

电力安装工程基础

● 曲延昌 张秀华 编 著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电力安装工程基础

曲延昌 张秀华 编 著



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书系统讲述了电力安装工程安全常识,重点介绍了电气设备安装、运行和安全防护。本书共分4章,包括电力安装工程安全常识、电气设备安装、供配电系统的运行维护、电气设备防雷和安全。本书注重理论联系实际,理论知识力求深入浅出和通俗易懂;实践技能注重实用性、可操作性和有针对性。本书可作为高等院校电力工程、供用电技术、电气工程、机电一体化技术等专业的教材,也可以供从事电力系统安装及管理或其他相关行业的技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电力安装工程基础/曲延昌,张秀华编著. —北京:北京理工大学出版社,2018.9
ISBN 978 - 7 - 5682 - 6278 - 1

I. ①电… II. ①曲… ②张… III. ①电力设备 - 设备安装 IV. ①TM4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 206329 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 7.5

字 数 / 175 千字

版 次 / 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 37.00 元

责任编辑 / 张鑫星

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

Preface

电力安装工程基础是一门实践性很强的课程，为了加强学生对电力安装的感性认识，在教学中应充分利用实习实训基地、多媒体等教学手段。本书在编写过程中，针对高等教育教学改革的方向及电类专业教学改革的要求，结合本课程实践性强的特点，在内容上力求体现高等教育理念，注重对学生应用能力和实践能力的培养，增加了行业标准和岗位操作标准的介绍，以适应电类各专业的需要，同时也便于工程技术人员参考。

本书主要包括：电力安装工程安全常识、电气设备安装、供配电系统的运行维护、电气设备防雷和安全等。全书共计 48 学时，其中理论授课 40 学时，课内实验 8 学时。

本书第 1 章和第 2 章由曲延昌编写，第 3 章和第 4 章由张秀华编写，全书由张秀华负责统稿。

本书配备了电子课件，请广大读者在北京理工大学出版社教材中心的网站上下载使用。

限于作者水平，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

编著者

目录

Contents

►第1章 电力安装工程安全常识	1
1.1 安全标志	1
1.1.1 禁止标志	1
1.1.2 指令标志	5
1.1.3 警告标志	7
1.1.4 提示标志	11
1.2 消防安全标志	12
1.2.1 消火栓箱	12
1.2.2 灭火器标志	12
1.3 安全警示线标志	13
1.3.1 禁止阻塞线标志	13
1.3.2 安全警戒线	14
1.3.3 固定防护遮拦	14
1.3.4 安全帽	14
►第2章 电气设备安装	16
2.1 电气设备安装的基本过程	16
2.1.1 前期准备	16
2.1.2 施工安装	17
2.1.3 收尾调试	17
2.2 变压器安装	17
2.2.1 安装前的准备	17
2.2.2 安装前的检查	18
2.2.3 电气检查	20
2.2.4 扣罩与注油	20
2.2.5 气体继电器安装	20
2.2.6 吸湿器的安装	20
2.2.7 温度计的安装	20
2.2.8 调压切换装置的安装	21
2.2.9 变压器的连接	21
2.2.10 变压器的干燥	21
2.2.11 变压器的试验项目	22

2.2.12	变压器施工质量	23
2.2.13	变压器施工质量标准	24
2.2.14	变压器成品保护	25
2.2.15	变压器工程交接验收	25
2.3	高压断路器的安装	26
2.3.1	断路器安装施工准备	26
2.3.2	六氟化硫断路器的安装	28
2.3.3	六氟化硫封闭式组合电器 (GIS) 的安装	30
2.3.4	六氟化硫气体管理及充注	33
2.4	真空断路器的安装	34
2.4.1	施工准备	34
2.4.2	施工工艺及要求	34
2.4.3	断路器安装质量标准	35
2.5	断路器操动机构的安装	36
2.5.1	施工准备	36
2.5.2	施工工艺及要求	36
2.5.3	液压机构的安装	37
2.5.4	电磁机构的安装	38
2.5.5	弹簧机构的安装	38
2.5.6	工程交接验收	38
2.6	隔离开关的安装	39
2.6.1	施工准备	39
2.6.2	施工工艺及要求	40
2.6.3	工程交接验收	41
2.7	10 kV 成套开关柜的安装	42
2.7.1	施工准备	42
2.7.2	施工工艺及要求	43
2.7.3	高压开关柜的安装	44
2.7.4	高压开关柜调试运行	45
2.7.5	施工工艺要求及质量标准	46
2.7.6	工程交接验收	48
2.8	互感器的安装	48
2.8.1	施工准备	48
2.8.2	施工工艺及质量标准	49
2.8.3	工程交接验收	50
2.9	避雷器的安装	51
2.9.1	施工准备	51
2.9.2	阀式避雷器的安装	51
2.9.3	排气式避雷器的安装	52

2.9.4 金属氧化物避雷器的安装	53
2.9.5 工程交接验收	53
2.10 母线装置的安装	53
2.10.1 安装原则	54
2.10.2 母线安装的一般规定	55
2.10.3 硬母线安装	55
2.10.4 对材料和质量的关键要求	56
2.10.5 施工工艺	56
2.10.6 质量标准	59
2.10.7 成品保护	60
2.10.8 质量记录	60
►第3章 供配电系统的运行维护	61
3.1 变配电所的运行维护	61
3.1.1 变配电所的巡视检查	61
3.1.2 电力变压器的运行与维护	62
3.1.3 配电设备的巡视与维护	65
3.2 供配电线路的运行与维护	68
3.2.1 架空线路的运行与维护	68
3.2.2 电缆线路的运行与维护	68
3.2.3 车间配电线路的运行与维护	69
3.3 倒闸操作	71
3.3.1 倒闸操作的基本知识	71
3.3.2 倒闸操作技术	73
3.3.3 倒闸操作步骤	75
3.3.4 倒闸操作实例	76
►第4章 电气设备防雷和安全	79
4.1 过电压、防雷及其设计	79
4.1.1 过电压及雷电的有关概念	79
4.1.2 防雷设计	82
4.1.3 雷的防御	85
4.1.4 建筑物防雷类别及其防雷措施	87
4.1.5 信息系统的防雷措施	89
4.2 电气装置接地	90
4.2.1 接地有关概念	91
4.2.2 电气装置的接地和接地电阻	94
4.2.3 接地装置的装设	94

4.2.4	接地装置的计算·····	96
4.2.5	低压配电系统的等电位连接·····	98
4.3	静电及其防护·····	99
4.3.1	静电的产生及其危害·····	99
4.3.2	静电放电形式及干扰的传递·····	101
4.3.3	防静电方法·····	101
4.3.4	国家对静电防护的要求·····	103
4.4	电气安全与触电急救·····	103
4.4.1	电流对人体作用·····	103
4.4.2	安全电压和人体电阻·····	105
4.4.3	电气安全的一般措施·····	105
►	参考文献·····	110

第 1 章

电力安装工程安全常识

为了加强安全生产工作，防止和减少生产事故，保障人民群众生命和财产安全，促进社会经济持续健康发展，国家法律规定：生产经营单位应当在有较大危险因素的生产经营场所和有关设施、设备上，设置明显的安全标志。安全标志作为安全管理的重要手段，在安全管理和行为控制中起着重要的作用。

1.1 安全标志

安全标志是一种通过颜色与几何形状的组合表达通用的安全信息，并且通过附加图形符号表达特定安全信息的标志。

安全标志是由几何形状、安全色、对比色和图形符号色组成的。

安全标志包括禁止标志、指令标志、警告标志和提示标志四种类型，用于传递与安全及健康有关的信息，其用途是使人们迅速地注意到影响安全和健康的对象和场所，并使特定信息得到迅速理解。为进一步清楚表达安全信息，每一种安全标志还必须使用带有文字的辅助标志，用以对安全标志上图形符号的含义进行补充和说明。

GB/T 29481—2013《电气安全标志》作为专门用于电气设备应用场所（包括生产场所、公共场所等）进行安全防护提示的国家标准，对带电场所的安全标志进行了全面规定和分类，具有使用规则统一、规范，能够极其方便地指导场所人员预防电气事故，传递危险信息和安全疏导的作用。

1.1.1 禁止标志

禁止标志的含义是禁止人们不安全行为。其几何形状是带斜杠的圆形，安全色是红色，对比色是白色，图形符号是黑色，如表 1-1 所示。

表 1-1 电气安全标志——禁止标志

序号	安全标志	含义	设置范围	设置地点
1	 禁 止 合 闸	禁止合闸	设备、设施安装，接线或检修作业，电气线路停车检修等	设置在相应的开关处
2	 禁 止 启 动	禁止启动	消防水或灭火机械的启动按钮，正在进行检修设备的启动按钮，各种紧急停车的启动按钮（如生产流水线的整体转动设备的安全装置、升降机的紧急停车）等	设置在设备按钮、开关或手柄上方及禁止人们触动的部位
3	 禁 止 烟 火	禁止烟火	火灾危险性分类的划分属乙、丙类物质的场所，如生产、储存、使用化学危险物质或易燃易爆物质的厂房、车间、仓库、装卸区；油漆、木制品、沥青、纺织、纸制品等作业车间；加油站、乙炔站、变配电站、油浸变压器室；油品作业的汽车修理、燃油燃气锅炉房等	设置在库房、车间、易燃场所的内外或设备、设施上（旁）
4	 禁 止 攀 登	禁止攀登	有坍塌危险的建筑和设备；已损坏和不牢固的登高设施；高压线铁塔；运行的变压器梯和有登高可能坠落的场所及无登高设施的地方	设置在攀登梯子的扶手处或护栏上，登高点的下方

续表

序号	安全标志	含义	设置范围	设置地点
5	 禁止带火种	禁止带火种	火灾危险性分类的划分, 仅属甲类物质的场所, 如易燃易爆物资仓库、油库、电石库; 氢气站、炼油厂、伐木场、林区、草场、煤矿井区; 属于甲类火灾危险的生产场所及标有禁止火种的各种危险场所	设置在库房、室入口处及防火距离之内
6	 禁止跨越	禁止跨越	冷热轧钢轨道运输线及物料皮带运输线和其他作业流水线可能跨越的地点; 有沟、坑的地段, 有地下池、槽的非跨越区; 堆有热态铸件、锻件的场所; 码头与靠岸船之间	设置在非跨越区或已发生跨越危险的地点; 或设置在沟、坑的两端前面或附近
7	 禁止跳下	禁止跳下	有槽池的场所, 如水塔的水池、酸洗槽, 盛装过有毒、易产生窒息气体的槽车、储罐、地窖; 有地坑的场所, 如试验坑、铁水包坑、沙坑等; 高处作业及用梯子检修的场所; 地铁、车站站台等	设置在槽池、坑口附近和作业场所的脚手架通道处
8	 禁止乘人	禁止乘人	室外运输吊篮, 外操作载货电梯及升降机, 基建施工工地吊货吊篮	设置在梯口、提升机入口或吊篮框架上

续表

序号	安全标志	含义	设置范围	设置地点
9	 禁止戴手套	禁止戴手套	所有车床、钻床、铣床、磨床等旋转机床和旋转机械的作业场所	设置在操作人员易看到的醒目处
10	 禁止开启无线移动通信设备	禁止开启无线移动通信设备	在火灾、爆炸场所以及可能产生电磁干扰的场所，如加油站、飞行中的航天器、油库、化工装置区等	设置在可能因电磁干扰产生火灾、爆炸场所的入口处，对电磁信号敏感场所的入口处
11	 禁止用水灭火	禁止用水灭火	凡遇湿易燃品、比重小于1且不溶于水的易燃液体、氧化剂中的金属过氧化物、部分酸类腐蚀物品以及着火时禁止用水熄灭的物质及其储存和作业场所，如变配电所（室）、变压器室、乙炔站、电石库、油库、化学药品库，钠、钾、镁等碱金属存放处，高温炉渣堆放处及精密仪器仪表、设备等	设置在场所的入口处或醒目处，库房、室内外和设备区域内及作业区内
12	 禁止触摸	禁止触摸	外露旋转体、裸露带电体，非紧急情况下不可使用的紧急按钮；有毒、有害物质进行深加工的场所，如酸洗、电镀作业；锻造、冶炼、浇注、热处理等车间的热件堆放处	设置在有毒有害物质的堆放处，以及禁止触摸的器件旁

1.1.2 指令标志

指令标志的含义是强制人们必须做出某些动作或采取防范措施。其几何形状是圆形，安全色是蓝色，对比色是白色，图形符号色是白色，如表 1-2 所示。

表 1-2 电气安全标志——指令标志

序号	安全标志	含义	设置范围	设置地点
1	 必须接地	必须接地	需要有防雷、防静电的场所	设置在防雷、防静电设施的醒目处
2	 机壳接地	机壳必须接大地	将设备的金属外壳与大地相连，防止用电设备出现故障时外壳带电，在人体触及金属外壳时保证人身安全	设置在电气设备的金属外壳上
3	 等电位	等电位	使不同的电气设备的漏电电位相同，避免电位差对人体的触电危害	设置在等电位体上
4	 必须戴安全帽	必须戴安全帽	头部可能受外力伤害的作业，如建筑施工工地、起重吊运、指挥挂钩、坑井和其他地下作业、钢铁厂、石化厂、电力、造船以及有起重设备的车间、厂房等	设置在作业区入口处

续表

序号	安全标志	含义	设置范围	设置地点
5	 必须系安全带	必须系安全带	有坠落危险的作业场所，如高处建筑、修理、安装等作业，船台、船坞、码头及一切 2 m 以上的高空作业场所	设置在登高脚手架扶梯旁
6	 必须戴防护眼镜	必须戴防护眼镜	对眼睛有伤害的作业场所，如抛光间、冶炼浇注、清砂混砂、气割、焊接、锻工、热处理、酸洗电镀、加料、出灰、电渣重熔、破碎、爆破等	设置在场所入口处或附近
7	 必须戴防护手套	必须戴防护手套	接触毒品、腐蚀品、灼烫、冰冻及有触电危险的场所，如酸洗、电镀、油漆、热处理、焊接、操作高压开关的试验室（站）、变配电所（室）及使用电动工具和棱角快口件的搬运等作业	设置在作业场所附近或设备设施上
8	 必须穿防护鞋	必须穿防护鞋	因酸洗、灼烫、触电、砸（刺）伤脚部的作业场所，如酸洗、电镀、水加工、水力清砂、水管敷设修理、污水废油处理站、乙炔站、变配电所（室）、试验站（室），冶炼、铸、锻场所，涂装、气割、焊接、电器安装及维修施工工地，机床切削、角料的生产、整理、清理及碎料废钢铁料场（仓库）等	设置在作业场所内外

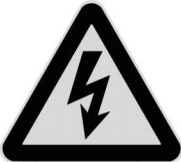
续表

序号	安全标志	含义	设置范围	设置地点
9	 必须穿防护服	必须穿防护服	具有放射、微波、高温及其他需要穿防护服的场所	设置在作业场所内外
10	 必须拔出插头	必须拔出插头	设备检修、故障排除、长期停用的设备，无人值守状态下的电气设备	设置在设备电源开关的操作手柄上或电源插头上
11	 必须戴防护镜	必须戴防护镜	存在紫外、红外、激光等光辐射的场所，如电气焊等	设置在作业场所内外

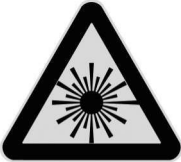
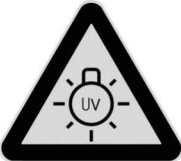
1.1.3 警告标志

警告标志的含义是提醒人们对周围环境引起注意，以避免可能发生的危险。其几何形状是圆角的等边三角形，安全色是黄色，对比色是黑色，图形符号色是黑色，如表 1-3 所示。

表 1-3 电气安全标志——警告标志

序号	安全标志	含义	设置范围	设置地点
1	 注意安全	注意安全	凡易发生危险的地段、地区，如主要路口、道口、港口、码头、车辆频繁的拐弯处及事故多发地区（地段）、车辆行人较多的厂内道路，易发生危险的作业场所，如高空作业、试验场地、地铁施工、地下泵房、深挖坑井、抢修等；一个标志不能包括一个地点的多个危险因素或没有合适的标志针对此危险因素时，可使用此标志	设置在危险区域附近或主要入口
2	 当心触电	当心触电	有可能导致触电危险的电气线路、电气设备，如变压器、高压开关、电气动力箱、手持电动工具等；外露易碰的带电设备和导线，机床配电箱处；基建施工工地临时电气线路及配电箱等	设置在箱、柜、开关及设备设施附近或场所入口处
3	 当心烫伤	当心烫伤	熔融金属的吊运和浇注、熔化沥青、高压蒸汽、电焊气割、高温物料、冶炼操作场所、热处理车间，其他有热源的操作场所等	设置在作业区醒目处
4	 当心表面高温	当心表面高温	有烧烫物体表面的场所	设置在作业场所的醒目处
5	 当心电离辐射	当心电离辐射	使用 X 射线探伤、γ 射线液位测量、探伤拍片等有电离辐射危害的作业场所	设置在作业场所内或门口

续表

序号	安全标志	含义	设置范围	设置地点
6	 当心激光	当心激光	凡使用激光设备和激光仪器的作业场所	设置在作业场所内或门口
7	 当心微波	当心微波	在有微波作业的场所，如利用微波进行金属热处理、介质热加工、辐射聚合、无损探伤、制作永久性发光涂料	设置在设备上或岗位附近和其作业场所
8	 当心紫外线辐射	当心紫外线辐射	使用紫外线消毒场所，染料、涂料固化场所，紫外化学分析场所等	设置在作业场所内或门口
9	 当心坑洞	当心坑洞	有坑洞的作业场所，如试验坑、吊装孔洞、预留孔洞、沙坑、新挖的坑、铁水浇包坑、小型电炉出钢渣槽、电缆沟进出线处、排水阴沟井、集水井	设置在坑洞周围
10	 当心腐蚀	当心腐蚀	在有腐蚀物质生产、储存、运输的操作岗位及场所；热处理、电镀、化学实验室、烧碱强酸存放处、钢铁酸洗脱脂车间、毒品腐蚀品仓库和其他腐蚀性作业的场所	设置在库房、室入口处及室内或场所的醒目处