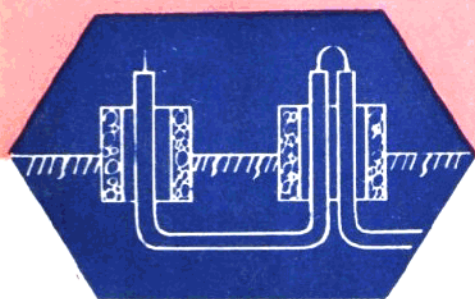


38

农村地埋线路技术

杨成栋 主编



水利电力出版社

农村地埋线路技术

杨成栋 主编

水利电力出版社

前 言

本书是受原水利电力部农电司的委托，由杨成栋、吴思光、刘积勋、蒙海强、赵成顺编写的，杨成栋任主编。蒙海强同志协助主编对全书进行了统稿工作。

本书参考了《农村地埋电力线路》一书的部分内容重新编写。

本书在编写过程中，从确定任务，编写提纲和目录，组织编写，直到脱稿，都得到原水利电力部农电司向世隆同志的悉心指导。《农村电气化》编辑部阎邦海同志、天津第二电缆厂邵耀宗同志和浙江省湖州市电力局王文模同志对本书稿提出了许多宝贵意见。内蒙古通辽市农电管理局对完成本书稿提供了许多有利条件。高志伟等同志完成了插图的绘制工作。郭海峰、李继昌、张杰义、徐仲晖参加了审稿。在此，对他们以及所有支持编写本书的单位和同志们表示感谢。

尽管编者作了很大的努力，但由于水平所限，书中的错误和缺点难以避免，恳请广大读者及时提出批评指正，以便再版时改正。

编 者

1988年6月

目 录

前 言

第一章	地理线基本知识	1
第一节	地理线的优越性	1
第二节	地理线的制造标准	3
第二章	规划与设计	16
第一节	规划的原则和步骤	16
第二节	负荷测算	27
第三节	设计程序	29
第四节	导线型号与截面的选择	32
第五节	配电室与接线箱的设计	43
第三章	施工技术	52
第一节	施工前准备	52
第二节	线路埋设	57
第三节	接头处理	73
第四节	验收送电	82
第四章	运行与维护	91
第一节	建立必要的规章制度	91
第二节	技术措施	94
第三节	几种破坏性事故的预防	98
第五章	故障的探测与处理	101
第一节	故障现象和分类	101
第二节	产生故障的原因	104
第三节	故障的排除	106
第四节	故障探测的原理	115
第五节	地理电力线路故障探测仪	122

附图 1	照明广播地埋线路设计图
附图 2	排灌地埋电力线路设计图
附表 1	地埋线路测量登记表(图)
附表 2	地埋线路设备材料与预算表
附表 3	地埋线路工程验收单
附表 4	地埋线路施工记录表
附表 5	地埋电力线路事故报告
附表 6	380V 架空线路造价概算表
附表 7	380V 地埋线路造价概算表
附表 8	220V 架空线路造价概算表
附表 9	220V 地埋线路造价概算表

第一章 地埋线基本知识

第一节 地埋线的优越性

地埋线，简单地说就是埋入地下的绝缘电线。原机械工业部标准JB2171-85将地埋线的全称定名为“额定电压450/750V及以下农用直埋铝芯塑料绝缘塑料护套电线”。使用地埋线敷设的电力线路叫做地埋电力线路。地埋线60年代初在我国河北省农村开始应用，先是用于低压配电线路，后来发展到农村通信、广播线路使用。

多年来的实践证明：地埋电力线路在建设 and 维护等方面与架空电力线路相比有以下优点。

一、节省投资

我国北方农村低压地埋电力线路导线截面多为 10mm^2 （平方毫米）及 16mm^2 ，按三相三线制计算动力地埋线路每公里平均造价为3600元左右（含施工费，1986年价格），架空电力线路每公里平均造价为5000元左右，可节省投资约27%。用于生活照明线路节省投资55%（见附表6~9）。另外，由于地埋线在地下，基本上不承受压力，因而对电线机械强度要求不高（架空动力线路要求导线的最小截面积为 16mm^2 ）。故对于某些分支线路，可按用电负荷现状和发展选择其导线截面，即可小于干线的截面。

二、有利于农业机械化

随着农村经济的不断发展，机械化耕作的比重将愈来愈

大。由于地埋线敷设在地下，不用电杆，不用拉线，节省用地，这样为机械化耕作带来了方便。

三、使用安全维护简单

地埋线埋入地下运行，不受恶劣气候的影响，不会象架空线路那样发生倒杆断线事故，因而维护较为简单。我国农村由于倒杆断线造成人畜触电伤亡的事故每年都有发生。仅1985年全国低压部分触电死亡的人数就占触电死亡总数的90%以上。因为人畜触电伤亡多是因为触及了带电的导线所致，而地埋线埋入地下，可避免这样情况。即使绝缘破损漏电，在地面也无危险电压。因而很多单位把使用地埋线当做农村用电安全管理的一项重要措施。另外，由于线路埋于地下，可有效地防盗。

四、能抗御自然灾害的侵袭

在北方春风和南方台风季节，架空线路常常发生倒杆断线事故；中原一带春秋两季常发生冰灾，对架空线机械损害严重，致使发生停电甚至人身触电伤亡事故，给生命财产造成损失，又给电工带来了繁重的检修工作。发展地埋线路为解决这些问题开拓了广阔的前景。

根据塑料老化试验的数据及实践运行经验，地埋线的寿命可达20年以上。

综上所述，使用地埋线能比较全面地贯彻“安全、经济、多供、少损”的供电方针。

地埋线也有它的不足之处。如调整导线或拆迁比架空线路困难；发生故障，用眼睛检查不到故障点；部分地区白蚁、鼠类等地下小动物活动频繁，若埋深不够或无防范措施

施，会受其损害。只要我们在建设地埋线路之前，认真搞好规划设计，选择合格的地埋线，并按正确的技术方法施工，上述缺点是可以克服的。现在已研制了性能较好的故障探测仪，即使出现少数故障，也能在较短的时间内予以排除。

第二节 地埋线的制造标准

原机械工业部于1985年7月颁发了JB2171-85《额定电压450/750V及以下农用直埋铝芯塑料绝缘塑料护套电线》即新的农用地埋线标准。本节对地埋线使用的材料、出厂要求和运输保管，做一些扼要的介绍。

一、地埋线使用的材料

1. 塑料

塑料是一种高分子聚合物。我国从60年代开始才逐步普遍地用于人民生活、电线电缆、机械制造等部门，它具有价格便宜，耐腐蚀、耐电压强度高，易于成型，质轻等许多优点。用于制造地埋线的塑料称为电缆料，主要有两个型号：聚氯乙烯电缆料（简称PVC）和高压聚乙烯塑料（电缆料及护套料，简称PE）。

（1）聚氯乙烯电缆料 这种塑料的型号、性能和技术条件，在轻工业部颁发的SG22-73《电缆工业用软聚氯乙烯塑料》标准中已有明确的规定（见表1-1）。

聚氯乙烯电缆料的密度为 $1.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，分为绝缘级、普通绝缘级、普通护套级、耐寒护套级以及柔软护套级等五个品种。绝缘级可做成各种颜色，而护套级一般为黑色。这种塑料在 20°C 时的体积电阻率在 $1 \times 10^9 \sim 1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}^3$ 之间。

表 1-1

聚氯乙烯电缆料技术指标

试 验 项 目	绝 缘 级	普通绝缘级	普通护套级	耐寒护套级	柔软护套级
20℃时体积电阻系数($\Omega \cdot \text{cm}^4$) $\geq$	1×10^{14}	1×10^{13}	1×10^{12}	1×10^{11}	1×10^9
70℃时体积电阻系数($\Omega \cdot \text{cm}$) $\geq$	1×10^{11}	1×10^{10}			
击穿电压强度(kV/mm) $\geq$	20	20	18	18	16
拉伸强度(kgf/cm ²) $\geq$	180	170	150	150	120
断裂伸长率(%) $\geq$	200	220	280	300	320
低温冲击压缩温度(℃) $\leq$	0	-10	-14	-25	-30
200℃热稳定时间(min) $\geq$	60	60	30	60	60
软化温度(℃)	170~190	170~190	165~185	165~185	160~180
热老化性能: 热老化断裂伸长率残存率(%) $\geq$	70	75	80	80	80
热老化失重(%) $\geq$	6.0	7.0	7.0	7.0	8.0

注 如用户需要, 可以在订货时向生产厂声明需增添下列指标:

绝缘级: 介电常数(50Hz)20℃时 ≤ 5 。介电损失正切值(50Hz)20℃时 ≤ 0.1 。

击穿电压强度在16~20kV/mm之间, 软化温度在160℃~190℃之间。聚氯乙烯塑料不延燃, 抗摩擦, 抗老化, 耐环境性能好。

(2) 高压聚乙烯塑料(高压是指聚合条件而言的) 它分为低密度($0.91\sim0.93\text{g/cm}^3$), 中密度($0.931\sim0.94\text{g/cm}^3$)和高密度($0.941\sim0.965\text{g/cm}^3$)三种。电缆工业大都采用密度在 $0.91\sim0.93\text{g/cm}^3$ 范围内的低密度聚乙烯电缆料及护套料, 塑料为白色(护套料为黑色)颗粒状固体, 亦可加颜料变为其它颜色。这种塑料在20℃时的体积电阻率为 $1\times10^{16}\Omega\cdot\text{cm}$, 击穿电压强度在20~40kV/mm之间。软化温度约105℃[见表1-2(a)、(b)]。

从上述可看出, 高压聚乙烯质轻, 有较高的绝缘性能和较低的软化点。该塑料的缺点是有延燃性以及空气中易老

表 1-2(a) 绝缘用高压聚乙烯技术要求
(依据: JB678-7)

序 号	项 目	指 标
1	熔体指数(g/10min)≤	0.7
2	密 度(g/cm^3)	0.92 ± 0.03
3	熔胀比, ≤	1.4
4	维卡软化点(℃)	105
5	软化温度(℃)≤	-70
6	抗张强度(kgf/cm^2)≥	160
7	断裂伸长率(%)≥	600
8	20℃下体积电阻系数($\Omega\cdot\text{cm}$)≥	1×10^{16}
9	介质损失角正切值50Hz, 20℃, ≤	2×10^{-4}
10	介电常数20℃, 50Hz, ≤	2.3
11	电击穿强度kV/mm, ≥	40
12	肖氏硬度, ≤	58

表 1-2 (b) 聚乙烯护套技术指标 (依据SG243-81)

指 标 名 称	指 标		试 验 方 法 (标准代号)
	PE-HJ	PE-HH	
1. 熔体指数(g/10min) ≤	0.3	0.5	HG2-1171-77
2. 密 度(g/cm³) ≥	0.930	0.930	GB1033-70
3. 拉伸强度(kgf/cm²)	120	110	GB1039-79
4. 断裂伸长率(%) ≥	500	500	GB1040-79
5. 脆化温度(低温冲击)(°C) ≤	-70	-70	HG2-888-76
6. 耐环境应力开裂性(h) ≥	24	48	GB1842-80
7. 200°C差热诱导期(min) ≥	30	30	HG2-1398-81
8. 炭黑含量(%)	2.6 ± 0.25	2.6 ± 0.25	见SG243-81第16条
9. 炭黑分散度	合 格	合 格	见SG243-81第17条
10. 体积电阻系数(20°C)(Ω·cm³) ≥	1 × 10¹⁶	1 × 10¹⁶	GB1410-78
11. 击穿强度(kV/mm)	20	20	GB1408-78

注 1. 聚乙烯护套料PE-HJ用于一般场合, PE-HH用于耐火环境应力开裂, 要求苛刻的场合。

2. 长期使用温度最高不超过+70°C。

化龟裂。

2. 导电线芯

(1) 导电线芯的直流电阻 直流电阻是线芯的一项重要的电气性能, 直流电阻偏大, 导体内在通过相同电流的情况下, 线路的电能损失将增加。损失的电能转变成过多的热量, 将加速绝缘层的老化, 从而减少地埋电力线路的使用寿命。对不同截面的地埋线, 有着不同数值的直流电阻值。导线的直流电阻随温度的升高而加大, 所以GB3956-83《电气装备用电线电缆铜、铝导电线芯》标准中给出了20℃时铝导电线芯每公里的直流电阻数值(见表1-3)。

在任一温度下, 任何长度的直流电阻值, 可按下式进行

表 1-3 非紧压单芯或多芯电线电缆铝导电线芯性能
(依据GB3956-83、GB3957-83、*JB2171-85)

标称截面 (mm ²)	4	6	10	16	25	35	50	70	95
最大外径 (mm)	2.4	2.9	4.2	5.3	6.6	7.9	9.1	11.0	12.9
最少根数 (导体中单线)	1	1	7	7	7	7	19	19	19
单线标称直径 (mm)	2.25	2.76	1.35	1.70	2.14	2.52	1.78	2.14	2.52
单线标称直径 (mm)	2.25	2.76	1.35	1.70	2.14	2.52	1.78	2.14	2.52
直流电阻 (20℃) (Ω/km)	7.39	4.91	3.08	1.91	1.20	0.868	0.541	0.443	0.320
外层绞向			左	左	左	左	左	左	左
硬 度	H.	H.	H. H.	H. H.	H. H.	H. H.	H. H.	H. H.	H. H.

* 本标准的全称为GB3957-83《电力电缆铜、铝导电线芯》。

换算:

$$R_t = R_{20} \cdot \frac{L}{1000} \cdot [1 + 0.0041(t - 20)]$$

式中 R_t —— $t^\circ\text{C}$ 时地埋线的电阻值(Ω);

R_{20} —— 20°C 时某截面地埋线一公里的电阻值(Ω);

t ——实测地埋线直流电阻时的环境温度($^\circ\text{C}$);

0.0041——电阻温度系数;

L ——地埋线长度(m)。

(2) 导电线芯的机械性能 地埋线在地中敷设, 与架空线比较起来, 尽管对其机械强度要求不高, 但并不等于不需要一定的机械强度。JB2171-85标准中指出其导电线芯应符合国家标准GB3956-83的规定。6mm²及以下者采用H₁状态(半硬)的圆铝线。根据这一要求, 便决定了导电线芯的机械性能。它主要有两个方面的内容: 一是抗拉强度, 单位是N/mm²(牛顿/平方毫米), 1 N/mm² = 0.102kgf/mm²(千克力/平方毫米); 二是断裂伸长率。对于6mm²及以下者, 抗拉强度应在95~125N/mm²之间, 断裂伸长率未作要求; 对于10mm²及以上者, 若采用H₁状态的圆铝线(全软)抗拉强度要求最大不超过98N/mm², 断裂伸长率不小于20%。如果地埋线线芯的抗拉强度大于标准规定或伸长率小于规定的数值, 说明地埋线比较硬, 虽然强度较高, 但不易展直, 给施工敷设带来困难。相反, 如果地埋线抗拉强度数值比标准为低, 这样地埋线较为柔软, 敷设容易, 但在制造以及埋设过程中, 导电线芯易于拉细甚至折断, 从而减少了导体的有效截面积, 增加了线芯的电阻数值。抗拉强度与伸长率两个指标, 往往是相互关联的, 一般来说, 抗拉强度大的, 伸长率的百分数就比较小。

造成地埋线导电线芯抗拉强度及伸长率不合格的原因，除了铝的材质之外，主要是线芯退火温度及时间没有控制好。生产厂如果按操作工艺严格把好线芯退火这一生产环节，其机械强度的数值和断裂伸长率的百分数一定能达到标准的要求。

在地埋线加工过程中特别要注意以下几点：

1) 电缆料应洁净，严格避免杂质混入，并严禁使用回收旧料加工。

2) 在拉丝过程中如有油污残留，对导线线芯有影响；若处理不干净会和绝缘层发生反应，影响地埋线性能和寿命。

二、地埋线的型号、规格和结构

1. 地埋线的型号

根据绝缘层及护套层所使用的塑料种类不同，地埋线可分为六种型号，见表1-4。

2. 地埋线的规格

地埋线的规格是以铝导电线芯的截面积的大小来划分的，共有4、6、10、16、25、35、50、70、95九个规格，其主要技术指标见表1-5。

2.5mm²的地埋线由于截面较小，敷设时容易拉细；10mm²截面单股的地埋线，由于易折断和接头难于处理，所以在地埋线新标准中这两种地埋线已被取消。根据使用需要，新标准中又增加了70mm²及95mm²两种规格。目前制造厂生产的都是单芯（不是单股）的地埋线。它的优点是散热好，造价低，使用比较灵活，如敷设照明线路使用两根单芯地埋线即可。有些生产厂根据用户的要求，也曾生产过三芯及四芯聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套或聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套的

表 1-4

地埋线型号和名称 (依据JB2171-85)

型 号	名 称	适 用 地 区
NLYV	农用直埋铝芯聚乙烯绝缘, 聚氯乙烯护套电线	一般地区
NLYV-H	农用直埋铝芯聚乙烯绝缘, 耐寒聚氯乙烯护套电线	一般及寒冷地区
NLYV-Y	农用直埋铝芯聚乙烯绝缘, 防蚁聚氯乙烯护套电线	白蚁活动地区
NLYY	农用直埋铝芯聚乙烯绝缘, 黑色聚乙烯护套电线	一般及寒冷地区
NLVV	农用直埋铝芯聚氯乙烯绝缘, 聚氯乙烯护套电线	一般地区
NLVV-Y	农用直埋铝芯聚氯乙烯绝缘, 防蚁聚氯乙烯护套电线	白蚁活动地区

农用地埋电缆。这种地埋电缆, 尽管敷设时比较方便, 但缺点较多, ①造价较单芯约高20%; ②散热条件差; ③接头难于处理; ④一盘内单线长度短, 接头多; ⑤一些特殊事故难于处理; ⑥生产中废品率高; ⑦一处漏电, 三芯全烧; ⑧生产设备复杂。因此, 目前这种多芯电缆逐步被淘汰。

3. 地埋线的结构

地埋线的线芯外面有绝缘层及护套层。地埋线基本结构见图1-1。(a)图线芯为单股铝线, 此种线芯有4、6mm²两种规格; (b)图线芯为多股铝绞线, 有16、25和35mm²三种规格, 是7股绞线, 50mm²及以上规格都是19股绞线。

地埋线线芯的绕向与裸线不同, 外层绕向为左绕, 而裸铝绞线绕向为右绕。里面的塑料绝缘层主要起电气绝缘作用, 保证地埋线在地下长期运行时有良好的对地绝缘性能。它可由高压聚乙烯或聚氯乙烯电缆料制成。外面的护套层主要

表 1-5 地埋线规格及主要技术指标 (依据JB2171-85)

标称截面 (mm ²)	根数/单线 标准直径 (mm)	绝缘标称厚度 (mm)		护套标称厚度 (mm)		平均外径 (mm)			20℃时 导体电阻 (Ω/km) 不大于	绝缘电阻(MΩ·km)不小于			
		PE	PVC	PE	PVC	非紧压 导电线芯		紧压导 电线芯		NYV, NLYY NLYV-H, NLYV-Y	NLVV NLVV-Y		
						下限	上限					下限	上限
4	1/2.25	0.8		1.2		6.0	6.9	—	7.39			8	0.0085
6	1/2.76	0.9		1.2		6.4	7.4	—	4.91			7	0.0070
10	7/1.35	1.0		1.4		8.2	9.8	—	3.08	300		7	0.0065
16	7/1.70	1.0		1.4		9.2	10.9	9.1	10.9			6	0.0050
25	7/2.14	1.2		1.4		10.8	12.8	10.5	12.6			5	0.0050
35	7/2.52	1.2		1.6		12.2	14.4	11.8	14.1			5	0.0040
50	19/1.78	1.4		1.6		13.5	16.2	13.2	15.7			5	0.0045
70	19/2.14	1.4		1.6		15.0	18.5	14.8	17.4			5	0.0035
95	19/2.52	1.6		2.0		18.2	21.5	17.6	20.5			5	0.0035

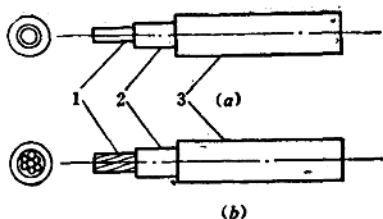


图 1-1 地埋线基本结构

(a)线芯为单根铝线；(b)线芯为多根铝绞线

1—导电线芯；2—塑料绝缘层；3—塑料护套层

是对绝缘层起机械保护作用，增加电线的机械强度，防止地埋线在施工敷设过程中对绝缘层的损伤，它也能加强绝缘层的绝缘性能。护套层由聚氯乙烯以及高压聚乙烯的护套料制成。北方寒冷地区可使用耐寒护套级的电缆料，白蚁活动频繁的地区，可使用防蚁聚氯乙烯护套料。

三、地埋线的电气性能

地埋线的电气性能在JB2171-85《额定电压450/750V及以下农用直埋铝芯塑料绝缘塑料护套电线》标准中已有规定，现分述如下：

1. 绝缘电阻

绝缘电阻是衡量地埋线绝缘性能好坏的一个重要参数。由于地埋线直接埋于地下，若按最坏的条件考虑，等于绝缘电线浸在水中运行，因而标准中给出了地埋线浸在水中一定时间后，在一定温度下，每公里的绝缘电阻应当达到的最低数值。而且对于用聚乙烯和聚氯乙烯作绝缘层的地埋线分别作了规定。对于NLYV、NLYY、NLYV-H及NLYV-Y型地埋线，在20℃及70℃时每公里的最小绝缘电阻值分别为600