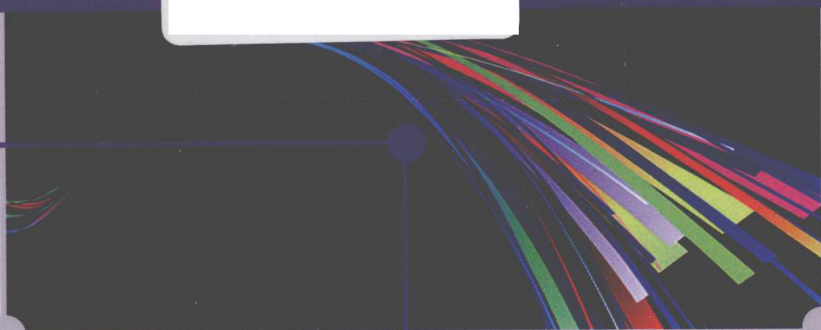




普通高等教育“十二五”创新型规划教材

电力内外线施工

DIANLI WAI NEI XIAN SHI GONG



主编 张 辉 马建华 隋 森

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



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

电力内外线施工

DIANLI NEIWAIXIAN SHIGONG

图书馆
章

主 编	张 辉	马建华	隋 森
副主编	杨岸立	许长海	陈忠革
主 审	杨绍平	孟令宇	李 刚

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

内 容 简 介

本书根据高等院校供用电技术专业课程标准和相应企业岗位标准,由教学一线老师和行业一线专家共同研究编写。特别强调知识与工程实际相结合,突出教学内容的实用性,重点培养学生解决实际工程问题的能力。

本书共分为8章,包括电力施工的一般程序和安全知识、电工常用工具与材料、变配电所设备的安装、架空线路的安装、常用低压电器的安装、室内配线、临时用电管理和安装、接地与防雷等。

本书可作为高等院校电类专业的教材,也可供其他专业师生及相关工程技术人员参考,同时可作为高职高专相关专业的提高性教材,以及自学考试人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电力内外线施工 / 张辉,马建华,隋森主编. —北京:北京理工大学出版社,2010.8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3748 - 2

I. ①电… II. ①张… ②马… ③隋… III. ①输配电线路 - 工程施工 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. ①TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 166574 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京慧美印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 12.5

字 数 / 234 千字

责任编辑 / 李志敏

版 次 / 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

张慧峰

印 数 / 1~1500 册

责任校对 / 王 丹

定 价 / 27.00 元

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

本书根据高等院校供用电技术专业课程标准和相应企业岗位标准,由一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与行业一线专家共同研究编写。本书内容根据高等院校供用电技术专业毕业生就业岗位能力需求进行选取,特别强调与工程实际应用相结合,尽可能多地将最新的工程应用案例纳入教学内容,突出教学内容的实用性,重点培养学生解决实际工程问题的能力。

本书共分8章,包括电力施工的一般程序和安全知识、电工常用工具与材料、变配电所设备的安装、架空线路的安装、常用低压电器的安装、室内配线、临时用电管理和安装、接地与防雷等,每章有学习重点,指导学生学习。

在本书编写过程中,贯彻了以下原则。

第一,注重与行业的深度结合,聘请了铁路供电系统的高级工程师共同研究教材的开发,由学校骨干教师任主编、企业高工任主审。从教材编写思路的确定和编写大纲的审定,到教师下企业调研收集材料,教材编写所选的设备和技术资料是否符合企业实际等问题的解决,以及教材的审核和最终定稿,整个过程都有企业技术人员的实质性参与,保证了教材内容与实际应用的紧密结合,反映了企业各生产岗位的相关技术要求,这是本教材的突出特点。

第二,从职业(岗位)需求分析入手,遵循“以工作任务引领专业知识,以职业资格证书的标准规范课程内容”的原则,参照国际职业标准“维修电工”、铁路特有工种电力工职业技能鉴定标准的要求,精选教材内容,切实落实“双证”融通的课程教材。

第三,注重必备知识与拓展知识的关系。一方面,针对学生未来某一职业岗位或岗位群,选择特定的知识和技能,不过分强调内容的完整性、系统性,着力选择学生就业时所需的知识结构和能力结构,使学生得到业界的认可;另一方面,又要为学生长期的工作和发展服务,为今后的持续学习创造接口和条件,增加的拓展性教学内容,对学生将来解决职业岗位技术问题具有可参考性。

第四,按照教学规律和学生的认知规律,合理编排教材内容。尽量采用以图代文的编写形式,降低学习难度,提高学生的学习兴趣。

本书可作为高等院校电类专业的教材,也可供其他相关专业师生及有关工程技术人员参考,同时还可作为高职高专学校有关专业的提高性教材,以及自学考试人员的参考书。

本书由张辉、马建华、隋森任主编，沈阳铁路局长春供电段段长杨岸立、沈阳铁路局沈阳供电段副段长许长海、沈阳铁路局吉林供电段副段长陈忠革任副主编，全书由张辉统稿。中铁九局电务工程公司总经理杨绍平、沈阳铁路局长春供电段副段长孟令宇、沈阳铁路局吉林供电段总工李刚任主审，并提供了详尽的修改意见，在此表示感谢。

本书在编写过程中，参考了一些国内外同行的优秀教材和资料，在此向这些资料文献的作者深表感谢。

在本书的编写过程中，得到了张心刚老师、侯晓音老师，沈阳铁路局吉林供电段李伟，沈阳铁路局长春供电段孙立国、杨玉书，中铁九局电务工程公司的张金波等多位行业专家和多家单位的大力支持，在此一并表示感谢。同时，恳切希望广大读者对本书提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

编 者

目录

第1章 电气施工的一般程序和安全知识	1
1.1 供电系统简介	1
1.1.1 电力系统的基本概念	1
1.1.2 我国电力系统发展的概况	1
1.1.3 电能生产、输送、分配的三个主要环节	2
1.1.4 电力系统运行的基本要求	4
1.1.5 电力系统	4
1.2 电气施工的一般程序	5
1.2.1 准备阶段	5
1.2.2 施工阶段	7
1.2.3 收尾调试阶段	8
1.2.4 竣工验收阶段	8
1.3 电气施工安全	8
复习题	10
第2章 电工常用工具 and 材料	11
2.1 电工常用工具	11
2.1.1 电工通用工具	11
2.1.2 安全工具	17
2.1.3 安装工具	19
2.1.4 登高工具	20
2.2 常用导电材料及其应用	23
2.2.1 常用的导电材料	23
2.2.2 导线	23
2.2.3 电缆	24
2.2.4 母线	25
2.2.5 熔件	26
2.3 常用绝缘材料及其应用	26
2.3.1 电工漆和电工胶	27
2.3.2 塑料	28

2.3.3 橡胶	28
2.3.4 绝缘布带	28
2.3.5 电瓷	29
2.4 常用安装材料	29
复习题	34
第3章 变配电所设备的安装	35
3.1 变配电所安装的一般规定	35
3.2 母线装置的安装	38
3.2.1 母线的作用	38
3.2.2 支持绝缘子的安装	39
3.2.3 硬母线的要求及连接	40
3.2.4 母线的安装与固定	42
3.2.5 母线的排列和相序色标	43
3.3 隔离开关和负荷开关的安装	43
3.3.1 隔离开关的安装要求	44
3.3.2 隔离开关的安装	44
3.3.3 负荷开关的安装	46
3.4 仪用互感器的安装	47
3.4.1 互感器的主要作用	47
3.4.2 互感器的安装与要求	47
3.5 二次接线的安装	48
3.5.1 二次回路的接线	49
3.5.2 二次回路的绝缘电阻	49
3.6 配电箱的安装	50
3.6.1 配电箱的分类与一般规定	50
3.6.2 配电箱的制作及有关规定	50
3.6.3 配电箱的配线与安装	52
3.6.4 落地式配电箱的安装	53
复习题	53
第4章 架空线路的安装	55
4.1 架空线路概述	55
4.1.1 架空线路的分类	56
4.1.2 供电要求及电力负荷的分级	56
4.1.3 架空线路导线截面的选择	56
4.1.4 架空线路导线截面的计算	60
4.1.5 架空线路的安全距离	61

4.2 架空线路的结构	62
4.2.1 架空线路主要材料的构成	62
4.2.2 架空线路主要器材的选用要求	69
4.2.3 电力线路组装的有关规定	71
4.3 架空电力线路的路径选择	72
4.3.1 路径选择	72
4.3.2 架空线路的档距	73
4.4 10 kV 电力线路电杆的组装	74
4.4.1 直线杆的组装	74
4.4.2 跨越杆的组装	75
4.4.3 耐张杆的组装	76
4.4.4 转角杆的组装	76
4.4.5 分歧杆的组装	76
4.4.6 终端杆的组装	78
4.4.7 特种杆的组装	79
4.5 电杆的埋深、定位及防护	80
4.5.1 电杆的埋深	80
4.5.2 杆坑的定位及回填	80
4.5.3 电杆的防护	82
4.6 横担的安装及制作	83
4.6.1 横担安装的有关规定	83
4.6.2 10 kV 高压横担的制作	84
4.6.3 低压横担的制作与安装	87
4.7 拉线的安装	89
4.7.1 拉线的作用及分类	89
4.7.2 拉线的安装	91
4.8 导线的架设	92
4.8.1 常用导线的型号及有关规定	92
4.8.2 导线的排列方式及线间距	94
4.8.3 导线的架设步骤	95
4.8.4 导线的接续	97
4.9 绝缘子、金具的安装	99
4.9.1 10 kV 绝缘子安装及要求	99
4.9.2 0.38 kV 绝缘子安装	100
4.9.3 导线在绝缘子上的固定	101
4.9.4 导线的弧垂	103

4.10 架空接户线	104
4.10.1 接户线的要求	104
4.10.2 接户线的安装	106
4.11 室外变压器台的安装	107
4.11.1 室外变压器台的有关规定	107
4.11.2 杆上变压器台的要求	107
4.11.3 落地式变压器台的要求	109
4.11.4 箱式变电所的特点和适用范围	110
4.12 室外开关装置的安装	112
4.12.1 各种开关、熔断器设置的位置	112
4.12.2 断路器的安装	113
4.12.3 户外隔离开关的安装	115
4.12.4 跌落式熔断器的安装	117
4.12.5 杆上避雷器的安装	118
4.13 电缆线路的安装	119
4.13.1 常用电缆的规格与型号	119
4.13.2 电缆路径的选择	121
4.13.3 电缆的搬运与展放	121
4.13.4 直埋电缆的敷设	122
4.13.5 电缆在电缆沟和钢索上的安装及固定	123
4.13.6 电缆在其他场所的敷设	125
复习题	127
实践课课题	128
第5章 常用低压电器的安装	129
5.1 低压电器安装的基本要求	129
5.1.1 低压电器安装的基本规定	129
5.1.2 低压电器安装的一般规定	130
5.2 低压开关	131
5.2.1 刀开关	131
5.2.2 刀熔开关	132
5.3 熔断器	133
5.3.1 熔断器的保护特性	133
5.3.2 熔断器的分类	133
5.3.3 熔断器的基本结构	134
5.3.4 高压熔断器	134
5.3.5 低压熔断器	135

5.4 交流接触器	139
5.4.1 接触器的结构	139
5.4.2 接触器的动作原理	140
5.4.3 接触器的主要技术特性	140
5.4.4 磁力启动器	142
5.4.5 接触器的控制	142
5.4.6 接触器的安装	144
5.5 电能表的安装与接线	144
5.5.1 电能表的安装	144
5.5.2 电能表的接线	147
复习题	147
实践课课题	148
第6章 室内配线	149
6.1 室内配线概述	149
6.2 槽板配线	153
6.2.1 槽板配线的要求	153
6.2.2 槽板的安装	154
6.3 暗式配线	157
6.3.1 暗式配线的程序	157
6.3.2 照明线路在平面图上的表示	158
6.3.3 住宅照明安装	160
复习题	163
第7章 临时用电管理和安装	164
7.1 临时配电箱及开关箱	164
7.1.1 配电箱及开关箱的设置	164
7.1.2 配电装置电气的选择	165
7.1.3 配电箱及开关箱的维护和使用	165
7.2 临时配电线路	166
7.3 工程施工场地的照明	167
7.4 施工现场电力设备的几种接地形式	168
复习题	170
第8章 接地与防雷	171
8.1 接地与接零	171
8.1.1 接地的基本概念	171
8.1.2 接地与接零的基本要求	173
8.2 接地装置的安装及规定	174

8.2.1	一般规定	174
8.2.2	接地装置的安装	175
8.2.3	接地线的安装	175
8.2.4	接地电阻的测试	176
8.2.5	高土壤地区降低接地电阻的措施	177
8.3	防雷保护	177
8.3.1	雷电的形成与危害	177
8.3.2	雷电的危害形式	178
8.3.3	接闪器保护	179
8.3.4	避雷器保护	180
	复习题	180
	附表	181
	附表一 常用建筑图例符号	181
	附表二 常用电气图例符号 (GB 4728—1985)	182
	附表三 在工程平面图中标注的各种符号与代号名称	186
	附表四 电气设备常用基本文字符号 (GB 7159—1987)	188
	附表五 电气常用辅助文字符号 (GB 7159—1987)	189
	参考文献	190

 本章学习重点:

1. 初步了解供电系统的组成和应用
2. 掌握电气施工的一般程序
3. 熟悉电气设备的选用原则
4. 熟悉施工现场的安全措施及注意事项

1.1 供电系统简介

1.1.1 电力系统的基本概念

电力是世界上最重要的能源,因此电力工业是关系国计民生的重要基础产业和公用事业,是生活资料也是生产资料。安全、稳定和充足的电力供应,是保证国民经济健康稳定、持续快速发展的重要前提和条件。电力的供应不是一个简单的概念,而是由各个环节组成的一个系统。

电力系统是指发电厂、电力网、变配电所和所有用电设备所组成的一个整体。其主要特点是生产、输送、分配及使用都非常方便,是国民经济的基础。

1.1.2 我国电力系统发展的概况

我国电力工业始于1882年(容量仅11.76 kW),1949年新中国成立时,发电装机容量为 1.85×10^6 kW,居世界第21位;发电量仅为 4.3×10^9 kW·h,居世界第25位。

新中国成立以后,我国开始大力发展电力事业,先后在新安江等地建立水力和火力发电厂,从1978年改革开放到2000年,我国发电装机容量和发电量先后超越了法国、英国、加拿大、德国、俄罗斯和日本,居世界第2位。到2005年装机容量已超过了 5×10^8 kW,年发电量已达 2.4747×10^{12} kW·h。预计2010年,全国发电装机容量将接近 8×10^8 kW,居世界首位。

1.1.3 电能生产、输送、分配的三个主要环节

1. 发电厂

(1) 水力发电厂——利用水的势能带动水轮机发电。截至 2008 年底,我国水电装机达 1.7×10^8 kW,居世界第一位。世界上最大的水力发电厂——三峡水力发电厂,装机容量为 26 台 1.82×10^7 kW,单机容量为 7×10^5 kW。

(2) 火力发电厂——利用燃煤、油产生热能带动原动机发电。2009 年,我国发电量为 3.4334×10^{12} kW,火电占到总发电量的 82.6%。

(3) 热电厂——它和火力发电厂的最大区别就是利用余热进行发电,目前吉林热电厂是我国最大的供热电厂,总装机容量为 8.5×10^5 kW,供热面积 3.5×10^6 m²,供生产用气 850 t/h。

(4) 风力发电厂——靠风力带动风车来发电,它适用于西北地区。世界第一台风力发电机出现在丹麦,我国最大的风力发电厂是新疆达坂城风力发电厂,装机总容量为 70.9 MW,最大单机容量为 600 kW,占全国风电装机容量的 20.9%。我国风力发电机单机最大容量为 1 300 kW,是从德国引进的,共 4 台,塔高 60 m,风叶直径 60 m,全部安装在辽宁省营口市仙人岛,2001 年 3 月 7 日安装完毕并投入运行。目前仙人岛共有 47 台大型风力发电机,装机容量为 3.2×10^5 kW。

风力发电厂是今后电力发展的方向,这是因为:风是一种无污染,取之不尽、用之不竭的能源,风力发电机在欧洲已运行了几十年,近 20 年才被我国引进,就目前发展趋势来看,有着较大的潜力,特别适用于我国西北和沿海地区。风力发电机安装在数十米高的锥形塔架上,塔架底部为设备仓,装有变压器、开关柜和其他电力设备。风力发电机通常由旋转轮毂、叶桨、主轴、变速器、发电机、避雷器、风速计、风速旗等部件组成,目前风力发电机组生产国主要有德国、丹麦和美国。一般塔架高 60 ~ 80 m,风叶直径 44 ~ 104 m;装机容量为 600 kW、1 300 kW、2 300 kW、2 500 kW、3 600 kW;输出电压 660 V;适用风速 9 m/s。

(5) 原子能发电厂(核电站)——我国核电发展已经 20 多年,到 2005 年,装机容量已达到 8.7×10^6 kW,计划 2020 年还要建立 30 座核电站,装机容量将达到 4×10^7 kW,占全国总发电量的 6%。随着科学技术的不断进步,核电将在我国今后几十年电力发展中占有日益重要的地位。

(6) 石油、天然气发电——利用天然气的燃烧来进行发电。天然气资源潜力很大,但大规模开发和远程输送都有困难,而且石油和天然气发电也会向大气中排放大量二氧化碳。因此,应当尽量减少电力工业中石油的使用,天然气发电应适度发展,利用沼气、生活垃圾、秸秆等发电具有一定的潜力,由于资源分

散,能量密度低,比较适合小规模发展,就地利用。

(7) 太阳能发电——利用太阳光照的能量来发电。目前太阳能发电的成本接近常规电力的10倍,尚无法与常规电力竞争,主要适用于电网无法达到的偏远地区及特殊用途,大规模的发展还有待于技术上的重大突破和政策上的支持。但我国已制订实施了“中国光明工程”计划,计划到2010年年底,利用太阳能发电技术解决2300万边远地区人口的用电问题。

2. 电能的输送

电力网——输送电能和分配电能的设备。其主要任务是将发电厂生产的电能输送到用户。

电力网又可分为以下几种。

(1) 超高压电力网——电压等级在220~550 kV。供电半径200~300 km。

(2) 区域电力网——电压等级在110~220 kV。供电半径不宜超过50~110 km。

(3) 地方电力网——电压等级在110 kV以下的电力网。供电半径不应超过50 km。

由此可见,电压越高,输送距离就越远,这是因为

$$S = \sqrt{3} U_L I_L$$

如发电容量 S 不变,电压越高,电流就越小,输送电能的导线截面就可减小,线路的损耗也就越小。

3. 电能的分配

为考虑经济性,发电机的电压一般为6 kV或10 kV,而用电设备的电压一般为380/220 V(大型设备也有采用3 kV和6 kV)。所以发电厂出来的电压要经过变压器升高后远距离输送到用电地区,再经过用电地区的变压器降低电压后分配到各用电户。由变压器或其他电能转换机、配电设备、操作设备及辅助设备等组成的变配电装置的场所,称为变电所。变电所是联系发电厂和客户的中间环节,起着变换和分配电能的作用。变电所根据它在电力系统中的地位,可以分为枢纽变电所、中间变电所、地区变电所、终端变电所和客户变电所等。

配电系统有时也称供电系统,它是将高电压变成低电压,再经重新分配后直接供给用电设备用电。一般多采用380/220 V三相四线制低压供电系统,既可供三相负荷(如电动机等),也可供单相负荷(如照明、家用电器等);如是高压电动机则由高压母线直接供电。

配电装置是发电厂和变电所的重要组成部分,它根据电气主接线的连接方式,由开关电器、保护装置、测量装置、母线和必要的辅助设备组成,用来接受并重新分配电能。

1.1.4 电力系统运行的基本要求

电力系统运行的基本要求如下。

- (1) 保证可靠的持续供电。满足电能用户对供电连续性的要求，不应该出现违背用户意愿的中断供电。
- (2) 保证良好的电能质量。应满足电能用户对电压和频率等质量的要求。
- (3) 保证系统运行的经济性。供电系统的投资要小，运行费用要低，并尽可能采用新技术和其他能源的综合利用。

1.1.5 电力系统

图 1-1 和图 1-2 分别为电力系统图和电力系统示意图。

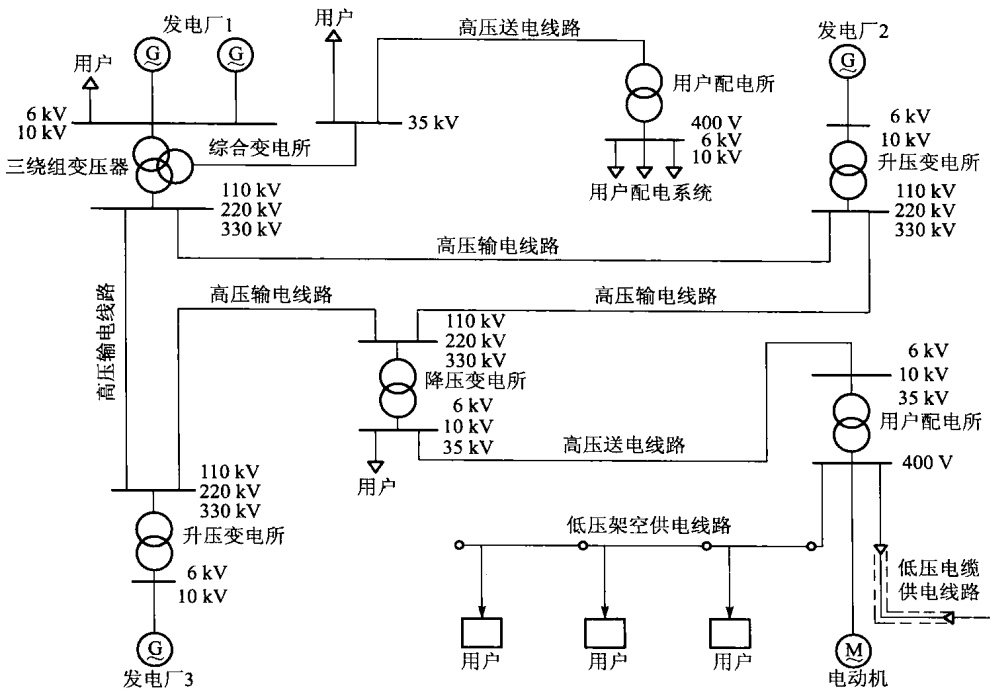


图 1-1 电力系统

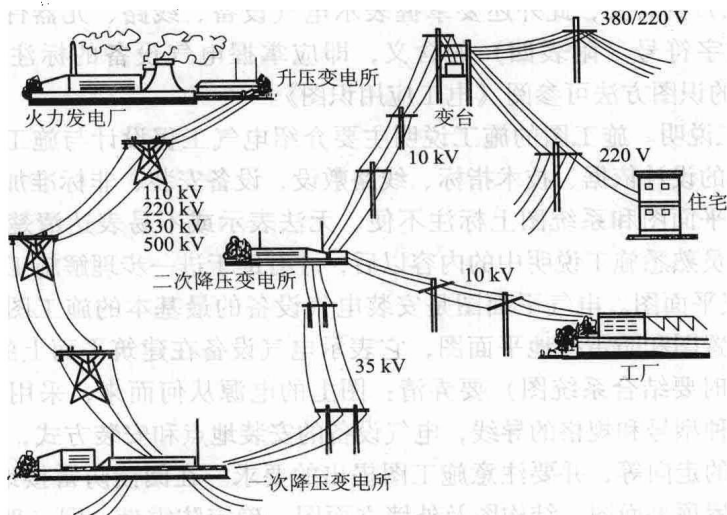


图 1-2 电力系统示意图

1.2 电气施工的一般程序

1.2.1 准备阶段

1. 技术准备

(1) 技术管理。熟悉和审查电气工程图纸文件，了解与电力工程有关的土建情况，以便在由建设单位、设计单位和施工单位三方参加的图纸会审会议上提出意见（如电气线路的敷设位置、电气设备的布置、预留孔洞等是否合理，各种管道设备与电气敷设是否有矛盾等问题）。此外还要根据土建进度划分电气施工进度，确定施工方案，制订电气安装进度计划，编制施工预算等。

(2) 熟悉施工图。施工图是电气施工的依据，其包括电力配电系统图、平面布置图和必要的安装图及附属设计图的施工说明、主要设备材料表等。施工图是设计人员对工程的书面语言表达，为顺利圆满完成施工，必须要看懂施工图，认识图中各符号的含义，理解设计人员的设计意图。由于电气工程一般是伴随建筑工程而进行的，所以有必要了解一些常用的建筑知识及其图例。

① 常用建筑图例。电气图中常采用的建筑图例（附表一）均采用简化形式，电气所用的建筑图例只表示建筑的平面布置，而不详细表示结构和材质。但建筑结构和材质常与电气施工有关，故在安装电气设备前，有时还需查阅有关建筑图纸。

② 常用电气符号及文字符号。施工人员应掌握国家标准规定的电气图例符

号（附表二）的含义，此外还要掌握表示电气设备、线路、元器件的特征、敷设方式及文字符号（附表四）的含义，即应掌握电气设备的标注方式（附表三）。详细的识图方法可参阅《电工应用识图》。

③ 施工说明。施工图的施工说明主要介绍电气工程设计与施工的特点，补充施工图纸的设计依据、技术指标、线路敷设、设备安装、非标准加工的技术要求，以及在平面图和系统图上标注不便、无法表示或不易表达清楚之处的说明等。施工人员熟悉施工说明中的内容以后，才有助于进一步理解施工图。

④ 电气平面图。电气平面图是安装电气设备的最基本的施工图纸，一般有电力平面布置图和防雷接地平面图，它表示电气设备在建筑平面上的布置情况。看图时（有时要结合系统图）要弄清：图上的电源从何而来，采用什么配线方式，使用哪种型号和规格的导线，电气设备的安装地点和安装方式，设备的连接方式，线路的走向等，并要注意施工图提出的要求。在阅读防雷接地平面图时，要结合建筑屋顶平面图、结构图及外墙立面图，确定防雷带、网（明敷或暗敷）和避雷针在建筑的檐沟、屋面、山墙或女儿墙及天窗顶盖的布置位置和埋设部位。平面图上的防雷接地装置应按标准图或有关详图进行施工。

电气平面图只能反映线路、设备的平面布置情况，不能反映线路、设备的立体布置情况，所以应在多次的施工实践中，逐渐在头脑中建立一个电气配线的立体概念。这是电气施工识图的一项极为重要的基本功。

⑤ 配电系统图。配电系统图也称一次系统图，它多采用单线图表示各电气设备连接的关系和电气负荷的分配状况，而不表示线路的走向和设备的安装位置。看图时宜与电气平面图配合阅读，并应注意线路（或导线）的根数，确切了解图中各文字符号的含义。

⑥ 电气原理图和安装接线图。电气原理图（有时简称原理图或展开图）和安装接线图（有时简称接线图或二次接线图）分别表示电气设备主回路（一次回路）及控制回路（二次回路，包括控制、操作、信号、测量、保护等装置）的电气原理和连接情况。看图时，应先弄清原理图，再看按电气元件实际排列情况的接线图。

⑦ 施工用表。设计人员为使施工图纸清晰及文字简洁，有时还按图面所采用的标准方式提供施工用表，如导线与管径选择表、主材表、图例表等。当工程项目需要选择导线、穿管管径时，可根据施工用表查找。

⑧ 加工详图和电气布置剖视图。对于某些非标准的电气构件（如设备的安装构架、防护板、防护网等），设计人员往往按加工尺寸、材质等工艺要求提供加工详图。看图时，应对照电气样本和安装部位的建筑状况进行综合考虑。对于工程中极为重要或特殊的安装部位（如与各种管道设备交错情况等），仅用平面图较难表明电气设备安装部位及电气线路的空间走向时，常采用局部剖视图来补充。看图时，应先弄清工程的建筑构造、工艺装置、管网分布、电气线路和设备