

实用直埋供热管道技术

穆树芳 编著



631
4

中国矿业大学出版社

实用直埋供热管道技术

穆树芳 编著

中国矿业大学出版社

内容提要

本书对供热管网直埋敷设方式作了全面系统地介绍,阐述详细,通俗易懂。全书共六章,主要内容有:保温管制造和工艺因素;设计原理和敷设方法;工程技术措施及有关附录等。书中还附有施工现场图片,实用性较强。

本书可供设计、科研、施工、生产单位科技人员使用,也可为大中专院校师生参考。

实用直埋供热管道技术

穆树芳 编著

责任编辑:吴秀文 张乃新

中国矿业大学出版社 出版发行

新华书店经销 北京市兆成印刷厂印刷

开本 850×1168毫米 1/32 印张 6.75 字数 188千字

1993年6月第一版 1997年4月第二次印刷

印数 2001~4000册

ISBN 7-81021-989-8

TU·3

定价:20.00元

前 言

供热管道直埋敷设技术,在国外一些技术发达国家,已成为一项比较成熟的先进技术。近十年来,我国供热科技人员,通过吸收、消化这项先进技术,正推动着管网敷设技术向着更高的层次发展。

由于直埋敷设方式与传统的地沟及架空敷设方式相比,具有节约能源、降低造价、占地少、施工方便等优点,所以近几年,热水供热管网采用直埋敷设方式,得到广泛应用。目前虽然在吸收、消化方面,尚存在不足,有些地方直埋保温管的制造和安装质量低劣,影响了热网使用效果,但随着对这项技术的不断研究、完善,直埋敷设方式,肯定会成为今后热水供热管网的主要方式。

近年来,国内不少专家发表了许多有关直埋敷设设计原理、力学性能、保温管制造、施工技术等方面的文献,对这项新技术的逐步完善和推广,做了积极贡献,应当加以总结和整理。

本书在《供热管道直埋敷设统一技术措施》研究课题基础上,对国内外供热管道直埋敷设方式的设计原理和方法、预制保温管构造和制造工艺、施工技术措施等技术性问题,结合工程实践,系统地阐述和简要介绍,期望能够为广大供热科技人员和生产厂家在进行设计、施工和保温管制造等方面提供参考。也为今后进行适合我国国情的直埋敷设供热管道产品制造、设计和施工等方面的技术基础性研究,起一个垫脚石作用,为推动、完善这项先进技术略尽绵力。

在编著本书过程中,得到了课题组成员王永胜、吴继田、史海麟、张丽珠以及聂孟荀、吴秀文、贾文娟等同志大力支持、帮助,在此深躬致谢!

限于作者水平和时间,书中缺点、错误在所不免,敬希广大读者批评、指正。

作者

1993年3月于北京

第二次印刷补序

应广大读者及设计、施工人员要求,本书第二次印刷。

本次印刷,中科院大连化学物理研究所杨明学教授,就近年来在“高温预制复合保温管”课题开发研究、产品设计、工程实践中所积累的许多有实际应用价值的技术资料无偿予以提供。北京 ABB 集中供热有限公司杨帆工程师对国外预制保温管联接方式,北京宏义波纹管厂邢广义、邓奎工程师对直埋式波纹补偿器密封防腐及有关计算进行了补充,丰富了本书内容。在此深表谢意。

作者

1997 年 1 月于北京

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 地沟敷设供热管道方式存在的问题.....	(1)
第二节 直埋供热管道在国内外发展概况.....	(2)
第三节 直埋供热管道的优点.....	(3)
一、工程造价低.....	(4)
二、热损耗低,节约能源.....	(5)
三、防腐、绝缘性能好,使用寿命长.....	(8)
四、占地少、施工快,有利环境保护.....	(9)
第二章 预制保温管	(10)
第一节 预制保温管分类.....	(10)
一、按保温层构造划分.....	(10)
二、按保护层材料划分.....	(10)
第二节 预制保温管构造.....	(12)
第三节 预制保温管技术性能.....	(13)
一、钢管技术性能.....	(14)
二、保温层技术性能.....	(14)
三、保护层技术性能.....	(15)
四、对渗漏报警线装置的要求.....	(16)
五、高温型预制复合保温管技术性能.....	(16)
第四节 预制保温管规格.....	(18)
一、北京 ABB 集中供热设备有限公司产品(高密度 聚乙烯保护层).....	(18)
二、天津市管道工程集团有限公司保温管厂产品.....	(20)

三、北京华海节能制品发展中心产品(玻璃钢保护层)·····	(23)
四、天津建筑塑料制品厂产品(玻璃钢保护层)·····	(24)
五、部分厂家产品照片·····	(26)
六、国外产品规格介绍·····	(28)
七、中科院大连化物所凯华建筑新技术工程有限公司产品·····	(39)
第三章 预制保温管制造工艺简介 ·····	(40)
第一节 聚氨酯硬质泡沫塑料保温层 ·····	(40)
一、聚氨酯泡沫塑料的合成原理·····	(40)
二、聚氨酯硬质泡沫塑料主要原料及助剂·····	(44)
三、聚氨酯硬质泡沫配方举例·····	(49)
四、发泡工艺及成型方法·····	(50)
五、采用注入成型制造保温层的原料和工艺因素·····	(54)
六、发泡压力·····	(56)
第二节 高密度聚乙烯外套(保护层) ·····	(57)
一、低压高密度聚乙烯塑料(HDPE)·····	(57)
二、预制保温管生产线工艺流程·····	(58)
第三节 玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂(玻璃钢)保护层 ·····	(59)
一、玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂·····	(59)
二、生产工艺流程·····	(63)
第四节 高温型预制复合保温管制造工艺 ·····	(64)
第四章 直埋供热管道设计 ·····	(67)
第一节 概述 ·····	(67)
第二节 直埋供热管道的管段类型 ·····	(68)
第三节 直埋供热管道基本参数的确定 ·····	(69)
一、埋设深度及埋设基本要求·····	(69)
二、许用应力、管子壁厚·····	(71)
三、保温层厚度·····	(72)

四、摩擦力的计算·····	(85)
五、最大安装长度·····	(86)
第四节 无补偿直埋敷设设计原理与方法·····	(88)
一、无补偿直埋敷设适应范围·····	(88)
二、无补偿直埋敷设设计的基本原理·····	(88)
三、无补偿直埋敷设应力计算及预热温度的确定·····	(91)
四、管道的强度验算·····	(94)
五、管道稳定验算·····	(95)
六、无补偿直埋敷设的预热方法·····	(97)
第五节 有补偿直埋敷设的原理与设计·····	(102)
一、直埋管道实际热伸长量的计算·····	(102)
二、有固定点直埋敷设方式·····	(104)
三、无固定点直埋敷设方式·····	(109)
第六节 两种敷设方法的判定及设计注意事项·····	(113)
一、两种敷设方法的判定·····	(113)
二、无补偿和有补偿直埋敷设特点·····	(114)
三、设计中其它注意事项·····	(115)
第七节 由第三强度理论出发的设计方法·····	(119)
一、钢材机械性能·····	(120)
二、应力分类及安定性分析理论·····	(121)
三、无补偿直埋敷设·····	(124)
四、有补偿直埋敷设·····	(126)
五、补偿器计算·····	(129)
第八节 固定支架(墩)设计·····	(132)
一、供热管道的轴向力及其分布·····	(132)
二、过渡段极限长度·····	(133)
三、推力计算·····	(134)
四、固定支架(墩)尺寸确定·····	(137)
五、允许固定支架微量变形的计算·····	(140)

六、几种固定支架结构参考图	(142)
第九节 高温型直埋预制复合保温管设计简介	(147)
第五章 直埋供热管道施工	(149)
第一节 预制保温管进场检验	(149)
一、调研内容	(149)
二、进场验收	(150)
第二节 施工前准备	(150)
一、材料准备	(150)
二、工具、设备准备	(151)
三、保温管运输和贮存	(151)
第三节 开挖管沟	(153)
一、测量放线	(153)
二、挖沟	(155)
第四节 固定支架、波纹器井、阀门井、检查井施工	(156)
第五节 预制保温管的安装	(156)
一、下管	(156)
二、焊接	(157)
第六节 补偿器安装	(159)
第七节 现场管道试压	(160)
第八节 现场接头保温、接头保护层	(161)
一、接头保温	(161)
二、接头保护层	(161)
第九节 回填土	(165)
第十节 工程验收	(166)
第十一节 直埋供热管道施工工艺流程	(167)
一、施工工艺流程	(167)
二、参考图片	(167)
第六章 附录	(176)
附录 1: 习用非法定单位与法定单位换算的关系表	(176)

附录 2:热水锅炉参数系列	(177)
附录 3:预制保温管保温层工程量体积计算表	(178)
附录 4:预制保温管保护层工程量面积计算表	(179)
附录 5:设备及管道保温技术通则	(180)
附录 6:中华人民共和国建设部《市政公用事业 节能技术政策》(城市供热部分)	(184)
附录 7:北京宏义膨胀节厂 QFZW 型全密封防腐直埋 膨胀节产品规格表	(185)
附录 8:北京兴达波纹管制造厂生产的轴向内压型 波纹补偿器(RNY)产品规格表	(194)
附录 9:天津市汉沽区启新保温材料有限公司高密度 聚乙烯外套管材规格表	(200)
附录 10(1):沈阳聚氨酯科工贸公司直埋保温管及 PUF 发泡设备目录	(201)
附录 10(2):沈阳聚氨酯科工贸公司 HDPE 塑料管理论 重量价格参考表	(202)
参考文献	(203)

第一章 概 述

第一节 地沟敷设供热管道 方式存在的问题

我们几十年沿袭采用的地沟敷设供热管道方式,主要存在以下几个弊端:

(1)管道保温所采用的保温材料(岩棉、珍珠岩、泡沫混凝土等),多是吸水性材料,在地沟内经水浸泡或由于热湿效应,不仅严重降低保温效果,而且出现:“一年新、二年破、三年烂”的情况,年年需要维修,给正常供热带来很大麻烦。传统的保温结构方式由于绝缘性差,渗入的水腐蚀钢管,降低管道使用寿命。

(2)保温结构是采用缠绕包扎方式,接缝非常多,热损失大。据测试:一般接缝处散热量约为其它部位散热量的5倍左右。采用24号铅丝捆绑保温材料,在潮湿环境下,铅丝很容易锈蚀锐落,更增大了外网热损失。据对部分运行3年的供热外网(采用珍珠岩瓦保温)测试,外网热损失高达25%左右,千米温降达 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。远远超过国家规定的外网允许热损失指标,与当前国家节能政策不符。

(3)我国城镇居住面积已近50亿 m^2 ,每年将以3亿 m^2 的速度递增,其中供热建筑面积约占48%。每年新增供热管道约2万 km 。砌筑这样长的管道地沟,约用红砖75亿块。烧制这些红砖除了需要消耗煤炭150万 t 左右(相当两个大型矿井年产量),尚需毁掉农田数万亩。我国要靠占世界7%的耕地来改善占世界人口22%的居民的的食物供应,因而不宜再毁坏现有农田。

(4)由于地沟敷设供热管道的挖沟、砌筑、安装管道、保温、回填等

工序施工均在施工现场,施工人员劳动条件恶劣,施工周期长,工程造价高。

(5)据测算:每年建造供热管道地沟大约需运走土方量约 4.5 亿 t,运进砖、灰等建筑材料约 2.4 亿 t,往返运输上述吨位的土方和建筑材料,需用 4 t 位载重汽车约 1.7 亿车次。大量汽车运输造成的尾气、噪声、尘土飞扬,给城镇环境保护带来很大危害。

因此,从节约能源、降低造价、缩短施工周期、环境保护等多方位考虑,传统的地沟敷设供热管道方式迫切需要予以改革。

第二节 直埋供热管道在国内外发展概况

为了解决地沟敷设供热管道存在的种种弊端,国外一些技术发达国家,例如瑞典、芬兰、丹麦、德国、日本等国家,早在二三十年前就开始研究和应用“直埋供热管道”代替传统的地沟敷设方式,现在已成为比较成熟和完善的先进技术。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 591 km。丹麦、德国、瑞典、意大利、芬兰、日本等国家都有一个或几个专门生产直埋预制保温管的工厂。理论研究、产品开发进展很快。采用了渗漏报警检测系统,增强了直埋供热管道的安全可靠。丹麦的 I. C. MOLLER 公司,瑞典的 ECOPIPE 公司,是目前世界上两个最大的生产直埋预制保温管的厂家。该两个公司年产 $\Phi 20 \sim \Phi 1200$ mm 预制保温管分别为 1100 km 和 800 km。他们的产品已远销美国、欧洲、非洲等几十个国家。

我国供热科技人员早在 50 年代和 60 年代,就开始摸索采用填充矿渣棉,预制泡沫混凝土瓦块保温的方式进行供热管道的直埋施工。但存在的问题是防水性能差、管道外腐蚀严重,使用年限短,管件和地沟敷设时一样多。

70 年代北京地区曾采用热压沥青珍珠岩预制保温管的直埋敷设方式。这种敷设方式虽然具有货源充足、价格便宜的优点,但它在运输或施工吊装过程中外保护层容易产生裂缝,埋入地下后水气通过裂缝

渗入保温层。珍珠岩吸水性又很强,对钢管产生严重腐蚀,大大减少管道使用寿命。

到 80 年代,我国的直埋管道技术又向前进了一步。在沈阳、佳木斯、北京、大庆、黑河、阜新等地采用了聚氨酯泡沫喷涂保温,外缠玻璃丝布、涂沥青做保温层的方法。其存在问题是:聚氨酯发泡的配料比例不易掌握,泡沫进行自由发泡,质量难以掌握均匀,空隙大,强度低。喷涂时四处飞溅,原料浪费大。同时保护层强度低,防水绝缘性也差。

自 1984 年以后,我国供热科技人员通过考察、学习、吸收、引进国外先进技术,直埋供热管道制造工艺、计算理论的研究发展速度大大加快。哈尔滨、鸡西、天津等地分别从丹麦、瑞典引进数十公里预制保温管;哈尔滨建成一座年产 200 km 的预制保温管厂;天津大学和天津建筑塑料制品厂联合研制了比较适合我国国情的《氟聚塑直埋保温管》,并在天津、北京、河南、河北、东北、山东、陕西、山西、四川、福建等省市应用了数百公里。几年来运行实践,效果良好,也积累了不少应用经验。北京热力设计院等单位还在现场进行了“热力管道无补偿直埋敷设试验研究”,并写出“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、清华大学、沈阳热力设计院等单位,对直埋供热管道的力学特性、设计原理、施工技术措施等进行了系统研究和施工实践。煤炭工业部还拨款设立专题进行研究。哈尔滨建筑工程学院关于“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,达到目前国内先进水平,为国内广大供热设计人员提供了理论依据。有关部门制定了《聚氨酯泡沫塑料预制保温管》国家标准,《城镇直埋供热管道技术规程》正待建设部批准。供热管道直埋技术在我国正在迅速发展。

第三节 直埋供热管道的优点

近几年在我国大面积的应用证明,供热管道直埋具有多方位的社会、经济效益,主要表面在以下几个方面。

一、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,一般情况可以降低工程造价 25%(采用玻璃钢做保护层)和 10%(采用高密度聚乙烯做保护层)左右(表 1-1,表 1-2)。

表 1-1 部分单位工程造价比较表

建设单位	地沟管道 造 价 万元	直埋管道 造 价 万元	节约投资 额 万元	节约投资 百分数 %
中国矿业大学北京研 究生部(1989年)	26.64	17.80	8.84	33
北京医科大学 (1989年)	143.43 (架空)	95.25	48.18	33.59
阳泉矿务局 (1990年)	32.4	24	8.4	26
唐山矿务局 (1990年)	24	17	7	29.2
哈密矿务局 (1990年)	50	36	14	28
邢台矿务局 (1990年)	18	13	5	27.8
中国文联 (1989年)	3	2	1	33.3
海淀二里庄 (1990年)	214.3	150	64.3	30
北京京海分公司 (1988年)	6	4.38	1.62	27
西安矿业学院 (1986年)	41.21	26.83	14.38	34.89
焦作矿业学院 (1988年)	47.34	34.47	12.87	35.63
河北煤炭建工学院 (1988年)	25.61	18.21	7.40	28.9
平均				30.54

说明:上表均为双管制供热管道,采用天津市建筑塑料制品厂生产的保温管(玻璃钢保护层)。

表 1-2 沟埋与直埋敷设供热管道经济技术比较表

项 目	敷 设 方 式	地沟敷设	直埋敷设	对 比	
				沟埋	直埋
1	热损失 10 ⁶ kcal/(km·10年)	12122.4	4788.0	2.53	1
2	热损失费 百元/(km·10年)	18.184	7.176	2.53	1
3	标准煤耗 t·km·10年	1731.8	683.4	2.53	1
4	双管工程造价 万元/km	79.56	74.88	1.06	1
5	维修费 万元/(km·10年)	4.77 (取造价6%)	0.75 (取造价1%)	6.36	1
6	工程造价+维修费 万元/(km·10年)	84.33	75.63	1.12	1
7	使用寿命(年)	10	>30	1	3
8	施工	周期长,难度大	周期短,易施工		
9	占地及障碍物处理	占地大,遇障碍物多	占地少,遇障碍物少		
10	地下水	不适应,需做防水处理	适应,地下水只在施工时排水		

说明:上表为双管制,以Φ200管径为例测算的。

二、热损耗低,节约能源

由于直埋保温管采用聚氨酯硬质泡沫塑料做保温材料,其导热系数比其它过去常用的管道保温材料低得多(表 1-3)。

表 1-3 聚氨酯硬质泡沫塑料与常用保温材料导热系数比较表

材料名称	导热系数 λ 值, kcal/(m·h·°C)
聚氨酯硬质泡沫	0.013~0.03
石棉毡	0.1
泡沫混凝土	0.11~0.34
水泥矿渣棉	0.07~0.087

从上表可以看出,聚氨酯硬质泡沫塑料较其它保温材料的保温效

果提高约 4~9 倍。

聚氨酯硬质泡沫吸水率很低,约为 0.2 kg/m^2 ,这是其它保温材料不可比拟的,吸水率低的原因是由于聚氨酯硬质泡沫的闭孔率高达 92%左右。

低导热系数和低吸水率,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“穿湿棉袄”状况,大大减少了供热管道的整体热损耗。

据天津大学建筑设计研究院测试《氰聚塑直埋供热管道》的热损失与其它保温材料保温的管道热损失比较,大约可以降低热损失 40%~60%(表 1-4)。

表 1-4 直埋供热管道与其它保温管道热损失比较表

管径 mm	直埋保温管热损失 kcal/(m·h)	玻璃纤维制品热损失 kcal/(m·h)	矿渣棉制品热损失 (kcal/(m·h))
30	0.22	0.64	0.64
100	0.25	0.77	0.64
125	0.29	0.87	0.77
150	0.36	0.89	0.88
200	0.40	1.17	1.23
250	0.55	1.47	1.43
300	0.56	1.69	1.70

据北京热力设计研究院测试结果,聚氨酯硬质泡沫保温管较沥青珍珠岩、水泥珍珠岩瓦做保温材料的保温管热损失小 2.5~4 倍(表 1-5)。

表 1-5 聚氨酯硬质泡沫与其它保温材料热损失比较表

保 温 方 式	保温层 厚度 cm	热 损 失		
		数 量 10 ⁶ kcal/h	与不同厚度的“硬泡”相比较	
			$\delta=5$	$\delta=3\sim 4$
聚氨酯硬质泡沫	5	0.097	—	—
聚氨酯硬质泡沫	3~4	0.15	—	—
沥青膨胀珍珠岩	5~7	0.4	0.07	2.53
水泥膨胀珍珠岩瓦	5	0.26	0.26	1.73

据中国矿业大学北京研究生部对部分已运行的直埋供热管道测试结果,每千米温降仅 1℃左右(表 1-6)。

表 1-6 部分单位采用直埋供热管道测试汇总表

测 试 单 位	测 试 时 间	管 径 mm	测 试 结 果		运 行 时 间 年
			每 km 温 降	热 损 失 率 %	
中国矿大 北京研究生部	88.2.10	Φ219	1℃	$\psi_{100}=0.21\%$	2
中国矿大 北京研究生部	89.1.30	Φ219	1℃	$\psi_{100}=0.21\%$	3
西安矿院	90.1.15	Φ133	<1℃	$\psi_{100}=0.14\%$	4
北京医科大学	89.12.9	Φ325	0.8℃	$\psi_{100}=0.18\%$	1

天津市自来水公司所统计的“直埋”与“沟埋”热损失比较及折合煤耗情况见表 1-7。