

# 低压电气设备的保护措施

【奥】 G. Biegelmeier 著

胡明忠 译

杨燕南 校

上海科学技术文献出版社

# 低压电气设备的保护措施

[奥] G·比格迈埃尔著

胡明忠 译

杨燕南 校

\*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号)

总 经 销

昆山亭林印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/32 印张 9.5 字数 229,000

1989年2月第1版 1989年2月第1次印刷

印 数: 1—7,300

ISBN 7-80513-163-5/T·52

定 价: 3.50 元

《科技新书目》169-232

# 目 录

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| <b>1. 概述</b> .....                                   | 1  |
| 1.1 为什么要保护措施? .....                                  | 1  |
| 1.2 保护措施仅仅是一种应急措施吗? .....                            | 3  |
| 1.3 电气事故是怎样发生的? .....                                | 5  |
| 1.4 事故与火警的统计说明了什么? .....                             | 8  |
| <b>2. 电流对生命的作用</b> .....                             | 13 |
| 2.1 在发生事故时流过人体的是什么样的电流? .....                        | 13 |
| 2.2 究竟是电压有危险,还是电流有危险? .....                          | 14 |
| 2.3 触电死亡是呼吸死亡,还是心脏死亡? .....                          | 15 |
| 2.4 在发生触电事故时应该怎样急救? .....                            | 16 |
| 2.5 保护人与动物生命的接触电压极限值究竟是多少? .....                     | 19 |
| <b>3. 从保护技术看电气设备</b> .....                           | 21 |
| 3.1 电器有哪些保护等级? .....                                 | 21 |
| 3.2 对保护绝缘式电器应该注意些什么? .....                           | 23 |
| 3.3 为什么保护绝缘式电器上的连接导线虽然用了带<br>保护接地触点的插头但不用保护导线? ..... | 25 |
| 3.4 什么是轮廓插头? .....                                   | 25 |
| 3.5 怎样识别保护绝缘式电器? .....                               | 27 |
| 3.6 怎样修理电器? .....                                    | 28 |
| <b>4. 网络系统</b> .....                                 | 32 |
| 4.1 网络结构与保护措施有什么关系? .....                            | 32 |
| 4.2 配电网络可伸展多远?用电设备又从何处开始? .....                      | 39 |

|           |                                           |           |
|-----------|-------------------------------------------|-----------|
| 4.3       | 为什么要使用不同类别的导线?它们又是怎样标识的?.....             | 42        |
| 4.4       | 怎样区分故障电压与接触电压?.....                       | 46        |
| 4.5       | 怎样测量接触电压与地板的绝缘电阻?.....                    | 51        |
| <b>5.</b> | <b>连接导线与插接装置</b> .....                    | <b>53</b> |
| 5.1       | 保护导线有危险吗?.....                            | 53        |
| 5.2       | 带保护接点的插头——要,还是不要? .....                   | 55        |
| 5.3       | 连接移动导线时要注意些什么?.....                       | 57        |
| 5.4       | 是否真正需要转接插座与多脚插头?.....                     | 61        |
| 5.5       | 插接装置的选用——一场赌博?.....                       | 64        |
| <b>6.</b> | <b>保护措施、分类与应用</b> .....                   | <b>73</b> |
| 6.1       | 保护措施是怎样分类的?.....                          | 73        |
| 6.2       | 怎样做好直接接触保护?.....                          | 74        |
| 6.3       | 什么场合必须采用间接接触保护措施?.....                    | 77        |
| 6.4       | 保护措施在什么时候起作用?.....                        | 78        |
| <b>7.</b> | <b>保护绝缘</b> .....                         | <b>80</b> |
| 7.1       | 什么叫保护绝缘?.....                             | 80        |
| 7.2       | 在制造保护绝缘式配电屏时应注意什么?.....                   | 83        |
| 7.3       | 什么叫站立面的保护绝缘?.....                         | 84        |
| <b>8.</b> | <b>保护小电压</b> .....                        | <b>86</b> |
| 8.1       | 什么叫保护小电压?.....                            | 86        |
| 8.2       | 哪些场合可以用保护小电压作保护措施?哪些场合必须用保护小电压作保护措施?..... | 87        |
| 8.3       | 使用保护小电压时会犯哪些错误?.....                      | 87        |
| <b>9.</b> | <b>保护隔离</b> .....                         | <b>89</b> |
| 9.1       | 怎样区分保护隔离与保护小电压?.....                      | 89        |
| 9.2       | 什么时候只允许一台电气设备与隔离电源相连接,                    |           |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 而什么时候又允许多台电气设备与隔离电源相连接?.....  | 91  |
| 9.3 什么时候应用保护隔离特别有利?.....      | 91  |
| 9.4 在保护隔离时易犯哪些错误?.....        | 92  |
| 9.5 什么叫电动剃须刀插座?.....          | 94  |
| 9.6 怎样保护备用电源?.....            | 95  |
| <b>10. 导线保护装置</b> .....       | 97  |
| 10.1 导线保护装置承担什么任务? .....      | 99  |
| 10.2 熔断器应在什么时候熔断? .....       | 99  |
| 10.3 导线保护开关的结构原理是怎样的?.....    | 105 |
| 10.4 导线保护开关的脱扣特性曲线可分哪几类?..... | 107 |
| 10.5 导线保护开关需用什么样的前接熔断器?.....  | 108 |
| <b>11. 接地与电位平衡</b> .....      | 116 |
| 11.1 什么叫土壤电阻率?.....           | 116 |
| 11.2 电流是怎样流入土壤的?.....         | 119 |
| 11.3 怎样计算接地体?.....            | 122 |
| 11.4 为什么接地体之间会相互影响?.....      | 125 |
| 11.5 基础接地体有哪些优点?.....         | 127 |
| 11.6 为什么要电位平衡?.....           | 130 |
| 11.7 接地与接地导线是可有可无吗?.....      | 133 |
| 11.8 天线什么时候要接地与应该怎样接地?.....   | 137 |
| 11.9 接地测试电桥是怎样工作的?.....       | 139 |
| 11.10 环线电阻测量仪是怎样工作的? .....    | 144 |
| <b>12. 保护接地</b> .....         | 149 |
| 12.1 保护接地是否已经过时?.....         | 149 |
| 12.2 怎样计算允许的接地电阻?.....        | 150 |
| 12.3 保护接地有哪些优点?.....          | 153 |

|            |                                 |            |
|------------|---------------------------------|------------|
| 12.4       | 保护接地有哪些缺点?.....                 | 154        |
| 12.5       | 怎样检验保护接地?.....                  | 155        |
| <b>13.</b> | <b>接零</b> .....                 | <b>160</b> |
| 13.1       | 什么叫接零?.....                     | 160        |
| 13.2       | 接零有哪些优点?.....                   | 162        |
| 13.3       | 接零有哪些缺点?.....                   | 163        |
| 13.4       | 可不可以接零,应该由谁来决定? .....           | 165        |
| 13.5       | 哪些地方必须履行接零条件?(第1接零条件).....      | 165        |
| 13.6       | 怎样改善配电网中的分断条件?.....             | 170        |
| 13.7       | 如果用电设备无法履行分断条件,可否接零? .....      | 172        |
| 13.8       | 为什么零线要尽可能多而好地接地?(第2接零条件).....   | 175        |
| 13.9       | 怎样安装零线?(第3接零条件).....            | 177        |
| 13.10      | 好的接地体为什么一定要与零线相接?(第4接零条件) ..... | 179        |
| 13.11      | 为什么在接零网络中禁止采用保护接地? .....        | 179        |
| 13.12      | 怎样检测接零? .....                   | 180        |
| 13.13      | 接零保护线路是怎样实现的? .....             | 181        |
| <b>14.</b> | <b>故障电流保护线路</b> .....           | <b>182</b> |
| 14.1       | 故障电流保护线路的原理是什么?.....            | 182        |
| 14.2       | 故障电流保护线路有哪些优点?.....             | 184        |
| 14.3       | 故障电流保护线路有哪些缺点?.....             | 186        |
| 14.4       | 什么叫爬电电流?.....                   | 186        |
| 14.5       | 安装管中的接地故障电流是怎样产生的?.....         | 187        |
| 14.6       | 接地故障电流在什么条件下会引起失火?.....         | 190        |
| 14.7       | 故障电流保护开关的结构原理是怎样的?.....         | 191        |
| 14.8       | 故障电流保护开关有哪些基本线路?.....           | 192        |

|            |                                                    |     |
|------------|----------------------------------------------------|-----|
| 14.9       | 故障电流保护开关什么时候脱扣?.....                               | 198 |
| 14.10      | 什么叫故障脱扣电流额定值 $I_{\Delta N}$ (额定脱扣电<br>流)?.....     | 199 |
| 14.11      | 怎样计算接地电阻? .....                                    | 200 |
| 14.12      | 试验装置是怎样工作的? .....                                  | 201 |
| 14.13      | 为什么必须重视前接熔断器? .....                                | 201 |
| 14.14      | 故障电流保护开关应装在哪里?怎样安装?.....                           | 202 |
| 14.15      | 哪些场合不应安装故障电流保护开关? .....                            | 205 |
| 14.16      | 为什么接在故障电流保护开关后面的安装导线<br>必须具有良好的对地绝缘? .....         | 206 |
| 14.17      | 怎样安装保护导线? .....                                    | 209 |
| 14.18      | 在什么情况下允许保护导线与零线相接? .....                           | 210 |
| 14.19      | 在正常工作时要不要操作故障电流保护开关? .....                         | 211 |
| 14.20      | 大气过电压是怎样影响故障电流保护开关的? .....                         | 212 |
| 14.21      | 直流对故障电流保护开关是否有影响? .....                            | 214 |
| 14.22      | 用在对地绝缘网络中会有困难吗? .....                              | 216 |
| 14.23      | 为了在触及裸露的带电部件与大地时也具有接<br>触保护,故障电流保护开关的脱扣值应是多少?..... | 218 |
| 14.24      | 什么叫泄漏电流? .....                                     | 222 |
| 14.25      | 什么叫故障电流继电器? .....                                  | 223 |
| 14.26      | 使用故障电流保护线路常易犯哪些错误? .....                           | 224 |
| 14.27      | 怎样检查故障电流保护线路? .....                                | 225 |
| <b>15.</b> | <b>故障电压保护线路</b> .....                              | 229 |
| 15.1       | 故障电压保护线路是怎样工作的?.....                               | 229 |
| 15.2       | 为什么现在不再使用故障电压保护线路?.....                            | 231 |
| <b>16.</b> | <b>保护导线系统</b> .....                                | 233 |
| 16.1       | 什么叫保护导线系统?.....                                    | 233 |

|                      |                          |     |
|----------------------|--------------------------|-----|
| 16.2                 | 什么时候采用保护导线系统?.....       | 234 |
| 16.3                 | 保护导线系统有哪些优点?.....        | 236 |
| 16.4                 | 给移动式发电设备带来哪些方便?.....     | 237 |
| 16.5                 | 给医疗手术室用的设备带来哪些困难?.....   | 237 |
| <b>特殊环境和设备中的保护措施</b> |                          |     |
| 17.                  | <b>盆浴室与淋浴室</b> .....     | 238 |
| 17.1                 | 盆浴室与淋浴室的电气线路应怎样安装?.....  | 238 |
| 17.2                 | 什么叫平衡导线?.....            | 241 |
| 18.                  | <b>农业工场</b> .....        | 244 |
| 18.1                 | 为什么农业工场特别危险?.....        | 244 |
| 18.2                 | 什么叫农庄园?什么叫农业工场? .....    | 246 |
| 18.3                 | 哪些保护措施最适用于农业工场?.....     | 247 |
| 18.4                 | 怎样保护畜舍中的可食动物?.....       | 249 |
| 18.5                 | 在农业工场中安装电气系统应注意些什么?..... | 253 |
| 19.                  | <b>建筑工地</b> .....        | 259 |
| 19.1                 | 建筑工地上会出现哪些故障?.....       | 259 |
| 19.2                 | 什么叫供电点?.....             | 260 |
| 19.3                 | 在建筑工地上应采用哪些保护措施?.....    | 262 |
| 19.4                 | 建筑工地上应如何进行电气安装?.....     | 263 |
| 19.5                 | 塔式旋转起重机会引起哪些困难?.....     | 265 |
| 20.                  | <b>霓虹灯设备</b> .....       | 268 |
| 20.1                 | 怎样区别霓虹灯、荧光灯与日光灯? .....   | 268 |
| 20.2                 | 哪些电压与功率是允许的?.....        | 270 |
| 20.3                 | 怎样安装霓虹灯设备?.....          | 270 |
| 20.4                 | 对保护措施必须注意哪些补充规定?.....    | 271 |
| 21.                  | <b>额定电流较高的电气设备</b> ..... | 273 |
| 21.1                 | 额定电流高会带来哪些困难?.....       | 273 |

|             |                                   |     |
|-------------|-----------------------------------|-----|
| 21.2        | 在控制回路中存在着哪些安全问题?.....             | 276 |
| 21.3        | 应该选用什么样的控制电压?.....                | 278 |
| 21.4        | 在什么情况下应该使用控制变压器?.....             | 280 |
| 21.5        | 控制回路应该是对地绝缘还是应该工作接地?.....         | 280 |
| 21.6        | 控制回路直接接在三相交流电网上时应注意<br>哪些事项?..... | 284 |
| 21.7        | 在控制回路中怎样实现接触电压保护?.....            | 286 |
| 21.8        | 用小电压工作的控制回路是否允许工作接地?.....         | 687 |
| <b>附录 1</b> | .....                             | 289 |
|             | 电气设备的防护型式 .....                   | 289 |
| <b>附录 2</b> | .....                             | 291 |
|             | ÖVE-K40 与 ÖVE-K41 规定的软线.....      | 291 |
| <b>附录 3</b> | .....                             | 253 |
|             | 接地体与接地体周围电位平衡的计算公式 .....          | 293 |

# 1. 概 述

## 1.1 为什么要保护措施?

电能在最近几十年中获得了广泛的应用。人类的文明在今天要是没有电,这将是不可想象的,千百万台电气设备如同不辞辛劳的勤务员在为人类兢兢业业地服务,并发挥着巨大的威力。但是所有电气设备又都隐藏着危险,因为电是危险的,在电气设备发生故障时,电就可能伤害人类。电工科技人员肩负的崇高使命就是要关心用电的安全性。在这方面,电工标准与规范为电工科技人员提供了帮助。遵守电工规范与标准可以保护生命与财产,然而,认认真真、一丝不苟地生产电气设备是生命与财产获得可靠保护的最高准则。因此在奥地利标准 ÖVE-EN1\* 额定电压至 1000 V 电工设备安装规程中明文规定,这也是每个电工专业人员必须牢记的规定:

**只有生产质量可靠的电气设备,采用合适的绝缘材料以及带电部件的优质绝缘(工作绝缘),并由专业人员细心安装电气设备,才能防止绝缘故障的出现,例如由于接触电压而引起外壳接地。应用保护措施并不解脱电气设备制造单位对它生产的电气设备的可靠性所承担的责任。电气设备制造单位在任何情况下都不要迷信于侥幸,认为反正今后在电气设备安装时还要应用保护措施。在安装电气设备时要充分重视保护措施。**

\* ÖVE 系奥地利电工标准的缩写,本标准可向奥地利电工学会订购。

施,因为在电气设备发生故障时,它能防止出现或存在过高的接触电压。

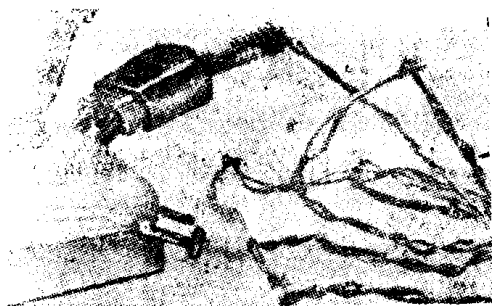


图1 电熨斗接线绳损坏而构成危害生命的隐患



图2 建筑工地上临时性的电气安装是违反标准规定的

对于电器来说,符合标准的最好证明是在电器上佩带电工产品用的奥地利检验标记(图3)。



图3 用于电气设备的奥地利检验标记

在此,特别要指出的是,检验标记必须标注在电器产品上,通常是标注在产品铭牌上。产品样本、产品目录等上面的检验标记图形与自称“ÖVE-已经检验”或“VDE-已经检验”,这在法

律上并不具有任何意义。有的厂商甚至弄虚作假，在检验时明明不合格的产品，而在公司的广告宣传中却标上“ÖVE-已经检验”的字样。

随着电工法规以及相应的实施条例生效，检验标记的作用显著提高，按照法规授予的奥地利检验标记，它可作为电器产品符合电工法规的证明，也可作为安全的证明。

新法规的颁布，从根本上改变了无视用电安全的违法乱纪状况。在电工法规生效前，只是在发生事故或由电引起火灾时，检察机关才根据奥地利刑事法规提出起诉，追究法律责任。现在，只要证明没有履行通过实施条例而生效的 ÖVE-标准，一律按照刑法程序起诉惩处。在此，需注意的是，按实施条例规定，从制约性来看，ÖVE-标准可分为两大类：一类作为法律的标准，如 ÖVE-EN1 具有严格的制约性；而另一类 ÖVE 标准是声明作为技术规程而生效的。在自行负责的条件下，可以与这类标准的规定有差异，但有疑问时，如发生事故，则应通过验证来证明这种差异并不影响安全性。

然而，即使是质量最优的电器产品，而且安装也完全符合规定，但在使用过程中，由于操作不当或者零部件老化也会出现故障，此时，保护措施就会保护遇难者的生命与财产。

在一定的条件下，保护措施也能防止动物触电，甚至防止绝缘故障时由于电引起的火灾危险。

## 1.2 保护措施仅仅是一种应急措施吗？

从现代电工标准来看，保护措施基本上分为两种不同的类型。

举例来说，当人们直接握住带有工作电压的导线，就有可能

发生触电事故。这类设备部件，如导线、端子、触点等等，它们在正常工作条件下是带电的，人们称它为带电部件，因此首先必须防止直接接触这类带电部件。

直接接触保护措施是指电气设备正常运行时使带电部件中流过电流的各部位全部绝缘(这种绝缘称为工作绝缘)或者通过结构型式、安装位置、布置方式以及采用特殊装置以防止人们直接接触带电部件。

漆层、珐琅层、氧化层以及纤维材料的包皮(包线、编织层、织带)，即使是浸渍的，也不能视作接触保护的工作绝缘，然而塑料涂层可算作工作绝缘，但必须通过机械试验与绝缘试验证实它具有持久的粘着强度与足够的涂层厚度。

直接接触带电部件是大多数触电事故的起因。有不少事故是由于电气设备的工作绝缘，有时候甚至是保护绝缘的损坏而引起的。这样使得在正常工作时，不应带电的部件也变成带电。这类部件以往称为机壳或机体，现在统称为不带电部件。

预防这种危险必须采用间接接触保护措施。这类事故在一定程度上是由于绝缘故障时，人们间接地接触处于工作电压下的部件而造成的。

因此，保护措施基本上分直接接触保护措施与间接接触保护措施。

尤其对间接接触保护措施必须更加重视，因为电气设备即使在不具备保护措施或者保护措施失效时也能正常工作，保护措施只有在发生绝缘故障时才起作用，通过保护措施使带有故障的电气设备部件断开或者防止出现过高的、不允许的接触电压。这就是人们对保护措施常常重视不够和不仔细的原因。人们把它看成是一种临时的应付，甚至是不必要的累赘，在过去的规范中甚至干脆称它为临时应急的保护措施。

事实上,保护措施决非是临时的应急措施,它与其它电气装置同样重要。也许甚至还更重要些,因为它担负着保护人类生命的重任。电器上的缺陷、载流导线的接触不良等,一般总是容易被及时发现的,因为由此会造成工作故障。相反,保护措施上存在的缺陷就很难被察觉,或者即使发现,也已为时过晚,也就是说,往往是在保护措施失效而发生危险时才被发现。因此,基本守则是:

### **安装保护措施应比安装其它电气装置更加细心谨慎**

任何绝缘,发生老化总是难免的,机械应力会使它或迟或早地出现老化,即使在数十年后才发生,因此人们必须考虑到随时会出现绝缘故障。认为“绝缘比接地好”的这种主张是不全面的。完善的提法应该是:

### **绝缘加上检查比接地更好!**

如果新购置的电气设备与电器是可靠的,且其工作绝缘也是符合规定的,则在通电时就不存在危险性,如在以后运行过程中能坚持定期检查,及时排除故障,则就能长期保持安全用电状态。进行这种绝缘检查的简便方法是通过对电工设备的定期检修来实现。然而,现代保护技术也可用故障电流保护线路来持续地检测电气设备的绝缘水平。

## **1.3 电气事故是怎样发生的?**

大多数的事故都是由于工作绝缘不符合标准、外壳碎裂或者丢失以及人们直接接触带电部件引起的。触碰白炽灯的螺丝灯头、用尖的金属物体去触碰灯头的插座以及触碰光裸的接线端子与导线等等而造成的触电死亡事故屡有发生。

农舍地窖里储藏着地瓜。农民背着麻袋,不慎碰撞墙上灯

具,灯具落地而碎,当他弯腰拾起仍连接着载流导线的碎裂灯具时,由于他触及光裸的螺纹灯座而触电,灯开关并不能切断电源,因为原先错将相线直接连接灯具,开关只能切断中性线。只是在几分钟后将装在走廊过道上的螺旋式熔断器旋出后,遇难的农民才得以解脱,虽然立即进行了人工呼吸,但还是惨遭身亡。

除了工作绝缘以外,带电部件,例如裸露的导线,可以通过安装位置、布线方式或者特殊装置(例如挡板、栅栏等等)来防止直接接触。一般来说,如果将带电部件置于手的活动范围之外,就算具有这种保护了。

这里,手的活动范围是指人从站立面出发用手能达到的区域(图 4a)。如果带电部件比站立面至少高 1.5m,且不能直接从下面触及带电部件时,则手的活动范围极限值 2.5 m 是指垂直距离与水平距离的总和(图 4b)。

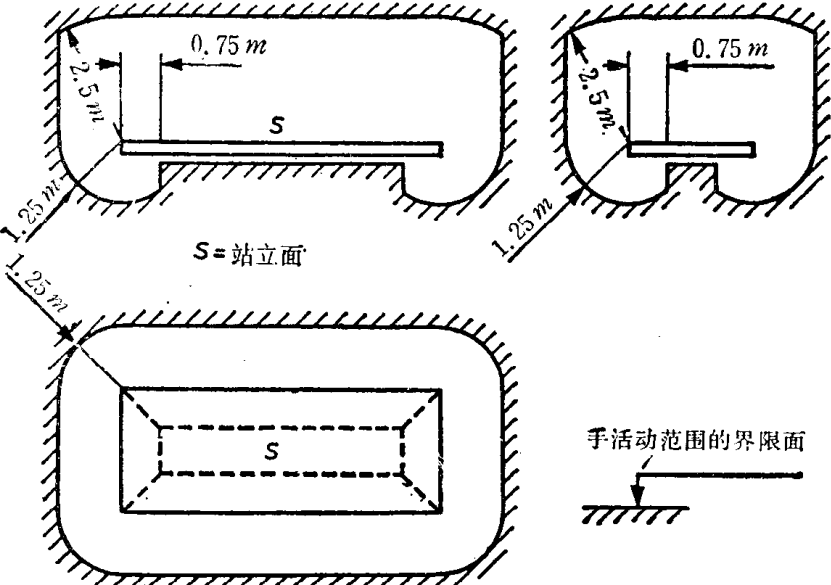


图 4a 手活动范围

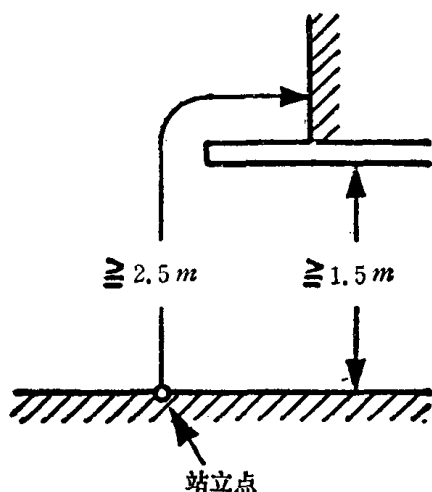
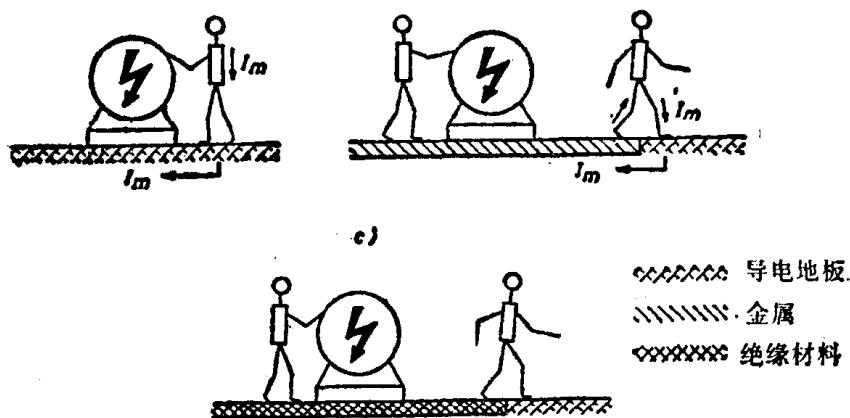


图 4b 不能直接从下面触及带电部件时的手活动范围



a) 有缺陷的电动机是安装在半导体的天然地板上，一俟接触电动机，立即发生危险。

b) 有缺陷的电动机是安装在金属地板上，接触电动机时并不发生危险，但当从金属地板跨到导电的天然地板时，就出现危险。

c) 有缺陷的电动机是安装在绝缘地板上，接触电动机时并不发生危险，从绝缘地板跨到导电的天然地板时也不出现危险。

图 5 根据不同的接触方式而发生危险的场合

考虑到在有关位置上一一般是采用占地方的或长的导电物体进行操作,因此就需要相应地扩大手的活动范围。

除了由于直接接触带电部件以外,工作绝缘的缺陷,致使在正常情况下不带电的导电部件带电,这也会引起各种各样的危险事故,如图5所示。有缺陷的电气设备直接安装在导电的地板上。当人们接触电气设备时就遭受危险电压,它使电流通过人体而流向大地。

电气设备与金属地板的表面也可以是金属导电的连接。当人们由金属地板的边缘跨向导电的天然地面时,就出现危险,此时电流从遇难者的一条腿流向另一条腿部,他就遭受到了所谓跨步电压。对于这类情况下面将详细说明。

## 1.4 事故与火警的统计说明了什么?

如果想了解奥地利的用电安全水平是否已足够高或者是否还须作出更大的努力,最好的办法是从电气事故与由电引起火警的统计资料中得知。

人们看一下长期以来的事故统计曲线是富有启发性的,最好与国家大小及人口总数大致相同的有关国家进行对比。图6、7、8是表示瑞典、瑞士与奥地利三国在高低压电气设备中出现的触电死亡事故。纵观统计曲线的全过程,很快就会发现,每当各国出现政治动乱时,触电死亡事故也就猛增,例如瑞典在世界大战结束的初期、瑞士在卅年代世界经济危机时期就呈现出这种情况。

在经济稳定而持续发展的时期,尽管用电量直线上升,而事故发生率反而下降。因此,电气事故不仅是个技术问题,而且也是个心理问题。处事容易冲动的人要比善于思考及遇事沉着的