

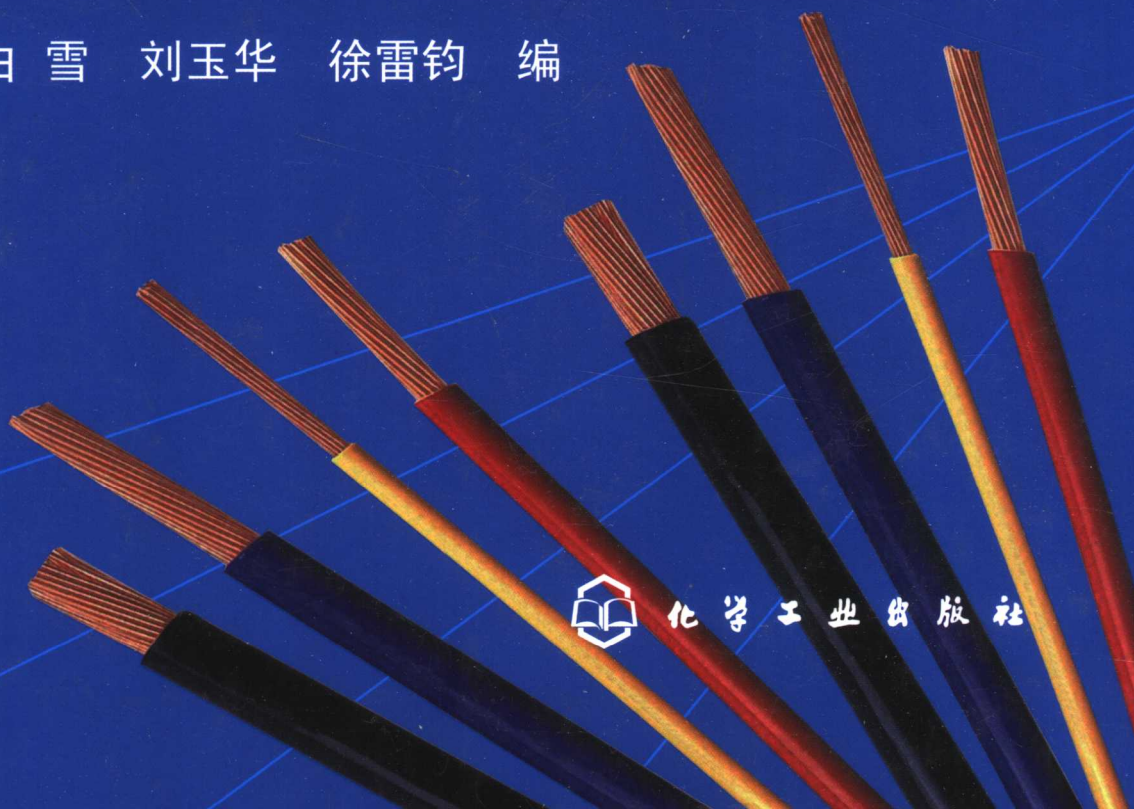
电缆

DIAN LAN
JIQI FUJIAN SHOUC

及其附件 手册



白雪 刘玉华 徐雷钧 编



化学工业出版社

电缆

D I A N L A N
JI Q I F U J I A N S H O U C E

及其附件 手册

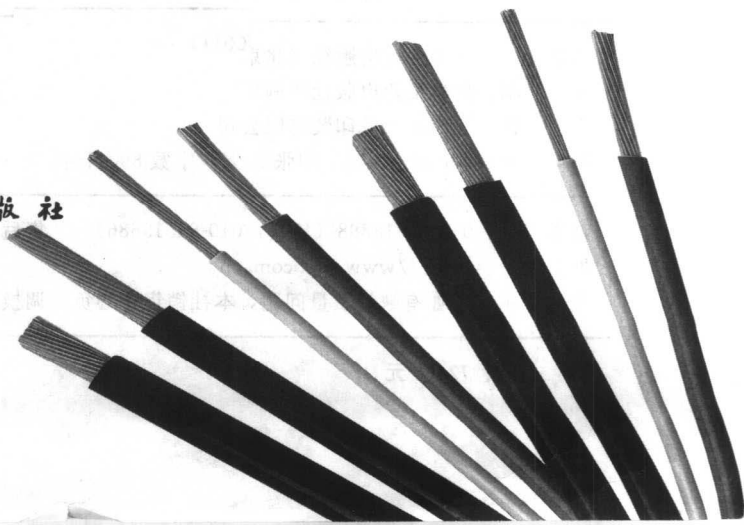


白 雪 刘玉华 徐雷钧 编



化学工业出版社

· 北 京 ·



图书在版编目 (CIP) 数据

电缆及其附件手册/白雪, 刘玉华, 徐雷钧编. —北京:
化学工业出版社, 2007. 7
ISBN 978-7-122-00333-1

I. 电… II. ①白…②刘…③徐… III. 电缆-技术手册
IV. TM246-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 059258 号

责任编辑: 刘 哲 高墨荣 宋 辉
责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 化学工业出版社印刷厂

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 33½ 字数 890 千字 2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 72.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着国民经济的发展和人民生活水平的不断提高,广大电力用户对电力供应的可靠性要求越来越高。而电缆供电以其高可靠性的优势,越来越多地应用于输电、配电、用电等领域,电力行业已成为电缆及其附件的最大用户。其他类别的电缆产品如通信电缆、仪表电缆、特种电缆等在信息科技迅猛发展的今天也越来越被广泛使用。伴随着科技的进步和发展,电缆及其附件产品在不断更新,且更新周期在进一步缩短,电缆及其附件的研究、生产、应用的领域也在不断扩大。随着电缆行业新工艺、新材料、新产品、新标准的不断涌现,电缆产品的规格型号、安装、运行、维护等内容日益引起重视。为满足广大电线电缆生产、科研、设计和使用部门的工程技术人员的需要,为使用户在选择产品时能开阔视野,在采购时有充分的选择余地,为使科研、设计单位和生产企业能够不断调整产品结构和开发研制新产品,我们组织编写了本手册。

本手册共 10 章,包括计算机及仪表电缆、架空绝缘电缆、电力电缆及其附件、控制电缆、通信电缆、电气装备用电线、特种电缆等的品种规格、产品结构和性能指标;电缆的敷设与安装以及电缆常见故障诊断与维修等内容。

本手册内容丰富、取材新颖、简明实用。按照国标、部标及新的施工规范进行编写,介绍电缆及其附件的新产品,主要以功能分类,并大量采用插图与表格、公式、数据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等技术参数和施工工艺及标准。

本手册具有通用性、实用性、科学性和先进性,力求简明、实用,通俗易懂。适用于广大电线电缆生产、科研、设计和使用部门的工程技术人员,也可作为高等院校相关专业师生的参考资料。

本手册由白雪、刘玉华、徐雷钧编写。手册的第 1、9 章由朱莉编写,第 2、4 章由白雪编写,第 3、5 章由徐雷钧编写,第 6 章由康梅编写,第 7、10 章由刘玉华编写,第 8 章由陈山编写。

全书由江苏大学李金伴教授主审。在编写过程中李教授给予了帮助和指导,在审阅过程中,对初稿提出了很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

在本手册的编写过程中,得到了江苏大学领导和有关老师的支持和帮助,在此向他们表示衷心的感谢。

手册涉及面较广,限于编者的见识和水平,手册中难免会有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2007 年 4 月于江苏大学

目 录

第 1 章 电缆的结构及型号	1
1.1 电缆的分类及型号	1
1.1.1 电缆的分类	1
1.1.2 电缆的型号	2
1.2 电缆的组成与结构	4
1.2.1 电缆的导体	4
1.2.2 电缆的绝缘层	5
1.2.3 电缆护层	6
1.3 电线电缆术语	7
1.3.1 名称术语	7
1.3.2 结构术语	9
1.3.3 特性及参数术语	11
1.3.4 电缆连接及敷设安装术语	12
1.4 电线电缆的识别标志与包装	13
1.4.1 电线电缆识别标志	13
1.4.2 电缆外护层型号数码标准	14
1.4.3 电缆包装交货盘	16
第 2 章 计算机及仪表电缆	18
2.1 计算机电缆	18
2.1.1 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套计算机电缆	18
2.1.2 聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套计算机电缆	28
2.1.3 交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套计算机电缆	38
2.1.4 耐火计算机电缆	48
2.1.5 特种计算机电缆	51
2.2 仪表电缆	58
2.2.1 仪表用电缆	58
2.2.2 阻燃型仪表电缆	59
2.2.3 仪表用控制电缆	63
2.2.4 带状电缆	64
2.2.5 三十芯仪表用电缆	67
第 3 章 架空绝缘电缆	68
3.1 额定电压 0.6/1kV 及以下架空绝缘电缆	68
3.2 额定电压 10/35kV 架空绝缘电缆	70
3.3 单芯架空绝缘电缆载流量和温度校正系数	74

第4章 电力电缆及附件	75
4.1 电力电缆及型号编制方法	75
4.1.1 电力电缆概述	75
4.1.2 电力电缆品种及型号	75
4.1.3 电力电缆型号编制方法	76
4.2 油浸纸绝缘电力电缆	79
4.2.1 结构特征	79
4.2.2 品种及规格	80
4.3 塑料绝缘电力电缆	85
4.3.1 聚氯乙烯绝缘电力电缆	85
4.3.2 交联聚乙烯绝缘电力电缆	98
4.4 橡皮绝缘电力电缆	108
4.4.1 品种规格	108
4.4.2 产品结构	110
4.4.3 技术指标	111
4.5 自容式充油电缆	112
4.5.1 品种规格	112
4.5.2 产品结构	113
4.5.3 技术指标	119
4.6 电力电缆附件	121
4.6.1 概述	121
4.6.2 电力电缆终端	121
4.6.3 电力电缆接头	128
4.7 电力电缆载流量	134
第5章 控制电缆	146
5.1 控制电缆的型号和特点	146
5.2 聚氯乙烯绝缘及护套控制电缆	146
5.3 塑料及橡皮绝缘控制电缆	168
5.3.1 橡皮绝缘控制电缆	168
5.3.2 塑料绝缘控制电缆	195
5.4 阻燃控制电缆	202
5.4.1 聚氯乙烯绝缘阻燃控制电缆	202
5.4.2 交联聚乙烯绝缘阻燃控制电缆	210
5.4.3 特种阻燃控制电缆和低烟无卤阻燃控制电缆	210
5.5 耐火控制电缆	213
5.5.1 聚氯乙烯绝缘耐火控制电缆	213
5.5.2 交联聚乙烯绝缘耐火控制电缆	219
5.6 屏蔽型控制电缆	219
5.6.1 数字巡回检测装置屏蔽控制电缆	219
5.6.2 聚氯乙烯绝缘及护套铝箔屏蔽控制电缆	222
5.6.3 多芯式铜膜屏蔽控制电缆	223
5.6.4 辐照聚乙烯绝缘镀铜屏蔽层控制电缆	224

5.6.5	聚乙烯绝缘聚酯丝编织涂漆单芯屏蔽电缆	224
5.6.6	聚乙烯绝缘屏蔽型电缆	224
5.7	本安型控制电缆	225
第 6 章	通信电缆	229
6.1	市内通信电缆	230
6.1.1	简介	230
6.1.2	HYA 型系列实心绝缘非填充型电缆	234
6.1.3	HYAT 型系列实心绝缘填充型电缆	236
6.1.4	HYAC 型实心绝缘非填充自承式电缆	238
6.2	长途通信电缆	238
6.2.1	星绞低频通信电缆	239
6.2.2	低频综合长途通信电缆	240
6.2.3	纸绳纸绝缘高频对称通信电缆	242
6.2.4	铝护套高低频综合通信电缆	244
6.2.5	1.2/4.4mm 同轴综合通信电缆	244
6.2.6	2.6/9.4mm 同轴综合通信电缆	245
6.3	海底通信电缆	246
6.3.1	浅海海底对称通信电缆	247
6.3.2	浅海海底同轴通信电缆	248
6.3.3	5.7/25、4/15 型浅海干线同轴电缆	248
6.4	射频电缆	250
6.4.1	实心聚乙烯绝缘射频电缆	251
6.4.2	电缆分配系统用同轴电缆	254
6.4.3	漏泄同轴电缆	257
6.5	通信设备用电缆	258
6.5.1	电话网用户铜芯室内线	258
6.5.2	聚烯烃绝缘聚氯乙烯护套平行双芯铜包钢电话用户通信线	259
6.5.3	电话软线	260
6.6	通信电缆的电气性能	262
6.6.1	电磁波沿均匀电缆线路的传输	262
6.6.2	一次传输参数	263
6.6.3	二次传输参数	268
6.6.4	一次干扰参数	269
6.6.5	二次干扰参数	272
6.6.6	屏蔽	277
6.6.7	同轴电缆波阻抗不均匀性	281
6.7	通信电缆的设计计算	285
6.7.1	对称电缆的设计计算	286
6.7.2	同轴电缆的设计计算	290
6.7.3	射频电缆的设计计算	291
第 7 章	电气装备用电缆	304
7.1	橡套软电缆	304

7.1.1	产品品种	304
7.1.2	通用橡套软电缆	304
7.1.3	电焊机用软电缆	307
7.1.4	防水橡套电缆	308
7.1.5	潜水泵用扁电缆	308
7.1.6	无线电装置用电缆	308
7.1.7	摄影光源软电缆	311
7.2	矿用电缆	312
7.2.1	产品品种	312
7.2.2	产品规格与结构尺寸	313
7.3	船用电缆	316
7.3.1	产品分类和命名	316
7.3.2	产品品种和规格	317
7.3.3	船用电力电缆	330
7.3.4	船用控制电缆	349
7.4	石油及地质勘探用电缆	355
7.4.1	产品品种	355
7.4.2	产品规格与结构尺寸	356
7.5	电梯电缆	360
7.5.1	橡皮绝缘橡皮护套电梯电缆	360
7.5.2	塑料绝缘塑料护套电梯电缆	361
第8章 特种电缆及其附件		362
8.1	耐高温电缆	362
8.1.1	热电偶用 F46 耐高温补偿导线	362
8.1.2	耐高温控制电缆	363
8.1.3	特种高温型电子计算机用控制电缆	365
8.1.4	耐高温防腐计算机屏蔽电缆	365
8.1.5	不燃烧、耐火、耐高温氟塑系列电力电缆	366
8.1.6	不燃烧、耐火、耐高温氟塑系列控制电缆	366
8.1.7	氟塑料绝缘耐高温控制电缆	367
8.1.8	耐高温防火电缆	368
8.1.9	镀银、镀锡高强度氟塑料高温电线电缆	368
8.1.10	氟塑料绝缘氟塑料护套耐高温补偿电缆	369
8.1.11	特种耐高低温、耐高压扁电缆	371
8.1.12	LH-GN500 云母绕包玻璃纤维耐高温电缆	371
8.1.13	耐油耐高温硅橡胶电缆	372
8.1.14	连铸机用超高温软电缆	372
8.1.15	额定电压 0.6/1kV 耐高温电力电缆	373
8.2	用途和结构特殊的电缆	374
8.2.1	低电感电缆	374
8.2.2	低噪音电缆	382
8.3	功能化电缆	385

8.3.1	NTB、NTBP 防火型高层建筑室内外照明用电缆	385
8.3.2	海上石油平台专用防爆电缆	385
8.3.3	额定电压 35kV 及以下海上石油平台电力电缆	385
8.3.4	额定电压 250/440V 及以下海上石油平台用一般仪表、控制和通信电缆 ..	387
8.3.5	KYESP 型耐压水平导引电缆	387
8.3.6	加热电缆	388
8.4	新型环保电缆	393
8.4.1	CMP 电缆	393
8.4.2	低烟无卤阻燃电缆	396
8.4.3	低烟无卤阻燃型控制电缆	397
8.4.4	核电站用 1E 级无卤低烟阻燃电缆	397
8.4.5	无毒无害新型防白蚁电缆	398
8.4.6	隔氧层高阻燃电缆	400
8.4.7	隔氧层不燃电缆	401
8.4.8	UTP CAT6 4P 阻燃聚氯乙烯或低烟无卤电缆	402
8.4.9	UTP-ZS CAT 5e 25P 阻燃聚氯乙烯或低烟无卤电缆结构	403
8.4.10	UTP-ZS CAT 5e 4P 标准阻燃聚氯乙烯或低烟无卤电缆	404
8.4.11	S-UTP CAT 5e 4P 阻燃聚氯乙烯或低烟无卤电缆	404
8.4.12	FTP CAT 5e 4P 阻燃聚氯乙烯或低烟无卤电缆	405
8.4.13	UTP CAT 5e 4P 阻燃聚氯乙烯或低烟无卤电缆	406
第 9 章	电缆的选用与敷设	408
9.1	电缆的选用	408
9.1.1	电缆选用的因素	408
9.1.2	电缆绝缘水平的选择	411
9.1.3	电缆导体截面的选择	412
9.1.4	电缆结构的选择	426
9.2	电缆的敷设方式及选择	429
9.2.1	电缆敷设方式选择	429
9.2.2	电缆敷设要求及展放方式	430
9.2.3	电缆展放要求及方法	435
9.2.4	电缆敷设牵引力和耐压力的要求	437
9.3	电缆的施工安装	438
9.3.1	直埋电缆的施工安装	438
9.3.2	排管电缆的施工安装	447
9.3.3	隧道、沟道内电缆的施工安装	453
9.3.4	水底电缆的施工安装	461
9.3.5	电缆明敷设的施工安装	466
第 10 章	电缆常见故障诊断及维修	473
10.1	电缆故障种类与诊断	473
10.1.1	电力电缆故障发生的原因及其特征	473
10.1.2	电力电缆故障的种类	475
10.1.3	电力电缆故障诊断的方法与步骤	476

10.2 电缆故障点的测定.....	479
10.2.1 电缆故障性质的判断.....	479
10.2.2 故障距离粗测.....	481
10.2.3 电缆路径探测.....	501
10.2.4 电缆故障的精测定点.....	507
10.3 电缆线路的故障处理.....	515
10.3.1 电缆头故障的处理.....	515
10.3.2 电缆电晕放电故障的消除.....	518
10.3.3 电缆闪络故障的消除.....	518
10.3.4 电缆线路绝缘损坏的修复.....	518
10.3.5 电缆铅包龟裂故障的修复.....	519
10.3.6 电缆外护层损坏的修复.....	519
10.3.7 电缆线路其他故障的修复.....	519
10.3.8 电缆其他故障处理.....	520
10.3.9 电力电缆线路试验.....	522
参考文献.....	525

第 1 章 电缆的结构及型号

1.1 电缆的分类及型号

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浸入,不受外界损伤,保持绝缘性能。

1.1.1 电缆的分类

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。

(1) 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:0.5kV、1kV、3kV、6kV、10kV、20kV、35kV、60kV、110kV、220kV、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)。

(2) 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:2.5mm²、4mm²、6mm²、10mm²、16mm²、25mm²、35mm²、50mm²、70mm²、95mm²、120mm²、150mm²、185mm²、240mm²、300mm²、400mm²、500mm²、625mm²、800mm²,共19种。

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

(3) 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。五芯电缆主要用于额定电压1kV以下的三相五线制系统的输配线路,由5根导体、聚氯乙烯绝缘、聚氯乙烯外护层及聚丙烯撕裂绳填充物组成。导体的外表面用聚氯乙烯绝缘挤包,再用聚丙烯撕裂绳填充,经成缆工艺被挤包在聚氯乙烯外护层内,5根导体中3根用作三相电源导体,1根用作中性导体(N线),另1根用作保护导体(PE线)。它有效的提高了系统的安全性。

控制电缆线芯数从一到几十都有。

(4) 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形呈扁平状，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。

(5) 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、防腐能力或要求增加柔软度等。

(6) 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。

(7) 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、力学、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。

a. 普通黏性浸渍绝缘电缆：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。

b. 滴干绝缘电缆：它是绝缘层厚度增加的黏性浸渍纸绝缘电缆，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。

c. 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。不滴流浸渍剂是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。

d. 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。

e. 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。

1.1.2 电缆的型号

电缆的型号是电缆名称的代号，它可以反映出电缆的类别、用途、主要结构材料及结构

特点，以及敷设场合等。

(1) 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 (lǔ)；Q 代表铅 (qián)；F 代表分相 (fēn)；ZR 代表阻燃 (zuran)；NH 代表耐火 (nǎihuǒ)。各种代号含义列于表 1-1。

表 1-1 常用电线电缆型号中字母的含义

类 别		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	代号	含义	第一位数字	第二位数字
K P B R Y H	电力电缆 (省略不表示)	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	铜	Y	聚乙烯护套	F	分相	2—双钢管	1—纤维外被
	控制电缆	Y	聚乙烯	(省略)		L	铝护套	CY	充油	3—细钢丝	2—聚氯乙烯护套
	信号电缆	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
	绝缘电缆	Z	纸绝缘电缆			H	橡胶护套	P	屏蔽		
	绝缘软线					F	氯丁橡胶护套	Z	直流		
	移动式软电缆										
	市内电话电缆										

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，有两位数字。无数字代表无铠装层，无外被层。第一位数表示铠装结构，第二位数表示外被结构。表 1-2 是根据国家标准 (GB 2952—82) 规定的电缆外护层数字编号的含义。电缆型号中的两位数字是按表 1-2 中含义的组合。例如，粗钢丝铠装纤维外被表示为 41。表 1-3 为电缆外护层型号的新旧对照表。

表 1-2 电缆外护层代号的含义

第一个数字		第二个数字		第一个数字		第二个数字	
代号	铠装类型	代号	外被类型	代号	铠装类型	代号	外被类型
0	无	0	无	3	细圆钢带	3	聚乙烯护套
1	—	1	纤维绕包	4	粗圆钢带	4	—
2	双钢带	2	聚氯乙烯护套				

表 1-3 电缆外护层新、旧型号 (数字) 查对表

新型号		旧型号		新型号		旧型号		新型号		旧型号	
02	03	1	11	30		30	130	41		5	15
20		20	120	31		3	13	42	43	59	25
21		2	12	32	33	23	39	441		16	26
22	23	22	29	40		50	150	241	2441	—	—

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：

- a. VV 42-10/3×50 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；
- b. YJV 32-1/3×150 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；
- c. ZLQ 02-10/3×70 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。

为了减少电缆型号字母的个数，采取了同一类型特征的几项中将最常见的略去的方法。

例如：铜导体电缆中的 T 字略去，仅在用铝作导体的型号中加上字母 L。同样，对于电线电缆的类别，规定电力电缆不写代号而其他电缆均有代号，因此，电力电缆将绝缘类型移在导体前面表示特征。

(2) 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。外护层代号及含义见表 1-4。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 1-4 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，CYZQ 102-220/1×300 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。

1.2 电缆的组成与结构

电缆由电缆芯、绝缘防护层等结构组成。

1.2.1 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。

常用电力电缆结构数据见表 1-5～表 1-7 所示。

表 1-5 电力电缆单线最少根数

标称截面 /mm ²	第一种实心导体		第二 种 绞 合 导 体						20℃时直流电阻 /(Ω/km) ≤	
			非紧压圆形		紧压圆形		紧压扇形			
	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
186	—	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 1-6 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 1-7 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的方法，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。

1.2.2 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。

(1) 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、力学性能好、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、密度小、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，对此应引起足够的重视。

(2) 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。

(3) 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 0.08mm、0.12mm、0.17mm 三种。浸渍剂用低压电缆油和松香混合而成，称为黏性浸渍电缆油。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电电缆铅护套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 2 倍导体绝缘厚度。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 0.045mm、0.075mm、0.125mm、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），油的工频击穿挤包外护套后强度应不小于 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。

1.2.3 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。

(1) 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）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。

铝的密度仅为铅的 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,截面必须比铝套大得多,但由于铅套结构紧密,化学稳定好,较铝套耐腐蚀,因此铅套的使用绝不会被铝套所取代。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。

(2) 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(PE)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(LDPE)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。

1.3 电线电缆术语

1.3.1 名称术语

(1) 一般名称术语