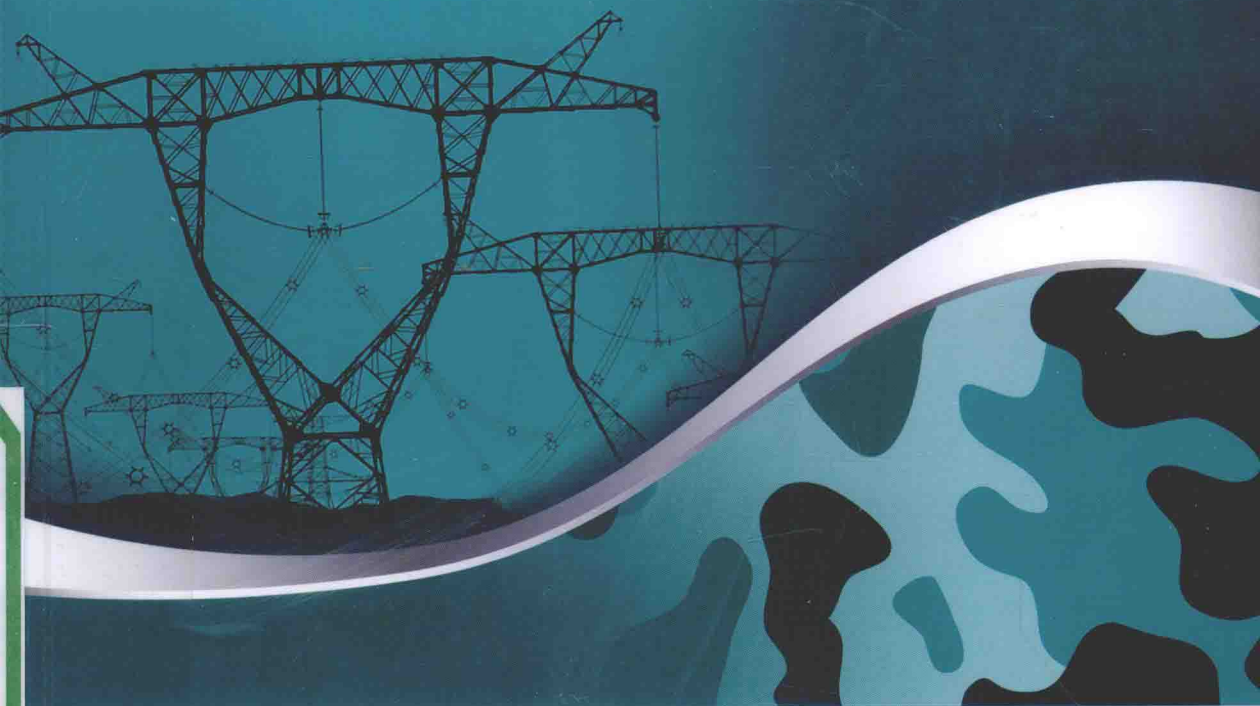




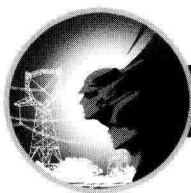
电力企业复转军人培训系列教材

# 输电线路

电力企业复转军人培训系列教材编委会 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电力企业复转军人培训系列教材

# 输电线路

电力企业复转军人培训系列教材编委会 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

目前,电力系统复转军人众多,如何加强引导复转军人的成长和成才,对于提升整个电力企业职工整体素质影响重大,《电力企业复转军人培训系列教材》针对已经入职和新入职青年军人的整体情况,以培养、提高复转军人的技术能力和技能操作能力为目的,按照《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》规定的各职业能力描述等级要求的培训内容而编写,内容通俗易懂,实用性强。

本系列培训教材共包括15册,本书为《输电线路》分册。针对复转军人的基础知识情况,按照《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》规定的各职业能力描述I级要求培训内容而编写,主要内容有输电线路结构及施工流程、基础施工、常用施工工具、杆塔组立、架线施工、接地装置施工、施工质量检查验收、500kV以上线路施工、高压电力电缆头制作和安装、输电线路运行、输电线路检修。在每章后酌情附有一定数量的练习题。最后还附有与职业技能鉴定相适应的技能操作题。

本书适用于电力企业复转军人,同时可供相关专业技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

输电线路/电力企业复转军人培训系列教材编委会编. —北京:中国电力出版社,2015.7

电力企业复转军人培训系列教材

ISBN 978-7-5123-7206-1

I. ①输… II. ①电… III. ①输电线路—技术培训—教材 IV. ①TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第027779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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2015年7月第一版 2015年7月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 19印张 334千字

印数0001—1500册 定价45.00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

## 《电力企业复转军人培训系列教材》

### 编 审 委 员 会

主 任	王凤祥				
副 主 任	梁德勇	薛 凯	马明洋	穆炳刚	杨立新
	李 欣				
委 员	高艳华	于万祥	王秋波	王雅民	李 平
	卢心海	康炳杰	朱明利	孙兴成	隋凤国
	赵雪明	宋凯军	郎培明	王金笙	
主 审	薛 凯				
副 主 审	李 欣				
审核人员	孙兴成	隋凤国	李铁滨	卢心海	何 莉
	段林英	张 莉	张宝全	王金笙	
主 编	王金笙				
编写人员	李铁滨	贾建夫	刘月君	赵光艳	孙建民
	王 玲	何 莉	张宝全	张 军	杨 松
	宋嘉鹏	王秀明	胡忠国	杨德平	田莉华
	张 莉	宋凯军	李井阳	胡文琦	肖洪光
	焦日升	强红梅	高 伟	李鸿博	刘春辉
	郭红军	张万蓉	贾 艳	李 楠	王 野
	安昕洋	韩晓男	林逢春	许晓辉	郝大旭

## 《输电线路》编审人员

编写人员 孙建民 王秀明 杨德平 郝大旭 张 硕

赵 亮

审核人员 薛 凯 隋凤国 王金笙 王秀明



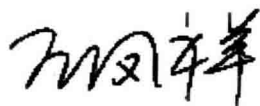
# 序

得到《电力企业复转军人培训系列教材》即将出版的消息，确实令人高兴。一批致力于电力企业复转军人培训事业的教师和专业人员经过两年多的努力，成就了一套专门针对电力企业复转军人培训的系列教材，是电力系统实施人才强企，努力提高员工素质过程中的一项开拓性工作。

离开部队进入电力企业工作的复转军人是一个特殊的群体，部队经历练就了他们坚强的意志、钢铁的纪律和不屈不挠的精神，但面对电力企业高技术技能的要求，他们急需学习，弥补短板，尽快地适应岗位要求。

多年来，针对如何更有效地开展好复转军人岗前培训，各地电力企业的培训机构都进行了大量的探索和实践，积累了丰富的经验，成效显著，很多复转军人已经成为电力企业一线岗位的骨干力量。复转军人的培训方式和培训内容不同于任何学历教育，针对性和实效性更为重要，技术技能的掌握更为关键。培训过程中，各地培训机构都要编写一些参考资料发给大家，但一直没有系统全面的培训教材。今天，这种局面即将被打破了，两年前成立的电力企业复转军人培训系列教材编审委员会经过不懈的努力，编写工作即将收关，推出成果。这支编审团队由长期工作在电力企业员工培训一线的教师和专业技术人员组成，具有丰富的培训经验和教材编写经验，他们当中的许多人出版过大学、中专、技校教材和电力企业员工岗位培训教材，特别是该系列教材的主编王金笙老师先后主编过由原国家劳动和社会保障部、中国电力企业联合会组织出版的《国家职业标准 农网配电营业工》、《职业技能鉴定指导书 变压器检修工》、《农网配电营业技师培训教材》等多本教材，经验丰富，功底深厚。我们有理由相信，这样一

支团队量身订做打造出的系列教材一定会符合复转军人岗前培训需要，系列教材的出版发行，必将为电力企业开展复转军人岗前培训提供极大帮助和便利。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王晋堂' (Wang Jintang). The characters are stylized and written in a cursive script.

2011年11月于长春

# 前 言

多年来, 各省电力系统复转军人的培训一直缺少一套系列培训教材, 严重影响了教育培训质量。为此, 在国家电网公司的支持下, 电力企业复转军人培训系列教材编委会组织部分专家和教师编写了此系列教材。系列教材包括《数学》、《计算机应用》、《电气识绘图》、《电工基础知识》、《电工基本技能》、《低压电器和内线安装》、《高压电器》、《变压器和电动机》、《变电站运行》、《电能计量》、《电力营销》、《电力线路基础知识》、《配电线路》、《输电线路》、《电力安全》。

在编写这套系列教材时, 力求体现以下原则:

(1) 通俗性。考虑复转军人的知识结构, 在教材编写过程中力求复杂问题简单化, 难深语言通俗化。

(2) 针对性。针对复转军人将要从事的工作岗位, 以技能培训为主, 理论满足技能训练为度, 依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》各工种的能力描述 I 级要求的培训内容编写。

(3) 实用性。针对复转军人将要参加的实际工作, 组织编写内容。教材各章后酌情附有与之内容相配套、题型与职业技能鉴定要求相一致、适用于鉴定考核的标准试题及答案, 便于组合成试卷。

(4) 广泛性。编者主要来自复转军人培训一线的专家和教师, 有多年复转军人培训的经验, 掌握生产现场对复转军人的技能需求情况。在教材编写过程中, 编者曾多次到一些省、市电力系统培训中心和供电企业进行了广泛深入的调研, 编写思路突破了地域界限, 尽可能地考虑了各省、市电力企业的可用性。

一本好的教材, 在人才培养方面的作用是难以估量的。真诚地希望得到电力企业广大读者的关心和支持, 并及时将此系列教材在使用中遇到的问题



和改进意见反馈给编者，以供修订时参考。

本系列教材在编写过程中，得到了各省、市电力培训中心和从事职业技能鉴定工作同行们的大力支持和帮助，在此一并致谢！

编 者

2011年8月于长春

# 目 录

序

前言

<b>第一章 输电线路结构及施工流程</b> .....	1
第一节 输电线路作用及分类.....	1
第二节 架空输电线路结构.....	2
第三节 输电线路施工工艺流程.....	3
练习题.....	5
<b>第二章 基础施工</b> .....	7
第一节 土壤的力学性质及分类.....	7
第二节 基坑开挖.....	8
第三节 混凝土材料.....	11
第四节 现浇混凝土施工.....	16
第五节 钢筋混凝土电杆基础安装.....	20
练习题.....	25
<b>第三章 常用施工工具</b> .....	29
第一节 绳索.....	29
第二节 卡具.....	34
第三节 抱杆.....	38
第四节 滑车及滑车组.....	45
第五节 牵引绞磨.....	52
第六节 收紧器具.....	57
第七节 地锚和桩锚.....	60
练习题.....	61
<b>第四章 杆塔组立</b> .....	64
第一节 整体起立电杆施工设计.....	64

第二节	现场施工布置及要求	68
第三节	施工布置图	74
第四节	立杆操作程序及安全要点	75
第五节	铁塔分解组立	79
第六节	汽车吊立杆	82
	练习题	84
<b>第五章 架线施工</b>		<b>89</b>
第一节	放线前的工作	89
第二节	导线和避雷线展放	96
第三节	导线和避雷线连接	99
第四节	紧线施工	106
第五节	附件安装	110
	练习题	117
<b>第六章 接地装置施工</b>		<b>121</b>
第一节	接地装置	121
第二节	接地装置施工	126
第三节	接地电阻测量	128
第四节	土壤电阻率的测量	131
	练习题	133
<b>第七章 施工质量检查验收</b>		<b>135</b>
	练习题	138
<b>第八章 500kV 以上线路施工</b>		<b>139</b>
第一节	500kV 以上线路的杆塔施工	139
第二节	张力放线	146
第三节	紧线平衡挂线和附件安装	165
	练习题	178
<b>第九章 高压电力电缆头制作和安装</b>		<b>181</b>
第一节	高压电力电缆附件	181
第二节	110kV 电缆终端头制作及安装	187
第三节	110kV 电缆中接头制作	193

第四节	110kV 电缆接头安装	196
第五节	220kV 终端头制作	202
第六节	220kV 电缆终端头安装	207
第七节	220kV 电缆中接头制作	214
第八节	220kV 电缆中接头安装	216
	练习题	217
<hr/>		
<b>第十章</b>	<b>输电线路运行</b>	<b>220</b>
第一节	输电线路的巡视	220
第二节	输电线路防污	225
第三节	运行线路的测试和检查	228
	练习题	236
<hr/>		
<b>第十一章</b>	<b>输电线路检修</b>	<b>239</b>
第一节	输电线路检修的分类	239
第二节	输电线路检修的组织措施	242
第三节	输电线路检修的安全措施	246
第四节	电力线路检修操作	250
	练习题	264
<hr/>		
<b>附录</b>	<b>常用的职业技能鉴定技能操作试题</b>	<b>266</b>
<hr/>		
<b>参考文献</b>		<b>292</b>



## 第一章

# 输电线路结构及施工流程

## 第一节 输电线路作用及分类

### 一、输电线路作用

地球上的煤、石油和江河水等动力资源是分散在各地的，通常远离电力负荷中心。火力发电厂可以建在能源基地，也可以建在负荷中心附近，这取决于远距离输电经济性与运送燃料经济性的比较。一座 300 万 kW 的燃煤发电厂，其年耗原煤 1500 万~2000 万 t，若将其建在负荷中心附近，则其所耗原煤的年运输量将超过一条铁路专用线的年运输量，此外，负荷中心往往是人口密集区，这么多原煤燃烧会产生严重的环境污染。因此，从技术、经济 and 环境污染等方面比较，现代化的大型火力发电厂均应建在能源基地，水力发电厂则只能建在水力资源处。这些电厂发出的电能需要通过输电线路向负荷中心输送。

发电厂、输电线路、升降压变电站及配电设备和用电设备构成电力系统。为了减少系统备用容量，错开高峰负荷，实现跨区域跨流域调节，增强系统的稳定性，提高抗冲击负荷的能力，在电力系统之间采用高压输电线路进行联络（联网）。电力系统联网，既提高了系统的安全性、可靠性和稳定性，又可实现经济调度，使各种能源得到充分利用。起系统联络作用的输电线路可进行电能的双向传输，实现系统间的电能交换和调节。

输电线路的任务就是输送电能，联络各发电厂、变电站并列运行，实现电力系统联网。高压输电线路是电力工业的大动脉，是电力系统的重要组成部分。

### 二、输电线路分类

输送电能的线路统称为电力线路。电力线路有输（送）电线路和配电线路之分。由发电厂向电力负荷中心输送电能的线路以及电力系统之间的联络线路称为输（送）电线路，由电力负荷中心向各个电力用户分配电能的线路称为配电线路。

一般地, 输送电能容量越大, 线路采用的电压等级就越高。相邻的电压等级通常相差 2~3 倍。目前我国输电线路的电压等级有 35、(60) 66、110、220、330、500、750、1000kV。采用超高压输电, 可有效地减少线路电能损耗, 降低线路单位造价, 少占耕地, 使线路走廊得到充分利用。目前国外输电线路的电压等级已达到 1150kV。

输电线路按结构特点分为架空线路和电缆线路。架空线路由于结构简单、施工简便、建设费用低、施工周期短、检修维护方便、技术要求较低等优点, 得到广泛的使用。电缆线路受外界环境因素影响小, 但需用特殊加工的电力电缆, 费用高, 施工及运行检修的技术要求高, 目前仅用于城市居民稠密区和跨海输电等特殊情况。

输电线路按电流性质分为交流和直流线路。最常见的是三相交流线路。与交流线路相比, 在输送相同功率的情况下, 直流线路需要的投资较少, 主要材料消耗低, 线路的走廊宽度较小, 作为两个电网的联络线, 改变传送方向迅速方便, 可以实现相同频率甚至不同频率交流系统之间的不同步联系, 能降低主干线及电网间的短路电流。随着换流技术的不断完善和换流站造价的降低, 超高压直流输电具有广泛的应用前景。

架空输电线路按杆塔上的回路数目分为单回路、双回路和多回路线路。除地线(避雷线)外, 单回路杆塔上仅有一回三相导线, 双回路杆塔上有两回三相导线, 多回路杆塔上有三回及以上的三相导线。

## 第二节 架空输电线路结构

架空输电线路由导线、避雷线(或架空地线)、金具、绝缘子、杆塔、拉线和基础及接地装置组成, 如图 1-1、图 1-2 所示。

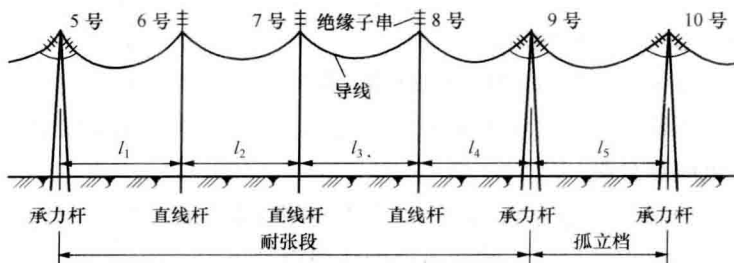


图 1-1 架空输电线路示意图

(1) 导线。导线的作用是传输电流、输送功率。

(2) 避雷线(架空地线)。避雷线架设在导线上方,当遭受雷击时,把雷电流传输至大地,保证线路安全送电。随着通信技术的发展,出现了架空地线复合光缆(OPGW),将防雷与通信两个功能集合在架空地线上。这样输电线路架空地线既有复合光缆(OPGW),又有铝包钢线(良导体),还有普通钢绞线。

(3) 绝缘子。绝缘子的作用是支持悬挂和绝缘。

(4) 金具。金具的作用是连接固定,分为线夹、连接金具、接续金具、保护金具、拉线金具。

(5) 杆塔。杆塔的作用是支持导线、避雷线和其他附件。

(6) 拉线和基础。其作用是保证线路、杆塔稳定。

(7) 接地装置。接地装置埋设于土壤中,它是指与每基杆塔的避雷线及杆塔有可靠连接的金属装置。

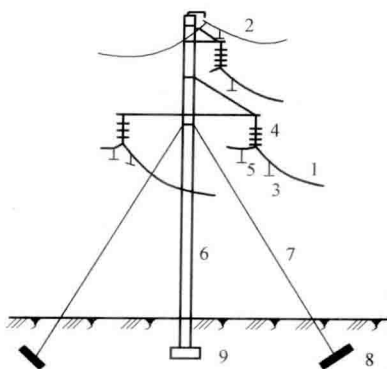


图 1-2 输电线路组成元件

1—导线; 2—避雷线; 3—防振锤; 4—绝缘子; 5—线夹;

6—杆塔; 7—拉线; 8—拉线盘; 9—底盘

### 第三节 输电线路施工工艺流程

输电线路的施工工艺流程,通常依施工先后次序分为选线勘测、定位分坑、运输、基础施工、排杆焊接、组立杆塔、整杆、架线、接地、验收等阶段。

#### 1. 选线勘测

选择的对线路的走向是否经济合理有很大关系,要以设计、施工、运行三结合方式,到现场实地勘查,以选择最佳方案,然后进行勘测工作,包括测量定线和搜集沿线有关资料,如运输道路、码头、河道是否可用,沿线农村村屯有无规划用地、与线路有无矛盾等,后者尤为重要。必要时应与有关单位签订施工协议。

如工程由专职设计单位负责设计,则选线勘测工作应由设计部门负责。

#### 2. 定位分坑

线路施工前必须先根据已确定的线路桩位和平、断面图等资料,进行现场定

位。现场定位是最终确定杆位的过程，杆位确定以后，才能继续进行分坑、挖土等工序。

定位时用桩钉出主桩与副桩。分坑是根据施工要求或施工图纸所示尺寸，依照主、副桩所表示的位置，在地面上标出挖坑的范围，交给挖坑人员开挖。

### 3. 运输

运输是指将杆塔、线材、金具、绝缘子等材料，从材料仓库运到施工杆位的中、小运输，此项任务工作量较大。运输工作的及早顺利完成，对整个工程的施工进度有很大影响。如果运输调度不当，就会发生停工待料的窝工情况。

### 4. 基础施工

基础施工包括挖坑和埋放预制底盘、拉盘，或现场浇制混凝土基础。此项施工属于隐蔽工程，如有偏差或不符合要求，将影响立杆塔质量，甚至在运行后可能发生倒杆塔的严重事故。故需严格保证质量，做好施工记录，以便检查。

### 5. 排杆焊接

当采用整根制造的混凝土杆时，不需要焊接，只需将杆排正到立杆起吊位置即可。分段制造的混凝土杆，必须在施工现场焊接成所要求的长度。

焊接前的排杆是将两段及以上的混凝土杆，按要求在地面上排直。在将杆身垫平垫实后，方可焊接。

### 6. 组立杆塔

这是线路施工中的一道主要工序。有整体起立和分解组立两种基本方式。分解组立的杆塔，可以先部分组装，也可以边组装边起吊；整体起立的杆塔多在起立前进行地面组装。因此施工小组也可根据需要分成组装和立杆塔两个小组，分别进行施工。

### 7. 整杆

杆塔组立以后，有可能由于组立时的误差，或者拉线地锚走动、埋土未夯实、基础下沉等原因，导致杆身倾斜或横担扭歪等，这在架线前纠正较易，因此应在架线前逐基进行一次检查扶正。同时调整杆塔上的装置，包括紧螺丝部件等，以确保施工质量。

### 8. 架线

架线包括导、地线的放线、紧线及附件安装。放线前应先做好准备工作，如搁起线盘，每基杆塔悬挂放线滑车，调整耐张杆的拉线和加补强拉线，搭交叉跨越的越线架，紧线工具和导、地线连接工具的准备等。

架线工作也包括导、地线展放，紧线及附件安装，耐张杆塔跳线连接。



## 9. 接地

接地装置的施工,包括埋设接地钢带或其他接地设施,测量接地电阻值,将架空地线引下线与地下接地设施连接。

## 10. 验收

施工全面结束,应经过一定的验收手续,并具备详细的施工记录和竣工图纸。经验收合格,才能进行其他电气试验,最后投入运行。

以上过程,基本上是循序施工的连续作业。工程开工前,应有全面的施工进度、材料运输进度和劳动力安排计划。各工序必须紧密衔接,互相配合。

## 练 习 题

### 一、选择题

- 送电线路的电压等级是指线路的 ( B )。
  - 相电压
  - 线电压
  - 线路总电压
  - 端电压
- 直流高压送电线路和交流高压送电线路的能量损耗相比 ( D )。
  - 无法确定
  - 交流损耗小
  - 两种损耗一样
  - 直流损耗小
- 直流高压送电和交流高压送电的线路走廊相比 ( A )。
  - 直流走廊较窄
  - 交流走廊较窄
  - 两种走廊同样
  - 直流走廊要求高
- 终勘工作应在初勘工作完成, ( C ) 定性后进行。
  - 施工图设计
  - 设计
  - 初步设计
  - 室内选线
- 线路电杆在运输过程中的要求是 ( C )。
  - 放置平衡
  - 不宜堆压
  - 必须捆绑牢固、放置平稳
  - 小心轻放、防止曝晒
- 在线路两边规定测绘范围内的村庄、房屋、高地、池塘等在进行平面测量时,要求 ( D )。
  - 主要的要测绘
  - 立杆的地方要测绘
  - 影响施工的要测绘
  - 全部测绘

### 二、判断题

- 电力网包括电力系统中的所有变电设备及不同电压等级的线路。 ( √ )
- 超高压直流输电能进行不同频率交流电网之间的联络。 ( √ )