

电缆施工

华东电业管理局汇编



上海人民出版社

电 缆 施 工

华 东 电 业 管 理 局 汇 编

上 海 人 民 出 版 社

内 容 提 要

本书是在原上海科学技术出版社出版的《户内电缆施工讲义》一书的基础上集体编写而成,主要介绍 1~10 千伏电缆敷设和户内、户外、中间环氧树脂电缆头。对电缆敷设的要求、制作环氧树脂电缆头的原材料,使用工具,电缆头的结构形式以及工艺要求和工艺程序,都作了必要的叙述。本书着重介绍了装配式电缆支架,微毒性硬化剂,新型户内、户外、中间环氧树脂电缆头的制作。此外,附录内还列入了一些施工需用的较新技术资料。

本书可作工矿企业电缆工人学习资料,也可供有关专业的现场工作人员参考。

电 缆 施 工

华东电业管理局汇编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷六厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.25 字数 135,000

1971年3月第1版 1971年3月第1次印刷

书号: 15·4·110 定价: 0.34 元

毛主席语录

中国共产党是全中国人民的领导核心。没有这样一个核心，社会主义事业就不能胜利。

独立自主、自力更生

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

世间一切事物中，人是第一个可宝贵的。在共产党领导下，只要有了人，什么人间奇迹也可以造出来。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

毛主席语录

工人阶级必须领导一切。

无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。

前 言

在伟大领袖毛主席“独立自主、自力更生”的教导下，华东电力建设电缆施工工人和革命技术人员，会同上海电缆研究所、华东电力设计院、电力建设科学技术研究所、常州电力修造厂、上海长征造漆厂以及上海橡胶制品五厂等单位的同志们，发扬了敢想、敢干、敢革命的精神，坚决打破洋框框，走自己工业发展道路。在史无前例的无产阶级文化大革命期间，创制了一系列具有独特风格，体积小，重量轻，性能可靠，工艺简便的户内、户外、中间环氧树脂电缆头以及装配式电缆支架，为我国电缆施工开辟了一条崭新的道路。

电缆头制作是电缆施工中最关键的一环，对安全发电、供电具有重大的意义。在无产阶级文化大革命前，由于叛徒、内奸、工贼刘少奇推行“洋奴哲学”、“爬行主义”等一整套修正主义工业路线，使我国电缆头技术长期以来得不到迅速的发展。如长期来一直使用的户外生铁电缆头，光是一个生铁外壳就重达 45 公斤。在 1958 年大跃进期间，虽出现了一些环氧树脂电缆头，但在刘少奇反革命修正主义工业路线影响下，这些新事物遭到了压制，未能得到应有的发展。在伟大的无产阶级文化大革命中，工人同志和革命技术人员狠批了大叛徒刘

少奇的反革命修正主义工业路线，遵循伟大领袖毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的教导，不断地对环氧树脂电缆头的型式、结构、工艺、硬化剂，以及电缆支架等进行了革新和改进，从现场用模具浇注及现场制作改为预制装配式，不仅体积小、重量轻、用料少，而且简化了工艺，提高了工效。如户内环氧树脂电缆头用料平均减少了三分之二，工效提高一倍。制出的微毒性硬化剂，保证了施工人员的身体健康，并扩大了应用范围，使用的户外环氧树脂电缆头的重量只有生铁电缆头的十分之一。在革新和改进过程中，工人同志们发扬了“一不怕苦，二不怕死”的彻底革命精神，为探索环氧树脂电缆头的新结构和新工艺取得了新的胜利！使用新的环氧树脂电缆头及装配式电缆支架后，进一步提高了施工质量，大大加快施工进度，降低了施工成本。近二年来，这些新成果已在祖国各地开始应用，有力地支援了我国工农业生产与国防建设发展的需要。

本书由华东电业管理局第一、二、三工程公司，电力建设科学技术研究所，华东电力设计院，上海电缆研究所的同志们在原《户内电缆施工讲义》一书的基础上集体编写而成。本书着重介绍装配式电缆支架，微毒性硬化剂，新型户内、户外及中间环氧树脂电缆接头。电缆施工技术正在发展，本书只是一个阶段性的小结，不足之处，欢迎读者多多提出宝贵意见。

华东电业管理局革委会生产组

1971年3月

目 录

第一章	电缆的品种与规格	1
1-1	概述	1
1-2	纸绝缘电力电缆的种类规格	3
1-3	电力电缆的型号与名称	9
1-4	油浸纸绝缘控制电缆	12
1-5	橡皮绝缘电力电缆与控制电缆	14
1-6	电缆的出厂试验	20
第二章	电缆的结构与原材料	28
2-1	导电线芯的结构	28
2-2	导电线芯用的材料	34
2-3	绝缘结构	37
2-4	绝缘层用材料	41
2-5	内护层结构与材料	47
2-6	外护层的结构与主要材料	54
第三章	电缆的选择与敷设	59
3-1	电缆敷设用图纸	59
3-2	电力电缆及控制电缆的选择	60
3-3	电缆的敷设方式选择	64
3-4	电缆的敷设	71
第四章	电缆头施工一般介绍	77
4-1	电缆头的作用与要求	77
4-2	国内电缆头的种类	78
4-3	电缆线芯的连接	83
4-4	铝芯电缆多股线芯的压接	85
4-5	电缆头耐油压的分析	91
第五章	环氧树脂电缆头原材料	96
5-1	环氧树脂复合物	96

5-2	环氧树脂	99
5-3	硬化剂	102
5-4	填充剂	110
5-5	耐油橡胶管	112
5-6	绝缘包带	113
5-7	脱模剂	114
第六章	1~10 千伏户内环氧树脂电缆头	116
6-1	户内-1型环氧树脂电缆头的性能与结构	117
6-2	户内-1型环氧树脂电缆头的制作工艺程序	120
6-3	户内-2型环氧树脂电缆头	131
第七章	1~10 千伏户外环氧树脂电缆头	133
7-1	户外-1型环氧树脂电缆头的性能与结构	133
7-2	户外-1型电缆头的制作工艺程序	137
7-3	户外-2型环氧树脂电缆头的性能与结构	141
7-4	户外-2型电缆头的制作工艺程序	144
第八章	1~10 千伏环氧树脂电缆中间接头和堵油接头	148
8-1	中间接头的作用及要求	148
8-2	环氧树脂电缆中间接头和模具尺寸	148
8-3	环氧树脂电缆中间接头及堵油接头的制作工艺程序	152
第九章	劳动保护及常用工具	155
9-1	劳动保护	155
9-2	电缆头制作的常用工具	156
9-3	QYQ-12 机械压接钳的结构及使用	158
9-4	手动油压钳的结构及使用	159
9-5	油压钳的维护及检修	164
9-6	喷灯的使用及检修	165
9-7	剖铅刀	169
附 录		173
(一)	1~10 千伏油浸纸绝缘铝包电力电缆的产品规格	173
(二)	油浸纸绝缘铝包电力电缆的使用说明	178
(三)	各种电缆的长期容许电流和温度校正系数	183
(四)	封铅及焊锡的配制	186
(五)	1~10 千伏电力电缆铅包和钢带外径	188
(六)	户内-1型环氧树脂电缆头预制外壳制作要点	189

第一章 电缆的品种与规格

1-1 概 述

电力电缆是传输或分配大功率的电力用的，品种很多。目前工矿企业中采用的干线电缆，绝大多数采用粘性浸渍纸绝缘的铠装电力电缆（也称动力电缆）。这种电缆的优点是：

(1) 耐压强度高：可以制造到 35 千伏的电压级（最高可达 66 千伏）。

(2) 耐热性好：是几种电力电缆中热稳定性最高，容许负荷电流最大的一种电缆。

(3) 经济耐用：价格比其他类型的电力电缆便宜，使用寿命最长，一般可达 30~40 年以上。

因此，这种电缆在城市和各工矿企业的供电系统中应用最广泛。

这种电缆的缺点是：

(1) 容许弯曲半径不能很小，敷设较麻烦，而且在低温时敷设有困难。因此部颁标准规定：这种电缆适宜于固定敷设场合使用；同时规定，敷设此种电缆的最低环境温度不得低于零度，否则，电缆必须经过预先加热。

(2) 工作时，其中的浸渍剂会流动，因此电缆容许敷设的位差（即整个电缆线路上最高点位置与最低点之间的差距）有一定的限制（见表 1-1）。当电缆敷设位差较大时，例如在矿山中的竖井、或有一定倾斜度的沟道中敷设时，必然会有浸渍

表 1-1 粘性浸渍纸绝缘电缆容许敷设位差

种	类	容 许 敷 设 位 差 (米)
1~3 千伏无铠装电缆		20
1~3 千伏铠装电缆		25
6~10 千伏电缆		15
干绝缘统铅包电缆		100
干绝缘分相铅包电缆		300

剂从电缆中流出(俗称淌油)。

电缆淌油会影响运行安全和增加维护困难,并带来许多不良后果:

(1) 电缆上部由于浸渍剂的流失而干枯,使这部分电缆热阻增加,电性变坏,以致引起纸绝缘焦化而提前击穿损坏。

(2) 电缆下部由于油的积聚而产生很大的静压力(有时甚至达十多个大气压),促使电缆头漏油,增加电缆下部电缆头的维护困难和发生故障的机会。如果采取各种有效措施把电缆下部电缆头漏油处堵住,那末,因为电缆下部有很大的静压力,在电缆中部或下部铅管薄弱的地方会使铅层胀裂,造成大量漏油。

(3) 由于电缆上部浸渍剂的下流,在上部电缆头处会产生一个负压力,增加了电缆在使用中吸入潮气的能力而使电缆端部受潮。

为此在较高位差的电缆线路上采用了粘性浸渍电缆的一个分支——贫乏浸渍纸绝缘电缆(即干绝缘电缆)。从表 1-1 中可见,干绝缘电缆的最大容许敷设位差为 300 米。

但是,由于干绝缘电缆存在着先天性的缺陷——没有油而含有大量的气体,因此电性差,尺寸大而不经济。为了解决以上问题,现已生产出一种新型的纸绝缘电缆——在工作温

度时不会滴油的不滴流电缆。

这些电缆的结构与特性,将在下面分别加以讨论。

1-2 纸绝缘电力电缆的种类规格

任何电缆均由下列三个主要部分组成:

- (1) 导电线芯(也称载流芯): 输送电流用。
- (2) 绝缘层: 抵抗电力对外界的作用保证电力沿着线芯方向传输。
- (3) 保护层: 使绝缘层密封而不受潮气侵入, 并不受外界损伤。

由于电缆各部分有着不同的结构, 为此可以按下列几个方面将电缆分类:

- (1) 额定工作电压;
 - (2) 导电线芯的芯数、截面和材料;
 - (3) 绝缘结构;
 - (4) 保护层的种类。
- (一) 额定工作电压

按照现行的标准电压(表 1-2)规定, 纸绝缘电力电缆将按额定工作电压制造 1、3、6、10、20 和 35 千伏电压级的几种电缆(20 千伏级的电缆仅有少数场合使用)。本书仅介绍目前最常用的 1~10 千伏级电缆。

(二) 导电线芯

按照导电线芯的芯数可分为: 单芯电缆与多芯(二芯、三芯和四芯)电缆。

为了制造和应用上的方便, 导电线芯的截面是有一定等级的。油浸纸绝缘电力电缆线芯的截面等级为 2.5、4、6、10、16、25、35、50、70、95、120、150、185、240、300、400、500、

表 1-2 现行的交流(50 周)和直流标准电压等级(伏)

等 级	用电设备端	发 电 机 端	变 压 器	
			受 电 端	输 电 端
1 低压配电 2 3	127	133	127	133
	220	230	220	230
	380	400	380	400
1 高压配电 2 3	3000	3150	3000~3150	3150~3300
	6000	6300	6000~6300	6300~6600
	10000	10500	10000~10500	10500~11000
1 高压输电 2	35000	—	35000	38500
	60000	—	60000	66000
1 直 流 2 3	110	115	—	—
	220	230	—	—
	440	460	—	—

625 和 800 平方毫米几种。

考虑到制造能力和各种芯数的电缆适用范围的需要，各种电缆有着不同的生产范围，这些详细的规范列于表 1-3。

单芯电缆一般用来输送直流电、单相交流或用于高压电机引出线，二芯电缆用于传输直流或单相交流电，三芯电缆用于三相交流电网中，因此是使用最广泛的。

只有电压为 1 千伏的电缆是二芯和四芯的，四芯电缆用于中性点接地三相系统，可作为电气设备的供电接线和作为保护接地用，四芯电缆的第四芯(称中性线芯)主要只通过不平衡电流，因此截面仅为一根主线芯截面的 40~60%，表 1-4 列出了四芯电缆主线芯和中性线芯的截面，表中括号中的数字是当用户需要时可另行生产的规格。

在特殊情况下，二芯和四芯电缆也可以制成 3~10 千伏。

表 1-3 油浸纸绝缘电力电缆的生产规范

电 缆 型 号	芯数	额 定 电 压 (千伏)			
		1	3	6	10
		导 电 线 芯 标 称 截 面 (毫米 ²)			
1	2	3	4	5	6
ZQ, ZLQ, ZQ ₁ , ZLQ ₁ ZQ ₂ , ZLQ ₂ , ZQ ₃₀ , ZLQ ₃₀ ZQ ₃ , ZLQ ₃ , ZQ ₃₀ , ZLQ ₃₀ ZQP ₂ , ZLQP ₂ , ZQP ₃₀ , ZLQP ₃₀ ZQP ₃ , ZLQP ₃ , ZQP ₃₀ , ZLQP ₃₀	1	2.5~800 4.0~800 50.0~800 4.0~500 50.0~500	6.0~625 6.0~625 35.0~625 6.0~500 35.0~500	10~500 10~500 — 10~95 35~95	16~500 16~500 — 16~95 35~95
	2	2.5~150 25.0~150 4.0~120 25.0~120	— — — —	— — — —	— — — —
	3	2.5~240 25.0~240 — 4.0~150 25.0~150 — —	4.0~240 25.0~240 — 6.0~150 25.0~150 — —	10~240 16~240 — 16~150 16~120 16~150 16~150	16~240 16~240 — — — 35~150 25~150
	4	4.0~185 16.0~185 4.0~120 16.0~120 25.0~120 25.0~120	— — — — — —	— — — — — —	— — — — — —

表 1-4 主线芯和中性线芯的截面

标 准		截 面 (毫米 ²)	
主 线 芯	中 性 线 芯	主 线 芯	中 性 线 芯
4.0	2.5	50.0	16.0 (25.0)
6.0	4.0	70.0	25.0
10.0	6.0	95.0	35.0
16.0	6.0 (10.0)	120.0	35.0
20.0	10.0 (16.0)	150.0	50.0
35.0	10.0 (16.0)	185.0	50.0

(三) 绝缘种类

按照电缆绝缘纸浸渍的浸渍剂情况, 电缆可分为三种:

1. 粘性浸渍电缆 电缆以松香和矿物油组成的粘性浸渍剂充分浸渍, 即一般的油浸纸绝缘电缆, 电压级为 1~35 千伏。

2. 干绝缘电缆 以粘性浸渍电缆在制造过程中滴出其中浸渍剂, 加厚绝缘层而制成。由于电性较差, 最高电压为 10 千伏。

3. 不滴流电缆 采用与粘性浸渍电缆完全相同的结构尺寸, 但是以不滴流浸渍剂制造。目前已生产了 1~6 千伏级的几种电压级。

10 千伏及以下电压级的多芯电缆的纸绝缘包绕的方式一般均是带绝缘式的 (也称统包式) 即是在多芯电缆的每一线芯上先分别包绕部分绝缘后, 将几根绝缘线芯绞合再包以绝缘 (这部分称为带绝缘)。只有 6~10 千伏的干绝缘电缆, 由于减少电缆内部含油多而产生淌油的可能, 采用了每根芯线分别绝缘后就包上铅层, 然后再绞合在一起, 称为分相铅包电缆。这两种电缆的外形见图 1-1 和图 1-2。

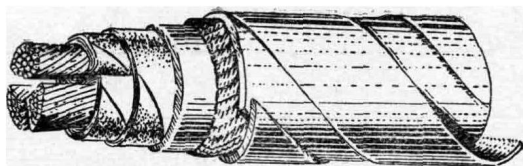


图 1-1 带绝缘三芯电力电缆

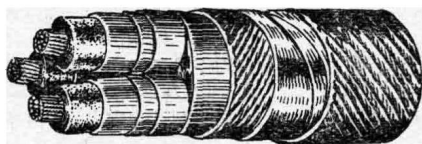


图 1-2 分相铅包三芯电缆

(四) 保护层

纸绝缘电力电缆的保护层最为复杂，分为内护层与外护层两部分。

内护层直接挤包在绝缘层上，保护绝缘不与空气、水份或其他物体接触。因此要求包得紧密无缝，并具有一定的机械强度，使能承担电缆在运输和敷设时的机械力。内护层现有铅包、铝包和聚氯乙烯包三种。过去绝大多数使用铅护层，而今后除去一些特殊场合（如防爆区）外均将代以铝护层，而聚氯乙烯护层由于密封尚不及金属，因此目前仅在 1 千伏电缆上采用。

电缆外护层的作用是保护内护层不受外界机械损伤和腐蚀。为此外护层可分成几类，列入表 1-5。至于没有外护层的电缆，例如裸铅包电缆，则用于无机械损伤和化学腐蚀的场合。

电缆外护层的结构示意图如图 1-3 所示。

表 1-5 电缆外护层的类型

编号	名 称	主 要 用 途
1	麻被护层	用于敷设在室内、沟道中及管子内的电缆,对电缆没有机械损伤,且对护层有中性的环境
2	钢带铠装护层	用于敷设在土壤内的电缆,能承受机械损伤,但不能承受大的拉力
20	裸钢带铠装护层	用于敷设在室内、沟道中及管子内,能承受机械损伤,但电缆不能承受大的拉力
3	细钢丝铠装护层	用于敷设在土壤内的电缆,能承受机械损伤,并能承受相当的拉力
30	裸细钢丝铠装护层	用于敷设在室内、矿井中的电缆,能承受机械损伤,并能承受相当的拉力
5	单层粗圆钢丝铠装护层	用于敷设在水中的电缆。电缆能承受较大的拉力
50	裸单层粗圆钢丝铠装护层	用于敷设在矿井中的电缆。电缆能承受机械外力作用,且承受较大的拉力
6	双层粗圆钢丝铠装护层	用于敷设在水中的电缆。电缆能承受大的拉力
60	裸双层粗圆钢丝铠装护层	用于敷设在矿井中的电缆。电缆能承受大的拉力

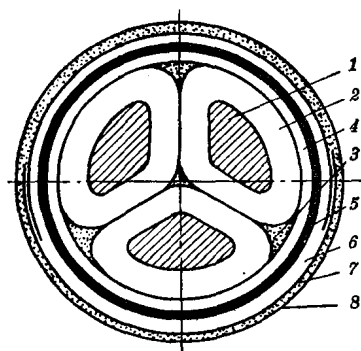


图 1-3 扇形芯线束带绝缘三相铠装电缆(ZQ₂型)

1—载流芯线; 2—相绝缘; 3—相间填料; 4—束带绝缘;
5—铅皮; 6—内黄麻衬垫; 7—钢带铠装; 8—外黄麻衬垫

1-3 电力电缆的型号与名称

每一个型号表示着一种电缆结构，同时也可表明这种电缆的使用场合和某些特性。我国电缆型号的编制原则简介如下：

(1) 以汉语拼音字母来代表相应线芯材料、绝缘与内护层材料。取每个拼音字的第一个字母大写表示，例如纸(Zhǐ)以字母 Z 表示，L 表示铝(Lǚ)，Q 表示铅(Qiān)。至于有些结构上的特点，也用相应的汉语拼音字母代表，例如分相铅包型电缆用 F(分 Fēn)表示，贫油绝缘电缆用 P(贫 Pín)表示，不滴流电缆用 D(滴 Dī)表示。

(2) 电缆外护层的结构则按外护层结构的数字编号代表(见表 1-5)。没有外护层的则不写数字，例如 20 表示裸钢带铠装的结构。

(3) 型号中字母的排列一般依照下列次序：

次 序:	绝缘种类	导线材料	内护层	其他结构特点	外 护 层
字母数:	1	0 或 1	1	0 或 1、2	数字 1 或 2

例如：ZLQP₂₀ 表示铝芯纸绝缘铅包裸钢带铠装干绝缘电缆。

(4) 为了简化型号，对于比较普遍或久用的某部分材料的拼音字母略去。例如铜芯就不加表示，裸铅包铜芯电缆的型号是 ZQ。

表 1-6 中列出了目前已经生产的纸绝缘电缆的全部型号、名称与主要用途。至于不滴流电缆的品种与普通粘性浸渍电缆相同，而在型号中加入一个 D(滴)字。例如：ZQD，ZQD₃₀ 等。