

# 适用于城镇燃气管网的交流排流技术研究

□ 北京市燃气集团有限责任公司 (100011) 颜丹平 邢琳琳

□ 北京科技大学新材料技术研究院 (100083) 梁毅 杜艳霞 唐德志 李伟

**摘要:** 目前,我国城镇燃气管道遭受的交流干扰越来越严重,合理有效的交流排流措施对于确保燃气管道的安全运行至关重要。由于城镇地域的限制,传统的水平锌带交流排流地床在城镇燃气管网的交流缓解中受到了挑战,急需适用于城镇燃气管网的新型交流排流地床。基于此,本文提出了一种适用于城镇燃气管网的交流排流技术—深井排流技术,并通过数值模拟计算研究获得了深井地床排流效果的影响因素及其影响规律,其研究结果可为城镇燃气管网的交流排流设计提供理论支撑和数据参考。

**关键词:** 城镇燃气管道 交流缓解 深井排流地床 影响因素

## Study of AC Mitigation Method Used for Urban Gas Pipeline

Yan Danping, Xing Linlin, Liang Yi, Du Yanxia, Tang Dezhi, Li Wei

**Abstract:** The development of urban gas, transportation and electricity deteriorates AC interference of urban gas pipeline. The effective and economic AC mitigation methods are of great value for the safety of buried gas pipeline. Due to the limited space, the traditional AC mitigation bed (zinc ribbon) suffers from challenge when it is used on urban gas pipeline. A new AC mitigation bed is badly in need. In this work, deep well AC mitigation bed is proposed and the factors that affect its AC mitigation efficiency were investigated by simulating calculation. The calculated results could be referenced by AC mitigation designs of urban gas pipelines.

**Keywords:** urban gas pipeline AC mitigation deep well mitigation bed factor

### 1 引言

近年来,随着我国城市建设的快速发展,埋地燃气管道的建设里程日益增加<sup>[1-4]</sup>。以北京燃气为例,2012年北京燃气运行的天然气管线已达15 000余km,并以网状辐射到北京各城区和大部分郊区县<sup>[5]</sup>。与此同时,高压输电线路的建设规模也在日益加大。在城

镇地区由于土地紧张、“路径择优”等原则使得埋地燃气管道常与高压输电线路长距离并行或多次交叉,形成长距离的共用走廊带。国内外大量案例表明<sup>[6-9]</sup>,与埋地金属管道并行的高压输电线路会通过电磁感应、电阻耦合等方式在埋地管道上感应出交流电压和电流,对管道造成严重的交流干扰,从而对管道产生不可忽视的危害,如会引起交流腐蚀,

导致管道穿孔泄漏，加速防腐层的剥离，影响阴极保护系统的正常运行，造成保护电位不满足保护要求，牺牲阳极发生“极性逆转”等问题。同时，还会对工作人员产生电击危害，严重威胁着工作人员的人身安全<sup>[10-11]</sup>。因此在共用走廊带需要施加相应的防护措施才能保障管道的安全运行。

目前国内外关于交流干扰的主要防护措施是安装排流地床，其中最常用的地床形式是与管道同沟铺设水平锌带<sup>[12]</sup>。不幸的是，由于城镇区域存在征地费用高、开挖难度大、地域限制条件多等问题，水平锌带地床在城镇燃气管道交流排流的应用中受到了一定的限制。因此迫切需要开发一种适合城镇高压输电走廊带燃气管道交流排流的地床形式。

为了解决以上问题，本文提出了一种适用于城镇燃气管网的交流排流地床—深井排流地床，并利用交流干扰数值模拟软件（CDEGS），进行了深井接地极埋深 $h$ 、深井接地极直径 $\phi$ 、深井接地极长度 $L$ 以及深井地床与管道间距 $d$ 对地床交流排流效率的影响规律研究，其研究结果可为城镇燃气管道交流干扰的排流设计提供参考。

## 2 计算模型与参数设置

图1显示了采用的几何模型。管道全长30km，与高压输电线并行10km，管道与高压输电线相距10m，管道两端均有绝缘法兰。高压输电线路采用三相供电的方式，三相之间的不平衡电流为50A。

利用目前国内外最常用的交流干扰数模计算软件（CDEGS）进行深井地床的缓解设计。管道、输电线

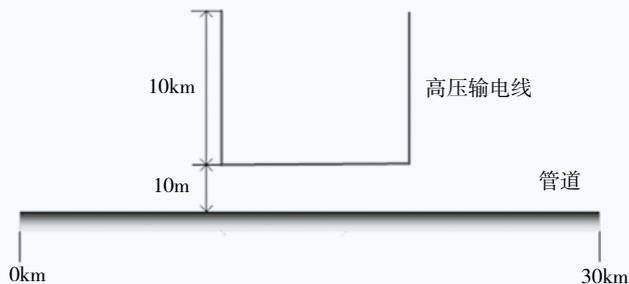


图1 几何模型

路以及土壤的特性参数如表1所示，在后续计算中，这些参数保持不变。

在进行深井接地极埋深 $h$ 、深井接地极直径 $\phi$ 、深井接地极长度 $L$ 以及深井地床与管道间距 $d$ 对地床排流效果影响规律的研究时，其参数的设定如表2所示。

表1 计算模型中的恒定参数设置

管道参数			
管道相对电阻率	13（相对于退火铜电导率）	管道壁厚	0.005m
管道相对磁导率	300（相对于真空磁导率）	管道埋深	2m
管道内半径	0.258m	涂层电阻率	100 000
管道外半径	0.268m	涂层厚度	0.003m
输电线参数			
不平衡电流	50A	输电线高度	20m
土壤参数			
土壤电阻率		50Ω·m	

表2 深井地床的参数设定

影响因素	接地极埋深（m）	接地极直径（mm）	接地极长度（m）	管道与深井间距（m）
接地极埋深	0.5, 1, 3, 5, 10, 20, 30, 40	300	30	1
接地极直径	1	50, 100, 200, 300, 400, 500	30	1
接地极长度	1	300	20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 150, 200, 300, 400	1
管道与深井间距	1	300	30	1, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50

### 3 计算结果及分析

通过CDEGS数值模拟软件,对深井地床进行建模,研究分析了深井接地极埋深 $h$ 、深井接地极直径 $\phi$ 、深井接地极长度 $L$ 以及深井地床与管道间距 $d$ 对地床交流排流效果的影响,得到结果如下。

#### 3.1 深井接地极埋深的影响

图2显示了深井接地极埋深对其交流排流效果的影响。可以看出,所有埋深下管道交流干扰电压曲线基本重合,即深井接地极埋深对深井地床交流排流效果的影响不大。综合考虑经济、地理环境以及计算结果,选取深井接地极的最优埋深为1m。

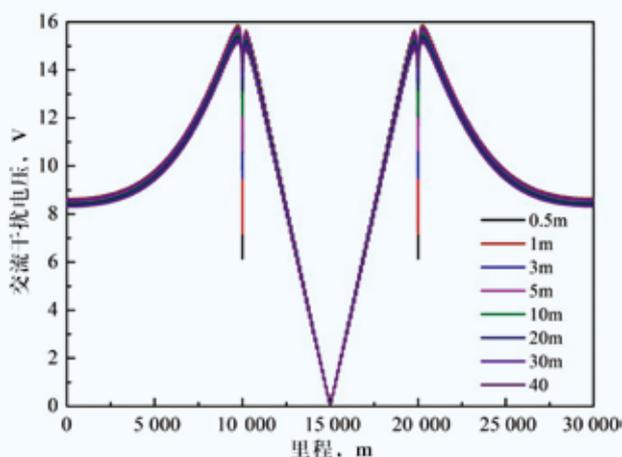


图2 深井接地极埋深对管道交流干扰电压的影响

#### 3.2 深井接地极直径的影响

深井接地极直径对地床交流排流效果的影响如图3所示。计算结果表明,随着深井接地极直径的增大,其排流效果越来越好,但当接地极直径超过300mm时,管道交流感应电压变化不大,即深井地床的排流效果基本不变。因此,在进行深井交流排流地床设计时,深井接地极的直径以接近但不要超过300mm为好。

#### 3.3 深井接地极长度的影响

图4显示了深井接地极长度对管道交流干扰电压的影响。从图4可以看出,深井接地极长度对地床交流排流效果有明显的影。随着深井接地极长度的增加,管道感应的交流电压越来越低。在接地极长度低于30m时,管道感应电压低于15V,达到安全电压

的标准。

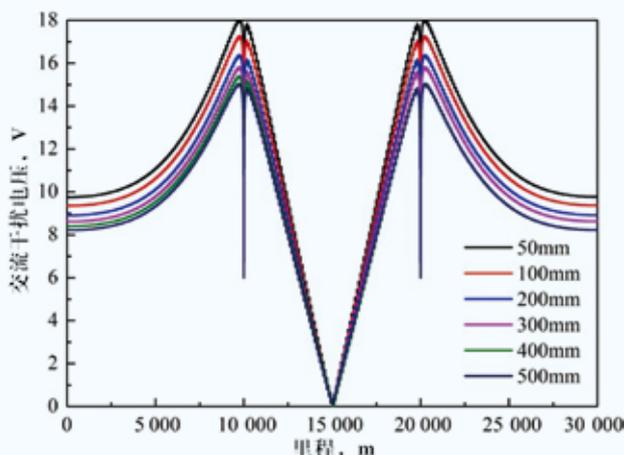


图3 深井接地极直径对管道交流干扰电压的影响

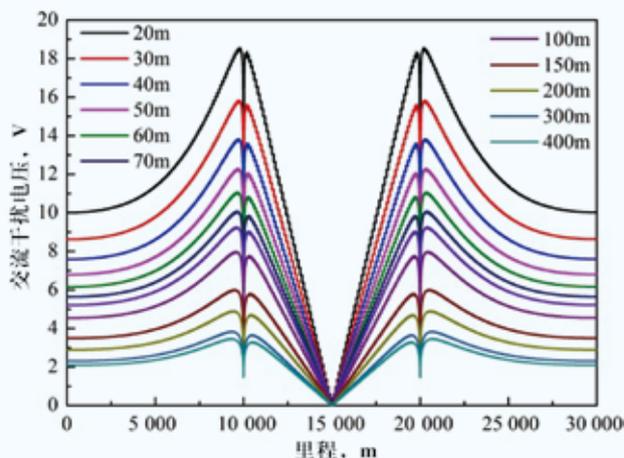


图4 深井接地极长度对管道交流干扰电压的影响

相较于深井接地极埋深和深井接地极直径对地床排流效果的影响,深井接地极长度对地床交流排流效果的影响更加明显,其缓解效率如表3所示。可以看出,深井接地极长度越长,其缓解效率越高,但单位长度的缓解效率呈现逐渐降低的趋势。将两者的变化趋势放到一张图(如图5所示)中,可以发现,本算例中最佳的深井接地极长度为60m左右。

#### 3.4 管道与深井间距的影响

图6显示了管道与深井间距对管道交流干扰电压的影响。可以看出,管道与深井间距对地床交流排流效果无明显影响。因此,可根据实际情况确定管道与深井间的距离。

表3 接地极长度对缓解效率的影响

活性段长度 (m)	缓解效率	单位长度的缓解效率
20	37.5%	1.88%
30	46.2%	1.54%
40	52.8%	1.32%
50	57.9%	1.16%
60	62.0%	1.03%
70	65.3%	0.93%
80	68.1%	0.85%
100	72.4%	0.72%
150	79.2%	0.53%
200	83.1%	0.42%
300	87.0%	0.29%
400	88.4%	0.22%

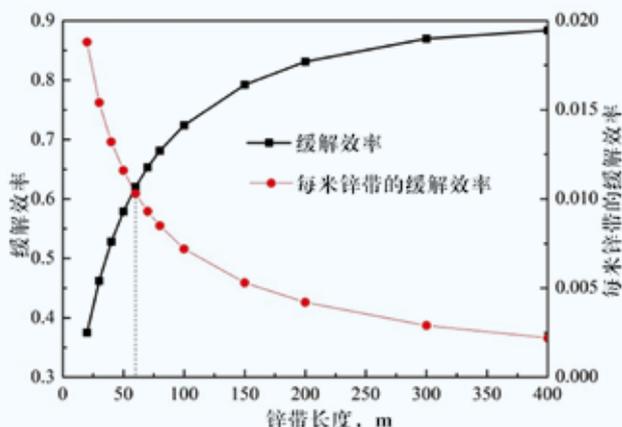


图5 接地极长度对其缓解效率及单位长度缓解效率的影响

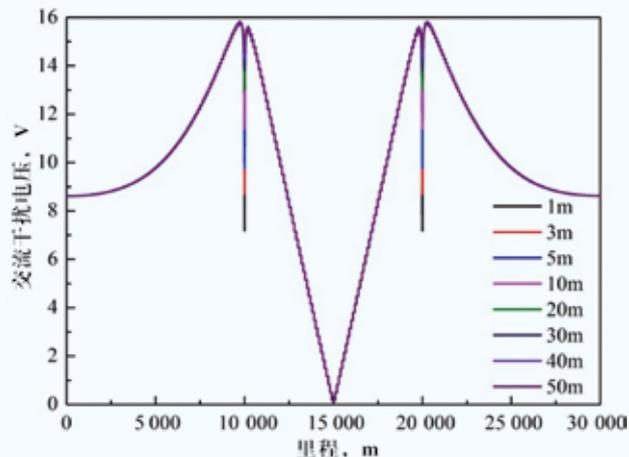


图6 管道与深井间距对管道交流干扰电压的影响

## 4 结论

利用数值模拟计算技术对深井地床交流排流效果的影响因素及其影响规律进行了研究, 获得了以下结果:

(1) 深井接地极埋深对地床交流排流效果影响不大, 一般可选取1m作为最佳接地极埋深;

(2) 随着深井接地极直径的增大, 其交流排流效果升高, 但超过一定值(如300mm)时, 其交流排流效果基本不变;

(3) 随着接地极长度的增加, 管道上的交流感应电压越来越低, 但存在一个合理的长度(如30m);

(4) 管道与深井间距对深井地床交流排流效果无明显影响。

### 参考文献

- 1 赵志楠. 我国城镇燃气普及水平的分析研究[J]. 城市燃气, 2013; 457(3): 12-18
- 2 姚秀程. 城镇燃气输配管网阴极保护系统运行技术探讨—以淄博绿博燃气有限公司为例[J]. 城市燃气, 2013; 461(7): 17-21
- 3 郭维圻. 关于对北京郊区城镇燃气事业发展的思考[J]. 城市燃气, 2002; 324(2): 28-30
- 4 段蔚, 张辉, 侯世颖. 阴极保护对城镇燃气管网的保护作用[J]. 城市燃气, 2006; 372(2): 12-14
- 5 李夏喜, 杜艳霞, 段蔚等. 北京燃气管道牺牲阳极服役参数测试及变化规律[J]. 腐蚀与防护, 2015; 36(3): 263-271
- 6 Simon PD, Schmidt JT. Dynamic nature of HVAC induced current density on collocated pipelines[C]. CORROSION/2007, Houston, Texas, 2007: 07650
- 7 Christoforidis GC, Labridis DP, Dokopoulos PS. Inductive interference calculation on imperfect coated pipelines due to nearby faulted parallel lines[J]. Electric Power Systems Research, 2003; 66: 139-148
- 8 Christoforidis GC, Labridis DP, Dokopoulos PS. A hybrid method for calculating the inductive interference