

基层供电企业员工岗前培训系列教材

输电线路施工

河南省电力公司 组编

梁文博 主编

张刚 主审

专业类

 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

基层供电企业员工岗前培训系列教材

输电线路施工

河南省电力公司 组编

梁文博 主编

张 刚 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《基层供电企业员工岗前培训系列教材》是依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》，结合生产实际编写而成的。

继2010年本套教材推出14个分册之后，2012年又推出8个分册。目前，本套教材共有22册。本册为《输电线路施工》，全书共8个单元，具体内容有：架空输电线路施工工艺流程，施工测量，基础施工，接地工程，杆塔组立常用工器具的选择和使用，钢筋混凝土电杆和钢管杆的组立，铁塔组立，架线施工。

本书可作为基层供电企业新员工、复转军人入职培训用书和生产技能人员提升职业能力的培训用书，也可供电力职业院校教学参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

输电线路施工/梁文博主编；河南省电力公司组编．
北京：中国电力出版社，2012.8

基层供电企业员工岗前培训系列教材

ISBN 978-7-5123-3460-1

I. ①输… II. ①梁…②河… III. ①输电线路—工程
施工—岗前培训—教材 IV. ①TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 209579 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012年10月第一版 2012年10月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 11.5印张 208千字

印数 0001—3000册 定价 28.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《基层供电企业员工岗前培训系列教材》

编委会

主任 凌绍雄

副主任 焦银凯 杨义波

委员 孙永阁 陈水增 王静 张静 邓启民

李忠强 惠自洪 郭海云 戴泌 付红艳

易帆 王生甫 赵玉谦

前言

为了增强基层供电企业员工岗前培训的针对性和实效性，进一步提高岗前培训员工的综合素质和岗位适应能力，河南省电力公司牵头组织，技术技能培训中心郑州校区和南阳校区的教学管理人员及部分教师共同策划、编写了《基层供电企业员工岗前培训系列教材》。该套教材按照电网主要生产岗位的能力素质模型和岗位任职资格标准，实施基于岗位能力的模块培训，提高培训教学的针对性和可操作性，培养具有良好职业素质和熟练操作技能、快速适应岗位要求的中高级技能人才。

该套教材针对基层供电企业员工岗前培训的特点，在编写过程中贯彻以下原则：

第一，从岗位需求分析入手，参照国家职业技能标准中级工要求，精选教材内容，切实落实“必须、够用、突出技能”的教学指导思想。

第二，体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了基础知识与专业知识、理论教学与技能训练之间的关系，有利于帮助学员掌握知识、形成技能、提高能力。

第三，按照教学规律和学员的认知规律，合理编排教材内容，力求内容适当、编排合理新颖、特色鲜明。

第四，突出教材的先进性，结合生产实际，增加新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，力求贴近生产实际，缩短培训与企业需要的距离。

继 2010 年本套教材推出 14 个分册之后，2012 年又推出 8 个分册。目前，本套教材共有 22 册。本册为《输电线路施工》，共分 8 个单元，主要介绍架空输电线路施工工艺流程、施工测量、基础施工、接地工程、杆塔组立常用工器具的选择和使用、钢筋混凝土电杆和钢管杆的组立、铁塔组立、架线施工。本书由河南省电力公司技术技能培训中心梁文博主编，鹤壁供电公司郭栋编写了单元四、河南省电力公司技术技能培训中心陈德俊编写了单元一、张晓卿编写了单元五，全书由河南省电力公司技术技能培训中心张刚、戴泌、李郑宇审稿。编写过程中参考了有关资料、文献，在此对作者表示感谢。

由于编写时间仓促，水平有限，难免出现疏漏，敬请读者在使用中多提宝贵意见，以便修订时加以完善。

编者

2012年9月

目 录

前言

单元一	架空输电线路施工工艺流程	1
	思考与练习	6
单元二	施工测量	7
	课题一 经纬仪结构和角度测量	7
	思考与练习	13
	课题二 距离测量	13
	思考与练习	15
	课题三 复测和分坑	15
	思考与练习	23
单元三	基础施工	24
	课题一 概述	24
	思考与练习	31
	课题二 土石方开挖	31
	思考与练习	36
	课题三 混凝土电杆基础施工	36
	课题四 现浇混凝土基础施工	37
	思考与练习	51
	课题五 桩式基础施工	51
	思考与练习	55
	课题六 岩石基础施工	55
	思考与练习	57
	课题七 基础工程验收	57
	思考与练习	62

单元四	接地工程	63
	课题一 接地装置施工·····	63
	思考与练习·····	67
	课题二 接地电阻测量·····	67
	思考与练习·····	71
单元五	杆塔组立常用工器具的选择和使用	72
	思考与练习·····	83
单元六	钢筋混凝土电杆和钢管杆的组立	84
	课题一 概述·····	84
	思考与练习·····	86
	课题二 倒落式人字抱杆整体组立钢筋混凝土电杆的准备工作·····	86
	思考与练习·····	90
	课题三 倒落式人字抱杆整体组立钢筋混凝土电杆的现场布置·····	91
	思考与练习·····	94
	课题四 倒落式人字抱杆整体组立钢筋混凝土电杆的整体起立·····	95
	思考与练习·····	100
单元七	铁塔组立	101
	课题一 概述·····	101
	思考与练习·····	107
	课题二 内悬浮外拉线抱杆分解组塔·····	107
	思考与练习·····	115
	课题三 小抱杆分解组塔·····	115
	思考与练习·····	118
	课题四 铁塔组立质量检查·····	118
	思考与练习·····	120
单元八	架线施工	121
	课题一 张力放线用工具·····	121
	思考与练习·····	129
	课题二 张力放线准备工作·····	129
	思考与练习·····	137
	课题三 绝缘子串及放线滑车悬挂·····	137

思考与练习	140
课题四 牵引场和张力场布置	141
思考与练习	143
课题五 展放导引绳和牵引绳	143
思考与练习	145
课题六 张力展放导地线	145
思考与练习	150
课题七 紧线施工	150
思考与练习	153
课题八 弧垂观测	153
思考与练习	158
课题九 导地线连接	158
思考与练习	164
课题十 附件安装	164
思考与练习	171
参考文献	172

架空输电线路施工工艺流程

本单元主要内容：架空输电线路施工的准备工作内容、基础施工工序、杆塔组立工序和架线施工等。

学习目标

熟悉输电线路施工的工艺流程

知识点

1. 准备工作的内容
2. 施工安装的内容
3. 启动验收的项目
4. 线路电气参数的测试

技能点

了解线路电气参数的测试项目

学习内容

架空输电线路施工一般分为准备工作、施工安装和启动验收几个阶段。

一、准备工作

准备工作包括现场调查，施工组织设计及预算书的编制，基础工程的准备工作、杆塔工程的准备工作、架线工程的准备工作和材料的运输。

(一) 现场调查

现场调查分中标前的调查和开工前的调查。中标前的调查目的是为了编写施工组织设计和预算书，开工前的调查主要是为了编写每个工序的技术文件及合理地组织施工。两个阶段的调查内容基本相同，只是侧重点不同，调查对象主要包括路径情况、交通情况、沿线交叉跨越及障碍物、杆位情况、驻地及生活供应和大跨越情况等。调查结束后应编写详细的现场调查报告。调查人员应包括主管行政领导、技术人员、经济人员等具有代表性的人员。

1. 路径情况调查

调查内容包括沿线的行政归属、地形、地质、林木、经济作物分布情况等。

2. 交通情况调查

调查内容包括了解沿线各桩位运输道路、距离，沿线河流、桥梁、码头等情况，以便为项目部、施工队驻地的选择和运输方法的确定提供基础依据。

3. 沿线交叉跨越及障碍物调查

调查内容包括沿线被跨河流、公路、铁路、电力线、通信线、房屋、树木和其他障碍物的情况。

4. 杆位情况调查

投标前只作重点调查（如转角杆塔等），在中标后，开工前应全面调查，主要是调查杆塔所在位置的户主、归属单位、青苗归类，每基杆塔具备的施工条件及材料、牵张设备等能否直接到达桩位的情况。

5. 驻地及生活供应调查

主要调查线路附近的城镇和村庄等有无闲置驻地及其水、电等生活资源。

6. 大跨越情况

主要调查跨越的河流，还是山谷或其他情况，以确定大跨越的施工方案。

（二）施工组织设计

施工组织设计是工程投标的重要技术文件，也是工程组织施工的指令性文件，电压等级在 110kV 及以上的线路、长度 100km 以上的工程或电压 220kV、长度 50km 及以上线路工程，都要编制施工组织设计。达不到上述条件的输电线路工程可只编制施工组织措施计划。

施工组织设计一般情况包括工程概况；施工方案及施工组织；总平面布置、临建安排及工地运输方式；施工技术；物资供应计划；综合进度表；主要施工技术措施，如高塔、大跨越施工、特殊土方开挖、特殊基础施工、带电作业、不停电跨越架线、特殊工艺（焊接、压接等）施工和季节性技术措施等；保证质量、安全、降低成本和推广技术革新项目的有关指标和措施。

（三）基础工程的准备工作

准备内容为基础施工图的审查、技术准备、材料准备和机具准备等。

1. 基础施工图的审查

审查内容为核对基础图的实物编号与材料表的编号是否一致；基础图所绘材料与材料表是否一致，包括主筋、箍筋、地脚螺栓等的规格、数量、长度等；核对基础配筋是否具有方向性，其方向是否与铁塔受力方向相匹配；核对拉线盘零件与拉线盘预留孔是否统一；核对每个基础的混凝土用量与材料表上所列是否

正确。

除了审查基础施工图外，还要审查与基础施工图相关联的设计图，审查的内容主要包括自立式铁塔基础的根开与铁塔根开是否统一；地脚螺栓露出基础顶面高度能否满足螺母拧紧后留有 2~3 扣的裕度。底座板及垫板材料是否代用，代用后能否满足露扣要求；各种铁塔基础的顶部尺寸（含根开、地脚螺栓根开、地脚螺栓直径等）是否与铁塔底座对应尺寸相匹配；对于杆塔所配基础类型与设计提供的地质条件是否相一致；核对水泥杆配置的三盘（即底盘、卡盘、拉线盘）与杆形结构图是否一致等。

2. 技术准备

基础工程施工前应准备杆塔明细表（电气及结构部分），基础施工手册和基础施工技术措施。

杆塔明细表由设计单位提供。基础施工手册包括基础图、单基材料表、分坑尺寸表、中心桩位移值及其他说明等。基础施工技术措施的内容包括基础工序的施工方法、质量要求、安全措施及工器具配置等。

3. 材料准备

基础施工主要材料是钢筋、水泥、石、砂、水和混凝土外加剂。

钢筋一般分为热轧钢筋、冷拉钢筋和钢丝三类，送电线路基础施工中常采用碳素钢或低合金钢轧制的热轧钢筋。施工前应按照施工图的要求进行钢筋加工处理。

常用的水泥品种有普通硅酸盐水泥、矿渣普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥。水泥的标号有 325、425、525、325R、425R、525R 六个等级。

砂分为天然砂和人工砂，天然砂分为河砂、海砂、山砂。送电线路施工常用河砂，因为海砂含有氯盐，容易腐蚀钢筋、地脚螺栓等；山砂含泥量和有机质多。

石一般分为碎石和卵石两种，粒径大于 5mm 的岩石颗粒称为碎石，由天然形成的粒径大于 5mm 的颗粒称为卵石。送电线路工程中一般大量采用碎石。石按粒径又可分为细石、中石和粗石。施工中钢筋混凝土基础一般采用中石，素混凝土基础可采用粗石，但石子最大粒径不得大于浇筑部分结构断面最小边长的 1/4，在钢筋混凝土中，石子的最大粒径不得大于钢筋间最小净距离。

水质对混凝土的强度有影响，浇筑时不得使用含有油脂和有害化合物及氯盐的水，宜使用饮用水，对水质有怀疑时要进行化验。

为了改善混凝土的性能，加快施工进度，节约水泥等，根据需要宜使用混凝土外加剂，外加剂的使用应按照各产品的使用说明，不得超量，且不得在混凝土中出现氯盐。常用的外加剂有减水剂、引气剂、缓凝剂和早强剂。

4. 机具准备

机具主要包括土石方工程的工器具和基础浇制机具，如挖掘机、爆破器材、经纬仪（水准仪）、模板、搅拌机、振捣器等。

（四）杆塔工程的准备工作

准备工作为杆塔施工图的审查、技术准备、材料准备和机具准备等。

1. 杆塔施工图的审查

施工前应核对杆塔图的部件数量与材料表是否一致，总装图材料表与部件图材料表是否一致，杆塔图上说明的技术要求与部件加工图是否一致，电杆接地螺孔所焊接的主钢筋与杆顶地线横担挂线孔能否直接电气接通，确保避雷线良好接地。各部件间连接部位的尺寸是否正确，安装图上的编号与材料表编号是否统一，拉线对各部件间的空气间隙能否满足设计规程要求，拉线金具是否属于标准金具等。

2. 技术准备

杆塔组立之前，应准备杆塔明细表、杆塔施工图、杆塔组立施工方案。

杆塔组立施工方案包括各种不同杆塔型式的整立或分解组立的施工计算。各种电杆型式的排杆、焊接及各种铁塔的组立方法等操作要求，各种杆塔的起吊现场布置，各索具的最大受力值，抱杆失效角，工器具汇总表，质量要求，安全措施等。

3. 材料准备

材料：电杆、拉线和焊接组装立杆需要的消耗性材料（如焊丝、油漆等）或铁塔塔材及铁塔的螺栓、垫圈、脚钉等。

4. 机具准备

机具主要包括起重工器具，如抱杆、钢丝绳、滑车、绞磨、卡线器、链条葫芦等，还有安全保护用具，如安全带、安全帽、接地线等。

（五）架线工程的准备工作

准备内容为架线施工图的审查，技术准备，材料准备，机具准备和障碍物的清除。

1. 架线施工图的审查

架线施工图主要包括电气部分的杆塔明细表、机电安装图及相应的施工说明书，架线施工图审查的主要项目是架线施工图的数量是否齐全，架线施工图与相关联的施工图是否一致，如绝缘子串与杆塔上的挂线孔配合是否恰当，架线施工图本身有无差错，有无矛盾等。

2. 技术准备

技术准备工作主要内容有线路调查，重点是交叉跨越及障碍物的情况调查；编写架线施工方案；对导线线接续管及耐张管进行检验性压接试验等。

3. 材料准备

内容包括编制架线施工的装置性材料及消耗材料计划，根据架线材料计划表，核对已到货数量并检查质量。

4. 机具准备

机具准备包括架线的机械设备，如牵引机、张力机、机动绞磨；常用起重工具，如钢丝绳、起重滑车、手扳葫芦、卸扣、地锚等；常用电气绝缘工具，如绝缘手套、绝缘棒、绝缘绳、验电笔等。

5. 障碍物清除

线路走廊内的障碍物，主要包括树林、竹林、房屋及按设计要求应拆迁的电力线、通信线等。施工前应清除线路走廊内的障碍物，为架线施工创造有利条件。

二、施工安装

施工安装主要包括基础及接地装置施工、杆塔组立、导线架设及附件安装三部分。

1. 基础及接地装置施工

按设计提供的施工图，首先进行复测分坑前的尺寸计算并进行复测、分坑和放样，再进行施工基面处理，最后依次进行基坑开挖、钢筋和模板安装，混凝土浇筑，基础养护和拆模，回填土等工序。接地装置一般随着基础工程同时埋设。因为基础工程是隐蔽工程，施工过程中必须严格按质量标准进行验收，并作好记录。

2. 杆塔组立

常用的组立杆塔的方法是整体组立法和分解组立法，整体组立法包括倒落式人字抱杆整立法、吊车整体组立法和直升机整体组立法等，分解组立法有内悬浮外拉线抱杆组塔法、内悬浮内拉线抱杆组塔法和小抱杆分解组塔等。杆塔工程一般包括混凝土电杆的组立和铁塔的组立两部分。立杆一般采用倒落式人字抱杆整立；立塔可采用整立方式，也可采用分解组立的方式。因为地形和塔型不同，组塔方法应根据现场实际情况选择合适的组塔方法。

3. 导线架线及附件安装

有人力放线、机械放线和张力放线等放线方法，为了减少青苗赔偿和提高工作效率，目前最常用的方法是张力放线。架线工程包括牵引场和张力场的布置，跨越架的搭设，牵引绳的展放，导、地线的展放、紧线、附件安装等内容。放线前应清理通道，处理交叉跨越，搭设跨越架等工作，然后进行紧线、附件安装等作业。

三、启动验收

启动验收是施工单位在完工后进行的一道严格的自我检查工作，是在电气参数测试合格并且满足输电线路工程启动验收规程的相关规定后，进行加压试验和试运

行任务。

1. 电气参数测试

电气参数测试主要包括相序的测定、绝缘电阻测定和直流电阻的测量和计算、正序电抗的测量和计算、零序电抗的测量和计算、正序电容、电纳的测量和计算、零序电容、电纳的测量和计算。

相序的测定采用绝缘电阻表分别与三相线中每一相连接摇测，如果测定结果与变电站电气接线图及线路相序标志牌一致，则认为合格；如果没有，查清结果。

绝缘电阻的测定也是采用绝缘电阻表测量，分别测量相对地及相间的电阻值。

直流电阻的测量采用电桥法，电抗的测量需要电压表、电流表、功率表、380V 交流电源，电容和电纳的测量需要电压表、电流表、380V 交流电源、变压器，电流互感器、电压互感器等。

2. 加压试验和试运行的条件

(1) 试运行及线路维护人员均已配齐，试运行指挥组已将试运行方案向参加试运行人员说明清楚。

(2) 线路保护（包括通道）和自动装置已具备投入条件。

(3) 线路无人登杆作业且在危险区距离内的一切作业已停止，并已做好试运行前的检查维护工作。

(4) 线路上的障碍物与所有临时接地线已全部拆除。

(5) 线路杆塔号、相位等标志齐全，有碍安全运行的问题已处理完毕。

3. 试运行

线路参数测试合格后，对线路进行三次冲击合闸，冲击合闸满足条件后，以线路额定电压带负荷试运行 24h，500kV 运行 72h。试运行良好即可投产送电，投产前须移交全部竣工资料。

思考与练习

1. 准备工作主要包括哪几部分？
2. 施工组织设计的内容是什么？
3. 线路电气参数测试包括哪几项？

施 工 测 量

本单元主要内容：经纬仪的结构和使用方法，水平角度的测量、竖直角测量和距离测量，复测分坑包括复测的项目和标准，双杆基础分坑，正方形铁塔基础分坑，矩形铁塔基础分坑，转角塔基础分坑。

课题一 经纬仪结构和角度测量

学习目标

1. 能说出经纬仪的结构
2. 知道如何用经纬仪测量角度

知识点

1. 经纬仪的结构
2. 水平角的测量
3. 竖直角度的测量

技能点

掌握水平角、竖直角度的测量方法

学习内容

经纬仪的结构、使用，用经纬仪测量水平角、竖直角度的方法。

一、经纬仪结构

经纬仪分光学经纬仪（见图 2-1）和电子经纬仪（见图 2-2）两大类。光学经纬仪按测角精度，分为 DJ07、DJ1、DJ2、DJ6 和 DJ15 等不同级别。其中“DJ”分别为“大地测量”和“经纬仪”的汉字拼音第一个字母，下标数字 07、1、2、6、15 表示仪器的精度等级，即“一测回方向观测中误差的秒数”。在此主要介绍光学经纬仪的构造，电子经纬仪的工作原理和光学经纬仪的工作原理一样，只是读数装置有区别，电子经纬仪用微机控制的电子测角系统代替了光学读数系统。在此

对电子经纬仪的构造和使用方法不作讲解，电子经纬仪配备有使用说明书，并且使用方法也和光学经纬仪一样，只是读数方法不同而已。下面以 DJ6 光学经纬仪对光学经纬仪的构造进行说明。

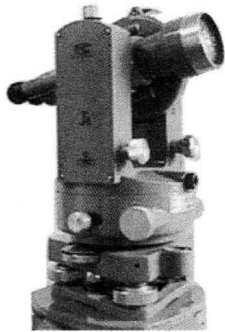


图 2-1 光学经纬仪



图 2-2 电子经纬仪

光学经纬仪主要由照准部、水平度盘和基座构成，如图 2-3 所示。

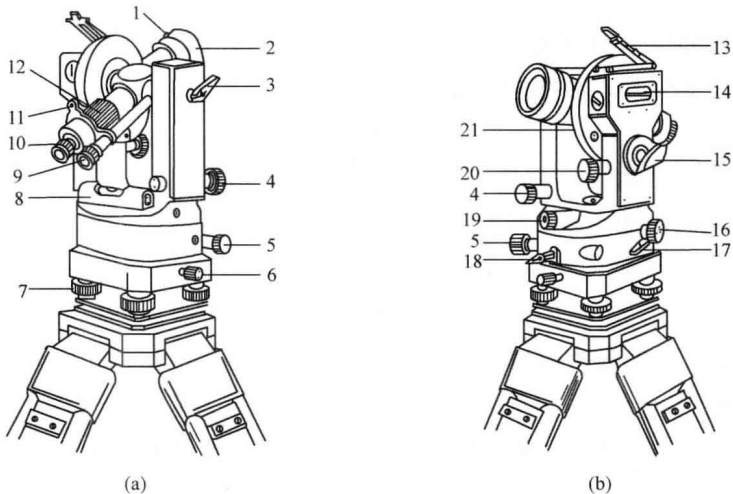


图 2-3 DJ6 光学经纬仪前视图和后视图

- 1—准星；2—望远镜物镜；3—望远镜制动螺旋；4—望远镜微动螺旋；5—水平微动螺旋；6—轴套固定螺旋；
7—脚螺旋；8—照准部水准管；9—读数显微镜；10—望远镜目镜；11—照门；12—物镜调焦螺旋；
13—竖盘水准管反光镜；14—竖盘水准管；15—反光镜；16—度盘变换手轮；17—保险手柄；
18—水平制动螺旋；19—光学对中器目镜；20—竖盘水准管手动螺旋；21—竖盘外壳

1. 照准部

照准部主要包括望远镜（用于瞄准目标，由物镜、目镜、调焦透镜、十字丝分