



T/CECS XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

供热工程用预制保温层球墨铸铁热力管道 技术规程

Technical specification for prefabricated insulation layer
ductile iron thermal pipes for heating projects
(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

****出版社

中国工程建设标准化协会标准

供热工程用预制保温层球墨铸铁热力管道 技术规程

Technical specification for prefabricated insulation layer
ductile iron thermal pipes for heating projects

T/CECS *** -20XX

主编单位：中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司
燕山大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年××月××日

XXXX出版社

2024 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2021]20号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 10 章和 13 个附录，主要内容包括：总则、术语与符号、基本规定、材料、管道布置与设计、管道应力计算及稳定性验算、固定墩及自锚系统设计、管道施工、试验及验收、运行与维护等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司、燕山大学负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司（地址：山西省太原市迎泽大街 255 号山西省电力勘测设计院有限公司，邮政编码：030001，邮箱：ph.wang@sepec.com.cn）。

主编单位：中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司

燕山大学

参编单位：*****

主要起草人：*****

主要审查人：*****

目次

1 总则.....	1
2 术语与符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	5
3 基本规定.....	9
4 材料.....	10
4.1 保温管结构.....	10
4.2 工作管及管件.....	10
4.3 接口密封.....	12
4.4 保温层及外护层.....	12
4.5 质量检验与保障.....	13
5 管道布置与设计.....	14
5.1 管道布置.....	14
5.2 管道敷设.....	15
5.3 管道附件与设施.....	15
5.4 保温设计.....	16
5.5 水力计算.....	19
6 管道系统应力计算及稳定性验算.....	22
6.1 一般规定.....	22
6.2 直管段应力验算.....	22
6.3 直管段局部稳定性验算.....	23
6.4 土壤条件保障.....	25
6.5 热伸长计算.....	25
7 固定墩及自锚管道系统设计.....	27
7.1 一般规定.....	27
7.2 固定墩的设计.....	27
7.3 固定墩应力验算.....	29
7.4 自锚管道系统设计.....	30
8 管道施工.....	32
8.1 施工组织与准备.....	32
8.2 沟槽开挖.....	33
8.3 管道安装.....	34
8.4 回填.....	36
9 试验及验收.....	37
9.1 功能性试验.....	37
9.2 管道清洗.....	38

9.3 试运行.....	38
9.4 施工验收.....	39
10 运行与维护.....	40
10.1 维护与检修.....	40
10.2 运行数据监测.....	41
10.3 事故分析及应对措施.....	42
10.4 节能运行.....	42
附录 A 常用压力等级的允许工作压力和工作管公称壁厚.....	44
附录 B 常用管件型式及技术要求.....	45
附录 C 内衬材料性能实验和涂层温度压力循环式稳定性型式试验.....	46
附录 D 密封圈材料性能.....	47
附录 E 往复位移型式试验.....	48
附录 F 坡道敷设管线的稳定性措施.....	49
附录 G 阀门盲板力的克服措施.....	50
附录 H 各地区最冷月平均土壤自然温度.....	51
附录 I 典型管件的盲板力计算.....	54
附录 J 土壤类型以及不同回填方式下土壤反作用模量、基础中心角.....	56
附录 K 典型固定墩型式.....	57
附录 L 自锚管道长度计算.....	59
附录 M 预制保温球墨铸铁管道接口安装方法和要求.....	61
用词说明.....	64
引用标准名录.....	65
附：条文说明.....	66

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms and Symbols.....	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols.....	5
3 Basic Regulations.....	9
4 Materials	10
4.1 Structure of Pre-insulated Bonded Pipe.....	10
4.2 Conveying Pipe and Fitting	10
4.3 Sealing of Joint	12
4.4 Insulation Layer and Outer Protective Layer.....	12
4.5 Inspection and Guarantee of Quality	13
5 Arrangement and Design of Pipes	14
5.1 Arrangement of Pipes	14
5.2 Installation of Pipes.....	15
5.3 Fittings and Accessories	15
5.4 Design of Insulation.....	16
5.5 Calculation of Hydraulic.....	19
6 Stress Calculation and Stability Checking of Pipe System.....	22
6.1 General Provisions	22
6.2 Stress Checking of Straight Pipe.....	22
6.3 Local Buckling Checking of Straight Pipe	23
6.4 Guarantee of Soil Conditions.....	25
6.5 Calculation of Thermal Expansion	25
7 Design of Fixing Support and Pipe System Using Restrained Joint.....	27
7.1 General Provisions	27
7.2 Design of Fixing Support.....	27
7.3 Stress Checking of Fixing Support	29
7.4 Design of Pipe System Using Restrained Joint.....	30
8 Construction of Pipes.....	32
8.1 Organization and Preparation of Construction	32
8.2 Excavation of Trenches.....	33
8.3 Installation of Pipes.....	34
8.4 Backfilling.....	36
9 Test and Acceptance	37
9.1 Functional Testing	37
9.2 Purging of Pipes.....	38

9.3 Trail Operation.....	38
9.4 Acceptance of Construction.....	39
10 Operation and Maintenance	40
10.1 Maintenance and Overhaul	40
10.2 Monitoring of Operational Data	41
10.3 Accident Analysis and Response Measures.....	42
10.4 Energy Saving Operation.....	42
Appendix A Allowable Operation Pressure and Nominal Thickness of conveying pipes for Common Pressure Rating	44
Appendix B Types and Technical Requirements of Common Pipe Fittings.....	45
Appendix C Performance Experiment of Inner Coating Material and Type Test of Coating Stability in Temperature Pressure Cycling.....	46
Appendix D Material Properties of Gasket.....	47
Appendix E Type Test of Reciprocating Displacement	48
Appendix F Stability Measures for Pipes Laying on Slopes	49
Appendix G Measures to Overcome Blind Plate Force of Valve.....	50
Appendix H Average Soil Temperature of The Coldest Month in Various Regions	51
Appendix I Calculation of Blind Plate Force for Typical Pipe Fittings	54
Appendix J Soil Type and Soil Reaction Modulus, Foundation Center Angle of Different Backfilling Methods.....	56
Appendix K Types of Typical Fixing Support	57
Appendix L Length Calculation of Pipe System Using Restrained Joint.....	59
Appendix M Installation Method and Requirements for Interface of prefabricated direct buried ductile iron pipes.....	61
Explanation of Wording.....	64
List of Quoted Standards	65
Addition: Explanation of Provisions.....	66

1 总则

1.0.1 为规范直埋预制保温球墨铸铁管道的材料、设计、施工、试验、验收、运行与维护，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改建、扩建的设计温度小于或等于 130℃，设计压力小于或等于 2.5MPa，介质包括热水、地热水、温泉水、载热海淡水，地下直埋敷设，管道公称直径范围 DN100~DN1600 的直埋预制保温球墨铸铁管道的材料、设计、施工、试验、验收、运行与维护。

可应用于需要实现保温效果的管道输送工况条件，主要包括：① 集中供热系统的一级供热管网、二级供热管网、低温直供管网、长输供热管线；② 地热水、温泉水、载热海淡水等输送管线及管网；③ 集中供冷系统的载冷介质输送管线及管网。

1.0.3 在地震、湿陷性黄土、膨胀土等地区，直埋预制保温球墨铸铁管道的设计除应符合本规程外，尚应符合现行国家标准《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T43492、《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003、《室外给排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB50032、《湿陷性黄土地区建筑标准》GB50025 和《膨胀土地区建筑技术规范》GB50112 的相关规定。

1.0.4 直埋预制保温球墨铸铁管道的材料、设计、施工、试验、验收、运行与维护除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 预制保温球墨铸铁管道 prefabricated direct buried ductile iron pipes

以球墨铸铁为工作管及管件基材、硬质聚氨酯泡沫等材料形成保温层、高密度聚乙烯等材料形成外护层，在工厂预制而成的保温管道。

2.1.2 工作管 conveying pipe

输送流体的金属管道。

2.1.3 管件 pipe fitting

输送流体的管道部件，用于管线的变向、分流、变径、连接、密封。

2.1.4 承口 socket

工作管或管件的承接端，连接另一端工作管或管件的插口。

2.1.5 插口 spigot

工作管或管件的插入端。

2.1.6 接口 joint

工作管与工作管或管件之间的连接处，一般采用密封圈或密封垫密封。

2.1.7 柔性接口 flexible joint

可提供一定轴向位移和角度偏转的接口，由承口、插口和密封圈组成密封结构。

2.1.8 自锚接口 restrained joint

可防止已组装接口分离的接口，由承口、插口、密封圈、隔离圈及支撑圈组成密封结构。

2.1.9 法兰接口 flanged joint

连接两个法兰端的接口，采用密封垫密封。

2.1.10 管中管工艺 pipe-in-pipe method

采用专用高压注射设备，将混合均匀的聚氨酯液态原料，注入外护层与工作管或管件之间的空腔内，形成保温结构的方法。

2.1.11 喷涂缠绕工艺 spray-winding method

先采用专用喷涂设备将混合均匀的聚氨酯液态原料连续喷涂在工作管外表

面，形成连续的硬质聚氨酯泡沫塑料保温层，后采用挤出设备将熔融的高密度聚乙烯片材连续缠绕在保温层表面，形成连续密实的高密度聚乙烯外护层的方法。

2.1.12 一次应力 primary stress

管道由内压和持续外载产生的应力，是管道结构为了满足静力平衡条件而引起的。

2.1.13 二次应力 secondary stress

管道由于热胀、冷缩等变形（位移）受约束而产生的应力，是为了满足管道结构各部分之间的变形协调而引起的。

2.1.14 峰值应力 peak stress

管道或管件上由于局部结构不连续或局部应力产生的应力增量。

2.1.15 驻点 stagnation point

两端为活动端的管道或直线管段，由于温度变化产生朝向两端或背向两端的热位移，管道或直线管段上位移为零的点。

2.1.16 盲板力 blind plate force

管道走向改变或过水断面变化时对管道内壁产生的内压推力。

2.1.17 被动土压力 passive earth pressure

固定墩在外力作用下向后发生移动而推挤填土，致使填土的应力达到极限平衡状态时，填土施于固定墩上的土压力。

2.1.18 主动土压力 active earth pressure

固定墩在墩后填土作用下向前发生移动，致使墩后填土的应力达到极限平衡状态时，填土施于固定墩上的土压力。

2.1.19 单位长度摩擦力 friction of unit lengthwise pipeline

预制保温球墨铸铁管道与土壤沿管道轴向方向单位长度的摩擦力。

2.1.20 型式试验 type test

为了验证管道产品能否满足技术规范的全部要求所进行的试验，是新的管道产品能够正式投入生产的重要前提。

2.1.21 出厂检验 delivery inspection

是在管道产品制造完成后行的全面、细致的检验和测试，以确保管道产品

的质量符合相关的标准和要求，是管道产品质量控制的关键措施。

2.1.22 功能性试验 functional test

是在管道安装工程完成后，为了检验管道承压强度、管线严密性等开展的试验，是管道工程质量控制的关键措施。

2.2 符号

- a —— 沟槽底宽度；
- a_i —— i 个车轮的着地分布长度；
- A_b —— 支墩底面积；
- b_i —— i 个车轮的着地分布宽度；
- c_s —— 管道一侧工作面宽度；
- c —— 供、回水管中心线距离。
- c_p —— 水的比热容；
- C_s —— 土壤粘聚力；
- $D_{1,i}$ —— 工作管内径；
- $D_{3,o}$ —— 外护层外径；
- $D_{2,o}$ —— 保温层外径；
- $D_{1,m}$ —— 工作管平均直径；
- $D_{2,i}$ —— 保温层内径；
- $D_{1,o}$ —— 工作管外径；
- e_{nom} —— 工作管公称壁厚。
- E —— 球墨铸铁的弹性模量；
- E' —— 回填土的变形模量；
- E_a —— 固定墩迎推力侧的主动土压力；
- E_p —— 固定墩抗推力侧的被动土压力；
- f_a —— 修正后的地基承载力特征值；
- f_n —— 热价；
- F_f —— 管道与土壤之间的单位长度摩擦力；
- F_{f1} —— 水平向支墩滑动平面上摩擦力；
- F_{f2} —— 垂直向上弯管固定墩滑动平面上摩擦力；
- F_{f3} —— 垂直向下弯管固定墩滑动平面上摩擦力；
- F_{sv} —— 管顶单位长度上垂直土荷载；
- g —— 重力加速度；
- G —— 供热管网设计流量；

G_b —— 固定墩自重；

G_p —— 包括介质在内的球墨铸铁热力管单位长度自重；
 H —— 管道中心线覆土深度；
 H_s —— 管顶至设计地面的覆土深度；
 H_1 —— 管道当量覆土深度；
 H_w —— 地下水位线深度；
 i —— 年利率；
 I_p —— 球墨铸铁工作管直管段横截面的惯性矩；
 J —— 球墨铸铁管变形滞后系数；
 k_q —— 管道热损失率；
 K —— 管道内壁当量粗糙度；
 K_a —— 基座系数；
 K_f —— 垂直向稳定性抗力系数；
 K_n —— 管沟修正系数；
 K_o —— 土壤静压力系数；
 K_s —— 固定墩抗滑稳定性抗力系数；
 l —— 单根球墨铸铁管道长度；
 l_1 —— 插口端安装预留长度
 l_2 —— 承口端安装预留长度
 L —— 管线长度；
 L_f —— 固定墩长度；
 Δl —— 管道的热伸长量；
 n —— 计息天数；
 P_c —— 管道设计压力；
 P_i —— 保温结构单位造价；
 P_p —— 管道被动土压力；
 ΔP —— 管道设计压力损失；
 ΔP_j —— 管道局部损失；
 ΔP_y —— 管道沿程损失；
 q_r —— 单位长度回水管道的散热损失；
 q_s —— 单位长度供水管道的散热损失；
 q_{sv} —— 管顶单位长度上竖向车辆荷载；

Q —— 设计热负荷；
 $Q_{vi,k}$ —— 车辆的 i 个车轮承担的单个轮压标准值；
 r —— 工作管平均半径；
 R —— 管道比摩阻；
 R_a —— 附加热阻；
 R_m —— 保温层热阻；
 R_o —— 土壤表面换热热阻；
 R_g —— 土壤热阻；
 R_s —— 单位长度侧方阻力；
 s —— 两管道之间的净距；
 t_e —— 管道中心线的环境温度；
 t_o —— 管道计算安装温度；
 t_r —— 设计回水温度；
 t_s —— 设计供水温度；
 T —— 管道外表面温度；
 T_a —— 环境温度；
 T^o —— 固定墩推力合成力；
 T_p' —— 管道对固定墩水平分力；
 T_s' —— 管道对固定墩垂直向上分力；
 T_x' —— 管道对固定墩垂直向下分力；
 ΔT_r —— 回水管道沿程温降；
 ΔT_s —— 供水管道沿程温降；
 v —— 供热介质的流速；
 W —— 管顶单位面积上总垂直荷载；
 W_b —— 固定墩顶部覆土重量；
 Z_1 —— 固定墩顶面至地面的距离；
 Z_2 —— 固定墩地面至地面的距离；
 α_i —— 保温层外表面与大气换热系数；
 α —— 球墨铸铁的线膨胀系数；
 δ_i —— 经济保温层厚度；
 ΔX —— 工作管径向最大变形量；

λ_m —— 保温材料在运行下的导热系数；
 λ_s —— 土壤导热系数；
 μ —— 外护层与土壤间的摩擦系数；
 μ_b —— 回填土与固定墩之间的摩擦系数；
 μ_d —— 动力系数；
 ζ —— 接口散热损失附加率；
 ρ —— 土密度；
 ρ_{sw} —— 地下水位线以下的土壤有效密度；
 ρ_w —— 供热介质的密度；
[σ] —— 球墨铸铁的许用应力；
 σ_b —— 球墨铸铁的最小抗拉强度；
 σ_s —— 球墨铸铁的最小屈服极限；
 σ_t —— 管道内压引起的环向应力；
 σ_v —— 管道中心线处土壤应力；
 τ —— 年运行时间；
 φ —— 回填土内摩擦角；
 $\sum\zeta$ —— 管段中总的局部阻力系数；
 γ_a —— 回填土的重力密度。

3 基本规定

3.0.1 直埋预制保温球墨铸铁管道应在工厂内一体化预制而成，保温管结构、工作管及管件、接口密封、保温层及外护层的技术要求，除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T43492的相关规定，直埋预制保温球墨铸铁管道的设计工作年限应不小于30年。

3.0.2 直埋预制保温球墨铸铁管道布置与设计，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34、《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81、《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272和《城镇供热系统节能技术规范》CJJ/T185的相关规定。

3.0.3 直埋预制保温球墨铸铁管道应进行应力计算及稳定性验算，柔性接口设计应满足消纳管道温度变化时产生的热位移要求。

3.0.4 直埋预制保温球墨铸铁管道应采取克服盲板力（当管道走向改变或过水断面面积变化时作用在管件和附件等部位的内压推力）的措施。

3.0.5 直埋预制保温球墨铸铁管道的施工，除应符合本规程的规定外，尚应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的相关规定。

3.0.6 直埋预制保温球墨铸铁管道系统安装完成后应进行功能性试验和清洗，功能性试验应包括管道接口闭气试验和管线严密性试验，除应符合本规程的规定外，尚应满足现行标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28的相关规定。

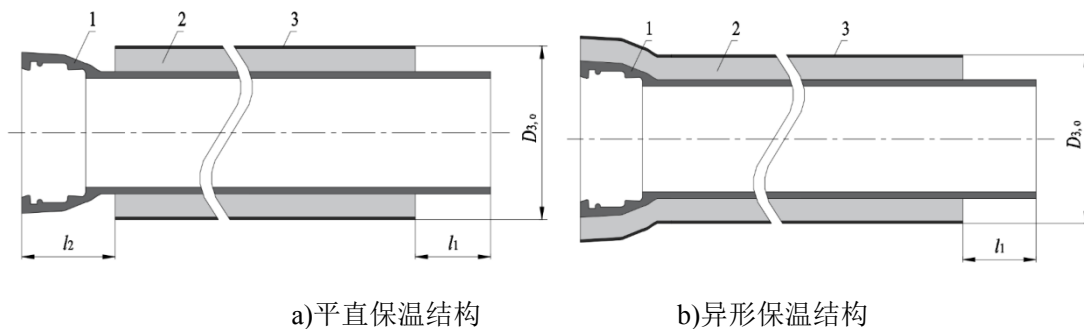
3.0.7 直埋预制保温球墨铸铁管道宜设置可靠的管道泄露监测硬件系统，并建立完备的计算机监控软件系统。管道的节能运行除应符合本规程的规定，尚应符合国家现行标准《城镇供热系统节能技术规范》CJJ/T 185、《压力管道规范 公用管道》GB/T 38942的相关规定。

4 材料

4.1 保温管结构

4.1.1 预制保温球墨铸铁管道（简称保温管）应为球墨铸铁工作管及管件、保温层、外护层紧密结合的一体式结构。

4.1.2 保温管的保温结构可分为平直保温结构和异形保温结构，见图 4.1.2，平直保温结构一般由管中管工艺制作形成，异形保温结构一般由喷涂缠绕工艺制作形成。外护层、保温层、工作管之间应具备足够的粘结强度。



1—球墨铸铁管；2—保温层；3—外护层； $D_{3.0}$ —外护层外径； l_1 —插口端安装预留长度； l_2 —承口端安装预留长度

图 4.1.2 预制保温球墨铸铁管道结构

4.1.3 保温管的插口端安装预留长度 l_1 应大于插口最大插入深度加上 50mm，对于平直保温结构，承口端安装预留长度 l_2 应大于插口最大插入深度加上 100mm。

4.1.4 保温管的承口端和插口端的保温结构端面应采用聚合物或橡胶材料保护。

4.2 工作管及管件

4.2.1 直埋预制保温球墨铸铁管道的工作管和管件的公称直径可分为 DN100、DN125、DN150、DN200、DN250、DN300、DN350、DN400、DN450、DN500、DN600、DN700、DN800、DN900、DN1000、DN1100、DN1200、DN1400、DN1500、DN1600。

4.2.2 工作管和管件基材的主要材料性能应符合表 4.2.2 的规定。

球墨铸铁管的径向刚度和径向变形应符合现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 的相关规定。

表 4.2.2 球墨铸铁工作管和管件的主要材料性能

铸件类型	离心铸造管	非离心铸造管、管件、附件
最小抗拉强度 σ_b MPa	420 (80°C) 386 (130°C)	
最小断后伸长率 A %	10 (\leq DN1000) 7 (\geq DN1100)	5
线性膨胀系数 α m/(m·°C)	11.24×10 ⁻⁶	
弹性模量 E MPa	1.7×10 ⁵	
布氏硬度	\leq 230 HBW	\leq 250 HBW

4.2.3 工作管应根据供热管道的设计温度和压力、按现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 规定的 C 级压力等级分类方法设计壁厚，常用的压力等级一般可为 C25、C30、C40，附录 A 给出常用压力等级的允许工作压力和工作管公称壁厚。

4.2.4 管件包括弯头、三通、异径管、承套、盘承、盘插等，由球墨铸铁整体浇筑形成，管件的型式（变向角度、分流组合、变径组合、连接组合等）、规格尺寸（口径、壁厚等）及力学性能应符合现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 的规定，常用管件型式及技术要求见附录 B。带承口的管件应按 K 级壁厚等级分类方法设计，壁厚等级应达到 K 12；带有法兰接口的管件的允许工作压力不小于法兰的公称压力。

本规程不排除在某些特殊条件下使用钢制管件来代替球墨铸铁管件，钢制管件的性能应满足现行标准的相关要求。

4.2.5 工作管及管件的外壁应进行防腐处理，工作管的外壁应按现行国家标准《球墨铸铁管外表面锌涂层 第 1 部分：带终饰层的金属锌涂层》GB/T 17456.1 的要求涂覆不带终饰层的金属锌涂层，管件的外壁应按现行国家标准《球墨铸铁管外表面锌涂层 第 2 部分：带终饰层的富锌涂料涂层》GB/T 17456.2 的要求涂覆不带终饰层的富锌涂料涂层。

4.2.6 工作管及管件的内壁应进行减阻处理，应对内壁打磨或按现行国家标准《球墨铸铁管和管件水泥砂浆内衬》GB/T 17457 的要求涂装铝酸盐水泥砂浆等耐高温内衬，使内壁表面当量粗糙度低于 0.0005m，其中工作管的内衬应按照附录 C

的要求进行内衬材料性能（外观性能、力学性能、防护性能、抗侵蚀性能）实验和涂层温度压力循环式稳定性型式试验。

4.2.7 直埋预制保温球墨铸铁管道的工作管和管件的规格、材料性能、表面处理及性能改善、压力分级、壁厚设计除应符合本规程外，尚应符合现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 和《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T43492 的相关规定。

4.3 接口密封

4.3.1 直埋预制保温球墨铸铁管道的工作管及管件的接口分为柔性接口、自锚接口和法兰接口，应根据具体管线设计要求确定具体型式。

4.3.2 应根据管道的设计温度和压力等级设计密封结构和密封圈型式，采用的耐高温密封圈的材料性能应符合附录 D 的要求。管道设计温度在 110℃及以下时，应满足现行国家标准《橡胶密封件 110℃热水供应管道的管接口密封圈材料规范》GB/T 27572 的技术要求；管道设计温度在 110℃及以上时，应按照现行国家标准《静密封橡胶制品寿命的快速预测方法》GB/T 27800、《硫化橡胶或热塑性橡胶应用阿累尼乌斯图推算寿命和最高使用温度》GB/T 20028 的相关规定对选定的密封圈材料进行老化寿命预测实验，确保密封圈的预期寿命不小于 30 年。

4.3.3 应对柔性接口和自锚接口的密封结构进行内部压力、负内压、循环压力、往复位移等四种密封性型式试验，其中内部压力、负内压、循环压力型式试验应符合现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 的要求，往复位移型式试验应符合附录 E 的要求。

4.3.4 密封圈配套使用的安装用润滑油（脂）不应影响密封圈的性能。

4.4 保温层及外护层

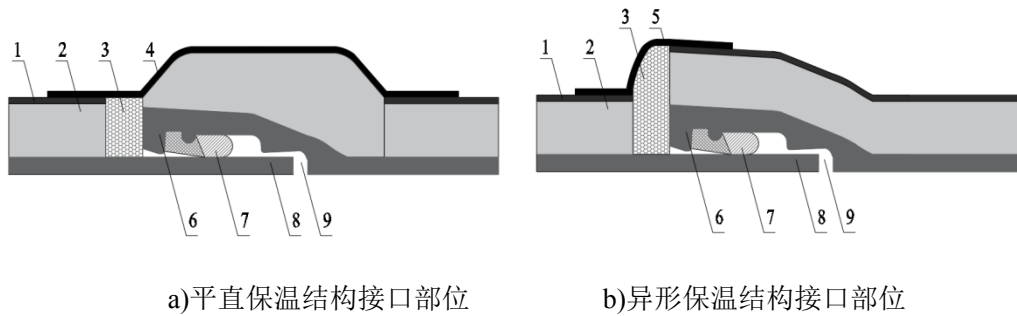
4.4.1 保温层应采用硬质聚氨酯泡沫塑料材料，外护层应采用高密度聚乙烯材料。

4.4.2 保温层结构、外护层的厚度、保温层和外护层的材料性能及检验应符合现行国家标准《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T43492 的相关规定。

4.4.3 对于平直保温结构的接口部位，应采用高密度聚乙烯热熔套、在相邻的两

个保温层端面之间加入弹性耐高温保温圈（宽度 50mm

) 并灌注硬质聚氨酯泡沫塑料实现补口处理, 见图 4.4.3。



1—外护层; 2—保温层; 3—弹性耐高温保温圈; 4—高密度聚乙烯热熔套;

5—橡胶套或热缩性聚乙烯套; 6—承口; 7—密封圈; 8—插口 9-接口内部间隙 (约15mm)

图 4.4.3 直埋预制保温球墨铸铁管道接口部位保温结构

4.4.4 对于异形保温结构的接口部位, 应采用橡胶套或热缩性聚乙烯套、在相邻的两个保温层端面之间加入弹性耐高温保温圈 (宽度 50mm) 实现补口处理, 见图 4.4.3。

4.5 质量检验与保障

4.5.1 直埋预制保温球墨铸铁管道产品的设计定型应通过:

- 1 内衬材料的性能实验和涂层温度压力循环式稳定性型式试验。
- 2 耐高温密封圈的材料性能实验和老化寿命预测实验。
- 3 密封结构的四种密封性型式试验。
- 4 保温层和外护层型式试验。

相关型式试验应由权威的独立检验机构或认证机构依据相关产品标准和技术标准完成。对个别特殊的检验项目, 如果检验机构缺少所需的检验设备, 可在独立检验机构或认证机构的监督下使用制造厂的检验设备进行。

4.5.2 工作管及管件应按照现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 和《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T43492 的相关规定进行尺寸规格、材料力学、管道力学等出厂检验, 满足要求后方可进行保温处理。

4.5.3 保温层、外护层应按照现行国家标准《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T43492 的相关规定进行尺寸规格、材料物性、力学性能等出厂检验, 满足要求后方可交付使用。

5 管道布置与设计

5.1 管道布置

5.1.1 直埋预制保温球墨铸铁管道与相邻设施间的净距应符合表 5.1.1 的规定。

表 5.1.1 直埋预制保温球墨铸铁管道与相邻设施之间的净距

设施名称		最小水平净距 (m)	最小垂直净距 (m)
建筑物基础		2.5 (DN≤250mm)	—
		3.0 (DN≥300mm)	—
围墙基础外缘		1.0	—
铁路钢轨		钢轨外侧 3.0	轨底 1.2
电车钢轨		钢轨外侧 3.0	轨底 1.0
地铁隧道结构		5.0	0.80
铁路、公路路基坡底脚或边沟的边缘		1.0	路面 0.7
电气铁路接触网电杆基础		3.0	—
照明、通信或 10kV 以下电力线路的电杆		1.0	—
桥墩（高架桥、栈桥）		2.0	—
架空管道支架基础		1.5	—
高压输电线铁塔基础边缘 (35kV~220kV)		3.0	—
燃气管道	压力≤0.4MPa	1.0	燃气为钢管时 0.15；燃气为聚乙烯管时，燃气在上 0.5，燃气在下 1.0
	压力≤0.8MPa	1.5	
	压力>0.8MPa	2.0	
给水、排水管道		1.5	0.15
排水盲沟		1.5	0.50
氧气、氢气、乙炔管道		1.5	0.25
压缩空气、二氧化碳管道		1.0	0.15
易燃、可燃液体管道		1.5	0.30
干线、支线综合管廊		1.0	1.00
乔木或灌木中心		1.5	—
电缆	通信电缆及管块	1.0	0.15
	电压≤35 kV	2.0	0.50
	电压≤110 kV	2.0	1.00

5.1.2 直埋预制保温球墨铸铁管道的最小覆土深度应符合表 5.1.2 的规定，并应满足管道强度计算和稳定性计算的要求。

表 5.1.2 预制保温球墨铸铁管道的最小覆土深度

管道公称直径 (mm)	最小覆土深度 (m)	
	机动车道	非机动车道
≤125	0.8	0.7
150~300	1.0	0.7
350~500	1.2	0.9
600~700	1.3	1.0
800~1000	1.3	1.1
1100~1600	1.3	1.2

5.1.3 直埋预制保温球墨铸铁管道在河底直埋敷设时，应远离浅滩、锚地，并选择较平顺稳定的河段布置，管道埋设深度应按不妨碍河道整治和保证管道安全的原则确定，并进行抗浮计算，管道的布置应符合现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34 的相关规定。

5.2 管道敷设

5.2.1 直埋预制保温球墨铸铁管道的敷设坡度不宜小于 0.002，进入建筑物的管道宜坡向干管，管道的高点宜安装放气装置，管道的低点宜安装放水装置。

5.2.2 直埋预制保温球墨铸铁管道和管件宜采用柔性接口，接口允许设置一定程度的偏转，最大允许偏转角度详见表 5.2.2，在管线设计时宜通过接口的允许偏转实现一定曲率的变向。

表 5.2.2 预制保温球墨铸铁管道接口最大允许偏转角度

管道公称直径 (mm)	设计允许偏转角度	安装允许偏转角度
100~300	3°	1°30'
350~600	2°	1°
700~1600	1°	30'

5.2.3 直埋预制保温球墨铸铁管道应利用柔性接口的内部间隙（约 15mm）消纳温度变化时管道的热伸长。

5.2.4 在坡道敷设管线时，应保持管的承口指向上坡方向，当坡度大于 20%时，应在每个接口下方（承口端）采用固定支座来固定管道，具体措施见附录 F。

5.3 管道附件与设施

5.3.1 预制保温球墨铸铁管道附件与设施应符合现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34、《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 的相关规定。

5.3.2 预制保温球墨铸铁管道应采用能够承受管道轴向载荷的钢制阀门，阀门、放气装置、泄水装置等附件应布置在检查室内，附件与球墨铸铁管道的连接方法：

1 当井室内部采用预制保温球墨铸铁热力管道时，阀门与球墨铸铁管道之间应采用法兰接口连接，放气、泄水装置应采用自锚或法兰接口连接。

2 当井室内部采用预制保温钢制热力管道时，阀门两端焊接过渡钢管，过渡钢管与球墨铸铁管的承口（或承套）之间采用柔性接口，放气、泄水装置通过开孔焊接方式与管道连接。

3 应采取克服阀门节流产生的盲板力的措施，宜利用检查室的垂直于管道的一侧构筑墙设置止推结构，具体措施见附录 G，此时构筑墙应具备足够的抗剪强度。

5.3.3 直埋预制保温球墨铸铁供热管网干线、支干线、支线的起点应安装关断阀门，管网干线应装设分段阀门，分段阀门的间距应符合现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34 的相关规定。

5.4 保温设计

5.4.1 直埋预制保温球墨铸铁管道的保温设计要求应符合下列规定：

1 为保障外护层的安全和使用寿命，保温层外表面温度应小于 50℃。

2 为减少保温结构散热损失的保温层厚度应按“经济厚度”的方法计算确定，该厚度应满足管道年散热损失费用与保温工程投资年分摊费用之和最小。

3 出于节能要求，设计工况下管道沿程温度降不应大于 0.1℃/km。

4 当供热管道周围设施或环境条件对温度有要求时，应对温度场进行验算。

5 由于球墨铸铁管道承口端凸出，应采取避免在接口部位形成保温薄弱的热桥的保温补口方案见本规程 4.4.4 条，以降低甚至避免散热损失的附加。

6 当管件需要埋入混凝土固定墩进行固定时，其外部不做保温，此时应通过有限元分析等方法计算散热损失的附加量。

7 混凝土材料应具备耐温特性。

5.4.2 保温层外表面温度计算参照现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 的相关规定。

5.4.3 直埋预制保温球墨铸铁管道的散热损失应按下列公式计算：

$$q_s = \frac{(R_g + R_m)(t_s - t_e) - R_a(t_r - t_e)}{(R_g + R_m)^2 - R_a^2} \times (1 + \xi) \quad (5.4.3-1)$$

$$q_r = \frac{(R_g + R_m)(t_r - t_e) - R_a(t_s - t_e)}{(R_g + R_m)^2 - R_a^2} \times (1 + \xi) \quad (5.4.3-2)$$

$$R_g = \frac{1}{2\pi\lambda_s} \times \ln \frac{4H_1}{D_i} \quad (5.4.3-3)$$

$$R_m = \frac{1}{2\pi\lambda_m} \times \ln \frac{D_{2,o}}{D_{1,o}} \quad (5.4.3-4)$$

$$R_a = \frac{1}{4\pi\lambda_s} \times \ln \left[1 + \left(\frac{2H_1}{c} \right)^2 \right] \quad (5.4.3-5)$$

$$H_1 = H + R_o \times \lambda_s \quad (5.4.3-6)$$

式中：

q_s ——单位长度供水管道的散热损失(W/m)；

q_r ——单位长度回水管道的散热损失(W/m)；

t_s ——设计供水温度(°C)；

t_r ——设计回水温度(°C)；

t_e ——管道中心线的自然地温(°C)，应取最冷月平均土壤自然温度，见附录

H；

R_g ——土壤热阻(m·K/W)；

R_m ——保温层热阻(m·K/W)；

R_a ——附加热阻(m·K/W)；

ξ ——接口散热损失附加率，需根据具体管径、保温补口处理方法通过有限元方法分析计算，一般不超过 1%。

R_o ——土壤表面换热热阻，可取 0.0685[(m²·K /w)]；

λ_s ——土壤导热系数，应取实测数据，估算时湿土取 1.5~2 W/(m·K)，干沙取 1W/(m·K)；

λ_m ——保温材料的导热系数[W/(m·K)]；

$D_{1,o}$ ——工作管外径(m)；

$D_{2,o}$ ——保温层外径(m)；

H ——管道中心线覆土深度(m)；

H_1 ——管道当量覆土深度(m)；

c ——供、回水管中心线距离(m)。

5.4.4 直埋预制保温球墨铸铁管道的经济保温层厚度的计算方法见下列公式:

$$\delta_i = \frac{D_{2,o} - D_{2,i}}{2} \quad (5.4.4-1)$$

1 当供热管道直径小于 DN1200 时, 满足:

$$\frac{\left[(\bar{t}_r - \bar{t}_e) \left(R_a^2 + (R_g + R_m)^2 \right) - R_a (\bar{t}_r - \bar{t}_e) \times 2(R_g + R_m) \right]}{\left((R_g + R_m)^2 - R_a^2 \right)^2 \times D_{2,o}^2} = 2.739 \times 10^6 \times \frac{P_i \times S \times \lambda_m \times \lambda_s}{f_n \times \tau \times (\lambda_s - \lambda_m) \times (1 + \xi)} \quad (5.4.4-2)$$

2 当供热管道直径大于 DN1200 时, 满足:

$$\frac{\left[(t_s - t_e) \left(R_a^2 + (R_s + R_m)^2 \right) - R_a (t_s - t_e) \times 2(R_s + R_m) \right]}{\left((R_s + R_m)^2 - R_a^2 \right)^2} = 5.5 \times 10^5 \times \frac{P_i \times S \times \lambda_m \times \lambda_s}{f_h \times t \times (\lambda_s \pi D_i - \lambda_m) \times (1 + \xi)} \quad (5.4.4-3)$$

$$S = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \% \quad (5.4.4-4)$$

式中:

δ_i ——经济保温层厚度(m);

$D_{2,i}$ ——保温层内径(m);

f_n ——热价(元/GJ);

τ ——年运行时间(h);

P_i ——保温结构单位造价(元/m³);

i ——年利率(复利率)(%);

S ——保温投资年分摊率(%);

5.4.5 直埋预制保温球墨铸铁管道的沿程温降应按下列公式计算:

$$\Delta T_s = \frac{3.6 \times q_s}{c_p \times G} \leq 0.1 \quad (5.4.5-1)$$

$$\Delta T_r = \frac{3.6 \times q_r}{c_p \times G} \leq 0.1 \quad (5.4.5-2)$$

式中:

ΔT_s ——供水管道沿程温降(°C/km);

ΔT_r ——回水管道沿程温降(°C/km);

c_p ——水的比热容[kJ/(kg·°C)];

G ——供热管网设计流量(t/h)。

5.4.6 直埋预制保温球墨铸铁管道的周围土壤温度可按下列公式计算：

$$t_s' = t_c + \frac{q_s}{4\pi \times \lambda_s} \times \ln \frac{x^2 + (y+H)^2}{x^2 + (y-H)^2} + \frac{q_r}{4\pi \times \lambda_s} \times \ln \frac{(x-e)^2 + (y+H)^2}{(x-e)^2 + (y-H)^2} \quad (5.4.6)$$

式中：

- t_s' ——计算点的土壤温度（℃）；
- X ——计算点与供水管中心线的水平距离（m）；
- Y ——计算点的覆土深度（m）。

5.5 水力计算

5.5.1 预制保温球墨铸铁管道的水力计算应包括但不限于以下内容：

- 1 供热系统的管径及热源循环水泵、中继泵站的流量和扬程。
- 2 分析供热系统正常运行的压力工况，确保热用户有足够的资用压头且系统不超压、不汽化、不倒空。
- 3 进行事故工况分析。
- 4 必要时进行动态水力分析。

5.5.2 供热管道的设计流量应按下列公式计算：

$$G = \frac{3.6 \times Q}{c_p \times (t_s - t_r)} \quad (5.5.2)$$

式中：

- G ——供热管道的设计流量(t/h)；
- Q ——管道设计热负荷(kW)；
- c_p ——热水的比热容[kJ/(kg·℃)]。

5.5.3 预制保温球墨铸铁管道内壁应通过内壁打磨或涂装铝酸盐水泥砂浆等内衬一般可使内壁表面当量粗糙度 K 低于 0.0005m（具体技术要求见本规程 4.2.6 条）。

对现有供热管道进行水力计算，当管道内壁存在腐蚀现象时，宜采取经过测定的当量粗糙度值。

5.5.4 预制保温球墨铸铁管道的管径确定应符合以下规定：

- 1 对于供热管网主干线，应采用“经济比摩阻”分析的方法确定管径。经济比摩阻值宜根据工程具体条件计算确定。当不具备技术经济比较条件时，一

级供热管网主干线经济比摩阻推荐在 30Pa/m~70Pa/m 之间取值，二级供热管网主干线经济比摩阻推荐在 60Pa/m~100Pa/m 之间取值。

2 对于长输供热管线，出于提升经济性考虑，宜通过涂装耐高温内衬、调整管径等措施来降低管道的比摩阻，比摩阻推荐在 20Pa/m~50Pa/m 之间取值，管径应经技术经济比选确定，全运行周期每 100km 输热电耗宜小于 4kWh/GJ。

3 供热管网支干线、支线应按允许压力降确定管径，但供热介质流速不应大于 3.5m/s，支干线比摩阻不应大于 300Pa/m，庭院管网支线比摩阻不宜大于 400Pa/m。

5.5.5 预制保温球墨铸铁管道的设计压力损失应按下列公式计算：

$$\Delta P = \Delta P_y + \Delta P_j \quad (5.5.5-1)$$

1 管道沿程压力损失：

$$\Delta P_y = R \times L \quad (5.5.5-2)$$

$$R = 6.88 \times 10^{-3} \frac{G^2 K^{0.25}}{D_{1,i}^{5.25} \rho} \quad (5.5.5-3)$$

2 管道局部压力损失：

$$\Delta P_j = \sum \zeta \frac{\rho_w v^2}{2} \quad (5.5.5-4)$$

式中：

- ΔP ——管道设计压力损失(Pa)；
- ΔP_y ——管道沿程损失(Pa)；
- ΔP_j ——管道局部损失(Pa)；
- R ——管道比摩阻(Pa/m)；
- L ——管线长度(m)；
- K ——管道内壁当量粗糙度(m)；
- ρ_w ——供热介质的密度(Pa/m)；
- $\sum \zeta$ ——管段中总的局部阻力系数；
- v ——供热介质的流速(m/s)。

5.5.6 压力工况分析、水泵选择应参照《城镇供热管网设计标准》CJJ 34 的相关规定进行。

5.5.7 对大高差、远距离输送供热管线，特别是设置多级加压输送系统的长输管线应单独进行动态水力工况分析，考虑水泵掉电停泵等故障工况引起水击对供

热管线的影响，应根据分析结果采取相应的安全保护措施。

6 管道系统应力计算及稳定性验算

6.1 一般规定

6.1.1 直埋预制保温球墨铸铁管道主要受一次应力作用，应力计算应采用弹性分析法，通过选择壁厚使管道一次应力的当量应力不大于球墨铸铁材料的许用应力。

6.1.2 直埋预制保温球墨铸铁管道可利用柔性接口的安装间隙消纳温度变化时的管道热伸长，理论上不存在由轴向力作用对管道及管件产生的局部屈曲和竖向失稳等稳定性问题，但需要对直管段进行径向稳定性验算，并确保管土作用能够为管道提供有效支撑同时不破坏外护层。

6.2 直管段应力验算

6.2.1 球墨铸铁管的许用应力与球墨铸铁基材特性相关，应按下列公式计算：

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{3} \quad (6.2.1-1)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{1.5} \quad (6.2.1-2)$$

式中：

$[\sigma]$ ——球墨铸铁的许用应力(MPa)；

σ_b ——球墨铸铁的最小抗拉强度(MPa)；

σ_s ——球墨铸铁的最小屈服极限(MPa)。

6.2.2 直埋预制保温球墨铸铁管道由内压引起的环向应力应按下式计算：

$$\sigma_t = \frac{P_c \times D_a}{2 \times e_{\text{nom}}} \quad (6.2.2)$$

式中：

σ_t ——管道内压引起的环向应力(MPa)；

P_c ——管道设计压力(MPa)；

$D_{1,i}$ ——工作管内径(m)；

e_{nom} ——工作管公称壁厚(m)。

6.2.3 直埋预制保温球墨铸铁管道的当量应力变化范围应按下式计算：

$$\sigma_t \leq [\sigma] \quad (6.2.3)$$

式中:

σ_t ——管道内压引起的环向应力(MPa);

$[\sigma]$ ——球墨铸铁的许用应力(MPa)。

6.2.4 对于采用自锚接口的管道系统, 由管件部位盲板力产生对管道的轴向应力, 局部应力集中的当量应力变化范围应按下式计算:

$$\sigma_t + \frac{4 \times 10^{-3} \times T}{\pi(D_{1,o}^2 - D_{1,i}^2)} \leq 3[\sigma] \quad (6.2.4)$$

式中:

σ_t ——管道内压引起的环向应力(MPa);

T ——轴向内压推力(kN)·计算方法参考附录 I ;

$D_{1,o}$ ——工作管外径(m);

$D_{1,i}$ ——工作管内径(m);

$[\sigma]$ ——球墨铸铁的许用应力(MPa)。

6.3 直管段局部稳定性验算

6.3.1 当承受较大阈值的土壤静荷载和车辆等地面动荷载时, 直埋预制保温球墨铸铁管道不得出现径向失稳。

6.3.2 公称直径大于 500mm 的直埋预制保温球墨铸铁管道应进行径向稳定性验算, 并应符合以下公式:

$$\Delta X = \frac{J \times K_a \times W \times r^3}{8 \times E \times I_p + 0.061E' \times r^3} \quad (6.3.2-1)$$

$$I_p = \frac{e_{\text{nom}}^3}{12} \quad (6.3.2-2)$$

$$\Delta X \leq 0.03D_{1,o} \quad (6.3.2-3)$$

式中:

ΔX ——工作管径向最大变形量(m);

J ——球墨铸铁管变形滞后系数, 取 1.0~1.5;

K_a ——基座系数, 取 0.096;

W ——管顶单位面积上总垂直荷载(MN/m), 包括管顶的竖向土荷载和地面

车辆荷载：

r ——工作管平均半径(m)；

$D_{1,0}$ ——工作管外径(m)；

E ——球墨铸铁的弹性模量(MPa)；

E' ——土壤反作用模量(MPa)；

I_p ——工作管直管段横截面的惯性矩(m⁴/m)；

e_{nom} ——工作管公称壁厚(m)。

6.3.3 对于开槽敷设的预制保温球墨铸铁管道，管顶的竖向土荷载应按下列式计算：

$$W_1 = \gamma_a H_s D_{1,0} \quad (6.3.3)$$

式中：

F_{sv} ——管顶单位长度上垂直土荷载(MN/m)；

γ_a ——回填土的重力密度(MN/m³)；

H_s ——管顶至设计地面的覆土深度(m)；

$D_{1,0}$ ——工作管外径(m)。

6.3.4 地面车辆单个轮压传递至预制保温球墨铸铁管道管顶的车辆荷载应按下列式计算：

$$W_2 = \frac{\mu_d \times Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H_s)(b_i + 1.4H_s)} \quad (6.3.4)$$

式中：

q_{sv} ——管顶单位长度上竖向车辆荷载(MN/m)；

$Q_{vi,k}$ ——车辆的 i 个车轮承担的单个轮压标准值(MN)；

a_i —— i 个车轮的着地分布长度(m)；

b_i —— i 个车轮的着地分布宽度(m)；

H_s ——管顶至设计地面的覆土深度(m)；

μ_d ——动力系数。

6.3.5 管顶单位面积上总垂直荷载可按表 6.3.5 选取。

表 6.3.5 管顶单位面积上总垂直荷载

管顶覆土深度 (m)	管顶单位面积上总垂直荷载 (kPa)
1.3	62
1.4	60

1.5	58
1.6	56

6.4 土壤条件保障

6.4.1 根据国家现行标准《土的工程分类标准》GB/T 50145 和《球墨铸铁管设计方法》ISO 10803 给出土壤类型以及不同回填方式下土壤反作用模量、基础中心角 2α （见附录 J），预制保温球墨铸铁管道适用于 B 类、C 类和 D 类土壤，土壤反作用模量推荐值在 2.5MPa 以上。

6.4.2 对于 A 类土壤，为避免砾石对外护层的破坏，应回填与 B 类、C 类和 D 类土质相近的土壤。

6.4.3 采用柔性接口的管道在基础中心 $2\alpha+30^\circ$ 以下宜回填中砂；采用自锚接口的管道周围应回填中砂，回填高度不应小于管顶以上 200mm。

6.5 热伸长计算

6.5.1 对于采用柔性接口的直管段，单根预制保温球墨铸铁管道驻点近似位于管道的中心点，位置 Z 如图 6.5.1 所示。对于与固定墩处管件连接的预制保温球墨铸铁管道，驻点位置在管道与固定墩处管件连接的位置。

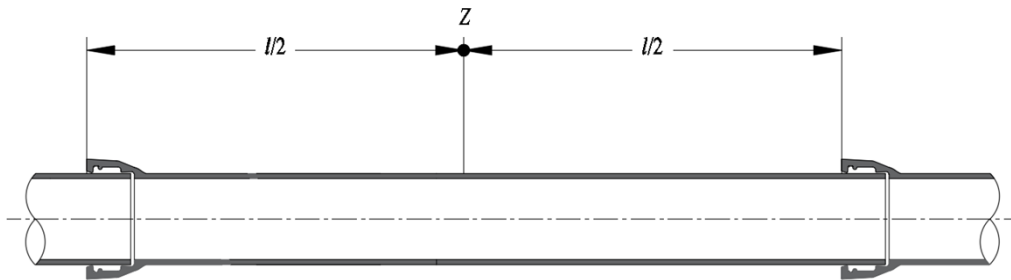


图 6.5.1 工作管驻点位置

6.5.2 预制保温球墨铸铁管道在运行时，工作管不应进入屈服状态，此时管道热伸长应按下式计算：

$$\Delta l = [\alpha(t_s - t_o)] \times l \quad (6.5.2)$$

式中：

Δl ——管道的热伸长量(m)；

α ——球墨铸铁的线膨胀系数[m/(m·°C)]；

t_s ——设计供水温度(°C);

t_0 ——管道计算安装温度(°C), 应取安装时最低温度;

l ——单根球墨铸铁管道长度(m)。

6.5.3 预制保温球墨铸铁管道柔性接口的内部间隙设计值不应小于管道运行时最大热伸长量的 1.2 倍。

7 固定墩及自锚管道系统设计

7.1 一般规定

7.1.1 预制保温球墨铸铁管道的盲板力是指管道变向、分流、变径时，对管件内壁产生的轴向内压推力（或合力），附录 I 给出作用在弯头、三通、异径管、盲端等典型管件盲板力的计算方法。

7.1.2 预制保温球墨铸铁管道的盲板力应通过设置固定墩或设计自锚管道系统来克服。

7.2 固定墩的设计

7.2.1 对于采用柔性接口的预制保温球墨铸铁管道，应在产生盲板力的管件处设置固定墩，将盲板力传递至固定墩，利用固定墩与土壤之间的作用力抵消盲板力。

7.2.2 附录 K 给出弯头、三通、异径管、盲端等处固定墩型式，其中，L 型固定墩适用于 DN800 及以下规格的弯头和三通，T 型固定墩适用于 DN900 及以上规格的弯头和三通。

7.2.3 土壤对固定墩的作用力包括：

- 1 固定墩迎推力侧的主动土压力。
- 2 固定墩抗推力侧的被动土压力。
- 3 固定墩滑动平面的摩擦力。

7.2.4 固定墩迎推力侧的主动土压力、固定墩抗推力侧的被动土压力应按下列公式计算：

$$E_a = \rho \times g \times L_f \times \frac{Z_2^2 - Z_1^2}{2} \times \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (7.2.4-1)$$

$$E_p = \rho \times g \times L_f \times \frac{Z_2^2 - Z_1^2}{2} \times \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (7.2.4-2)$$

式中：

E_a ——固定墩迎推力侧的主动土压力(N)；

E_p ——固定墩抗推力侧的被动土压力(N)；

- ρ ——土密度(kg/m³);
- g ——重力加速度(m²/s);
- L_f ——固定墩长度(m);
- Z_1 ——固定墩顶面至地面的距离(m);
- Z_2 ——固定墩底面至地面的距离(m);
- φ ——回填土内摩擦角(°), 沙土取 30°。

7.2.5 固定墩滑动平面上摩擦力应按下列公式计算:

1 水平向固定墩滑动平面上摩擦力

$$F_{f1} = \mu_b \times (G_b + W_b) \quad (7.2.5-1)$$

2 垂直向上弯管固定墩滑动平面上摩擦力

$$F_{f2} = \mu_b \times (G_b + W_b + T'_x) \quad (7.2.5-2)$$

3 垂直向下弯管固定墩滑动平面上摩擦力

$$F_{f3} = \mu_b \times (G_b + W_b - T'_s) \quad (7.2.5-3)$$

式中:

- F_{f1} ——水平向支墩滑动平面上摩擦力(N);
- F_{f2} ——垂直向上弯管固定墩滑动平面上摩擦力(N);
- F_{f3} ——垂直向下弯管固定墩滑动平面上摩擦力(N);
- μ_b ——回填土与固定墩之间的摩擦系数;
- G_b ——固定墩自重(N);
- W_b ——固定墩顶部覆土重量(N);
- T'_s ——盲板力的垂直向上分力(N);
- T'_x ——盲板力的垂直向下分力(N)。

7.2.6 回填土与固定墩之间的摩擦系数应按表 7.2.6 选取。

表 7.2.6 回填土与固定墩之间的摩擦系数

土壤类别		摩擦系数 (μ_b)
粘性土	可塑性	0.25~0.30
	硬度	0.30~0.35
	坚硬性	0.35~0.45
粉土	土壤饱和度<0.5	0.30~0.40
中砂、粗砂、砾砂	—	0.40~0.50

碎石土	—	0.6
-----	---	-----

7.3 固定墩应力验算

7.3.1 固定墩应进行抗推力稳定性验算。

1 水平向固定墩抗推力稳定性验算可按下式计算：

$$E_p - E_a + F_{f1} \geq K_s T' \quad (7.3.1-1)$$

2 垂直向上弯管固定墩抗推力稳定验算可按下式计算：

$$E_p - E_a + F_{f2} \geq K_s T_p' \quad (7.3.1-2)$$

3 垂直向下弯管固定墩抗推力稳定验算可按下式计算：

$$F_{f3} \geq K_s T_p' \quad (7.3.1-3)$$

式中：

K_s ——固定墩抗滑稳定性抗力系数，取 1.5；

T' ——盲板力(N)；

T_p' ——盲板力的水平分力(N)；

7.3.2 固定墩应进行地基承载力验算。

1 水平向固定墩地基承载力验算可按下式计算：

$$G_b + W_b \leq A_b f_a \quad (7.3.2-1)$$

2 垂直向上弯管固定墩地基承载力验算可按下式计算：

$$G_b + W_b + T_x' \leq A_b f_a \quad (7.3.2-2)$$

3 垂直向下弯管固定墩地基承载力验算可按下式计算：

$$G_b + W_b \leq A_b f_a \quad (7.3.2-3)$$

不考虑地下水引起的浮力和水压合力的垂直向上分力偏于安全。

式中：

A_b ——支墩底面积(m²)；

f_a ——修正后的地基承载力特征值(kPa)，不小于 80kPa；

7.3.3 垂直向下弯管固定墩还应进行垂直向稳定验算。

$$G_b + W_b \geq K_f T_x' \quad (7.3.3)$$

式中：

K_f ——垂直向稳定性抗力系数，取 1.1；

7.3.4 固定墩的强度及配筋计算应根据受力特点按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定执行。

7.3.5 固定墩应采用钢筋混凝土材料，并应符合下列规定：

1 混凝土强度等级不应低于 C30；

2 钢筋应采用 HPB300、HRB335，直径不应小于 10mm；

3 钢筋应采用双层布置，保护层不应小于 40mm，钢筋间距不应大于 250mm；

4 当地下水对钢筋混凝土有腐蚀作用时，应按现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的规定对固定墩进行防腐处理。

7.4 自锚管道系统设计

7.4.1 当不宜设置固定墩时，可通过设计自锚管道系统，利用管道与土壤之间的摩擦力和管道侧方阻力的合力抵消预制保温球墨铸铁管道的盲板力。附录 L 给出了弯头、三通、异径管、盲端等管件的自锚管道系统设计长度计算方法。

7.4.2 管道与土壤之间的单位长度摩擦力应按下列公式计算：

$$F_f = \mu \left(\frac{1 + K_o}{2} \pi \times D_{3,o} \times \sigma_v + G_p - \frac{\pi}{4} D_{3,o}^2 \times \rho \times g \right) \quad (7.4.2-1)$$

$$K_o = 1 - \sin \varphi \quad (7.4.2-2)$$

式中：

F_f ——管道与土壤之间的单位长度摩擦力(N/m)；

μ ——外护层与土壤间的摩擦系数；

$D_{3,o}$ ——外护层外径(m)。

σ_v ——管道中心线处土壤应力(Pa)；

G_p ——包括介质在内的球墨铸铁热力管单位长度自重(N/m)；

K_o ——土壤静压力系数；

φ ——回填土内摩擦角(°)，砂土取 30°。

7.4.3 土壤应力应按下列公式计算：

1 当管道中心线位于地下水位以上：

$$\sigma_v = \rho \times g \times H \quad (7.4.3-1)$$

2 当管道中心线位于地下水位以下:

$$\sigma_v = \rho \times g \times H + \rho_{sw} \times g(H - H_w) \quad (7.4.3-2)$$

式中:

σ_v ——管道中心线处土壤应力(Pa);

H ——管道中心线覆土深度(m)。

ρ_{sw} ——地下水位线以下的土壤有效密度(kg/m³);

H_w ——地下水位线深度(m)。

外护层与土壤间的摩擦系数应根据回填条件确定,可按表 7.4.3 选用。

表 7.4.3 球墨铸铁管道外护层与土壤间的摩擦系数

回填料	摩擦系数	
	最大摩擦系数 μ_{max}	最小摩擦系数 μ_{min}
中砂	0.40	0.20
粉质粘土或砂质粉土	0.40	0.15

7.4.4 管道与土壤之间的单位长度侧方阻力应按下列公式计算:

$$R_s = K_n \times P_p \times D_{3,0} \quad (7.4.4-1)$$

$$P_p = \rho \times g \times H \times \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2C_s \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (7.4.4-2)$$

式中:

R_s ——单位长度侧方阻力(N/m);

K_n ——管沟修正系数;

P_p ——管道被动土压力(N/m²);

C_s ——土壤粘聚力(Pa)。

7.4.5 自锚管道与柔性管道宜采用承套连接,以消纳自锚管道温度变化时产生的热位移。

8 管道施工

8.1 施工组织与准备

8.1.1 直埋预制保温球墨铸铁管道工程的施工单位应具有相应的施工资质，施工人员应具备相应的资格，操作人员应进行培训，掌握管道的性能与特点、安装操作要点及安全施工知识。

8.1.2 施工单位应有健全的施工安全、技术、质量管理体系和制度，施工现场应有施工安全、技术、质量标准。施工单位应按照相应的施工技术标准对工程施工质量进行全过程控制，建设单位、勘察单位、设计单位、监理单位等各方应按有关规定对工程质量进行管理。

8.1.3 施工单位应按照合同文件、勘察设计文件和有关规范要求，根据建设单位或者设计文件提供的施工界域内地下管线等构（建）筑物资料、工程水文地质资料，组织有关施工技术管理人员深入调查，掌握现场实际情况，做好施工准备工作。

8.1.4 施工前，施工单位应会同建设、监理等单位核对管道路由、相关地下管道以及构筑物的资料，必要时应局部开挖核实。

8.1.5 施工前，施工单位应编制施工组织设计，对不开槽施工、过江河管道或深基槽等特殊作业应编制专项施工方案。施工组织设计和专项施工方案应按照规定程序审批后实施，如需变更应办理变更审批。

8.1.6 在有地上或地下管线及设施的地段进行土方工程施工时，建设单位应事先取得相关管理部门或单位的同意，并在施工中采取保护措施。

8.1.7 在沿车行道、人行道施工时，应在管沟沿线设置安全护栏，并应设置明显的警示标注。施工现场夜间应设置安全照明、警示灯和具有反光功能的警示标志。

8.1.8 施工单位必须遵守国家 and 地方政府有关环境保护的法律、法规，采取有效措施控制施工现场的各种粉尘、废气、废弃物以及噪声、振动等对环境造成的污染和危害。

8.1.9 预制保温球墨铸铁管道和管件进入施工现场时必须进行进场验收并妥善保管。所有产品应具有生产厂质量检验部门的产品合格文件，其材质、规格、型

号应符合设计文件和合同的规定，并应进行外观检查，当对外观质量有异议或设计文件有要求时，应进行质量检验，不合格者不得使用。

8.2 沟槽开挖

8.2.1 土方开挖及回填应按现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28 的规定执行。

8.2.2 沟槽开挖前，应对施工范围进行测量复核，平面控制和高程控制测量均应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的相关规定。

8.2.3 沟槽边坡坡度应根据开挖边坡高度和土体稳定坡度确定，在不具备自然放坡条件或有重要建（构）筑物的地段开挖应按照国家现行标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 及《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的规定采取支护措施。

8.2.4 地下水位高于基底的地段应采取降水或地下水控制措施，降水措施应符合现行行业标准《建筑与市政降水工程技术规范》JGJ/T 111 的相关规定。

8.2.5 沟槽每侧临时堆土距沟槽边缘不应小于 0.8m，且高度不应超过 1.5m，临时堆土位置和高度不得影响边坡的稳定性和管道安装。

8.2.6 沟槽底宽度与工作坑尺寸应根据现场实际情况确定，当设计未规定时，可按下列规定执行：

1 沟槽底宽度可按下列公式计算：

$$a = 2D_{3,0} + s + 2c_s \quad (8.2.6)$$

式中：

a ——沟槽底宽度(m)；

$D_{3,0}$ ——外护层外径(m)；

s ——两管道之间的净距(m)，取 0.25~0.4；

c_s ——管道一侧工作面宽度(m)，取 0.1~0.2。

2 管道接口处工作坑的沟槽壁或侧面支承与管道的净距不宜小于 0.6m，工作坑的沟槽底面与管道的净距不应小于 0.5m。

8.2.7 沟槽底原状土地基不得扰动，当采用机械开挖时，应预留不少于 150mm 厚的原状土，人工清底至设计标高，当沟槽底土体不符合设计要求时，应采取以

下措施：

1 沟槽底土体局部扰动或受水浸泡时，宜采用天然级配砂砾石或石灰土进行底部回填。

2 沟槽底局部土质不合格时，应进行局部处理。当土质处理厚度小于或等于 150mm 时，宜采用原土进行底部回填夯实，其压实度不应小于 95%；当土质处理厚度大于 150mm 时，宜采用砂砾、石灰土等进行底部回填压实，压实度不应小于 95%。

3 沟槽底土体为杂填土、腐蚀土时，应全部挖除并按设计要求进行地基处理。

8.2.8 沟槽宜按直线布设，减少弯头设置，宜通过接口的允许偏转实现一定曲率的变向，沟底平整连续，保持水平，在弯头、三通、异径管、盲端等典型管件处应结合固定墩设计合理安排沟槽尺寸和横断面形状。

8.2.9 沟槽开挖过程中应对开槽断面的中线、横断面、高程进行测量校核，沟槽开挖完成后应对沟槽底高程、坡度、平面拐点、坡度折点等进行测量校核。

8.2.10 沟槽开挖除应符合本规程的规定外，尚应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的相关规定。

8.3 管道安装

8.3.1 管节堆放宜选用平整、坚实的场地，堆放时必须垫稳，防止滚动，堆放层高不宜超过 3 米。管节和管件应堆放在温度不超过 40℃ 的地方，不应长期露天曝晒。

8.3.2 橡胶圈贮存、运输应符合下列规定：

1 贮存温度宜为 -5℃~30℃，存放位置不宜长期受紫外线光源照射，离热源距离应不小于 1m；

2 不得将橡胶圈与溶剂、油脂或对橡胶产生不良影响的物品放在一起；

3 在贮存、运输中不得长期受挤压。

8.3.3 预制保温球墨铸铁管道安装前的准备工作应符合以下要求：

1 检查现场施工环境是否满足安全要求，保持干地施工环境。

2 检查吊装管道的起重机、挂钩等工具，应满足吊装要求，杜绝管道在吊

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/506123145114011003>