

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2012.10.003

# 埋地PE燃气管道与供热保温管道 间距问题及保护措施

□ 青岛泰能燃气集团有限公司 (266071) 刘运良 李贤辉  
□ 中国市政工程华北设计研究总院 (300384) 赵自军 郝冉冉 严荣松

**摘 要:** 北方住宅小区敷设地下PE燃气管道,经常会遇到与供热保温管道间距不够问题,本文介绍了实际工作中遇到的各种情况,通过模拟设计计算和实验,确定了技术保护措施。

**关 键 词:** 管道间距 散热 保温 保护措施

## 1 概述

目前,青岛泰能燃气集团有限公司正在大规模采用PE燃气管道(聚乙烯燃气管道简称)取代灰口铸铁燃气管道改造,在住宅小区地下敷设PE燃气管道时,经常会出现与供热保温管道平行敷设或交叉敷设时水平或垂直净距达不到CJJ63-2008《聚乙烯燃气管道工程技术规程》要求的现象,这将造成PE燃气管道使用寿命缩短<sup>[1]</sup>。由于北方住宅小区地下管道纵横交错、路由难找、管位有限,很难达到《聚乙烯燃气管道工程技术规程》要求,为此,青岛泰能集团与中国市政工程华北设计研究总院合作,研究出现的具体问题,通过模拟设计计算和实验,采取了相应的技术保护措施,有效地缩短了住宅小区敷设地下PE燃气管道与供热保温管道的实际距离。

## 2 研究课题基本情况

CJJ63-2008《聚乙烯燃气管道工程技术规程》中已做出明文规定,聚乙烯燃气管道与直埋热力管道的安全间距不应小于1.0m。同时条文指出水平净距是根据热源在土壤中的温度场分布,用《传热学》中的

源汇法,经计算和绘制的热力管的温度场分布图确定的。保证热力管道外壁温度不高于60℃条件下,距热力管道外壁水平净距1m处的土壤温度低于40℃<sup>[1]</sup>。

但是在实际的工程设计中,小区配套管网施工中安全间距经常难以保证,特别是已有系统的工程改造时,地下上水、排水、供暖、通讯、电力、燃气等几根乃至十几根管道,热力管道与PE燃气管道的布置间距很难满足标准要求。为此,我们对这种情况进行了研究。

### 2.1 本研究适用范围

住宅小区季节采暖直埋热力管道(供热二次网)附近敷设低压PE燃气管道。

### 2.2 技术标准

本研究依据的相关标准规定条款:

(1) 热力管道外护管最高表面温度不大于60℃(CJJ63-2008);

(2) 热力管道外护管外表面计算温度50℃,最大温度不超过60℃(CJJ104-2005)<sup>[2]</sup>;

(3) 燃气PE管道应在40℃以下土壤环境中使用(CJJ63-2008);

(4) 当采取有效隔热措施,敷设间距可适当缩小(CJJ63-2008);

(5) 当PE燃气管道运行温度接近40℃时，压力折减系数取0.76 (CJJ63-2008)；

(6) 当选用热力管道外护管表面温度 60℃时，土壤导热系数取1.2 W/m·h (CJJ104-2005)。

本研究依据相关标准规定条款确定如下边界条件：

- (1) 热力管道外护管表面计算温度60℃；
- (2) 热力管道外护管外表面最大热流量116W/m<sup>2</sup>；
- (3) 控制燃气PE管道在低于40℃的土壤环境中使用。

### 2.3 研究目标

依据相关规范，采取技术措施后应保障PE燃气管道工作温度不大于40℃。

## 3 方案的选择和确定

经过实地勘查和技术研讨，确立了青岛地区实际施工条件和土壤环境条件；充分搜集归纳了相关技术标准和规范<sup>[1,2,4,5,6]</sup>，确立了项目研究的依据和边界条件；研究了工程热力学和工程传热学的多种分析方法，优选建立了土壤温度场分布的数学模型；通过理论与实际的结合，编制研发了计算分析软件；同时，选择不同算法对软件模拟结果进行了校核确认。为了保护PE燃气管道，首先我们提出以下两种技术方案：

方案一：在PE燃气管外加保护套管。

方案二：在PE燃气管道和热力管道之间采用聚苯乙烯泡沫板进行隔绝。

### 3.1 方案一

采用方案一外加保护套管时，对其进行了传热稳态估算。传热的结构见图1：

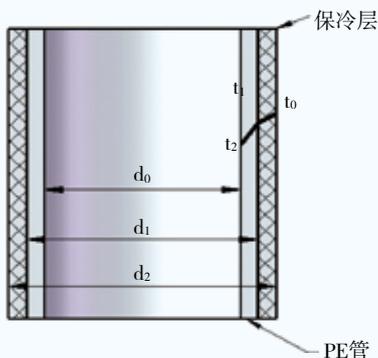


图1 管道传热示意

传热模型：

$$q_1 = \frac{2\pi\lambda_1(t_0-t_1)}{\ln \frac{d_2}{d_1}}; q_2 = \frac{2\pi\lambda_2(t_1-t_2)}{\ln \frac{d_1}{d_0}}; q_3 = h\pi d_0(t_2-t_g);$$

$$q_4 = c_p V(t_g-t_i); q_1 = q_2 = q_3 = q_4$$

式中 $q_1$ —土壤环境向保冷层的散热损失，W/m；

$q_2$ —保冷材料向PE管的散热损失，W/m；

$q_3$ —PE管向燃气的散热损失，W/m；

$q_4$ —燃气流动带走的热量，W/m；

$\lambda_1$ —保冷材料的导热系数，W/(m·℃)；

$\lambda_2$ —PE管道的导热系数，W/(m·℃)；

$t_0$ —保冷材料外表面温度，℃；

$t_1$ —保冷材料内表面温度，℃；

$t_2$ —PE管内壁温度，℃；

$d_2$ —保冷材料外表面外径，m；

$d_1$ —PE管道外径，m； $d_0$ —PE管道内径，m。

计算假定条件：

(1) 燃气计算流量按日平均用气量来确定。

(2) PE管与热力管间距为零，PE管保温管外壁面温度为50℃，符合埋地热力管网标准要求。

(3) 燃气进口温度按青岛市供热期地下温度，燃气进气温度设定为10℃。

(4) 保温材料选择为硬质聚氨酯。

(5) 燃气管径为De110。

计算结果如图2所示。

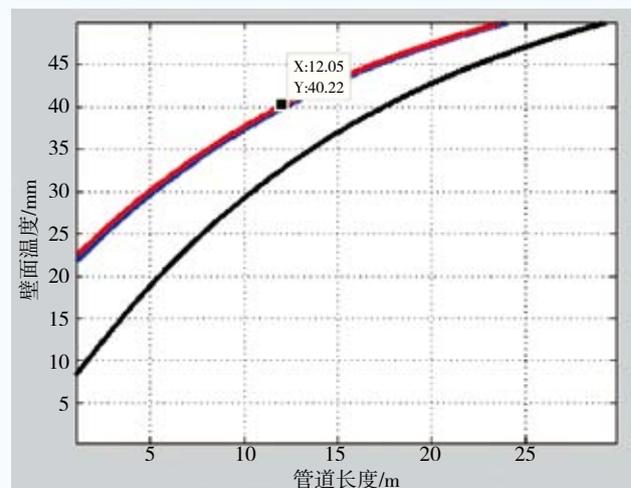


图2 保温层厚度25mm时各壁面温度

红色——套管内壁温度；蓝色——PE管外壁温度；  
黑色——燃气温度

计算结论：当保温层厚度为25mm时，供热管道和PE燃气管道最大连续并行长度为12m，超过此长度就不能满足规程中的温度要求。因此，排除方案一。

### 3.2 方案二

#### 3.2.1 温度场分析计算

采用虚拟热源法计算土壤温度场<sup>[3]</sup>。现在考察地下埋管的散热损失问题，参看图3，地下埋设的热管道直径 $d=2r$ ，埋深为 $H$ 。设埋管外表面和地面的温度分别维持为常量 $t_w$ 和 $t_0$ 。在常物性假定且不考虑温度分布沿管长方向变化的情况下，土壤中的温度分布由二维拉普拉斯方程和两个等温边界条件描述，利用虚拟热源法可以方便地求解这样一个系统的导热问题。

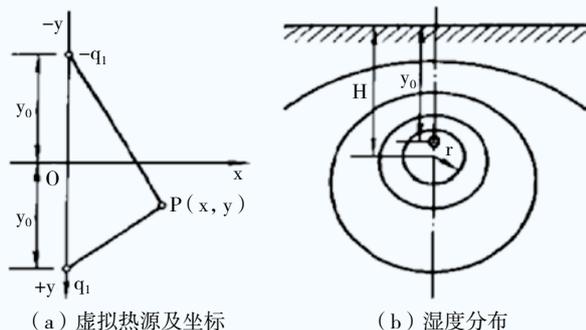


图3 地下埋管问题

则在直角坐标系中表示的温度分布为：

$$\theta = \frac{q_1}{2\pi\lambda} \ln \frac{\sqrt{x^2+(y_0+y)^2}}{\sqrt{x^2+(y_0-y)^2}} \quad (1)$$

#### 3.2.2 边界条件

(1) 热力管外壁温度为 $50^\circ\text{C}$ 时，最大热损失 $q=116\text{W}/\text{m}^2$ （依据CJJ104-2005对热力管保温外表面的最大热损失要求）<sup>[2]</sup>；

(2) 热力管最大表面温度为 $60^\circ\text{C}$ （依据CJJ104-2005与CJJ63-2008中条文对热力管外表面最大温度的表述）；

(3) 地表温度选择为 $20^\circ\text{C}$ （依据CJJ104-2005中对济南在供热期前后月份的地表温度取整）；

(4) 热力供水管外壁温度取 $60^\circ\text{C}$ ，热力回水管外壁温度取 $50^\circ\text{C}$ ；

(5) 热力供水管外壁温度取 $60^\circ\text{C}$ ，管顶埋深1.0m；

(6) 隔热板选用聚苯乙烯泡沫板，基本参数： $\lambda=0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ， $\rho=24\text{kg}/\text{m}^3$ ， $C_p=2100\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{k})$ 。

(7) 隔热板厚度20mm，高度450mm。

#### 3.2.3 没有隔热措施热力管道附近土壤温度场计算（见图4、图5）

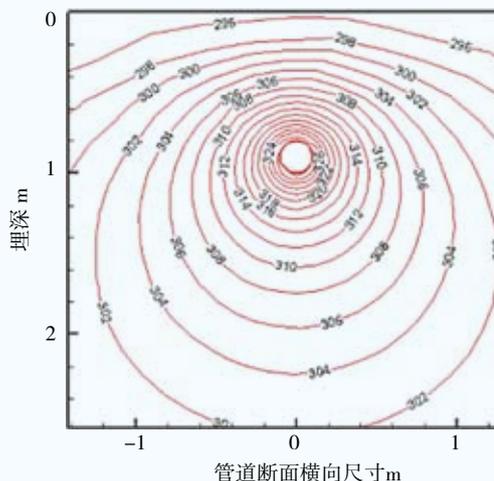


图4 热力单管附近土壤最高温度场图（热力管外壁温度取 $60^\circ\text{C}$ ）

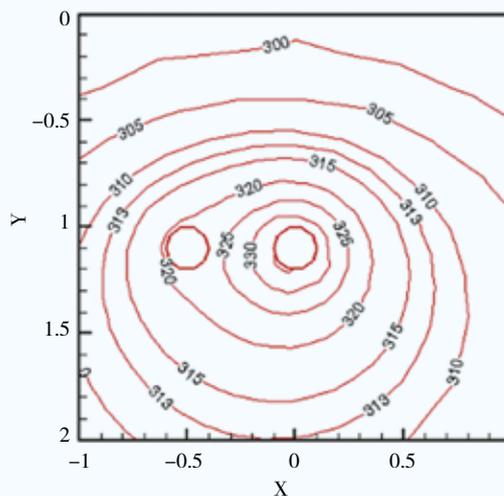


图5 热力双管附近土壤最高温度场（热力管外壁温度取 $60^\circ\text{C}$ ）

#### 3.2.4 采取隔热措施后热力管道附近土壤温度场计算（见图6、图7、图8）

### 3.3 土壤温度场分析结论

(1) 小区庭院敷设的热力管道外护管直径最大为200mm，基于此管径计算的温度场高于其他小口径的热力管道的温度场。

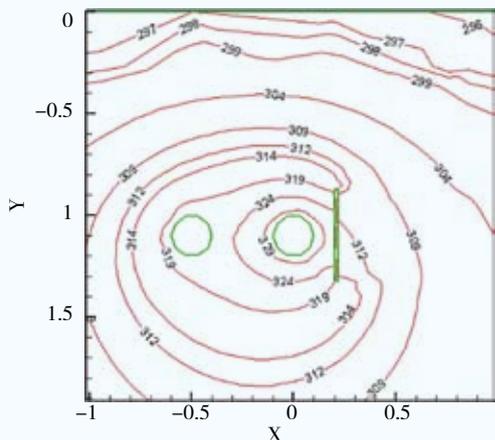


图6 隔热板中心与热力管中心等高的土壤温度分布

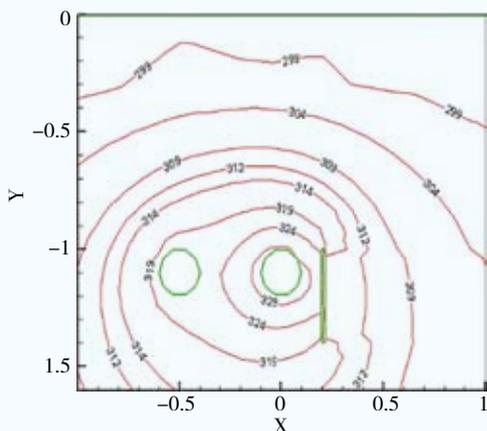


图7 隔热板顶部与热力管管顶等高的土壤温度分布

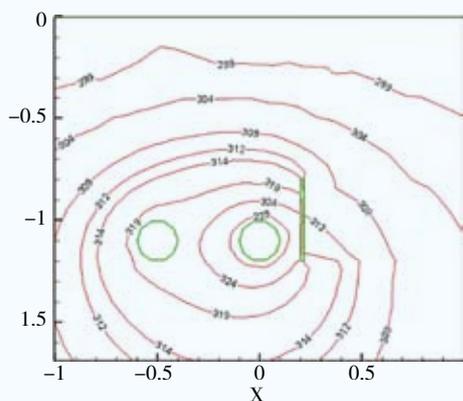


图8 隔热板底部与热力管管底等高的土壤温度分布

(2) 图4、图5的计算结果表明,距离热力管道外护管0.5m处土壤温度降至40℃,满足标准规定的敷设PE燃气管道土壤温度界限要求。因此,可以不采取隔热措施。

(3) 图6、图7、图8的计算结果表明,隔热板高位配置或低位配置均能够保障隔热板中心外侧土壤温

度小于40℃,满足标准规定的敷设PE燃气管道土壤温度界限要求。

(4) 本计算是基于最大允许热力管外壁温度60℃和采暖季极端地表温度20℃的边界条件的结果,实际运行的热力管道附近温度场均低于本计算结论。因此,采用推荐的隔热措施能够满足实际要求。

## 4 工程设计方案

### 4.1 PE燃气管道与热力管道平行敷设时

设计方案如图9、10、11。根据管道的相对位置关系,按图全程敷设隔热板;隔热板材料为聚苯乙烯泡沫板,厚度应大于20mm;隔热板高度应大于等于表1推荐的最小宽度。除隔热做法参照本图外,其他做法应符合CJJ63的规定。

表1

热力外护管直径 D (mm)	200	160	140	120	100	80
隔热板最小宽度 H (mm)	450	400	370	350	350	300

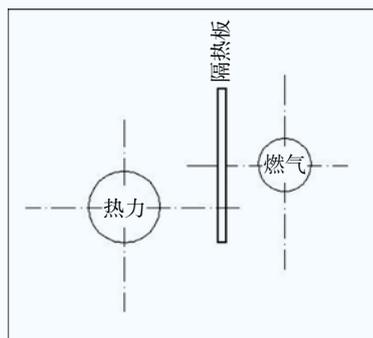


图9 燃气管埋深小于热力管道埋深,隔热板底部与热力管底部标高一致

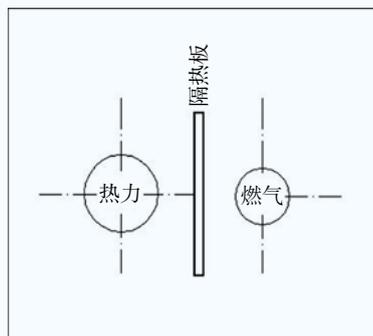


图10 燃气管埋深与热力管道埋深相同,隔热板中心与热力管中心标高一致

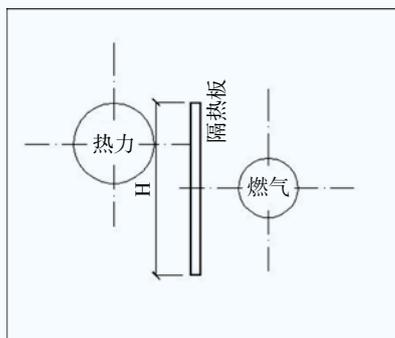


图11 燃气管埋深大于热力管道埋深，隔热板顶部与热力管顶部标高一致

#### 4.2 PE燃气管道与热力管道交叉敷设时

设计方案如图12、13。管道垂直交叉时，宜按图敷设隔热板，推荐图10的做法。隔热板材料为聚苯乙烯泡沫板，厚度应大于20mm；隔热板规格为300mm×300mm。除隔热做法参照本图外，其他做法应符合CJJ63的规定。

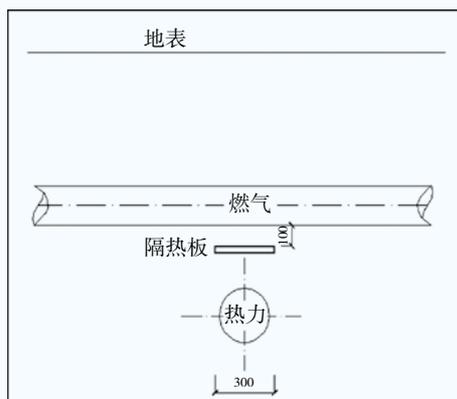


图12 燃气管在热力管道上方跨越

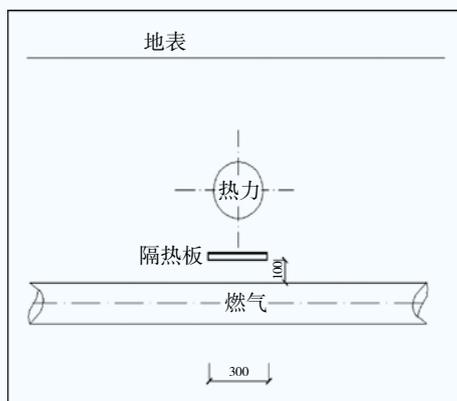


图13 燃气管在热力管道下方跨越

## 5 结论

本设计适用范围为：敷设PE燃气管道之毗邻热力管道的性质为冬季采暖用途的供热二次管道，热力管道外护管最大直径不大于200mm。依据相关标准规定的技术要求和热力管道周边土壤温度场分析，研究得出以下结论意见：

(1) 在热力管道设计符合CJJ104-2005《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》的前提下，与热力管外护管的水平距离达到0.5m后的土壤温度小于40℃；同时小区PE燃气管道的设计运行压力一般低于0.2MPa，符合CJJ63-2008《聚乙烯燃气管道工程技术规程》关于PE燃气管道运行温度限制的规定。因此，PE燃气管道与热力管道外护管的敷设间距为0.5m~1m时，可不采取隔热措施。

(2) 距离热力管道外护管小于0.5m的土壤温度超过40℃的概率增加，应采取隔热措施。选用聚苯乙烯泡沫板作为隔热材料。敷设方式：PE燃气管道与热力管道平行敷设时，隔热板垂直间隔于两管道之间并全程隔热（见图9、10、11）；PE燃气管道与热力管道交叉敷设时，隔热板水平间隔于两管道之间，局部隔热（见图12、13）。

(3) 选择设计中的隔热材料和敷设方式，隔热板中心外侧的土壤温度小于40℃，符合标准规定的敷设PE燃气管道侧土壤温度要求。

(4) 隔热板选择聚苯乙烯泡沫板，取其既有优越的隔热性能又具备一定的强度，起到一定程度的对PE燃气管道保护的功能。

#### 参考文献

- 1 聚乙烯燃气管道工程技术规程[S] CJJ63-2008
- 2 城镇供热直埋蒸汽管道技术规程[S] CJJ104-2005
- 3 贾力,方肇洪,钱兴华.高等传热学[M].北京:高等教育出版社,2003
- 4 城镇供热管网设计规范[S] CJJ34-2010
- 5 城镇燃气设计规范[S] GB50028-2006
- 6 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统[S] GB15558-2003