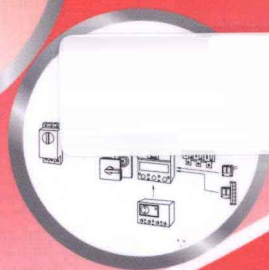


TUMU GONGCHENG XIANCHANG SHIGONG
JINENG BIBEI XILIE TUSHU

土木工程现场施工技能必备系列图书

建筑电工 入门与技巧

王向军 刘爱军 主编
李廷树 主审



JIANZHU DIANGONG
RUMEN YU JIQIAO



化学工业出版社



土木工程现场施工技能必备系列图书

建筑电工 入门与技巧

王向军 刘爱军 主编
边玉超 李 荣 副主编
李廷树 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为“土木工程现场施工技能必备系列图书”中的一本,采用简洁平实的语言和图文并茂的方式对建筑电工所应掌握的基本知识和操作技能进行了深入浅出地讲解。全书主要内容有电工基本知识,配电线路的安装,低压电器的安装,防雷与接地,电气安全操作等电工必备的知识技能。全书编写立足建筑电工的操作技能,以一线工人的施工操作为编写主线,轻理论重技能,注重培养建筑电工电气施工能力和解决电工实际问题的能力。

本书内容采用最新国家标准和新技术规程编写,科学实用,可作为建筑电工从初学到提高的用书,也可作为建筑电工的参考类工具用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电工入门与技巧/王向军,刘爱军主编. —北京:
化学工业出版社, 2013. 5

(土木工程现场施工技能必备系列图书)

ISBN 978-7-122-17158-0

I. ①建… II. ①王…②刘… III. ①建筑工程-电工
技术 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 085817 号

责任编辑: 彭明兰

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 吴 静

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码
100011)

印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9½ 字数 254 千字

2013 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究



随着我国经济的不断发展,建筑业已经成为我国国民经济的支柱产业之一,活跃在建筑施工现场一线的施工技术人员,其操作技能、业务水平的高低,管理工作的好坏,将直接影响着建筑项目的质量、工期、成本、安全等各个方面,而且这些人员大多数来自农村或者城市下岗职工,他们大多专业知识比较匮乏,专业技能水平不高,他们中的大多数人往往是先上岗后培训、边干边学。为确保工程质量、安全、工期和效益,加强人员培训,尽快提高他们的业务水平和操作技能是唯一有效的方法和途径。为了适应这种形势需要和根据读者的特点,我们策划组织编写了本套图书。

本套图书共包括《模板工入门与技巧》、《钢筋工入门与技巧》、《砌筑工入门与技巧》、《装饰工入门与技巧》、《混凝土工入门与技巧》、《架子工入门与技巧》、《建筑电工入门与技巧》、《水暖工入门与技巧》、《木工入门与技巧》、《测量放线工入门与技巧》10本。整套图书具有以下特点。

1. 本套图书的编者都是经验丰富的职业院校老师及相关就业培训学校的教师,具有丰富的实践经验,能结合多年的职业办学、教育改革、岗位培训及农民工转岗培训的经验和做法,贴近读者的需求。

2. 定位明确。各本图书定位在技术工人考取土建施工员、土建质检员和土建安全员等岗位之前期,面向各类有志于从事相关职业岗位的技术人员,为上岗工作和参加职业岗位取证培训做好铺垫,内容更为通俗易懂,非常适宜于初学者接受和掌握。

3. 丛书本着“理论够用”为度,重点突出操作技能的同步实训及操作技巧的揭示,注重实用与实效,文字通俗易懂、图片简洁易识,是土木建筑生产操作人员进行技能岗前学习和职业上岗培训的必备图书。

4. 丛书尽量采用新规范、新标准,突出新材料、新工艺、新技术的引入,具有很强的针对性、实用性、资料性及可操作性。

本套图书经过“土木工程现场施工技能必备系列图书”编委会的审定，同时还分别聘请了行业岗位职业专家担任主审。我们希望通过大家的努力，能出版一套有利于推动我国建筑行业工人培训及提高工人素质的图书！

化学工业出版社
建筑出版分社
2013 年 4 月

随着电工电子技术的发展,建筑电气技术有了长足的进步,无论是施工工具、安装设备还是安装材料都有了较大的发展和更新,对建筑电工也有了更高的要求。同时,新的国家标准、新工艺、新规范也在不断地推出和细化。本书以培养建筑电工实际操作能力为目的,使一线安装工人能了解电工的基本知识,掌握电工元器件的识别与测试方法,熟悉电工工具和仪器设备的使用,培养满足生产一线需要的电工人才。

本书在编写的过程中,力求去繁就简,把复杂问题简单化,以满足岗位需求为原则,少生涩的理论,多施工现场技能。全书贯穿“三”用原则——理论知识能用,操作知识够用,规范标准可用。对内容的编排由易到难,循序渐进,注重内容的连贯性,坚持按照电工岗位标准,把电工知识和施工技能的培养贯穿于全书的始终。

全书共分五章:第1章,电工基本知识;第2章,配电线路的安装;第3章,低压电器的安装;第4章,防雷与接地;第5章,电气安全操作。各章节基本涵盖了初、中等电工所要了解、掌握的电工知识。全书图文并茂,言简意赅,同岗位具有较好的一致性,岗位针对性强,可读性好。

本书由王向军、刘爱军主编,边玉超、李荣副主编,李坤参与了编写。由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者
2013年4月



目 录

第 1 章 电工基本知识

1

1.1 常用电工施工材料	1
1.1.1 绝缘材料的特性	2
1.1.2 电工绝缘材料	4
1.1.3 常用导电材料	5
1.2 常用电工仪表及工具	11
1.2.1 万用表	11
1.2.2 数字式万用表 (DT-830B 型)	15
1.2.3 钳形表	17
1.2.4 兆欧表	19
1.2.5 常用电工工具	23
1.3 常见的电动工具	28
1.3.1 电动工具的分类	28
1.3.2 手电钻	29
1.3.3 交流电弧焊机	31
1.4 建筑电气工程施工图的识读	33
1.4.1 建筑电气工程施工图基本知识	33
1.4.2 建筑电气工程施工图的识读	35
1.4.3 读图实例	37

第 2 章 配电线路的安装

43

2.1 架空线路安装	43
2.1.1 测量定位	43

2.1.2	挖坑	43
2.1.3	电杆组装	44
2.1.4	立杆	45
2.1.5	安装拉线	45
2.1.6	架空线架设	46
2.1.7	杆上设备安装	49
2.1.8	接户线安装	50
2.2	电缆敷设	51
2.2.1	电缆的直埋敷设	51
2.2.2	电缆在电缆沟和隧道内敷设	53
2.2.3	电缆敷设的一般规定	54
2.2.4	电缆终端头和中间接头的制作	56
2.3	线管配线	60
2.3.1	线管配线要求	60
2.3.2	硬塑料管敷设	63
2.3.3	钢管敷设配线	68
2.4	线槽配线	74
2.4.1	金属线槽配线	74
2.4.2	塑料线槽配线	79
2.4.3	桥架配线	80

第3章 低压电器的安装

83

3.1	配电箱的安装	83
3.1.1	配电箱的安装要求	83
3.1.2	配电箱的安装相关标准规范	84
3.1.3	配电箱的明装方法	84
3.1.4	配电箱的半露式安装方法	87
3.1.5	配电箱的暗装方法	88
3.1.6	配电箱接地	91
3.2	常用低压电器的安装	92
3.2.1	低压电器安装的一般要求	92

3.2.2	低压电器安装相关规范	94
3.2.3	指示灯的安装	94
3.2.4	互感器的安装	96
3.2.5	常用显示仪表的安装	98
3.2.6	电度表的安装	99
3.2.7	常用插头插座的安装	102
3.3	常用开关、控制、保护电器的安装	113
3.3.1	常用开关电器的安装	113
3.3.2	常用控制电器的安装	117
3.3.3	保护电器的安装	131
3.4	灯具及电扇的安装	137
3.4.1	灯具安装基本要求	137
3.4.2	灯具安装的相关标准规范	142
3.4.3	室内灯具安装	142
3.4.4	室外灯具安装	164
3.4.5	应急照明灯具安装	170
3.5	电动机及电扇的安装	176
3.5.1	电动机的安装	177
3.5.2	电扇的安装	189

第4章 防雷与接地

197

4.1	防雷的组成与实施	197
4.1.1	防雷措施	197
4.1.2	防雷装置的组成	198
4.1.3	防雷装置的安装	201
4.2	接地与安全	217
4.2.1	“地”和“接地”等相关概念	217
4.2.2	接地的分类	218
4.2.3	接地的作用	219
4.2.4	电气设备接地、接零的要求	221
4.2.5	电气设备接地的范围	223

4.3 低压供电网的分类和保护方式	224
4.3.1 IT 系统	225
4.3.2 TT 系统	226
4.3.3 TN 系统	227
4.4 等电位连接	229
4.4.1 等电位连接的概念和作用	229
4.4.2 等电位连接方法	234
4.5 接地装置的做法	239
4.5.1 接地体的安装	239
4.5.2 建筑物基础接地装置的安装	246
4.6 接地电阻的要求及测量	253
4.6.1 电气装置要求的接地电阻值	253
4.6.2 接地电阻的测量	254

第 5 章 电气安全操作

257

5.1 触电及安全电压	257
5.1.1 触电形式	257
5.1.2 安全电压	260
5.2 安全用具	261
5.2.1 安全用具分类	261
5.2.2 常用安全用具的使用	262
5.3 保证安全的技术措施	268
5.3.1 保证安全的技术措施	268
5.3.2 建筑施工用电安全措施	270
5.4 电气防火及触电急救	271
5.4.1 电气防火	271
5.4.2 触电急救	276

参考文献

285



第 1 章

电工基本知识

1.1 常用电工施工材料

按国家标准 GB 2900.5 规定, 绝缘材料的定义是: “用来使器件在电气上绝缘的材料。” 也就是能够阻止电流通过的材料。简单地说就是使带电体与其他部分隔离的材料。绝缘材料的电阻率很高, 通常在 $10^7 \Omega \cdot \text{m}$, 即长 1m, 截面积为 1mm^2 的导线电阻为 $10^7 \Omega$ 。常用的固态材料有绝缘套管、绝缘纸、层压板、橡皮、塑料、油漆、玻璃、陶瓷、云母等; 常用的液态材料有变压器油等; 气态材料中以空气、氮气、六氟化硫等用得较多; 建筑电工施工中, 应用比较普遍的是电工胶布、塑料、陶瓷、橡胶等, 都属于绝缘材料。

绝缘材料对直流电流有非常大的阻力, 在直流电压作用下, 除了有极微小的表面泄漏电流外, 实际上几乎是不导电的; 而对于交流电流则有电容电流通过, 但也认为是不导电的。绝缘材料的电阻率越大, 绝缘性能越好。绝缘材料的主要功能是将带电体与不带电体相隔离, 将不同电位的导体相隔离, 以确保电流的流向和人身安全。在某些场合, 还起支撑、固定、灭弧、防晕和防潮等作用。

绝缘材料种类繁多, 按其形态不同, 可分为气体绝缘材料、液体绝缘材料和固体绝缘材料三大类。建筑电工作业中常见的主要是固体绝缘材料。

绝缘材料按其化学性质不同,可分为有机绝缘材料、无机绝缘材料和混合绝缘材料。有机绝缘材料主要有橡胶、树脂、麻、丝、漆和塑料等,具有较好的机械强度和耐热性能。无机绝缘材料主要有云母、石棉、大理石、电瓷和玻璃等,其耐热性能和机械强度都优于有机绝缘材料。混合绝缘材料是由无机绝缘材料和有机绝缘材料经加工后制成的各种成型绝缘材料,常用作电器的底座和外壳等。

1.1.1 绝缘材料的特性

绝缘材料的品质在很大程度上决定了电工产品和电气工程的质量及使用寿命,而其品质的优劣与它的物理、化学、力学和电气等基本性能有关,这里仅就其中的耐热性、绝缘强度、力学性能作一简要的介绍。

1.1.1.1 耐热性

耐热性是指绝缘材料承受高温而不改变电气、力学、物理和化学等特性的能力。通常,电气设备的绝缘材料长期在热态下工作,其耐热性是决定绝缘性能的主要因素。

绝缘材料在高温环境工作时,其性能往往在短时间内显著恶化,如温升使绝缘材料软化,使绝缘塑料因增塑剂挥发而变硬、变脆等。绝缘材料在长期使用过程中,会发生物理变化和化学变化,使其电气性能和力学性能变坏,这就是通常所说的老化。引起绝缘材料老化的原因很多,过热是主要因素,温度过高会加速绝缘材料的老化过程。因此对各种绝缘材料都规定了使用时的极限温度,并将绝缘材料按其正常运行条件下允许的最高工作温度,分成7个耐热等级,如表1.1所示。

1.1.1.2 绝缘强度

绝缘材料在高于某一极限数值的电压作用下,通过该绝缘材料的电流将会突然增加,这时绝缘材料被破坏而失去绝缘性能,这种现象称为电介质的击穿。电介质发生击穿时的电压称为击穿电压。单位厚度的电介质被击穿时的电压称为绝缘强度,也称击穿强度,单位为kV/mm,即单位毫米能被击穿的电压值。需要注意的是,

表 1.1 绝缘材料的耐热等级

级别	绝缘材料	极限工作温度/℃
Y	木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品，以及易于热分解和熔点较低的塑料（脲醛树脂）等	90
A	工作于矿物油中的和用油或树脂复合胶浸过的 Y 级材料漆包线、漆布、漆丝及油性漆、沥青漆等	105
E	聚酯薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线等	120
B	聚酯薄膜、经合适树脂粘浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等聚酯漆包线	130
F	以有机纤维材料为补强和石棉带、云母制品、玻璃丝和石棉、玻璃漆布，以玻璃漆布和石棉纤维为基础的层压制品，以无机材料作补强和石棉带补强的云母粉制品，化学热稳定性较好的聚酯和醇酸类材料、复合硅有机聚酯漆	155
H	无补强和以无机材料为补强的云母制品，加厚的 F 级材料，复合云母，有机硅云母制品，硅有机漆，硅有机橡胶，聚酰亚胺复合玻璃布，复合薄膜，聚酰亚胺漆等	180
C	不采用任何有机黏合剂及浸渍剂的无机物，如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	180 以上

固体绝缘材料一旦被击穿，其分子结构将发生改变，即使取消外加电压，它的绝缘性能也不能恢复到原来的状态，在实际使用中应及时更换，以免出现更大的安全事故。

1.1.1.3 力学性能

固体绝缘材料在承受机械负荷作用时所表现出的抵抗能力称之为力学性能。由绝缘材料构成的绝缘零件和绝缘结构，都要承受一种或同时承受几种形式的机械负荷，如拉伸、重压、扭曲、弯折等，因此绝缘材料本身应具有一定的机械强度。

由于带电作业工具的机械强度直接关系人身、设备安全，因此，对机械强度的要求比一般工程机械更高。用于带电作业工具的各种材料，必须具有足够的抗拉、抗压、抗弯、抗扭、抗冲击的强度及一定的硬度和塑性。

表示绝缘材料机械强度的指标，主要有以下几种。

① 抗拉、抗压、抗弯强度。它们分别表示在静态下的固体绝

缘材料，承受逐步增大的拉力、压力、弯曲力直到破坏时的最大负荷（以“Pa”表示）。

② 抗切强度。它表示固体绝缘材料在规定的温度、压力和振动下，抗刺、擦和磨的综合能力。

③ 抗剪切强度。它表示材料构件轴线垂直方面承受大小相等、方向相反的力偶作用的能力。

④ 抗扭强度。它表示材料构件两端沿横断面方向承受大小相等、方向相反的力偶作用的能力。

⑤ 抗冲击强度。它表示材料承受冲击负荷的能力。

⑥ 硬度。它表示材料（表面层）受压后不变形的能力。通常以布氏硬度来表示。

⑦ 弹性和弹性模数。弹性指材料在变形应力消除后，恢复原来形状的能力。弹性模数指材料在弹性应变时，材料的应力与应变（相对变形）之比值。它是衡量绝缘材料是否容易变形的主要指标。

1.1.2 电工绝缘材料

1.1.2.1 塑料

塑料是由合成树脂或天然树脂、填充剂、增塑剂和添加剂等配合而成的高分子绝缘材料。它有密度小、机械强度高、介电性能好、耐热、耐腐蚀和易加工等优点，在一定的温度及压力下可以加工成各种规格、形状的电工设备绝缘零件，是主要的导线绝缘和护层材料。

1.1.2.2 橡胶

橡胶分天然橡胶和人工合成橡胶。

（1）天然橡胶 天然橡胶由橡胶树分泌的浆液制成，主要成分是聚异戊二烯，其抗张强度、抗撕性和回弹性一般比人工合成橡胶好，但不耐热，易老化，不耐臭氧，不耐油，不耐有机溶剂，且易燃。天然橡胶适合制作柔软性、弯曲性和弹性要求较高的电线电缆的绝缘和护套，长期使用温度为 $60 \sim 65^{\circ}\text{C}$ ，耐电压等级可达 6kV 。

(2) 人工合成橡胶 人工合成橡胶是碳氢化合物的合成物, 主要用做电线电缆的绝缘和护套材料。

1.1.2.3 绝缘薄膜

绝缘薄膜是由若干高分子聚合物, 通过拉伸、流延、浸涂、车削、碾压和吹塑等方法制成。选择不同材料和方法, 可以制成不同特性和用途的绝缘薄膜。电工用绝缘薄膜厚度在 $0.006 \sim 0.5\text{mm}$ 之间, 具有柔软、耐潮、电气性能和力学性能好的特点, 主要用做电动机、电器线圈和电线电缆绝缘以及电容器介质等。

1.1.2.4 绝缘粘带

电工用绝缘粘带有三类: 织物粘带、薄膜粘带和无底材粘带。

织物粘带是以无碱玻璃布或棉布为底材, 涂以胶黏剂, 再经烘焙、切带而成。薄膜粘带是在薄膜的一面或两面涂以胶黏剂, 再经烘焙、切带而成。无底材粘带由硅橡胶或丁基橡胶和填料、硫化剂等经混炼、挤压而成。绝缘粘带多用于为导线、线圈做绝缘, 其特点是在缠绕后自行粘牢, 使用方便, 但应注意保持粘面清洁。

黑胶布是最常用绝缘粘带, 又称绝缘胶布(带)、黑包布、布绝缘胶带, 是电工作业中用途最广、用量最多的绝缘粘带。黑胶布是在棉布上刮胶、卷切而成。胶浆由天然橡胶、炭黑、松香、松节油、重质碳酸钙、沥青及工业汽油等制成, 有较好的黏着性和绝缘性能。它适用于交流电压 380V 以下(含 380V) 的导线、电缆作包扎绝缘, 在 $-10 \sim +40^\circ\text{C}$ 环境温度范围内使用。使用时, 不必借用其他工具即可撕断, 操作方便。外形如图 1.1 所示。

1.1.3 常用导电材料

导电材料的主要用途是输送和传导电流, 是相对绝缘材料而言的, 能够通过电流的材料称为导电材料, 其电阻率与绝缘材料相比大大降低, 一般都在 $10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$ 以下。大部分金属都具有良好的导电性能, 但不是所有金属都可作为理想的导电材料, 作为导电材料应考虑这样几个因素:

① 导电性能好;

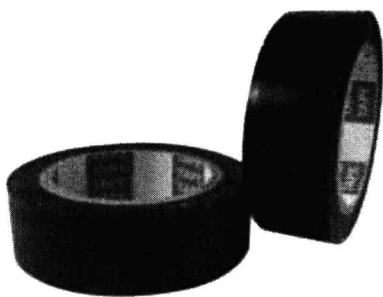


图 1.1 电工胶布（带）

- ② 有一定的机械强度；
- ③ 不易氧化和腐蚀；
- ④ 容易加工和焊接；
- ⑤ 资源丰富，价格便宜。

导电材料分为一般导电材料和特殊导电材料。一般导电材料是专门传导电流的金属材料，要求其电阻率小、导热性优、膨胀系数小、抗拉强度适中、耐腐蚀、不易氧化等。常

用的导电材料主要有铜、铝、铁、钨、锡和铅等，其中铜和铝基本上符合上述要求，是优良的导电材料，因此也是最常用的导电材料。在一些特殊的使用场合，也有用合金作为导电材料，称为特殊导电材料。

1.1.3.1 导线介质

铜的导电性能强，电阻率为 $1.724 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 。因其在常温下具有足够的机械强度，延展性能良好，化学性能稳定，故便于加工、不易氧化和腐蚀，易焊接。常用导电用铜是含铜量在 99.9% 以上的工业纯铜。电机、变压器上使用的是含铜量在 99.5% ~ 99.95% 之间的纯铜（俗称紫铜），其中硬铜做导电的零部件，软铜做电机、电器等的线圈。杂质、冷变形、温度和耐腐蚀性等是影响铜线导电性能的主要因素。

铝的导电性及耐腐蚀性能好，易于加工，其导电性能、机械强度稍逊于铜。铝的电阻率为 $2.864 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，但铝的密度比铜小（仅为铜的 33%），因此导电性能相同的两根导线相比较，则铝导线的截面积虽比铜导线大 1.68 倍，但重量比铜导线轻了约一半。而且铝的资源丰富、价格低廉，是目前推广使用的导电材料。目前，在架空线路、照明线路、动力线路、汇流排、变压器和中小型电机的线圈都已广泛使用铝线。唯一不足是铝的焊接工艺较复杂，质硬、塑性差，因而在维修电工中广泛应用的仍是铜导线。与铜线

一样,影响铝线性能的主要因素有杂质、冷变形、温度和耐腐蚀性等。

1.1.3.2 导线的分类

导线又称为电线,是用来输送电能的。在安装工程中,常用的导线分为裸导线和绝缘导线两大类。裸导线是指导体外表面无绝缘层的导线。

(1) 裸导线 裸导线应有良好的导电性能,有一定的机械强度,裸露在空气中不易氧化和腐蚀,容易加工和焊接,导体材料资源丰富,价格便宜。常用来制作导线的材料有铜、铜锡合金(青铜)、铝和铝合金、钢材等。

裸导线包括各种金属和复合金属圆单线、各种结构的架空输电线路用的绞线、软接线和型接线等,某些特殊用途的导线,也可采用其他金属或合金制成。对于负载较大、机械强度要求较高的线路,常采用钢芯铝绞线;熔断器的熔体、熔片需具有易熔的特点,应选用铅锡合金;电热材料需具有较大的电阻系数,常选用镍铬合金或铁铬合金;电光源的灯丝要求熔点高,需选用钨丝等。裸导线分单股和多股,主要用于室外架空线,常用的裸导线有铜绞线、铝绞线和钢芯铝绞线。

裸导线常用文字符号表示:“T”表示铜,“L”表示铝,“Y”表示硬性,“R”表示软性,“J”表示绞线。

例如,型号 TJ-16,表示截面积 16mm^2 ,铜绞线;型号 LJ-35,表示截面积 35mm^2 ,铝绞线;型号 LGJ-70,表示截面积 50mm^2 ,钢芯铝绞线。

常用的截面积有: 16mm^2 、 25mm^2 、 35mm^2 、 50mm^2 、 70mm^2 、 95mm^2 、 120mm^2 、 150mm^2 、 185mm^2 和 240mm^2 等。常用的裸导线有圆单线、裸绞线、软接线、电车线和型接线等。

(2) 绝缘导线 绝缘导线是指导体外表有绝缘层的导线,是通常说的电线。绝缘层的主要作用是隔离带电体或不同电位的导体,使电流按指定的方向流动。根据其作用不同,绝缘导线可分为电气装备用绝缘导线和电磁线两大类(建筑电工中电磁线不涉及,