

两线一地制电力线路对 通信线路的影响及其防护

崔鼎新 庞廷智 等编

21.2

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是为解决农村两线一地制电力线路对通信线路的影响而编写的。全书共分七章，除叙述两线一地制电力线路对通信线路影响的基本概念、计算方法、防护措施和测量方法外，还对计算影响的重要参数(大地导电率和短路电流)以及有关的两线一地制电力线路、有线电通信的基本知识等作了简要的介绍。书中还附有许多计算图表和计算实例。

本书可供从事农电工作的工人、干部和技术人员在解决两线一地制电力线路对通信线路影响问题时参考。

两线一地制电力线路对 通信线路的影响及其防护

崔鼎新 庞廷智 等编

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

1978年8月北京第一版

1978年8月北京第一次印刷

印数 00001—18250 册 每册 0.51 元

书号 15143·3366

前 言

自建国以来，在毛主席革命路线指引下，广大农电职工在群众性的技术革新和技术革命运动中，取得了可喜的成就。例如农村35千伏以下的电力网采用以大地作回路的不对称供电方式（如10~35千伏两线一地制和10千伏一线一地制），对加快农电建设速度，加速农村电气化的进程已经并将继续发挥它的作用。

利用大地作为回路的不对称供电方式，目前在世界上许多国家的农村中采用，如澳大利亚、新西兰、加拿大、美国、苏联等。我国一些农村电网多采用两线一地制。

由于两线一地制电力线路是利用大地代替一相导线，因此在它周围空间出现较强的电场和磁场，若与通信线路距离较近，平行路径较长，而电力线路负荷电流又较大时，就会对通信线路产生影响。此外，在维护管理工作还未跟上时，这种线路的跳闸率和事故率比较高些。

经过二十多年来的运行实践证明，两线一地制供电方式基本上能满足农村安全供电的要求。这种供电方式不仅在经济上是节省的，而且在技术上也是可行的，现在已经成为农业用电的一种供电方式，各地可因地制宜采用。在采用这种供电方式时，一定要加强维护管理，配合相应的安全措施，并做好发展规划和部门之间的协作，防止和解决对通信线路的影响。

本书着重介绍了两线一地制电力线路对通信线路影响的

基本概念，影响的允许标准，计算和测量方法，以及防护措施等。对于电压在 6 千伏以上的一线一地制电力线路对通信线路的影响和防护，除第七章短路电流计算公式和第二、三章有关静电感应影响计算公式不适用外，其他均适用。一线一地制电力线路对通信线路静电感应影响计算公式列于附录 II。本书所介绍的理论计算方法、影响标准和防护措施，有的还存在一些问题，目前仍在继续研究中，有的尚待在发展中不断完善和提高。对两线一地制供电方式和有线电通信的基本知识，在书中也作了简要介绍。鉴于我们水平有限，书中难免有错误之处，望读者批评指正。

本书在编写过程中，得到河南、黑龙江、辽宁、山西、浙江、四川省以及广西壮族自治区等水利电力部门有关同志大力协助，在此表示感谢。

编 者

1977年10月

主要符号说明

符号	意 义
a	电力线路与通信线路接近距离
a_1, a_2	电力线路与通信线路斜接近段两端的接近距离
b	电力线路导线对地平均高度
c	通信线路导线对地平均高度
D	电力线路接地点与通信线路接地点间的距离
d	双线电话回路两导线间的距离
d_T	导线直径
E	感应纵电动势
E_B	杂音电动势允许标准值
E_d	在单线电话回路上产生的总的杂音电动势
E_{dJ}	交叉跨越在单线电话回路上产生的杂音电动势
E_{dm}	电磁感应在单线电话回路上产生的杂音电动势
E_{dR}	入地电流在单线电话回路上产生的杂音电动势
E_{ds}	静电感应在单线电话回路上产生的杂音电动势
E_s	在双线电话回路上产生的总的杂音电动势
E_{sJ}	交叉跨越在双线电话回路上产生的杂音电动势
E_{sm}	电磁感应在双线电话回路上产生的杂音电动势
E_{ss}	静电感应在双线电话回路上产生的杂音电动势
E_Z	杂音电动势
F_i	电力线路电流的电话波形因数
F_u	电力线路电压的电话波形因数
f	频率
I	电力线路负荷电流
I_B	干扰电流允许标准值
I_o	电力线路等效干扰电流
I_j	基准电流

I_K	电力线路接地短路电流
i	流经人体的静电感应电流
i_b	在电报回路中产生的总的干扰电流
i_{bJ}	交叉跨越在电报回路中产生的干扰电流
i_{bm}	电磁感应在电报回路中产生的干扰电流
i_{bE}	入地电流在电报回路中产生的干扰电流
i_{bs}	静电感应在电报回路中产生的干扰电流
i_{dm}	电磁感应在电话回路中产生的干扰电流
i_{ds}	静电感应在电话回路中产生的干扰电流
k	屏蔽导体在50赫时的磁屏蔽系数
k_0	理想屏蔽系数
l	架空明线通信线路长度
l_P	电力线路与通信线路接近长度
l_s	双线电话回路交叉间隔计算长度
M	频率为50赫时电力线路与通信线路间的互感系数
M_{800}	频率为800赫时电力线路与单线电话回路间的互感系数
M'_{800}	频率为800赫时电力线路与双线电话回路间的互感系数
n	通信线路接地导线数目
n'	人碰触通信线路导线数目
P	电力线路输送功率
p	电力线路架空地线静电屏蔽系数
q	靠近电力线路的树木静电屏蔽系数
r	靠近通信线路的树木静电屏蔽系数
S_{be}	变压器额定容量
S_{Fe}	发电机额定容量
S_j	基准功率(容量)
s	屏蔽导体在800赫时的磁屏蔽系数
U_d	电力线路入地电流在单线通信线路上产生的电压
U_{dq}	电力线路接地装置的全电压
U_g	电力线路等效干扰电压
U_j	基准电压
U_{md}	电力线路的电磁感应和入地电流在单线通信线路上产生的

	总电压
U_s	电力线路在通信线路上产生的静电感应电压
U_x	电力线路电压
U_z	杂音电压
u_D	变压器短路电压百分值
x_*	电力线路电抗标么值
x_{*b}	变压器电抗标么值
x_{*F}	发电机电抗标么值
x_d''	发电机次暂态电抗百分值
x_j	基准电抗
x_1	正序电抗
x_2	负序电抗
x_0	零序电抗
$x_{1\Sigma}$	综合电抗
Z	线路阻抗
Z_a	电话机在800赫时的阻抗
Z_b	电报机在50赫时的阻抗
η	双线电话回路的杂音敏感系数
θ	电力线路与通信线路交叉角度
ρ	大地电阻率
σ	大地导电率
σ_{50}	频率为50赫时的大地导电率
σ_{800}	频率为800赫时的大地导电率
ψ	弯脚架设的双线电话导线位置平面对水平面的倾斜角度
ω	角频率

目 录

前 言

第一章 基本知识	1
第一节 两线一地制电力线路	1
第二节 有线电通信	5
第三节 两线一地制电力线路对有线通信线路影响 有关名词的定义	14
第二章 危险影响	19
第一节 基本概念	19
第二节 危险影响允许标准	24
第三节 危险影响计算方法	26
第四节 避免危险影响的允许接近距离	42
第三章 干扰影响	49
第一节 基本概念	49
第二节 干扰影响允许标准	54
第三节 干扰影响计算方法	59
第四节 避免干扰影响的允许接近距离	97
第四章 危险影响和干扰影响的防护措施	106
第一节 概述	106
第二节 一般措施	106
第三节 采用部分三线制和屏蔽线的防护效果	108
第四节 危险影响的防护措施	118
第五节 干扰影响的防护措施	123
第五章 测量方法	131
第一节 概述	131

第二节 通信线路直流测试	132
第三节 危险影响测量	138
第四节 干扰影响测量	140
第六章 大地导电率确定	143
第一节 概述	143
第二节 四极电测深法	144
第三节 地质判定法	149
第四节 互感法	153
第七章 短路电流计算	156
第一节 概述	156
第二节 系统元件参数计算	157
第三节 短路电流计算	163
附录 I 计算举例	172
附录 II 一线一地制电力线路对通信线路静电 感应影响计算公式	186

所示。

二、主要特点

1.架空导线对地工作电压，比同电压等级的三相中性点不接地系统升高1.73倍，即架空导线对地电压等于线电压。例如在10千伏三相不接地系统中，每相导线对地电压为5.8千伏（即 $10/1.73$ 千伏），而在两线一地制供电系统中，两架空导线对地电压升高为10千伏。

2.接地相的接地装置是工作接地，而不是保护接地。在三相中性点不接地系统中，接地装置只是电气设备外壳保护接地，在正常情况下没有电流通过。而在两线一地制供电系统中，接地装置在正常运行情况下通过工作电流，在故障情况下通过短路电流。

3.两架空导线任一条接地，则造成相间短路，短路电流较大，将引起线路跳闸。而在三相中性点不接地系统中，任一相导线接地不致引起跳闸，不影响继续供电。

4.利用大地代替一相导线的供电系统是不对称供电系统，与同条件下的三相中性点不接地对称系统相比，正常运行时对邻近通信线路的影响要大。

三、线路

两线一地制电力线路的工作电压，目前主要是10千伏，还有少量的35千伏。电杆常用的有混凝土电杆和木电杆两种，电杆长度一般有9~10米（10千伏）和13~15米（35千伏）。绝缘子常用的有针式绝缘子、悬式绝缘子和陶瓷横担，目前广泛采用陶瓷横担，特别是在10千伏线路上。导线材料一般采用铝绞线，对大的档距则采用钢芯铝绞线，对小负荷可采用钢绞线。导线截面根据供电负荷大小来选择。导线为水平排列。

四、接地装置

两线一地制供电网络的接地装置，要求在正常情况下通过负荷电流，在短路故障情况下通过短路电流，因此接地一定要良好。如接地电阻过大，不仅使电能损失增多，电压损失过大，而且在接地装置附近会存在高的接触电压和跨步电压，若超过允许限度就会危及人身、设备和牲畜的安全。因此，在正常运行情况下接地电阻值 R_D 应满足以下要求：

$$R_D \leq \frac{U_{aq}}{I} \text{ 欧} \quad (1-1)$$

式中 I ——正常运行情况下流经接地装置的负荷电流（安）；

U_{aq} ——接地装置的全电压（伏），此值尚未明确规定，可根据有关规程和资料结合当地情况选取。

从公式(1-1)可以看出，变电站的容量越大，接地电阻要求越小。在土壤电阻率小的地区，接地电阻值比较容易达到要求。在土壤电阻率高的地区，要达到规定的电阻值，往往要耗费较多的钢材。适当选择接地点，对降低接地电阻有一定的效果。采用均压等措施可以降低接触电压和跨步电压。

五、绝缘配合和安全运行

在两线一地制供电网络中，如两架空导线中任一条有临时性接地故障（如雷击、鸟害和外物碰导线等），就会造成两相短路，引起跳闸。同时由于两架空导线对地电压较三线制升高1.73倍，线路和电气设备的瓷绝缘表面承受的电压梯度增大，在盐雾区、污秽区和雾天时，泄漏电流较大，容易引起对地闪络或烧木横担，因此要适当加强线路和电气设备

的绝缘。线路一般采用陶瓷横担，以减少对地短路的机会。加装自动重合闸，可减少因瞬时故障造成停电。加强线路和电气设备的维护管理，注意带电部分（如跳线弓子等）的对地距离不宜过小，随时清除线路周围的杂物，防止鸟害和外物碰线等意外故障。实践证明，采取上述措施以后，两线一地制电力线路的事故率与三相三线制电力线路接近。

此外，为安全运行还要求：

1. 因为接地装置经常通过工作电流，故要求经常保证接地良好，这就要求加强接地装置的检查和测试。在居民区的接地装置，要采取措施防止人畜接近。

2. 变电站的出线电缆，要使三芯中的电流尽可能地平衡，以防止因电流不平衡在金属外皮中产生大的感应电流发生过热，击穿绝缘。接地相应在线缆的外线侧接地，如图1-2所示。

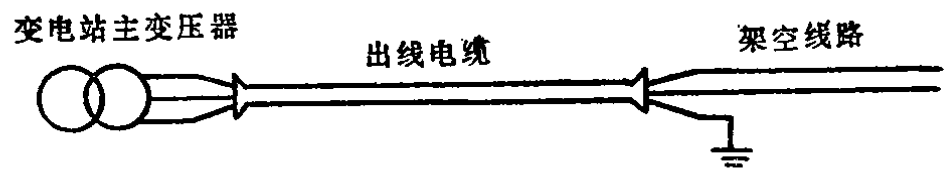


图 1-2 出线电缆与两线一地制架空线路连接图

3. 阀型避雷器等防雷设备因经常处于线电压之下，需要加强经常性检查和测试工作。

4. 在两线一地制电力线路上，不准同杆架设广播和通信线路，以防止两线一地制电力线路的感应电压或导线相碰而危及维修人员和设备的安全。同时，当有两回以上两线一地制电力线路平行出线时，当某一回路停电检修时，不要在变电站出线上挂接地线或合上接地刀闸，应该在检修地点挂接地线，以防止由运行电力线路产生的感应电压和“转移电

压”危及维修人员的安全。

第二节 有线电通信

一、概述

有线电通信是利用导线来传输电信号的一种通信方式。按传输信号的内容不同有电话和电报通信两大类。按通信距离不同又可分为市内和长途通信。电话是利用声电转换设备来传递语言的，而电报则是利用电信号来传递书面材料（文字等）的一种通信技术。因此有线电通信是由电话电报等机械设备、线路设备和用户设备等组成。

二、电话

目前，电话通信有普通电话、数字电话和书写电话等。普通电话通信的基本工作原理如图1-3所示。当发话人在电话机的送话器前讲话时，送话器在声波的作用下，在其电路内产生了相应的话音电流变动。这个变动的话音电流沿着导线传送到对方电话机的受话器。受话器在接到话音电流后，将它还原为声波，传到受话人的耳中，于是受话人便听到了发话人的话音。

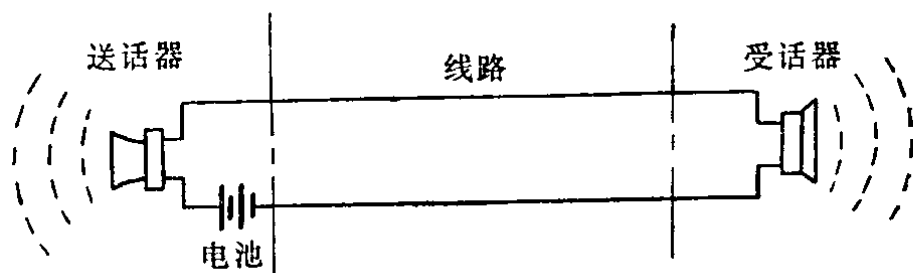


图 1-3 普通电话基本工作原理图

数字电话通信是将普通电话信号进行编码，即经过编码器转换成数字电话信号，然后经数字传输设备传送到收话

端。收话端经过解码器再将数字信号恢复成普通电话信号。数字电话通信有很多优点，例如数字电话信号经密码加工后，具有高度的保密性能。故近年来，数字电话通信的应用日趋广泛。

书写电话通信是普通电话通信和传真通信的结合，两者同时传送，只占用一个电话回路。它既可传送双方讲话的声音，同时，也可传送设计图纸、亲笔签名、文字数据等。当甲用户拨通电话后，可以一面讲话，一面用笔书写文字、图形、签名、数据等。乙用户可以一面听话或讲话，一面看到文字、图形、签名、数据（也可以由乙用户书写，甲用户收看，但双方不能同时书写）。

两个电话用户可用一对线将这两部电话机直接连接起来进行通话。若电话用户的数量很多时，在用户分布区域的中心设置一台电话交换机，通过交换机把要通话的两户连接起来，这样不但可使线路减少，用户使用电话时也感到方便，如图1-4所示。

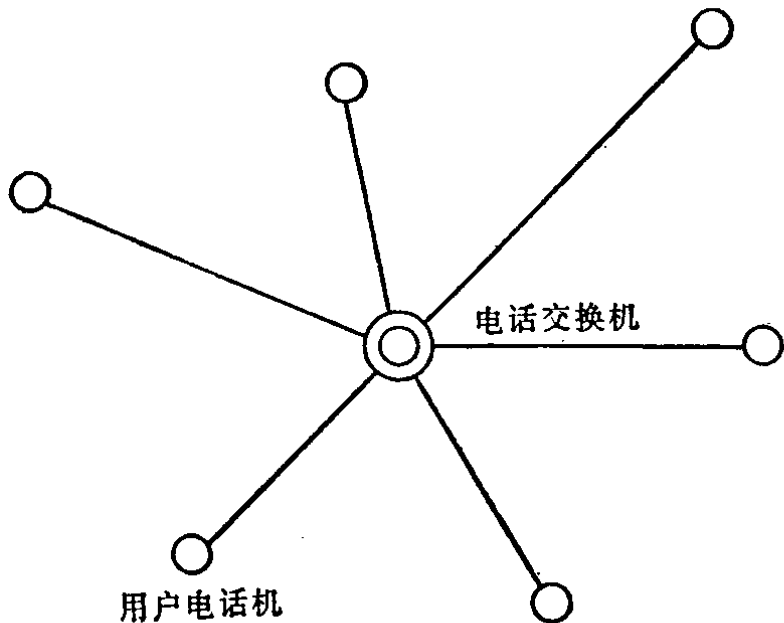


图 1-4 经交换机连通的电话网络图

普通电话交换机可分为人工电话交换机和自动电话交换机两类。人工电话交换机又可分为共电式电话交换机和磁石式电话交换机。目前我国县级以上地方使用的电话，多数采用人工交换机，其中县镇多采用共电式，公社多采用磁石式。城市常使用自动电话。上述两种电话通话电流的频率为300~3000赫，称为音频电话。城市间或城市与乡村间的远距离通话为长途电话。长途电话是利用架空明线或电缆、载波机、增音机和终端设备等来完成远距离通话的，如图1-5所示。

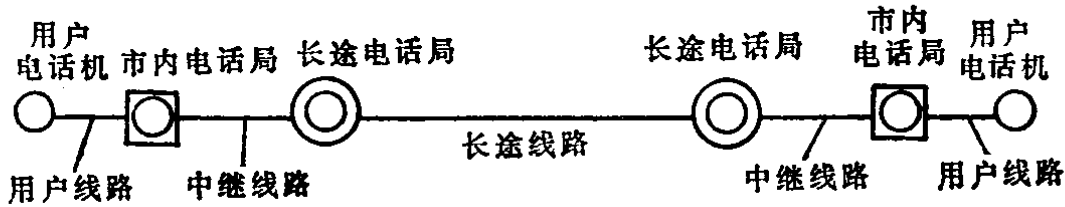


图 1-5 长途电话系统图

在有线电通信中，由于线路设备投资较大，同时电话信号沿导线传输有衰耗，因此如何提高线路利用率和增加通信距离，就成为有线通信技术中的两个主要问题。

提高线路利用率，可以采用载波电话，即在一对电话线路上有若干对电话用户同时进行通话。例如采用了三路载波电话以后，除原有一对电话用户用音频通话外，还允许三对用户同时用载波进行通话。

载波电话是利用频率转换设备（载波机）来完成通话的。在发话端，把音频话音信号，经过变频设备（调制器）变为较高频率的信号电流，然后送到线路。在受信端，再由变频设备把从线路送来的高频信号电流还原为音频话音信号。载波电话各回路的频率不同，一般从6千赫开始，架空

明线线路铜线传送的频率可达到 150 千赫，电缆线路传送频率更高。目前我国的农村电话通信，为了提高线路利用率，也在逐步地采用载波电话。

为要增加通信距离，又使收信端能获得足够的音量，就必须设法减少电话信号在线路上传输时的衰耗。除采用加大导线线径和人工加感方法外，主要的是采用在线路中加装增音机的方法来解决。

我们都有这样的感觉，就是线路越长，打电话的声音就越小。这是因为电话信号沿导线传送时，有衰耗的关系。通话距离越长，衰耗就越大，通话的声音就越小。计量衰耗的单位常用奈培（ N ）或分贝（ db ）表示。

奈培：就是两点功率比的自然对数的一半 $\left(\frac{1}{2}\ln\frac{P_1}{P_2}\right)$ 。

分贝：就是两点功率比的以 10 为底的对数的十倍 $\left(10\lg\frac{P_1}{P_2}\right)$ 。

1 奈培 = 8.7 分贝

1 分贝 = 0.115 奈培

通信线路传输衰耗标准采用 3.3 奈培。此值合理分配给各个部分的机线设备上。如不论转接多远的长途电话，分配给长途线路和转接电话局交换机的衰耗只有 1.3 奈培，分配给两终接电话局和用户机线设备的衰耗各只有 1 奈培。

三、电报

电报有人工、自动、电传、传真和载波等种类。最早使用的电报通信都是人工电报机，目前我国仍用得较多，特别是用作地区到县镇一级的电报通信，而且式样繁多。人工电报需用手来拍发和抄收电报，所以速度较慢，后来发明了快