

A stylized graphic on a yellow background. On the left is a white silhouette of a traditional Chinese pagoda with five tiers. To its right is a large, white, stylized lightning bolt. A thin white line curves from the top left, passing behind the pagoda and lightning bolt, and ending near the bottom right. A red circular stamp is partially visible on the right side, containing some Chinese characters and a star.

电气装置 安全技术基础

(苏) И. А. 多林 著

电气装置安全技术基础

(苏) П.А.多林著

冶金部安全教育指导站

1986年11月

内 容 简 介

本书阐明了电流对人体的作用、对触电者的急救方法、对预防触电的主要保护装置的要求；论述了电气设备安全操作的组织问题。本书于1979年初版。第二版修订、补充了有关预防触电和电气设备安全操作的最新资料。

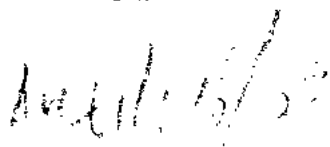
本书第1~4章和第7~8章由张茂万译，第五章由陈祥东译，第9~12章由石建国译。由陈广生、钱朝保等校。

本书可供高等院校电力专业学生学习，也可供工业企业专业人员阅读。

П. А. Долин
ОСНОВЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ
В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ
МОСКВА ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ. 1984

电气装置安全技术基础

П. А. 多林著



冶金部安全教育指导站（内部发行）
冶金工业部安全技术研究所印刷厂印刷

1986年11月

序 言

由于在国民经济各部门（包括农业）中广泛地利用电能，电气设备的操作人员迅速增加。因此，电气设备操作的劳动安全问题具有特殊的意义。我国十分重视保证生产劳动的安全条件。提高电气安全性问题，必须通过不断地改善劳动条件、完善预防从事电气设备操作的专业人员以及其他人员触电的保护措施来解决。同时，还应该利用电气安全方面的研究成果研制出新的保护器具。

苏联政府为了改善劳动条件，拨出了大量的资金和物资。因此，包括电气事故在内的伤亡事故频率，比其它国家低，并且在逐年下降。

对工业部门中暂时丧失劳动能力的人身事故分析表明，电流伤害的事故频率不算高，约占生产中人身事故总数的 $0.5\sim 1\%$ 。在绝大部分工人都与电气设备操作有关的电力部门，电气伤害事故在人身事故总数中所占的比重略为大些—— $3\sim 3.5\%$ ，但仍然不算高。

如果就死亡事故而论，那情况就不同了，在因工死亡事故总数中，触电引起的死亡事故占 $20\sim 40\%$ （其中电力部门 60% ），高于任何别的原因引起的死亡事故；而且，其中 $75\sim 80\%$ 的触电死亡事故发生在电压低于 1000V 的电气设备中。发生后一种情况的原因是， 1000V 以下的低压电气设备应用十分普遍，实际上全体生产工人都要接触这种设备。而 1000V 以上的电气设备，一般地是由为数较少的技术很熟练的人员管理的。

虽然世界各国的人身事故绝对数量不一样，但上述工伤比例，对于大多数国家面言，是具有代表性的。

苏联学者——生理学家和电气技术专家在研究电流对人

体的作用及产生的复杂现象方面，作出了较大的贡献。他们是Н.П.古尔维奇，А.П.基谢列夫，В.Е.马诺依洛夫，И.Р.彼得洛夫，Ю.Г.西巴诺夫，Г.С.索洛道夫尼科夫，В.Я.塔巴克，В.И.修茨基等。

在研制新的、完善现有的触电保护装置，制定电气安全规程、规范和标准方面，曾经起了巨大作用的苏联学者有，Л.В.格拉基林，П.Г.格罗金斯基，А.М.卡兰达则，Б.А.克涅捷夫斯基，Б.И.卡沙列夫，С.И.科斯特鲁巴，Б.Г.繆索夫，А.О.彼得里，А.И.列伐金，Н.П.西莫却托夫，Н.В.舍普诺夫，Е.М.亚古达也夫，А.И.亚可布斯，还有工程师Р.А.卡特瑞也夫，Л.И.瓦依斯坦，И.А.谢列勃那尼柯夫，М.Д.斯多略诺夫等等。

在准备出版本书第二版的过程中，利用了一些新的标准、规程、有关文献以及作者参与完成的研究资料。本书在修改、补充时考虑了电气安全方面的研究成果，劳动安全标准体系的要求、《电气设备操作安全技术规程》（1982年）、《电气设备安装规则》（1976~1982年）。

本书第1章就电流对人体的作用进行了分析（触电的种类、人体的电阻、各种因素对触电后果的影响）。

第2章讨论了对触电者的急救方法。

第3章和第4章描述了电流流入大地的现象和电网中触电的危险性。

第5、6、7章分别介绍了保护接地、接零和保护切断及其装置，并说明了它们的用途、动作原理、应用范围、类型和实施办法。

第8至12章讨论了触电保护装置，防止超高压电气设备的工频电磁场对人体危害的保护措施，带电检修输电线路

的安全作业方法。最后，叙述了如何组织电气设备安全运行的问题。

本书是根据《电力专业〈劳动保护〉课程标准教学大纲》编写的。

本书被指定为高等学校电力专业学生《劳动保护》课程的教学参考书。也可供工业企业和设计单位的工程技术人员，以及电气安全研究人员阅读。

评论家、科学技术博士、副教授Ю.Г.西巴罗夫为本书的出版作了大量工作，作者谨致谢意。

П.А.多林

目 录

1 电流对人体的作用

1.1 触电的种类.....	(1)
1.1.1 电流对活组织的作用特点.....	(1)
1.1.2 局部电灼伤.....	(3)
1.1.3 电击.....	(11)
1.1.4 触电死亡的机理.....	(13)
1.2 人体电阻.....	(17)
1.2.1 活组织的导电性.....	(17)
1.2.2 人体电阻.....	(18)
1.2.3 人体电阻与皮肤状况的关系.....	(23)
1.2.4 人体电阻与电路参数的关系.....	(24)
1.2.5 人体电阻与生理因素和局围环境的关系	(30)
1.3 电流大小对触电后果的影响.....	(30)
1.3.1 伤害因素.....	(30)
1.3.2 不同值电流对人体的作用特性.....	(30)
1.4 通电时间对触电后果的影响.....	(36)
1.5 电流途经对触电后果的影响.....	(39)
1.6 电流频率和种类对触电后的影响.....	(44)
1.7 人体素质对触电后果的影响.....	(46)
1.8 安全电流的标准.....	(48)

2 触电者的急救

2.1 摆脱电流作用的方法.....	(53)
2.2 临时急救措施.....	(59)
2.3 人工呼吸.....	(63)

- 2.4 心脏按摩..... (70)
- 2.5 心脏的电力去颤法..... (75)
- 3 电流流入大地的现象
 - 3.1 概述..... (78)
 - 3.2 电流经单个接地极流入大地..... (79)
 - 3.2.1 地面的电位分布..... (79)
 - 3.2.2 单个接地极的溢流电阻..... (93)
 - 3.2.3 用静电类比法确定接地极的溢流电阻..... (95)
 - 3.3 电流经组合接地极流入大地.....(103)
 - 3.3.1 地面的电位分布.....(103)
 - 3.3.2 组合接地极的电位.....(107)
 - 3.3.3 组合接地极的溢流电阻.....(110)
 - 3.3.4 组合接地极的利用系数.....(112)
 - 3.3.5 均质土壤中复杂接地极的电阻.....(116)
 - 3.4 接触电压.....(121)
 - 3.4.1 使用单一接地极时的接触电压.....(121)
 - 3.4.2 使用组合接地极时的接触电压.....(125)
 - 3.4.3 计及人站立底板电压降时接触电压.....(128)
 - 3.5 跨步电压.....(133)
 - 3.5.1 使用单一接地极时的跨步电压.....(135)
 - 3.5.2 使用组合接地极时的跨步电压.....(136)
 - 3.5.3 考虑人站立底板电压降时的跨步电压.....(138)
 - 3.6 多层土壤中的接地极.....(140)
 - 3.6.1 概述.....(140)

3.6.2 两层土壤中的单一接地极	(142)
3.6.3 两层土壤中的组合接地极	(149)
3.7 土壤电阻	(153)
3.7.1 概述	(153)
3.7.2 土壤 ρ 值和湿度的关系	(155)
3.7.3 土壤 ρ 值和温度的关系	(157)
3.7.4 土壤种类对其电阻率的影响	(159)
3.7.5 土壤 ρ 值与其密实程度的关系	(161)
3.7.6 土壤 ρ 值与季节的关系	(161)
3.7.7 土壤电阻率的测量	(163)
4 各种电网触电的危险性分析	
4.1 概述	(171)
4.2 单相电网	(176)
4.2.1 对地绝缘的电网	(176)
4.2.2 带接地线的电网	(180)
4.3 三相电网	(183)
4.3.1 中性点通过有效电阻和感抗接地的三相四 线制电网	(183)
4.3.2 中性点有效接地的三相四线制电网	(186)
4.3.3 中性点不接地的三相三线制电网	(190)
4.4 电网线路和中性点制度的选择	(196)
5 保护接地	
5.1 用途、作用原理和应用范围	(200)
5.2 接地装置的类型	(201)
5.3 接地装置的型式	(203)
5.3.1 接地极	(203)
5.3.2 接地线	(209)

5.3.3	应有保护接地的设备	(213)
5.3.4	某些类似的设备及不同电压、不同用途的设备的接地装置之间的连接	(215)
5.4	保护接地的计算	(218)
5.4.1	计算的原始资料	(220)
5.4.2	确定接地短路的计算电流	(221)
5.4.3	确定接地装置需要的电阻	(224)
5.4.4	确定人工接地极需要的电阻	(226)
5.4.5	接地极形式的选择及初步的接地装置系统的编制	(227)
5.4.6	接地极参数的说明	(229)
5.4.7	接地极计算实例	(232)
5.5	接地装置的使用	(239)
5.5.1	接地装置可能的故障	(239)
5.5.2	接地装置状况的检查方式及检查周期	(239)
5.5.3	接地装置的试验	(240)
6	接零	
6.1	用途、作用原理及应用范围	(243)
6.2	接零电路的各个元件的作用	(245)
6.2.1	接零保护线的作用	(245)
6.2.2	电源绕组中性点接地的作用	(247)
6.2.3	零保护线的二次接地的作用	(249)
6.3	接零计算	(253)
6.3.1	切断能力的计算	(254)
6.3.2	中性点接地电阻的计算	(263)
6.3.3	零保护线二次接地电阻的计算	(265)
6.4	接零系统的实施	(268)

6.5 接零完好性检查.....	(277)
6.5.1 一般常识.....	(277)
6.5.2 相—零回路电阻的测量.....	(277)
7 保护切断	
7.1 概述.....	(279)
7.2 反应壳体电位的装置.....	(283)
7.3 反应接地短路电流的装置.....	(287)
7.4 反应零序电压的装置.....	(290)
7.5 零序电流装置.....	(294)
7.6 反应动作电流的装置.....	(300)
8 电气设备中使用的保护器具	
8.1 一般概念.....	(305)
8.2 用途、结构及使用规范.....	(306)
8.2.1 绝缘杆.....	(306)
8.2.2 绝缘钳.....	(312)
8.2.3 电测钳.....	(314)
8.2.4 电压指示器.....	(316)
8.2.5 有绝缘手柄的电钳工修理工具.....	(321)
8.2.6 绝缘手套、胶皮套鞋、深统套鞋、靴子及 地毯.....	(321)
8.2.7 绝缘垫架.....	(324)
8.2.8 临时轻便型保护接地线.....	(325)
8.2.9 临时轻便型隔板.....	(327)
8.3 绝缘保护工具的电气试验.....	(329)
8.3.1 试验的条件、规范及期限.....	(329)
8.3.2 试验.....	(330)
9 超高压电气设备中工频电场影响的防护	

9.1	电磁场的生物学影响	(336)
9.2	电场强度	(338)
9.3	经人体入地的电流	(348)
9.4	卫生标准	(354)
9.5	屏蔽服	(357)
9.5.1	防护原理	(357)
9.5.2	服装结构	(357)
9.5.3	应用范围与条件	(360)
9.6	屏蔽装置	(363)
9.6.1	防护原理	(363)
9.6.2	结构和配置	(364)
9.6.3	使用条件	(368)
9.7	在影响区域内施工的某些特点	(369)
10	架空输电线路逐相修理时的安全	
10.1	逐相修理的特点	(372)
10.2	静电影响	(373)
10.2.1	断路导线上的感应电势	(373)
10.2.2	未接地导线的电位特性	(379)
10.2.3	接触导线的危险性	(379)
10.3	电磁影响	(383)
10.3.1	感应电动势的计算	(383)
10.3.2	未接地导线的电位特性	(386)
10.3.3	接地导线的电位特性	(392)
10.3.4	接触导线的危险性	(396)
10.4	修理时的安全措施	(403)
10.4.1	接触导线时的安全保障法	(403)
10.4.2	修理导线的准备及施工	(405)

11 高压输电线路带电作业时的安全性	
11.1 带电作业方法的特点及优点	(411)
11.2 带电作业的原则	(412)
11.2.1 电气系统图	(412)
11.2.2 人对地的电容电流及其限制	(413)
11.3 带电作业用的器具及作业程序	(418)
11.3.1 绝缘装置及辅助器具	(418)
11.3.2 带电作业方法的说明	(421)
11.4 带电作业的危险性分析	(426)
11.4.1 触电原因及其消除方法	(426)
11.4.2 人员工作地点内部过电压产生的条件及过电压值	(428)
11.4.3 人员工作地点大气过电压产生的条件及过电压值	(429)
11.4.4 安全规程规定的绝缘水平	(432)
12 电气装置安全管理的组织工作	
12.1 总则	(437)
12.1.1 电气装置的操作人员	(438)
12.1.2 操作人员的身体检查	(439)
12.1.3 操作人员的培训	(439)
12.1.4 对人员进行规程和工作细则的考核	(441)
12.1.5 电气安全技能级别	(442)
12.1.6 触电危险性场所的分类	(444)
12.1.7 电气设备的管理内容	(446)
12.2 运行中的电气装置的操作维护	(447)
12.2.1 电气装置的值班	(447)

12.2.2	电气装置的检查	(449)
12.2.3	作业转换	(456)
12.3	在运行中的电气装置上的作业	(464)
12.3.1	作业种类	(464)
12.3.2	作业规则	(465)
12.3.3	作业安全负责人	(466)
12.3.4	施工任务单和指令书	(468)
12.3.5	通电部分的切断	(470)
12.3.6	工作地点悬挂可移式安全警告牌和设护栏	(472)
12.3.7	检查断路的导电部分是否无电	(475)
12.3.8	临时接地的安装	(477)
12.3.9	班组作业的批准	(480)
12.3.10	工作时的监督	(482)
12.3.11	工作休息和作业结束	(483)

1 电流对人体的作用

1.1 触电的种类

1.1.1 电流对活组织的作用特点

电流对于活组织的作用，不同于其它物质因素（蒸汽、化学物质、辐射等）的作用。它有独特的、多方面的特征。的确，当电流通过人体时，会产生热力、电力和机械（电动力）的作用。这些作用一般都是生物和非生物所共有的物理—化学过程；同时，电流还会引起生物学反应。这是活组织所独有的一种特殊过程。

电流的热力作用，表现为人体的局部灼伤，电流所流经的血管、神经、心脏、大脑以及其它器官热量骤增，从而引起这些器官产生严重的功能障碍。

电流的电解作用，表现为使组织液（包括血液）分解，同时伴随着物理—化学成份严重破坏。

电流的机械（电动力）作用，表现为由于电动效应以及组织液和血液因电流面过热，使人体的各种组织，包括肌肉、血管壁、肺血管等；一瞬间生成大量蒸汽，发生剥离、断裂以及其它类似的损伤。

电流的生物学效应，表现为使人体产生激动和兴奋行为，破坏正常人体内部的、对生命机能至关重要的生物电化过程。

电流通过人体时刺激活组织，引起活组织应答性反应—兴奋。这是一种基本的生理过程。其特征是活组织结构由相对的生理静止状态过渡到特殊的活动状态。

因此，如果电流直接通过肌肉组织，则由电流的刺激作用所引起的兴奋，表现为肌肉本能的收缩。这就是电流对其所通过的组织的所谓直接刺激作用。

但电流不仅会引起直接的作用，还可能产生反射作用，即通过中枢神经系统起作用。换句话说，电流能够使没有电流通过的那些组织发生兴奋。这是由于通过人体的电流会引起受体——特殊细胞——的激动，而受体在人体的所有组织内均大量存在，并且对外界环境和内部因素的影响极为敏感。

受体受到刺激后，附近敏感的神经末梢便进入兴奋状态，产生脉冲形式的神经兴奋波，按大约 27m/s 的速度，沿着神经向中枢神经系统（即脊髓和大脑）传播。中枢神经系统对这种神经兴奋波进行处理，并像执行指令一样，把它传给工作器官——肌肉、腺体和血管。而这些器官可能位于电流通过区域之外。

受体受到一般的自然刺激时，中枢神经系统能保证人体的相应器官作出适当的应答性动作。例如，当人体意外触及炽热物体时，会本能地迅速缩手，以免受到烫伤。假设人体受到过度的或不寻常的刺激作用，例如电流的刺激，中枢神经系统就会发出不适当的指令，从而引起人体的重要器官（包括心脏和肺）的正常活动受到严重破坏，即或这些器官的位置不在电流通过的途径上，也不例外。诚然，这样的现象是很少发生的。

众所周知，在活组织中，首先是在肌肉（包括心肌）以及中枢神经系统和周围神经系统中，经常不断地产生生物电势，这种电势关系着兴奋过程的发生和扩展，即与活组织向积极活动状态过渡有关。

外部电流与极微弱的生物电互相作用，破坏生物电对人体组织和器官的正常作用，并抑制生物电的产生，从而使人体产生特异的功能障碍，直至死亡。

两种电伤 上述电流对人体的种种影响，常常导致各种不同的电伤*。其大致可以分为以下两种形式：局部电灼伤和全身性电伤。局部电灼伤是指身体局部受到的损伤；全身性电伤也叫电击。人体遭到电击时，维持生命的重要器官和系统的正常活动受到破坏，使人体所有的器官损坏（或有损坏的危险）。

在工业部门中，以上两种伤害在电流引起的人身事故中所占的比例大致如下：局部电灼伤——20%；电击——25%；混合电伤即同时受到局部电灼伤和电击**——55%。

两种电伤往往同时发生，然而它们性质完全不同，应当区别对待。

1.1.2 局部电灼伤

局部电灼伤是指由于在电流或电弧的作用下，人体组织（其中包括骨骼组织）的完整性明显地遭受到局部的损伤，最常见的是表面损伤，也就是皮肤损伤，有时是其它软组织以及韧带和骨骼损伤。

局部电灼伤的危险性及其治疗的复杂性，取决于人体损伤的部位、性质和损伤程度，以及机体对此损伤的反应。通常，局部电伤是可以治愈的，触电者的工作能力也能完全或部分恢复。只有少数人（当严重烧伤时）死亡。死亡的直接

* 电伤是指因电流或电弧作用引起的伤害。

** 此处100%仅是指官方统计的触电事故，即那些丧失劳动能力三天以上以及致残和死亡的事故。