

# 直埋敷设与地沟敷设在供热工程中的应用研究\*

张新平<sup>1</sup>, 宋秋霞<sup>2</sup>, 杨新翰<sup>3</sup>, 席丁民<sup>1</sup>

(1 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2 西北农林科技大学 基建处, 陕西 杨陵 712100;  
3 北京正辰建筑总队, 北京 100011)

**[摘要]** 通过对高密度聚乙烯保护层的聚氨酯保温直埋管和玻璃棉类保温管地沟敷设工程造价、不同保温材料热损失进行计算比较, 结果表明: 使用聚氨酯保温直埋管可降低工程造价 8%, 管网热损失仅为 2%; 采用高密度聚乙烯保护层的聚氨酯保温管道使用寿命是地沟敷设管道的 3~4 倍, 施工周期可缩短 50%。并对聚氨酯保温管直埋敷设的施工和设计提出了一些建议。

**[关键词]** 聚氨酯保温直埋管; 玻璃纤维类保温管; 直埋敷设; 地沟敷设; 供热工程

**[中图分类号]** TU 832.2<sup>+</sup>2

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2002)05-0103-04

室外供热管网是集中供热系统中投资份额较大、施工最繁重的部分。合理地选择供热管道的敷设方式, 对节约投资、保证供热管网安全可靠运行以及延长管网的使用寿命等都具有重要的意义。管道敷设形式分为架空敷设和地下敷设两大类, 地下敷设由于具有不影响市容和交通的特点, 所以在城镇集中供热管道中被广泛采用。地下敷设根据有无地沟又可分为有沟敷设和无沟直埋敷设两大类, 无沟直埋敷设根据是否设补偿器又可分为有补偿直埋和无补偿直埋两种形式。对于有沟敷设的供热管道除了有管道的安装工作(包括管道保温、支架、支座制作和安装)之外, 还有开挖沟槽、砌筑地沟等土建工程量, 土建工程量有时占全部工程量的 60~70%<sup>[1]</sup>; 无沟直埋敷设以管道的安装为主, 因其支座数量极少, 无支架, 也无须砌筑地沟, 因而省去了大量的土建工程量。

供热管网采用地沟敷设时, 因管道热损失大、保护层易破损及地沟内积水浸入保温材料加剧管道热损失, 并导致管道锈蚀严重而使其的广泛应用受到限制。聚氨酯保温直埋敷设是 20 世纪 80 年代末开始进入我国供热工程的, 由于对聚氨酯保温管道特点认识的不足, 以及聚氨酯昂贵的价格和不易维修检查等诸多因素, 限制了聚氨酯保温直埋敷设在供热工程中的应用。

聚氨酯保温直埋敷设在海外一些发达国家已成为一项比较成熟的先进技术。近 10 年, 我国供热工

程技术人员通过消化、吸收这项先进技术, 正推动着国内管网敷设技术向更高层次的发展。

## 1 聚氨酯保温直埋敷设的优点

### 1.1 降低工程造价, 施工快, 有利环境保护

直埋供热管道不需要砌筑庞大的地沟, 只需将保温管埋入地下, 因此大大减少了工程占地, 并可减少土方开挖量 50% 以上, 减少土建砌筑和混凝土量约 90%, 不同管径地沟敷设和有补偿直埋敷设造价计算结果见表 1(土建取费按四类, 安装取费按三类)。

西北农林科技大学学生新区已完成供热管网 2 851 m, 管径规格  $D_N = 100 \sim 250$ , 供热管网采用聚氨酯硬质泡沫塑料保温管, 用高密度聚乙烯做保护层, 有补偿直埋敷设形式敷设。按有补偿直埋敷设与地沟敷设相比累计降低工程造价 92 146 35 元, 达工程总造价的 8%。同时, 由于土建砌筑和混凝土用量的减少, 保温管加工和现场挖沟平行进行, 只需现场接头, 缩短工期达 50% 以上。

### 1.2 保护层的性能稳定

聚氨酯硬质泡沫塑料保温管的保护层有 2 种: 一种采用玻璃钢做保护层, 另一种采用高密度聚乙烯做保护层。虽然玻璃钢做保护层有更高的经济性, 但是由于在手糊加工过程中较易在涂层内出现针孔、气泡、微裂纹等缺陷, 降低了玻璃钢保护层的抗渗性<sup>[3]</sup>; 另外, 当水渗入保护层后, 将会破坏树脂与

\* [收稿日期] 2002-04-28

[作者简介] 张新平(1967-), 男, 河南扶沟人, 讲师, 主要从事农业建筑环境研究。

李存荣, 邓立俊 陕西建筑工程综合概预算定额(上册), 1999

李存荣, 邓立俊 陕西建筑工程综合概预算定额(下册), 1999

玻璃纤维的吸附,破坏玻璃纤维的骨架结构,导致玻璃钢强度降低,易破损而耐久性不好,降低了管道使用寿命,所以目前大多采用高密度聚乙烯做保护层。

高密度聚乙烯保护层性能指标见表 2<sup>[4]</sup>,其很高的机械强度保证了在运输、安装、使用中不受外界因素影响而引起破坏。

表 1 两种敷设方式的施工工程造价(100 m, 双管)

Table 1 Cost calculation of two laying methods (100 m, two pipe)

元

管径/mm Pipe diameter	地沟敷设 Trench laying		直埋敷设 Burying laying		差价 Price difference
	土建费 Construction cost	安装费 Installation cost	土建费 Construction cost	安装费 Installation cost	
100	18 817.00	25 529.00	7 641.00	30 931.00	5 774.00
125	18 817.00	31 984.00	7 926.00	38 663.00	4 212.00
150	28 040.00	38 019.00	10 696.00	46 844.00	8 519.00
200	29 052.00	62 242.00	11 486.00	72 482.00	7 326.00
250	31 880.00	81 782.00	12 747.00	95 524.00	5 391.00

注:安装费包括管道材料费、管道保温费等。

Note: Installation cost includes pipe material cost, heat insulation cost ect

表 2 高密度聚乙烯保护层主要性能指标

Table 2 Main performance indices of high-density polyethylene protective coating

保护层类型 Type of protective coating	密度/(kg · m <sup>-3</sup> ) Density	拉伸强度/MPa Tensile strength	断裂伸长率/% Rupture extension rate	纵向回缩率/% Longitudinal decrement	耐环境应力开裂/h Environmental stress resistant split
高密度聚乙烯 High-density polyethylene	940~ 965	20	350	3	200

注:密度、拉伸强度、断裂伸长率、纵向回缩率、耐环境应力开裂的试验分别参照GB 1033, GB 8804 2, GB 8804 2, GB 6671. 2 和 GB 1842 进行。

Note: tests of density, tensile strength, rupture extension rate, longitudinal decrement, environmental stress resistant split were proceeded separately refereing to GB 1033, GB 8804 2, GB 8804 2, GB 6671. 2 and GB 1842

1.3 热损耗低, 节约能源

表 3 为聚氨酯硬质泡沫塑料<sup>[5]</sup>和传统保温材料物理性能<sup>[6]</sup>的比较。由表 3 可见, 由于直埋管采用聚氨酯硬质泡沫塑料进行保温, 其导热系数 0.027 W/(m · °C), 比过去常用的其他管道保温材料要低得多, 保温效果提高了 4~ 9 倍。由于聚氨酯硬质泡沫的闭孔率高达 92% 左右<sup>[5]</sup>, 因而吸水率很低, 约为 0.2 kg/m<sup>3</sup>。低导热系数和低吸水率, 加上保温层

和外面防水性能好的高密度聚乙烯或玻璃钢保护壳, 改变了传统地沟敷设供热管道“穿湿棉袄”的状况, 大大减少了供热管道的整体热损耗(热网热损失为 2%, 小于国际 10% 的标准要求)。聚氨酯硬质泡沫塑料直埋保温管道和其他保温管道的热损失比较列于表 4, 其中聚氨酯硬质泡沫塑料直埋保温管保温层施工厚度为 30 mm, 玻璃纤维和矿棉类保温层施工厚度为 50 mm。

表 3 保温材料物理性能

Table 3 Physical functions of heat insulation material

保温材料 Heat insulation material	容重/(kg · m <sup>-3</sup> ) Volumetric weight	抗压强度/MPa Compressive strength	吸水性/% Water absorability	使用温度/ Temperature	导热系数/ (W · m <sup>-1</sup> · °C <sup>-1</sup> ) Heat conductive coefficient
聚氨酯硬质泡沫塑料 Stiff polyurethane foamed plastics	60~ 80	0.2	2	120	0.027
玻璃纤维类 Glass fiber	160		2	350	0.058
矿棉类 Mineral wool	120~ 150	0.012	2	350	0.052

按照单位允许热损失法<sup>[7]</sup>, 在相同条件下计算聚氨酯、玻璃纤维、矿棉类保温管道所需的保温层厚度。计算条件为: 管壁温度  $t_f = 65$ , 周围介质温度  $t_k = 15$ , 允许热损失  $q_k = 55$  W/m, 外表面换热阻

$R_1 = 0.1$  (m<sup>2</sup> · °C/W), 计算可得聚氨酯类、玻璃纤维类、矿棉类保温管道所需保温层理论厚度分别为 12, 28, 24 mm。



表4 几种保温管道的热损失计算

Table 4 Heat loss calculation

W/m

管径/mm Pipe diameter	直埋保温管 Buried insulating pipe	玻璃纤维类 Glass fiber	矿棉类 Mineral wool
50	0.255	0.74	0.74
100	0.29	0.89	0.74
125	0.366	1.01	0.89
150	0.418	1.03	1.02
200	0.464	1.36	1.43
250	0.638	1.71	1.66
300	0.65	1.96	1.97

#### 1.4 防腐、绝缘性能好,使用寿命长

直埋保温管由于聚氨酯硬质泡沫保温层紧密地黏结在钢管外皮,隔绝了空气和水的渗入,能起到良好的防腐作用,同时它的发泡孔都是闭和的,吸水性很小。高密度聚乙烯外壳或玻璃钢外壳均具有良好的防腐、绝缘和机械性能。因此,工作钢管外皮很难受到外界空气和水的侵蚀。只要管道内部水质处理好,聚氨酯保温管道的使用寿命可达50年以上<sup>[8]</sup>,比传统的地沟敷设、架空敷设使用寿命高3~4倍。

## 2 直埋敷设应注意的问题

1) 有补偿直埋敷设或无补偿直埋敷设的使用需要根据安全、合理、经济的基本原则确定,采用有补偿直埋敷设与无补偿直埋敷设相比,工程费用(土建、安装)增加。有条件采用无补偿直埋敷设时,就不采用有补偿直埋敷设。

2) 无沟直埋敷设的供热管道在运行过程中,管道的应力要远远大于地沟敷设,热网所采用控制阀门最好为对夹蝶阀,密封材料要有良好的耐温性能;在实际工程中普通法兰阀门常常由于管道应力的变化造成破坏,危及管网的正常运行。

3) 在直埋管道施工中,焊接是一项保证工程质量的关键工作。焊接管道时,尤其是大口径管道,必须坡口,做工作坑,保证施工质量。国外生产聚氨酯保温预制管,均设有渗漏报警线,一旦管道某处发生渗漏,通过报警线的传导,便可在专用检测仪表上显示出保温管道渗水、漏水的准确位置及渗漏程度的大小,以便通知检渗人员迅速处理漏水的管段,保证供热管网的安全运行。国内生产的保温管目前未设渗漏报警线,还有待补上这一空白。固定支座处挡铁必须和预埋铁件及管道进行周边满焊,以免由于应力集中造成管道撕裂。

4) 管道试压必须分两步完成。第一步为强度试验,把管道内压力升至工作压力的1.5倍后,再稳压

10 min内无渗漏;第二步为严密性试验,把管道内压力降至工作压力,用1 kg重的小锤在焊缝周围进行敲打检查,在30 min内无渗漏且压力降不超过0.02 MPa即为合格,并做好试压记录。因为室外管网管径较大,存水多,如果试压时间不够长,管道焊口、管道砂眼等很小的缺陷不容易被发现,从而为供热管网的运行埋下事故隐患。

5) 现场接头保温施工。这一工作是直埋管道特有的,接头发泡施工质量的好坏直接影响工程的使用寿命,必须引起足够重视。西北农林科技大学基础设施采用直埋敷设,现场发泡,保护层仍采用高密度聚乙烯保护层,可充分保证接头的严密性、整体性和防水性。固定支墩处应将挡铁一起发泡保温,可减小管网热损失。

6) 回填土之前,最好在管道弯头外侧放置一些散碎聚氨酯,以免运行当中由于管道伸长使保温结构遭到破坏。然后,填粗砂至管道顶150 mm,其余用净细土夯实回填。

7) 施工中若未购置已保温好的成品三通和弯头,检查井分支又较多时,施工现场最好配备一些未发泡的无缝管,减小保温管道的浪费。

## 3 结语

聚氨酯保温直埋管道不仅具有传统地沟和架空敷设管道难以比拟的先进技术和实用性能,而且还具有显著的社会效益和经济效益,也是供热节能的有力措施。目前,经过多方面合作研究,国内已经成功地研制出适应150~320的耐煮沸改性聚氨酯保温材料,极大地提高了聚氨酯保温直埋管的应用范围。采用供热管道直埋技术,标志着我国供热管道技术发展已经进入了新的阶段,随着这项先进技术的进一步发展和完善,供热管道聚氨酯保温直埋敷设取代地沟敷设已势在必行。

## [参考文献]

- [1] 刘耀华 施工组织设计[M]. 北京: 中国建筑出版社, 1988
- [2] 陕西省建设厅. 全国统一安装工程预算定额 陕西省价目表[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2001.
- [3] 李卓球, 岳红军. 玻璃钢管道与容器[M]. 北京: 科学出版社, 1990
- [4] 洪定一. 聚烯烃[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999
- [5] 李俊贤. 聚氨酯[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999
- [6] 陕西省建筑设计研究院编. 建筑材料手册(第4版)[M]. 北京: 中国建筑出版社, 1997.
- [7] 陆耀庆. 供暖通风设计手册[M]. 北京: 中国建筑出版社, 1987.
- [8] 贺平, 孙刚. 供热工程(第3版)[M]. 北京: 中国建筑出版社, 1996

## Applications of burying and trench laying in heat supply engineering

ZHANG Xin-ping<sup>1</sup>, SONG Qiu-xia<sup>2</sup>, YANG Xin-han<sup>3</sup>, XIDing-min<sup>1</sup>

(1 College of Water Resources and Architectural Engineering; 2 Department of Capital Construction,

Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China

3 Beijing Zhengchen General Construction Engineering Team, Beijing 100011, China)

**Abstract:** By calculating the costs of trench laying engineering of buried insulating pipe with high-density polyethylene protective coating and glass fiber insulating pipe and the heat losses of various heat insulation material, the cost of polyurethane buried insulating pipe was reduced by 8 percent, the heat loss of heat supply network was only 2 percent. The use life of polyurethane insulating pipe using high-density polyethylene protective coating was 3 to 4 times that of trench laying pipe; construction cycle was shortened by 50 percent. Some problems, which are needed to pay attention to on the construction and design of polyurethane insulation pipe burying laying are presented.

**Key words:** polyurethane insulation pipe; glass fiber insulating pipe; burying laying; trench laying; heat supply engineering

## 欢迎订阅 2003 年《中国农业资源环境文摘》 (原名《中国农业文摘——土壤肥料》)

《中国农业文摘——土壤肥料》于 1985 年创刊, 收录了全国 200 余种农业科技期刊中关于土壤学、肥料学、植物营养学和生态环境科学方面的文献, 是本学科专业核心期刊评价的指标刊物, 也是我国本学科唯一一种文献检索刊物。为适应新形势下科研工作与农业生产的要求, 《中国农业文摘——土壤肥料》于 2003 年起更名为《中国农业资源环境文摘》, 刊物性质与发行范围不变。《中国农业资源环境文摘》的报道内容包含原来《中国农业文摘——土壤肥料》的报道范围, 侧重报道生态农业、环境科学、资源可持续利用以及学科之间交叉领域的新理论、新技术和新方法, 使交叉领域内容新颖的文献及时报道出来, 为广大土壤科学、资源与环境科学的科技工作者服务, 促进学术交流, 推动学科发展。

本刊仍为双月刊, 16 开, 刊号: CN 11- 4920/S, ISSN 1002- 543X。邮发代号: 18- 124。每期定价: 10.00 元。公开发售, 全国邮局均可订阅, 如错过订期, 可直接向编辑部订阅。编辑部地址: 北京中关村南大街 12 号中国农业科学院科技文献信息中心; 邮政编码: 100081。编辑部电话: 010- 68919886 转 2313。