

刘介才 编著

A N Q U A N Y O N G D I A N

安全用电

实用技术



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

安全用电

实用技术

刘介才 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



本书是根据我国现行标准规范要求、结合我国用电实际编写的一本讲述安全用电技术方面的读物，可作职业技术教育的培训教材，亦可供电工技术人员参考。

本书共分七章，分别是安全用电概论，接地、接零及触电防护，雷电过电压及防护，静电及高频电磁辐射的防护，供电设备的安全运行，用电设备的安全运行，电气火灾与防火防爆。

本书论述力求深入浅出，明白易懂，并尽量配以简明的插图，做到图文并茂。为便于读者准确地理解有关专业术语和有关文字符号的含义，本书对部分专业术语在首次出现时加注了英文，书前列有中英含义对照的文字符号表。为便于读者自学和复习，每章末附有复习思考题，有的章末还附有习题，书末附有习题参考答案。

图书在版编目(CIP)数据

安全用电实用技术 / 刘介才编著. —北京: 中国电力出版社, 2006

ISBN 7-5083-4385-9

I. 安… II. 刘… III. 用电管理-安全技术 IV. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 049877 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 10 月第一版 2006 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.5 印张 225 千字

印数 0001—4000 册 定价 16.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前 言



随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,电气设备的应用越来越普遍。由于电的特殊性能,它既能造福于人类社会,给人类社会带来光明、动力和现代文明,又极易引起人体触电伤亡或火灾爆炸等严重事故,给人们的生命财产造成巨大的损失。因此,用电安全问题值得人们高度重视。

本书是一本专门论述安全用电知识的读物,可作为职业技术教育的培训教材,亦可供广大电工技术人员参考。

本书共分七章。第一章安全用电概论,主要讲述安全用电的意义和一般措施,电流对人体的作用及安全电流和安全电压概念,介绍常用的电工安全用具及触电的急救处理方法。第二章接地、接零及触电防护,讲述接地、接零及等电位联结知识,并介绍低压配电系统的接地故障保护及漏电保护的原理和应用问题。第三章雷电过电压及其防护,除讲述一般雷电过电压及防雷知识外,还介绍了建筑物及电子信息系统的防雷问题。第四章静电及高频电磁辐射的防护,主要讲述静电和高频电磁辐射的危害及其防护措施。第五章供电设备的安全运行,分别讲述电力变压器、配电装置、电力线路及并联电容器组的安全运行知识。第六章用电设备的安全运行,分别讲述电动机、起重运输设备、手持式和可移式电动工具及家用电器的安全运行知识。第七章电气火灾与防火防爆,首先讲述电气火灾的原因、特点及其扑灭问题,然后介绍电气防火防爆的措施,最后讲述爆炸与火灾危险环境内电气装置的安全要求。

本书之所以名为《安全用电实用技术》,不只是由于在讲述安全用电技术知识时,侧重在人们日常生活和生产用电中必备的安全知识,理论联系实际,论述浅显易懂,而更主要的是本书尽量以我国现行标准规范为依据,力求增强读者的标准规范

意识。编者认为：作为现代电工技术人员，必须增强标准规范意识，按标准规范要求来处理技术问题。因此，只有符合现行标准规范要求的技术知识，才是最实用的技术知识。只有严格按现行标准规范使用电气设备，才能确保用电安全。

为便于读者准确地理解有关专业术语和有关文字符号的含义，本书对部分专业术语在首次出现时加注了英文，并在本书前面列有中英含义对照的常用文字符号表。为便于读者自学和复习，每章末附有复习思考题，有的还附有习题，书末附有习题参考答案。

限于本人水平，书中错漏和不妥之处在所难免。敬希广大读者不吝赐教，本人不胜感激！

编 者

本书常用文字符号表

一、电气设备的文字符号

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
A	装置	device	—
	放大器	amplifier	FD
ARD	自动重合闸装置	auto-reclosing device	ZCH
AV	电子放大器	electronic amplifier	—
C	电容；电容器	electric capacity; capacitor	C
F	避雷器	arrester	BL
FD	跌落式熔断器	dropping fuse	DR
FDL	负荷型跌落式熔断器	load-type dropping fuse	FDR
FG	保护间隙	protective gap	JX
FMO	金属氧化物避雷器	metal-oxide lightning arrester	—
FU	熔断器	fuse	RD
FV	阀式避雷器	valve-type lightning arrester	FB
KA	电流继电器	current relay	IJ
KM	中间继电器	medium relay	ZJ
	接触器	contactor	JC
KO	合闸接触器	closing (ON) contactor	HC
KS	信号继电器	signal relay	XJ
L	电感；电抗器	inductance; reactor	L

续表

文字 符号	中文含义	英文含义	旧符号
L	相线	phase wire	X
M	电动机	motor	D
N	中性线	neutral wire	N
PA	电流表	ammeter	A
PE	保护（接地）线	protective (earthing) wire	—
PEN	保护中性线	protective neutral wire	N
PV	电压表	voltmeter	V
QF	断路器	circuit-breaker	DL
QK	刀开关	knife-switch	DK
QS	隔离开关	disconnecter	GK
R	电阻	resistance	R
RCD	漏电保护器（剩余 电流保护器）	residual current protective device	—
SA	控制开关	control switch	KK
SB	按钮	push-botton	AN
SPD	电涌保护器	surge protective device	—
T	变压器	transformer	B
TA	电流互感器	current transformer	LH
TAN	零序电流互感器	neutral—current transformer	LLH
TM	电力变压器	power transformer	B
TV	电压互感感	voltage transformer	YH
WB	母线	busbar	M
WC	控制小母线	control small-busbar	KM

续表

文字 符号	中文含义	英文含义	旧符号
WL	线路	line	XL
XS	插座	socket	CZ
YA	电磁铁	electromagnet	DC
YO	合闸线圈	dosing operation coil	HQ
YR	跳闸线圈, 脱扣器	opening operation coil, release	TQ

二、物理量下角标的文字符号

文字 符号	中文含义	英文含义	旧符号
a	年, 每年	annual	n
a	有功	active	yg
Al	铝	aluminium	L
al	允许	allowable	yx
av	平均	average	pj
C	电容	electric capacity	C
c	持续	continuous	cs
cab	电缆	cable	L
cr	临界	critical	lj
Cu	铜	copper	T
d	日	day	—
dsq	不平衡	disequlibrium	bp
E	地, 接地	earth, earthing	d, jd
e	有效; 等效	efficient; equivalent	yx; dx

续表

文字 符号	中文含义	英文含义	旧符号
FE	熔体	fuse-element	RT
<i>i</i>	电流	current	<i>i</i>
<i>k</i>	短路	short-circuit	d
<i>L</i>	电感	inductance	<i>L</i>
L	负荷, 负载	load	H, fz
M	电动机	motor	D
m	最大	maximum	m, zd
man	人工的	manual	rg
max	最大	maximum	zd
min	最小	minimum	zx
N	额定, 标称	rated, nominal	l
N	中性线	neutral wire	N
nat	自然的	natural	zr
oh	架空线路	over-head line	K
oL	过负荷, 过载	over-load	gh
op	动作	operat	dz
OR	过电流脱扣器	over-current release	TQ
p	保护	protect	b, J
PE	保护线	protective wire	—
pk	尖峰	peak	jf
<i>q</i>	无功功率	reactive power	wg
qb	速断	quick break	sd
r	滚球	roll-ball	—

续表

文字 符号	中文含义	英文含义	旧符号
re	返回	return	f
rel	可靠	reliability	k
saf	安全	safety	aq
sh	冲击	shock, impulse	cj
st	起动	start	q, qd
step	跨步	step	kp
<i>t</i>	时间	time	t
tou	接触	touch	jc
w	接线	wiring	jx
WL	导线, 线路	wire, line	XL
<i>x</i>	某一数值	a number	<i>x</i>
Σ	总和	sum, total	Σ
φ	相	phase	φ
0	零, 无, 空	zero, nothing, impty	0
	每 (单位)	per (unit)	
	中性线	neutral wire	
30	半小时 [最大]	30min [maximum]	30

目 录



前言

本书常用文字符号表

第一章 安全用电概论	(1)
第一节 安全用电的意义与一般措施	(1)
第二节 电流对人体的作用及安全电流与安全电压	(4)
第三节 电工安全用具	(9)
第四节 触电的急救处理	(15)
复习思考题	(21)
第二章 接地、接零及触电防护	(23)
第一节 接地、接零的概念和类型	(23)
第二节 接地装置的装设与计算	(32)
第三节 等电位联结	(43)
第四节 低压配电系统的接地故障保护与漏电保护	(47)
复习思考题	(56)
习题	(57)
第三章 雷电过电压及其防护	(58)
第一节 雷电过电压的有关概念	(58)
第二节 防雷设备	(65)
第三节 电气装置的防雷	(79)
第四节 建筑物及电子信息系统的防雷	(85)
复习思考题	(98)
习题	(99)
第四章 静电及高频电磁辐射的防护	(100)
第一节 静电的产生及其危害	(100)
第二节 静电危害的防止与消除	(103)
第三节 高频电磁辐射及其防护	(105)

复习思考题	(108)
第五章 供电设备的安全运行	(109)
第一节 电力变压器的安全运行	(109)
第二节 配电装置的安全运行	(133)
第三节 电力线路的安全运行	(148)
第四节 并联电容器组的安全运行	(158)
复习思考题	(163)
习题	(164)
第六章 用电设备的安全运行	(165)
第一节 电动机的安全运行	(165)
第二节 起重运输设备电气装置的安全运行	(189)
第三节 手持式和可移式电动工具的安全运行	(210)
第四节 家用电器的安全运行	(218)
复习思考题	(228)
习题	(230)
第七章 电气火灾与防火防爆	(231)
第一节 电气火灾的原因与特点	(231)
第二节 电气火灾的扑灭	(233)
第三节 电气防火防爆的措施	(235)
第四节 爆炸与火灾危险环境内电气装置的安全 要求	(238)
复习思考题	(253)
附录	(254)
附录表1 部分电力装置要求的工作接地电阻值	(254)
附录表2 全国主要城市年平均雷暴日数统计表	(255)
附录表3 爆炸和火灾危险环境的分区	(257)
附录表4 外壳防护等级的分类代号	(258)
习题参考答案	(258)
参考文献	(260)

第一章 安全用电概论

第一节 安全用电的意义与一般措施

一、安全用电的意义

众所周知,电能是现代人类社会赖以生存和发展的极其重要的物质技术基础。电能的应用已经深入到现代人类社会生活和生产的各个方面。电能的应用给人类社会带来了光明、动力和现代文明。现代社会的信息技术、智能技术及其他高新技术,无一不是建立在电能应用的基础之上。然而,由于“电”的特殊性能,它既看不见,听不到,又摸不得,人们不能凭视觉和听觉更不能凭触觉来直接判断某处是否有电,而且电的传播速度又极快,几乎与光速相等,因此一旦接通电源,则不论与电源相连的导体距离电源有多远,人们只要接触此导体就可遭受其触电的伤害,轻则受伤,重则致残或丧命。又由于电流通过导体时要产生热效应,在电路过负荷或短路时可烧毁设备或引发火灾爆炸,还要造成停电,给人们的正常生活、生产和生命财产造成巨大的损失。因此在用电过程中,一定要本着“以人为本、安全第一”的方针,切实注意安全用电,作好安全用电工作。

《中华人民共和国电力法》明确规定:“国家对电力供应和使用,实行安全用电、节约用电、计划用电的管理原则。”这里规定的用电管理原则中,“安全用电”列为“三电”(“安全用电、节约用电、计划用电”的简称)之首,从而特别凸显出安全用电的重要意义。

二、安全用电的一般措施

要搞好安全用电工作，需从组织和技术两方面采取措施。

(一) 安全用电的组织措施

1. 建立健全安全用电的管理机构

用电单位应建立安全用电或“三电”管理机构，并委派有经验和资质的电气技术人员来主持。此管理机构应按单位用电量大小和实际需要考虑人员编制，同时应明确所有人员的职责范围。用电单位的进网作业电工必须具有规定的资质，并要建立资质考核和档案管理制度。

2. 制定和完善安全用电的规章制度

用电单位应按有关国家标准和电力行业标准制订和完善本单位安全用电的实施细则，包括电工值班和交接班制度、巡回检查制度、电气安全操作规程等。

3. 组织安全用电的宣传教育 and 培训工作

用电单位应经常对员工进行安全用电的宣传教育，普及安全用电常识，人人树立“安全用电、预防为主”的思想，并定期或不定期地举办安全用电培训班，除讲授安全用电知识外，还应重点培训电气事故处理和触电急救的技能。特别是在发现电气安全事故苗头或在发生电气安全事故之后，应通过具体事例，现场分析，总结经验教训，对员工进行生动而深刻的电气安全教育。

4. 配合供电企业对单位进行安全用电检查

按电力工业部 1996 年 9 月 1 日起颁布实施的《用电检查管理办法》规定：“供电企业应按照规定对本供电营业区内的用户进行用电检查，用户应当接受检查，并为供电企业的用电检查提供方便。”用电检查的内容中，安全用电为其重点，如其电气设备运行的安全状况、保安电源和非电性质的保安措施、反事故措施、进网作业电工的资格、进网作业安全状况及作业安全保障措施等。通过供电企业的用电检查，进一步提高安全用电

水平。

(二) 安全用电的技术措施

1. 认真贯彻执行国家的有关设计安装规范，确保电气设备和线路的设计安装质量

电气设备和线路的设计安装质量，是确保电气设备和线路安全运行的前提，而贯彻执行国家的有关设计安装规范，又是确保电气设备和线路设计安装质量的关键。因此，用电单位应有专人对其电气设备和线路的设计安装质量进行监督，并应通过供电企业的最终质量检验。

2. 加强电气设备和线路的运行维护

电力设备和线路的运行维护对其安全运行也至关重要。不少电气安全事故在发生之前是有某些征兆的，可在运行维护的巡视中予以发觉，如及时采取措施，完全可以消除安全隐患，避免事故的发生。

3. 正确使用合格的电工安全用具

从事电工作业时，应按规定正确使用电工安全用具，而这些安全用具应是事先检验合格的。例如，某高压架空线路要停电检修，操作电工应按填写和批准的“工作票”规定的操作程序，先断开该线路各端的断路器和隔离开关，并在断路器和隔离开关的操作机构上悬挂“线路有人工作，禁止合闸”的标示牌。然后使用合格的高压验电器进行验电。验明线路确无电压后，则在线路的电源端挂接地线。凡有可能送电到停电线路的分支线路上也都要挂接地线。挂接地线时，应先接接地端，后接导线端（拆接地线的程序与此相反）。接地线的连接要可靠，不准缠绕。挂接地线，操作人员应使用高压绝缘棒，并戴绝缘手套，人体不得碰触接地线。

上述的标示牌、验电器、接地线、高压绝缘棒、绝缘手套等，均属电工安全用具。关于电工安全用具，将在本章后面专节予以介绍。

4. 选用符合安全要求的安全电压和适合类型的电器

在容易触电的场所，特别是在使用手持电器时，相关电器的额定电压应选用符合安全要求的安全电压，例如，在矿井和多导电粉尘场所使用的行灯，应采用 36V 的电压。在易燃易爆场所使用的电器，应选用防爆型、隔爆型或增安型；在潮湿场所，应选用防潮型电器；在多尘场所，应选用封闭型电器。

第二节 电流对人体的作用及安全 电流与安全电压

一、电流对人体的作用

当人体接触带电导体或者靠近高压带电导体时，人体与大地或其他导体之间，就会经过导体或电弧形成电流回路，从而使人体遭受触电的伤害。

触电对人体的伤害，可分电击和电灼伤两种形式。

电击是指电流通过人体内部对人体内部器官造成的伤害，使人的肌体产生病理生理性反应，轻的有针刺痛感，或出现肢部痉挛、血压升高、心律不齐以致昏迷等暂时性的功能失常，重的可引起呼吸停止、心跳骤停、心室纤维性颤动等危及生命的伤害。这种电击多是低压触电伤害的形式。但在某些特殊场合，低压触电也可能造成电灼伤，有时低压电弧还会导致人眼失明。

电灼伤是指电流或电弧对人体外部造成的伤害，使人的肌体遭受灼伤、组织炭化坏死及其他难以复原的永久性伤害。由于高压触电多发生在人体尚未接触到高压带电体时，高压电弧就使人体灼伤，此时强烈的刺痛使肢体痉挛收缩而不由自主地摆脱高压带电体，从而不会有电流通过人体内部，所以这种电灼伤多是高压触电伤害的形式。但在某些特殊场合，例如在高压线路上作业，人体触及高压后，由于不能自主地摆脱电源而

导致电击死亡的严重后果。

由此可见，无论电击或电灼伤对人体的伤害都是相当严重的，有的可危及生命，因此在用电过程中，无论对低压电还是对高压电，都不能掉以轻心。

图 1-1 是国际电工委员会（IEC）根据当时研究成果于 1980 年提出的人体触电时间和通过人体电流（50Hz）对人身机体反应的曲线。

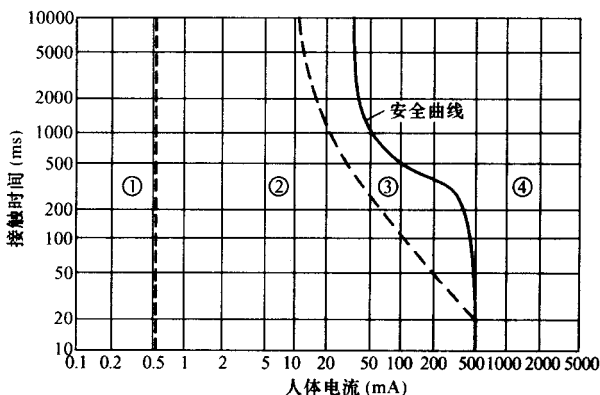


图 1-1 人体触电时间和通过人体电流（50Hz）
对人身机体反应的曲线

由图 1-1 可以看出：①区——人体对触电无反应；②区——人体触电后可有麻木感，但一般无病理生理性反应，对人体无害；③区——人体触电后，可产生心律不齐、血压升高、强烈痉挛等症状，但一般无器质性损伤；④区——人体触电后，可能发生心室纤维性颤动，严重的可导致死亡。因此，通常将①②③区视为人身触电“安全区”。③区与④区之间的一条曲线称为“安全曲线”。但必须指出，③区也并不是绝对安全的，因人因环境而异。