

ZHIMAI GONGRE

GUANGDONG

直埋供热管道 工程设计

(第二版)

GONGCHENG

王飞 主编
王飞 张建伟 王国伟 梁鹍 编著

SHEJI

中国建筑工业出版社

直埋供热管道工程设计

(第二版)

王 飞 主编

王 飞 张建伟 王国伟 梁 鹏 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/王飞主编. —2 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2014. 11
ISBN 978-7-112-17497-3

I. ①直… II. ①王… III. ①埋地敷设-供热管道-
工程设计 IV. ①TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 269772 号

本书在总结多年研究成果、工程设计方法及工程经验的基础上, 系统阐述了预制热水保温管直埋敷设的各种力、作用特点及其计算; 直管道应力验算特别是大口径管道的应力验算方法; 变径管、弯头的应力验算方法; 大折角应力验算附表; 三通分支的工程设计方法。系统阐述了有补偿敷设和无补偿敷设的充要条件、两种预热安装理论; 简要介绍了无沟敷设技术。工程设计实例篇章有助于贯通全书内容。

本书可作为供热行业工程设计人员、工程施工和工程管理人员等的参考书, 也可作为高校建筑环境与能源应用工程专业、热能与动力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: 王雪竹 赵颖

直埋供热管道工程设计 (第二版)

王飞 主编

王飞 张建伟 王国伟 梁鹏 编著

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷



开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 $\frac{1}{4}$ 字数: 424 千字
2014 年 12 月第二版 2014 年 12 月第六次印刷

定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-17497-3

(26263)

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)

第二版前言

从 2007 版到 2014 版，经历了整整八个年头。八年来，本书作为国内唯一一部专业书籍，为城镇供热直埋热水管道的直埋敷设提供了理论和技术支持，受到集中供热战线工程技术人员的青睐。为了满足供热直埋热水管道直径增大（已经达到 1400mm），八年来，我们科研团队进行了不懈的努力。在总结八年来的研究成果和工程经验，以及国内外供热直埋热水管道敷设技术的基础上，对 2007 版进行了大篇幅修订。

本书和 2007 版相比，增减的内容包括：增加了强度理论；增加了大口径直埋管道直埋敷设的相关计算；增加了预热安装平均应力理论和循环中温理论；管道壁厚及预热安装的安全性理论；增加了无沟敷设，顶管和拖管技术及工程实例。增加了固定墩微量位移计算理论；增加了变径管应力验算理论；增加了纵断面设计；增加了大口径管道设计实例；删除了弹性分析法；删除了管网初调节篇章。

和 2007 版相比，修订的内容包括：修订了摩擦力计算公式；修订了折角处理技术和折角计算理论；修订了相关附表附图。

从 1999 年发布第一部《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81—1998 到修订后的《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81—2013 经历了 15 年。本书第一版为正确实施 CJJ/T 81—1998 提供了理论和技术支持；2014 版也必将配合 CJJ/T 81—2013 的实施，为提高城镇供热直埋热水管道敷设技术作出积极贡献。

本书中，绪论，第一章的第三节，第二章、第三章的第一节和第三节，第四章的第一、第三、第四节，第五章的第一、第三节～第五节，第六章，第七章的第二节～第四节，第八章，第九章的第二节～第六节，第十章中的第二节～第五节，第十一章中的第二节、第三节，第十二章的第二节、附录等由王飞编著；第一章的第一节、第二节，第二章、第五章的第二节，第七章、第九章、第十章、第十一章、第十二章的第一节由张建伟编著；第十三章由王国伟编著；第十四章、第十五章由梁鹞编著。全书由张建伟、王飞统稿。

谨以本书献给我的导师——供热先驱贺平教授！

第一版前言

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 V1.2”（见光盘）用于直埋供热热水管道敷设计的计算，适用的管径为 $DN40\sim DN1000$ ，压力等级为 1.0MPa、1.6MPa 和 2.5MPa，安装温差范围为 $60\sim 140^{\circ}\text{C}$ ，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和锚固点位置计算、弯头应力验算、竖向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、水力计算和热损失计算等。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是直管段、弯头或者上述的固定墩和补偿器。

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。

目 录

绪论	1
第一章 预制直埋保温管	7
第一节 预制直埋保温管类型	7
第二节 预制直埋保温管构造	8
第三节 预制直埋保温管性能	8
第四节 预制直埋保温管规格	11
第二章 预制保温管制造工艺	12
第一节 聚氨酯硬质泡沫塑料保温层	12
第二节 高密度聚乙烯外护管（保护壳）	18
第三节 玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂（玻璃钢）保护壳	19
第三章 热水预制保温管直埋敷设断面图设计	21
第一节 横断面设计	21
第二节 垂直荷载	25
第三节 纵断图设计	29
第四章 摩擦系数及摩擦力	34
第一节 摩擦系数的数学模型	34
第二节 摩擦系数测试简介	36
第三节 摩擦力（摩擦系数）及其变化规律	37
第四节 摩擦力计算公式	39
第五章 直管道热力转换以及过渡段长度	45
第一节 热膨胀力、内力和热应力	45
第二节 主动轴向力和被动轴向力	47
第三节 直埋供热管段类型	48
第四节 直管轴向力变化规律及过渡段计算	51
第五节 热伸长计算	53
第六章 直埋管道应力验算	59
第一节 强度理论简介	59
第二节 锚固段应力及应力验算	61
第三节 弹塑性分析法	66
第四节 竖向稳定性验算	69
第五节 局部稳定性验算	74
第七章 直角弯管设计	78
第一节 弯管的工程做法	78

第二节	弯管应力验算	80
第三节	弯头应力的影响因素	85
第四节	补偿弯管的设计	86
第八章	折角技术处理	90
第九章	直埋供热管线构造	94
第一节	阀门	94
第二节	补偿器	96
第三节	变径管	100
第四节	分支引出	104
第五节	检查室	107
第六节	直埋保温管散热量计算	107
第十章	预制保温管直埋敷设方式	111
第一节	有补偿和无补偿冷安装	111
第二节	预应力安装与冷安装	113
第三节	基于循环中温的预热安装	115
第四节	基于平均应力温度的预热安装	120
第五节	管道壁厚及预热安装的安全性	124
第十一章	固定墩及其推力计算	129
第一节	固定墩分类	129
第二节	固定墩设计	132
第三节	固定墩推力与布置原则	137
第十二章	设计方法	142
第一节	概述	142
第二节	《直埋供热管道工程设计计算软件》(V1.0 版)简介	146
第三节	特征参数	149
第十三章	直埋供热管道工程设计实例	151
第十四章	非开挖技术在供热直埋管道的应用	182
第一节	概述	182
第二节	顶管技术	183
第三节	定向钻技术	196
第十五章	顶管及定向钻技术在工程中的应用实例	201
实例一	.....	201
实例二	.....	207
实例三	.....	212
实例四	.....	214
附录	.....	222
参考文献	.....	264

绪 论

一、供热管道地沟敷设存在的问题

总结几十年供热管道地沟敷设的经验和教训，可以得出地沟敷设主要存在的问题：

(1) 地沟供热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扎方式，接缝多，热损失大。据工程测试，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 号铅丝捆绑保温结构，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 t，运进砖灰等建筑材料 2.4 亿 t，往返运输上述土方和建筑材料，需用 4t 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、国内集中供热发展规模

2013 年，住房和城乡建设部办公厅对我国北方 15 个省、市、自治区，共计 140 座城市集中供热管网进行了调查、分析和统计，包括北京、天津、河北、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏、山西、新疆等 15 个省、市、自治区和上述省、市、自治区的地级市，以及单个供热系统供热面积达 $100 \times 10^4 \text{m}^2$ 以上的县级市。1981 年，全国集中供热面积仅有 1167 万 m^2 ，管道长度为 359km，到 2005 年，全国集中供热面积 24.21 亿 m^2 ，管道长度为 8.61 万 km。截至 2010 年，全国集中供热面积 43.57 亿 m^2 ，管道长度为 13.92 万 km。近两年集中供热发展更加迅速，2011 年，全国集中供热面积 47.38 亿 m^2 ，管道长度为 14.74 万 km。2012 年，全国集中供热面积 49.2 亿 m^2 。

我国集中供热经过 30 多年的发展，已经具有相当大的规模，走出了一条中国特色的发展道路，集中供热能源也由单一的燃煤向以燃煤为主，燃气、地热、太阳能等多种能源

发展。

三、供热管网现状及问题

1. 管道问题

管道老化、材质低劣、施工技术落后是造成管道事故频发的主要原因。由于部分城市供热企业长期亏损,缺乏更新改造资金,一些供热管网已严重老化。东北一些集中供热发展较早的老工业区,如齐齐哈尔、长春、哈尔滨等城市的老工业区,部分管网已运行了30年以上,问题尤为突出。早期敷设的供热管道由于技术和工艺的限制,大部分采用管沟和架空敷设,保温管材质量差,加上供热运行温度较高,工作环境恶劣,年久失修,保温层脱落和管沟进水情况普遍,管道腐蚀严重,常常发生泄漏和堵塞事故。

调查资料显示,运行时间在15年以上的供热管道占26%。由于建设时间较早,这部分管道大部分采用管沟和架空敷设方式,技术落后,再加上运行时间长,维护管理不善,问题尤其突出。管沟敷设供热管道长度占34.3%。管沟防水质量差,地下水和地表水渗漏使得管道泡水,热损失严重,也是较大问题之一。有的企业为了降低造价,使用了低质产品,加之施工质量控制不严,导致许多供热管道在建成后几年内就事故频发,发生最多的事故就是管道泄漏和堵塞。

例如:2008年2月12日,乌鲁木齐市由新天胜热力公司负责供暖的天池路原百货公司一栋家属楼,因二次供热管网爆裂被迫停暖。2008年11月13日,青岛市南区汶上路与单县路路口地下暖气管道爆裂,事故由管道阀门故障引起。2008年11月27日,青岛市长白山路北段管网仪表井内突然冒出大量热水,原因是西线供水主管道焊口发生断裂;2008年11月29日,开发区源江路有清水冒出,原因是回水管道焊口开裂,致使原计划修复11月27日事故后恢复供热的时间延迟一天。2010年10月26日,地处哈尔滨市道外南新街与振兴街交叉路口的哈尔滨物业供热集团华能公司所属的一根供热支干线爆裂,导致大网失压,道外区和道里部分区域数万居民停热。2011年3月20日11时左右,北京西城区中友百货大楼门前西南角发生供热管线破裂事故,热水涌出地面。2012年11月30日下午,哈尔滨发电厂热源出口约150m处发现管道泄漏,哈尔滨发电厂及其集团下属的热力公司停止水网运行开始抢修。2013年12月6日上午,郑州市紫荆山路与顺河路交叉口西北角一处热力管道发生爆裂。

2. 阀门问题

阀门故障包括泄漏、锈蚀、关闭不严等。以前的热网阀门主要采用法兰连接的闸阀、截止阀、蝶阀,由于供热管道存在较大的热胀冷缩变形,经常会在法兰连接处产生泄漏。闸阀、截止阀还由于其固有的缺陷,常出现因腐蚀阀杆断裂、无法启闭等问题。

例如:2008年10月31日,热力管线试运行期间,青岛海晶化工厂门前马路下的热力管道爆裂,炸开3m长路面,原因是阀门或补偿器故障。

3. 补偿器问题

补偿器的作用是补偿管道变形,减小热应力,其出现的问题随采用的补偿器种类不同而不同。早期采用的套筒补偿器密封不严产生泄漏,而现在大量使用的波纹管补偿器由于应力腐蚀而产生泄漏和爆裂,一旦发生事故就会造成大面积停热。

例如:2008年11月23日,青岛市开发区太行山路与黄浦江路交汇处管线漏气,开挖

后发现补偿器自然爆裂。2008年12月2日,青岛市朝城路22号附近暖气管道爆裂导致地面塌陷,停在此处的一辆轿车受损,原因是暖气管道的补偿器漏气。2008年12月16日,青岛市闽江路与福州路交界处的供热管道发生破裂,造成道路开挖,原因是补偿器出现漏水。2013年11月26日,太原市和平南路太原十六中西门往北约100m处,热力管道补偿器漏水。

4. 支架问题

支架出现的问题主要是由于设计不当或锈蚀造成的,支架破坏会给管网安全带来很大的隐患。

四、直埋供热管道工程技术概况

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直埋热水管道施工。但是因为防水性差、管道外腐蚀严重、使用寿命短等问题,供热直埋热水管道技术一直进展缓慢。

20世纪80年代我国的供热直埋热水管道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直埋热水管道敷设。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”、“热力管道无补偿直埋敷设实验研究”,并完成了“热力管道无补偿设计与计算”的论文。哈尔滨建筑工程学院、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。哈尔滨建筑工程学院“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。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性能的测试。

1999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—

1998 发布并实施。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的精华和研究成果编制而成。该标准适用于管径不大于 500mm 的直埋供热管道工程。

2000 年，中华人民共和国行业标准《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 发布并实施；2001 年，中华人民共和国行业标准《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 发布并于 2002 年正式实施。

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公里，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。

2007 年，太原理工大学王飞教授与太原市热力公司教授级高工张建伟合作编著了《直埋供热管道工程设计》。本书总结、归纳、剖析了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，为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提供了技术支持。

2010 年发布，2011 年实施了修编后的中华人民共和国行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34—2010。该规范适用于供热热水介质设计压力小于或等于 2.5MPa，设计温度小于或等于 200℃；供热蒸汽介质设计压力小于或等于 1.6MPa，设计温度小于或等于 350℃的城镇供热管网的设计。修订后增加了街区热水供热管网内容，列为该规范第 14 章。

2012 年发布，2013 年正式实施了中华人民共和国国家标准《城镇供热管道保温结构散热损失测试与保温效果评定方法》GB/T 28638—2012。标准规定了城镇供热管道保温结构散热损失测试与保温效果评定的术语和定义、测试方法、测试分级和条件、测试程序、数据处理、测试误差、测试结果评定及测试报告。该标准适用于供热介质温度小于或等于 150℃的热水、供热介质温度小于或等于 350℃的蒸汽的城镇供热管道、管路附件以及管道接口部位保温结构散热损失测试与保温效果评定。

2012 年发布，2013 年正式实施了中华人民共和国国家标准《城镇供热预制直埋保温管道技术指标检测方法》GB/T 29046—2012。标准规定了预制直埋保温管道技术指标检测的术语、保温管道外观和结构尺寸检测、保温管道材料性能检测、热水直埋保温管道直管的性能检测、热水供热保温管道接头的性能检测、热水供热保温管道管件的质量检测、热水供热保温管道阀门的性能检测、保温管道报警线性能检测、蒸汽直埋保温管道性能检测、蒸汽直埋保温管道管路附件质量检测、蒸汽直埋保温管道外护管防腐涂层性能检测及主要测试设备、仪表及其准确度、数据处理和测量不确定度分析、检测报告等。该标准适用于供热预制直埋热水保温管道和供热预制直埋蒸汽保温管道技术指标的检测；供热管道的各类预制直埋管路附件以及直埋管道接口部位技术指标的检测。

2012 年发布，2013 年正式实施了中华人民共和国国家标准《高密度聚乙烯外护管硬质聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件》GB/T 29047—2012。标准规定了由高密度聚

乙烯外护管（以下简称外护管）、硬质聚氨酯泡沫塑料保温层（以下简称保温层）、工作钢管或钢管管件组成的预制直埋保温管（以下简称保温管）及其保温管件和保温接头的产品结构、要求、试验方法、检验规则及标识、运输与贮存等。该标准适用于输送介质温度（长期运行温度）不高于 120℃，偶然峰值温度不高于 140℃的预制直埋保温管、保温管件及保温接头的制造与检验。

2013 年修编，2014 年正式实施了中华人民共和国行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81—2013。原标准已不能满足现阶段工程实际的需要。结合直埋管道工程中的经验和教训，并吸收国内外相关标准精华和研究成果编制而成。该标准适用于管径不大于 1200mm 的直埋供热管道工程。

五、预制保温管直埋敷设的优点

经过 20 余年的应用证明，供热直埋热水管道敷设具有良好的社会、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质泡沫塑料作为保温材料，其导热系数比其他普通保温材料低得多，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 ³)	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。低导热率和低吸水性，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，解决了传统的地沟敷设供热管道“穿湿棉袄”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“氰聚塑直埋供热管道”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、水泥珍珠岩瓦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 t, 如果能降低耗煤 20%, 则全国每年可节标煤 2540 万 t (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表面, 阻止了空气和水的渗入。因为硬质聚氨酯泡沫塑料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, 保温管道使用寿命至少可达 30 年甚至更长, 比传统的地沟敷设寿命提高 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地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开槽同时进行, 保温管只需在现场焊接和现场接头保温, 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, 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, 供热管道采用直埋敷设与地沟敷设相比, 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大力推进的有力保证。

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，也可以在工厂预制，运抵现场。但工厂预制可以控制生产环境，确保工程质量。钢管在工厂保温以后，再运送到施工现场，组对焊接，进行安装。

若预制直埋保温管的结构不同，直埋管道设计原理和方法也因此而不同。工厂预制保温管和现场发泡外护玻璃钢保温管相比，总体质量有较大的差别。所以采用的敷设方式和使用场所也应有所区别。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. 按保温层构造分类

(1) 单一型：热媒温度适用于 150°C 以下的供热介质，其中普通型适用于 120°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。此类预制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。此类预制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。

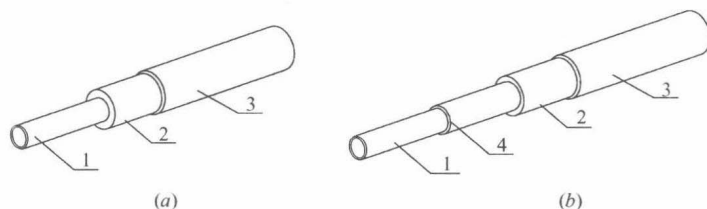


图 1-1 预制保温管

(a) 单一型保温管；(b) 复合型保温管

1—工作管；2—聚氨酯保温材料；3—保护壳；4—耐高温保温材料

2. 按保护壳材料分类

- (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、直缝焊接钢管、波纹管等。

3. 按保温管加工场所分类

(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，20世纪90年代应运而生的一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分类

(1) 脱开式保温管：保温层和钢管之间涂一层低熔点的涂料，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，如输送蒸汽的预制直埋保温管道。

(2) 整体式保温管：钢管、保温材料、保护壳三部分牢固地粘接在一起，形成一个整体结构。当钢管受输送介质温度升高热膨胀时，绝热层随之一起膨胀移动。整体式保温管主要用于热媒温度在130℃以下的场合。

第二节 预制直埋保温管构造

预制保温管主要由以下四部分组成。

(1) 工作管：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。一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。

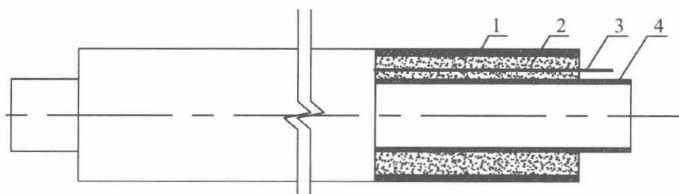


图 1-2 预制保温管报警线

1—保护壳；2—保温层；3—报警线；4—工作管

第三节 预制直埋保温管性能

预制保温管的生产执行国家标准《高密度聚乙烯外护管硬质聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件》GB/T 29047—2012。现将其主要技术性能分述如下。

一、工作钢管的技术性能

工作钢管的性能应符合以下要求：

(1) 工作钢管的尺寸公差及性能应符合相应的标准规定；

(2) 工作钢管的材质、公称直径、外径及壁厚应符合设计要求，单根钢管不应有环焊缝；

(3) 发泡前工作钢管表面应进行预处理，去除铁锈、轧钢鳞片、油脂、灰尘、漆、水分或其他污染物；

(4) 工作钢管外表面除锈等级应符合相应的标准规定。

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 1-1 的规定。

聚氨酯硬质泡沫性能要求 表 1-1

性能	指标	试验方法	备注
密度	$\geq 60 \text{kg/m}^3$	按 GB 6343—1986	
抗压强度	$\geq 0.3 \text{MPa}$	按 GB 8813—2008	
导热系数	$\leq 0.033 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	按 GB 3399—1982	在 50℃ 下
耐热性	120℃	见注	
吸水性	$\leq 10\%$	按 GB 8810—2005	

注：1. 耐热性试件 50×50×50 (mm)，精度±0.1mm。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脲酸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。

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 1-2。

高密度聚乙烯硬质塑料外护管性能指标 表 1-2

性能	指标	试验方法	备注
密度	$\geq 940 \text{kg/m}^3$	GB 1033—1986	
拉伸强度	$\geq 19 \text{MPa}$	GB 8804.2—2003	
断裂伸长率	$\geq 350\%$	GB 88004.3—2003	
耐环境应力开裂 F50	300h	GB 1842—1999	
纵向回缩率	$\leq 3\%$	GB 6671.2—1986	

(2) 外护管应为黑色，其内外表面目测不应有影响其性能的沟槽、不应有气泡、裂纹、凹陷、杂质、颜色不均等缺陷。

(3) 外护管两端应切割平整，并与外护管轴向垂直，角度误差不应大于 2.5°。

(4) 保温管任意位置外护管轴线与工作钢管轴线间的最大轴线偏心距应符合表 1-3 的规定。

外护管轴线与工作钢管轴线间的最大轴线偏心距 表 1-3

外护管 外径 (mm)	最大轴线 偏心距 (mm)	外护管 外径 (mm)	最大轴线 偏心距 (mm)	外护管 外径 (mm)	最大轴线 偏心距 (mm)
$75 < D_c \leq 160$	3.0	$400 < D_c \leq 630$	8.0	$800 < D_c \leq 1400$	14.0
$160 < D_c \leq 400$	5.0	$630 < D_c \leq 800$	10.0	$1400 < D_c \leq 1700$	18.0