

**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](#_Toc181609494)

[2 术语与符号 2](#_Toc181609495)

[2.1 术 语 2](#_Toc181609496)

[2.2 符 号 5](#_Toc181609497)

[3 基本规定 9](#_Toc181609498)

[4 材料 10](#_Toc181609499)

[4.1 保温管结构 10](#_Toc181609500)

[4.2 工作管及管件 10](#_Toc181609501)

[4.3 接口密封 12](#_Toc181609502)

[4.4 保温层及外护层 12](#_Toc181609503)

[4.5 质量检验与保障 13](#_Toc181609504)

[5 管道布置与设计 14](#_Toc181609505)

[5.1 管道布置 14](#_Toc181609506)

[5.2 管道敷设 15](#_Toc181609507)

[5.3 管道附件与设施 15](#_Toc181609508)

[5.4 保温设计 16](#_Toc181609509)

[5.5 水力计算 19](#_Toc181609510)

[6 管道系统应力计算及稳定性验算 22](#_Toc181609511)

[6.1 一般规定 22](#_Toc181609512)

[6.2 直管段应力验算 22](#_Toc181609513)

[6.3 直管段局部稳定性验算 23](#_Toc181609514)

[6.4 土壤条件保障 25](#_Toc181609515)

[6.5 热伸长计算 25](#_Toc181609516)

[7 固定墩及自锚管道系统设计 27](#_Toc181609517)

[7.1 一般规定 27](#_Toc181609518)

[7.2 固定墩的设计 27](#_Toc181609519)

[7.3 固定墩应力验算 29](#_Toc181609520)

[7.4 自锚管道系统设计 30](#_Toc181609521)

[8 管道施工 32](#_Toc181609522)

[8.1 施工组织与准备 32](#_Toc181609523)

[8.2 沟槽开挖 33](#_Toc181609524)

[8.3 管道安装 34](#_Toc181609525)

[8.4 回填 36](#_Toc181609526)

[9 试验及验收 37](#_Toc181609527)

[9.1 功能性试验 37](#_Toc181609528)

[9.2 管道清洗 38](#_Toc181609529)

[9.3 试运行 38](#_Toc181609530)

[9.4 施工验收 39](#_Toc181609531)

[10 运行与维护 40](#_Toc181609532)

[10.1 维护与检修 40](#_Toc181609533)

[10.2 运行数据监测 41](#_Toc181609534)

[10.3 事故分析及应对措施 42](#_Toc181609535)

[10.4 节能运行 42](#_Toc181609536)

[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](#_Toc181609537)

[附录B 常用管件型式及技术要求 45](#_Toc181609538)

[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](#_Toc181609539)

[附录D 密封圈材料性能 47](#_Toc181609540)

[附录E 往复位移型式试验 48](#_Toc181609541)

[附录F 坡道敷设管线的稳定性措施 49](#_Toc181609542)

[附录G 阀门盲板力的克服措施 50](#_Toc181609543)

[附录H 各地区最冷月平均土壤自然温度 51](#_Toc181609544)

[附录I 典型管件的盲板力计算 54](#_Toc181609545)

[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](#_Toc181609546)

[附录K 典型固定墩型式 57](#_Toc181609547)

[附录L 自锚管道长度计算 59](#_Toc181609548)

[附录M 预制保温球墨铸铁管道接口安装方法和要求 61](#_Toc181609549)

[用词说明 64](#_Toc181609550)

[引用标准名录 65](#_Toc181609551)

[附：条文说明 66](#_Toc181609552)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc85814217)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc85814218)

2.1 Terms 2

2.2 Symbols 5

[3 Basic Regulations 9](#_Toc85814219)

[4 Materials 10](#_Toc85814220)

[4.1 Structure of Pre-insulated Bonded Pipe](#_Toc85814221) 10

[4.2 Conveying Pipe and Fitting 10](#_Toc85814222)

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](#_Toc85814223)

[5.1 Arrangement of Pipes 14](#_Toc85814224)

[5.2 Installation of Pipes 15](#_Toc85814225)

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](#_Toc85814244)

L[ist of Quoted Standards 65](#_Toc85814245)

A[ddition：Explanation of Provisions 66](#_Toc86055363)

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积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； |
| *Fsv* | —— | 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*l | —— | 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； |
| △P | —— | 管道设计压力损失； |
| △Pj | —— | 管道局部损失； |
| △Py | —— | 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； |
| *qsv* | —— | 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*’ | —— | 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； |
| △Tr | —— | 回水管道沿程温降； |
| △Ts | —— | 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； |
| *ξ* | —— | 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； |
| ∑ζ | —— | 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。

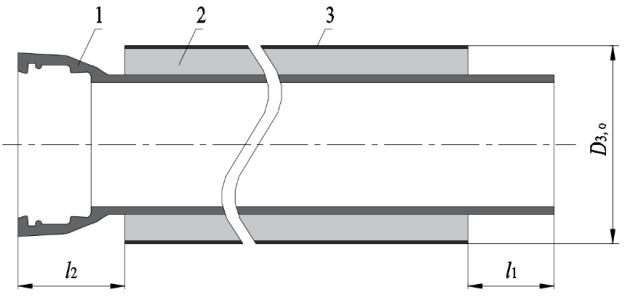
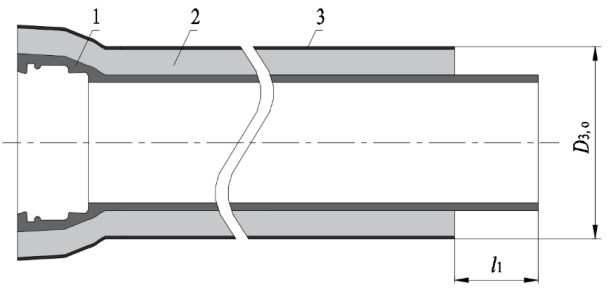
**3.0.7**直埋预制保温球墨铸铁管道宜设置可靠的管道泄露监测硬件系统，并建立完备的计算机监控软件系统。管道的节能运行除应符合本规程的规定，尚应符合国家现行标准《城镇供热系统节能技术规范》CJJ/T 185、《压力管道规范 公用管道》GB/T 38942的相关规定。

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。

a)平直保温结构 b)异形保温结构

1—球墨铸铁管；2—保温层；3—外护层；*D*3,o—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l1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l2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℃)  386 (130℃) | |
| 最小断后伸长率A  % | 10 (≤DN1000)  7 (≥DN1100) | 5 |
| 线性膨胀系数*α*  m/(m·℃) | 11.24×10-6 | |
| 弹性模量*E*  MPa | 1.7×105 | |
| 布氏硬度 | ≤230 HBW | ≤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。

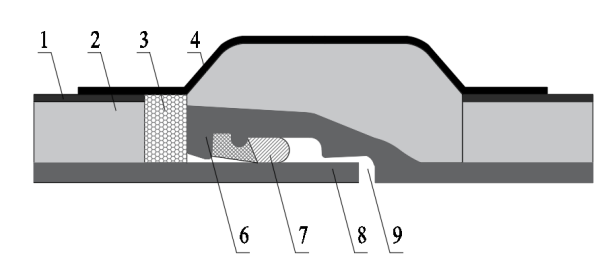
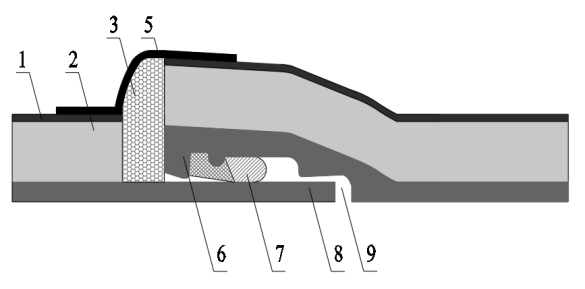
**4.3.4** 密封圈配套使用的安装用润滑油（脂）不应影响密封圈的性能。

**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。

a)平直保温结构接口部位 b)异形保温结构接口部位

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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.4.3-1） |
|  |  | （5.4.3-2） |
|  |  | （5.4.3-3） |
|  |  | （5.4.3-4） |
|  |  | （5.4.3-5） |
|  |  | （5.4.3-6） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| *qs* | ——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(℃)； |
| *t*r | ——设计回水温度(℃)； |
| *t*e | ——管道中心线的自然地温(℃)，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*l | ——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：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.4-1） |
| **1** 当供热管道直径小于DN1200时，满足: |  |
|  | （5.4.4-2） |
| **2** 当供热管道直径大于DN1200时，满足： | （5.4.4-3） |
|  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.4.5-1） |
|  |  | （5.4.5-2） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| △*T*s | ——供水管道沿程温降(℃/km)； |
| △*T*r | ——回水管道沿程温降(℃/km)； |
| *c*p | ——水的比热容[kJ/(kg·℃)]； |
| *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式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.5.5-1） |

1 管道沿程压力损失：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.5.5-2） |
|  |  | （5.5.5-3） |

2 管道局部压力损失：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （5.5.5-4） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| △*P* | ——管道设计压力损失(Pa)； |
| △*P*y | ——管道沿程损失(Pa)； |
| △*P*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)； |
| ∑ζ | ——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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （6.2.1-1） |
|  |  | （6.2.1-2） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| [*σ*] | ——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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （6.2.3） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| *σ*t | ——管道内压引起的环向应力(MPa)； |
| [*σ*] | ——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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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)； |
| [*σ*] | ——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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （6.3.2-1） |
|  |  | （6.3.2-2） |
|  |  | （6.3.2-3） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| Δ*X* | ——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,o | ——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式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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,o | ——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式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （6.3.4） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： | |
| *qsv* | ——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2α+30°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。

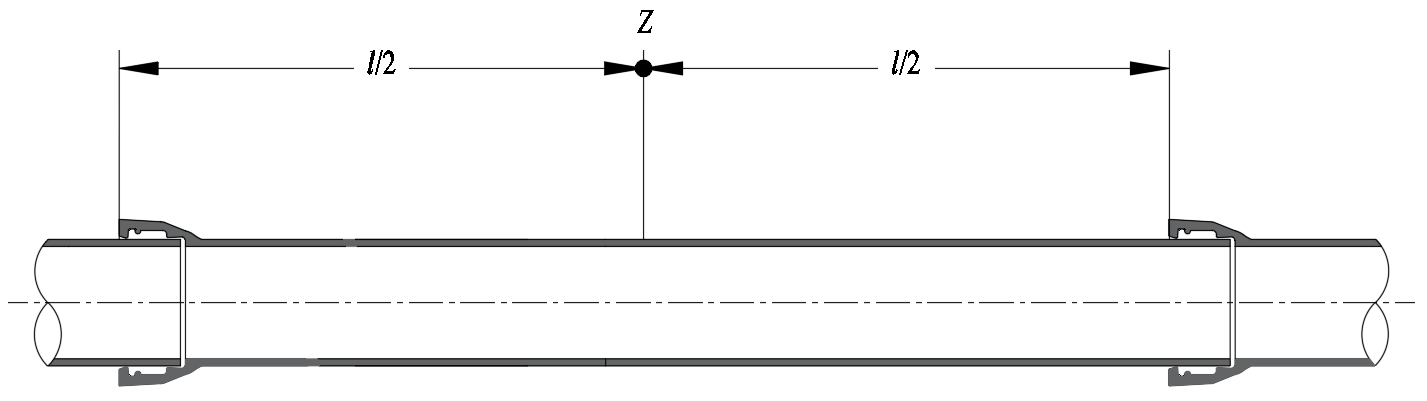


图6.5.1工作管驻点位置

**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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （6.5.2） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： | |
| Δ*l* | ——管道的热伸长量(m)； |
| *α* | ——球墨铸铁的线膨胀系数[m/(m·℃)]； |
| *t*s | ——设计供水温度(℃)； |
| *t*o | ——管道计算安装温度(℃)，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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （7.2.4-1） |
|  |  | （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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （7.2.5-1） |

2 垂直向上弯管固定墩滑动平面上摩擦力

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （7.2.5-2） |

3 垂直向下弯管固定墩滑动平面上摩擦力

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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(m3)； |
| *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。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （7.4.2-1） |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （7.4.3-1） |

2 当管道中心线位于地下水位以下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （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：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （7.4.4-1） |
|  |  | （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和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 沟槽底宽度可按下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （8.2.6） |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： |  |
| *a* | ——沟槽底宽度(m)； |
| *D*3,o | ——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，杜绝管道在吊装过程的损坏。

3 将管道吊入沟槽底部，并将管道按承口朝向相同的方式沿沟槽摆放。

4 清理管道承口与插口，承口、插口内不得有影响接口密封性能的异物（如沙、石块、泥土等）。

**8.3.4** 预制保温球墨铸铁管道安装包括密封圈安装、密封圈和插口润滑、接口连接及检查，具体安装方法及要求应符合附录M的相关规定。

**8.3.5** 预制保温球墨铸铁热力管的管件安装应符合以下规定：

1 采用柔性接口或自锚接口的管件接口安装应符合本规程8.3.4，采用法兰接口的管件安装应符合国家现行标准的相关规定。

2 采用柔性接口的管件（弯头、三通、异径管、盲端等），管件的受力板应与固定墩充分接触，以保护保温层不被破坏。

3 浇铸固定墩前应将管件固定，浇铸时不得直接冲撞管件、受力板。

**8.3.6** 预制保温球墨铸铁热力管的附件安装可采用以下两种方法：

1 先将钢制阀门、分支三通、放气装置、泄水装置等附件的两端与过渡钢管焊接，过渡钢管与球墨铸铁管承口（或承套）进行承插连接。

2 先将钢制阀门、分支三通、放气装置、泄水装置等附件的两端与法兰盘焊接，与球墨铸铁管的盘承或盘插之间进行法兰连接。

**8.3.7** 预制保温球墨铸铁管道接口的保温补口处理应符合以下规定：

1 接口保温处理应在接口严密性试验合格后进行；

2 接口保温材料应保持干燥，若被水浸泡，应清除被浸湿的保温层后方可进行保温；

3 对于平直保温结构管道的接口保温，应先在承口与插口保温层端面之间安装弹性耐高温保温圈，再将接口热熔套与两侧管道的外护层熔接（热熔搭接部分长度不应小于100mm），并进行100％的气密性检验，气密性检验的压力为0.02MPa，保压时间不应小于2min，压力稳定后应采用涂抹肥皂水的方法检查，无气泡为合格，最后灌注硬质聚氨酯泡沫塑料完成接口保温；

4 对于异型保温结构管道的接口保温，应先在承口保温层端面与插口保温层端面之间安装弹性耐高温保温圈，再采用橡胶套或热缩性聚乙烯套与两侧管道外护层连接。

**8.4 回填**

**8.4.1** 沟槽、检查室的主体结构施工完成并经隐蔽工程验收合格及测量定位后应及时进行回填。

**8.4.2** 沟槽回填使用的材料及要求应根据现场情况和设计要求选择，并符合下列规定：

1 采用柔性接口的管道在2α+30°以下应采用中砂回填，2α+30°以上可采用素土或原土回填。

2 采用自锚接口的管道应采用中砂回填，回填高度不应小于管顶以上200mm。

3 管顶以上500 mm范围内，土壤中不应含有机物、淤泥、冻土以及大于50 mm的砖、石等硬块。

4 当采用膨胀土等特殊地质土回填时，应符合国家相关标准的技术要求。

**8.4.3** 沟槽回填过程及方式应符合下列规定：

1 管道接口严密性试验前，管道两侧及管顶以上回填高度不小于0.5m，预留接口位置不回填，管道接口严密性试验合格后，应及时回填沟槽其余部分。

2 沟槽回填时宜从管道两侧同时回填，同时夯实，并防止回填土冲击管道发生横向偏移。

3 当地下水位较高时，应采取防止管道上浮的措施。

**8.4.4** 沟槽回填压实应不得影响管道和结构的安全，管顶或结构顶以上500mm范围内应采用人工夯实，不得采用动力夯实或压路机夯实。

**8.4.5** 沟槽回填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。

9 试验及验收

**9.1 功能性试验**

**9.1.1** 预制保温球墨铸铁管道在安装完成后，应进行功能性试验，包括管道接口严密性试验和管线严密性试验，管道接口严密性试验应在管道安装完成后、接口保温补口处理前进行，管线严密性试验应在回填完成后进行。

**9.1.2** 管道接口严密性试验压力应为0.8MPa，管线严密性试验压力应为设计压力的1.25倍，且不得低于0.6MPa。

**9.1.3** 供、回水管线应分别进行功能性试验，试验段两端应充分利用既有固定结构（固定墩、阀门井等）满足功能性实验的稳定性要求，当不满足要求时，应加装临时固定措施。

**9.1.4** 管道接口严密性试验应符合下列规定：

1 管道附属设备已按要求紧固、锚固合格，管件处设置的固定墩混凝土强度已达到设计要求。

2 应对管道进行部分回填，管身位置两侧及管顶以上回填高度应不小于0.5m，管道接口、附近等位置不回填。

3 管道注水应采用清洁水，并将管道中的空气排尽。

4 试验管道注满水后，内壁打磨的管道可在常压条件下检查接口、附件等位置有无渗漏现象，涂装内衬的管道应充分浸泡24h后再进行检查，合格后方可提升管道内水压力。

5 将试验段内水压力提升至试验压力并稳压30min，检查接口、附件等位置无渗漏现象，则接口严密性实验合格。

6 接口严密性实验合格后应尽快完成接口保温处理与沟槽回填。

**9.1.5** 管线整体严密性试验应符合下列规定：

1 沟槽回填完成后，将试验段内水压力提升至试验压力，检查附件及设备等无渗漏。

2 对于一级供热管网和长输供热管线，稳压时间1h，前后压降不大于0.05MPa，对于二级供热管网，稳压时间30min，前后压降不大于0.05MPa，则管线严密性实验合格。

3 管线整体严密性试验完成后应及时排尽管道内积水，拆除用临时加固措施。

**9.1.6** 功能性试验过程中发现渗漏时，严禁带压处理，应对渗漏点进行标记，待管道泄压后再进行修复，并重新进行功能性试验。

**9.2 管道清洗**

**9.2.1** 管道清洗应在功能性实验合格后，管道试运行前进行，清洗方式宜采用水力冲洗，对于大口径管道，当冲洗水量不能满足要求时，宜采用人工清洗或密闭循环的水力冲洗方式。

**9.2.2** 管道清洗应符合下列规定：

1 管道清洗宜采用清洁水。

2 不与管道同时清洗的设备、容器及仪表应与清洗管道隔离或拆除。

3 清洗进水管道的截面积不应小于被清洗管道截面积的50％，清洗排水管截面积不应小于进水管截面积，排放水应引入可靠的排水井或排水沟内。

4 管道清洗前应将管道充满水并浸泡，冲洗的水流方向应与设计介质流向一致，清洗宜按主干线-支干线-支线顺序进行，排水时，应先打开高点排气装置，不得形成负压。

5 管道清洗应连续进行，并应逐渐增加管内流量，管内平均流速不应低于 1m/s。

6 管道冲洗过程中应观察排出水的清洁度，当排出水中固形物的含量接近或等于冲洗用水中固形物的含量时，清洗合格。

**9.2.3** 管道清洗完成后，应在分项工程、分部工程验收合格的基础上进行单位工程验收，并符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》 CJJ28的相关规定。

**9.3 试运行**

**9.3.1** 试运行应在功能性实验、管道清洗、单位工程验收合格后，同时在热源具备供热条件下进行。

**9.3.2** 试运行前应编制试运行方案，对试运行各个阶段的任务、方法、步骤、指挥等各方面的协调配合及应急措施均应作详细的安排。在环境温度低于5℃时，应制定可靠的防冻措施，试运行方案应由建设单位、设计单位和监理单位审查同意并进行交底。

**9.3.3** 试运行应有完善、可靠的通信系统及其他安全保障措施。

**9.3.4** 试运行的实施应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28的相关规定。

**9.3.5** 当试运行期间发现不影响运行安全和试运行效果的问题，可待试运行结束后进行处理，否则应停止试运行，并应在降温、降压后进行处理。

**9.4 施工验收**

**9.4.1** 施工验收应在单位工程验收和试运行合格后进行。

**9.4.2** 施工验收应按照现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T81和《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28的相关规定执行。

10 运行与维护

**10.1 维护与检修**

**10.1.1** 预制保温球墨铸铁管道的维护与检修应制定相应的管理制度、岗位责任制、安全操作规程、设施和设备维护保养手册及事故应急预案，并应定期进行修订。

**10.1.2** 维护与检修人员应掌握预制保温球墨铸铁管道系统维护、检修的技术指标及要求，维护与检修人员应定期培训，考核合格后持证上岗。

**10.1.3** 非运行期间，应对管道系统充水保养，阀门等附件与设施需定期保养。

**10.1.4** 非全年运行管道，运行前应对管道系统保压、渗漏情况进行检查。

**10.1.5** 维护检修的安全措施应符合下列规定：

1 检修管线应与供热管网断开。

2 检查室井口应设置围栏，采取防坠落措施，并应有专人监护。

3 不得将重量加载至供热管道或其他管道上。

4 检修电源、供电线路及用电设备应检查合格，且应由专人监管。

5 当检修环境温度大于40℃时，应有降温措施。

6 管道安装使用的材料、设备资料应齐全。

**10.1.6** 检查室和管沟等有限空间内的维护检修作业应符合下列规定：

1 有限空间作业前应制定有限空间作业应急救援预案，作业前必须进行危险气体和温度检测，合格后方可进入现场作业。

2 作业时应进行围档，并设置提示和安全标志，夜间作业时还应设置警示灯。

3 严禁使用明火照明，照明用电电压不得大于36V；管道内作业时，临时照明用电电压不得大于24V；有人员在检查室和管沟内作业时，严禁使用潜水泵等其他用电设备。

4 地面上必须有监护人员，并应与有限空间内的作业人员保持联络畅通；严禁在有限空间内休息。

**10.1.7** 预制保温球墨铸铁管道的维护与检修除应符合现行行业标准《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ/T88的相关规定外，还应符合下列规定：

1 维护与检修人员应按巡检方案巡视检查供热管线及附属设施，并进行记录。

2 当供热系统出现降压、温度变化较大及管道失水量大等异常情况时，应立即进行全网巡检，查明故障并维修。

3 巡检发现施工占压或可能损坏供热管道及附属设施时，应及时处理。

4 管道严重泄露或破裂危及供热运行时，应立即采取紧急措施，设置安全警戒区和警示标志并及时报告相关部门。

5 应根据抢修时间长短，做好管网系统防冻措施。

6 当有其他管线在预制保温球墨铸铁管道上下或侧面进行开槽施工时，应及时告知建设单位采取保护措施。

**10.1.8** 维护与检修应配备发电机、焊接设备、排水设备、降温通风设备、照明器材、安全防护器材、备品备件（包括例如承套等管件、胶圈）、 起吊工具等。

**10.2 运行数据监测**

**10.2.1** 供热管网应建立集中监控系统。监控系统应具备以下功能：

1 应能完成热网关键节点运行参数的集中监测、显示及储存，具备热网传输能耗分析功能，实现优化调度。

2 应根据供热管网运行参数，建立管网运行实时水压图。

3 应根据供热管网泄漏监测系统，实时显示管网运行外护层表面温度。

**10.2.2** 供热管网在关键节点应对管网运行参数进行监测。监测参数包括但不限于：

1 供、回水管道温度、压力、流量（热量）参数、泄漏状态等。

2 热源供热量、补水量、水泵耗电量。

3 室外环境参数测量，包括：温度、湿度等。

**10.2.3** 监控系统仪器仪表选型应根据工艺过程、仪表特性、压力等级、测量范围、准确度等因素综合考虑，仪器仪表等级、精度应符合现行国家标准《工业过程测量和控制检测仪表和显示仪表精确度等级》GB/T 13283的有关规定。

**10.2.4** 热网运行参数应由监控中心统一调度，供热参数应根据室外气象条件及热网供热调节曲线确定。

**10.2.5** 一次网及长输供热管网上应设置泄露监测系统，宜采用分布式光纤监测系统。泄露监测系统应用管网的设计、施工、验收及运行各阶段同步进行。泄露监测系统应符合现行行业标准《直埋供热管道光纤监测系统技术条件》T/CDHA11。

**10.3 事故分析及应对措施**

**10.3.1** 针对供热管网系统可能发生的各类故障，提前制定故障应急预案，该预案应包括故障内容、故障报警、处理措施、故障恢复等。

**10.3.2** 系统发生故障后，应按照不影响供热的原则处理，对必须停热抢修的故障，应尽量缩短停热时间。

**10.3.3** 系统故障处理应符合下列规定：

1 循环水泵故障时，根据联锁控制策略要求，对不同故障泵组和故障数量执行相应的联锁操作。

2 当供热管网出现泄漏时，应及时启动系统的补水装置，查找漏点，必要时启动降频操作或停泵操作。

3 当供热管网自控系统故障时，系统应自动将水泵、电动阀门等远程设备控制权切至就地操作。

4 因系统故障需执行紧急降频操作时，在故障工况允许的情况下，应适当降频运行。

**10.4 节能运行**

**10.4.1** 预制保温球墨铸铁管道的节能运行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。

**10.4.2** 预制保温球墨铸铁管道设计工况下沿程温度降不应大于0.1℃/km。

**10.4.3** 热网循环泵单位输热耗电量不应高于规定值的1.1倍，长输供热管线全运行周期每100km 输热电耗宜小于4kWh/GJ。

**10.4.4** 供热系统平均补水率应符合下列规定：

1 间接连接热力管网的热源补水率不应大于0.5%。

2 直接连接热力管网的热源补水率不应大于2%。

3 当二级供热管网设计供回水温差大于15℃时，热网子站（或热源）补水率不应大于1%。

4 当街区供热管道设计供回水温差小于或等于15℃时，热网子站（或热源）补水率不应大于0.3%。

**10.4.5** 供热管线确定热水管道管径时，应采用经济比摩阻。经济比摩阻宜根据工程具体条件确定。当不具备技术经济比较条件时，标准工况下比摩阻可按下列经验值确定：

1 长输管线20 Pa/m ~50 Pa/m。

2 一级网主干线30Pa/m~70Pa/m。

3 二级网主干线60 Pa/m~100Pa/m。

**10.4.6** 供热管网水利工况应符合下列规定：

1 热源、热网子站的循环流量不应大于规定流量的1.1倍。

2 热力管网水利平衡度应在0.9~1.1范围内。

3 热源、热网子站出口供回水温差不宜小于调节曲线规定供回水温差的0.8倍。

附录A 常用压力等级的允许工作压力和工作管公称壁厚

**A.0.1** 表A.0.1给出了常用压力等级的允许工作压力。

表A.0.1 常用压力等级的允许工作压力 单位(MPA)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 压力等级 | 允许工作压力PFA | | 最大允许工作压力PMA | | 最大允许试验压力PEA | |
| 设计温度不高于80℃a | 设计温度130℃b | 设计温度不高于80℃ | 设计温度130℃ | 设计温度不高于80℃ | 设计温度130℃ |
| C25 | 2.50 | 2.30 | 3.00 | 2.76 | 3.50 | 3.26 |
| C30 | 3.00 | 2.76 | 3.60 | 3.31 | 4.10 | 3.81 |
| C40 | 4.00 | 3.68 | 4.80 | 4.41 | 5.30 | 4.91 |
| a按照球墨铸铁的最小抗拉强度为420MPa计算得出。  b按照球墨铸铁的最小抗拉强度为386MPa计算得出。 | | | | | | |

**A.0.2** 表A.0.2给出了不同设计压力、设计温度条件下的推荐压力等级和工作管公称壁厚。

表A.0.2 推荐压力等级和工作管公称壁厚

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 公称直径  DN | 公称外径  *D*1,ma(mm) | 设计压力≤1.6MPa，设计温度≤130℃ | | 设计压力≤ 2.5MPa，设计温度≤130℃ | |
| 压力等级 | 公称壁厚  enom(mm) | 压力等级 | 公称壁厚  enom(mm) |
| 100 | 118 | C40 | 4.4 | C40 | 4.4 |
| 125 | 144 | C40 | 4.5 | C40 | 4.5 |
| 150 | 170 | C40 | 4.5 | C40 | 4.5 |
| 200 | 222 | C40 | 4.7 | C40 | 4.7 |
| 250 | 274 | C40 | 5.5 | C40 | 5.5 |
| 300 | 326 | C40 | 6.2 | C40 | 6.2 |
| 350 | 378 | C30 | 6.3d | C30 | 6.3d |
| 400 | 429 | C30 | 6.5d | C30 | 6.5d |
| 450 | 480 | C30 | 6.9 | C30 | 6.9 |
| 500 | 532 | C30 | 7.5 | C30 | 7.5 |
| 600 | 635 | C30 | 8.7 | C30 | 8.7 |
| 700 | 738 | C25 | 8.8d | C30 | 9.9 |
| 800 | 842 | C25 | 9.6 | C30 | 11.1 |
| 900 | 945 | C25 | 10.6 | C30 | 12.3 |
| 1000 | 1048 | C25 | 11.6 | C30 | 13.4 |
| 1100 | 1152 | C25 | 12.6 | C30 | 14.7 |
| 1200 | 1255 | C25 | 13.6 | C30 | 15.8 |
| 1400 | 1462 | C25 | 15.7 | C30 | 18.2 |
| 1500 | 1565 | C25 | 16.7 | C30 | 19.4 |
| 1600 | 1668 | C25 | 17.7 | C30 | 20.6 |
| 1. 正公差为＋1mm。正公差为＋1mm。 2. 按照抗拉强度*R*m=420MPa计算得出。 3. 按照抗拉强度Rm=386MPa计算得出。 4. 为了保证C40与C30以及C30与C25之间的平滑过渡，比计算值略大。 | | | | | |

附录B 常用管件型式及技术要求

**B.0.1** 预制保温球墨铸铁管道的管件应符合下列规定：

1 管件包括弯头、三通、异径管、承套、盘承、盘插等，宜为球墨铸铁整体浇铸形成，也可使用钢制材料。管线跨越连接可采用钢制的刚性连接管件。钢制管件性能应满足现行标准的相关要求。

2 球墨铸铁管件接口应为滑入式柔性接口，可使用法兰管件，包括：盘承、盘承、盲板法兰盘等，法兰盘应符合现行国家标准《整体铸铁法兰》GB/T 17241.6的相关规定。

3 管件的规格尺寸（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。

**B.0.2** 弯头的型式：

1 弯头的角度包括： 90°(1/4)、45°(1/8)、22°30′(1/16)和11°15′(1/32)。

2 弯头两端接口类型包括：双承口接口、承插接口。

**B.0.3** 三通的型式：

1 三通的种类包括：全承三通、承插单支承三通、双承单支盘三通、承插单支盘三通。

2 三通接口类型包括：承口、插口、法兰盘。

**B.0.4** 异径管的型式：

1 双承异径。

2 承插异径。

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

**C.0.1** 涂层温度压力循环式稳定性型式试验应选用DN200或DN400涂装内衬的球墨铸铁工作管为试验管，长度不应小于1m。

**C.0.2** 涂层温度压力循环式稳定性型式试验步骤应符合下列规定：

1 将试验管内注满水并将气体排出，浸泡24h。

2 对试验管内的水进行加热、加压，使水温达到130℃以上，内水压力达到2.5MPa，加热、加压的时间不应超过2h。

3 将试验管内的水温控制在130℃~140℃范围内，水压控制在2.5MPa及以上，保持2h。

4 向试验管道内注入冷水或采用其他方式，将试验管均匀缓慢降温至室温，降温和降压时间不宜低于0.5h，试验管道内压力降至常压状态后，保持2h。

5 记录循环次数，试验结束后观察内衬是否出现脱落、空鼓等缺陷。

**C.0.3** 试验循环次数不低于100次，试验后的防腐层不应出现脱落、空鼓等缺陷。

**C.0.4** 如果同种防腐层已通过验证，只需在涂覆工艺或防腐层材料发生改变时进行型式试验。

附录D 密封圈材料性能

**D.0.1** 密封圈材料根据其标称硬度进行分类，各个级别的技术要求见表D.0.1。

表D.0.1 密封圈材料性能指标

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 性能 | 单位 | 试验方法 | 各硬度等级性能要求 | | | | |
| 密封部位 | | | 支撑部位 | |
| 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 1 | 标称硬度允许公差 | IRHD | GB/T 6031 | ±5 | ±5 | ±5 | ±5 | ±5 |
| 2 | 拉伸强度，最小 | MPa | GB/T 528 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 3 | 拉断伸长率，最小 | % | GB/T 528 | 250 | 200 | 150 | 100 | 100 |
| 4 | 撕裂强度，最小 | N | GB/T 12829 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 5 | 蒸馏水中压缩永久变形（压缩率为25%和最大设计值a），最大  ——23℃，72h  ——140℃，24h  ——130℃，10000hb | %  %  % | GB/T 7759.1  GB/T 7759.1  GB/T 7759.1 | 15  20  50 | 15  20  50 | 15  20  50 | —  — | —  — |
| 6 | 蒸馏水中老化，140℃，7天，  ——硬度变化，最大  ——拉伸强度变化率，最大  ——拉断伸长率变化率，最大 | IRHD  %  % | GB/T 1690  GB/T 6031  GB/T 528  GB/T 528 | +8/-5  -20  -30 | +8/-5  -20  -30 | +8/-5  -20  -30 | +8/-5  -20  -30 | +8/-5  -20  -30 |
| 7 | 蒸馏水中应力松弛（压缩率为25%和最大设计值a）最大  ——23℃×7天  ——140℃×7天  ——140℃×28天 | %  %  % | GB/T 1685  GB/T 1685  GB/T 1685 | 15  30  55 | 15  30  55 | 15  30  55 | —  —  — | —  —  — |
| 8 | 蒸馏水中的体积变化  140℃×14天 | % | GB/T 1690 | +8/-1 | +8/-1 | +8/-1 | — | — |
| 9 | 耐臭氧 | — | GB/T 7762 | 目视无龟裂 | 目视无龟裂 | 目视无龟裂 | 目视无龟裂 | 目视无龟裂 |
| 10 | 按蒸馏水中压缩永久变形进行的寿命预测  压缩率：25%和最大设计值a  温度：设置5个温度等级，并包括130℃，温度等级间隔为10℃；  10000小时；  剩余压缩永久变形临界值：0.3 | 年 | GB/T 27800  或  GB/T 20028 | ≥30 | ≥30 | ≥30 | — | — |
| 对于如压缩永久变形等基于压缩方式的橡胶性能试验，如在试验时出现材料碎裂、炭黑析出等现象，则认定试验失败。 | | | | | | | | |
| 1. 最大设计值与接口设计有关，如缺少相关数据，可按42%选取。 2. 仅按照压缩率为最大设计值进行试验，该试验为型式试验，不作为日常检验项目。一般无需单独开展该试验，寿命预测试验中130℃10000h后的压缩永久变形值可等同视为该试验的结果。 | | | | | | | | |

**D.0.2** 检验规则应符合ISO 9631附录C中C.0.1和C.0.3的规定，日常控制检验项目应包括拉伸强度，拉断伸长率，蒸馏水中压缩永久变形(72h和24h)，标称硬度。如供需双方协商一致，日常控制检验项目中可以用热空气中压缩永久变形（72h和24h）代替蒸馏水中压缩永久变形（72h和24h），但性能要求应符合表D.0.1的要求。

附录E 往复位移型式试验

**E.0.1** 试验应在组装的承套和管上进行，管的公称直径为DN200或DN400，并符合以下要求：

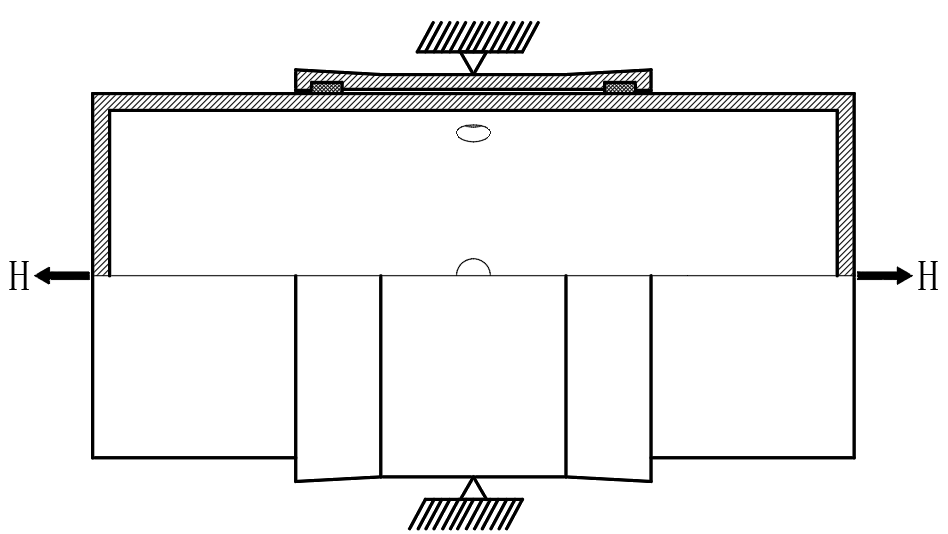
1 试验管内部注满水，将气体排出，中部管壁上有多孔，确保承套与管之间形成的空腔充满水。

2 承套的两个承口密封面的尺寸应分别处于上限和下限，管的外径尺寸应为DE公称值（公差为±1mm），实际径向间隙与设计径向间隙的差应小于设计径向间隙的5%或0.5mm（取较小者）。

3 往复位移试验过程中，采用合适的方式对管道内的水进行加压和加热，水温应不低于130℃，试验压力应不小于2.5MPa。

4 往复位移试验的一个周期包括：向两侧分别进行相对位移各一次，每次位移H不小于10mm，位移速率不小于1mm/min，每次接口位移后的停留时间不小于10 min。

5 记录循环次数，如果接口出现可见渗漏，试验应终止。



图E.0.1 往复位移下接口密封

**E.0.2** 经过100个循环周期后，接口不应有可见渗漏。

**E.0.3** 如果接口已通过验证，只需在对接口性能有不利影响的重大设计改变时再进行。

附录F 坡道敷设管线的稳定性措施

**F.0.1** 下图给出了坡道敷设管线时（坡度大于20%），采用固定支座来固定管道的方法。



a)侧视图



b)剖视图

附录G 阀门盲板力的克服措施

**G.0.1** 下图给出了利用检查室的一侧构筑墙设置止推结构，克服阀门盲板力的方法。



a)俯视图



b)侧视图

附录H 各地区最冷月平均土壤自然温度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 深度 (m) | 自然地温月平均值(℃) | | | | | | | | | | | |
| 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10月 | 11月 | 12月 |
| 北京 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -5.3 2.6 7.4 12.7 | -1.5 1.7 5.6 11.0 | 5.8 3.6 5.4 9.8 | 16.1 9.4 8.0 9.5 | 23.7 15.1 11.9 10.4 | 28.2 20.2 15.6 12.1 | 29.1 22.8 18.6 13.9 | 27.0 23.9 21.0 16.3 | 21.5 21.5 20.6 17.3 | 13.1 16.9 18.3 17.3 | 3.5 11.2 14.7 16.4 | -3.6 5.6 10.6 14.8 |
| 上海 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 4.4 9.7 13.2 17.2 | 6.2 8.9 11.4 15.8 | 9.5 10.2 11.4 14.8 | 15.2 13.4 12.8 14.4 | 20.2 16.7 15.2 14.8 | 25.1 20.3 17.7 15.5 | 30.4 24.2 20.7 16.7 | 29.9 25.9 22.9 18.2 | 25.0 25.0 23.4 19.4 | 18.9 21.5 21.9 19.9 | 12.8 17.5 19.4 19.7 | 6.7 13.0 16.2 18.8 |
| 天津 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -5.0 3.3 8.1 12.9 | -1.0 2.3 6.2 11.3 | 5.8 4.5 6.3 10.1 | 16.2 10.3 8.9 9.8 | 23.2 15.5 12.5 10.6 | 28.0 19.9 16.1 12.0 | 29.4 23.0 18.9 13.7 | 27.2 23.9 20.6 15.2 | 22.4 21.9 20.4 16.3 | 13.5 17.8 18.7 16.7 | 4.0 12.4 15.6 16.2 | -2.4 7.3 11.7 14.8 |
| 哈尔滨 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -20.8 -4.3 2.0 6.0 | -15.4 -4.8 0.3 4.7 | -4.8 -2.9 -0.2 3.0 | 6.9 -0.6 0.1 2.4 | 16.8 2.4 0.2 2.1 | 23.2 9.7 3.1 2.1 | 25.9 15.1 8.8 4.0 | 24.1 17.3 12.2 6.6 | 15.7 15.4 12.9 8.5 | 5.9 10.4 11.1 9.2 | -6.2 4.8 7.9 8.6 | -16.7 0.3 4.5 7.3 |
| 长春 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -17.3 -1.3 3.3 7.2 | -12.7 -2.0 1.6 5.8 | -3.7 -1.0 1.0 4.7 | 7.4 0.0 1.0 4.0 | 16.7 5.2 2.5 3.8 | 22.7 12.2 7.3 4.6 | 26.0 17.1 11.5 6.5 | 23.7 18.9 14.5 8.6 | 16.3 16.7 14.6 10.2 | 7.2 12.1 12.7 10.6 | -4.0 6.4 9.4 10.1 | -13.5 2.1 6.1 8.8 |
| 沈阳 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -12.5 1.0 5.0 9.2 | -7.8 -0.7 3.2 7.8 | -0.1 -0.6 2.3 6.8 | 9.8 0.9 2.6 6.2 | 48.2 7.8 5.4 6.3 | 23.9 14.5 10.6 7.9 | 26.9 18.8 14.5 10.0 | 25.7 20.7 17.2 12.4 | 18.5 18.6 17.3 14.0 | 9.6 3.8 14.8 14.1 | -0.6 8.3 11.3 12.9 | -9.4 3.9 7.6 11.0 |
| 石家庄 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -3.5 3.4 8.0 13.9 | 0.2 3.5 6.5 12.1 | 85 7.0 7.5 11.2 | 18.1 12.9 11.1 11.4 | 24.5 18.2 15.2 12.7 | 28.8 22.8 19.0 14.4 | 29.7  25.6 22.0 16.3 | 27.6 25.6 23.5 18.1 | 23 4 23.1 22.7 18.1 | 4.9 18.2 20.2 18.9 | 5.1 11.9 11.1 17.8 | -2.0 6.5 11.6 16.0 |
| 呼和 浩特 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -12.8 1.3 4.1 7.8 | -7.9 0.6 2.6 6.5 | 1.8 0.9 1.9 5.4 | 9.9 1.4 1.7 4.6 | 18.4 8.3 4.6 4.6 | 24.4 14.2 9.1 6.0 | 26.5 17.6 12.1 7.8 | 23.6 18.7 14.2 9.5 | 16.5 16.8 14.1 10.8 | 7.9 12.9 12.5 11.3 | -2.4 7.8 9.6 10.8 | -10.7 3.8 6.5 9.5 |
| 西安 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -0.6 4.6 8.9 14.4 | 3.6 5.0 7.6 12.8 | 10.4 84 8.7 11.9 | 17.6 12.9 11.3 12.0 | 22.4 17.0 4.4 12.9 | 28.8 21.4 17.7 4.3 | 30.5 24.2 20.5 15.9 | 2&.6 26.1 22.4 17.7 | 22.8 12.6 21.9 18.8 | 15.3 18.5 19.8 18.9 | 7.4 13.2 16.5 18.1 | 0.6 8.2 12.3 16.3 |
| 银川 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -9.4 1.7 5.6 10.1 | -3.8 0.4 3.9 86 | 4.4 1.4 3.4 7.4 | 12.8 6.5 5.3 6.9 | 20.6 11.9 8.8 7.6 | 27.1 16.8 12.4 9.1 | 30.2 20.1 15.4 10.9 | 26.9 20.9 17.3 12.6 | 20.0 19.4 17.4 13.8 | 10.3 15.5 15.9 14.2 | -0.2 9.5 32.5 13.6 | -5.9 4.3 8.5 12.1 |
| 西宁 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -8.2 -0.7 3.4 7.9 | -2.5 -0.9 1.9 6.4 | 6.1 2.0 2.5 5.6 | 12.2 7.1 5.3 5.8 | 16.6 11.4 8.8 7.0 | 21.1 15.0 11.5 8.4 | 22.2 17.0 13.7 9.8 | 20.0 17.1 14.8 11.0 | 15.9 15.4 14.4 11.7 | 8.6 12.0 12.8 11.7 | 0.6 6.8 9.7 11.0 | -5.8 2.5 6.3 9.7 |
| 兰州 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -7.4 1.4 6.2 10.7 | -1.0 -0.7 4.6 9.2 | 7.9 4.4 5.1 8.3 | 16.3 10.6 8.4 8.5 | 20.5 14.4 11.4 9.7 | 25.7 18.1 14.0 11.0 | 27.3 20.9 16.5 12.3 | 24.3 21.1 17.9 13.8 | 19.5 19.1 17.6 14.6 | 10.8 15.1 15.9 14.7 | 2.0 9.4 12.6 13.9 | -6.2 4.1 8.9 12.5 |
| 乌鲁 木齐 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -18.3 -0.1 4.6 8.8 | -12.7 -0.7 3.2 7.3 | -3.0 0.4 2.7 6.1 | 10.4 5.0 4.3 5.6 | 17.5 10.5 7.6 6.4 | 24.2 15.2 11.1 7.9 | 27.2 18.4 14.0 9.9 | 24.8 19.1 16.1 11.9 | 17.9 17.0 16.1 13.1 | 7.7 12.7 14.0 13.2 | -3.8 7.0 10.7 12.7 | -12.4 2.8 7.4 1.0 |
| 济南 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -1.8 5.1 10.7 16.1 | 1.5 4.8 9.4 14.4 | 83 7.6 10.1 13.5 | 17.7 13 5 12.5 13.5 | 24.9 19.0 16.6 14.7 | 29.5 23.0 20.5 16.6 | 30.3 26.0 22.8 18.5 | 28.8 26.4 24.5 19.9 | 24.2 23.9 23.9 20.9 | 16.6 20.1 21.3 20.7 | 7.4 14.8 8.3 19.7 | 0.3 8.8 15.2 18.3 |
| 南京 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 2.7 8.8 12.6 16.9 | 4.6 8.2 10.8 15.3 | 10.2 9.9 11.0 14.2 | 16.2 13.7 12.9 14.0 | 21.1 17.3 15.5 14.6 | 27.7 21.5 18.5 15.7 | 32.6 25.0 21.4 17.2 | 31.4 26.7 23.7 18.8 | 24.7 25.3 24.0 20.1 | 18.4 21.6 22.1 20.5 | 11.2 17.2 19.3 20.0 | 5.4 12.3 15.7 18.6 |
| 蚌埠 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 1.7 7.7 12.0 16.5 | 5.8 8.2 10.7 15.0 | 11.5 10.4 11.5 14.1 | 17.5 13.3 12.8 14.0 | 22.9 16.9 15.1 14.5 | 30.1 21.3 18.0 15.5 | 33.5 24.7 21.0 17.0 | 32.1 25.5 22.7 18.6 | 26.0 24.1 22.0 19.7 | 17.8 21.1 21.6 20.0 | 10.0 16.1 18.6 19.5 | 4.2 10.4 15.3 18.2 |
| 杭州 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 4.8 10.1 13.9 18.2 | 6.5 9.3 12.1 16.8 | 11.5 11.3 12.1 5.6 | 17.6 14.8 13.9 15.2 | 21.0 18.1 16.4 15.7 | 27.3 21.9 19.1 16.6 | 33.9 25.7 22.1 18.0 | 30.8 27.0 24.2 19.5 | 25.1 25.6 24.4 20.8 | 19.0 22.2 22.7 21.2 | 12.7 181 20.2 20.8 | 7.4 13.6 16.9 19.8 |
| 南昌 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 5.4 10.9 15.1 19.0 | 7.5 10.4 13.3 17.3 | 12.5 12.5 13.5 16.3 | 18.7 16.4 15.4 16.2 | 22.5 19.5 18.0 17.0 | 29.2 23.9 20.9 18.3 | 35 28.1 24.0 20.1 | 33.4 29.2 26 21.9 | 29.3 27.6 26.0 23.0 | 21.3 23.7 24.2 23.3 | 14.3 18.9 21.5 22.6 | 8.3 14.5 18.2 21.1 |
| 郑州 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -0.4 6.1 10.2 14.7 | 4.0 6.4 9.0 13.2 | 8.6 8.6 9.6 12.4 | 17.4 12.8 11.6 12.4 | 24.2 17.5 14.8 13.3 | 29.5 22.2 18.4 14.9 | 30.4 24.6 21.0 16.6 | 28.3 25.3 22.6 18.3 | 24.0 23.4 22.3 19.3 | 16.1 19.6 20.4 19.3 | 7.8 14.3 17.1 18.8 | 2.1 9.5 13.4 16.8 |
| 武汉 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 3.0 10.0 14.3 18.3 | 6.6 9.3 12.4 16.9 | 11.7 11.0 12.3 15.9 | 18.6 14.6 13.9 15.5 | 22.5 17.8 16.1 15.7 | 29.5 21.9 18.7 16.4 | 34.0 25.0 21.4 17.5 | 33.3 26.5 23.4 18.7 | 28.4 25.8 23.9 19.8 | 20.3 22.3 22.7 20.4 | 12.3 18.2 20.3 20.3 | 6.8 13.5 7.2 19.6 |
| 长沙 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 4.6 10.8 14.2 18.2 | 6.6 9.6 12.2 16.5 | 12.2 11.7 12.4 15.4 | 18.6 15.5 14.6 15.3 | 21.6 18.4 17.0 16.2 | 29.6 22.9 19.8 17.4 | 35.3 27.0 23.0 19.1 | 32.2 27.9 25.1 20.9 | 28.7 26.7 25.2 22.0 | 20 6 23.2 23.6 22.2 | 13.0 18.2 20.3 21.4 | 8.1 13.9 17.0 19.9 |
| 广州 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 15.9 19.1 21.3 23.7 | 16.4 18.3 20.2 22.6 | 20.4 19.8 20.3 21.9 | 24.5 22.4 21.9 22.0 | 28.0 25.4 24.0 22.8 | 29.8 27.0 25.6 23.8 | 31.8 28.4 27.0 24.6 | 31.7 29.1 27.8 25.5 | 30.6 28.7 28.0 26.1 | 27.3 26.9 27.2 26.3 | 22.1 24.0 25.4 25.8 | 17.4 20.6 22.9 24.7 |
| 成都 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 6.9 10.7 13.4 18.3 | 9.6 10.7 12.4 17.0 | 14.8 13.2 13.3 16.3 | 20.2 16.8 15.7 16.5 | 23.7 19.9 18.2 17.5 | 26.8 22.6 20.4 18.6 | 28.8 24.8 22.5 19.9 | 27.8 25.5 23.8 21.2 | 23.8 24.2 23.6 22.0 | 18.4 21.2 22.0 22.0 | 13.7 17.8 19.6 21.3 | 8.6 13.9 16.5 19.9 |
| 贵阳 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 6.2 11.4 14.0 17.4 | 8.4 10.8 12.8 16.1 | 14.7 12.9 13.2 15.3 | 19.5 16.1 15.1 15.4 | 21.1 18.3 17.0 16.1 | 25.0 20.7 18.9 17.1 | 27.7 20.9 20.9 18.3 | 27.3 23.9 22.2 19.6 | 24.0 23.3 22.4 20.3 | 17.7 20.4 21.1 20.5 | 13.4 17.4 18.9 19.9 | 8.3 14.4 16.5 18.8 |
| 昆明 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 9.7 12.4 14.7 17.4 | 12.2 12.6 14.0 16.7 | 17.0 14.1 14.2 16.2 | 22.1 16.4 15.3 16.0 | 24.3 18.8 16.9 16.2 | 22.6 19.7 181 16.5 | 23.0 20.6 19.0 17.0 | 22.7 21.2 19.8 17.4 | 21.6 21.2 20.2 17.8 | 17.2 19.4 19.6 18.1 | 13.7 16.9 18.2 18.2 | 10.0 14.1 16.4 17.8 |
| 拉萨 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | -1.0 2.8 4.8  — | 3.3 3.4 4.4 — | 8.4 6.2 6.1 — | 14.2 9.9 87 — | 20.0 13.1 11.4  — | 22.6 16.1 14.0  — | 19.0 16.7 15.2  — | 18.1 16.6 15.6  — | 16.2 15.5 15.1  — | 10.2 12.8 13.4  — | 3.5 8.1 9.9 — | -0.7 4.7 6.8  — |
| 台北 | 0.0 -0.8 -1.6 -3.2 | 11.7 19.8 23.1 23.6 | 16.3 18.7 22.2 23.4 | 18.5 19.2 21.6 23.0 | 21.9 20.7 21.3 22.7 | 26.3 23.4 21.6 22.4 | 28.2  25.5  22.4  22.3 | 30.4 27.5 23.3 22.5 | 30.0 28.2 24.3 22.3 | 28.3 28.1 25.0  22.9 | 24.6 26.4 25.2 23.3 | 21.2 24.2 24.9 23.6 | 18.0 21.7 24.2 23.7 |

附录I 典型管件的盲板力计算

**I.0.1** 作用在弯头、三通、异径管、盲端等管件内壁的轴向内压推力T应按下式计算

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | （I.0.1） |

式中：

*T*——轴向内压推力(kN)；

*D*1,o——工作管道外径(mm)；

*P*c——管道设计压力(MPa)。

**I.0.2** 作用在弯头、三通、异径管、盲端等管件的盲板力T，应按表I.0.2所列公式计算。

表I.0.2 管件盲板力计算表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 管件类型 | 盲板力分析图 | 盲板力计算公式 |
| 水平弯头 |  |  |
| 竖直向  上弯头 |  | 竖直向下分力：    水平分力： |
| 竖直向  下弯头 |  | 竖直向上分力：    水平分力： |
| 三通 |  |  |
| 异径管 |  |  |
| 盲端 |  |  |

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

**J.0.1** 土壤的类别及工程分类见表J.0.1-1，不同回填方式下土壤反作用模量见表J.0.1-2。

表J.0.1-1土的类型

|  |  |
| --- | --- |
| 土的类别 | 土的工程分类 |
| A 类土,砾石 | 级配良好砾GW |
| B 类土  砂土或粗粒土（细粒土含量小于 15%） | 级配不良砾GP、含细粒土砾GF、级配良好砂  SW、级配不良砂SP、含细粒土砂SF |
| C 类土  粗粒土（细粒土含量大于 15%） | 黏土质砂SC、粉土质砂SM、黏土质砾GC、粉 土质砾 GM |
| D 类土  液限小于50%,中低塑性的细粒土（粗颗 粒含量大于 25%） | 含砂低液限粉土 MLG、含砂低液限黏土 CLG、 含砾低液限粉土 MLS、含砾 低液限黏土 CLS |
| E 类土  液限小于 50%,中低塑性的细粒土 （粗颗粒含量小于 25%） | 低液限粉土 ML、低液限黏土 CL |
| F 类土  有机质土和液限大于 50%、中高塑性的细  粒土 | 有机质高液限黏土 CHO、有机质低液限黏土 CLO、有机质高液限粉土 MHO、有机质低液限 粉土 MLO、高液限黏土 CH、高液限粉土 MH、 含砂高液限黏土 CHS、含砂高液限粉土 MHS、 含砾高液限黏土 CHG、有机质高液限粉土 MHG |

表J.0.1-2 土壤反作用模量（MPa）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 沟槽类型 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 回填方式 | | 堆填 | 很轻压实 | 轻度压实 | 中度压实 | 高度压实 |
| 压实度(%) | | a | 大于75 | 大于80 | 大于85 | 大于90 |
| 基础中心角 | | 30 | 45 | 60 | 90 | 150 |
| *K*x | | 0.108 | 0.105 | 0.102 | 0.096 | 0.085 |
| 土壤反作用模量 | A类土壤类型 | 4 | 4 | 5 | 7 | 10 |
| B类土壤类型 | 2.5 | 2.5 | 3.5 | 5 | 7 |
| C类土壤类型 | 1 | 1.5 | 2 | 3 | 5 |
| D类土壤类型 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2.5 | 3.5 |
| E类土壤类型 | b | b | b | b | b |
| F类土壤类型 | b | b | b | b | b |
| a 当把土壤简单的倾倒入管沟内时，根据不同类型的土壤类型及其含水率，压实度一般能  达到 70~80%。  b 除非能确保能到更高的值，否则土壤反作用模量应取0。 | | | | | | |

附录K 典型固定墩型式

**K.0.1** 固定墩根据型式分为L型固定墩与T型固定墩，具体示意见表K.0.1。

表K.0.1 固定墩型式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 典型位置 | L型固定墩 | T型固定墩 |
| 水平弯头 |  |  |
|  |  |
| 三通 |  |  |
|  |  |
| 异径管 |  |  |
| 盲端 |  |  |

附录L 自锚管道长度计算

**L.0.1** 根据7.4节规定的计算原则，给出常见的自锚管道长度计算公式，当实际工程中出现不同的布置形式时，可参考相似形式的计算原则确定计算公式。

**L.0.2** 典型管件位置自锚管道长度应按表L.0.2所列公式计算。

表L.0.2典型管件位置自锚管道长度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 受力分析图 | 长度计算公式 |
| 水平  弯头 |  |  |
| 竖直向下弯头 |  |  |
| 竖直向上弯头 |  |  |
| 三通 |  |  |
| 异径管 |  |  |
| 盲端 |  |  |

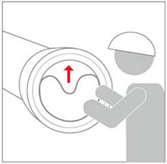
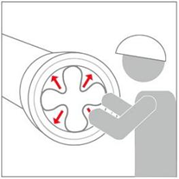
附录M 预制保温球墨铸铁管道接口安装方法和要求

**M.0.1** 密封圈安装应符合以下要求：

1 将密封圈装入承口

1）对于较小规格（≤DN800）的密封圈装，宜将其弯成“心”形状后，再放入球墨铸铁管承口密封槽内，见图M.0.1-1(a)；

2）对于较大规格（＞DN800）的胶圈，宜将其弯成如“十字”形状后再放入球墨铸铁管承口密封槽内，见图M.0.1-1(b)。

a)较小规格胶圈 b)较大规格胶圈

图M.0.1-1 胶圈安装示意图

2 检查橡胶圈是否完全装入承口槽内，应保持其完全装入承口密封槽内，见图M.0.1-2。

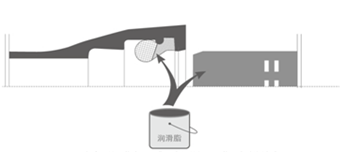


图M.0.1-2 胶圈位置示意图

**M.0.2** 密封圈和插口的润滑应符合以下要求：

1 涂抹润滑油（脂）前，应将密封圈工作面和球墨铸铁管插口表面清理干净；

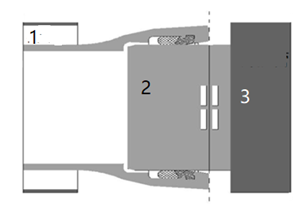
2 在承口内密封圈的工作表面及另一支球墨铸铁管的插口工作面上均匀涂润滑油（脂），见图M.0.2。



图M.0.2 润滑示意图

**M.0.3** 接口连接应符合以下要求：

1 将相邻两支预制保温球墨铸铁热力管的承口和插口对中，缓慢引导插口靠近承口密封圈，将插口缓慢地推入到承口中，直到承口端面在两条插口线中间。如图M.0.3。



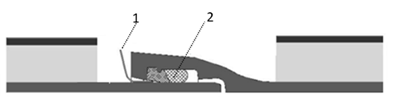
1—保温层；2—插口端及插入线；3—外护层

图M.0.3连接接口示意图

如发现保温管插入时阻力过大，先停止安装，将插口拔出，检查密封圈的位置和管子的承插口，查明原因并妥善处理后再行安装。

2 若遇到接口需要偏转情况，应先保持相邻管道在同一直线上连接接口；连接后再使接口产生规定的偏转角。

**M.0.4** 接口连接后检查，宜用探尺工具，检查接口里胶圈位置，当沿着接口四周插入深度大致相同时，即可认为接口安装合格，如图M.0.4。



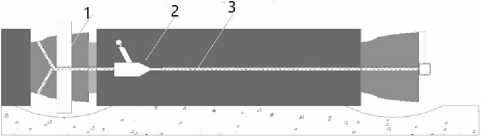
1—探尺；2—胶圈

图M.0.4 接口连接后检查

在管道产品质量合格的前提下，如果密封圈能够按要求在承口内设计凹槽内就位，安装即为合格。在安装过程中，如果出现密封圈从承口内设计凹槽挤出、移位等情况，则接口安装为不合理。

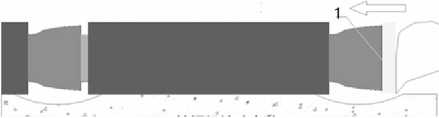
**M.0.5**安装工具宜根据管道口径选择，大口径管道可以采用挖掘机挖斗,小口径管道可以采用手扳葫芦安装或电动葫芦。

大口径保温管安装时，保温管与挖掘机挖斗之间必须加硬木块防护，此时应严格控制接口插入深度，可在承口与插口之间塞预定厚度的垫片来控制插入量。



1—垫木；2—手板葫芦；3—带外套胶管的钢丝绳

a)手板葫芦安装



1—垫木

b)挖掘机挖斗安装

图M.0.5小口径和大口径管道接口安装示意

**用词说明**

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

1. 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

1. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**引用标准名录**

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025

《室外给排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032

《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112

《土的工程分类标准》GB/T 50145

《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332

《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003

《供热工程项目规范》GB55010

《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272

《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295

《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

《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

《球墨铸铁管和管件水泥砂浆内衬》GB/T 17457

《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

《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《静密封橡胶制品寿命的快速预测方法》GB/T 27800

《压力管道规范 公用管道》GB/T 38942

《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 43492

《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28

《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34

《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81

《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ/T 88

《城镇供热系统节能技术规范》CJJ/T 185

**附：条文说明**

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**

**T/CECS \*\*\* -20XX**

**条文说明**

**制 定 说 明**

本规程制定过程中，编制组进行了各类直埋预制保温球墨铸铁管道发展现状的调查研究，总结了我国直埋预制保温球墨铸铁管道工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过对直埋预制保温球墨铸铁管道进行应力、位移原位实验研究，取得了阶段性成果。

本规程编制原则为：（1）科学合理、具有可操作性；（2）实事求是，规程使用人应严格遵守规程有关规定；（3）保证施工效率的同时又能保证质量等。

关于预制保温层球墨铸铁热力管道应力验算、固定墩的设置、盲板力克服、水力计算、橡胶密封圈性能等重要问题，编制组给出了具有可操作性的解决措施，编制组将对其他尚需深入研究的有关问题多方取证、试验探究和工程应用后对规程进行更新补充。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《供热工程用预制保温层球墨铸铁热力管道技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款的规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总则

**1.0.1** 我国城镇人口密集，随着集中供热的不断发展，以热水为介质的直埋预制保温供热管道被广泛应用。

与预制保温钢制供热管道相比，预制保温球墨铸铁管道具备以下优势特点：一是球墨铸铁管基材的耐腐蚀性能更优越，有利于保障管道的强度、降低管道运行能耗和提升使用寿命；二是管道采用承插式连接的接口形式，从轴向（伸缩）和径向（偏转）两个维度提升了管道的柔性，有利于管道系统稳定性的提升；三是采用不依赖人工焊接的集成模块化安装方式，有助于提升施工速度、降低施工成本和提高工程质量。

规范这种供热管道模式在集中供热领域中的应用，是制定本规程的主要目的

**1.0.2** 近年来，直埋预制保温球墨铸铁管道已经形成完整的系列化产品和成熟的工程化技术体系，并通过了试验线中试和各类规模化工程应用的检验。因此，这种供热管道可以满足我国主要集中供热系统的需求：① 系统类型：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，地热水、温泉水、载热海淡水等输送管线及管网，集中供冷系统的载冷介质输送管线及管网；② 工程类型：新建、改建、扩建；③ 参数要求：供水管道设计温度最高可达130℃，设计压力最高可达2.5MPa；④ 载热介质：软化除氧热水、地热水、温泉水、载热海淡水，特别是，球墨铸铁管可成为输送对碳钢存在较强腐蚀性的介质（温泉水、载热海淡水等）的经济优选管材；⑤ 管道规格：公称直径最小DN100，最大DN1600。

**1.0.3** 供热管道属于市政管道，在地震区、湿陷性黄土、膨胀土等地区，地下直埋敷设的供热管道和燃气、给水、排水管道在安全上有共同要求。因此，直埋预制保温球墨铸铁管道的设计应遵守现行国家标准的相关规定，包括：① 适用于钢制供热管道的现行国家标准《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》GB 50025、《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112；② 借鉴球墨铸铁管道在燃气、给水、排水管道的应用经验，本规程补充了《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003。

**1.0.4**直埋预制保温球墨铸铁管道属于以热水为介质的城镇供热管网范畴，因此，在执行本规程时，要同时执行国家现行标准《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、《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28、《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ/T 88、《供热工程项目规范》GB55010的相关规定。此外，如涉及到与给排水、电气及城市建设共性的规定，也应同时遵守。

# 3 基本规定

**3.0.1** 现行国家标准《供热工程项目规范》GB 55010 中规定了“热水供热管道的设计工作年限不应小于30年”。因此，直埋预制保温球墨铸铁管道的设计工作年限也应不小于30年。

预制保温供热管道的预期寿命主要取决于：

1)工作管及管件的预期寿命：在直埋供热管道运行中，工作管及管件会发生输送介质对内壁的电化学腐蚀、由保温补口失效造成外界水侵入对外壁的电化学腐蚀、由管道及管件局部受力诱发的应力腐蚀等。预制保温球墨铸铁管道基材的耐腐蚀性能更优越，且在工作管及管件壁厚设计（见本规程4.2.3和4.2.4条）和表面处理及性能改善（见本规程4.2.5和4.2.6条）中充分考虑了保障管道强度及耐腐蚀性能的措施。因此，在集中供热系统一般运行条件下的预期寿命可达50年以上。

2)接口密封的预期寿命：直埋预制保温球墨铸铁管道接口的密封结构采用橡胶材料制备的密封圈，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对橡胶密封圈材质作出明确规定。但随着管道温度的提高，易引起橡胶的热裂解或热交联，并加速橡胶的热氧老化。因此，管道设计温度在110℃及以上时，应选择耐温性能更好的密封圈材料，并进行材料性能及老化寿命预测实验（见本规程4.3.2条），以确保密封圈的预期寿命不小于30年甚至更长。

3)保温结构的预期寿命：直埋供热管道的保温结构除具有管道保温功能外，还具有传递力、抵抗土壤压力的功能，保温层和外护层都应具备足够的强度，外护层、保温层、工作管之间也应具备足够的粘结强度。保温材料一般采用硬质聚氨酯泡沫，在120℃下能保证连续30年寿命，如果在长期高于120℃的供热管道上应用，材料聚合物链易发生断裂，由此产生氧化降解，造成保温层力学强度不足、保温性能陡降，使用寿命将大幅缩短。因此，在直埋预制保温球墨铸铁管道系统设计中，应在综合权衡供热管道成本与预期寿命之后确定较优的设计温度。

**3.0.2**结合直埋预制保温球墨铸铁管道的技术特点，依据国家现行标准《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/T 185的相关规定的指导，本规程规定了管道布置、管道敷设、管道附件与设施、保温设计、水力计算的技术要求。

**3.0.3** 直埋于土壤下的预制保温球墨铸铁管道主要受一次应力作用，包括外载荷（土壤静荷载和车辆等地面动荷载作用）和管道内压力。由于采用承插式连接，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垂直失稳等稳定性问题。

因此，直埋预制保温球墨铸铁管道应针对一次应力作用的克服，进行壁厚设计和应力验算以确保管道的强度。对于管道结构问题，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。

必需强调，在管道产品设计制造和安装施工时，必须要充分考虑确保柔性接口的内部间隙能够消纳温度变化时的管道热伸长。

**3.0.4**直埋预制保温球墨铸铁管道在运行中，当管道改变走向或过水断面积发生变化时在管件和附件等部位会产生不平衡的静态或动态的内压推力。采用柔性接口的管道需要采取克服盲板力的措施来防止接口分离：①在管件和附件等部位设置固定墩，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。②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盲板力。

**3.0.5**结合直埋预制保温球墨铸铁管道的技术特点，依据现行行业标准《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 的相关规定的指导，本规程规定了施工组织与准备、沟槽施工、管道安装、回填的技术要求。

**3.0.6**结合直埋预制保温球墨铸铁管道的特点，依据现行行业标准《城镇供热管网工程及验收规范》CJJ 28的相关规定的指导，本规程规定了功能性试验、管道清洗、试运行、施工验收的技术要求。其中，功能性试验应包括：①用于检验管道接口严密性的试验；②用于检验管线严密性试验的试验。

**3.0.7**直埋供热管道系统的运行安全应获得充分关注，建议通过建立可靠的管道泄露监控系统，为及时发现管道漏损、判断漏损位置、诊断与预防管道失效提供硬件和软件保障。

# 4 材 料

**4.1 保温管结构**

**4.1.2**平直保温结构和异形保温结构是现行国家标准《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T43492中规定的两种预制保温球墨铸铁管道结构类型，两种保温结构的保温管的不同之处：① 生产工艺不同，保温层、外护层的性能要求存在一定差异（见本规程第4.4.2、4.4.3条）；② 接口的保温补口处理工艺不同，采用异形保温结构对提升施工速度和保障补口严密性更有利（见本规程第4.4.4条）。

**4.1.3**根据直埋预制保温球墨铸铁管道接口及安装工艺特点，保温管在出厂前，承口端和插口端要预留一定长度的不做预制保温处理的裸管段。

插口端安装预留长度l1的设置综合考虑了：① 避免管道接口拔脱的最大插入深度；② 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）的空间预留。

对于异形保温结构，利用喷涂缠绕工艺可在承口端预制形成等厚度的保温层和外护层，则承口端无需设置安装预留长度；对平直保温结构，采用管中管工艺无法对凸出的承口部位预制形成保温结构，该部位需要在现场进行保温补口处理，对应的安装预留长度l2约为插口最大插入深度加上100mm。

预制保温球墨铸铁管道接口部位保温结构见本规程图4.4.3。

**4.1.4**根据直埋预制保温球墨铸铁管道接口伸缩位移特点，在承口端和插口端的保温结构端面需要采用具有一定伸缩性能的聚合物或橡胶保温材料，包括：气凝胶、岩棉、保温橡胶等。

**4.2 工作管及管件**

**4.2.1**依据我国北方城镇集中供热系统的普遍规模，本规程规定了直埋预制保温球墨铸铁管道的公称直径范围，针对目前我国电厂、工业余热等大型清洁低碳热源向城市长输供热的需求，将供热管道的最大公称直径拓展至DN1600。

**4.2.2**本规程给出的直埋预制保温球墨铸铁管道的工作管和管件的最小抗拉强度σb、最小断后伸长率A、线性膨胀系数α和弹性模量E等材料性能参数的取值，是依据目前我国球墨铸铁管行业的一般质量水平确定。

**4.2.3**现行国家标准《水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295规定了设计球墨铸铁管道壁厚的两种方法：① 以管道允许工作压力等级分类（C级分类）设计；② 以管道壁厚等级分类（K级分类）设计。

本规程采用C级压力等级分类方法设计工作管壁厚的原因：① 该方法的设计思路是按照允许工作压力计算管道壁厚，与K级壁厚等级分类设计方法相比，在满足相同管道强度的条件下，有利于节约基材；② 球墨铸铁管行业执行的最新国际标准《Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water applications》ISO 2531是采用的C级压力等级分类方法。

**4.2.4**弯头、三通等管件存在结构上的不连续，由于管道内热水温度和流向变化会造成局部应力水平的升高，为此，本规程采用K级壁厚等级分类方法设计管件的壁厚，并将壁厚等级提升至K 12，可以有效保障管件的强度。

**4.2.5** 虽然供热管道的工作管和管件与外界不直接接触，但在以往预制保温钢制供热管道的运行经验中，经常发生由于接口的保温补口失效造成外界水侵入保温结构，对工作管和管件的外壁造成较严重的电化学腐蚀问题。为此，本规程规定了直埋预制保温球墨铸铁管道的工作管和管件的外壁防腐方法及技术要求，用于保障全运行周期的管道强度。

**4.2.6** 在工作管内壁涂装减阻内衬可以显著降低管道的压力损失，是降低管道运行能耗的最有效途径，这对于提升供热管道（特别是长输供热管道）的经济性有特殊重要的意义。为此，本规程规定了直埋预制保温球墨铸铁管道工作管和管件的内壁减阻方法及技术要求，用于降低管道全运行周期的运行能耗。

确保热力运行工况条件下（设计温度最高可达130℃、压力最高可达2.5MPa、管道随温度变化产生热位移）内衬的材料质量和涂层的稳定性，是实现管道全运行周期的减阻效果的关键。为此，本规程规定了的内衬材料性能（外观性能、力学性能、防护性能、抗侵蚀性能）和涂层稳定性的检测方法及技术要求。

**4.3 接口密封**

**4.3.2、4.3.3** 确保热力运行条件下（设计温度最高可达130℃、压力最高可达2.5MPa、管道随温度变化产生热位移）密封圈材料的质量和密封结构的可靠性，是保障直埋预制保温球墨铸铁管道安全运行的关键前提。

为此，本规程规定了：① 耐高温密封圈的材料性能以及寿命预测办法，确保密封圈与工作管及管件的预期寿命相同；② 柔性接口和自锚接口的密封结构的热动态耐压强度的检测方法及技术要求，确保密结构能够达到与工作管及管件一致的强度。

**4.4 保温层及外护层**

**4.4.4、4.4.5**由于球墨铸铁管道承口端凸出，本规程规定了上述两种接口保温补口处理方案，以避免在接口部位形成保温薄弱的热桥而造成散热损失的附加。

由于管道温度变化会产生热位移，本规程规定了在相邻的两个保温层端面之间加入弹性耐高温保温圈的办法，可以在确保接口保温效果的同时，有效避免承口端工作管端面对插口端保温结构端面的挤压破坏。

预制保温球墨铸铁管道接口的保温补口处理具体方式见本规程8.3.7。

**4.5 质量检验与保障**

**4.5.1、4.5.2**根据《预制保温球墨铸铁管、管件和附件》GB/T43492的相关规定，预制保温球墨铸铁管道产品检验包括两类：型式检验和出厂检验。

对于现行的直埋预制保温钢制供热管道，工作管、管件及焊接接口的强度检验是由施工阶段在现场通过接口探伤、水压试验（强度试验）等措施实现。

而直埋预制保温球墨铸铁管道则有较大的不同：工作管、管件的强度检验可在出厂前进行；柔性接口和自锚接口密封结构的热动态耐压强度检验也是通过严苛的型式试验实现。

# 5 管道布置与设计

**5.1 管道布置**

**5.1.1**本规程关于直埋预制保温球墨铸铁管道与主要设施间的最小水平和最小垂直净距的规定与《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的相关规定一致。此外，补充了关于围墙基础外缘、氢气管道、支线及干线综合管廊、易燃及可燃液体管道的净距要求。此外，对本规程该条规定作出补充说明：

1) 当直埋预制保温球墨铸铁管道的埋设深度大于建（构）筑物基础深度时，最小水平净距应按土壤内摩擦角计算确定。

2) 当直埋预制保温球墨铸铁管道与电缆平行敷设时，电缆处的土壤温度与月平均土壤自然温度比较，电压10kV电缆处的土壤全年任何时候不应高出10℃，电压35kV~110kV电缆处的土壤全年任何时候不应高出5℃，在满足该前提下可减少表中所列净距。

3) 不同深度并列敷设各种管道时，各管道间的水平净距不应小于其深度差。

4) 在现场条件不允许时，经有关单位同意可采取有效技术措施以减少表中规定的距离，或采用埋深较大的暗挖法、盾构法施工。

**5.1.2**预制保温球墨铸铁管道最小覆土深度应考虑土壤静荷载和车辆等地面动荷载作用对管道强度的影响，且管道不得发生径向失稳，当不能满足覆土深度时，应设置过街套管、管沟或在管道上方敷设混凝土板等保护措施，以降低管道的垂直荷载。

在一般道路路面结构和回填土壤条件（见本规程6.4节）下，计算土壤静荷载（见本规程6.3.2条）和地面车辆荷载（见本规程6.3.3条）传至预制保温球墨铸铁管道的竖向压力，结合有限元法分析管道的应力水平和径向变形量，经计算分析可知：① 对于非机动车道下敷设的管道和机动车道下敷设的DN500以下管道，现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81规定的最小覆土深度，可满足在空管状态下当量应力不超过球墨铸铁的许用应力；② 对于机动车道下敷设的大口径管道，在管顶覆土深度1.27~1.55米时，车辆荷载和土壤静荷载传至管道的竖向压力总和能够达到最低水平，足以确保工作管的径向变形量不超过规定值（见本规程6.3.1条），因此最小覆土深度可取1.3m。

**5.2 管道敷设**

**5.2.1**直埋预制保温球墨铸铁管道设计时应充分考虑放气点、放水点及管道坡度的设置。放气装置除了可以排放管道内的空气外，也可以成为管道注水、放水的必要装置。放水装置的设计应保证在冬季事故工况时足够的放水速率，以避免管道系统发生冻害。

**5.2.2** 本规程规定了直埋预制保温球墨铸铁管道接口的允许偏转角度，随着管道口径的增大，允许偏转角度越小。

在供热管线设计和安装时，可以依据本规程规定的设计和安装允许偏转角度实现一定曲率的变向，以减少小角度弯头等管件的使用，或用于调整现场施工时遇到的路由偏差。经分析核算，由于管线的曲率较小，由管道内介质发生变向产生的对内壁的内压推力水平可以忽略不计，因此无需采取克服盲板力的措施。

此外，预制保温球墨铸铁管道的接口允许一定偏转的特性，从径向维度提升了管线的柔性，能够一定程度适应地基发生的不均匀沉降（或错位），使管线与地基保持较好的接触状态，有助于管道系统运行稳定性的提升。

**5.2.3** 单根预制保温球墨铸铁管道长度一般为6m或8m，管道运行时的最大工作温升（设计供水温度与管道计算安装温度之差）约110℃，单根管道的热伸长不超过10mm。预制保温球墨铸铁管道的柔性接口设置了15mm的接口内部间隙（见本规程图4.1.2），在确保管道驻点居中的情况下，足以消纳单根管道的热伸长，因此不存在由轴向力作用引发的管道及管件产生垂直失稳和局部屈曲等稳定性问题。

**5.2.4** 根据现行行业标准《水利水电工程球墨铸铁管道技术导则》T/CWHIDA 0002的相关规定，敷设于斜坡上的管道，首先应依据自然条件（土壤含水率变化、雨水冲刷等）复核边坡自身的稳定性，然后再复核管道的稳定性。对于不稳定边坡应采取削坡或加固等处理措施使其满足稳定要求后，再进行管道敷设。一般情况土基明挖敷设管道坡度不宜大于22°，砂砾石基础明挖敷设管道坡度不宜大于30°。

目前，大口径球墨铸铁给水、排水管道在坡道敷设有较成熟经验，例如：四川南江县红鱼洞水库3×DN2000倒虹吸球墨铸铁管道，斜坡段最大敷设角度达45°，斜坡地质条件为碎石混合土和强风化基岩；遵义市汇川区麻沟水灌溉工程1×DN1400球墨铸铁管输水管道，斜坡段最大敷设角度达46°，斜坡地质条件为残坡积黏土层。

借鉴这些经验，本规程建议：在岩基斜坡上敷设管道，首先应按管基设垫层的条件依据运行工况对供热管道进行稳定性复核计算，当敷设管道不满足稳定要求时，可采取设置固定措施以满足管道稳定要求。考虑预制保温球墨铸铁管外护层表面粗糙度、以及整体管道的径向强度，在坡度大于20%时，应在每个接口下方使用固定支座来固定管道。

**5.3 管道附件与设施**

**5.3.1** 《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对阀门、检查室等附件设施的设置制定了相关技术要求，在执行本规程时应同时满足上述两个规范规定的要求。

**5.3.2**与铸铁阀门相比，钢制阀门能承受热位移产生的各种力和力矩、管道轴向荷载的能力更强。因此，本规程规定应采用钢制阀门。

对于阀门两端焊接的过渡钢管，应根据管道运行时的最大工作温升计算热伸长，当热伸长量小于柔性接口的内部间隙（约15mm），可采用带承口的球墨铸铁管与过渡钢管连接，否则应采用球墨铸铁承套与过渡钢管连接。

**5.3.3** 在主要线路装设关断和分段阀门是考虑功能性试验、维护检修、事故抢修及供暖保障等需要，主要作用包括但不限于：

1 在管道功能性试验时：用于实现分段压力试验，可提升功能性试验的效率和精度。

2 在管道维护检修时：用于实现分段维护检修，可减少放水量，降低水耗等运行成本。

3 在管道事故发生时：用于切断热网的故障段，可缩短放水、充水时间，进而加快抢修和恢复供暖的进度，同时可保证尽可能多的用户正常供暖。

一般情况下，供热管网主干线分段阀门的间距宜为2000m～3000m，支干线分段阀门的间距宜为1000m～1500m。

**5.4 保温设计**

**5.4.1**根据现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的相关规定，本规程控制外护层内表面温度（即保温层外表面温度）小于50℃，对确保外护层的安全及使用寿命时十分必要的。因此，在保温层厚度确定时应对保温层外表面温度应进行验算。

计算经济保温层厚度是确保供热管道节能与提升经济性双重目标实现的必要手段，本规程规定了直埋预制保温球墨铸铁管道经济保温层厚度的计算方法（见本规程5.4.3条）。

在满足技术厚度和经济厚度的同时，应控制供热管道散热损失，根据现行行业标准《城镇供热系统节能技术规范》CJJ/T185的相关规定，本规程控制设计工况下管道沿程温度降不应大于0.1℃/km。该规定的依据：根据现行国家标准《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272给出的季节运行工况最大散热损失值，计算分析DN200~DN1600直埋管道在介质温度为130℃、流速为2m/s时的最大沿程温度降为0.05℃/km~0.1℃/km，综合考虑各种管径的保温层厚度，将直埋预制保温球墨铸铁管道的最大允许沿程温降为0.1℃/km。

**5.4.3**本规程在现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81规定的供热管道散热损失计算方法基础上，考虑接口散热损失的附加，规定了直埋预制保温球墨铸铁管道的散热损失的计算方法。

**5.4.4**本规程根据现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的相关规定，给出了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。经济保温层厚度计算是基于全年工况，无论是介质温度还是环境温度都应采用运行期的平均值。

**5.5 水力计算**

**5.5.2**以热水为介质的供热管道，既定供热负荷下的流量取决于供回水温差。通过拉大供回水温差来降低管网流量，可以降低管道投资和水泵运行耗电，实现的途径包括：

1）降低回水温度：近年来我国北方城镇推广普及基于吸收式换热的集中供热技术，通过在热网子站设置吸收式换热可显著降低一级供热管网的回水温度，这一措施也使电厂、工业余热等大型清洁低碳热源向城市长输供热成为可能。

2）提高供水温度：通过提升热源温度将一级供热管网的供水温度提高值130℃设置更高，然而管道温度升高会造成保温结构的预期寿命大幅缩短，因此，应在综合权衡供热管道成本与预期寿命之后确定较优的设计温度。

**5.5.3**现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34规定了钢制热水供热管道内壁当量粗糙度为0.0005m。为此，本规程规定保温层球墨铸铁管道的内壁表面当量粗糙度K应低于0.0005m。

在管道内壁采取减阻措施，可以显著降低管道的压力损失。目前，在给、排水领域对球墨铸铁管道涂装水泥砂浆内衬的工艺已趋于成熟，在进行充分的内衬材料性能实验、涂层稳定性试验和减阻效果检验后，可以为供热管道进一步减阻提供有效路径。

**5.5.4**根据现行行业标准《城镇供热系统节能技术规范》CJJ/T185的相关规定，本规程规定了预制保温球墨铸铁管道的主干线、长输管线、支干线及支线管径确定的原则与方法。

经济比摩阻是权衡运行耗电及热损失费用与管道及泵站工程投资年分摊费用之和最小的优化取值，这是供热管网主干线（包括环状管网的环线）设计是否经济合理的主要依据。

经济比摩阻应根据工程具体条件计算确定。由于经济比摩阻的影响因素与供热管网的规模（负荷、管径、长度）、基材价格、运行电价、热价、热损失、安装费用等有关，而这些因素在不同时期、不同经济水平、不同地区、不同管网的数值都有所差异，尽管对具体管网工程进行详细的经济比摩阻计算较繁琐，但在设计阶段充分考虑提升管网经济性是非常必要的任务。

长输供热管线输送由于距离远，适当降低管线的比摩阻能减少管道压力损失，可显著降低循环水泵和中继加压水泵的耗电，减少中继加压泵站的数量。因此，本规程还控制这类管线在全运行周期每100km 输热电耗宜小于4kWh/GJ。在具体管网工程中应根据具体的管道价格、运行电价和建设费用等数据，通过建设投资和运行费用的综合技术经济比选确定管径。

支干线、支线设计比摩阻的确定则是涉及充分利用主干线提供的作用压头，满足用户用热需要的问题，因此应按允许压力降的原则确定支干线、支线管径。一定程度提高支线管内流速，不仅可节约管道投资，还可减少用户水力不平衡造成的不均匀供热损失。为此，本规程仍沿用现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ 34的相关规定。

# 6 管道系统应力计算及稳定性验算

**6.1 一般规定**

**6.1.1、6.1.2**钢制供热管道采用焊接形成一体化刚性管线，管道温度变化时将产生较大的轴向热位移，当热位移受限时将产生较大的热应力，由此直埋条件下的钢制供热管道的应力计算及稳定性验算体系特征：① 在强度问题分析上，由于热应力可能会导致管道产生较大范围的塑性变形，因此管道的应力计算必须采用应力分类法；② 在结构问题分析上，由于管道可能发生局部失稳（包括由土壤约束热变形和局部沉降产生的局部屈曲和静土压、车辆动土压产生的径向失稳）和竖向失稳（由轴力使管道向法线方向凸出失稳），因此管道的稳定性验算主要针对局部稳定性和竖向稳定性两方面进行。

但球墨铸铁管道采用承插式连接，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，管线不会产生弯矩，因此热应力可以忽略，由此直埋条件下的球墨铸铁管道的应力计算及稳定性验算体系特征：① 在强度问题分析上，只需考虑外载荷（土壤静荷载和车辆等地面动荷载作用）和管道内压力产生的一次应力，该作用力是结构为了满足管道整体静力平衡条件而产生的，校核一次应力是为了控制管道整体破坏，因此，对管道的应力计算可采用弹性应力分析法，该方法是将构件简化为理想弹性体，不虑材料的塑性，计算直接采用弹性力学的方法进行，通过最不利荷载组合下结构的最大内力进行应力计算。② 在结构问题分析上，由于管线柔性的提升，不存在由轴向力作用产生的局部屈曲和竖向失稳等稳定性问题，但对于承受较大静土压和车辆动土压的管道进行径向失稳性验算，确保不发生由于管道受到较高压应力作用时发生径向变形而失效。

**6.2 直管段应力验算**

**6.2.1** 材料的许用应力等于极限破坏应力除以安全系数。碳素铸钢安全因数为3，对比球墨铸铁与碳素铸钢的力学性能，在室温～400℃范围，其屈服强度比部分碳素铸钢要高，出于安全考虑，取球墨铸铁的安全因数与碳素钢相同，即N=3。由球墨铸铁应力应变曲线可知铁素体基体球墨铸铁、铁素体和珠光体基体球墨铸铁的最小抗拉强度约为最小屈服强度的1.5至2.0倍。因此，取用最小抗拉强度计算许用应力时，安全因数取3，取用最小屈服极限计算许用应力时，安全因数取1.5，球墨铸铁的许用应力取二者的较小值。

**6.2.2**直埋预制保温球墨铸铁管道在运行中，内压是管道承受的主要荷载， 因此，分析内压作用下的荷载与应力是管道设计的基础。由于管道几何形状的轴对称性质，可应用弹性力学理论，分析计算管道应力值。同时，由于管道的径厚比D/δ较大，径向压应力可以忽略，只需考虑管壁内的环向应力。

**6.2.3**直埋预制保温球墨铸铁管道的环向应力应小于许用应力，这是通过应力验算确保管道强度的必要条件。

**6.2.4** 本规程7.4节中规定了通过设计自锚管道系统，其目的是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盲板力，因此，在与管件连接的管道上，会出现由内压引起的环向应力和由盲板力传递引起的管道应力的集中，为此，本规程规定两应力之和应小于许用应力，用于确保自锚管道的强度。

**6.3 直管段局部稳定性验算**

**6.3.1**直埋热水管道属于薄壳杆体结构，管道口径越大，径厚比D/δ越大，当管道横截面受到较高的压应力（静土压和车辆动土压）作用时，可能会发生最大压应变达到临界时管道局部出现较大的变形。为此，本规程规定直埋预制保温球墨铸铁管道设计应进行径向稳定性验算。

**6.3.2国家**现行标准《输油管道工程设计规范》GB50253、《输气管道工程设计规范》GB50251、《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T81中都规定管道的径向变形量应小于管道外径的3％，因此，预制保温球墨铸铁管道的最大允许径向变形量也应不超出该范围。本规程借鉴上述三项标准的相关规定，给出径向稳定性的验算方法，见本规程6.3.1~6.3.4条。

**6.3.3、6.3.4**现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332规定了管顶的竖向土荷载的计算方法，本规程仅给出了开槽敷设情况的计算方法，对于不开槽、顶进施工等情况的管顶的竖向土荷载的计算仍可沿用《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332的相关规定。

**6.3.4**现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332规定了管顶的车辆荷载的计算方法，本规程仅给出了地面车辆单个轮压情况的计算方法，对于两个以上单排轮压、多排轮压等情况传递至管顶的车辆荷载的计算仍可沿用《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332的相关规定。

**6.4 土壤条件保障**

**6.4.1**结合大口径球墨铸铁管道在给、排水应用经验，经Maston-Spangler模型分析，现行国家标准《土的工程分类标准》GB/T 50145规定的E、F 类土壤环境，无论是堆填还是高度压实回填，土壤反作用模量为零，无法给管道提供有效的支撑，这对于直埋管道的稳定性非常不利；而采用B、 C、D 类土壤，配合适当的回填压实度，使土壤反作用模量推荐值在2.5MPa以上时，可以确保为预制保温球墨铸铁管道提供有效的土壤支撑力。因此，在管道设计时应根据工程具体土壤条件该推荐值选择回填方法。

**6.4.2**预制保温球墨铸铁管道直埋敷设在 A 类土壤时，很难避免砾石尖角形成的应力集中，极易造成外护层的破坏，因此，本规程规定预制保温球墨铸铁管道不宜直接敷设在 A 类土壤。

**6.4.3** 直埋管道底部垂直向上的反作用力沿基础中心角 2α 范围均匀分布，在管道顶部压力和底部反作用压力的共同下使得管道两侧产生变形。基础中心角 2α取决于施工情况（管底垫层、管侧回填区的压实度）和管子的径向变形。

经Maston-Spangler模型分析，通过管底周围填砂、增加管侧回填区压实度提升基础中心角2α，能够有效的降低管道底部承受的土壤反力作用，进而起到保护外护层的作用。为此，本规程规定采用柔性接口的管道在基础中心2α+30°以下应回填中砂并适度压实，其目的在于保护外护层不受破坏，

对于采用自锚接口的管道，本规程规定在管道周围应回填中砂，回填高度不应小于管顶以上200mm，其目的不仅包括保护外护层，还在于确保土壤与管道之间由足够的摩擦力。

**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两端对称，两侧承受的土壤摩擦力相同，驻点近似位于管道中间。对于与固定墩连接的直管段，驻点位置在管道与固定墩的连接位置。

对于单根预制保温球墨铸铁管道，两端均为活动端，在管道运行时，确保驻点位置不发生漂移，是保障接口可靠性的重要要求。因此，对于采用柔性接口的直管段，应根据工程具体土壤条件，采取适当的管底周围填砂、增加管侧回填区压实度等措施改善管土作用均匀度。

**6.5.2**在预制保温球墨铸铁管道在运行时，应充分利用柔性接口的内部间隙消纳由温度变化产生的热位移，因此工作管为弹性状态，管道应力和应变的关系符合虎克定律。

**6.5.3**在预制保温球墨铸铁管道设计时，应按本规程6.5.2条计算管道运行时的最大伸长量，考虑到管道驻点位置可能发生位移，故本规程规定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

**7.2 固定墩的设计**

**7.2.3**土壤对固定墩和的作用力解释如下：

1）固定墩向背离填土方向移动的适当距离，使固定墩后土体的应力状态达到主动极限平衡状态时，作用在固定墩上的土压力，称为主动土压力。

2）当固定墩在外力作用下，向土体方向偏移至土体达到极限平衡状态时，作用在固定墩上的土压力，称为被动土压力。

3）固定墩底面、侧面及顶面与土壤之间的摩擦力，不同方向的固定墩滑动平面的摩擦力不同。

**7.2.4、7.2.5、7.2.6**对比国家现行标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81，《柔性接口给水管道支墩》IOS 505对固定墩抗推力验算方法更适用于直埋预制保温球墨铸铁管道模式，因此，本规程参照国家现行标准《柔性接口给水管道支墩》IOS 505的相关规定，规定了回填土对固定墩作用力的计算方法，为确定回填土的要求提供基础验算数据。其中：① 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是在固定墩受力面为直立、光滑、回填土是无黏性填土的前提下建立的，实际应用中可根据具体情况进行设计。② 固定墩滑动平面上摩擦力根据固定墩形式不同，计算方式也不同。

# 8 管道施工

**8.1 施工组织与准备**

**8.1.1**城镇供热是关乎民生的大事，供热管道温度及压力较高，如施工质量不达标，在管道投运后容易发生爆管等事故，造成大面积停暖，带来巨大经济损失和社会稳定问题。因此，供热管道施工的安全技术要求相对给水排水管道要高。具备施工资质是最基本的要求，也是施工单位参与其他市政管道建设的必备条件。

**8.1.2** 直埋预制保温球墨铸铁管道工程的施工首先要有技术质量标准，要清楚直埋管道施工中要执行那些国家的现行标准，明晰主要技术内容、重点技术要求，并要建立管理体系和制度，方可落实、执行。

**8.1.4**由施工引起的损坏其他地下管道或设施的事故经常发生。因此，核对管道路由、相关地下管道以及构筑物的资料十分必要：一是可以确保管道路由正确，避免事故的发生；二是可以判断设计方案是否可行，提早进行设计变更，使施工顺畅、有序进行。

**8.1.5**施工单位开工前要根据工程规模、地理位置、工程水文地质、工期、质量和安全等要求，结合工程特点、主要设计指标、地方有关安全、质量和环保等政策文件编制施工组织设计或施工方案，需经建设单位、监理单位审批后方可组织施工。对于风险较高的分部分项工程和特种作业，施工单位应编制专项施工方案，经专家论证通过，并经建设单位和监理单位审批后方可组织施工。

**8.1.6**给水、排水、燃气、电信等管道以及城市地铁、供电电缆、通信或其他光缆等地下设施，其专业性较强，分属不同的专业单位管理和使用，因此，供热管道施工开挖前，保护方案应征得设施产权单位的同意，并确保其正常使用。

穿越其他市政管道及设施时，施工单位应向产权单位了解管道的压力等运行参数、已使用年限等情况后，制定相应的保护措施，一方面是为了不损坏其他管道及设施，另一方面也是为了保证供热管道施工的安全。

**8.1.7**供热管道在城市施工，尤其是在人口密集区施工都应采用封闭式施工，以保障交通参与者和施工人员的安全。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，以避免车辆和行人掉入管沟、碰撞施工围挡等事故。

**8.1.8**项目开工前，建设单位应根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国节约能源法》等，完成建设项目的环评报告和能评报告，经当地行政主管部门批准后建设项目方可开工。开工前，施工单位根据已批复的环境影响评价报告和节能评估报告，制定本项目的保护环境、减少污染和其他环境公害的管理措施：防治大气污染措施、防治水体污染措施、防治噪声污染措施、防固体废物污染措施等。

**8.1.9**预制保温球墨铸铁管道和管件产品在运输时可能发生损坏，因此在现场安装前应进行外观检查十分必要，不但保证施工质量，也可降低返工的可能性。

**8.2 沟槽开挖**

**8.2.1** 《城镇供热管网工程施工及验收规范）CJJ28中，对开挖和回填做了详细规定，包括开挖时的预留值、超挖的处理、回填及回填土的要求等。

**8.2.6**管沟沟底宽度和工作坑尺寸制定的目的是为管道安装和质量检验的需要,管沟沟底宽度和工作坑尺寸不合理，有可能影响工程质量。本规程给出了推荐性做法，施工单位可根据自身的施工水平和方法及现场条件确定。

**8.2.8** 在供热管线安装时，可以依据本规程5.2.2条规定的设计和安装允许偏转角度实现一定曲率的变向，以减少小角度弯头等管件的使用，也可以用于调整现场施工时遇到的路由偏差。

# 9 试验及验收

**9.1 功能性试验**

**9.1.1**根据现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ28的规定，供热管网工程施工完成后应按设计要求进行强度试验和严密性试验。

对于直埋预制保温钢制供热管道，工作管、管件及焊接接口的强度检验均是由施工阶段在现场通过接口探伤、水压试验（强度试验）等措施实现，在回填完成后，还需要进行水压试验（严密性试验），以检验管线整体（包括管道、管件及附件）的严密性。

而直埋预制保温球墨铸铁管道则有较大的不同：

1）工作管、管件及接口的强度检验：工作管、管件的强度检验应在出厂前进行；柔性接口和自锚接口密封结构的热动态耐压强度检验也是通过严苛的型式试验实现。

2）管道的接口和整体管线的严密性检验：在施工阶段实现，其中，在管道安装完成后、接口保温补口处理前应进行管道接口严密性试验，在回填完成后进行管线严密性试验。

**9.2 管道清洗**

**9.2.1**管道清洗前应编制清洗方案，并报有关单位审批同意后 方可实施。清洗方案中宜包括清洗方法、技术要求、操作及安全 措施等内容。清洗前应进行技术、安全交底。清洗方案应满足 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28规定的相关要求。