

供电企业生产技能人员实训教材

电力电缆运检

国网河北省电力公司 组编

GONGDIANQIYE
SHENGCHAN JINENG RENYUAN
SHIXUN JIAOCAI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

供电企业生产技能人员实训教材

电力电缆运检

国网河北省电力公司 组编



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为加强供电企业岗位培训的基础建设,提高培训针对性和实效性,根据公司精益化管理、标准化建设的工作要求,以规范、规程和生产作业指导书为依据,国网河北省电力公司组织直属各供电公司、检修分公司、培训中心的专家编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(共18本)。

本书为《电力电缆运检》,主要内容包括电力电缆基础知识、电力电缆专业基本技能、电力电缆敷设基础知识、电力电缆试验与故障测寻、电力电缆运行维护、电力电缆敷设、电力电缆附件制作、电力电缆试验、电力电缆故障测寻、电缆定相、电缆路径探测和鉴别等。

本书可供供电企业电力电缆运检技能、管理人员使用,也可作为提高电力电缆运检岗位人员工作能力的培训用书,还可作为电力职业院校教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电力电缆运检 / 国网河北省电力公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2015.10

供电企业生产技能人员实训教材

ISBN 978-7-5123-5174-5

I. ①电… II. ①国… III. ①电力电缆-技术培训-教材 IV. ①TM247

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 268733 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015年10月第一版 2015年10月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 13.5印张 253千字

定价 36.00 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

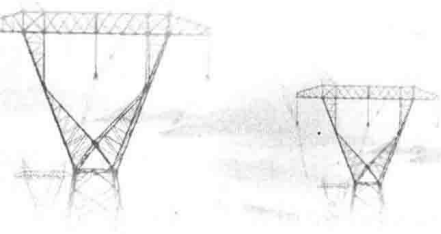
版权专有 翻印必究

供电企业生产技能人员实训教材 电力电缆运检

编 委 会

主	任	刘克俭			
副	主	任	董双武	苑立国	
成	员	赵 宁	侯书其	齐向党	王向东
		倪广德	赵立刚		

编审组组长	赵 宁	齐向党			
副 组 长	侯书其	王向东	倪广德	赵立刚	
主 编	孙 钊				
主 审	张智远				
成 员	王慧明	贾有为	韩卫星	祝晓辉	
	路 明	王 民	王 宁	陈铁雷	
	吕云飞	郜向军	焦淑萍	杨军强	



序

国家电网公司董事长刘振亚曾经说过：“在改革发展的关键时期和攻坚克难的考验面前，能不能勇担责任、战胜挑战，完成好各项任务，根本要靠高素质的干部员工队伍。”从某种意义上讲，人才是企业的发展之基、转型之要、跨越之本。作为现代化国有特大型企业，必须从发展的视角、战略的高度充分认识人才培养在企业发展中的地位和作用。

国家电网公司“三集五大”体系建设进一步深化，特高压电网进入全面大规模建设阶段，河北省产业调整、产业升级、生态建设同步推进，长远来看电力需求将稳步增长，对电网发展提出更高要求。只有持续提高电网安全运行水平，才能切实担负起服务京津冀协同发展、促进产业转型、服务保障民生的重任。电网生产技能人员是电网企业安全生产的基础，如何培养出一支满足公司发展和电网发展需要的生产技能人才队伍是当前乃至以后较长一个时期的重大课题。

近年来，河北公司以岗位核心技能为重点，以高技能人才队伍建设为抓手，以考试考核为手段，大力开展全员培训取得了明显效果。同时由于培训、竞赛、调考力度的加大，也暴露出了课程教材题库等基础建设的薄弱，由于缺乏长期、统一和规范的教材开发体系，培训教材普遍存在偏重理论知识、技能操作内容较少、针对性差、实用性低的问题，特别是针对高技能人才培训的教材数量尚少，无法满足公司发展对员工

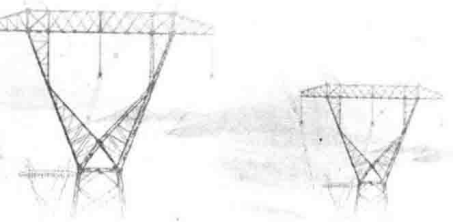
岗位能力不断提高的要求。

本着“干什么练什么，缺什么学什么”的目的，公司提出以科学发展观为指导，紧密结合现场实际操作要求，以技能训练为核心，以规范、规程、作业指导书为依据，以实训室设备设施为基础，在保证知识够用、技能必备的基础上，重点突出实用性、针对性、典型性，组织公司本部专业处室、培训中心、基层单位 18 个专业 115 名专家，在全面收集、分析、筛选现有技能培训教材和现场作业项目，借鉴优秀培训教材的基础上，结合生产一线岗位技能培训的实际需要，编制完成了《供电企业生产技能人员实训教材》。

《供电企业生产技能人员实训教材》共计 18 分册，涵盖了供电企业 16 个专业职种。以技能训练为主线，结合现场使用的《电力生产标准化作业指导书》、《操作导则》等技能操作规范，与各职种现场设备、技术手段、标准化作业程序同步。本教材可用于实训操作训练指导，亦可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

我们相信，在众多专家的共同努力和广大生产技能人员的支持下，实训教材体系将日趋完善，电网生产技能人员综合能力会日渐提高，企业安全生产根基将持续夯实，建设世界一流电网、国际一流企业的目标将不再遥远。真诚希望本书能够为您带来帮助。

苑立国
2015 年 2 月



前言

为满足供电企业一线员工现场培训需求,加强供电企业生产技能岗位培训的基础建设,推动生产作业标准化,国网河北省电力公司选择 18 个专业(工种),编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(简称《实训教材》)。《实训教材》由国网河北省电力公司一线生产专家编写,省公司组织专业审核把关,并由经验丰富的技术专家担任主审,经省公司组织试用、研讨、反复修改后成稿。

《实训教材》紧密结合现场实际操作要求,以技能训练为核心,以供电企业技术规范、规程、作业指导书为依据,突出教材可操作性、实用性、针对性和典型性。在内容定位上,以专业技能为重点,突出标准化作业,规范作业行为。在编写模式上,各专业(工种)实训指导教材不分层级,要求受训人员均按规范的、标准的作业要求完成实训项目,以操作流程为主线,相关知识和技能有限度展开,由浅入深。在使用功能上,直接用于实训室操作训练指导,并可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

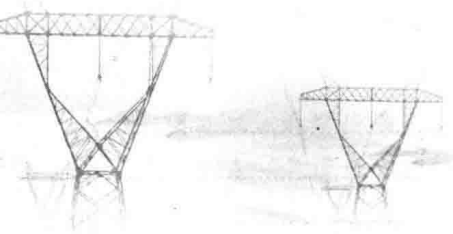
本书为《电力电缆运检》,重点介绍电力电缆基础知识、基本技能、敷设基础知识、试验与故障测寻、运行维护等内容。同时本书对当前应用的新技术予以介绍,引用标准、规范力求最新。本书每章内容后面附带小结和思考练习题,针对实训给出项目评分细则,便于读者掌握重点内容和培训考核使用。本书最大程度地力求内容与实际紧密结合,理论与实际操作并重。

本书由孙钊任主编,由张智远主审。由王慧明、贾有为、韩卫星、祝晓辉、路明参编。

本书对供电企业电力电缆运检岗位技能培训有较强的指导作用,也可给现场技术人员流程研究和优化提供参考,由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免存在疏漏或不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2015 年 2 月



目 录

序 前言

第一篇 实训概要

第一章 电力电缆基础知识	3
第一节 电力电缆作用和特点	3
第二节 电力电缆种类及型号	4
第三节 电力电缆结构	8
第四节 电缆附件基本知识	12
第二章 电力电缆专业基本技能	20
第一节 电工操作	20
第二节 钳工操作	22
第三节 起重和搬运	30
第四节 识图和绘图	33
第五节 电缆工基本操作	36
第三章 电力电缆敷设基础知识	48
第一节 电缆运输与保管	48
第二节 敷设施工机械与工器具	49
第三节 电缆敷设方式	53
第四章 电力电缆试验与故障测寻	63
第一节 电力电缆试验	63

第二节	电缆故障测寻	67
第三节	电缆路径探测	85
第四节	电缆鉴别	90
第五节	电缆定相	94

第五章 电力电缆运行维护 97

第一节	电缆线路运维内容和要求	97
第二节	电缆线路工程验收	104

第二篇 实训项目 (评分细则)

第六章 电力电缆敷设 115

项目一	电力电缆敷设	115
-----	--------	-----

第七章 电力电缆附件制作 119

项目一	10kV 交联电缆的剥切处理	119
项目二	35kV 单芯交联电缆的剥切处理	130
项目三	110kV 交联电缆剥切处理	135
项目四	110kV 电缆铝护套搪铅操作	141
项目五	35kV 及以下三芯交联电缆热缩终端制作	145
项目六	35kV 及以下三芯交联电缆冷缩终端头制作	152
项目七	10kV 三芯交联电缆插拔终端头制作	157
项目八	35kV 及以下三芯交联电缆热缩中间头制作	162
项目九	35kV 及以下三芯交联电缆冷缩接头制作	167

第八章 电力电缆试验 173

项目一	测量绝缘电阻	173
项目二	直流耐压试验	175
项目三	0.1Hz 超低频试验	178
项目四	交流变频谐振试验	182

第九章 电力电缆故障测寻 187

项目一	电缆故障性质判断	187
-----	----------	-----

项目二 电缆故障点的预定位	189
项目三 电缆故障的精确定点	191

第十章 电缆定相	194
----------------	-----

项目一 电缆不带电定相	194
项目二 电缆带电核相	196

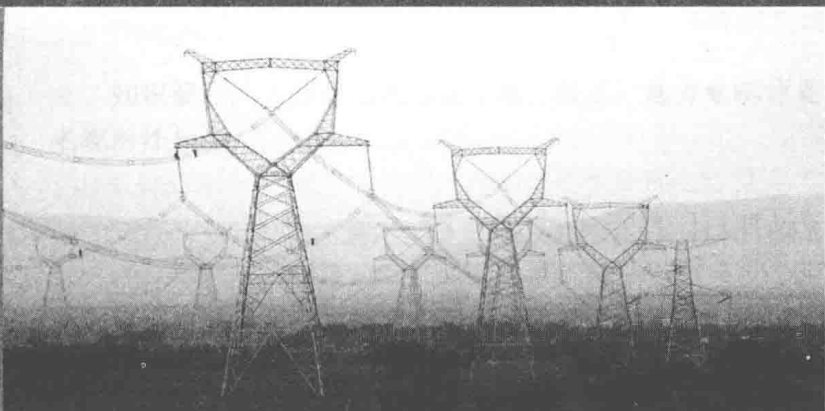
第十一章 电缆路径探测和鉴别	199
----------------------	-----

项目一 电缆路径探测	199
项目二 电缆鉴别	200

参考文献	203
------------	-----

供电企业生产技能人员实训教材

电力电缆运检



第一篇

实训概要

第一章

电力电缆基础知识

知识要点：电力电缆线路的作用、特点，电力电缆种类、型号、基本结构以及电缆附件知识。

第一节 电力电缆作用和特点

电力电缆是在电力系统中用于传输和分配电能的电力设备。电力电缆经常用作发电厂、变电站以及工矿企业的动力引入和引出线，当电力线路需跨越江河、铁路、公路等时也常用电缆线路；而随着城市发展，为了美化环境减少线路走廊用地，很多国家已将电力电缆用作城市的输配电线路。

电力电缆线路是除了架空线路之外另一种传输电能的途径。架空线路是裸导线或绝缘导线架空敷设，靠绝缘子实现电气绝缘和机械固定。电力电缆的结构比架空线复杂，它除了有电缆线芯（导体）外，还具有能承受电网电压的绝缘层，以及包覆在绝缘层上，使其长期保持绝缘性能的保护层。电压等级稍高的电缆其导体外和绝缘层外，还有用导电或金属材料制成的屏蔽层。电力电缆线路也有架空敷设的，但一般都是采用直埋于地下（水下）或敷设于排管、沟道、隧道中。

电力电缆线路与架空线路相比较，具有如下优点：

- (1) 不易受周围环境和污染的影响，供电可靠性高。
- (2) 线间绝缘距离小，占地少，同一通道可以敷设多条电缆。
- (3) 地下敷设时，不占地面空间，既安全可靠，又不易暴露目标。
- (4) 分布电容大，有利于提高电力系统功率因数。
- (5) 与架空线相比，受雷击可能性小。
- (6) 维护工作量小。
- (7) 有利于美化环境。

因此，在城镇市区人口稠密，大型工厂、发电厂、交通拥挤区、电力线路交叉区等要求占地面积小，安全可靠，减少电网对交通运输、城市建设影响的地方，一般多采用电缆供电；在严重污染区，为了提高输送电能的可靠性，多采用电缆线路；

对于跨度大,不宜架设架空线的过江、过河线路,或为了避免架空线路对船舶通航或无线电干扰,也多采用电缆;有的国防与军事工程,为了避免暴露目标而采用电缆,也有的因建筑与美观的需要而采用电缆。

电力电缆线路具有上述优点,但也存在着不足之处:

- (1) 电力电缆线路比架空线路成本高,一次性投资费用高出架空线路几倍或十几倍。从经济性考虑,一般能用架空线路而不用电缆线路。
- (2) 电缆线路建成后不容易改变,分支也很困难。
- (3) 电缆故障测寻与维修较难,需要具有较高专业技术水平的人员来操作。

第二节 电力电缆种类及型号

一、电力电缆种类

(一) 电力电缆分类

电力电缆分类的方法很多,常用的主要有:

- (1) 按电压等级分类,有 1、2、6、10、35、66、110、220、330、500kV 等几类。
- (2) 按线芯数量分类,有单芯、两芯、三芯、四芯、五芯以上之分。
- (3) 按绝缘材料不同分类,有油浸纸绝缘电缆和挤包绝缘电缆,挤包绝缘电缆包括:聚氯乙烯绝缘电缆、聚乙烯绝缘电缆、交联聚乙烯绝缘电缆、橡胶绝缘电缆。
- (4) 按电缆结构分类,有统包型和分包型两种。以前使用的三芯油纸绝缘电缆统包型较多;现在广泛使用的三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆都采用分包型,即:在三相线芯绝缘层的外表面都有半导体层和铜带屏蔽层。

(二) 电缆绝缘材料特点

1. 油纸绝缘

油纸绝缘是电缆纸和浸渍剂复合绝缘材料。把电缆纸切成 5~25mm 宽的纸带,螺旋式地绕包在导体上。将绕包好的电缆纸带经过干燥处理,排去吸附在纸表面和纤维素表面毛细管的水分,而后用油类绝缘剂进行真空浸渍处理,形成油纸复合绝缘结构。

2. 挤包绝缘

(1) 交联聚乙烯绝缘(XLPE)。交联聚乙烯这一名称来源于其制造过程。即它是利用物理的方法(如用高能粒子射线辐照)或者化学的方法(如加入过氧化学交联剂或用硅烷接枝等)来夺取聚乙烯中的氢原子,形成带有活性基的聚乙烯分子,使原来线型结构的聚乙烯经交联反应成为三维网状结构的交联聚乙烯,从而使材料

的电气性能、耐热性能、耐老化性能和机械性能得到明显提高。它的长期允许工作温度可达 90°C ，允许过载温度为 $105\sim 130^{\circ}\text{C}$ ，允许短路温度为 250°C 。

(2) 聚氯乙烯 (PVC)。它是以聚氯乙烯树脂为主要原料，加入各类配合剂，如增塑剂、稳定剂、填充剂等经混合塑化、造粒而制得聚氯乙烯塑料。聚氯乙烯的电气性能和机械强度都较好，具有耐酸、耐碱和耐油性能。不延燃，工艺性能也较好。缺点是耐热性能较低，绝缘电阻率小，介质损耗大，只能用于 6kV 及以下的电缆绝缘。

(3) 聚乙烯 (PE)。它是由乙烯或乙烯与少量 α -烯烃共聚合而制得的高聚物。聚乙烯按其密度分类，有低密度聚乙烯 (LDPE)，中密度聚乙烯 (MDPE) 和高密度聚乙烯 (HDPE)。根据分子量的大小，聚乙烯可以分为高分子量聚乙烯和低分子量聚乙烯。高分子聚乙烯具有较好的物理力学性能，但加工性能趋向困难。聚乙烯具有优良的电气性能，正切值和介电常数都较小。加入适量的添加剂，可提高聚乙烯的耐电晕、耐热性能和机械强度，并使环境应力开裂性能得到改善。

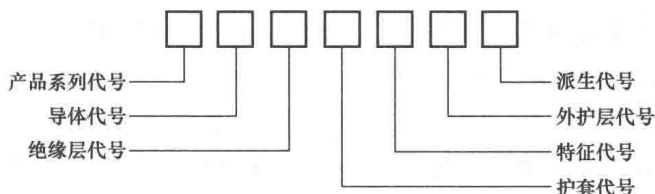
(4) 乙丙橡胶 (EPR)。它是由乙烯和丙烯共聚而成的新型合成橡胶，乙丙橡胶具有良好的电气性能、耐热性能、耐臭氧和气候性能。除乙丙橡胶外，用作电缆绝缘的橡胶还有天然橡胶、丁苯橡胶、丁基橡胶和硅橡胶等。

交联聚乙烯电缆与油纸电缆相比，具有结构简单，制造周期短，工作温度高，无油，敷设高差无限，运行可靠，质量轻，安装、维护简单和输电损耗小等优点。由于耐热性和机械性能好，传输容量大，不仅用于中低压，而且还可以应用到高压和超高压系统中。

二、电缆型号

(一) 电缆型号的表示方法

我国电力电缆型号以字母和数字为代号组合表示。完整的电缆型号有产品系列代号和各组成部分代号构成，并加上电缆额定电压、芯数、标称截面及标准号。其组合结构型号表示如图 1-1 所示。



1. 产品系列代号

产品系列代号含义见表 1-1。

表 1-1 产品系列代号含义

产品系列名称	代号	拼音文字	产品系列名称	代号	拼音文字
纸绝缘电缆	Z	Zhi	橡胶电缆	X	Xiang
自容式充油电缆	CY	Chong You	丁基橡胶电缆	XD	X.Ding
聚乙烯电缆	Y		阻燃电缆	ZR	Zu Ran
交联聚乙烯电缆	YJ	Yi Jiao	耐火电缆	NH	Nai Huo
聚氯乙烯电缆	V		导引电缆	D	Dao
控制电缆	K	Kong	光缆	G	Guang

2. 导体代号

导体代号以“L”作为铝导体代号，而铜导体代号“T”通常省略不写。

3. 绝缘层代号

绝缘层代号与产品系列代号相同时，可以省略。

4. 护套代号

护套代号含义见表 1-2。

表 1-2 护套代号含义

护套名称	代号	拼音文字	护套名称	代号	拼音文字
铅护套	Q	Qian	聚氯乙烯护套	V	
铝护套	L	Lu	聚乙烯护套	Y	
皱纹铝护套	LW	Lv Wen	橡 套	H	
铝带聚乙烯组合护套	A		非燃性橡套	HF	N Fei

5. 特征代号

特征代号表示电缆某些结构特征，比如：分相铅包用“F”表示，不滴流用“D”表示，直流电缆用“Z”表示。

6. 外护层代号

(1) 常见电力电缆外护层一般按铠装层和外被层结构顺序，以两个阿拉伯数字表示。

(2) 充油电缆外护层型号按加强层、铠装层和外被层的结构顺序，以三个数字表示。

外护层用数字代号表示的含义见表 1-3。

表 1-3

外护层代号的含义

代号	加强层	铠装层	外被层或外护套
0	—	无	—
1	径向铜带	联锁钢带	纤维外被
2	径向不锈钢带	双钢带	聚氯乙烯外套
3	径、纵向铜带	细圆钢丝	聚乙烯外套
4	径、纵向不锈钢带	粗圆钢丝	—
5	—	皱纹钢带	—
6	—	双铝带或铝合金带	—

7. 派生代号

表示电缆具有的某种特性。例如：纵向阻水结构用“Z”表示，具有低卤低烟或无卤低烟特性的阻燃电缆分别用“DD”或“WD”表示。

(二) 举例说明电缆型号含义

1. 规范表示法

电缆型号规范表示法如：YJV₂₂-26/35-3×240-186m-GB 12706.3—2002，表示铜芯，交联聚乙烯绝缘，钢带铠装，聚氯乙烯外护套电力电缆，设计额定电压为26/35kV，三芯，每芯截面积为240mm²，长186m，按GB 12706.3—2002《额定电压35kV及以下铜芯、铝芯塑料绝缘电力电缆 第3部分：交联聚乙烯绝缘电力电缆》标准生产的。

2. 电缆型号举例

(1) “YJLV₃₂”表示铝芯，交联聚乙烯绝缘，细钢丝铠装，聚氯乙烯外护套电力电缆。

(2) “YJLW₀₃-Z”表示铜芯，交联聚乙烯绝缘，铝波纹护套，聚乙烯外护套纵向阻水电力电缆。

(3) “ZR-YJLW₀₂-110”表示110kV，铜芯，交联聚乙烯绝缘，铝波纹护套，聚氯乙烯外护套阻燃电力电缆。

(4) “ZQ₂₀”表示铜芯，纸绝缘，铅包，裸钢带铠装电缆。

(5) “YJV₃₂-1×300”表示铜芯，交联聚乙烯绝缘，细钢丝铠装，聚氯乙烯外护套电力电缆，单芯，截面积300mm²。

3. 交联聚乙烯电缆型号及使用范围

(1) “YJV”表示交联聚乙烯绝缘、铜芯、聚氯乙烯护套电力电缆，敷设在室内、隧道及管道中，由于没有铠装层，不能承受机械外力和拉力的作用。

(2) “YJV₃₂”表示交联聚乙烯绝缘、铜芯、细钢丝铠装、聚氯乙烯护套电力电