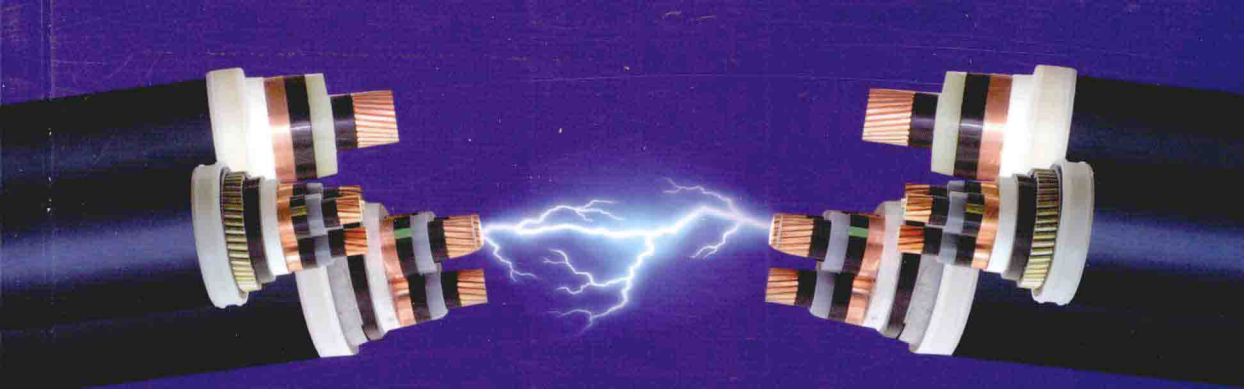




电力电缆试验及 检测技术

韩伯锋 编著

DIANLI DIANLAN SHIYAN JI
JIANCE JISHU



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

014059370

TM247

11-2

DIANLI DIANLAN SHIYAN JI
JIANCE JISHU

电力电缆试验及 检测技术

(第二版)

韩伯锋 编著



北航

C1745778



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

TM247
11-2

内 容 提 要

本书是在第一版基础上修订而成的,作者补充了近5年来的电缆试验和检测新技术,并将所涉及标准的内容进行了更新。

全书共分6章,第1、2章主要介绍电力电缆的分类及其结构形式,并进一步讲述电力电缆有关现场交接及预防性试验方面的标准规程、规定、相关要求及方法等。第3、4章较详细地阐述电力电缆故障性质分析,目前常用的几种故障试验原理、方法及有关注意事项。同时叙述了各种电缆的现场识别及其相关安全操作技术问题。第5、6章主要介绍目前常用的几种电力电缆的绝缘在线监测技术,同时简单地介绍了集中式沟隧道电力电缆的故障在线及安全运行监测问题。

本书可供电力电缆专业、电气检测行业的专业技术人员阅读,也可供大专院校电力工程专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力电缆试验及检测技术/韩伯锋编著.—2版.—北京:
中国电力出版社,2014.8

ISBN 978-7-5123-2757-3

I. ①电… II. ①韩… III. ①电力电缆-试验②电力电缆-
检测 IV. ①TM247

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第033037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

*

2007年9月第一版

2014年8月第二版 2014年8月北京第三次印刷

710毫米×980毫米 16开本 20印张 344千字

印数 6001—8000册 定价 48.00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



前 言

就电力电缆而言,一般涉及四个方面的技术内容:电力电缆的生产制造技术;电力电缆的选型设计技术;电力电缆的安装敷设技术;电力电缆的安全运行技术。

本书主要叙述电力电缆的安全运行技术,当然也涉及前三方面的一些内容。关于电力电缆的安全运行技术,涉及的内容比较多,而本书主要涉及包括电缆的预防性试验、电缆的故障测试、电缆的在线监测、电缆的安防等。

电缆的预防性试验是电力电缆安全运行的基本保证,在油浸纸介质电力电缆时代,简单的绝缘电阻测量及直流耐压泄漏试验结果就可以基本判断出电缆的好坏,并作为该电缆是否能投入运行的依据。但在实际中越来越多地使用橡塑电缆的情况下,由于电缆的主绝缘材料及结构的变化,直流泄漏耐压试验方法已不再适用橡塑电缆的试验要求,即不能用直流泄漏耐压的方法结果来判断橡塑电缆的好坏和是否能投运的依据,因此需要寻找新的试验方法。现阶段在我们国家,关于交联电缆(XLPE)的实验方法处于众说纷纭的状态,在暂时无结论或试行规定标准的情况下,有的单位几乎不做电缆的交接或预防性试验,这就给电缆的安全运行带来了潜在的危险。鉴于目前的情况,在本书的第2章着重介绍了各种电力电缆的试验方法。不管采用其中的何种试验方法,它们目前从技术及实用的角度来讲都是相对比较成熟的,不存在试验设备本身技术上的瓶颈问题。如几年前,变频串联谐振技术在理论上虽已成熟,但在设备的制造上有很大的技术难题,如采用VMOS管功率器件进行变频电源设计,设备体积太大,故障率较高,现场实用性就很差。采用IGBT、IPM半导体技术后使得变频电源的体积和重量都很小,故障率也很小,相对而言,在现场使用就相对方便些。又如超低频试验设备,过去由于技术上的问题,超低频也很难在现场应用,而现在则变得相对简单了。

为了确保供电系统以及电力电缆的安全运行,应及时对电缆运行前、运行中、预试中以及外界因素造成的电缆故障及时地进行处理。在实际中,电力电缆故障的测试也成为电力电缆中的最大且最麻烦的问题之一,本书第3章着重介绍了各种电缆故障的测试方法,但从整个电缆故障测试技术来看,主要存在两个问题:

(1) 相对于其他电气设备的故障检测技术来说,电缆故障测试的技术难度比较

大,对一般用户而言,掌握起来比较困难,加上许多用户的电缆长时间不出一故障,很难谈得上经验和熟练问题。

(2) 电缆故障的粗测从理论和实际使用两方面来讲,目前已不存在任何技术问题,而存在的主要问题是故障点的精确定位($<\pm 0.5\text{m}$ 误差范围),现在仍然主要采用声测定位技术,实际效率及效果仍很不理想,这也成为现今电缆故障测试技术中的一个最大难题。

关于电缆故障的测试技术,本书中涉及了很大的篇幅,其主要目的是为了使广大用户及相关使用人员更好地掌握这一技术,因为作者在实际中看到或了解到因电缆故障不能及时查找而延迟供电给用户带来了比较大的影响及损失,更因电缆故障未能有效查找到而使电缆报废而令人心痛。

在第4章中,着重叙述了在现场中多条同型号并行电缆的识别技术。由于在实际中往往要对已敷设好的某一条或多条电缆进行锯断处理,但同型号并行电缆太多且很多带电运行,因此,在开锯电缆前进行特定电缆的准确识别显得特别重要。到目前为止,这一技术已基本成熟。

在第5章中,着重叙述了目前采用的几种电力电缆在线监测技术,在理论上讲,在线监测要比预防性试验更能实时地反映电缆运行的实际情况。但由于技术上的原因,有些在线监测方法的测试精度及抗干扰性能受到一定的限制,目前只能是实验室阶段,而有些在线监测方法,则由于价格等原因,还不能完全普及推广。从发展和实用的角度讲,在线监测终究要代替传统的预防性试验。

电力电缆的防火灭火是电缆安全运行的必要措施之一,不管是电缆预防性试验,还是电缆的在线监测,目前只有一个,就是防止电缆运行过程突然出现问题,以免造成较大的损失。关于这部分内容在第6章作简单介绍。

本书在第一版编辑出版过程中,曾得到了许多朋友及同事的支持鼓励和帮助,在第一版出版发行后,也曾得到了许多读者的忠恳建议,在此表示衷心的感谢。

本书第二版对第一版中存在的明显错误问题进行改正并对个别章节的内容进行了补充修改。在此过程中首先要感谢张振存同志所做的许多工作。

在第一版前言部分我也提到,为了写好这本书,虽然本人在主观上下了很大的决心,也付出了艰辛的劳动,但由于本人工作性质及工作环境等特殊原因,使得整个写作过程比较长,写作思路断断续续,加上本人的学识水平的局限,在书中肯定会存在不少的问题和疏漏。在再版前,本人也曾想静下心来,好好地修正和增写一些内容,但还是有些遗憾,因此还要诚恳地请广大读者及有关技术人员提出批评并给予指正!

编著者

2014.5



第一版前言

关于电力电缆，一般涉及四方面的内容，即：电力电缆的生产制造；电力电缆的选型设计；电力电缆的安装敷设；电力电缆的安全运行。

本书将主要叙述最后一个方面的问题，当然也涉及前三方面的一些内容。关于电力电缆的安全运行，涉及的内容也是比较多，本书主要包括电缆的预防性试验、电缆的故障测试、电缆的在线监测、电缆的安防等内容。

电缆的预防性试验是电力电缆安全运行的基本保证，在油浸纸介质电力电缆时代，简单的绝缘电阻测量及直流耐压泄漏试验就可以判断出电缆的好坏，并判断出是否能投入运行。但在实际中越来越多地使用橡塑电缆的情况下，由于电缆的主绝缘材料及结构的变化，直流耐压耐压试验已不能再适用橡塑电缆的现场试验要求，因此需要寻找新的试验方法。现阶段在我们国家，关于交联电缆（XLPE）的试验方法处于众说纷纭的状态，在暂时无结论或规定标准的情况下，有的单位几乎不做电缆的交接或预防性试验，这给电缆的安全运行带来了潜在的危险。鉴于目前的情况，在本书的第2章着重介绍了各种电力电缆的试验方法。不管采用其中的何种试验方法，它们目前从技术及实用的角度来讲都是相对比较成熟的，不存在设备技术上的瓶颈问题。如几年前，变频串联谐振技术在理论上虽已成熟，但在设备的制造上有很大的技术问题，采用VMOS管功率器件进行变频电源设计，设备体积太大，故障率较高，现场实用性较差。采用IGBT、IPM半导体技术使得变频电源的体积和重量都很小，故障率也很少，相对而言，在现场使用相对方便些。又如超低频试验设备，过去由于技术上的问题，超低频也很难在现场应用，而现在则变得相对简单了。

为了确保供电系统以及电力电缆的安全运行，应及时对电缆运行前、运行中、预试中以及外界因素造成的电缆故障及时地进行处理。在实际中，电力电缆故障的测试也成为电力电缆中的最大且最麻烦的问题之一，在本书的第3章中着重介绍了各种电缆故障的测试方法，但从整个电缆故障测试技术来看，主要存在两个问题：

（1）相对于其他电气设备的故障检测技术来说，电缆故障测试的技术难度比较

大,对一般用户而言,掌握起来比较困难,加上许多用户的电缆长时间不出一故障,很难谈得上经验和熟练问题。

(2) 电缆故障的粗测从理论和实际上讲,目前已不存在任何技术问题,而存在的主要问题是故障点的精确定位($<\pm 0.5\text{m}$ 范围),现在仍然主要采用声测定位技术,实际效率及效果仍很不理想,这也成为现今电缆故障测试技术中的一个最大难题。

关于电缆故障的测试技术,本书中涉及了很大的篇幅,其主要目的是为了使用户及相关使用人员更好地掌握这一技术,因为作者在实际中看到或了解到因电缆故障而不能及时查找而延迟供电给用户带来的影响及损失比较大,因电缆故障未能查找到而使电缆报废,令人痛心。

在第4章中,着重叙述了在现场中多条同型号并行电缆的识别技术。由于在实际中往往要对已敷设好的某一条或多条电缆进行锯断处理,但同型号并行电缆太多且多带电运行,因此,在开锯电缆前进行特定电缆的准确识别显得特别重要。到目前为止,这一技术已基本成熟。

在第5章中,着重叙述了目前采用的几种电力电缆在线监测技术,在理论上讲,在线监测要比预防性试验更能实时地反映电缆运行的实际情况。但由于技术上的原因,有些在线监测方法的测试精度及抗干扰性能受到一定的限制,目前只是实验室阶段,而有些在线监测方法,则由于价格等原因,还不能完全普及推广。从发展和实用的角度讲,在线监测终究要代替传统的预防性试验。

电力电缆的防火灭火是电缆安全运行的必要措施之一,不管是电缆预防性试验,还是电缆的在线监测,目的只有一个,就是防止电缆运行过程突然出现问题,以免造成较大的损失。关于这部分内容在第6章作简单介绍。

本书在编辑出版过程中,得到了许多朋友及同事的支持鼓励和帮助,特别是张振存、屈丽萍、白园春等同志在编写过程中所给予的无私帮助,在此表示衷心的感谢。

为了写好这本书,虽然本人在主观上下了很大的决心,也付出了艰辛的劳动,但由于工作环境及本人的特殊原因,整个写作过程比较长,写作思路断断续续,加上本人的学识水平的局限,在书中肯定会存在不少的问题和疏漏,因此恳请广大读者及有关技术人员批评指正!

编著者

2007.9

目 录

前言

第一版前言

第 1 章 电力电缆的分类及其结构	1
1.1 电力电缆的种类、型号及结构	1
1.2 电力电缆的接头分类及其结构	9
第 2 章 电力电缆的电性能试验	17
2.1 电力电缆的主要电性能试验项目	17
2.2 电力电缆的等效电路	18
2.3 电力电缆导体直流电阻测量	24
2.4 电力电缆相序的检测	30
2.5 电力电缆绝缘电阻的测量	31
2.6 一种用于电缆电性能的专用测量智能仪器	43
2.7 电力电缆泄漏电流测量及直流耐压试验	46
2.8 电力电缆的交流耐压试验	65
2.9 电力电缆介质损失角正切值试验	97
2.10 电力电缆绝缘局部放电的检测	105
2.11 电力电缆振荡波耐压试验	107
第 3 章 电力电缆故障检测技术	109
3.1 概述	109
3.2 电力电缆故障的测试程序	111
3.3 电力电缆故障性质分析方法	116
3.4 电力电缆故障粗测方法(一)——电桥法	126
3.5 电力电缆故障粗测方法(二)——行波法	133

3.6	行波法在电力电缆故障测试方面的应用	146
3.7	不同类型电力电缆的故障测试	227
3.8	电力电缆故障的精确定点方法	228
3.9	地理电力电缆路径的查找	239
3.10	电力电缆故障测试误差分析	245
3.11	关于电缆的丈量新技术	248
3.12	电力电缆故障测试车	249
第4章	电力电缆的识别技术	256
4.1	概述	256
4.2	不带电电力电缆识别技术	257
4.3	电力电缆锯切前的扎伤	260
4.4	电力电缆的锯切	261
第5章	电力电缆的在线监测技术	264
5.1	电力电缆绝缘在线监测技术	264
5.2	电力电缆故障在线测试	269
第6章	集中式电力电缆的在线监控与防火灭火技术	271
6.1	隧道电缆运行监控系统——火灾自动探测 报警系统范例1	272
6.2	隧道电缆运行监控系统——火灾自动探测 报警系统范例2	277
6.3	隧道电缆运行监控系统——火灾自动探测 报警系统范例3	279
6.4	隧道电缆的防火	281
6.5	电缆的灭火	287
附录1	GB 50150—2006《电气装置安装工程电气设备交接 试验标准》摘录	294
附录2	DL/T 596—1996《电力设备预防性试验规程》摘录	301
	后记	309
	参考文献	311

电力电缆的分类及其结构

自 1890 年世界上首次使用电力电缆至今已有 100 多年的历史, 电力电缆的种类及型号非常多, 有关介绍这方面的专业书籍也不少, 本章主要从电缆运行维护, 特别是从故障查找的角度来分析电力电缆的种类及其结构问题。

1.1 电力电缆的种类、型号及结构

1.1.1 按电压等级分类

电力电缆的作用是输送及分配电能, 而电能最主要的两个技术参数是容量的大小及电压的高低, 特别是电压高低, 即电压等级, 通常用 U_0/U 表示电缆的额定电压, 其中 U_0 为电缆芯线导体与金属外护套或金属屏蔽之间的设计电压, 也叫相电压, U 为芯线导体之间的设计电压, 也叫线电压。

在我国, 按电缆的额定电压等级分类共有 19 种, 通常按电压等级把电力电缆分为以下四大类:

- (1) 低压电力电缆, $U \leq 1\text{kV}$, 0.6/1、1/1kV;
- (2) 中压/中高压电力电缆, $6\text{kV} \leq U \leq 35\text{kV}$, 3.6/6、6/6、6/10、8.7/10、8.7/15、12/15、12/20、18/20、18/30、21/35、26/35kV;
- (3) 高压电力电缆, $63\text{kV} \leq U \leq 220\text{kV}$, 36/63、48/63、64/110、127/220kV;
- (4) 超高压电力电缆, $U \geq 330\text{kV}$ 。190/330、290/500kV。

电力电缆的现场耐压试验, 无论是直流耐压试验还是交流耐压试验, 其试验电压 U_s 的高低除考虑电缆的结构型式及绝缘材料外, 主要是依据电缆参数

U_0/U 而定。电力电缆的主绝缘故障及护套绝缘故障的查找，一般要通过给故障电缆加不同高低的电压，其最高测试电压也是依据电缆参数 U_0/U 而定。

1.1.2 按绝缘材料分类

电力电缆的主要结构组成是导体和绝缘体两大部分，目前，导体材料除了铝，便是铜，而绝缘材料则比较多，它也决定了电力电缆的结构型式及主要性能，通常有油浸纸绝缘电力电缆和塑料绝缘电力电缆两大类，现分述如下。

1.1.2.1 油浸纸绝缘电力电缆

油浸纸绝缘电力电缆是应用历史悠久且广泛的一种电缆，其绝缘材料由绝缘纸和绝缘浸渍剂复合而成，根据浸渍剂及结构等的不同而有以下几种类型。

1.1.2.1.1 普通黏性油浸纸电缆

其绝缘浸渍剂由低压电缆油与松香的混合物组成，广泛应用于 35kV 及以下电压等级，在结构型式上通常分统包型和分相铅（铝）包型两种。10kV 及以下多芯电缆常共用一个金属护套（铅或铝）即为统包型；20~35kV 电缆每个绝缘线芯都有金属（铅或铝）护套，即为分相铅（铝）包型。电缆结构如图 1-1 和图 1-2 所示。

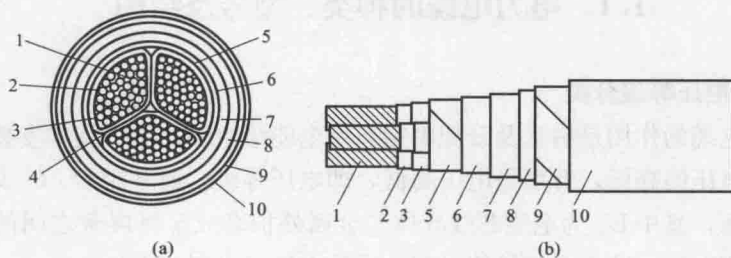


图 1-1 统包型电缆结构示意图

(a) 截面图；(b) 外形图

1—扇形导体；2—导体屏蔽层；3—油浸纸绝缘；4—填充物；

5—统包油浸纸绝缘；6—绝缘屏蔽层；7—铅（或铝）护套；

8—垫层；9—钢带铠装；10—聚氯乙烯或麻织物外护套

图 1-1 和图 1-2 中，电缆的导体芯线有铝芯和铜芯之分，对统包型结构电缆，其形状为扇形结构，对电压等级稍高的电缆，在统包绝缘层与铅（或铝）护套之间才采用半导电屏蔽层，电缆的绝缘外护层多采用聚氯乙烯（PVC）或麻织物。

统包电缆的代表型号有四种：

铝芯铅包 ZLQ□□型（如 ZLQ02、ZLQ04 型等）；

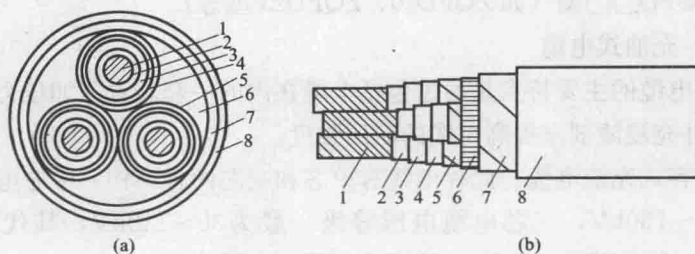


图 1-2 分相铅包型电缆结构示意图

(a) 截面图; (b) 外形图

1—导体; 2—导体屏蔽; 3—油纸绝缘层; 4—绝缘屏蔽;

5—铅护套; 6—内垫层及填料; 7—铠装层; 8—外护套

铝芯铝包 ZLL□□型 (如 ZLL21 型);

铜芯铅包 ZQ□□型 (如 ZQ02 型);

铜芯铝包 ZL□□型 (如 ZL02 型)。

分相铅包型电缆的代表型号有两种:

铝芯铅包 ZLQF□□型 (如 ZLQF22 型);

铜芯铅包 ZQF□□型 (如 ZQF22 型)。

普通黏性油浸纸电缆的绝缘浸渍剂通常容易流动, 当电缆敷设在落差较大的场合时, 浸渍剂向低端流动, 使得高端部分浸渍剂减少, 造成高端绝缘水平下降, 往往形成各种高阻故障 (见本书 3.3 电力电缆故障性质分析方法), 因此这种电缆不适于高落差敷设场合。

1.1.2.1.2 不滴流油浸纸绝缘电缆

此电缆绝缘浸渍剂为低压电缆油、某种塑料 (聚乙烯粉料、聚异丁烯交料等) 及合成地蜡的混合物, 在浸渍温度时黏度相对较低, 以保证电缆的充分浸渍, 但在电缆工作温度下, 由于浸渍剂中含有油、塑料及蜡体等, 浸渍剂呈塑料蜡体状不易流动, 不易受电缆敷设落差的限制。这是相对于普通黏性油浸纸电缆的最大优点。在结构上与普通黏性油浸纸电缆完全相同。

统包型电缆的代表型号有两种:

铝芯 ZLLD□□型 (如 ZLLD02、ZKKD23 型等);

铜芯 ZQD□□型 (如 ZQD02、ZQD23 型等)。

分相型电缆的代表型号有两种:

铝芯 ZLQF□□型 (如 ZLQF20、ZLQF41 型等);

铜芯 ZQFD□□型 (如 ZQFD20、ZQFD23 型等)。

1.1.2.1.3 充油式电缆

充油式电缆的主要特点是通过包括电缆在内的一套装置 (如压力箱、重力箱等), 以补充浸渍剂来提高电缆的耐压强度。

(1) 自容式充油电缆: 此种电缆有单芯和三芯两种结构, 单芯电缆的电压等级为 110~750kV, 三芯电缆电压等级一般为 35~110kV, 其代表型号为 CYZQ□□ (如 CYZQ241 型), 其结构如图 1-3 所示。

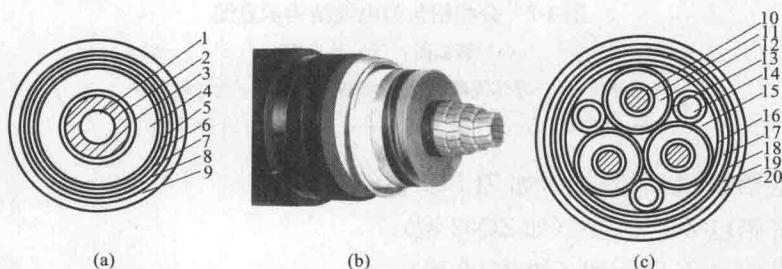


图 1-3 自容式充油电缆结构示意图

(a) 单芯自容式充油电缆截面; (b) 外形图; (c) 三芯自容式充油电缆

1—油道; 2、10—导线; 3、11—导线屏障; 4、12—绝缘层; 5、13—绝缘屏障; 6、17—铅护套; 7—内衬垫; 8—加强铜带; 9、20—外护套; 14—油道; 15—填料; 16—铜丝编织带; 18—内衬垫; 19—加强层

(2) 钢管充油电缆: 此类电缆一般为三芯结构, 也多用高电压等级, 钢管为电缆的护层, 其结构如图 1-4 所示。

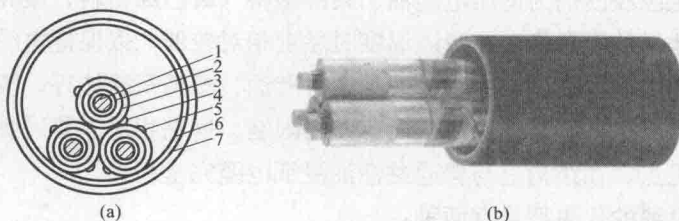


图 1-4 钢管充油电缆结构示意图

(a) 截面图; (b) 外形图

1—导线; 2—导线屏障; 3—绝缘层; 4—绝缘屏障;
5—半圆形滑丝; 6—钢管; 7—防腐层

1.1.2.1.4 充气式电缆

包括自容式充气油浸纸电缆和钢管充气油浸纸电缆，多用于 35~220kV 及以上电压等级系统。

1.1.2.2 塑料绝缘电缆

塑料绝缘电缆是挤包型绝缘电缆的一种，由于近几年的发展速度较快，应用较广，已有完全取代油浸纸绝缘电力电缆的趋势。其主要特点是生产过程简单、容易敷设、安装维护方便，广泛应用于各种电压等级系统，根据绝缘材料成分不同有以下几种类型。

1.1.2.2.1 聚氯乙烯绝缘电缆 (PVC 电缆)

PVC 电缆主要用于 6/6、6/10kV 及以下中低压电压等级系统中，在 1kV 配电线路中应用最多，PVC 电缆有单芯、二芯、三芯、四芯及以上多芯多种。1kV PVC 电力电缆的典型结构如图 1-5 所示。电缆结构大多采用圆形结构，

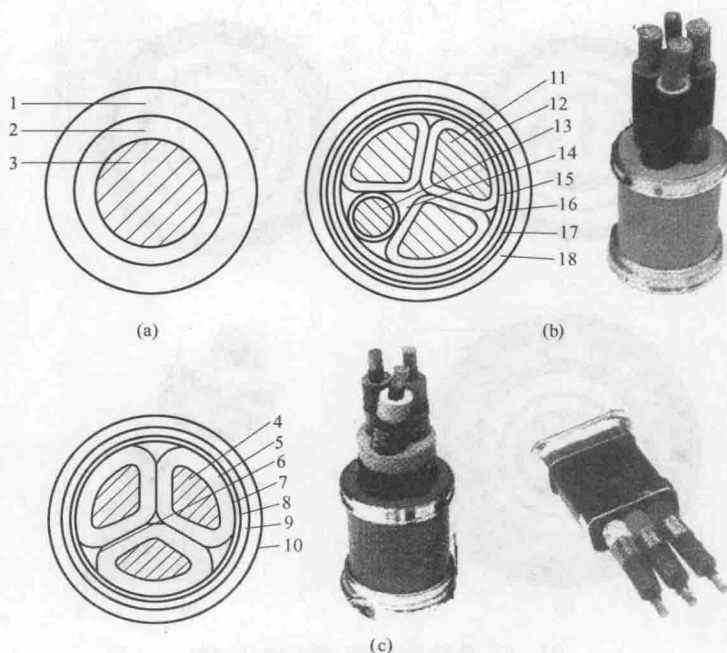


图 1-5 1kV PVC 电力电缆结构示意图

(a) 1kV 单芯电缆截面图；(b) 1kV 四芯电缆截面图和外形图；

(c) 1kV 三芯电缆截面图和外形图

1、10、18—聚氯乙烯外护套；2、5、12—聚氯乙烯绝缘；3、4、11—导体；6、14—填充物；7、15—聚氯乙烯包带；8、16—聚氯乙烯内护套；9、17—钢带铠装；13—中性导体

多数不带金属屏蔽层,对于特殊用途的电缆,如部分矿用电缆、机场灯光用电缆、油田井用电缆等,也带有单芯独立金属屏蔽,或平行扁状结构。

额定电压为 6kV 及以上的聚氯乙烯绝缘电缆结构可参考交联聚乙烯电缆结构图,这种电缆在实际中应用较少。

由于 PVC 绝缘低压电缆在配电系统中的大量应用,在实际中很少对其定时进行试验维护,电缆的故障率较高,相当一部分电缆处于“带病工作”状态,多表现为相间或相间并对地泄漏性高阻故障和开路(断线)故障。

1.1.2.2:2 交联聚乙烯绝缘电缆(XLPE 绝缘电缆)

交联聚乙烯绝缘电缆(简称交联电缆或 XLPE 电缆)不但应用于 6kV 以下低压供电系统,而且在 6~500kV 电压等级输配电线路系统,应用也非常广泛。6kV 以下的 XLPE 电缆结构与 PVC 低压电缆的结构基本相同。

6~35kV 交联聚乙烯电缆的结构如图 1-6 和图 1-7 所示。

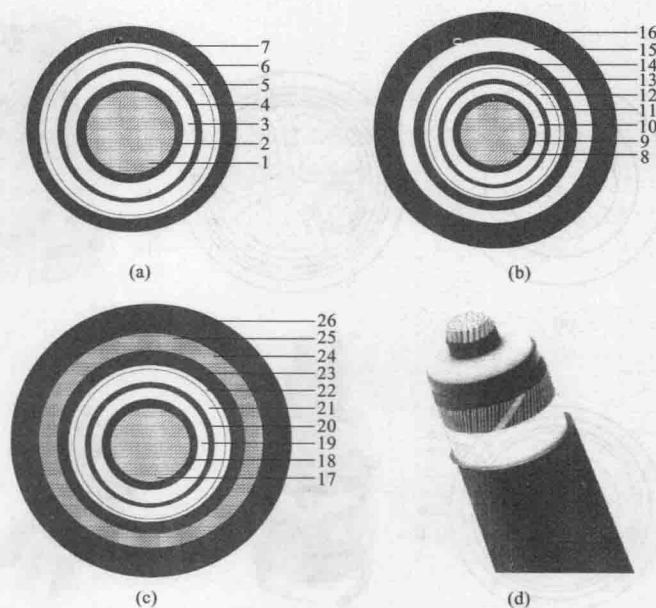


图 1-6 单芯交联聚乙烯电缆结构图

(a) 单芯交联聚乙烯绝缘电缆; (b) 单芯交联聚乙烯绝缘钢带铠装电缆; (c) 单芯交联聚乙烯绝缘钢丝铠装电缆; (d) 外形图

1、8、17—导体; 2、9、18—导体屏蔽; 3、10、19—绝缘; 4、11、20—绝缘屏蔽; 5、12、21—铜带屏蔽; 6、13、22—包带; 7、16、26—外护套; 14、23—内护套; 15、24—钢带铠装; 25—铜丝

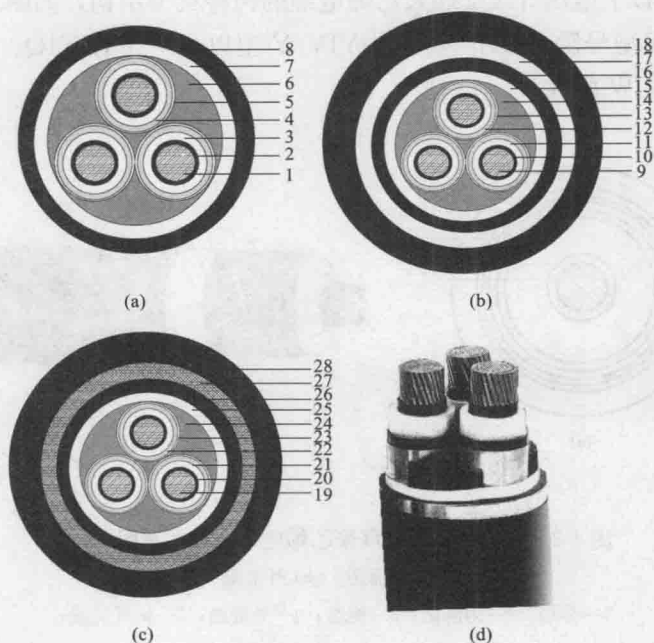


图 1-7 三芯交联聚乙烯电缆结构图

(a) 无铠装电缆；(b) 钢带铠装电缆；

(c) 钢丝铠装电缆；(d) 外形图

1、9、19—导体；2、10、20—导体屏蔽；3、11、21—绝缘；4、12、
22—绝缘屏蔽；5、13、23—铜带屏蔽；6、14、24—填充物；7、15、
25—包带；8、18、28—外护套；16、26—内护套；
17、27—钢带/钢丝铠装

6~35kV 交联聚乙烯电缆与低压各类塑料电缆的结构相比较，最主要的区别是增加了内外半导电屏蔽层和铜带（丝）金属屏蔽层，内外半导电屏蔽层均采用加炭黑的交联聚乙烯料，其厚度一般为 1~2mm，体积电阻率一般为 $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ ，铜带（丝）是对电缆接地故障电流形成回路并提供稳定的地电位。因此交联聚乙烯电缆的地线是由铜带（丝）引出而不是铠装钢带，这一点非常重要。当导体截面积为 240mm^2 及以下电缆，一般为铜带屏蔽结构；而当导体截面积大于 240mm^2 以上电缆，则采用铜丝屏蔽结构。

6~35kV 交联聚乙烯电缆的代表型号，如铝芯 YJLV 型或 YJLY 型，铜芯 YJV 型或 YJY 型。

66kV 及以上电压等级交联聚乙烯电缆的两种典型结构，如图 1-8、图 1-9 所示，其代表型号除 YJLY/V 型和 YJV/Y 型以外，还有 YJQ、YJLQ 型和 YJLW、YJLLW 型等。

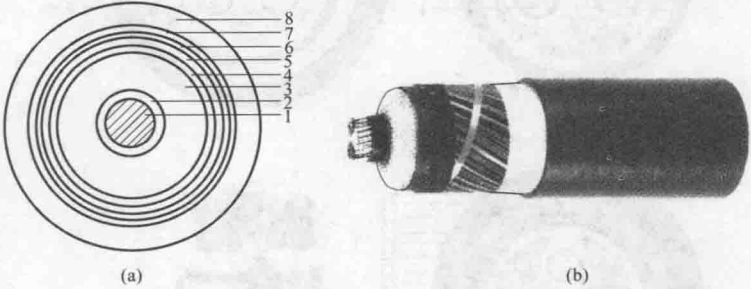


图 1-8 66~220kV 交联聚乙烯电缆结构示意图（一）

(a) 截面图；(b) 外形图

1—导线；2—内屏蔽；3—绝缘；4—外屏蔽；5—铜丝屏蔽；
6—纵向阻水层；7—综合防水层；8—外护套

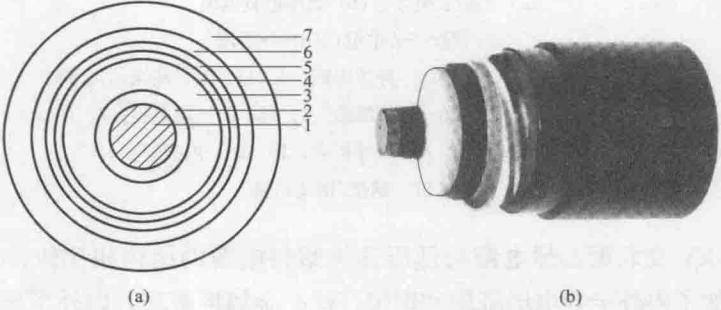


图 1-9 66~220kV 交联聚乙烯电缆结构示意图（二）

(a) 截面图；(b) 外形图

1—导线；2—内屏蔽；3—绝缘；4—外屏蔽；5—纵向阻水层；
6—非磁性金属护套；7—外护套

与 35kV 及以下等级电缆相比，66kV 及以上等级电缆铠装层不是钢带，而是采用非磁性金属，如皱纹铝（铜、铝合金、不锈钢）护套，同时起到很好