



煤矿井下电工丛书

矿用电缆

赵凤山 编



煤炭工业出版社

TD623

1

3

煤矿井下电工丛书

矿 用 电 缆

赵凤山 编

1574/15

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书简要说明了对煤矿井下电缆的特殊要求和规定。具体阐述了电缆的敷设、连接、试验、运行、维修及寻找故障点的方法。结合现场实际，还介绍了些新经验，并收集了煤矿地面与井下常用电缆的种类、结构、选用、维修材料、备件、工具等方面的主要技术数据与图表，内容丰富、实用，文字通俗易懂。

本书可供煤炭系统电工及有关电气工作人员阅读，院校师生及其他系统电气人员亦可学习参考。

责任编辑：刘庆韶

煤矿井下电工丛书

矿 用 电 缆

赵凤山 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₃₂ 印张 13⁵/₈。插页 2

字数 303千字 印数1—1,820

1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

书号15035·2883 定价2.30元



前 言

为适应煤炭工业的迅速发展，满足煤矿井下电工技术学习的要求，本人结合现场的实际经验，并收集了有关的技术资料，编写了这本书。

本书是《煤矿井下电工丛书》的一种。书稿曾经上海电缆厂副总工程师戴永国同志审阅。在编写过程中，煤炭部生产司机电处及有关单位提供了许多宝贵的意见和资料，谨此表示感谢。

由于编者水平所限，不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 电缆的分类与结构	1
第一节 电缆的重要地位与要求	1
第二节 油浸纸绝缘电力电缆	3
第三节 聚氯乙烯绝缘与交联聚乙烯绝缘电力电缆	18
第四节 矿用橡套电缆	28
第五节 其他常用橡套电缆	47
第六节 控制电缆与矿用通信电缆	53
第七节 矿用电缆的选择	57
第二章 电缆的敷设	88
第一节 敷设方式与注意事项	88
第二节 地面电缆敷设	95
第三节 井下电缆敷设	123
第三章 电缆的连接	151
第一节 电缆线芯连接的方法及零件、工具	151
第二节 电缆连接常用材料	176
第三节 热灌绝缘胶电缆终端接线盒	189
第四节 热灌绝缘胶的电缆中间接线盒	209
第五节 环氧树脂电缆接线盒	228
第六节 电缆干包终端头	251
第七节 塑料和橡皮绝缘电缆的连接	261
第八节 井下矿用低压橡套电缆的接线	287
第四章 电缆的试验	289
第一节 电缆的电气试验项目、周期和标准	289

第二节	电缆绝缘电阻的测定与找相位	295
第三节	泄漏电流和直流耐压试验	300
第四节	矿用橡套电缆检修后的试验	316
第五章	电缆的运行与检修	319
第一节	电缆的运行	319
第二节	矿用橡套电缆的检修	327
第三节	橡套电缆的干燥	358
第六章	电缆故障和故障点的寻找	377
第一节	电缆故障的种类和原因	377
第二节	电缆故障点的寻找	379
附录一	油浸纸绝缘电缆外护层改进的型号	409
附录二	常用电缆载流量及其修正系数	411
附录三	几种具有代表性电缆的外径与重量	426

第一章 电缆的分类与结构

第一节 电缆的重要地位与要求

一、电缆的重要地位

在能源工业当中，煤是我国的主要能源，占整个能源的70%，随着煤炭工业的飞跃发展，煤矿所用的机电设备正处在不断更新改造之中，它们运行所依赖的动力主要是电能。现代化矿井离开电气化就不能生产，也不能保证矿井的安全。煤矿的动力电缆犹如人体的大动脉一样，将电能源源不断地输送到各个环节及设备中去，使其正常运转；而信号通信电缆又像人体的神经系统一样，把各种指令信息以各种不同方式传送到各个生产环节，再从各个环节反馈至指挥部。因此，电缆在煤炭工业中具有特殊的重要地位。

煤矿所用电缆分为地面用电缆及井下用电缆两大部分。地面所用电缆主要工作范围为工业广场的生产设备、辅助设备、机修设备、职工生活设备、地面工程建筑设备以及生活区等。地面用电缆的选择、设计、敷设、验收、运行、检修、试验等与电力部门的有关规定相同。井下所用电缆主要工作范围是井底车场、主要运输大巷的固定设备、运输设备及采掘区的流动设备。井下有水、瓦斯、煤尘、巷道压力、潮湿空气、敷设水平落差大等因素，还有挤压砸埋等危险，因此工作条件较差。电缆事故可以引起人身伤亡或导致设备损坏；电缆产生的火花可以引起瓦斯与煤尘爆炸。所以井下

所用电缆必须有适应上述环境的能力，有一定的抗灾能力和耐力。最根本的是必须符合煤矿设计规范的要求，符合《煤矿安全规程》与矿山安全生产条例的规定，否则严禁在井下使用。

煤矿常用的电力电缆有：油浸纸绝缘铅包铠装电力电缆、不滴流油浸纸绝缘铅包铠装电力电缆、聚氯乙烯绝缘电力电缆、交联聚乙烯绝缘电力电缆、橡皮绝缘电力电缆；煤矿专用的矿用橡套软电缆有：电钻电缆、矿用移动橡套软电缆、采掘机用橡套软电缆、千伏级屏蔽橡套软电缆、6kV矿用橡套软电缆及矿用监视屏蔽电缆，还有煤矿信号、通信及控制电缆。

二、电缆的特点与要求

在电力系统中传输或分配动力电能用的电缆称为电力电缆。在信号、控制系统中传输各种起动、操作、信号显示、测量与停止等电能信号的电缆称为信号、控制电缆。根据电压等级不同、相数不同、容量不同和用途不同，生产了不同品种和不同规格的电缆。

电缆与架空裸导线及其它导线的作用相同，但与之相比却有下列特点：

1. 电缆不用杆塔占地少，一般埋设于土壤中或敷设于室内、电缆沟管内、隧道中、矿井巷道中及电缆钻孔中；也可在地面架空敷设；还可做水下输电线路。

2. 传输性能稳定，安全性较高，受气候条件及周围环境影响小，经久耐用，维护工作量小，可在各种场合下敷设。

3. 电缆结构与生产工艺均较复杂，成本较高，电缆线路的基本费用一般高于架空线路。

电缆线路中还必须配置各种中间接线盒和终端接线盒或终端连接头等附件，以达到电缆之间或电缆与电气设备之间的连接。

电缆及其附件必须满足下列要求：

1. 能长期承受电网的工作电压和运行中经常遇到的各种过电压，如：操作过电压，大气过电压和故障过电压。
2. 能可靠地传输功率。
3. 具有较高的机械强度、弯曲性能和防蚀性能。
4. 具有较长的使用寿命。

需说明的是：煤矿通常习惯的把千伏级及以下的电缆称为低压电缆，将3kV以上的电缆称为高压电缆。煤矿常用电缆的电压等级：低压有：36V、127V、220V、380V、660V、1140V；高压有：6kV、10kV、35kV、66kV、110kV。要根据实用的电压等级配备同级电压的电缆。

第二节 油浸纸绝缘电力电缆

一、概述

油浸纸绝缘电力电缆也称粘性浸渍纸绝缘电力电缆，由导电线芯、绝缘层、金属护套、垫衬、铠装、麻被等组成。线芯有铜芯和铝芯；护套有铅护套和铝护套。以绝缘方式分类有：普通油浸纸绝缘，滴干油浸纸绝缘和不滴流纸绝缘三种。

油浸纸绝缘电力电缆用于交流电压35kV及以下的电力线路中，作固定敷设用，在地面及井下的固定设备都大量采用，但不允许用于井下的流动设备。

普通粘性浸渍剂是粘度较大的矿物油与松香的混合物。当电缆敷设在落差较大的场合时，浸渍剂会从高端淌下，造

成绝缘干固，绝缘水平下降，甚导致绝缘击穿。随着电缆温度升高而浸渍剂粘度降低。因此温度愈高愈易淌流，所以电缆长期允许最高温度受到限制。同时，浸渍剂在电缆的低端淤积，压力增加，有胀破铅包的危险，因此不宜用于高落差的场合。规定电缆的敷设高差：1~3kV钢带或钢丝铠装电缆不大于25m，无铠装电缆不大于20m；6~10kV电缆不大于15m，20~30kV电缆不大于5m。

但是实际上往往因井下45°以下的倾斜巷道较多，有的高差竟达100m以上，仍在使用的普通油浸纸绝缘电力电缆，故造成了电缆漏油严重，以致出现电缆接地短路事故，并且给电缆接线盒的密封质量也带来了较大障碍。以上是由于历史因素、产品品种因素及经济因素等所造成，必须迅速解决。

油浸纸滴干绝缘电力电缆，敷设水平差仅限于100m之内，也不适用于深井敷设。因制造过程有滴干绝缘工序，并且绝缘层厚度大，所以成本较高，亦不经济，属于淘汰产品。

不滴流油浸纸绝缘铅包电力电缆，其浸渍剂常为矿物油和某些高分子聚合物（如聚乙烯、聚异丁烯等）及合成地蜡的混合物。这种不滴流浸渍剂在浸渍温度下粘度相当低，能保证充分浸渍；而在电缆工作温度下，呈塑性固体不易流动，因此工作允许温度高，载流量大，敷设高差不受限制，适宜垂直敷设和在热带地区使用。因此已代替滴干绝缘电缆，并且逐步取代普通油浸纸绝缘电缆。

型号、名称及敷设场合见表1-1。

二、结构

油浸纸绝缘电缆包括普通粘性浸渍电缆、滴干纸绝缘电缆和不滴流浸渍电缆。它们除浸渍不同外，结构完全相同。

表 1-1 常用油浸纸绝缘铅包（或铝包）
铠装电力电缆型号、名称及敷设场合

型 号	名 称	敷 设 场 合
粘性油浸纸绝缘铅包铠装电力电缆		
ZQ ₂ ZLQ ₂	铜芯油浸纸绝缘铅包钢带铠装外麻被电力电缆 铝芯油浸纸绝缘铅包钢带铠装外麻被电力电缆	敷设在土壤中或矿井中，能承受机械外力，不能承受大的拉力
ZQ ₂₀ ZLQ ₂₀	铜芯油浸纸绝缘铅包钢带铠装电力电缆 铝芯油浸纸绝缘铅包钢带铠装电力电缆	敷设在室内，矿井中、隧道、沟内管子内、能承受机械外力，不能承受大的拉力
ZQP ₅ ZLQP ₅	铜芯滴干绝缘铅包粗钢丝铠装电力电缆 铝芯滴干绝缘铅包粗钢丝铠装电力电缆	敷设在水中，能承受较大的拉力，用于 100m 以内的垂直或高落差敷设
不滴流油浸纸绝缘铅包电力电缆		
ZQD ₃ ZLQD ₃	铜芯不滴流纸绝缘铅包细钢丝铠装外麻被电力电缆 铝芯不滴流纸绝缘铅包细钢丝铠装外麻被电力电缆	敷设在土壤中，能承受机械外力，并能承受相当的拉力
ZQD ₃₀ ZLQD ₃₀	铜芯不滴流纸绝缘铅包细钢丝内铠装电力电缆 铝芯不滴流纸绝缘铅包细钢丝内铠装电力电缆	可敷设在水中或矿井井筒，能承受相当拉力
ZQD ₆ ZLQD ₆	铜芯不滴流纸绝缘铅包粗钢丝铠装电力电缆 铝芯不滴流纸绝缘铅包粗钢丝铠装电力电缆	可敷设在水中或矿井井筒，能承受较大拉力

续表

型 号	名 称	敷 设 场 合
ZQD ₂	铜芯不滴流纸绝缘铅包钢带铠装外麻被电力电缆	敷设在土壤中，矿井中，能承受机械外力，不能承受大的拉力
ZLQD ₂	铝芯不滴流纸绝缘铅包钢带铠装外麻被电力电缆	
ZQD ₂₀	铜芯不滴流纸绝缘铅包钢带铠装电力电缆	敷设在室内、隧道与矿井内，沟内及管子内。能承受机械外力，不能承受大的拉力
ZLQD ₂₀	铝芯不滴流纸绝缘铅包钢带铠装电力电缆	
ZQD ₂₉	铜芯不滴流纸绝缘铅包钢带内铠装电力电缆	敷设在土壤中或潮湿环境中，矿井中
ZLQD ₂₉	铝芯不滴流纸绝缘铅包钢带内铠装电力电缆	

粘性油浸纸绝缘铝包电力电缆

ZLL ₁₂	铝芯纸绝缘铝包钢带铠装外麻被一级防腐电力电缆	敷设在对铝包有腐蚀的土壤中，能承受较大的机械外力，但不能承受大的拉力
ZLL ₁₂₀	铝芯纸绝缘铝包钢带铠装一级防腐电力电缆	敷设在对铝包有腐蚀的室内，隧道及沟管中，能承受较大机械外力，但不能承受拉力

注：Z—纸绝缘；Q—铅包；L—铝线芯，无L时为铜线芯，当L在第三位置时为铝包；P—滴干绝缘(简称干绝缘)；D—不滴流；2—钢带铠装外麻被；20—裸钢带铠装；3—细钢丝铠装外麻被；30—裸细钢丝铠装；5—粗钢丝铠装；29—钢带内铠装

主要有导电线芯、分相纸绝缘、带绝缘、金属护套、内衬垫、填料、铠装层、外被层等构成，见图1-1。

1. 导电线芯形状与排列结构

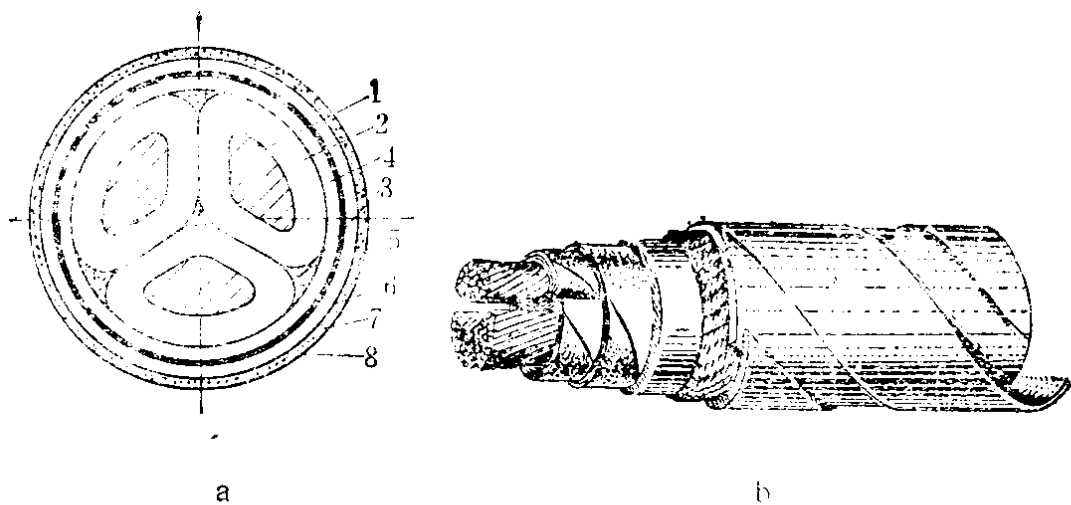


图 1-1 扇形线芯纸绝缘铅包铠装电缆结构图

a—剖面图；b—剥切图

1—导电线芯；2—纸绝缘；3—相间填料；4—带绝缘；5—铅包护套；
6—内衬垫；7—钢带铠装；8—外被层

1~10kV电缆线芯截面形状分为圆形、半圆形及扇形。单芯电缆所有截面都为圆形。二芯、三芯、四芯电缆截面在 16mm^2 及以下者均为圆形；截面在 25mm^2 及以上者，二芯为半圆形，三芯与四芯为扇形。35kV电缆线芯均为圆形。排列结构见图1-2，表1-2~表1-5。

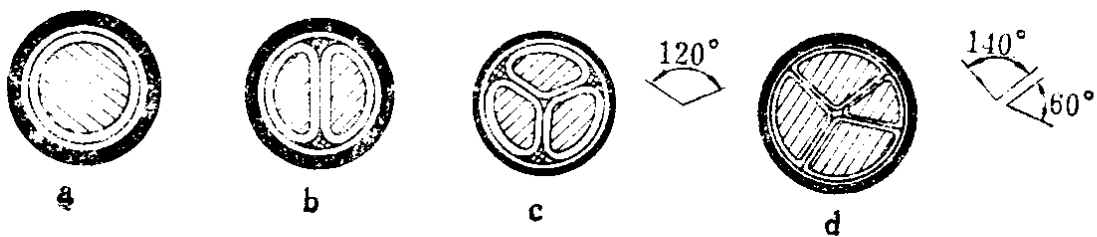


图 1-2 油浸纸绝缘电缆剖面图

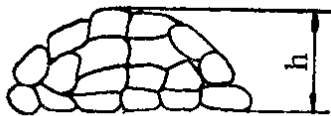
a—单芯电缆；b—二芯电缆；c—三芯电缆；d—四芯电缆

导线结构 导线的截面积主要决定于电缆的传输容量，允许短路电流等。设计方法是按电缆的结构和运行条件，采

表 1-2 圆形导电线芯的排列结构

导线标称 截 面 mm ²	导线实际 截 面 mm ²	导电线芯的结构		导线直径 mm	铜 重 kg/km	铝 重 kg/km
		根数/直径 mm	排列方式			
2.5	2.43	1/1.76	1	1.76	22	7
4	3.9	1/2.23	1	2.23	35	11
6	5.85	1/2.73	1	2.73	51	16
10	9.73	1/3.52	1	3.52	86	26
16	15.55	1/4.45	1	4.45	138	42
25	24.25	7/2.16	1 + 6	6.30	218	66
35	33.95	7/2.43	1 + 6	7.47	305	93
50	48.5	19/1.81	1 + 6 + 12	9.05	436	132
70	67.9	19/2.14	1 + 6 + 12	10.70	611	185
95	92.15	19/2.49	1 + 6 + 12	12.45	829	251
120	116.4	19/2.80	1 + 6 + 12	14.00	1047	317
150	146.5	19/3.13	1 + 6 + 12	15.55	1309	396
185	179.5	37/2.49	1 + 6 + 12 + 18	17.43	1614	490
240	232.8	37/2.83	1 + 6 + 12 + 18	19.81	2094	635
300	291.0	37/3.17	1 + 6 + 12 + 18	22.19	2617	792

表 1-3 二芯电缆半圆形紧压线芯排列结构



导线截面 mm ²	导电线芯结构		紧压线芯 半圆高度 h mm	铜 重 kg/km	铝 重 kg/km
	根数/直径 mm	排列方式			
25	20/1.28	7 + 13	4.2	440	133
35	20/1.51	7 + 13	5.0	615	187
50	20/1.80	7 + 13	6.0	879	266
70	20/2.13	7 + 13	7.2	1231	373
95	24/2.25	7 + 2 + 15	8.5	1670	507
120	24/2.53	7 + 2 + 15	9.6	2110	640
150	45/2.07	7 + 2 + 15 + 21	10.9	2637	800

表 1-4 三芯电缆扇形紧压线芯排列结构



导线截面 mm	导 电 线 芯 结 构		紧压线芯扇形高度 h mm	铜 重 kg/km	铝 重 kg/km
	根数/直径 mm	排 列 方 式			
25	18/1.34	6 + 12	4.9	659	260
25	单根扇形实芯	1	4.6	651	198
35	18/1.59	6 + 12	5.8	923	230
35	单根扇形实芯	1	5.5	911	277
50	18/1.90	6 + 12	7.0	1319	400
70	18/2.25	6 + 12	8.3	1846	561
95	$\begin{cases} 18/2.62 \\ 9/2.32 + 15/2.14 \end{cases}$	$\begin{matrix} 6 + 12 \\ 7 + 2 + 15 \end{matrix}$	9.8	2505	761
120	9/2.62 + 15/2.40	7 + 2 + 15	11.2	3164	961
150	45/2.07	7 + 2 + 15 + 21	12.8	3959	1201
185	45/2.29	7 + 2 + 15 + 21	14.2	4878	1482
240	45/2.62	7 + 2 + 15 + 21	16.4	6329	1922

表 1-5 四芯电缆扇形紧压线芯排列结构



导线截面 mm ²		导电线芯结构, mm				铜重 kg/km	铝重 kg/km
		主	线	芯	中性线芯		
主线芯	中性线芯	根数/直径	排列方式	紧压线芯高度h	根数/直径	排列方式	紧压线芯高度h
3×25	1×10	18/1.34	6+12	5.3	1/3.52	—	d=3.52
3×25	1×10	单根扇形	1	5.0	1/3.52	—	d=3.52
3×35	1×10	18/1.59	6+12	6.5	1/3.52	—	d=3.52
3×35	1×10	单根扇形	1	5.9	1/3.52	—	d=3.52
3×50	1×16	18/1.90	6+12	7.7	1/4.45	—	d=4.45
3×70	1×25	18/2.25	6+12	9.2	18/1.34	6+12	6.4

续表

导线截面 mm ²		导 电 线 芯 结 构, mm						铜 重	铝 重
		主		线		中 性 线 芯		kg/km	kg/km
		根数/直径	排列方式	紧压线芯 高度h	根数 /直径	排列方式	紧压线芯 高度h		
3×70	1×25	18/2.25	6+12	9.2	7/2.1	1+6	d=6.3	2069	628
3×95	1×35	18/2.62	6+12	11.0	18/1.59	6+12	7.9	2819	854
3×95	1×35	9/2.32+15/2.14	7+2+15	—	18/1.59	6+12	7.9	—	—
3×120	1×35	9/2.62+15/2.40	7+2+15	12.4	18/1.59	6+12	7.9	3478	1054
3×120	1×35	8/2.09+36/1.85	8+15+21	8.9	18/1.59	6+12	7.9	3478	1054
3×150	1×50	45/2.07	7+2+15+21	13.7	19/1.81	1+6+12	d=9.1	4391	1336
3×150	1×50	8/2.29+36/2.07	8+15+21	9.9	18/1.90	6+12	8.4	4391	1336
3×185	1×50	45/2.29	7+2+15+21	15.2	19/1.81	1+6+12	d=9.1	5313	1618
3×185	1×50	8/2.62+36/2.29	8+15+21	11.0	18/1.90	6+12	8.4	5313	1618

注, 表中除50mm²外, 均有两种结构。