其流经人体效应，漏电保护器默认动作时间0.1 s（人们习惯不标注该时间，但从医学人体效应触电致死角度，该时间不应该被忽略）。

按照浴室安全电压AC 12 V考虑： $12\text{ V} \div 500\ \Omega = 24\text{ mA} < 30\text{ mA}$ 。

按照浴室非安全电压AC 220 V考虑： $220\text{ V} \div 800\ \Omega = 275\text{ mA} \gg 30\text{ mA}$ 。

从以上两个简单估算式可以看出，浴室在非安全电压220 V下不可能在30 mA时持续（>0.1 s）给成年稳重的沐浴人足够的心颤时间去开断电源，只有按照摆脱阈值10 mA去设定漏电流保护器。如果采用的是安全电压，虽然漏电流超出摆脱阈值，但并未达到30 mA心颤，有足够的时间（>0.1 s）去切断电源，这时漏电整定为30 mA才是合理的。

所以，10 mA与30 mA的选择站在电流效应角度是有各自的前提条件的。

对于浴室等场所电触击防护知之甚少的普通家庭，不能期待他们在建筑后期装修能够完全按照表2进行安全防护，也不能把责任推给装修队伍，但至少采取的措施应该更完善，并符合客观实际。

4 基于欧姆定律对潮湿环境等电位联结和连接的理解

业内人士对交流回路欧姆定律都很熟悉，简单描述如图4所示。由图4中可以看出，只要两个接地点之间有距离或者阻抗 L_f 存在，干扰电位 V_f 就必然存在。

等电位联结因为可以在理论上假定距离为零或者阻抗为零，被认为是降低干扰电位的首

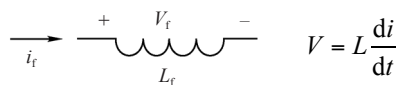


图4 交流“故障电流”欧姆定律

Fig. 4 AC Ohm's law under Fault current

选措施。例如通过等电位联结端子板将等电位导体联结的情况。

但是，在实际的电气应用中，还有一种类似的情况，造成了两个接地之间有金属导体联系，确实距离不为零或者阻抗不为零的情况，及常见的通过被联结金属体断跨接的情况，这些情况下只能称之为等电位联结，或者说局部等电位联结。

联结和连接在降低干扰电位的角度看，是完全不同的两个词，不应予以混淆。所以，笔者认为，采用等电位联结端子板进行联结更安全可靠一些。

5 结束语

随着人类生活水平的日益提高和追求生活品质的提升，电气安全尤其是对浴室环境的电触击防护越来越引起民众的重视，但人们对相关的技术细节仍存在不了解的情况，造成触电事故仍屡屡发生。

笔者通过对IEC 60479潮湿环境下电流通过人体效应的研究，从潮湿环境人体电阻的变化及电流阈值入手，并结合潮湿环境下的安全电压，分析国内外对该类场所采取措施的差异，对这类场所的电触击防护措施进行综合研判，希望籍此得到以人为本的“本质安全”的防护措施。

作者简介



赵 瑛

赵瑛，男，硕士，高级工程师，主要从事石油化工领域的电气设计工作。

（收稿日期：2019-07-13）EA