

ZHIMAI GONGRE

GUANDAO

# 直埋供热管道

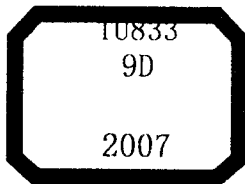
## 工程设计

王飞 张建伟 编著

GONGCHENG

HEJI

中国建筑工业出版社



# 直埋供热管道 工程设计

王飞 张建伟 编著

---

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

直埋供热管道工程设计/王飞, 张建伟编著. —北京:  
中国建筑工业出版社, 2006  
ISBN 978-7-112-08737-2

I. 直… II. ①王…②张… III. 埋地敷设—供  
热管道—工程设计 IV. TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 131915 号

本书力求详尽地将供热管网直埋敷设的基础理论和工程设计方法以及多年积累的工程经验呈献给读者。书中简要介绍了预制保温管及相关的阀门和补偿器等内容;详细阐述预制保温管直埋敷设后的各种作用力、特点及其计算;直埋管道强度分析方法;有补偿敷设和无补偿敷设设计方法、冷安装和预热安装设计方法;弯头、分支、折角等设计及工程处理方法,并提供附表供工程设计人员及施工技术人员简化工程设计及现场处理过程。设计实例部分有助于贯通全书内容和掌握直埋敷设设计的全过程。本书光盘中的“直埋供热管道设计计算软件”可用于直埋供热热水管道敷设设计的计算。

本书可作为供热行业工程设计人员、施工和管理等人员的参考书,也可作为大专院校热能动力专业、建筑环境与设备工程专业的选修课教材。

\* \* \*

责任编辑:齐庆梅  
责任设计:董建平  
责任校对:邵鸣军 孙爽

## 直埋供热管道工程设计

王飞 张建伟 编著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天成排版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

\*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:13½ 字数:330千字

2007年1月第一版 2007年1月第一次印刷

印数:1—3000册 定价:35.00元(含光盘)

ISBN 978-7-112-08737-2  
(15401)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

# 前 言

为了满足城市集中供热管网直埋敷设的工程需要，特别是工程设计人员、工程施工人员对直埋敷设基础理论以及设计方法的渴求，增进了解城镇直埋供热管道工程技术内涵，整体提高供热管道直埋敷设的设计质量，减少固定墩、补偿器用量，降低工程造价，增加管网的可靠性和使用寿命，在本科教学讲义的基础上，结合工程实践经验整理编著而成。

本书力求总结、归纳、剖析国内外先进的直埋敷设的设计理论和经验，形成较为完整的直埋敷设的理论体系。将直埋理论和工程实践、知识性和实用性融为一体。内容翔实，便于初学者深刻理解直埋敷设管网独有的受力特性，熟练掌握供热管网直埋敷设的设计方法、安装方法。针对管线走向，快速合理、经济可靠地进行工程设计。根据所讲内容，灵活处理施工过程中遇到的形形色色的具体问题。

编著过程中基本遵守现行《城镇直埋供热管道工程技术规程》(CJJ/T 81—98)，但是由于工程实际中直埋敷设管道规格已经发展到 DN1000，所以增加了大口径的内容。附表中的数据考虑了一定的安全余量，并经过工程验证，是安全的，工程设计可以参考使用。

本书以预制保温管为主线，第一、第二章介绍了预制保温管制造及性能要求；第三章介绍了预制保温管在工程中的直埋横断面布置方法并分析了垂直荷载以及垂直稳定性；第四章分析了预制保温管直埋后和回填砂的摩擦系数来源及摩擦系数变化规律；第五章至第八章重点阐述了直埋管道的轴向作用力和应力验算方法以及特殊角度的工程处理；第九章详述了直埋管道的附件及节点工程处理方法；第十章总体阐述直埋管道的安装方法；第十一章介绍了工程设计流程及工程设计用到的特征参数。第十二章概括介绍了管网的初调节方法，供设计人员在设计管网系统时考虑初调节方法采用相应的阀门配置；第十三章介绍了直埋管道工程设计实例，对全文知识进行融会贯通。最后给出附图、附表，供工程技术人员设计和施工采用。

本书附带的“供热直埋设计计算软件”(见光盘)用于直埋供热热水管道敷设设计的计算，适用的管径为 DN40~DN1000，压力等级为 1.0MPa、1.6MPa 和 2.5MPa，安装温差范围为 60~140℃，管顶埋深范围不小于 0.8m。软件分管线整体计算和辅助设计计算功能。计算功能主要包括管线驻点位置计算、弯头应力验算、管线任意点热伸长计算、弯臂软回填或空穴长度计算、过渡段长度计算、最大允许过渡段长度计算、摩擦力计算、轴向力计算以及管线固定墩单侧推力计算等。软件计算管线起点和终点可以是套筒补偿器、波纹补偿器、固定墩、弯头或可曲挠橡胶球型接头，计算管线的起点和终点之间只能含有弯头和直管段。

本书绪论，第一章中的第三、第四节，第二章、第三章、第四章中的第一、第三节，第五章中的第一、第三、第四节，第六章，第七章中的第二至第四节，第八章，第九章中的第二至第六节，第十章中的第一、第三、第四节，第十一章至第十三章，附录由王飞编著；第一章中的第一、二节，第二章、第三章、第四章、第五章、第十章中的第二节，第

七章、第九章中的第一节由张建伟编著。

在编著过程中研究生傅梦贤、陈志辉、韩静、韩艳、张文奏、王慧萍、王妍等同学为本书成稿做了很多辅助性工作，对此表示衷心感谢。

本书编著过程中得到了太原市热力公司设计院院长李建刚、张旭鹏、刘晓敏、张鹏的大力支持，在此谨致谢意。

作者虽竭尽全力，但由于时间、精力和水平，不妥之处，在所难免，恳请读者批评指正，提出宝贵意见，以便今后修订、补充。

谨以此书献给我的导师——供热先驱贺平教授。

## 基本符号

- $A$ ——钢管管壁横截面面积,  $\text{m}^2$ ;
- $C$ ——土壤横向压缩反力系数,  $\text{N}/\text{m}^3$ ;
- $D_c$ ——直埋保温管外壳外径,  $\text{m}$ ;
- $D_i$ ——直埋保温管钢管内径,  $\text{m}$ ;
- $D_o$ ——直埋保温管钢管外径,  $\text{m}$ ;
- $E$ ——直埋保温管钢管的弹性模量,  $\text{MPa}$ ;
- $F_l$ ——直埋保温管单位长度摩擦力,  $\text{N}/\text{m}$ ;
- $F_{\max}$ ——直埋保温管单位长度最大摩擦力,  $\text{N}/\text{m}$ ;
- $F_{\min}$ ——直埋保温管单位长度最小摩擦力,  $\text{N}/\text{m}$ ;
- $g$ ——重力加速度,  $\text{m}/\text{s}^2$ ;
- $h$ ——直埋保温管管顶覆土深度,  $\text{m}$ ;
- $K$ ——弯头的柔性系数;
- $L_{\max}$ ——直埋保温管过渡段最大长度,  $\text{m}$ ;
- $L_{\min}$ ——直埋保温管过渡段最小长度,  $\text{m}$ ;
- $P_n$ ——管道的内压力,  $\text{MPa}$ ;
- $P_t$ ——补偿器位移阻力,  $\text{N}$ ;
- $R_c$ ——弯头曲率半径,  $\text{m}$ ;
- $t_0$ ——直埋保温管计算安装温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_1$ ——直埋保温管工作循环最高温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_2$ ——直埋保温管工作循环最低温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_y$ ——直埋保温管的屈服温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\Delta T_y$ ——直埋保温管的屈服温差,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\Delta T_{\max t}$ ——直埋供热管道按弹性极限控制的最大温差,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\Delta T_{\max s}$ ——按北京市煤气热力设计所安定性分析法公式控制的最大温差,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\Delta T_{\max g}$ ——《城镇直埋供热管道工程技术规程》按安定性分析法控制的最大温差,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\alpha$ ——钢材的线性膨胀系数,  $\text{m}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ;
- $\delta$ ——钢管公称壁厚,  $\text{m}$ ;
- $\lambda$ ——弯管的尺寸系数;
- $\mu$ ——摩擦系数;
- $\nu$ ——钢材泊松系数;
- $\rho$ ——土壤密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
- $[\sigma]$ ——钢材在计算温度下的基本许用应力,  $\text{MPa}$ ;
- $\sigma_b$ ——钢材在计算温度下的抗拉强度最小值,  $\text{MPa}$ ;

- $\sigma_t$ ——钢材内压力引起的环向应力, MPa;
- $\sigma_s$ ——钢材在计算温度下的屈服极限最小值, MPa;
- $I_p$ ——直管横截面惯性矩,  $m^4$ ;
- $I_b$ ——弯头钢管的横截面惯性矩,  $m^4$ 。

# 目 录

基本符号

绪论	1
第一章 预制直埋保温管	5
第一节 预制直埋保温管类型	5
第二节 预制直埋保温管构造	6
第三节 预制直埋保温管性能	6
第四节 预制直埋保温管规格	9
第二章 预制保温管制造工艺	10
第一节 聚氨酯硬质泡沫塑料保温层	10
第二节 高密度聚乙烯外套管(保护壳)	16
第三节 玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂(玻璃钢)保护壳	17
第三章 直埋预制保温管横断面设计	18
第一节 横断面布置	18
第二节 垂直荷载	22
第三节 直埋管道稳定性验算	24
第四章 摩擦系数	30
第一节 摩擦系数的数学模型	30
第二节 摩擦系数测试简介	32
第三节 摩擦力(摩擦系数)及其变化规律	33
第五章 直埋供热管道的轴向作用力	36
第一节 热膨胀力、内力和热应力	36
第二节 泊松力、主动、被动轴向力	39
第三节 直埋供热管段分类	40
第四节 内力变化规律及固定支架推力合成	42
第六章 直埋供热管道直管段的应力验算	50
第一节 概述	50
第二节 弹性分析法	54
第三节 弹塑性分析法	60
第四节 现行规程应力验算法	62
第七章 直角弯管设计	68
第一节 弯管的工程做法	68
第二节 弯管应力验算	70
第三节 弯头应力的影响因素	74



第四节 补偿弯管的设计 .....	75
<b>第八章 折角技术处理 .....</b>	<b>79</b>
<b>第九章 直埋供热管线构造 .....</b>	<b>83</b>
第一节 阀门 .....	83
第二节 补偿器 .....	84
第三节 变径管 .....	88
第四节 分支引出 .....	89
第五节 检查室与固定支墩(架) .....	92
第六节 直埋保温管散热量计算 .....	97
<b>第十章 直埋敷设方式 .....</b>	<b>100</b>
第一节 有补偿敷设 .....	100
第二节 无补偿敷设 .....	102
第三节 冷安装和预应力安装 .....	103
第四节 预热安装 .....	105
<b>第十一章 设计方法 .....</b>	<b>111</b>
第一节 概述 .....	111
第二节 特征参数 .....	115
<b>第十二章 管网初调节 .....</b>	<b>117</b>
第一节 管网初调节目的及意义 .....	117
第二节 扩建管网的初调节 .....	117
第三节 新建管网的初调节 .....	134
<b>第十三章 直埋供热管道工程设计实例 .....</b>	<b>141</b>
<b>附录 .....</b>	<b>166</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>208</b>

# 绪 论

## 一、供热管道地沟敷设存在的问题

几十年来,我国的供热管道沿袭采用地沟敷设方式。供热管道地沟敷设主要存在以下问题:

1. 地沟敷设管道常用的保温材料,如岩棉、珍珠岩、矿棉等材料多数防水性较差或者本身就是吸水性材料。这些保温材料在地沟内经水浸泡或者在热湿作用下,不仅降低了保温效果,而且年年需要维修。钢管处于热湿环境中,缩短了使用寿命,增加了供热成本。

2. 保温外护结构采用缠绕包折方式,接缝多,热损失大。据测试,一般接缝处散热量约为其他部位散热量的5倍左右。在潮湿环境下,采用24号钢丝捆绑保温结构,铅丝很容易锈蚀断裂,引起保温层脱落,增大了管网的热损失。根据对运行三年的供热管网(珍珠岩保温)的测试,热损失高达25%左右,每千米温度降达10~20℃,远远超过国家规定的热网允许指标,能源浪费严重。

3. 由于地沟敷设供热管道的挖沟、砌沟、管道安装、管道保温、地沟回填等施工工序均在现场进行,施工人员劳动环境恶劣,施工周期长,对城市交通影响大,工程造价高。

4. 据有关资料介绍,每年新建供热管道地沟大约需运走土方4.5亿吨,运进砖灰等建筑材料2.4亿吨,往返运输上述土方和建筑材料,需用4吨位载重汽车约1.7亿车次。大量运土的汽车造成了交通堵塞、路面毁坏、尘土抛洒、尾气污染和噪声污染,给城镇环境带来很大的危害。

因此,从节约能源、降低造价、缩短工期、环境保护、提高社会效益等方面考虑,传统的地沟敷设供热管道方式必须予以改革。

## 二、直埋供热管道发展概况

为了解决供热管道地沟敷设的种种弊端,国外的一些技术发达国家,如瑞典、芬兰、丹麦、德国等国家,早在20世纪30年代就开始研究和应用直埋敷设代替地沟敷设的供热方式。在丹麦、芬兰,全国90%以上的供热管道采用直埋方式。冰岛仅有十几万人口的首都雷克雅未克,采用直埋供热管道的总长度达591km。瑞典、芬兰、丹麦、德国、意大利等国家都有一个或几个专门生产预制保温管的工厂,理论研究和产品开发进展很快。他们采用了渗漏报警检查系统,增强了直埋供热管道的安全性。丹麦的I. C. MOLLEC公司和瑞典的ECOPIPE公司,是目前世界上两个最大的生产预制保温管的厂家。这两个公司年产DN20~DN1200的预制保温管分别为1100km和800km,其产品远销美国、欧洲、非洲等十几个国家。

我国科技人员早在 20 世纪 50 年代就开始了填充矿渣棉、预制泡沫混凝土瓦块等保温材料的供热管道直埋施工。但是因为防水性差、管道外腐蚀严重、使用寿命短等问题，直埋技术一直进展缓慢。

20 世纪 80 年代我国的供热管道直埋技术掀开了新的一页。沈阳、佳木斯、北京、大庆、黑河、阜新等地采用聚氨酯泡沫喷涂保温，外缠玻璃丝布、涂沥青的方法进行供热管道直埋敷设。到 1984 年，我国供热科技人员通过考察学习、引进吸收，使供热预制保温管技术和直埋技术有了长足的发展。哈尔滨、鸡西、天津等地分别从丹麦、瑞典等地引进数十千米预制保温管。哈尔滨建成一座年产 200km 的预制直埋保温管厂。天津大学和天津建筑塑料制品厂联合研制了氰聚塑直埋保温管，并在国内一些城市应用了数百千米。北京市煤气热力设计院等单位还进行了“热力管道直埋敷设实验研究”<sup>[1]</sup>、“热力管道无补偿直埋敷设实验研究”<sup>[2]</sup>，并完成了“热力管道无补偿设计与计算”的论文。哈尔滨工业大学、中国矿业大学北京研究生部、沈阳市热力设计院等单位对直埋管道的力学性能、设计原理、施工技术措施等进行了系统的理论研究和施工实践。哈尔滨工业大学“某些国产直埋敷设预制保温管道力学性能实验小结”，中国矿业大学北京研究生部“直埋供热管道力学性能分析研究”等研究生课题，达到了国内先进水平，为国内广大设计人员提供了理论依据。中华人民共和国建设部发布了《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》(CJ/T 114—2000)与《高密度聚乙烯外护管聚氨酯硬质泡沫塑料预制直埋保温管件》(CJ/T 155—2001)的行业标准。

1993 年，哈尔滨建筑大学(现已并入哈尔滨工业大学)和沈阳市热力工程设计院共同完成了建设部八五期间研究项目“热力管道直埋技术的完善与配套”的科研课题，对国内生产的三个典型的预制直埋保温管厂的产品进行了摩擦系数等的测试。

1998 年，中华人民共和国行业标准《城镇直埋供热管道工程技术规程》(CJJ/T 81—98)(以下简称《规程》)颁布执行。标准本着“技术可行、先进、可靠、经济合理”的原则，吸收国内外相关标准中精华和研究成果编制而成。该标准适用于管径小于 500mm 的直埋供热管道工程。

2002 年太原理工大学和太原市热力公司共同进行了“大口径预制直埋供热管摩擦系数的实验研究”，测试直埋供热管道十几千米，管径从 DN600~DN800，历时三年，获得了 DN600~DN800 直埋管道和砂土的摩擦系数，为大口径预制保温管道进行直埋敷设提供了实验数据。

### 三、预制保温管直埋敷设的优点

经过十余年的应用证明，供热管道直埋敷设具有良好的社会效益和经济效益，主要表现在以下几个方面：

#### 1. 工程造价低

据有关部门测算和对部分单位工程统计，双管制供热管道，一般情况比地沟敷设可以降低工程造价 25%(玻璃钢保护层)和 10%(高密度聚乙烯保护层)左右，见表 0-1。

地沟敷设与直埋敷设供热管道经济技术比较(DN200)

表 0-1

	热损失	标准耗煤	工程造价	维修费	使用寿命	施工周期	施工难度	占地面积	遇障碍物	遇水处理
直埋敷设	1	1	1	1	4	短	小	小	少	施工降水
地沟敷设	2.53	2.53	1.06	6.36	1	长	大	大	多	作防水处理

## 2. 热损失小, 节约能源

由于直埋保温管采用聚氨酯硬脂泡沫塑料作保温材料, 其导热系数比其他普通保温材料低的多, 保温效果提高 4~8 倍, 见表 0-2。

保温材料导热系数

表 0-2

	聚氨酯硬 质泡沫塑料	石棉毡	泡沫混凝土	水泥矿渣棉	岩棉玻璃棉	膨胀珍珠岩
导热系数(W/(m·℃))	0.015~0.035	0.116	0.128~0.395	0.081~0.101	0.074	0.081
密度(kg/m <sup>3</sup> )	60~80				<150	120

聚氨酯硬质泡沫塑料吸水率低, 小于 10%, 这是其他保温材料不可比拟的。低导热率和吸水率, 加上保温层外面防水性能好的高密度聚乙烯或玻璃钢保护壳, 克服了传统的地沟敷设供热管道“穿石棉袄”的状况, 大大减少了供热管道的整体热损失。

据天津大学建筑设计研究院测试“氟聚塑直埋供热管道”的热损失, 和用普通保温材料保温的直埋供热管道比较, 热损失降低 40%~60%。

据北京煤气热力设计院测试结果, 采用聚氨酯硬质泡沫塑料保温的保温管是采用沥青珍珠岩、水泥珍珠岩作保温材料的保温管热损失的 25%~40%。

根据太原市热力公司的测试, 聚氨酯硬质泡沫塑料保温管, 每 10km 降温 1~2℃。

据天津市自来水公司所统计的直埋和地沟敷设热损失比较及折合煤耗的平均比例为 1:2.53, 直埋敷设比地沟敷设减少耗煤量约 40%。20 世纪 90 年代全国每年供热耗煤约 1.27 亿吨, 如果能降低耗煤 20%, 则全国每年可节煤 2540 万吨(相当于两个特大矿务局年产量)。

## 3. 防腐、绝缘性能好、使用寿命长

预制直埋保温管聚氨酯硬质泡沫塑料保温层牢固地粘接在钢管外皮上, 阻止了空气和水的渗入。因为它的发泡孔都是单独封闭互不连通的小圆孔, 闭孔率很高, 因此它的吸水率很低。同时高密度聚乙烯外保护层、玻璃钢外保护层等均具有良好的防腐、绝缘和机械性能, 因此也能起到良好的防腐作用。所以只要管道内部水质处理好, 保温管道使用寿命可达 30 年, 甚至更长, 比传统的地沟敷设提高寿命 3~4 倍。

在地下水位高的地区, 地沟敷设供热管道由于地沟内积水, 甚至夏季也浸泡在水中, 保温层极易被水泡坏, 再加上地表水的盐碱腐蚀, 年年需要维修。不仅热损失剧增, 增加了供热成本, 而且缩短了钢管的使用寿命。直埋管道整体性好, 只要做好接口保温就可有效解决地下水位高及地沟敷设供热管道防水的困难。工程实践证明, 直埋供热保温管可以在河床底部直埋穿越。

## 4. 占地少、施工快、有利于环境保护和减少施工扰民

直埋供热管道不需要砌筑庞大的地沟而只需开槽, 因此大大减少了工程占地, 减少土

方开挖量约 50%，减少土建砌筑和混凝土量 80%，减少沟土外运量 50%以上。同时保温管制造和施工现场开槽同时进行，保温管只需在现场焊接和接头保温，因此可以大幅度缩短工期。

由于减少了砖、水泥、砂石、余土等的运输，从而减少了施工过程中汽车尾气排放量、扬尘量、噪声排放量，从而保护了环境。

由于缩短工期，减少了管沟施工过程中对居民出行的影响，缩小了施工过程对道路交通的影响。

总之，供热管道中采用直埋敷设和地沟敷设相比，有不可比拟的优越性，具有显著的社会效益、经济效益、节能效益，这些优点是城镇集中供热管网直埋敷设得以实现的有力保证。

# 第一章 预制直埋保温管

直埋供热管道可以在施工现场保温，也可以在工厂保温，运抵现场。但工厂预制保温可提高施工速度，确保保温层质量。钢管在工厂里保温以后，再运送到施工现场，组对焊接，进行安装。

针对预制直埋保温管的结构，直埋供热管的工程设计原理和方法是不相同的。工厂预制和现场发泡外护玻璃钢保温管总体质量差别较大，所采用的直埋敷设方式和用场也应有所区别。本章重点介绍三位一体的工厂预制保温管和现场发泡外护玻璃钢保温管的技术性能和规格。

## 第一节 预制直埋保温管类型

### 1. 按保温层构造划分

(1) 单一型：适用于  $150^{\circ}\text{C}$  以下的供热介质，其中普通型适用于  $120^{\circ}\text{C}$  以下的供热介质，高温型适用于  $120\sim 150^{\circ}\text{C}$  的供热介质(推荐使用温度在  $140^{\circ}\text{C}$  以下)。此类保温管的保温层由单一保温材料——聚氨酯硬质泡沫塑料构成，外护保温层保护壳，如图 1-1(a) 所示。

(2) 复合型：适用于高温供热介质。此类保温管的保温层由两种保温材料复合而成。保温层、保温层的保护壳和通过热媒的工作钢管，它们不能牢固地粘接在一起。内层为新型耐高温保温材料，如离心玻璃棉毡、复合硅酸盐、玻璃泡沫，外层用聚氨酯硬质泡沫塑料进行复合制作，如图 1-1(b) 所示。

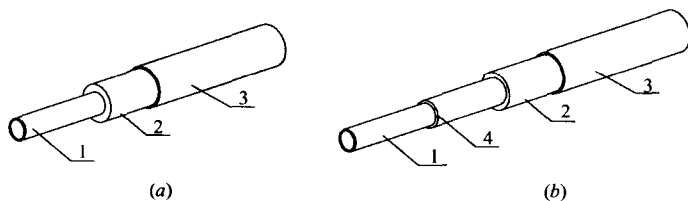


图 1-1 预制保温管

(a) 单一型保温管；(b) 复合型保温管

1—钢管；2—聚氨酯保温材料；3—保护壳；4—耐高温材料

### 2. 按保护壳材料划分

- (1) 高密度聚乙烯塑料(俗称夹克)保护壳。
- (2) 玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂塑料(俗称玻璃钢)保护壳。
- (3) 采用其他材料的保护壳，如螺旋焊接钢管、直焊缝钢管、波纹管等。

### 3. 按保温管加工场所划分

(1) 工厂预制保温管：预制保温管在工厂进行加工制作。

(2) 现场预制保温管：这种产品是为了节省供热管道工程造价，在 20 世纪 90 年代应运而生的—种简易的直埋供热管道。钢管运送到施工现场进行发泡保温，保温后缠绕玻璃钢保护壳。

4. 按保温层和热媒钢管的结构形式划分

(1) 脱开式保温管：保温层和钢管之间涂—层低熔点的涂料，如低标号沥青、重油等。它受热后熔化，管道可以在保温层内自由伸缩，绝热层和回填砂土保持静止状态。这种脱开式主要用于高温复合保温管，如蒸汽管道。

(2) 整体式保温管：钢管、保温材料、保护壳三部分牢固地粘结在一起，形成—个整体结构。当钢管因输送介质而温度升高发生热膨胀时，绝热层随之—起膨胀移动。整体式保温管主要用于热媒温度在 150℃ 以下的场合。

## 第二节 预制直埋保温管构造

预制保温管主要由四部分组成。

(1) 工作钢管：根据输送介质的技术要求分别采用有缝钢管、无缝钢管、双面埋弧螺旋焊接钢管。

(2) 保温层：采用硬质聚氨酯泡沫塑料。

(3) 保护壳：采用高密度聚乙烯或玻璃钢。

(4) 渗漏报警线：制造预制直埋保温管时，在靠近钢管的保温层中，埋设有报警线，如图 1-2 所示。—旦管道某处发生渗漏，通过警报线的传导，便可在专用检测仪表上报警并显示出漏水的准确位置和渗漏程度的大小，以便通知检修人员迅速处理漏水的管段，保证热网安全运行。

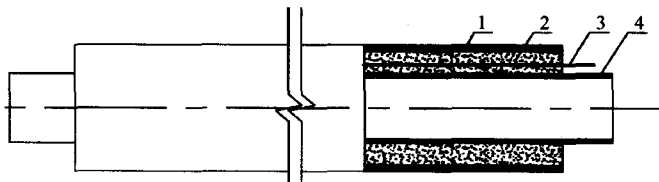


图 1-2 预制保温管报警线

1—保护壳；2—保温层；3—报警线；4—钢管

## 第三节 预制直埋保温管性能

预制保温管的生产执行《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》的行业标准。现将其主要技术性能分述如下：

### —、钢管的技术性能

钢管的性能应符合以下要求：

(1) 钢管的材料尺寸公差及性能应符合《城市供热用螺旋缝埋弧焊钢管》(CJ-T 3022—1993)中的规定。

(2) 保温发泡前钢管表面应加以清理,不得有油污、尘土或其他影响粘结的杂质。

(3) 钢管的外径尺寸和最小壁厚应符合表 1-1 规定。

钢管的外径尺寸和最小壁厚

表 1-1

外径(mm)	D48	D60	D76	D89	D114	D140	D159	D219	D273	D325
壁厚(mm)	1	1.1	1.3	1.4	1.7	1.9	2.1	2.7	3.3	3.8
外径(mm)	D377	D426	D478	D529	D630	D720	D820	D920	D1020	
壁厚(mm)	4.3	4.8	5.3	5.8	6.9	8.1	9.0	10.0	10.9	

注:表中数据根据《规程》式 4.2.1 计算得出。计算压力为 2.5MPa。钢管基本许用应力修正系数取 1.0。壁厚附加值:理论壁厚为 5.5mm 以下者取 0.5mm,理论壁厚 6~7mm 者取 0.6mm,理论壁厚 8~25mm 者取 0.8mm。计算最小壁厚和中华人民共和国城镇建设行业标准《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》(CJ/T 114—2000)规定的最小壁厚相比,D630 以下小得多。

## 二、保温层技术性能

保温层采用聚氨酯硬质泡沫,其性能应符合表 1-2 的规定。

聚氨酯硬质泡沫性能要求

表 1-2

性能	指标	试验方法	备注
密度	$\geq 60 \text{kg/m}^3$	按 GB/T 6343	
抗压强度	$\geq 0.3 \text{MPa}$	按 GB/T 8813	
导热系数	$\leq 0.033 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	按 GB/T 10297	
耐热性	120℃	见注	
吸水性	$\leq 10\%$	按 GB 8810	常压沸水中浸泡 90min

注:1. 耐热性试件 50mm×50mm×50mm,0.1mm 精度。恒温箱 96h,温度 120±2℃,体积变化率不大于 2.4%。  
2. 国内一些单位的改性聚氨酯硬质泡沫耐热性能名义上可达 150℃,实际上在山西省一些城市使用或试验测试中,耐热温度最高在 135℃以下。  
3. 闭孔率 $\geq 88\%$

## 三、保护壳技术性能

### 1. 高密度聚乙烯保护壳

(1) 高密度聚乙烯硬质塑料保护壳性能指标见表 1-3。

高密度聚乙烯硬质塑料保护壳性能指标

表 1-3

性能	指标	试验方法	备注
密度	$\geq 940 \text{kg/m}^3$	GB 1033	
拉伸强度	$\geq 20 \text{MPa}$	GB 8804.2	
断裂伸长率	$\geq 600\%$	GB 8802.4	
耐环境应力开裂 F50	200h	GB 1842	
纵向回缩率	$\leq 3\%$	GB 6671.2	



(2) 保护壳表面不允许有气泡、裂纹及明显的波纹、凹陷、杂质、颜色不均等缺陷。管顶端应切割平整，并与管的轴线垂直，角度误差应小于 $2^\circ$ 。

(3) 保护壳须与钢管保持同轴。其同轴度应符合表 1-4 的规定。

外保护壳须与钢管保持同轴规定

表 1-4

保护壳外径(mm)	110~160	180~400	450~630	710
同轴度	3.0	4.5	6.0	8.0

## 2. 玻璃钢保护壳

玻璃钢保护壳技术性能应符合表 1-5 的要求。

玻璃钢保护壳技术性能要求

表 1-5

相对密度	抗压强度(kg/m <sup>2</sup> )	抗拉强度(kg/m <sup>2</sup> )	抗弯强度(kg/m <sup>2</sup> )	耐酸碱盐(24h)	不饱和聚酯性能
1.8~2.3	2200	3000	2950	无变化	性硬、钢性大

## 四、渗漏警报线装置的要求

由于装设渗漏警报线装置投资较高，目前国内直埋保温管使用警报线装置的城市较少。但是检漏是直埋供热管道预防事故、缩短事故维修时间、保证安全供热不可缺少的技术措施，随着国民经济实力的增强必将大量投入使用。根据国外资料，装设警报线装置应注意以下几点：

- (1) 导线应平行布置，在任何地方都不能交叉。
- (2) 导线应尽量拉直放置，接头应牢固。
- (3) 导线在任何位置都不能与钢管相接触。
- (4) 警报线之间、警报线与钢管之间合适的电阻值应大于 $20M\Omega$ 。

## 五、高温型预制复合直埋保温管技术性能

### 1. 高温型预制复合直埋保温管的结构

目前高温型预制复合直埋保温管的结构基本采用脱开式结构。

复合保温管的保温层由轻质耐高温无机保温材料如泡沫玻璃、复合硅酸盐毡、玻璃棉毡等和选择性聚氨酯硬质泡沫复合而成。根据不同介质温度，内层耐高温无机保温层采用一层或两层。保护壳采用螺旋钢管、高密度聚乙烯管或玻璃钢。

保护壳应保证具有良好抗压、防水及抗腐蚀功能。

工作管应在保温层内随温度自由滑动，因此为了减少摩擦阻力，在工作钢管和内保温层之间须涂无机减阻层(如低标号沥青、重油等)。管道两端头处设专门端面密封结构，以保证整个管系密封防水、防腐。

如果无机耐高温材料含有水分，须采取排除水分措施，防止因汽化而产生“放炮”现象，以保证供热管道安全运行。

### 2. 高温型预制复合保温管技术性能

工作管、保护壳技术性能同前述。保温层(无机隔热材料)和减阻剂技术性能见表 1-6。