

电力线路实
用技术丛书

电缆图表

手册

(第二版)

DIANLAN TUBIAO SHOUC
(DIERBAN)

主编 陈蕾



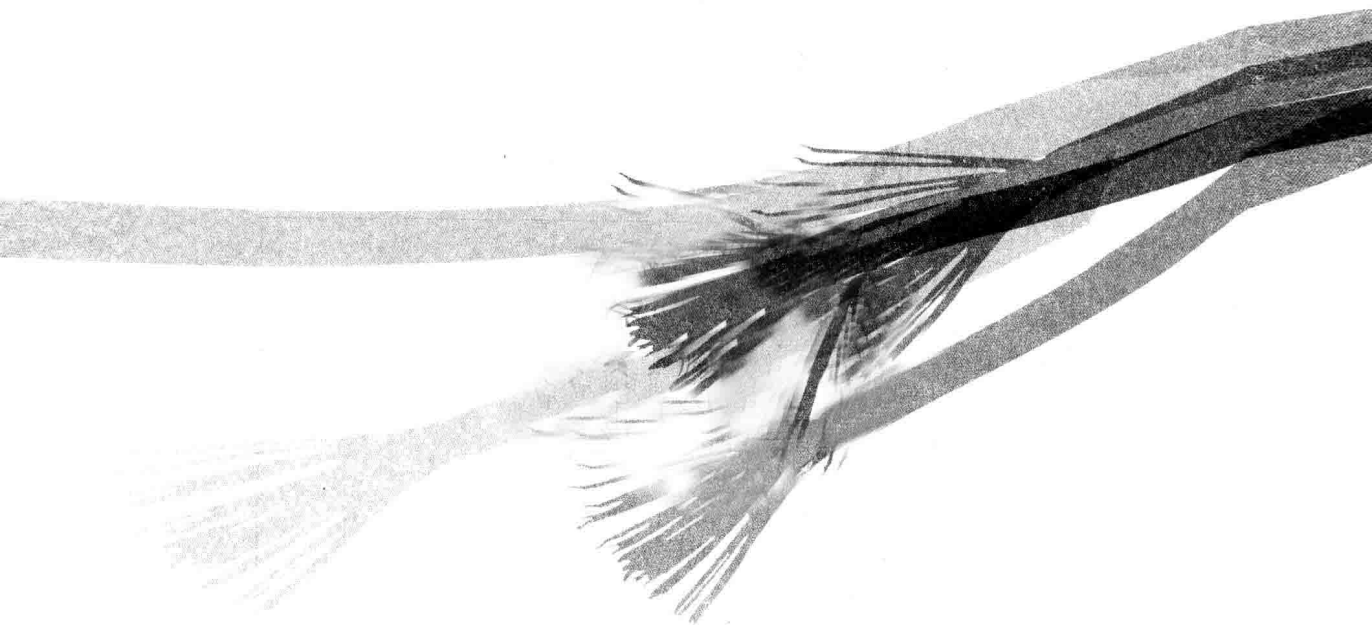
中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

电力线路实用技术丛书

电缆图表手册

(第二版)

主编 陈蕾



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共分 10 章, 分别介绍了电缆的结构及型号, 聚氯乙烯绝缘、交联聚乙烯绝缘、阻燃、耐火、橡皮绝缘电缆的性能及技术参数, 电缆的选用、敷设安装, 各种电缆头的制作安装, 电缆线路的运行维护及故障处理及电缆故障的检测诊断等内容。

本书内容包括电力电缆、控制电缆, 叙述全面、详实、系统, 符合国标规定, 可供电力设计、运行维护、施工安装人员在选用时参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

电缆图表手册 / 陈蕾主编. -- 2版. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 1
(电力线路实用技术丛书)
ISBN 978-7-5170-1689-2

I. ①电… II. ①陈… III. ①电缆—技术手册 IV.
①TM246-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第015989号

书 名	电力线路实用技术丛书 电缆图表手册 (第二版)
作 者	主编 陈 蕾
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 28 印张 735 千字
版 次	2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷 2014 年 1 月第 2 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	76.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

本书编写人员名单

主 编 陈 蕾

副 主 编 王瑞奇 涂会田 赵 毅 冯 越
王 璞 雷 晶 万 涛 谢 伟
易保华 胡 勇 陈家斌

参 编 唐 欣 王 婷 李卫军 段奕帆
郭 锐 张建村 张建乡 苗西沙
周卫民 王佳佳 禹 威 郭 勇
郭 栋 段冬东 林 琅 韩红生
刘 娅 郭 慧 杨富颖 曹 巍
李 岩 王世威 乔鸣鸣 郭 琦
王瑞生 王瑞鹏 段 伟 郭峻男
刘 欢 夏 春 殷竣河 冷 冰
朱瑞芳 于光军 王 玲 孟凡钟
孟建峰 张立民 徐安平 冷 超

第 二 版 前 言

《电缆图表手册》第一版自 2004 年 5 月出版以来得到广大读者的热情支持和肯定，这对我们是一个很大的鼓励。为了适应现代工农业生产高速发展和人民生活的安全可靠供电要求，满足广大读者的需要，本次借修订之际，编者根据近年来国家颁布的新规程规范，对第一版内容作了修改和补充，除保持文字叙述通俗、内容紧密结合实际工作的特点外，力求内容更集中、紧凑。本书修订充实的重点是，依职工现场岗位实用技术为主，增加了一些新的技术等内容。

由于编者水平及实际经验有限，书中可能有疏漏及错误的地方，恳请读者批评指正。

编者

2013 年 10 月

第 一 版 前 言

进入 21 世纪以来，国民经济迅速发展，人民生活水平不断提高，电力工业得到迅速发展，广大用户对电力供应的可靠性要求越来越高。电缆线路与架空线路相比，有着极大优势，越来越多地应用于城市电网，随着科技发展，电缆产品也不断更新。为满足广大电气职工工作需要，我们组织有关专家编写《电缆图表手册》一书，供广大电工参考。

本书主要介绍了新型的聚氯乙烯绝缘、交联聚乙烯绝缘、阻燃、耐火、橡皮绝缘及特种电力电缆和控制电缆的结构特点、技术参数及选用。利用图例介绍了电缆直埋、隧道、沟道、排管、明敷、架空等各种敷设方法，及 35kV 以下电缆热收缩型、冷收缩型、预热型终端与中间接头的制作，110kV 及以上交联聚乙烯电缆预制型终端和中间接头制作工艺。同时也介绍了电缆的运行维护、故障检测和故障处理等内容。

本书按照国标、部标及新的施工规范进行编写，介绍了电缆及其附件的新产品，主要采用插图与表格方式描述各种电缆及其附件的结构、特点、型号、规格及电缆的外径、重量、允许工作温度和载流量技术参数和施工工艺及技术标准。

本书的编写特点：一是涵盖面较宽，有电力电缆、二次控制电缆；二是内容简明扼要，通俗易懂，简单直观；三是实用性强，本着以实际应用为出发点和归宿的原则进行编写。

本书编写过程中得到了电业部门及生产厂家的支持，并提供很多工作中的实践资料和宝贵意见，谨在此表示感谢！

由于编者水平有限，本书难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 4 月

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 电缆的结构及型号	1
第一节 电缆的种类及型号	1
第二节 电缆的组成	4
第三节 各类电缆的结构特点	7
第二章 聚氯乙烯绝缘电缆的性能及技术参数	19
第一节 聚氯乙烯绝缘电缆	19
第二节 圆(扁)型同心导体电缆	34
第三节 金属屏蔽电缆	37
第四节 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套控制电缆	39
第五节 塑料绝缘屏蔽控制电缆	64
第三章 交联聚乙烯绝缘电缆的性能及技术参数	71
第一节 0.6/1kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆	71
第二节 3.6/35kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆	76
第三节 110/220kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆	84
第四节 交联聚乙烯绝缘控制电缆	91
第五节 聚乙烯绝缘控制电缆	97
第四章 阻燃电缆的性能及技术参数	126
第一节 阻燃交联聚乙烯绝缘电力电缆	126
第二节 阻燃聚氯乙烯绝缘电力电缆	132
第三节 阻燃控制电缆	133
第五章 耐火电缆的性能及技术参数	153
第一节 耐火聚氯乙烯绝缘电缆	153
第二节 耐火交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	157
第三节 耐火控制电缆	159
第六章 橡皮绝缘及特种电缆性能及技术参数	167
第一节 橡皮绝缘电力电缆	167
第二节 橡皮绝缘控制电缆	171
第三节 架空绝缘电缆	172
第四节 氟塑料绝缘高温控制电缆	180
第五节 本安型控制电缆	192
第七章 电缆的选用	196

第一节	电缆选用的因素	196
第二节	电缆绝缘水平的选择	199
第三节	电缆导体截面的选择	202
第四节	电缆结构的选择	217
第五节	控制电缆的选用	220
第八章	电缆的敷设	224
第一节	电缆的运输及保管	224
第二节	电缆的敷设方式及选择	225
第三节	电缆安装前的准备工作	227
第四节	电缆敷设要求及展放方式	240
第五节	电缆敷设牵引力和耐压力的要求及计算	251
第六节	直埋电缆的施工安装	255
第七节	隧道、沟道内电缆的施工安装	269
第八节	排管电缆的施工安装	278
第九节	电缆明敷设的施工安装	286
第十节	特种电缆的施工安装	300
第九章	电缆头的制作安装	305
第一节	35kV 及以下电缆接头的分类、结构及选择	305
第二节	电缆线芯导体的连接	320
第三节	电缆头制作准备工作及工艺要求	331
第四节	35kV 及以下热收缩型电缆头制作	338
第五节	35kV 及以下冷收缩型电缆头制作	352
第六节	35kV 及以下预制型电缆头制作	361
第七节	110kV 及以上交联聚乙烯绝缘电缆头制作	377
第八节	控制电缆头制作	394
第九节	电缆的交接试验及竣工验收	398
第十章	电缆线路的运行维护、故障处理及故障检测诊断	403
第一节	电缆线路的运行原则	403
第二节	电缆线路的运行维护	404
第三节	电缆线路的故障处理	414
第四节	电缆线路的故障检测诊断	424

第一章 电缆的结构及型号

第一节 电缆的种类及型号

电缆从基本结构上分,主要由三部分组成:一是导电线芯,用于传输电能;二是绝缘层,保证电能沿导电线芯传输,在电气上使导体与外界隔离;三是保护层,起保护密封作用,使绝缘层不受外界潮气侵入,不受外界损伤,保持绝缘性能。

一、电缆的种类

电力电缆有多种分类方法,如按电压等级分类,按线芯截面积分类,按导体芯数分类,按绝缘材料分类等。

(一) 按电压等级分类

电缆都是按一定电压等级制造的,电压等级依次为:0.5、1、3、6、10、20、35、60、110、220、330kV。

从施工技术要求、电缆接头、电缆终端头结构特征及运行维护等方面考虑,也可以依据电压这样分类:一是低电压电力电缆(1kV);二是中电压电力电缆(3~35kV);三是高电压电力电缆(60~330kV)。

(二) 按导电线芯截面积分类

我国电力电缆导电线芯标称截面系列为:2.5、4、6、10、16、25、35、50、70、95、120、150、185、240、300、400、500、625、800mm²,共19种。

高压充油电缆导电线芯标称截面系列为100、240、400、600、700、845mm²,共6种。

(三) 按导电线芯数分类

电力电缆导电线芯数有单芯、二芯、三芯、四芯、五芯。单芯电缆通常用于传送单相交流电、直流电,也可在特殊场合使用(如高压电机引出线等)。60kV及其以上电压等级的充油、充气高压电缆也多为单芯。二芯电缆多用于传送单相交流电或直流电。三芯电缆主要用于三相交流电网中,在35kV及以下的各种电缆线路中得到广泛的应用。四芯电缆多用于低压配电线路、中性点接地的三相四线制系统(四芯电缆的第四芯截面积通常为主线芯截面积的40%~60%)。只有电压等级为1kV的电缆才有二芯和四芯。

控制电缆线芯数从一到几十都有。

(四) 按结构特征分类

(1) 统包型:在各芯线外包有统包绝缘,并置于同一护套内。

(2) 分相屏蔽型:主要是分相屏蔽,一般用于10~35kV电压级,分有油纸绝缘式和塑料绝缘式。

(3) 钢管型:电缆绝缘层的外层采用钢管护套,分钢管充油、充气式电缆和钢管油压式、气压式电缆。

(4) 扁平型:三芯电缆的横断面外型呈扁平状,一般用于大长度海底电缆。

(5) 自容型：电缆的护套内有压力，分自容式充油电缆和充气电缆。

(五) 按敷设的环境条件分类

电缆按敷设的环境条件可分为地下直埋、地下管道、空气中、水底过江河、水底过海洋、矿井、高海拔、盐雾、大高差、多移动、潮热区等。

环境因素一般对保护层有一定特殊要求，如要求机械强度、防腐蚀能力或要求增加柔软度等。

(六) 按通电性质分类

按输电的性质分为交流电力电缆和直流电力电缆。目前电力电缆的绝缘均按交流而设计。直流电力电缆的电场分布与交流电力电缆不同，因此需要特殊设计。

(七) 按绝缘材料分类

1. 塑料绝缘电缆

塑料绝缘电缆制造简单，重量轻，终端头和中间接头制作容易，弯曲半径小，敷设简单，维护方便，并具有耐化学腐蚀和一定耐水性能，适用于高落差和垂直敷设。塑料绝缘电缆有聚氯乙烯绝缘电缆、聚乙烯绝缘电缆和交联聚乙烯绝缘电缆。聚氯乙烯绝缘电缆一般用于 10kV 及以下的电缆线路中，交联聚乙烯绝缘电缆多用于 6kV 及以上乃至 110~220kV 的电缆线路中。

2. 橡皮绝缘电缆

由于橡皮富有弹性，性能稳定，有较好的电气、机械、化学性能，多用于 6kV 及以下的电缆线路。

3. 阻燃聚氯乙烯绝缘电缆

前述塑料电缆和橡皮绝缘电缆，其绝缘材料有一个共同的缺点，就是具有可燃性。当线路中或接头处发生事故时，电缆可能因局部过热而燃烧，并导致扩大事故。阻燃电缆是在聚氯乙烯绝缘中加阻燃剂，即使在明火烧烤下，其绝缘也不会燃烧。这种电缆属于塑料电缆的一种，用于 10kV 及以下的电缆线路中。

4. 油浸纸绝缘电力电缆

油浸纸绝缘电力电缆是应用最广的一种电缆。在 1~330kV 各种电压等级的电缆中都被广泛采用。油浸纸绝缘电力电缆是以纸为主要绝缘，以绝缘浸渍剂充分浸渍制成的。根据浸渍情况和绝缘结构的不同，油浸纸绝缘电力电缆又可分为下列几种。

(1) 普通粘性浸渍绝缘电缆：它是一般常用的油浸纸绝缘电缆。电缆的浸渍剂是由低压电缆油和松香混合而成的黏性浸渍剂。根据结构不同，这种电缆又分为统包型、分相铅（铝）包型和分相屏蔽型。统包型电缆的多线芯共用一个金属护套，这种电缆多用于 10kV 及以下电压等级。分相铅（铝）包型电缆每个绝缘线芯都有金属护套。分相屏蔽型电缆的绝缘线芯分别加屏蔽层，并共用一个金属护套。后两种电缆多用于 20~35kV 电压等级。

(2) 滴干绝缘电缆：它是绝缘层厚度增加的粘性浸渍纸绝缘电缆，浸渍后经过滴出浸渍剂制成。滴干绝缘电缆适用于 10kV 及以下电压等级和落差较大的场合。

(3) 不滴流浸渍电缆：它的结构、尺寸与滴干绝缘电缆相同，但用不滴流浸渍剂浸渍制造。不滴流浸渍剂系低压电缆油和某些塑料及合成地蜡的混合物。不滴流浸渍电缆适用于电压等级不超过 10kV、高落差电缆线路以及热带地区。

(4) 油压油浸纸绝缘电缆：它包括自容式充气电缆和钢管充气电缆。电缆的浸渍剂，一般为低黏度的电缆油。充油电缆用于 35kV 及以上电压等级的线路中。

(5) 气压油浸纸绝缘电缆：它包括自容式充气电缆和钢管充气电缆。多用于 35kV 及以上

电压等级的电缆线路中。

二、电缆的型号

(一) 电缆型号及产品表示方法

(1) 用汉语拼音第一个字母的大写表示绝缘种类、导体材料、内护层材料和结构特点。如用 Z 代表纸 (zhi)；L 代表铝 (lu)；Q 代表铅 (qian)；F 代表分相 (fen)；ZR 代表阻燃 (zuran)；NH 代表耐火 (naihuo)。各种代号含义列于表 1-1。

表 1-1 电缆型号各部分的代号及其含义

绝缘种类		导体材料		内 护 层		特 征		铠装层	外被层
代号	含 义	代号	含 义	代号	含 义	代号	含 义	第一位数字	第二位数字
V	聚氯乙烯	L	铝	V	聚氯乙烯护套	D	不滴流	0——无	0——无
X	橡胶	T (省略)	铜	Y	聚乙烯护套	F	分相	2——双钢管	1——纤维外被
Y	聚乙烯			L	铅护套	CY	充油	3——细钢丝	2——聚氯乙烯护套
YJ	交联聚乙烯			Q	铅护套	P	贫油干绝缘	4——粗钢丝	3——聚乙烯护套
Z	纸			H	橡胶护套	P	屏蔽		
				F	氯丁橡胶护套	Z	直流		

注 阻燃电缆在代号前加 ZR；耐火电缆在代号前加 NH。

(2) 用数字表示外护层构成，有二位数字。无数字代表无铠装层，无外被层。第一位数表示铠装，第二位数表示外被，例如，粗钢丝铠装纤维外被表示为 41。

(3) 电缆型号按电缆结构的排列一般依下列次序：

绝缘材料 导体材料 内护层 外护层

(4) 电缆产品用型号、额定电压和规格表示。其方法是在型号后再加上说明额定电压、芯数和标称截面积的阿拉伯数字。例如：

1) VV42—10 3×50 表示铜芯、聚氯乙烯绝缘、粗钢线铠装、聚氯乙烯护套、额定电压 10kV、三芯、标称截面积为 50mm² 的电力电缆。

2) YJV32—1 3×150 表示铜芯、交联聚乙烯绝缘、细钢丝铠装、聚氯乙烯护套、额定电压 1kV、三芯、标称截面积为 150mm² 的电力电缆。

3) ZLQ02—10 3×70 表示铝芯、纸绝缘、铅护套、无铠装、聚氯乙烯护套、额定电压 10kV、三芯、标称截面积为 70mm² 的电力电缆。

(二) 充油电缆型号及产品表示方法

充油电缆型号由产品系列代号和电缆结构各部分代号组成。自容式充油电缆产品系列代号为 CY。外护层结构从里到外用加强层、铠装层、外被层的代号组合表示。外护层代号见表 1-2。绝缘类别、导体、内护层代号及各代号的排列次序以及产品的表示方法与 35kV 及以下电力电缆相同。

表 1-2 充油电缆外护层代号及其含义

加 强 层		铠 装 层		外 被 层	
代号	含 义	代号	含 义	代号	含 义
1	铜带径向加强	0	无铠装	1	纤维层
2	不锈钢带径向加强	2	钢 带	2	聚氯乙烯护套
3	铜带径向窄铜带纵向加强	4	粗钢丝	3	聚乙烯护套
4	不锈钢带径向窄不锈钢纵向加强				

例如，CYZQ102 220/1×300 表示铜芯、纸绝缘、铅护套、铜带径向加强、无铠装、聚氯乙烯护套、额定电压 220kV、单芯、标称截面积为 300mm² 的自容式充油电缆。

第二节 电 缆 的 组 成

电缆是由电缆芯、绝缘防护层等组成。

一、电缆的导体

电缆的导体通常用导电性好、由一定韧性、一定强度的高纯度铜或铝制成。导体截面有圆形、椭圆形、扇形、中空圆形等几种。较小截面（16mm² 以下）的导体由单根导线制成，较大截面（16mm² 及以上）的导体由多根导线分数层绞合制成，绞合时相邻两层扭绞方向相反。几种常用电力电缆结构数据见表 1-3～表 1-5 所示。

表 1-3 电力电缆单线最少根数

标称截面 (mm ²)	第一种实芯导体		第二种绞合导体						20℃时直流电阻	
			非紧压圆形		紧压圆形		紧压扇形		(Ω/km) 不大于	
	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝
16	1	1	7	7	6	6	—	—	1.15	1.91
25	1	1	7	7	6	6	6	6	0.727	1.20
35	—	1	7	7	6	6	6	6	0.524	0.868
50	—	1	19	19	6	6	6	6	0.387	0.641
70	—	1	19	19	12	12	12	12	0.268	0.443
95	—	1	19	19	15	15	15	15	0.193	0.320
120	—	1	37	37	18	15	18	15	0.153	0.253
150	—	1	37	37	18	15	18	15	0.124	0.206
185	—	1	37	37	30	30	30	30	0.0991	0.164
240	—	1	61	61	34	30	34	30	0.0754	0.125
300	—	1	61	61	34	30	34	30	0.0601	0.100
400	—	—	61	61	53	53	53	53	0.0470	0.0778
500	—	—	61	61	53	53	—	—	0.03666	0.0605
630	—	—	91	91	53	53	—	—	0.0283	0.0469
800	—	—	91	91	53	53	—	—	0.0221	0.0367
1000	—	—	91	91	53	53	—	—	0.0176	0.0291

注 25mm² 及以上者可以是扇形导体。

表 1-4 扇形导体的最小标称截面

额定电压 (U_0/U) (kV)	0.6/1, 1.8/3, 3.6/6, 6/6	6/10, 8.7/10
最小截面 (mm ²)	25	35

表 1-5 主导体与中性导体标称截面积对照 (mm²)

主导体	中性导体	主导体	中性导体	主导体	中性导体	主导体	中性导体
25	16	70	35	150	70	300	150
35	16	95	50	185	95	400	185
50	25	120	70	240	120		

充油电缆的导体由初炼的镀锡铜线绞成，铜线镀锡后可大大减轻对油的催化作用。当导体的标称截面大于 1000mm² 时，为了降低集肤效应和邻近效应的影响，常采用分裂导体结构，

导体由 4 个或 6 个彼此用半导电纸分隔开的扇形导体组成。单芯充油电缆的导体中心有一个油道，其直径不小于 12mm。它一般是由不锈钢带或 0.6mm 厚的镀锡铜带绕成螺旋管状作为导体的支撑，这种螺旋管支撑还具有扩大导体直径，减小导体表面最大电场强度和减小集肤效应的效果。而有的则用镀锡铜条制成 Z 形及扇形型绞合成中空油道，不需要螺旋形的支撑管。充油电缆的油道也有在铅套下面的；对于 400kV 及以上的高压充油电缆，为了提高其绝缘强度，则导体中心油道和铜套下面的油道兼而有之。

二、电缆的绝缘层

电缆的绝缘层用来使多芯导体间及导体与护套间相互隔离，并保证一定的电气耐压强度。它应有一定的耐热性能和稳定的绝缘质量。

绝缘层厚度与工作电压有关。一般来说，电压等级越高，绝缘层的厚度也越厚，但并不成比例。因为从电场强度方面考虑，同样电压等级的电缆当导体截面积大时，绝缘层的厚度可以薄些。对于电压等级较低的电缆，特别是电压等级较低的油浸纸绝缘电缆，为保证电缆弯曲时，纸层具有一定的机械强度，绝缘层的厚度随导体截面的增大而加厚。

绝缘层的材料主要有油浸电缆纸、塑料和橡胶三种。根据导体绝缘层所用材料的不同，电缆主要分为塑料绝缘电缆、橡胶绝缘电缆和油浸纸绝缘电缆。现将三种电缆绝缘层的结构及特点分述如下。

（一）塑料绝缘

塑料绝缘主要有聚氯乙烯绝缘和交联聚乙烯绝缘两种，电缆绝缘层分别由热塑性塑料挤包制成和由添加交联剂的热塑性聚乙烯塑料挤包后交联制成。这种绝缘电气性能及耐水性能良好，能抗酸、碱，防腐蚀，它还具有允许工作温度高、机械性能好、可制造高电压电缆等优点。

聚氯乙烯绝缘比油浸纸绝缘有很多优点，但其绝缘的介质损耗较大，比油浸纸绝缘的介质损耗约大 10~20 倍左右，而且其电导（离子）随电场强度的增加而急剧上升，因此在更高电压上的应用受到了限制。在这方面聚乙烯比聚氯乙烯，绝缘性能有很大的改善，在同样条件下，聚乙烯的交流击穿强度提高约 60%，其介质损耗则仅为聚氯乙烯的 0.5% 左右。聚乙烯绝缘电缆具有绝缘性能高、比重小、耐水和化学药品性能良好等特点，但是它的熔点太低，在机械应力作用下容易产生裂纹。为了利用聚乙烯良好的绝缘特性，克服其熔点低的缺点，采用高能辐照或化学的方法对聚乙烯进行交联，使它的分子由原来的线型结构变成网状结构，即由热塑性变为热固性，从而提高了聚乙烯的耐热性和热稳定性，这就是交联聚乙烯。其主要特点是软化点高、热变形小、在高温下机械强度高、抗热老化性能好等；交联聚乙烯电缆的最高运行温度可达 90℃，而短路时的允许温度则达 250℃。

交联聚乙烯电缆虽然具有十分优越的电气性能，但其绝缘内部不可避免地会存在微孔、杂质及其他一些缺陷等，特别是微孔的存在，使其吸水性增强，在高电场的作用下，沿电场方向引发“水树枝”现象，从而使绝缘受到破坏。诚然电缆在材料选择及制造工艺上尽力控制微孔、杂质等是减少水树枝状态现象发生的主要途径，但在敷设施工中不合理的施工方法也会导致新的微孔形成。由于电缆终端、中间接头的密封不良或电缆在施工断头处不加以密封而进水、进潮，都会使电缆在以后的运行中有可能引发水树枝放电，对此应引起足够重视。

（二）橡胶绝缘

橡胶绝缘电力电缆的绝缘层为丁苯橡胶或人工合成橡胶（乙丙橡胶、丁基橡胶）。这种电缆突出的优点是柔软，可挠性好，特别适用于移动性的用电和供电的装置。但是橡胶绝缘遇

到油类时会很快损坏；在高电压作用下，容易受电晕作用产生龟裂。因此这种电缆一般用于 10kV 及以下电压等级，而人工合成的乙丙橡胶绝缘电缆可用到 35kV 电压级。

（三）油浸纸绝缘

油浸纸绝缘由电缆纸与浸渍剂组合而成。普通油浸纸绝缘电缆纸的厚度为 0.08、0.12、0.17mm 三种；浸渍剂用低压电缆油和松香混合而成，称谓黏性浸渍电缆油。单芯电缆和分相铅（铝）套电缆的导体为圆形，绝缘层结构为电缆纸带以同心式多层绕包成圆形。10kV 及以下的多芯电缆，导体为半圆形、椭圆形或扇形，绝缘层结构为束带式。这种结构是在每根导体上分别绕包一部分绝缘纸（称为导体绝缘）后，将几根导体绞合在一起，再绕包一定厚度的电缆纸（称为统包绝缘或带绝缘），这样在导体与导体之间为二倍导体绝缘厚度；在导体与铅护套之间为导体绝缘厚度加统包绝缘厚度。

充油电缆的油浸纸绝缘要求电气性能更高，纸的厚度为 0.045、0.075、0.125、0.175mm 等几种，介质损失角正切值应大于 0.0026。浸渍剂为低黏度的矿物油（绝缘油），油的工频击穿强度应不小于 60kV/2.5mm。这样在一定油压作用下，就大大地提高了电缆绝缘的电气强度。

电力电缆绝缘层的厚度根据电缆的工作电压和导体标称截面来决定，它既要保证在工频电压和冲击电压下不会被击穿，又要保证电缆在正常施工时绝缘不会受到机械损坏。

油浸纸绝缘较橡胶绝缘及聚氯乙烯绝缘具有较强的耐热性，经常运行温度可达 80℃，电气强度高。黏性油浸纸绝缘用于 35kV 及以下电压等级，补充油压的油浸纸绝缘用于 60kV 及以上电压等级。纸绝缘极易吸收水分，使绝缘强度大为降低，因此制造中除了将所含水分除去并进行浸渍处理外，还借助金属护套防止水分侵入。另外，纸绝缘的可曲性比较差，因此规定了电缆最小的允许弯曲半径及最低敷设温度。对于这些，施工中都要特别注意，以保证绝缘性能良好。

三、电缆护层

为了使电缆绝缘不受损伤，并满足各种使用条件和环境的要求，在电缆绝缘层外包覆有保护层，叫做电缆护层。电缆护层分为内护层和外护层。

（一）内护层

内护层是包覆在电缆绝缘上的保护覆盖层，用以防止绝缘层受潮、机械损伤以及光和化学侵蚀性媒质等的作用，同时还可以流过短路电流。内护层有金属的铅护套、平铝护套、皱纹铝护套、铜护套、综合护套，以及非金属的塑料护套、橡胶护套等。金属护套多用于油浸纸绝缘电缆和 110kV 及以上的交联聚乙烯绝缘电力电缆；塑料护套（特别是聚氯乙烯护套）可用于各种塑料绝缘电缆；橡胶护套一般多用于橡胶绝缘电缆。

铝的比重仅为铅的 23.8%，且铝套的厚度比铅套薄得多，所以铝套电缆要比铅套电缆轻得多。而且铝的电阻系数比铅小得多，铝套的短路热容量大，在短路电流持续时间稍长的系统中，一般标准厚度铝套即能满足要求；如计算中热稳定不够时可将铝套稍加厚一些就能满足技术要求，无需增加铜丝（或铜带）屏蔽，因此铝套电缆既经济又实惠，敷设省力；使用皱纹铝护套的电缆，其外径相应较大，使电缆盘的尺寸也相应要大些，因而敷设施工也有一定的难度。相比之下，铅套要比铝套重得多，铅套要满足技术中的短路热稳定要求，铅套的截面必须比铝大得多，但由于铅套结构紧密，化学稳定好、较铝耐腐蚀，因此铅套的使用决不会被铝套所取代。在陆上使用的各种电缆各有特征及利弊，在直埋及排管敷设中宜优先考虑铅套电缆，而过江及海底电缆一定要采用铅套。因为一旦外护套破损后铝套很快会穿孔，不如铅套耐用。

按电缆在使用中受力和外护层的结构情况，铅护套的厚度分为三类，每一类又随着导体截面增大而加厚。

第一类：电缆有铠装层（或麻被）保护，使用中仅有机机械外力而不受拉力的电缆，铅护套厚度为 $1.2 \sim 2.0\text{mm}$ 。

第二类：各种分相铅套电缆，铅护套厚度为 $1.2 \sim 2.5\text{mm}$ 。

第三类：没有任何外护层的裸铅套电缆，以及用于水下敷设等承受大的拉力的钢丝铠装电缆，铅护套厚度为 $1.4 \sim 2.9\text{mm}$ 。

充油电力电缆还考虑到内部承受压力以及敷设运行条件等因素，因此铅护套更要厚些。

由于铝护套的机械强度比铅护套大得多，因此各种形式电缆的铝护套，厚度是统一的，其厚度为 $1.1 \sim 2.0\text{mm}$ 。

还有一种新型的护套结构叫做综合护套，是由铝箔 PE 复合膜纵向搭盖卷包热风焊接，在挤包外护套后与护套结合成一体。具有综合护套的电缆，其重量轻、尺寸小，在零序短路容量不大的系统中使用有降低造价的优势；在零序短路容量较大的系统内需加铜丝屏蔽。综合护套的金属箔作径向阻水是有有效的阻水层，但其抗外力破坏及外护套穿孔后的耐腐蚀作用是脆弱的。

聚氯乙烯绝缘电缆和 35kV 及以下交联聚乙烯绝缘电缆的内护层为聚氯乙烯护套或聚乙烯护套。其厚度为 $1.6 \sim 3.4\text{mm}$ ，随着导体直径的增大而加厚。

（二）外护层

外护层是包覆在电缆护套（内护层）外面的保护覆盖层，主要起机械加强和防腐蚀作用。常用电缆有内护层为金属护层的外护层和内护层为塑料护套的外护层。金属护套的外护层一般由衬垫层、铠装层和外被层三部分组成。衬垫层位于金属护套与铠装层之间，起铠装衬垫和金属护层防腐蚀作用。铠装层为金属带或金属丝，主要起机械保护作用，金属丝可承受拉力。外被层在铠装层外，对金属铠装起防腐蚀作用。衬垫层及外被层由沥青、聚氯乙烯带、浸渍纸、聚氯乙烯或聚乙烯护套等材料组成。根据各种电缆使用的环境和条件不同，其外护层的组成结构也各异。常用各型号电力电缆的外护层结构见有关各种电缆型号表。

内护层为塑料护套的外护层的结构有两种。一种是无外护层而仅有聚氯乙烯（PVC）或聚乙烯护套；另一种是铠装层外还挤包了 PVC 套或聚乙烯套，其厚度与内护套相同。传统的 PVC 外护套因 PVC 的工作温度较低，对于运行温度高且有护层绝缘要求的高压交联聚乙烯（XLPE）电缆已不太适合，所以现采用高密度聚乙烯（HDPE）或低密度聚乙烯（LLDPE）作外护层已很普遍，但无阻燃性，明敷设时要考虑防火措施或采用阻燃型电缆。使用 HDPE 作外护层可提高护层的绝缘水平，外护套与皱纹金属套间应有黏结剂。

第三节 各类电缆的结构特点

电力电缆的基本结构由导体、绝缘层和护层三部分组成。电力电缆的导体在输送电能时，具有高电位。为了改善电场的分布情况，减小切向应力，有的电缆加有屏蔽层。多芯电缆绝缘线芯之间，还需增加填芯和填料，以便将电缆绞制成圆形。

现将常用电力电缆结构特点介绍如下。

一、聚氯乙烯绝缘电力电缆

聚氯乙烯绝缘电力电缆的绝缘层由聚氯乙烯绝缘材料挤包制成。多芯电缆的绝缘线芯绞

合成圆形后再挤包聚氯乙烯护套作为内护层，其外为铠装层和聚氯乙烯外护套。聚氯乙烯绝缘电力电缆有单芯、二芯、三芯、四芯和五芯等 5 种。

额定电压为 6kV 以上的电缆，其导体表面和绝缘表面均有半导体屏蔽层；同时在绝缘屏蔽层外面还有金属带组成的屏蔽层，以承受故障时的短路电流，避免因短路电流引起电缆温升过高而损坏绝缘。

聚氯乙烯绝缘电力电缆安装、维护都很简便，多用于 10kV 及以下电压等级，在 1kV 配电线路中应用最多，特别适用于高落差场合。

图 1-1 是 1kV 聚氯乙烯绝缘电力电缆的结构图。

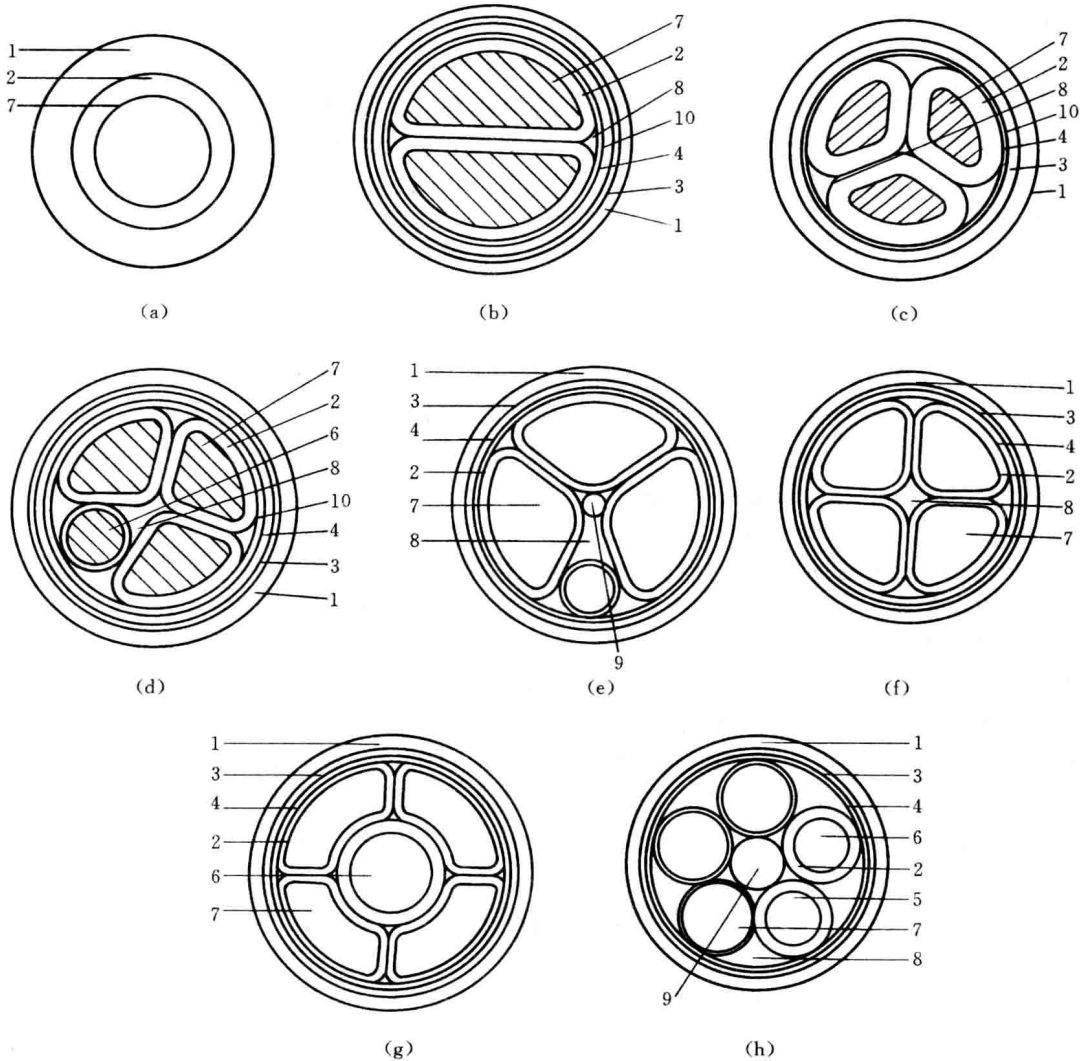


图 1-1 1kV 聚氯乙烯绝缘电缆结构图

(a) 单芯；(b) 二芯；(c) 三芯；(d) 四芯 (3+1)；(e) 四芯 (3+1)；

(f) 四芯 (等截面)；(g) 五芯 (4+1)；(h) 五芯 (3+2)

1—聚氯乙烯外护套；2—聚氯乙烯绝缘；3—钢带铠装；4—聚氯乙烯内护套；5—地线 (保护导体)；

6—中性导体；7—导体；8—填充物；9—填充芯；10—聚氯乙烯包带

二、交联聚乙烯绝缘电力电缆

交联聚乙烯绝缘电力电缆（简称交联电缆）的电场分布均匀，没有切向应力，重量轻，载流量大，已用于 6~35kV 及 110~220kV 的电缆线路中。

1. 35kV 及以下交联聚乙烯绝缘电力电缆

1kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆与聚氯乙烯绝缘电力电缆的结构基本相同，其结构见图 1-2。

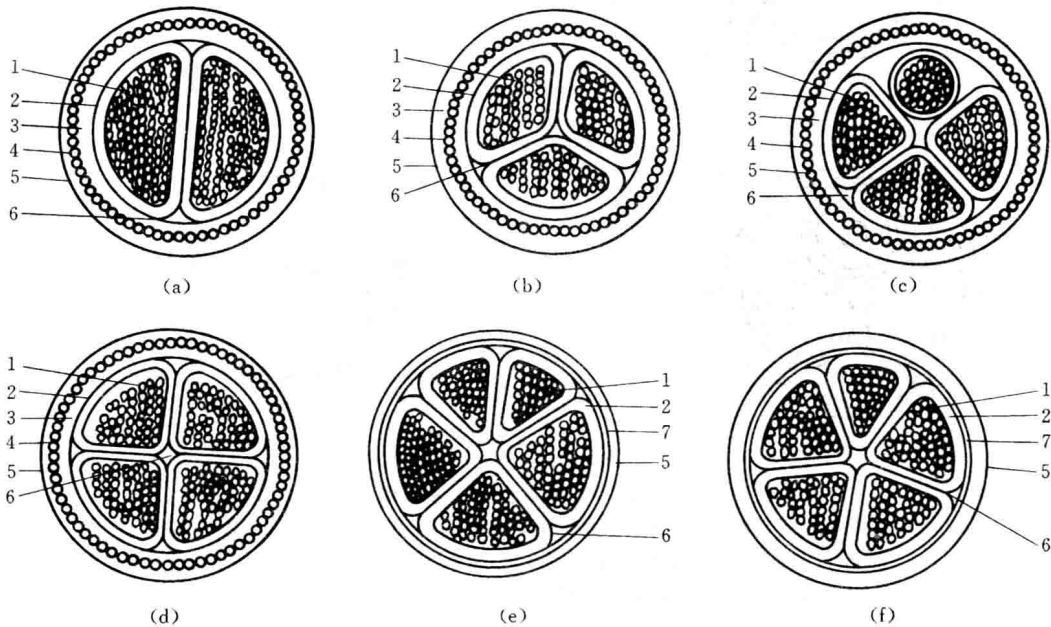


图 1-2 1kV 及以下交联聚乙烯绝缘电力电缆结构图

(a) 二芯；(b) 三芯；(c) 3+1 芯；(d) 四芯（等截面）；(e) 3+2 芯；(f) 4+1 芯

1—导体；2—绝缘层；3—内护层；4—钢丝；5—外护层；6—填充物；7—包带

图 1-3 为 6~35kV 三芯交联聚乙烯绝缘铠装电力电缆的结构图。在圆形导体外有内屏蔽层、交联聚乙烯绝缘层和外屏蔽层。外面还有保护带、铜线屏蔽、铜带和塑料带保护层；三个缆芯中间有一圆形填芯，连同填料扭绞成缆后，外面再加护套、铠装等保护层。

导体屏蔽层为半导体材料，绝缘屏蔽层为半导体交联聚乙烯，并在其外绕包一层 0.1mm 厚的金属带（或金属丝）。电缆内护层（套）的型式，除了上面介绍的三个绝缘线芯共用一个护套外，还有绝缘线芯分相护套。分相护套电缆相当于三个单芯电缆的简单组合。

6~35kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆已广泛使用。

2. 110kV 及以上交联聚乙烯绝缘电力电缆

(1) 与充油电缆相比较，交联聚乙烯绝缘电力电缆有以下主要优点：

1) 有优越的电气性能。交联聚乙烯作为电缆的绝缘介质，具有十分优越的电气性能，在理论上，其性能指标比充油电缆还要好，见表 1-6。

2) 有良好的热性能和机械性能。聚乙烯树脂经交联工艺处理后，大大提高了电缆的耐热性能，交联聚乙烯绝缘电缆的正常工作温度达 90℃，比充油电缆高。因而在相同导体截面时，载流量比充油电缆大。