

# 电气安全 技术手册

王胡兰 王 平 编著



02

兵器工业出版社

## 内 容 简 介

本书是电气安全技术的培训教材、手册两用资料。全书综合了供、用电基础安全标准资料以及各种电工、电子设备和家用电器中有关防触电、防燃、防爆、防静电危害和防电离辐射危害等方面的实用技术资料。本书可供厂矿企业的安全员、运行维修人员和家用电器使用者查阅，对设计、检验人员也有参考价值，特别适宜在安全技术学习班中作为教材使用。

## 电气安全技术手册

王胡兰 王 平 编著

责任编辑：何保武

\*

兵器工业出版社出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

密云县印刷厂印装

\*

开本：787×1092 1/32 印张：9.75 字数：217千字

1990年11月第1版 1990年11月第1次印刷

印数：1—10,000 定价：8.40元

ISBN 7-80038-252-4/TM·5

## 前 言

随着各种电工、电子设备和家用电器设备的迅速增加,电气安全的问题愈来愈引起厂矿企业和家用电气用户的重视。为此,国家有关部门除已制订了供、用电基本安全标准外,还为各种电工、电子设备和家用电器制订了许多安全标准。本书系统地综合了这些标准,并结合贯彻这些标准所必须采取的技术措施,作深入浅出的介绍。

由于电气安全标准是涉及面极广的基础标准,应该尽快贯彻,经常宣传。本会(江苏省标准化协会电工专业委员会和南京电工技术学会)计划把它列为今后重点宣传贯彻和培训内容,为此很需要一本有关电气安全的教材、手册两用资料。这就是本会组织编写本书的出发点。

必须指出,虽然生产单位在设计、制造时已经考虑了使用时的人身安全和设备安全问题,但由于材料寿命和突发性因素等原因,运行过程中发生的事故仍然不少,因此电气安全知识对用户的重要性并不亚于生产单位。本书内容主要针对设备使用单位的安全、操作、维修人员和家用电器用户,兼顾生产单位的设计、试验人员。

本书概括了有关电气设备的主要安全技术,包括防触电、防爆(例如矿用电器)、防炸裂(例如电视机)、防燃、防静电危害、防辐射电离危害等等,是一本内容较全、实用性较强的工具书。

本书由南京市标准计量局工程师王胡兰同志和东南大学电气工程系王平副教授共同编写。由于缺乏经验,错误和缺

---

点在所难免，请读者批评指正。

江苏省标协电工专业委员会主任委员  
南京电工技术学会理事长 张明勋

---

# 目 录

## 前言

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 电气安全的基本概念.....      | 1  |
| 第一节 安全性.....            | 2  |
| 一、功能安全性.....            | 2  |
| 二、结构安全性.....            | 2  |
| 三、材料安全性.....            | 2  |
| 四、使用安全性.....            | 2  |
| 五、防护安全性.....            | 3  |
| 六、标志安全性.....            | 3  |
| 七、仓储、运输的安全性.....        | 3  |
| 八、电气安全.....             | 3  |
| 第二节 电流对人体的影响.....       | 4  |
| 一、人体的阻抗.....            | 5  |
| 二、工频交流电流的效应.....        | 8  |
| 三、直流电流的效应.....          | 12 |
| 第三节 我国电气安全标准体系.....     | 14 |
| 一、编制目的.....             | 14 |
| 二、编制原则.....             | 14 |
| 三、电气安全体系表.....          | 14 |
| 第二章 我国对电气安全的若干基本规定..... | 17 |
| 第一节 额定电压、安全电压的规定.....   | 17 |
| 一、额定电压的规定.....          | 17 |
| 二、安全电压的规定.....          | 17 |
| 第二节 安全色与安全标志.....       | 20 |
| 一、安全色.....              | 20 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 二、安全标志·····                | 21 |
| 第三节 电线电缆的识别标志·····         | 24 |
| 一、颜色标志·····                | 24 |
| 二、数字标志·····                | 25 |
| 第四节 指示灯、按钮和接线端子的颜色与标志····· | 27 |
| 一、电工成套装置中指示灯和按钮的颜色·····    | 27 |
| 二、电机线端标志与旋转方向·····         | 31 |
| 三、电器接线端子的识别与标志·····        | 33 |
| 第五节 外壳防护等级·····            | 35 |
| 一、外壳防护等级的分类·····           | 35 |
| 二、外壳防护等级的试验·····           | 38 |
| 第三章 厂矿安全用电·····            | 47 |
| 第一节 电气设备分合闸操作的安全技术·····    | 47 |
| 一、分合闸操作的步骤·····            | 47 |
| 二、分合闸操作注意事项·····           | 48 |
| 三、隔离开关操作的安全技术·····         | 49 |
| 四、断路器操作的安全技术·····          | 50 |
| 五、停电工作中的安全技术·····          | 52 |
| 六、带电作业的安全技术·····           | 54 |
| 第二节 变压器的维护与检查·····         | 54 |
| 一、正常检查项目·····              | 55 |
| 二、特殊检查项目·····              | 58 |
| 第三节 触电保安器的使用·····          | 59 |
| 一、电压型漏电保护装置·····           | 60 |
| 二、零序电流型漏电保护装置·····         | 62 |
| 三、泄漏电流型漏电保护装置·····         | 65 |
| 四、漏电保护装置的安装及运行·····        | 67 |
| 第四节 线路装设维修检查安全规程·····      | 68 |
| 一、架空配电线路安全规程·····          | 69 |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 二、电缆线路安全规程.....          | 71        |
| 三、屋内外配电装置安全规程.....       | 72        |
| <b>第四章 对电击的防护.....</b>   | <b>74</b> |
| 第一节 防触电安全知识.....         | 74        |
| 一、触电事故的种类.....           | 74        |
| 二、触电的防护方法.....           | 76        |
| 第二节 绝缘材料.....            | 80        |
| 一、各种绝缘材料的用途和注意事项.....    | 80        |
| 二、绝缘材料的耐热性能.....         | 83        |
| 三、绝缘材料的老化.....           | 84        |
| 四、绝缘试验.....              | 85        |
| 五、绝缘电阻试验.....            | 86        |
| 第三节 绝缘电气强度的要求、测试与评定..... | 87        |
| 第四节 泄漏电流的要求、测试与评定.....   | 89        |
| 一、概述.....                | 89        |
| 二、测试方法.....              | 90        |
| 三、注意事项.....              | 92        |
| 第五节 电气设备的接地保护.....       | 93        |
| 一、接地保护的作用及使用范围.....      | 93        |
| 二、接地装置.....              | 95        |
| 三、接地电阻.....              | 96        |
| 四、保护接零.....              | 97        |
| 第六节 雷电保护.....            | 98        |
| 一、雷电及其危害性.....           | 98        |
| 二、防雷装置.....              | 99        |
| 三、避雷针.....               | 100       |
| 四、避雷线.....               | 101       |
| 五、避雷器.....               | 101       |
| 六、放电间隙.....              | 105       |

---

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第五章 电气产品着火危险性的判定与测试</b> .....     | 107 |
| <b>第一节 电气产品的着火条件</b> .....           | 107 |
| 一、明火引起的着火.....                       | 107 |
| 二、高温引起的着火.....                       | 107 |
| 三、爆炸引起的着火.....                       | 109 |
| <b>第二节 电工电子产品着火危险性的判定与试验</b> .....   | 110 |
| 一、试验的主要目的.....                       | 110 |
| 二、试验类别及评定水平.....                     | 111 |
| 三、试验方法及结果判定.....                     | 112 |
| <b>第六章 防爆、防电离辐射、防强电磁场及静电防护</b> ..... | 129 |
| <b>第一节 爆炸危险场所及防爆电气设备的用电安全</b> .....  | 129 |
| 一、爆炸性混合物的有关概念.....                   | 129 |
| 二、爆炸危险场所.....                        | 130 |
| 三、防爆电气设备的类型.....                     | 132 |
| 四、爆炸危险场所的电气设备.....                   | 135 |
| <b>第二节 防电离辐射</b> .....               | 137 |
| 一、电离辐射的有关概念.....                     | 137 |
| 二、电离辐射的应用场所及其对人体的危害.....             | 139 |
| 三、电离辐射的防护.....                       | 142 |
| <b>第三节 防强电磁场</b> .....               | 144 |
| 一、射频电磁场的应用场所及其对人体的危害.....            | 144 |
| 二、射频辐射允许强度.....                      | 145 |
| 三、射频电磁波的防护.....                      | 146 |
| <b>第四节 静电防护</b> .....                | 148 |
| 一、静电的产生.....                         | 148 |
| 二、静电的危害.....                         | 152 |
| 三、静电的防护.....                         | 155 |
| <b>第七章 低压电气产品的安全要求与测试</b> .....      | 161 |



|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一节 电机的安全要求与测试方法.....    | 161 |
| 一、介电性能.....              | 161 |
| 二、接地端子.....              | 165 |
| 第二节 低压电器的安全要求与测试.....    | 165 |
| 一、低压电器的分类.....           | 165 |
| 二、着火试验要求.....            | 168 |
| 三、电气间隙.....              | 168 |
| 四、爬电距离.....              | 168 |
| 五、接地端子.....              | 173 |
| 六、温升.....                | 174 |
| 七、介电性能.....              | 176 |
| 第三节 手持式电动工具的安全要求与测试..... | 180 |
| 一、分类.....                | 180 |
| 二、外壳保护.....              | 181 |
| 三、绝缘电阻.....              | 182 |
| 四、抗电强度.....              | 182 |
| 五、爬电距离、电气间隙及绝缘穿通距离.....  | 184 |
| 六、泄漏电流.....              | 184 |
| 七、接地装置.....              | 187 |
| 第四节 工业电热设备的安全要求.....     | 188 |
| 一、分类.....                | 188 |
| 二、触电的防护.....             | 188 |
| 三、过热防护.....              | 191 |
| 第八章 电子设备的安全要求与测试.....    | 192 |
| 第一节 电子测量仪器的安全要求与测试.....  | 192 |
| 一、分类.....                | 192 |
| 二、电击危险的防护要求与测试.....      | 192 |
| 三、高温的防护与测试.....          | 200 |
| 四、辐射和其它危害及其防护要求.....     | 201 |

---

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 五、防止内爆和炸裂           | 202 |
| 六、仪器的防火             | 204 |
| 第二节 家用电子设备的安全要求与测试  | 205 |
| 一、试验条件              | 204 |
| 二、防触电危险             | 209 |
| 三、防高温要求             | 214 |
| 四、电离辐射的测试           | 217 |
| 五、防火要求与试验           | 218 |
| 六、防爆炸试验             | 221 |
| 第九章 家用电器的安全要求与测试    | 222 |
| 第一节 家用电器的一般安全要求     | 222 |
| 一、分类                | 222 |
| 二、安全及其它标志           | 225 |
| 三、防触电保护             | 227 |
| 四、发热                | 231 |
| 五、电气绝缘              | 236 |
| 六、爬电距离、电气间隙和穿过绝缘的距离 | 241 |
| 七、防潮                | 249 |
| 八、非正常工作             | 253 |
| 九、接地保护              | 257 |
| 十、螺钉和连接             | 259 |
| 第二节 洗衣机的安全要求与使用注意事项 | 261 |
| 一、洗衣机的分类            | 261 |
| 二、标志                | 262 |
| 三、起动特性              | 263 |
| 四、电压波动特性            | 263 |
| 五、制动性能              | 264 |
| 六、温升                | 264 |
| 七、电气强度              | 265 |

---

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 八、接地保护.....                 | 268 |
| 九、漏电距离与电气间隙.....            | 270 |
| 十、防触电保护.....                | 271 |
| 十一、使用注意事项.....              | 271 |
| 第三节 电冰箱的特殊要求和使用注意事项.....    | 274 |
| 一、分类与标志.....                | 274 |
| 二、冰箱的起动.....                | 274 |
| 三、发热.....                   | 275 |
| 四、其它要求.....                 | 278 |
| 五、使用注意事项.....               | 279 |
| 第四节 电热毯的特殊要求和使用注意事项.....    | 281 |
| 一、分类.....                   | 281 |
| 二、标志.....                   | 282 |
| 三、电气绝缘.....                 | 283 |
| 四、防潮及电气强度.....              | 283 |
| 五、其它.....                   | 285 |
| 六、使用注意事项.....               | 285 |
| 第五节 电熨斗的特殊要求和使用注意事项.....    | 286 |
| 一、防潮.....                   | 286 |
| 二、结构.....                   | 287 |
| 三、其它要求.....                 | 288 |
| 四、使用注意事项.....               | 290 |
| 第六节 家用电器安装、使用、检修中的安全要求..... | 291 |
| 一、家用电器的合理选用.....            | 291 |
| 二、家用电器的安装.....              | 292 |
| 三、家用电器的使用.....              | 292 |
| 四、家用电器的检修.....              | 294 |
| 参考文献.....                   | 296 |

# 第一章 电气安全的基本概念

随着科学技术的高速发展，现代工业规模正朝着日益大型化的方向发展，随之而来的工业生产的安全问题也日益突出，引起了社会各界的关注和担忧。根据国际劳工组织调查表明，近年来，全世界每年发生的火灾、爆炸、中毒、窒息、撞车、飞机坠落等各种工业和交通事故约五千万起，由事故造成的直接经济损失相当于世界各国国民经济总产值的5%。事故之多，损失之大，令人触目惊心。美国联合碳化物公司设在印度的博帕尔农药厂发生了一起极为罕见的工业毒物泄漏事故，在极短的时间内造成了巨大的伤亡。印度的一位工业安全与环境保护专家说：“博帕尔的灾难是印度在和平时期遭受到的一次具有战争规模的打击”。

工业革命初期，生产的安全问题就已成为社会问题。当时，推进工业社会的竞争，人们只是为了满足提高福利的愿望，片面鼓励产量的增加，侧重于研究生产手段、生产价值、利润、流通、劳动、分配等问题，而对生产带来的不安全问题则很少考虑。随着工业的发展，工厂规模的扩大，各种事故越来越多。特别是现代化生产，由于大量使用电气设备，大量使用大规模机械设备，以及采用了高温、高压生产工艺，或者在恶劣的环境下进行生产，因此容易引起触电、失火、爆炸等事故，结果或是使劳动者受到伤害，或是引起职业病。因此，在现代化生产中，对安全问题十分重视，各工业发达国家都制订了各种劳动安全法，以确保生产安全。为了贯彻这些劳动安全法，各国还制订了大量安全标准并

开展了安全宣传工作。其中，对电气的安全问题，更是提到了极为重要的地位。

### 第一节 安 全 性<sup>〔1〕</sup>

安全性是重要的产品质量指标之一。安全性是由功能安全性、结构安全性、材料安全性、使用安全性、防护安全性、标志安全性、运输安全性和环境安全性所决定的。各种安全性均应由相关标准来保证。

#### 一、功能安全性

功能安全性，又称功能可靠性。如果产品的制动、控制、调节等功能失灵，或功能降低，则会带来不可估量的损失。为保证功能安全性，应贯彻执行功能设计标准，功能试验标准和制造中的工艺标准。

#### 二、结构安全性

当结构件的应力大于结构件自身的强度时，将出现结构上的严重事故，如飞机掉下翅膀，轮船螺旋桨折断，锅炉爆炸，电机飞车等。为保证结构的安全性，应贯彻结构强度设计和试验的标准。

#### 三、材料安全性

有些材料与人体或食品接触（食品包装材料）会使人中毒致病；有些材料易燃易爆；有些材料对温度变化很敏感，因气候冷热变化而变硬、变脆、老化，致使性能下降，由此带来的不安全因素（例如绝缘性能下降）会导致事故发生。因此，应制订并认真贯彻材料的安全标准。

#### 四、使用安全性

有些产品，自身并没有什么危险，但使用不当也会带来危害。例如家用电器，有些必须接地，有些不可以接地，若

使用错误，会造成触电事故，甚至导致死亡。

### 五、防护安全性

对于一些不可避免的不安全因素，应根据存在危险的性质及情况，采取适当防护措施。例如，高电压工作区，其外围应采取围栏防护，矿井用电机应有防爆措施，带电元器件外部应有外壳防护等。防护措施应符合相应标准的规定。

### 六、标志安全性

一切可能引起不安全的场所或有危险产品的操作部位，均应具有明显的安全标志。例如，带电部位的带电标志，可自动切断电源的门的开关标志，都应用醒目的颜色以引起人们注意。安全标志应符合安全标志的标准规定，不能任意设计、制造和使用。

### 七、仓储、运输的安全性

有些产品，尽管自身比较安全，但在运输中，如发生碰撞却会产生极大的危险；有些产品，仓储条件如达不到一定要求，尽管没有撞碰，没有移动，自身也会发生安全问题（例如自燃，过热引起爆炸或空气中有腐蚀性气体造成事故等）。因此，产品在仓储、运输中也要注意安全问题，并符合有关安全标准规定。

### 八、电气安全

所谓电气安全，就是指电气设备在正常运行时以及在预期的非正常状态下不会危害人体健康和周围的设备，当电气设备发生非预期的故障时，应能切断电源，将事故限制在允许的范围之内。

为了电气产品的安全，电气产品都应具有安全标准。目前，有些电气产品有单独制订的安全标准（例如家用电器），有些电气产品还未制订单独的安全标准，而是在产品标准中

# 第一章 电气安全的基本概念

随着科学技术的高速发展，现代工业规模正朝着日益大型化的方向发展，随之而来的工业生产的安全问题也日益突出，引起了社会各界的关注和担忧。根据国际劳工组织调查表明，近年来，全世界每年发生的火灾、爆炸、中毒、窒息、撞车、飞机坠落等各种工业和交通事故约五千万起，由事故造成的直接经济损失相当于世界各国国民经济总产值的5%。事故之多，损失之大，令人触目惊心。美国联合碳化物公司设在印度的博帕尔农药厂发生了一起极为罕见的工业毒物泄漏事故，在极短的时间内造成了巨大的伤亡。印度的一位工业安全与环境保护专家说：“博帕尔的灾难是印度在和平时期遭受到的一次具有战争规模的打击”。

工业革命初期，生产的安全问题就已成为社会问题。当时，推进工业社会的竞争，人们只是为了满足提高福利的愿望，片面鼓励产量的增加，侧重于研究生产手段、生产价值、利润、流通、劳动、分配等问题，而对生产带来的不安全问题则很少考虑。随着工业的发展，工厂规模的扩大，各种事故越来越多。特别是现代化生产，由于大量使用电气设备，大量使用大规模机械设备，以及采用了高温、高压生产工艺，或者在恶劣的环境下进行生产，因此容易引起触电、失火、爆炸等事故，结果或是使劳动者受到伤害，或是引起职业病。因此，在现代化生产中，对安全问题十分重视，各工业发达国家都制订了各种劳动安全法，以确保生产安全。为了贯彻这些劳动安全法，各国还制订了大量安全标准并

由于发生“心室纤维性颤动”而致死是人类触电死亡的最根本的、占比例最大的原因。因此，探讨“致颤”电流和有关问题显得十分重要。

## 一、人体的阻抗

人体的不同部分（如皮肤、血液、肌肉、其它组织和关节）对电流呈现出一定的阻抗，该阻抗可看成是由电阻性分量和电容性分量所组成。这个阻抗的数值取决于许多因素，如电流通路、触及的电压值、电流的持续时间、皮肤潮湿程度、接触面积、接触压力和温度等。

### 1. 人体总阻抗的组成

一般情况下，人体的总阻抗 $Z_T$ 由体内阻抗 $Z_i$ 和皮肤的阻抗 $Z_p$ 组成，即

$$Z_T = Z_i + Z_{p1} + Z_{p2}$$

式中  $Z_i$ ——体内阻抗，即两个电极触及到人体的两个部位，在电极下皮肤剥离后，两个电极之间的阻抗；

$Z_p$ ——人体的皮肤阻抗，即皮肤上的电极和皮下导电细胞上电极之间的阻抗。 $Z_{p1}$ 和 $Z_{p2}$ 分别表示两个不同触电部位的皮肤阻抗；

$Z_T$ ——人体总阻抗，即人的体内阻抗与两处触电部位皮肤阻抗的矢量和。

人体的体内阻抗，基本上是电阻性的，只有很少的电容分量。体内阻抗的数值主要取决于电流通路。如果电流在人体内不同的部位流动时，人体会反映出不同的体内阻抗。阻抗最大的电流通路是从一只手到另一只手，或从一只手到另一只脚或双脚，这两种电流通路的体内阻抗基本相等。

我们把这两种电流通路叫作基准电流通路。并以这种通



路的体内阻抗值为 1。这时，电流从不同的体内通路流过时的阻抗相对值（指该电流通路实际阻抗与同等条件下基准电流通路实际阻抗之比）均会小于 1，如表1-1所示。

表1-1 体内阻抗相对值

| 电 流 通 路       | 阻抗相对值       |
|---------------|-------------|
| 左手到右手（基准电流通路） | 1           |
| 左手（双手）到左脚     | 1 （0.75）    |
| 左手（双手）到左小腿    | 0.75 （0.5 ） |
| 左手（双手）到左大腿    | 0.6 （0.35）  |
| 左手（双手）到左膝     | 0.7 （0.45）  |
| 左手（双手）到头      | 0.5 （0.3 ）  |
| 左手（双手）到胫      | 0.4 （0.2 ）  |
| 左手（双手）到胸      | 0.45 （0.23） |
| 左手（双手）到腹      | 0.5 （0.25）  |
| 左手（双手）到臀      | 0.55 （0.3 ） |
| 一只手到另一只手上臂    | 0.6         |
| 一只手到另一只手下臂    | 0.75        |

从表1-1可以看到，人体的头、胫、胸部的体内阻抗最小，最易受到电流的伤害。

一般情况下体内阻抗很少与触电的接触面积有关。但是，若接触面积小到只有几个平方毫米时，体内阻抗是会增加的。所以说，接触面积很小时，电对人的危害可减轻。

皮肤由一个半绝缘层（即表皮）和一个导电单元（即毛孔）组成，因此，皮肤的阻抗可以认为是一个电阻电容网络。影响皮肤阻抗大小的因素很多。当电流、电压、频率、电