



中国
电力企业
联合会
CHINA
ELECTRICITY
COUNCIL

电力工程造价专业
资格认证考试指定用书

电力工程造价执业教育丛书

电网工程 电缆输电线路

中国电力企业联合会 电力工程造价与定额管理总站 编
电力建设技术经济咨询中心



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国电力企业联合会
CHINA ELECTRICITY
COUNCIL

电力工程造价专业
资格认证考试指定用书

电力工程造价执业教育丛书

电网工程 电缆输电线路

中国电力企业联合会 电力工程造价与定额管理总站 编
电力建设技术经济咨询中心



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电力工程造价执业教育丛书》是根据电力工程造价职业岗位技能知识结构编写而成。

本丛书以工程造价知识、电力专业知识为基础,结合电力建设工程费用计算标准、定额及工程量清单计价规范的要求,力求系统完整,通俗易懂,使电力工程造价人员能识图、懂工艺、会预算、知管理。

本册为《电网工程·电缆输电线路》,全书共分四章。第一章系统地介绍了电网工程电缆线路的基础知识,包括电缆线路的发展情况、组成、分类及其作用等;第二章主要介绍了电缆线路工程中常用设备(或材料)的种类、型号和用途;第三章主要介绍了电缆线路工程各设计阶段划分以及设计图纸的识读;第四章主要介绍电缆线路工程中常用的施工机械、施工组织设计、施工工艺及施工方法等内容。

本丛书作为电力工程造价专业资格认证考试指定用书,同时作为电力工程建设、设计、施工、监理、咨询等单位的技术经济人员岗位技能学习、继续教育用书,还可作为高等院校工程与经济类专业师生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电网工程·电缆输电线路/中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站,中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心编. —北京:中国电力出版社,2012.3

(电力工程造价执业教育丛书)

ISBN 978-7-5123-2732-0

I. ①电… II. ①中… ②中… III. ①线路工程:电力工程-工程造价-中国-教材 ②电力电缆-工程造价-中国-教材 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 027588 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 3 月第一版 2012 年 4 月北京第二次印刷

889 毫米×1194 毫米 16 开本 10.75 印张 301 千字

印数 3001—6000 册 定价 55.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

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

电力工程造价执业教育丛书

编 委 会

主任委员 魏昭峰

副主任委员 沈维春

编	委	郭 玮	黄成刚	张天文	许子智	陈 洁
		李国胜	李国华	奚 萍	雷雪琴	安建强
		顾 游	易建山	傅剑鸣	汤定超	张海庭
		肖 红	温卫宁	叶大革	黄 昆	牛东晓
		张慧翔	马黎任	李大鹏	赵文建	朱林生

专 家 组

(按姓氏笔画排序)

文上勇	王振鑫	王道静	卢金平	申 安	刘 毅	刘 薇
吕世森	何永秀	张伟中	张轶斐	陈开如	周 霞	易 涛
罗 涛	金莺环	金耀谦	柳瑞禹	赵建勇	赵喜贵	郭 兵
钱 丽	陶鹏成	黄文杰	董士波	褚得成	赖启杰	廖毅强

编 写 组

组 长	张慧翔				
副 组 长	解改香	李希光			
成 员	叶锦树	王维军	叶子菀	廖世园	陈水广
	王 卉	陈 伟	张盛勇	周宝明	焦艳燕
	徐 辉	邹 扬	马卫坚	王 培	徐慧超
	张 波	刘 强	陈海涵	孟大博	李春蔚
	朱大光	姚 毅			

本 册 编 审 人 员

主 编	邱建军				
副 主 编	张 波	刘 强			
编写人员	张文新	范桂欣	郑晓红	高国中	张 磊
	李学文	刘海龙	何 剑	刘玉平	徐 辉
	张 华	李海生	李 炎	付尚莹	程立忠
	时钟强	张 明			
主 审	董 毅	董 谦	张 锦	刘立垚	赵光辉
	王俊杰	张恭武	周 京		

序

近年来,我国电力工业保持了持续快速发展的良好态势,“十一五”期间,每年新增发电装机容量近1亿kW,风电装机容量连续五年实现翻倍增长,水电装机容量和核电在建装机容量均居世界第一位,电网建设不断增速,电压等级不断提升,1000kV特高压交流试验示范工程和 ± 800 kV特高压直流示范工程相继建成投运,电力工业正从大机组、超高压、西电东送、全国联网的发展阶段,向绿色发电、特高压、智能电网的发展新阶段加快迈进。电力工程造价管理以更好地服务电力工业发展为宗旨,与时俱进,锐意创新,计价标准体系日趋健全,从业人员业务能力逐步提升,执业操守日渐规范,为强化电力工程建设投资管理作出了重要贡献。

“十二五”时期是我国全面建设小康社会的关键时期,也是深化改革开放、加快发展方式转变的攻坚时期。电力工业面临着严峻的改革和发展任务,必须加快转变电力工业发展方式,依托科技创新和体制机制创新,全面提高电力生产与利用效率,逐步实现从大到强转变。面对新形势下的新挑战,电力工程造价管理工作必须立足自身能力建设,不断完善技术、经济 and 法律法规等知识体系,及时跟踪技术、工艺和管理等发展的新趋势,以执业技能和工作水平提升带动电力行业工程造价管理工作不断升级。

“抓住机遇,迎接挑战,走人才强国之路,是增强综合国力和国际竞争力,实现中华民族伟大复兴的战略选择”。《国务院关于加强职业培训促进就业的意见》指出大力加强职业培训工作是“贯彻落实人才强国战略,加快技能人才队伍建设,建设人力资源强国的重要任务”。电力工程造价人员作为咨询业专才,承担着电力行业工程造价的计定、管理和控制等多重任务,对保证电力建设市场和谐、有序、健康发展,提高建设项目投资效益和企业经济效益发挥了重要作用。为提升电力行业工程造价人员业务素质和执业水平,中国电力企业联合会组织编写的这套《电力工程造价执业教育丛书》,可作为电力工程造价从业人员执业技能教育的培训教材,同时也作为继续教育学习和日常工作查阅的电力技术经济工具用书。

本丛书重新规划构架了电力行业工程造价人员知识结构体系,将基本建设全过程造价管理延伸至建设项目全生命周期造价管理。本丛书采用模块化结构编写方式,使知识要点更加清晰,便于工程造价人员全面系统掌握工程造价基础理论和专业技能等方面的知识。本丛书凝聚了电力行业建设管理、设计、施工和咨询等领域和高等院校数十位专家的智慧与汗水,希望本丛书的出版能为推进电力工程造价管理工作的系统化、规范化、专业化和全面化作出新的贡献!

孙玉才

前 言

为贯彻实施国家人才强国战略,培养电力工程造价管理领域高技能专业人才,规范电力工程造价从业人员专业资格认证工作,提高培训教材编制的实效性和系统性,促进职业培训工作的健康有序发展,中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站、中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心组织编写了《电力工程造价执业教育丛书》(简称本丛书)。

本丛书涵盖了电力工程概论、电力工程造价基础知识、火力发电工程、核电工程、新能源工程、电网工程、通信工程七大领域,其中,火力发电工程包括建筑、机务与电气三册,电网工程包括建筑、变电站安装、换流站安装、架空输电线路、电缆输电线路和配电网六册。各专业册教材采用模块化设计,包含了专业基础知识、设备与材料、设计、施工、检修与技术改造等内容。

本丛书编制工作于2011年1月启动,组建了编委会、专家组和编写组,来自电力建设、设计、施工、咨询、高校等领域和单位的数十名专家参与了教材的研究策划和撰稿工作,经过各方密切配合,多方征求意见,反复修改完善,前后历时一年多,终定其稿。本丛书在充分汲取以往教材优点的基础上,密切结合电力工程造价管理工作的特点和发展趋势,系统介绍了工程造价基础理论和专业技能。本丛书不仅是电力工程造价从业人员上岗资格认证的考试教材,也可为电力行业从事工程造价工作的管理和技术人员以及高等院校师生提供工作和学习参考。

本丛书在编写过程中得到了国家电网公司、中国南方电网有限责任公司、中国华能集团公司、中国大唐集团公司、中国华电集团公司、中国广东核电集团有限公司和华北电力大学等单位领导的大力支持,在此表示衷心感谢!同时,对为教材编制提供素材和参与审查的所有人员表示诚挚谢意!

本丛书在编写过程中尽管各方面给予了大力支持和关注,编写组亦十分认真努力,但由于编制人员在理论与实践结合、各专业领域沟通协作等方面仍存在认识不足之处,且电力工程造价从业人员所需专业知识深度需要经过反复摸索才能确切把握,因此,疏漏和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站
中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心

2012年3月

目 录

序
前言

第一章 基础知识	1
第一节 概述	1
第二节 电缆线路的组成	3
第二章 设备材料	16
第一节 设备	16
第二节 材料	45
第三章 设计	74
第一节 概述	74

第二节 专业识图	76
第四章 施工	84
第一节 施工机具	84
第二节 施工组织设计	85
第三节 施工工艺与方法	88
第四节 施工措施	150
第五节 电缆试验及调试	154
参考文献	159



第一章

基础知识



知识目标

1. 了解电缆线路的发展情况、分类及其作用；
2. 熟悉电缆线路的电压等级；
3. 掌握电缆线路的组成及其基本要求。



教学重难点

1. 重点：电缆线路的组成。



教学内容与学时建议

1. 电缆线路电气部分，2 学时；
2. 电缆线路建筑部分，2 学时；
3. 电缆线路的发展情况、分类及其作用，自学。

本章主要介绍了电缆线路的基础知识，包括电缆线路的发展情况、组成、分类及其作用等内容。

第一节 概述

一、电缆线路发展概况

(一) 国外电缆线路发展历程

1880 年，爱迪生和费兰蒂分别在纽约和伦敦用包有绝缘的导线埋在地下，用于照明的线路。1910 年以后逐步发展使用 20kV 及 35kV 三芯电缆。1920 年英国第一次设计并于 1926 年生产了 33 ~ 66kV 充油电缆。由于充油电缆运行后，性能良好，因而 20 世纪 30 年代英国城市的主要输电线路，广泛地采用了 66kV 充油电缆。1927 年美国开始采用 132kV 充油电缆，1932 年在意大利的米兰安装了第一根 220kV 充油电缆。法国于 1952 年和 1960 年先后制成了 380 ~ 425kV 和 500kV 充油电缆，并于 20 世纪 70 年代初在一些国家投入运行。1969 年在法国安装了第一根 225kV 聚乙烯电缆，同年在美国纽约还试装了第一根 345kV SF₆ 充气电缆。1974 年在美国建成了 525kV 充油电力电缆线路。随着电缆绝缘结构和供电需求的不断发展，电缆线路的敷设方式也不断变化。1916 年在美国旧金山成功地敷设了长 6km 的 12kV 三芯海底电力电缆，1922 年在日本东京采用了排管敷设的电缆线路，1938 年美国一些农村采用了架空电缆，1962 年在英国爱亭顿与裴亭顿之间装设了间接冷却电缆线路。在 1998 年前后国际上一些主要知名的大电缆厂家开始生产 400、500kV 交联聚乙烯电缆并投入运行。为了满足大容量输电的需要，近几十年来开展了对低温电缆、蒸发冷却电缆



和超导电缆等的研究,已经取得了一些成果,起到了示范指导的作用,但目前尚未达到实用阶段。

(二) 国内电缆线路发展历程

我国在 1897 年首次由上海使用以硫化天然橡胶为绝缘、铅包为护层的电缆,敷设于上海市的地下,用于照明的直流供电,这也是我国电力电缆线路供电的起源。

在中华人民共和国成立前,我国虽生产过 6.6kV 的橡胶绝缘铅包电缆,但基本上只生产少量的 600V 以下的橡胶电缆,高压电缆完全是从国外购买的。从 1951 年开始生产 6kV 油浸纸绝缘电缆;1953 年生产出了 10kV 油浸纸绝缘电缆;1956 年又生产出了 35kV 油浸纸绝缘电缆;20 世纪 60 年代开始研制不滴流纸绝缘电缆,1966 年制造出第一根 66kV 充油电缆,并在大连第二发电厂投入运行,同年又研制生产了 110kV 水底充油电缆,并在南京下关处横穿长江;1968 年和 1973 年先后生产出了 220、330kV 的充油电缆,并在刘家峡、新安江、渔子溪、乌江渡等水电站分别投入了运行;1981 年试制了 500kV 的充油电缆,并于 1983 年正式生产并安装试运行。

我国 20 世纪 60 年代也开始研制聚氯乙烯(PVC)和交联聚乙烯(XLPE)电缆;从 70 年代开始,交联聚乙烯电缆逐步得到应用,早期的交联电缆大多采用蒸汽(湿法)交联工艺,绝缘中气孔较大、水分含量较高,质量不够稳定。随着我国交联电缆生产设备和工艺水平的提高,干式交联生产线的引进,纯净聚乙烯材料的应用,交联电缆的质量有了很大提高。20 世纪 80 年代生产的 110kV 交联电缆已得到了应用,1997 年电缆厂已经开始生产 220kV 的交联电缆。2002 年试制成功 500kV 交联聚乙烯电缆。广州抽水蓄能电站选用 500kV 充油电缆,二滩水电站选用 500kV 低密度聚乙烯(LDPE)电缆,天荒坪水电站和大朝山水电站选用 500kV 交联聚乙烯电缆。交联聚乙烯电缆具有线芯允许温度高、介质损耗小、电气强度高、重量轻,敷设安装方便及不受落差限制、附件制作简便等优点,对于 35kV 及以下的电缆,油浸纸绝缘电缆已经基本被橡塑电缆取代。在 110kV 及以上电压等级的电缆线路中,除有些地方考虑到充油电缆有长期安全运行经验还继续采用外,交联聚乙烯电缆也已经基本取代了充油电缆。

随着我国经济的快速稳定发展,城市建设也取得了迅猛发展,原来城市电网主要靠架空线路供电,随着城市建设的发展,架空线路已经成为制约城市规划和影响城市美观的重要因素。现在比较大的城市城区都不再发展架空线路,甚至有些地方在逐步用电缆取代原有架空线路。北京市政府已经提出要在北京五环路以内取消架空线路,上海市也提出类似的发展计划,广州、天津、重庆、西安、深圳等城市也都在进行城市电网改造,电力电缆行业面临前所未有的发展机遇。

总之,国际和国内电缆线路基本上经历了这样的发展历程:电压等级由低到高逐渐得到突破,现在已经达到了 750kV;绝缘材料由天然橡胶开始,到油浸纸绝缘、气体绝缘、合成橡胶、聚氯乙烯、交联聚乙烯;功能由基本的供电到矿山、海底、耐火等多种功能供电;形成了直埋、架空、排管、电缆沟、电缆隧道、竖井、桥梁桥架等多种多样的敷设方式。到目前为止,形成交流电缆供电以交联聚乙烯电缆为主,直流供电以充油电缆为主,各种特种电缆共同发挥特长的局面。电力电缆线路必将在电力输、配、用电中发挥越来越重要的作用。

二、电缆线路的作用与分类

(一) 电缆线路的作用

正如在自来水供水系统中,水要通过管道才能供给人们使用一样,电能也需要通过架空线路、电缆线路才能输送和分配给各种用户。电力电缆能够把发电厂发出的电能输送到远方的变电站、配电站及用户的各种变、配、用电设备。

电力电缆线路作为电网中输送和分配电能的主要方式之一,发挥着架空线路所无法替代的重要作用。

(1) 由于电缆线芯间绝缘距离很小,可以显著缩小电缆线路占用空间,减少占地。

(2) 可沿已有建筑物墙壁或地下敷设,电缆作地下敷设,不占地面和地面上的空间,不用在地面架设杆塔和导线,利于市容整齐美观。



(3) 不受外界环境影响, 可避免因强风、雷击、雨雪、污秽、风筝和鸟等造成架空线路的短路和接地等故障, 大大提高供电可靠性。

(4) 导体线芯外面有绝缘层和保护层, 使人们不会直接触及导电体, 避免人身直接触电, 有利于保证人身安全。

(5) 运行安全可靠, 减少了运行维护的工作量。

(6) 电缆的电容较大, 电缆线路本体呈容性, 有利于提高电力系统的功率因数。一般情况下不需要采取改善功率因数的措施。

综上所述, 电缆线路特别适合应用于以下场所:

- (1) 输电线路密集的发电厂和变电站、位于市区的变电站和配电站。
- (2) 国际化大都市、现代大中城市的繁华市区、高层建筑区和主要道路。
- (3) 建筑面积大、负荷密度高的居民区和城市规划不能通过架空线的街道或地区。
- (4) 重要线路和重要负荷用户。
- (5) 风景名胜区、世界文化遗产景区。

所以, 在人口稠密的城市和厂房设备拥挤的工厂, 为减少占地, 多采用电缆线路; 在严重污秽地区, 为了提高送电的可靠性, 多采用电缆线路; 对于跨越江河的输电线路因跨度大而不宜架设架空线路, 也多采用电缆线路; 从国防工程的需要出发, 为避免暴露目标而采用电缆线路; 有的为建筑美观而采用电缆线路; 也有的为减小电磁辐射, 降低电磁污染而采用电缆线路。总之, 电缆线路已经成为现代电力系统特别是智能电网不可缺少的组成部分。

(二) 电力电缆的种类

电力电缆作为输电线路主要可分为以下三种类型:

- (1) 地下输电线路。这种线路的电缆敷设方式有直埋、排管和填埋电缆沟。
- (2) 水下输电线路。水下输电线路是将电缆敷设于江河湖底或海洋水底。
- (3) 空气中输电线路。空气中输电电缆敷设方式有敷设在厂房、沟道、隧道内、竖井中、桥梁桥架上等。

三、电缆线路的电压等级

我国交流输电主要电压等级 35、66、110、220、330、500、750、1000kV 等。我国交流配电主要电压等级 220/380V、3kV、6kV、10kV。

电力电缆线路的电压等级依照输、配电电压等级进行划分。然而, 在电力电缆工程中, 通常把 1kV 及以下电压等级的电缆线路称为低压电缆线路, 6 ~ 35kV 电压等级的电缆线路称为中压电缆线路, 而把 110kV 电压等级的电缆线路称为高压电缆线路, 把 220 ~ 500kV 电压等级的电缆线路称为超高压电缆线路。

在我国使用的电力设备中, 有些交流发电机及变压器的额定电压为 3.15、6.3、10.5、15.7、18、20kV 等电压。因此电力电缆为适应这类设备引出线的需要还生产了 6、15、20kV 电压等级的电缆。例如江苏省苏州市就有 20kV 的电缆线路在电网运行, 总体来说这些电压等级的电缆线路只在个别地区使用, 还不具有普遍性。

第二节 电缆线路的组成

电缆线路是由电缆线路路径、电缆(本体)、电缆附件、接地系统和在线监控设备组成的。

一、电缆线路电气部分

(一) 电缆线路路径

1. 电缆线路路径选择

- (1) 电缆线路的路径应与城市总体规划相结合, 应与各种管线和其他市政设施统一安排, 且应征



得城市规划部门认可。

(2) 电缆敷设路径应综合考虑路径长度、施工、运行和维修方便等因素, 统筹兼顾, 做到经济合理, 安全适用。

(3) 供敷设电缆用的土建设施宜按电网远期规划并预留适当裕度一次建成。

2. 环境条件选择

通常情况下, 电缆线路应满足表 1-1 所示的环境条件。当环境条件特殊时, 必须明确指出, 对电缆、附件等作出特殊设计、制造和施工。

表 1-1 电缆线路的通用环境条件

项 目	参 数	项 目	参 数
海拔高度 (m)	<1000	年平均相对湿度 (%)	80
最高环境温度 (°C)	+40	雷电日 (日/年)	40
最低环境温度 (°C)	-40	最大风速 (m/s)	35
日照强度 (W/cm ²)	0.1		

(二) 电压等级选择

电缆线路的电压等级应与相连接的电器设备匹配, 与系统的接地方式相适应, 并充分考虑大气过电压与操作过电压的影响。

(三) 电缆型号及截面

电缆线路常用的电缆型号及其适用范围见表 1-2。

表 1-2 电缆型号、名称及其适用范围表

型 号		名 称	适 用 范 围
铜芯	铝芯		
YJV	YJLV	交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	敷设在室内、隧道内须固定在托架上, 排管中或电缆沟中以及松散土中直埋, 不能承受拉力与压力
YJY	YJLY	交联聚乙烯绝缘聚乙烯护套电力电缆	
YJV 22	YJLV 22	交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆	可用于土壤直埋敷设, 能承受机械外力作用, 但不能承受大的拉力
YJV 23	YJLV 23	交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚乙烯护套电力电缆	
YJV 32	YJLV 32	交联聚乙烯绝缘细钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆	敷设于水中或是高落差土壤中, 电缆能承受相当的拉力
YJV 33	YJLV 33	交联聚乙烯绝缘细钢丝铠装聚乙烯护套电力电缆	
YJV 42	YJLV 42	交联聚乙烯绝缘粗钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆	敷设于水中或是高落差较大的隧道或竖井中, 电缆能承受较大的拉力
YJV 43	YJLV 43	交联聚乙烯绝缘粗钢丝铠装聚乙烯护套电力电缆	
YJLW 02	YJLLW 02	交联聚乙烯绝缘皱纹铝包聚氯乙烯外护套电力电缆	可在潮湿环境及地下水位较高的地方使用, 并能承受一定的压力
YJLW 03	YJLLW 03	交联聚乙烯绝缘皱纹铝包聚乙烯外护套电力电缆	
YJQ 02	YJLQ 02	交联聚乙烯绝缘皱纹铝包聚氯乙烯外护套电力电缆	同 YJLW 02、YJLLW 02 型, 但不能承受压力

(四) 电缆的导体

1. 导体材料

35kV 及以下电缆可选用铜芯或铝芯电缆, 110kV 及以上电缆应优先选用铜芯电缆。

2. 导体截面

(1) 导体最高允许温度按表 1-3 选择, 依此计算电缆导体截面。

表 1-3

导体最高允许温度表

℃

电 缆 类 型	正常运行时最高允许温度	通过短路电流最高允许温度
聚氯乙烯	70	160
交联聚乙烯绝缘	90	250

- (2) 电缆导体最小截面应同时满足规划载流量和通过系统最大短路电流时热稳定的要求。
- (3) 连接回路在最大工作电流作用下的电压降，不得超过该回路允许值。
- (4) 电缆导体截面应结合敷设环境来考虑。
- (5) 导体的截面应能满足系统 $N-1$ 的要求。

(五) 电缆的绝缘

1kV 电缆可以采用聚氯乙烯、交联聚乙烯绝缘等，10~35kV 电缆应采用三层共挤交联聚乙烯绝缘，110kV 及以上电缆应采用超净料三层共挤干式交联工艺交联聚乙烯绝缘。

(六) 电缆的护层

- (1) 电缆金属护套、铠装、外护层宜按表 1-4 选择。

表 1-4

电缆金属护套、铠装、外护层选择表

敷 设 方 式	电压等级	绝缘屏蔽或金属护套	加强层或铠装	外护层
直埋	35kV 及以下	软铜线或铜带	钢带或钢丝（三 芯）， 非磁性金属带（单芯）	聚氯乙烯或聚 乙烯或橡皮类
	110kV 及以上	铅或铝护套		
排管、电缆沟、电 缆隧道、电缆工作井	10kV 及以上	35kV 及以下软铜线或铜带， 110kV 及以上铝或铅护套	—	
桥梁桥架	10kV 及以上	挤包铝护套	—	
水底	10kV 及以上	铅护套	钢丝（三 芯），非磁 性金属丝（单芯）	

- (2) 在电缆夹层、电缆沟、电缆隧道等防火要求高的场所，宜采用阻燃外护层。
- (3) 有白蚁危害的场所，应在非金属外护套外采用防白蚁护层。
- (4) 有鼠害的场所，宜在外护套外添加防鼠金属铠装或采用硬质护层。
- (5) 有化学溶液污染的场所，应按其化学成分采用相应材质的外护层。

(七) 单芯电缆回路三相电缆的排列方式

- (1) 紧密水平排列方式见图 1-1。
- (2) 非紧密水平排列方式见图 1-2。

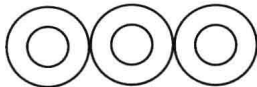


图 1-1 紧密水平排列方式

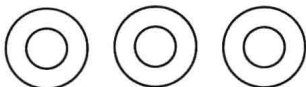


图 1-2 非紧密水平排列方式

- (3) 紧密正三角形排列方式见图 1-3。
- (4) 非紧密正三角形排列方式见图 1-4。

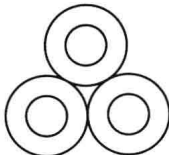


图 1-3 紧密正三角形排列方式

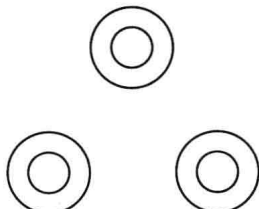


图 1-4 非紧密正三角形排列方式



(八) 电缆附件

(1) 电缆附件的绝缘屏蔽层或金属护套之间的额定工频电压 (U_0)、任何两相线之间的额定工频电压 (U)、任何两相线之间的运行最高电压 (U_m) 以及每一导体与绝缘屏蔽层或金属护套之间的基准绝缘水平 BIL 选择, 应满足表 1-5 电缆的额定电压值的要求。

表 1-5

电缆的额定电压值

kV

系统中性点	有效接地						非有效接地		
系统额定电压	10	35	66	110	220	500	10	35	66
U_0/U	6/10	21/35	38/66	64/110	127/220	290/500	8.7/10	26/35	50/66
U_m	11.5	42.5	76	126	252	550	11.5	42.5	76
BIL	75	200	325	550	1050	1550	95	250	450
外护套冲击耐压	20	20	37.5	37.5	47.5	72.5	20	20	37.5

(2) 敞开式电缆终端的外绝缘必须满足所设置环境条件的要求, 并有一个合适的泄漏比距。在一般环境条件下, 外绝缘的泄漏比距不应小于 25mm/kV , 并不低于架空线绝缘子串的泄漏比距。

(3) 绝缘接头的绝缘隔离板, 应能承受所连电缆护层绝缘水平 2 倍的电压。

(4) 电缆终端和接头装置选择:

1) 不受阳光直接照射和雨淋的户内环境应选用户内终端, 受阳光直接照射和雨淋的户外环境应选用户外终端。

2) 电缆与其他电气设备通过一段连接线相连时, 应选用敞开式终端。110kV 及以上敞开式终端宜有: ① 防晕罩或屏蔽环; ② 终端与支架绝缘用的底座绝缘子配套部件。

3) 作为电气设备高压出线接口时应选用设备终端, 如与变压器直接连接的油浸式终端和用于中压电缆的可分离式连接器。

4) 用于 SF_6 气体绝缘金属封闭组合电器直接相连时, 应选用 GIS 终端。

(九) 电缆线路过电压保护、接地和电缆金属护层过电压保护

1. 电缆线路的过电压保护

(1) 露天变电站内的电缆终端, 必须在站内的避雷针或避雷线保护范围以内。

(2) 电缆线路与架空线相连的一端应装设避雷器。

(3) 电缆线路在下列情况下, 应在两端分别装设避雷器:

1) 电缆一端与架空线相连, 而线路长度小于其冲击特性长度。

2) 电缆两端均与架空线相连。

(4) 避雷器的特性参数选择。保护电缆线路的避雷器的主要特性参数应符合下列规定。

1) 冲击放电电压应低于被保护的电缆线路的绝缘水平, 并留有一定裕度。

2) 冲击电流通过避雷器时, 两端子间的残压值应小于电缆线路的绝缘水平。

3) 当雷电过电压侵袭电缆时, 电缆上承受的电压为冲击放电电压和残压, 两个数值较大者称为保护水平 U_p 。基准绝缘水平 BIL 取 $(120\% \sim 130\%) U_p$ 。

4) 避雷器的额定电压, 对于 110kV 中性点直接接地系统, 额定电压取系统最大工作线电压的 80%; 对于 66kV 及以下中性点不接地和经消弧线圈接地的系统, 应分别取最大工作线电压的 110% 和 100%。

2. 电缆线路系统的接地

电缆的金属护套和铠装, 电缆支架和电缆附件的支架必须可靠接地。



三芯电缆线路的金属护层一般采用两端直接接地。

单芯电缆线路的金属护层根据具体情况,可采用两端直接接地、单端接地、单端接地加回流线、交叉互联接地等方式。

3. 电缆金属护层过电压保护

实行单端接地和交叉互联接地的单芯电缆线路,为防止护层绝缘遭受过电压损坏,应按规定安装护层保护器,并满足规范要求。

电缆线路不长,感应电压能满足规范要求时,宜采取一端直接接地,如图 1-5 所示。线路较长,采用中点接地,如图 1-6 所示。

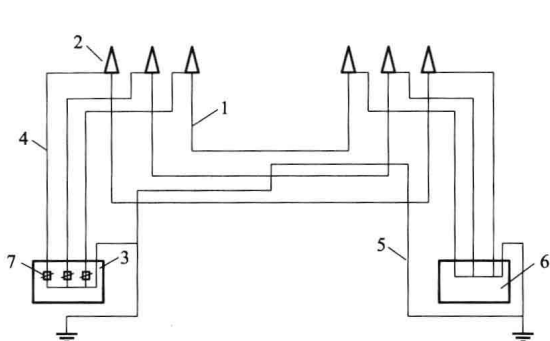


图 1-5 电缆一端直接接地

1—电缆本体; 2—终端; 3—护层保护接地箱; 4—接地线;
5—回流线; 6—直接接地箱; 7—护层保护器

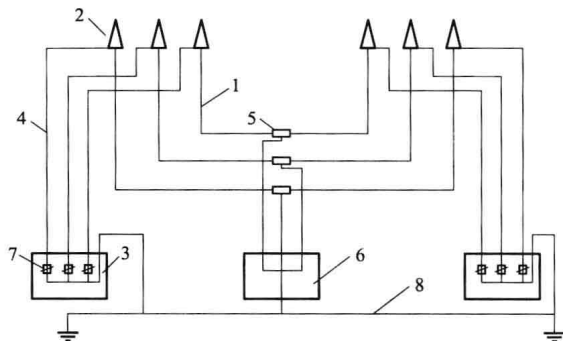


图 1-6 电缆中点接地

1—电缆本体; 2—终端; 3—护层保护接地箱;
4—电缆金属套接地线; 5—中间接头(直通接头);
6—直接接地箱; 7—护层保护器; 8—接地线

线路较长且一端直接接地不能满足规范要求时, 35kV 及以上电缆线路, 在高压电缆输送容量较小的情况下, 可采取在线路两端直接接地, 如图 1-7 所示; 也可采用将金属护层分割成小段, 采取多点直接接地, 如图 1-8 所示。35kV 以上高压电缆线路较短或利用率很低时, 也可采取两端直接接地方式。

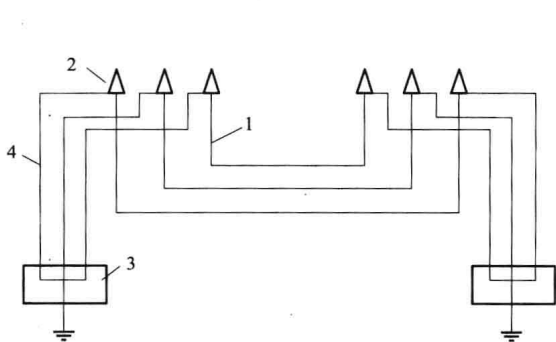


图 1-7 电缆两端直接接地

1—电缆本体; 2—终端; 3—接地箱; 4—接地线

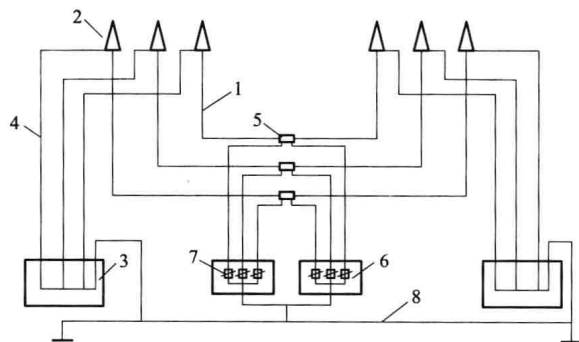


图 1-8 电缆多点直接接地

1—电缆本体; 2—终端; 3—护层直接接地箱; 4—电缆金属套
接地线; 5—中间接头(绝缘接头); 6—护层保护接地箱;
7—护层保护器; 8—接地线

除上述情况外, 当线路较长时, 宜划分适当的单元设置绝缘接头, 使电缆金属护层分隔在三个区段以交叉互联接地, 如图 1-9 所示。每单元系统中三个分隔区段的长度宜均等。

4. 回流线

回流线通常是指对于金属护套只在一端接地的电缆线路, 沿线路敷设一条或多条两端可靠接地的金属或绝缘导线。

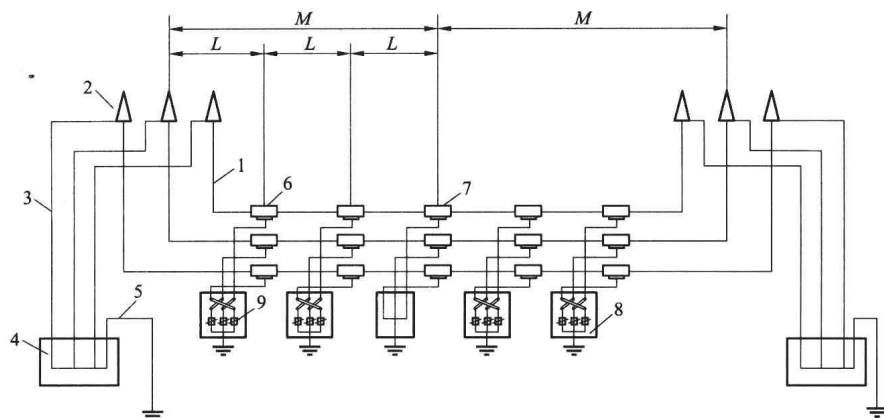


图 1-9 电缆交叉互联接地

1—电缆本体；2—终端；3—电缆金属套接地线；4—护层直接接地箱；5—接地；6—中间接头（绝缘接头）；
7—中间接头（直接接头）；8—护层交叉互联保护接地箱；9—护层保护器

二、电缆线路建筑部分

（一）基本概念

电缆的敷设方式一般有直埋敷设、电缆沟敷设、电缆隧道敷设、排管敷设和桥梁桥架敷设等几种。其中电缆沟有普通电缆沟和充砂电缆沟两种。桥梁桥架敷设分沿专用电缆桥、沿桥梁采用支架或吊架敷设等。各种敷设方式均有优缺点，采用何种敷设方式由具体情况决定。一般要考虑城市及企业的发展规划、现有建筑物的密度、电缆线路的长度、敷设电缆的条件及周围环境的影响等。

电缆夹层一般建在变电站的地下室，供电电缆的进出线使用，夹层要有足够的空间，能够存放电缆的余度，能够在此安装电缆终端并引上。

在一回路电缆中，可能采用单一的敷设方式，更多情况下是多种敷设方式的组合。

1. 基本要求

对不同的电缆敷设方式有不同的技术要求，但对各种敷设方式都有共同的基本要求，主要有以下几点。

（1）油浸纸绝缘电缆敷设的最低点与最高点之间的最大位差应不超过表 1-6 的规定。若超过表 1-6 的规定，可选择适合高落差的其他型式电缆，如不滴流浸渍纸绝缘或塑料绝缘等，必要时也可采用堵油中间接头。铝包电缆的位差可以比铅包电缆的位差大 3~5m。

表 1-6

油浸纸绝缘电缆最大允许位差

电 压 (kV)	电缆护层结构	最大允许敷设位差 (m)
1	无铠装	20
	铠装	25
6~10	铠装或无铠装	15
35	铠装或无铠装	5

（2）为防止损伤电缆绝缘，在敷设和运行中不应使电缆过分弯曲。各种电缆最小允许弯曲半径与电缆外径之间关系见表 1-7。



表 1-7

各种电缆最小弯曲半径与电缆外径之间关系

电 缆 型 式		多 芯	单 芯
橡皮绝缘电力电缆	无铅包、钢铠护套	10D	
	裸铅包护套	15D	
	钢铠护套	20D	
塑料绝缘电力电缆	无铠装	15D	20D
	有铠装	12D	15D
油浸纸电力电缆	有铠装	15D	20D
	无铠装	20D	
自容式充油（铅包）电缆			20D

注 D 为电缆外径。

(3) 电缆支持点的间距应符合表 1-8 的规定。

表 1-8

电缆支持点间的距离

mm

电力电缆种类	敷 设 形 式	
	水平	垂直
中低压塑料电缆	400	1000
其他中低压电缆	800	1500
35kV 及以上高压电缆	1500	2000

当设计有明确规定时按设计数值执行，随着电缆外径和重量增加，应适当增加支持点，减小支持点间距，或者明显增加支持点的强度。

(4) 在可能受到机械损伤的地方，如进入建筑物、隧道，穿过楼板及墙壁，从沟道引至电杆、设备、墙壁表面等，距地面高度 2m 以下的一段电缆需穿保护管或加保护装置。保护管内径为电缆外径的 1.5 倍，保护管埋入地面不小于 100mm。

(5) 敷设在厂房内、隧道内和不填砂电缆沟内的电缆，应采用裸铠装或非易燃性外护套电缆。电缆如有接头，应在接头周围采取防止火焰蔓延的措施。

2. 电缆线路防火

(1) 防火措施。对电缆可能着火蔓延导致严重事故的回路、易受外部影响波及火灾的电缆密集场所，应有适当的防火分隔，并按电缆线路的重要性、火灾概率及其特点和经济合理等因素，确定采取下列防火措施：

- 1) 实施阻燃防护或阻止延燃。
- 2) 选用具有难燃性的电缆。
- 3) 实施耐火防护或选用具有耐火性的电缆。
- 4) 实施防火构造。
- 5) 增设自动报警与专用消防装置。

(2) 防火分隔方式：

1) 电缆构筑物中电缆引至电气柜、盘或控制屏、台的开孔部位，电缆贯穿隔墙、楼板的孔洞处，均应实施防火封堵。

2) 在电缆隧道或重要回路的电缆沟中的重要部位，宜设置防火墙。

3) 在竖井中，宜每隔约 7m 设置防火隔层。

(3) 实施防火分隔的技术特性方法如下：