



T/CECS 492-2017

中国工程建设协会标准

给水排水工程埋地承插式柔性 接口钢管管道技术规程

Technical specification for buried spigot gasket
non-restrained joint steel pipe of water supply
and drainage engineering

中国工程建设协会标准

给水排水工程埋地承插式柔性
接口钢管管道技术规程

Technical specification for buried spigot gasket
non-restrained joint steel pipe of water supply
and drainage engineering

T/CECS 492-2017

主编单位：上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 1 8 年 4 月 1 日

中国计划出版社

2017 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 314 号

关于发布《给水排水工程埋地承插式柔性接口钢管管道技术规程》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2016 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2016〕038 号)的要求,由上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司等单位编制的《给水排水工程埋地承插式柔性接口钢管管道技术规程》,经本协会管道结构专业委员会组织审查,现批准发布,编号为 T/CECS 492-2017,自 2018 年 4 月 1 日起施行。

中国工程建设标准化协会
二〇一七年十二月十一日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2016 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2016〕038 号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分为 8 章和 5 个附录,主要内容包括:总则、术语和主要符号、材料、管道水力计算、管道结构计算、构造要求、管道施工、工程竣工验收等。

本规程由中国工程建设标准化协会管道结构专业委员会归口管理,由上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司负责具体技术内容的解释,在使用中如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料径寄解释单位(地址:上海市中山北二路 901 号,邮政编码:200092)。

主 编 单 位: 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司
天津市久盛通达科技有限公司

参 编 单 位: 北京市市政工程设计研究总院有限公司
中国市政工程中南设计研究总院有限公司
上海福谕管道技术有限公司
石河子开发区天浩管业有限责任公司
山东沃亚森曼机械科技有限公司
宝鸡石油钢管有限责任公司
渤海石油装备福建钢管有限公司
天津友发管道科技股份有限公司
新疆领航管业科技有限公司
浙江金洲管道工业有限公司

青岛豪德博尔实业有限公司
马鞍山宏力橡胶制品有限公司
上海城投水务工程项目管理有限公司

主要起草人：周质炎 王从水 王 翼

(以下按姓氏笔画排列)

王 刚	王 勇	代春生	付希波	刘成坤
刘学杰	刘刚伟	李汝江	李青山	杨 涛
杨华杰	杨伟芳	汪洪涛	陈克春	陈文豪
陈 建	金 格	赵 晖	夏连宁	高红伟
高法训	高 强	彭春强	韩秀林	

主要审查人：刘雨生 范民权 陈湧城 王显功 樊锦仁
胡晶国 赵远清 史志利 蔡洁茵

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和主要符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	主要符号	(2)
3	材 料	(5)
3.1	钢材	(5)
3.2	橡胶密封圈	(5)
3.3	管材	(6)
4	管道水力计算	(8)
5	管道结构计算	(10)
5.1	基本设计规定	(10)
5.2	强度计算	(11)
5.3	稳定验算	(13)
5.4	刚度验算	(15)
6	构造要求	(16)
6.1	管道	(16)
6.2	沟槽	(18)
6.3	地基基础与回填	(19)
6.4	支墩	(20)
7	管道施工	(21)
7.1	一般规定	(21)
7.2	施工准备	(21)
7.3	管材装卸和堆放	(22)
7.4	管材运输	(22)

7.5	管道敷设	(23)
7.6	回填	(24)
7.7	施工检测	(27)
7.8	管道功能性试验	(31)
8	工程竣工验收	(34)
附录 A	管侧回填土的综合变形模量	(36)
附录 B	钢管管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数 和竖向变形系数	(38)
附录 C	注水法试验	(39)
附录 D	闭水法试验	(41)
附录 E	工程验收初验和终验记录表	(43)
	本规程用词说明	(44)
	引用标准名录	(45)
附:	条文说明	(47)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and key symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Key symbols	(2)
3	Material	(5)
3.1	Steel material	(5)
3.2	Rubber gasket	(5)
3.3	Pipe materials	(6)
4	Pipe hydraulics caculation	(8)
5	Pipe structural analysais	(10)
5.1	Basic design requirements	(10)
5.2	Strength calculation	(11)
5.3	Buckling check	(13)
5.4	Stiffness check	(15)
6	Construction requirements	(16)
6.1	Pipeline	(16)
6.2	Trench	(18)
6.3	Founadations and backfill	(19)
6.4	Saddle supports	(20)
7	Pipeline construction	(21)
7.1	General requirements	(21)
7.2	Construction preparation	(21)
7.3	Pipe handling and storage	(22)
7.4	Pipe transportation	(22)

7.5	Pipeline installation	(23)
7.6	Backfill	(24)
7.7	Construction testing	(27)
7.8	Pipeline functional test	(31)
8	Final acceptance	(34)
Appendix A	Integrated deformation modulus of side backfilling	(36)
Appendix B	Maximum bending moment coefficient and vertical deformation coefficient of steel pipeline under various loads	(38)
Appendix C	Water filling test	(39)
Appendix D	Water closed test	(41)
Appendix E	Engineering acceptance records	(43)
	Explanation of wording in this specification	(44)
	List of quoted standards	(45)
	Addition: Explanation of provisions	(47)

1 总 则

1.0.1 为在钢管管道工程的设计、施工及验收中合理地应用承插式柔性接口连接技术,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改建和扩建,工作压力不大于1.6MPa的埋地承插式柔性接口连接的城镇给水排水管道工程的设计、施工和验收。

1.0.3 给水排水工程承插式柔性接口钢管管道的设计、施工和验收除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和主要符号

2.1 术 语

2.1.1 承插式柔性连接钢管接口 spigot gasket non-restrained joint for steel pipe

在管道承插口的止封口上放置橡胶密封圈,然后施力将管端插入,形成一个能适应一定范围内的水压和变形的封闭管道的连接接口。

2.1.2 单胶圈柔性连接钢管接口 single rubber gasket non-restrained joint

在钢管承口或插口套入一条胶圈,形成轴向自紧、径向密封的柔性连接钢管接口。

2.1.3 双胶圈柔性连接钢管接口 double rubber gaskets non-restrained joint

在钢管承口或插口套入两条胶圈,形成轴向自紧、径向密封的柔性连接钢管接口。

2.2 主要符号

2.2.1 管道上的作用:

F_{vk} ——管内真空压力标准值;

F_{wd} ——钢管管道内工作压力标准值;

$F_{wd,k}$ ——钢管管道的设计内水压力标准值;

$F_{cr,k}$ ——钢管管壁截面失稳的临界压力标准值;

$F_{sv,k}$ ——每延长米管道上管顶的竖向土压力标准值;

$F_{pw,k}$ ——在设计内水压力作用下,该处管道承受的推力标准值;

$F_{fw,k}$ ——浮托力标准值；

G_{lk} ——钢管管道结构自重标准值；

G_{wk} ——管道内水重标准值；

q_{vk} ——地面车辆轮压传递到管顶处的单位面积竖向压力标准值；

q_{mk} ——地面堆积荷载产生的竖向压力标准值。

2.2.2 材料性能：

E_p ——钢管管材弹性模量；

E_d ——钢管管侧土的综合变形模量；

f ——钢管管材或焊缝的强度设计值；

α_t ——钢管管材的线膨胀系数；

ν_p ——钢管管材的泊桑比；

ν_s ——钢管管侧回填土的泊桑比；

γ_s ——回填土重度。

2.2.3 几何参数：

DN ——管道的公称直径；

D_0 ——圆形管道的计算直径；

D_1 ——圆形管道的外径；

D_n ——圆形管道的内径；

H_s ——管顶至设计地面的覆土高度；

L ——管道长度；

b_0 ——管壁计算宽度；

t ——管壁厚度；

t_0 ——管壁计算厚度；

r_0 ——管的计算半径；

$\omega_{d,max}$ ——管道在准永久组合作用下的最大竖向变形；

α_0 ——管道接口允许转角。

2.2.4 计算系数：

γ_0 ——管道结构重要性系数；

- γ_{G1} ——钢管管道结构自重分项系数；
 $\gamma_{G,sv}$ ——竖向土压力分项系数；
 γ_{Gw} ——管内水重分项系数；
 γ_Q ——设计内水压力、地面车辆荷载、地面堆积荷载和温度作用的分项系数；
 φ ——弯矩折减系数；
 k_{gm} 、 k_{vm} 、 k_{wm} ——分别为钢管管道结构自重、竖向土压力和管内水重使用下管壁截面的最大弯矩系数；
 k_b ——竖向压力作用下柔性管的竖向变形系数；
 D_l ——变形滞后效应系数；
 K_{st} ——钢管管壁截面的设计稳定性抗力系数；
 K_s ——抗滑稳定性抗力系数；
 K_f ——抗浮稳定性抗力系数；
 ψ_c ——可变作用的组合系数；
 ψ_q ——准永久值系数。

3 材 料

3.1 钢 材

3.1.1 钢管的钢材强度等级不应低于 Q235B,其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定。

3.1.2 钢管的焊接材料应符合下列规定:

1 手工焊接用的焊条,应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 的有关规定。选用焊条型号应与钢管管材力学性能相适应。

2 自动焊或半自动焊应采用与钢管管材力学性能相适应的焊丝和焊剂。焊丝应符合现行国家标准《溶化焊用钢丝》GB/T 14957 的有关规定。

3.1.3 钢管管材和焊缝的强度设计值,应根据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定采用。

3.1.4 钢材的物理性能指标应按表 3.1.4 采用。

表 3.1.4 钢材的物理性能指标

弹性模量 E_p (N/mm ²)	重度 γ_{st} (kN/m ³)	线膨胀系数 α_t (以每℃计)	泊桑比 ν_p
2.06×10^5	78.5	12×10^{-6}	0.3

3.2 橡胶密封圈

3.2.1 钢管承插式柔性接口橡胶密封圈应按其接口构造配置相应的橡胶密封圈。

3.2.2 橡胶密封圈宜采用模压成型的截面,应由钢管接头生产厂配套供应。

3.2.3 橡胶密封圈的性能应符合现行国家标准《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873 的有关规定。

3.2.4 橡胶圈应质地紧密、表面光滑,不得有空隙、气泡、裂纹和重皮。

3.2.5 橡胶圈经弯曲试验,任何部位都应无明显裂纹。采用挤出成型的橡胶圈,搭接部分延伸 100%并旋转 360°,不得出现裂纹。

3.2.6 橡胶圈质量应符合下列规定:

- 1 橡胶圈应具有产品质量保证书;
- 2 橡胶圈规格尺寸应符合设计要求;
- 3 橡胶密封圈的外观不应有气泡、杂质、裂口和凹凸不平等缺陷。

3.2.7 橡胶圈的存放应符合下列规定:

- 1 橡胶圈应存放在阴凉、清洁的环境下,不得在阳光下暴晒;
- 2 橡胶圈不得与溶剂、易挥发物、油脂和可产生臭氧的装置放在一起;
- 3 橡胶圈宜以无拉伸、无压缩、无其他变形的松弛方式存放;
- 4 当管子在露天长时间堆放时,橡胶圈应采用防止紫外线辐射的措施。

3.3 管 材

3.3.1 钢管管材应符合国家现行标准《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 和《普通流体输送管道用埋弧焊钢管》SY/T 5037 的有关规定,并应符合下列规定:

- 1 钢管壁厚负偏差应小于或等于 0.8mm;
- 2 液压试验的管材应包括承插口。

3.3.2 柔性接口的密封要求可按现行国家标准《水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 的有关规定执行,其中接口的允许转角应符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 接口允许转角

公 称 直 径	允许转角 $\alpha_0(^{\circ})$
600 以下	≥ 1.8
600~1000	≥ 1.2
1000~1500	≥ 1.0
1500 以上	≥ 0.8

3.3.3 钢管用于输送饮用水的给水工程管道时,与饮用水直接接触的管道材料应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的有关规定。

4 管道水力计算

4.0.1 管道总水头损失,可按下式计算:

$$h_z = h_y + h_j \quad (4.0.1)$$

式中: h_z ——管道总水头损失(m);

h_y ——管道沿程水头损失(m);

h_j ——管道局部水头损失(m)。

4.0.2 管道沿程水头损失计算,可根据管道内壁防腐层涂覆完成后的粗糙程度,采用不同的计算公式,并应符合下列规定:

1 对于内衬塑料的内壁光滑粗糙系数较低的管道,应采用下列公式进行计算:

$$h_y = \lambda \cdot \frac{L}{d_j} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.0.2-1)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta}{3.72 d_j} \right) \quad (4.0.2-2)$$

$$\text{Re} = \frac{v d_j}{\nu} \quad (4.0.2-3)$$

式中: λ ——沿程阻力系数;

L ——管道长度(m);

d_j ——管道的计算内径(m);

v ——管道断面水流平均流速(m/s);

g ——重力加速度,9.81m/s²;

Δ ——当量粗糙度(m),可取 $0.010 \times 10^3 \sim 0.030 \times 10^3$ 之间;

Re ——雷诺数;

ν ——运动黏性系数(m²/s)。

2 对于内衬水泥砂浆和涂料的管道,应按下式计算:

$$h_y = i \cdot l \quad (4.0.2-4)$$

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} \quad (4.0.2-5)$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (4.0.2-6)$$

式中： i ——管道单位长度的水头损失(水力坡降)；

C ——流速系数；

R ——水力半径(m)；

n ——管道的粗糙系数，可取 0.0105~0.012。

4.0.3 管道的局部水头损失宜按下式计算：

$$h_j = \sum \xi \frac{v^2}{2g} \quad (4.0.3)$$

式中： ξ ——局部水头损失系数。

4.0.4 输配水管道应进行瞬态水力过渡过程分析计算，并进行水锤综合防护技术设计。

4.0.5 排水管道流量、流速可按下列公式计算：

$$Q = A v_p \quad (4.0.5-1)$$

$$v_p = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (4.0.5-2)$$

式中： Q ——流量(m^3/s)；

A ——过水断面面积(m^2)；

v_p ——流速(m/s)；

n ——管内壁粗糙系数， n 取 0.012；

I ——水力坡度。

5 管道结构计算

5.1 基本设计规定

5.1.1 管道工程结构设计使用年限应满足管道工程系统设计的要求。城镇给水排水工程中地下干管的管道结构设计使用年限不应低于 50 年。

5.1.2 管道结构上的荷载应符合现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 和现行协会标准《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》CECS 141 的有关规定。

5.1.3 钢管管道结构应按下列两种极限状态进行设计：

1 承载能力极限状态：对应于管道达到最大承载能力，管体因材料强度超过限值而破坏；管道结构因过量变形而不能继续承载或丧失稳定；管道结构作为刚体失去平衡；管道地基丧失承载能力而破坏。

2 正常使用极限状态：对应于管道结构超过正常使用的变形量限值。

5.1.4 在确定结构分析模型时，钢管管道应按柔性管计算，并按弹性体系计算内力，不考虑非弹性变形引起的内力重分布。

5.1.5 土弧基础设计和施工采用的土弧中心角度，应按下列规定确定：

1 施工采用的土弧中心角，应在结构计算采用的土弧中心角的基础上增加 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ；

2 对素土平基敷设的管道，可按土弧中心角为 20° 计算。

5.1.6 柔性接口钢管管道在敷设方向改变时，应采取抗滑稳定措施。埋地柔性接口钢管管道在敷设方向改变处可设置支墩，抗滑稳定性抗力系数 K ，不应小于 1.5。

5.1.7 对管壁截面进行稳定验算时,各种作用均应采用标准值,并满足设计稳定性抗力系数 K_{st} 不低于 2.0。

5.1.8 对埋设在地表水或地下水以下的钢管道,应根据最高地下水水位和管道覆土条件验算抗浮稳定性。验算时各项作用均应取标准值,并应满足抗浮稳定性抗力系数 K_f 不低于 1.1。

5.1.9 钢管管道在准永久组合作用下,最大竖向变形限值应按下列规定采用:

1 当采用水泥砂浆等刚性材料作为防腐内衬时,最大竖向变形不应超过 $0.03D_0$;

2 当采用延性良好的防腐涂料作为内衬时,最大竖向变形不应超过 $0.04D_0$ 。

5.2 强度计算

5.2.1 钢管管道的强度计算,应满足下列要求:

$$\gamma_0 \cdot \eta \cdot \sigma_0 \leq f \quad (5.2.1)$$

式中: γ_0 ——管道结构重要性系数,应根据表 5.2.1 的规定采用;

σ_0 ——钢管管壁截面由基本组合作用产生的最大环向应力 (N/mm^2);

η ——应力折算系数,可取 0.9;

f ——钢管管材或焊缝的强度设计值,按本规程第 3.1.3 条的规定采用。

表 5.2.1 管道的重要性系数 γ_0

管道类别	给水管		排水管道	
	输水管	配水管	污水管	雨水管
重要性系数 γ_0	1.1	1.0	1.0	0.9

注:1 当输水管道设计为双线或设有调蓄设施时, γ_0 可取 1.0;

2 排水管道中的雨水、污水合流管, γ_0 值应按污水管采用。

5.2.2 钢管管壁截面的最大环向应力 σ_0 应按下列公式确定:

$$\sigma_0 = \frac{N}{b_0 t_0} + \frac{6M}{b_0 t_0^2} \quad (5.2.2-1)$$

$$N = \phi_c \gamma_Q F_{wd,k} r_0 b_0 \quad (5.2.2-2)$$

$$M = \varphi \frac{(\gamma_{G1} k_{gm} G_{lk} + \gamma_{G,sv} k_{vm} F_{sv,k} + \gamma_{Gw} k_{wm} G_{wk} + \gamma_Q \Psi_c k_{vm} q_{ik} D_1) r_0 b_0}{1 + 0.732 \frac{E_d}{E_p} \left(\frac{r_0}{t_0} \right)^3} \quad (5.2.2-3)$$

$$\varphi = 1 - \frac{F_{wd}}{3} \quad (5.2.2-4)$$

- 式中：
- b_0 ——管壁计算宽度(mm)；
 - φ ——弯矩折减系数；
 - t_0 ——管壁计算厚度(mm)，取 $t_0 = t - 2$ ， t 为管壁厚度；
 - r_0 ——管的计算半径(mm)；
 - M ——在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向弯矩设计值(N·mm)；
 - N ——在荷载组合作用下钢管管壁截面上的最大环向轴力设计值(N)；
 - E_d ——钢管管侧土的综合变形模量(N/mm²)，当为单线敷设时可按本规程附录 A 采用；当为双线敷设或与其他管线合槽施工时，其取值应根据实际情况确定；
 - E_p ——钢管管材弹性模量(N/mm²)；
 - k_{gm} 、 k_{vm} 、 k_{wm} ——分别为钢管管道结构自重、竖向土压力和管内水重使用下管壁截面的最大弯矩系数，可按本规程附录 B 确定；
 - D_1 ——圆形管道的外径(mm)；
 - γ_{G1} ——钢管管道结构自重分项系数，取 1.2；
 - $\gamma_{G,sv}$ ——竖向土压力分项系数，取 1.27；
 - γ_{Gw} ——管内水重分项系数，取 1.2；

- γ_Q ——设计内水压力、地面车辆荷载、地面堆积荷载和温度作用的分项系数,取 1.4;
- G_{1k} ——钢管管道结构自重标准值(kN/m);
- F_{wd} ——钢管管道内工作压力标准值(kN/m²);
- $F_{wd,k}$ ——钢管管道的设计内水压力标准值(kN/m²);
- $F_{sv,k}$ ——每延长米管道上管顶的竖向土压力标准值(N/mm), $F_{sv,k} = \gamma_s H_s D_1$;
- γ_s ——回填土重度(kN/m³);
- H_s ——管顶至设计地面的覆土高度(m);
- G_{wk} ——管道内水重标准值;
- Ψ_c ——可变作用的组合系数,取 0.9;
- q_{ik} ——地面车辆荷载 q_{vk} 或地面堆积荷载 q_{mk} ,应根据设计条件采用其中较大值;
- q_{vk} ——地面车辆轮压传递到管顶处的单位面积竖向压力标准值;
- q_{mk} ——地面堆积荷载产生的竖向压力标准值。

5.3 稳定验算

5.3.1 钢管管壁截面的稳定性验算,应满足下式要求:

$$F_{cr,k} \geq K_{st} \left(\frac{F_{sv,k}}{2r_0} + q_{ik} + F_{vk} \right) \quad (5.3.1)$$

式中: $F_{cr,k}$ ——钢管管壁截面失稳的临界压力标准值(N/mm²);

F_{vk} ——管内真空压力标准值(N/mm²);

K_{st} ——钢管管壁截面的设计稳定性抗力系数,可取 2.0。

5.3.2 钢管管壁截面的临界压力应按下式计算:

$$F_{cr,k} = \frac{2E_p(n^2 - 1)}{3(1 - \nu_p^2)} \left(\frac{t}{D_0} \right)^3 + \frac{E_d}{2(n^2 - 1)(1 + \nu_s^2)} \quad (5.3.2)$$

式中: n ——钢管管壁失稳时的折皱波数,其取值应使 $F_{cr,k}$ 为最小

值,并为等于、大于 2.0 的整数;

v_p ——钢管管材的泊桑比;

v_s ——钢管管侧回填土的泊桑比;

D_0 ——钢管管道的计算直径,可取管壁中线距离(mm)。

5.3.3 柔性接口钢管管道敷设水平方向改变处当采用重力式支墩时,可满足下列公式要求:

$$(E_{pk} - E_{ak} + F_{fk})/F_{pw,k} \geq K_s \quad (5.3.3-1)$$

$$p \leq f_a \quad (5.3.3-2)$$

$$p_{\min} \geq 0 \quad (5.3.3-3)$$

$$p_{\max} \leq 1.2f_a \quad (5.3.3-4)$$

$$E_{pk} = \gamma_s z A \tan^2(45^\circ + \varphi/2) \quad (5.3.3-5)$$

$$E_{ak} = \gamma_s z B \tan^2(45^\circ - \varphi/2) \quad (5.3.3-6)$$

式中: E_{pk} ——支墩抗推力一侧作用在支墩上的被动土压力合力标准值(kN);

E_{ak} ——支墩沿推力一侧作用在支墩上的主动土压力合力标准值(kN);

z ——自地面至支墩侧面中点的深度(m);

ϕ ——土的内摩擦角;

A 、 B ——分别为支墩外侧、内侧的面积(m^2);

F_{fk} ——支墩底部滑动平面上的摩擦力标准值(kN);

$F_{pw,k}$ ——在设计内水压力作用下,该处管道承受的推力标准值(kN);

K_s ——抗滑稳定性抗力系数, K_s 可取 1.5;

p ——支墩作用在地基土上的平均压力(kPa);

p_{\min} ——支墩作用在地基土上的最小压力(kPa);

p_{\max} ——支墩作用在地基土上的最大压力(kPa);

f_a ——经过深度修正的地基土承载力特征值(kPa),应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定确定。

5.3.4 钢管管道的抗浮验算,应满足下式的要求:

$$\sum F_{Gk} \geq K_f \cdot F_{fw,k} \quad (5.3.4)$$

式中: $\sum F_{Gk}$ ——各种抗浮作用标准值之和;

$F_{fw,k}$ ——浮托力标准值;

K_f ——抗浮稳定性抗力系数,不应低于 1.1。

5.4 刚度验算

5.4.1 钢管管道在准永久组合作用下的最大竖向变形验算,应满足下式要求:

$$\omega_{d,max} \leq \varphi_d D_0 \quad (5.4.1)$$

式中: $\omega_{d,max}$ ——管道在准永久组合作用下的最大竖向变形;

φ_d ——变形百分率,按本规程第 5.1.9 条的规定采用。

5.4.2 钢管管道在准永久组合作用下的最大变形竖向 $\omega_{d,max}$,应按式计算:

$$\omega_{d,max} = D_L \frac{k_b r_0^3 (F_{sv,k} + \Psi_q q_{ik} D_0)}{E_p I_p + 0.061 E_d r_0^3} \quad (5.4.2)$$

式中: D_L ——变形滞后效应系数,可取 1.0~1.5 计算;

k_b ——竖向压力作用下柔性管的竖向变形系数,按本规程附录 B 确定;

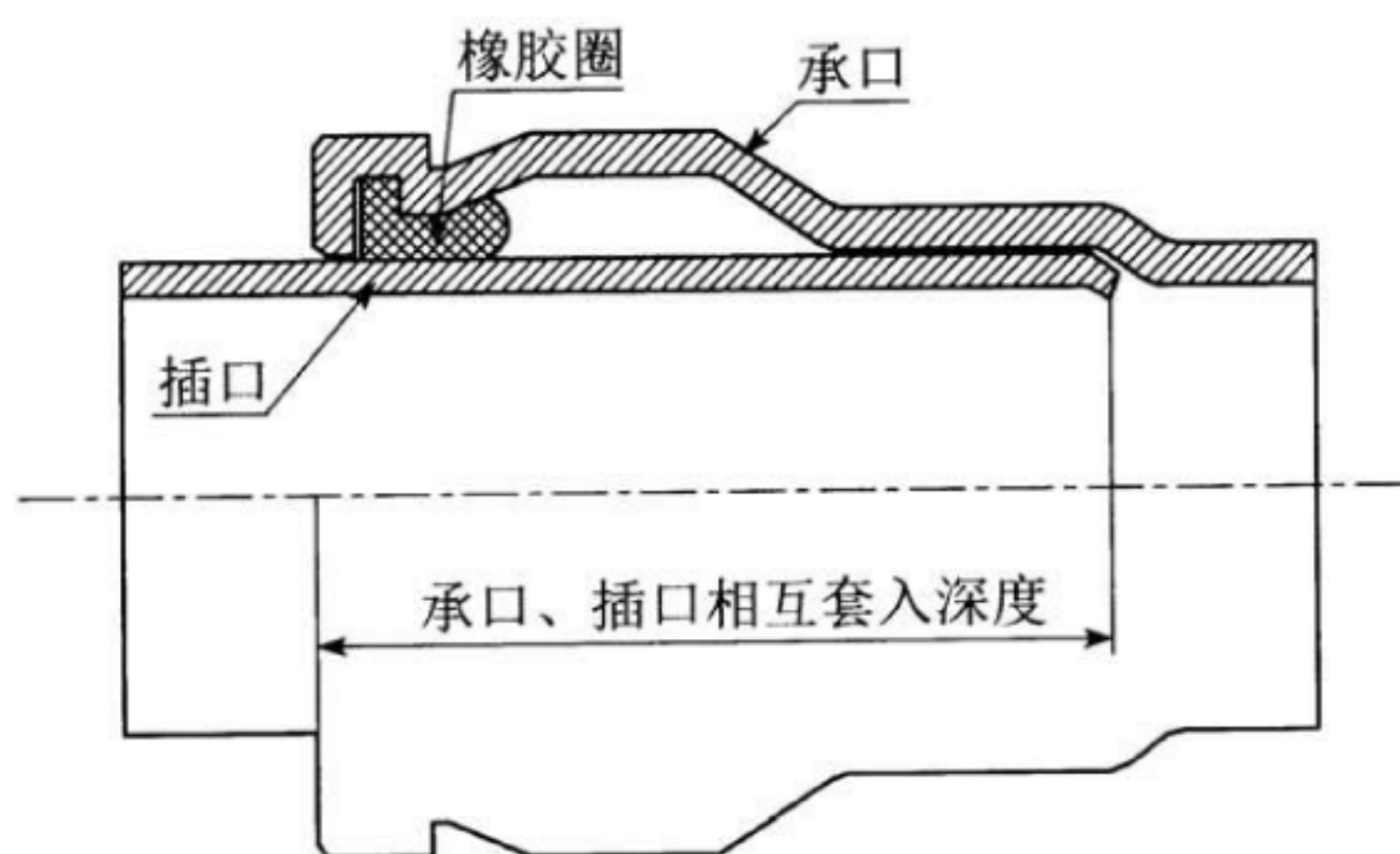
I_p ——钢管管壁纵向截面单位长度的截面惯性矩(mm^4);

Ψ_q ——准永久值系数,取 0.5。

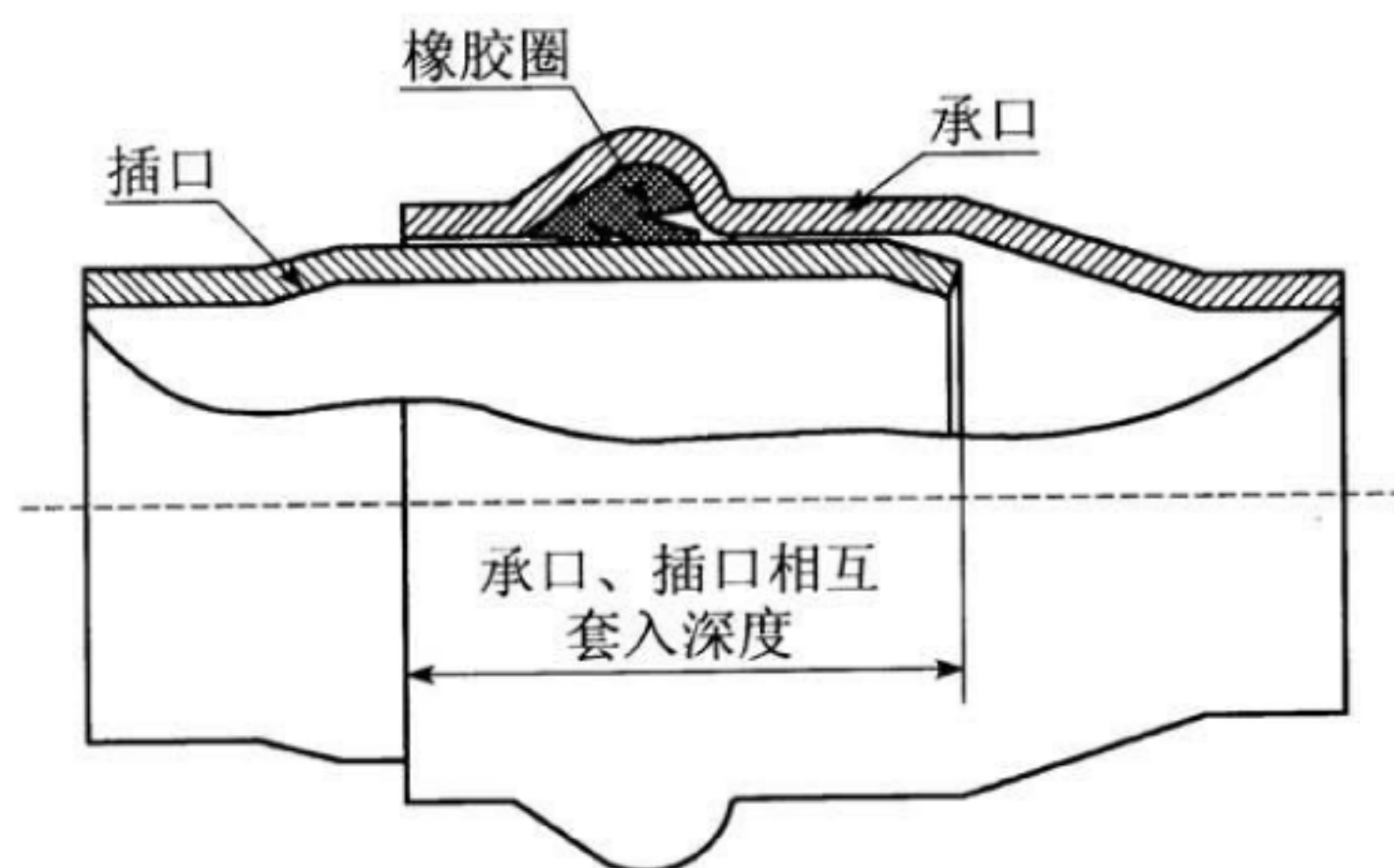
6 构造要求

6.1 管 道

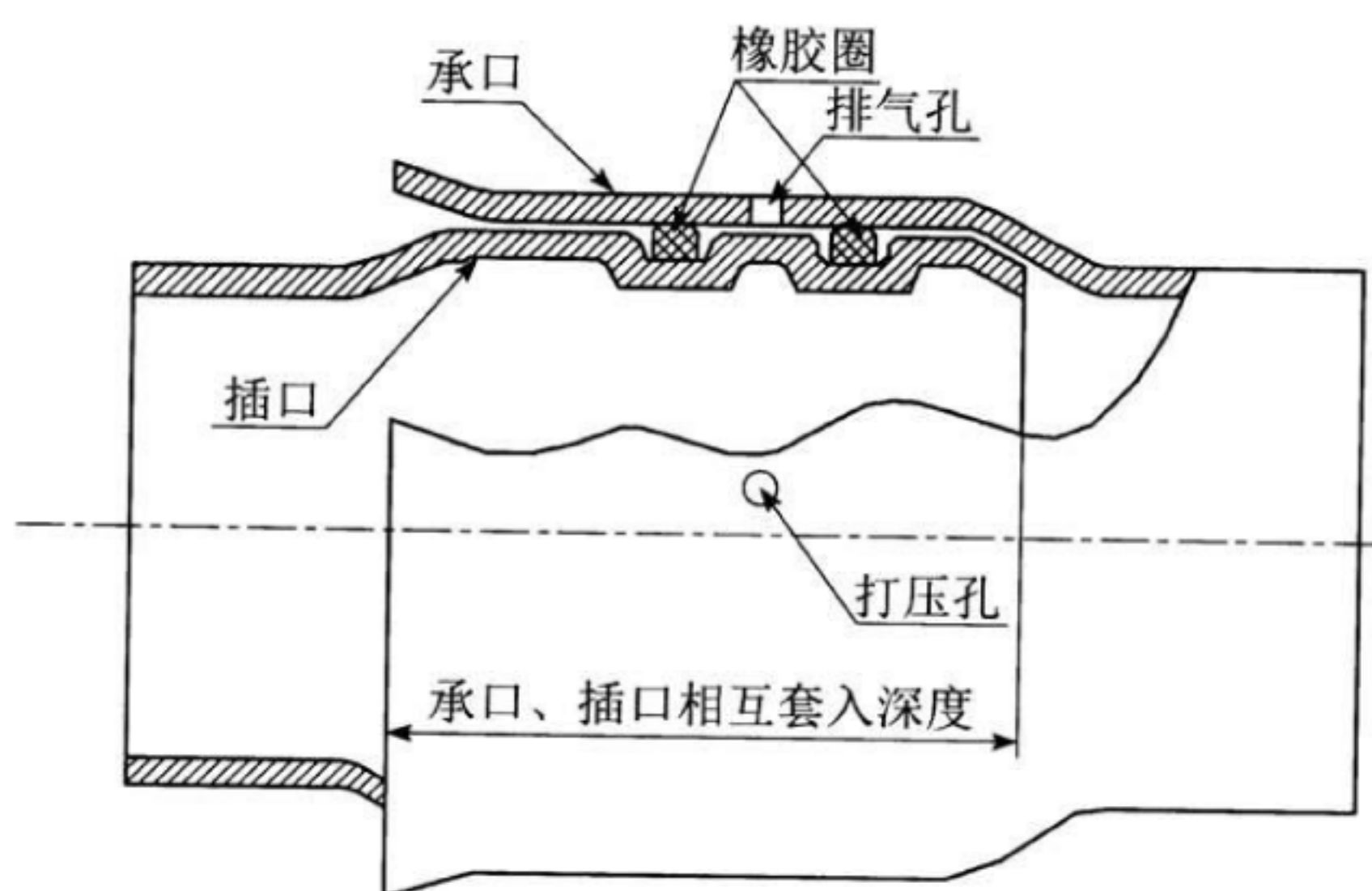
6.1.1 承插式柔性连接钢管接口有单胶圈柔性连接钢管接口、双胶圈柔性连接钢管接口等形式(图 6.1.1)。



(a) 单胶圈柔性连接钢管接口 I



(b) 单胶圈柔性连接钢管接口 II



(c) 双胶圈柔性连接钢管接口

图 6.1.1 承插式柔性连接钢管典型接口形式示意图

- 6.1.2** 钢管管道的设计厚度,应根据计算需要的厚度另加构造厚度,构造厚度不应小于 2mm。
- 6.1.3** 钢管膨胀后承插口部位管壁厚度不应影响管壁受力要求。
- 6.1.4** 钢管制作的椭圆度不得大于 $0.01D_1$;在管节的安装端部不得大于 $0.005D_1$;承、插口不大于 $0.003D_1$,并应满足承插接口的间隙要求。
- 6.1.5** 膨胀承插口表面应光滑,不得有裂纹、褶皱及豁口等缺陷。
- 6.1.6** 承插式柔性接口钢管的长度应根据管线的土质和施工运输条件确定。钢管的定尺长度宜为 6m 或 12m,其全长偏差为 $\pm 20\text{mm}$,非定尺管长度及公差应由供需双方协商确定。
- 6.1.7** 对于柔性接口连接的管道,采用接口转角改变管道敷设方向时,单个接口可用转角值不得大于接口允许转角的 $1/2$,柔性接口允许转角可按表 3.3.2 取值。
- 6.1.8** 承插式钢管管道上有闸阀、流量计等管件需法兰连接时,或者承插式钢管需要与其他类型的管道连接时,承插式钢管可一端制作成承口或插口,另一端焊法兰盘。法兰盘按现行国家标准《板式平焊钢制管法兰》GB/T 9119 的平面、突面板式平焊钢制法

兰和《钢制管法兰 技术条件》GB/T 9124 的钢制管法兰的有关规定执行。

6.1.9 管道防腐应根据管道的使用年限、环境、使用介质条件做好设计。输送饮用水的给水工程管道防腐材料的卫生性能应符合本规程第 3.3.3 条的规定。

6.1.10 钢管采用阴极保护时,应将导线在钢管接口的承口与插口采用铝热焊跨接,以保证钢管接口导电的连续性,并应满足现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的有关要求。

6.1.11 承插式涂层钢管上应有清晰、耐久性标志。标志内容至少应包括生产企业名称(或代号)、钢管公称外径、壁厚、材质、长度、执行标准、管号、生产年月等,在插口部位应标记插入深度的标识。

6.2 沟 槽

6.2.1 沟槽形式应根据施工地段的土质、地下水位、管道直径、埋设深度、施工季节及地面构筑物状况等进行选择。

6.2.2 沟槽底部的开挖宽度可按下式计算确定:

$$B \geq D_1 + 2(b_1 + b_2) \quad (6.2.2)$$

式中: B ——管道沟槽底部的开挖宽度(mm);

D_1 ——管道外径(mm);

b_1 ——管道一侧的工作面宽度(mm),可按表 6.2.2 选取;

b_2 ——有支撑要求时,管道一侧的支撑厚度可取 150mm ~ 200mm。

表 6.2.2 管外壁到沟壁的距离 b_1 值

管公称直径 DN (mm)	b_1 (mm)
$600 \leq DN \leq 1000$	400
$1000 < DN \leq 1400$	500
$1400 < DN \leq 3000$	700

6.2.3 沟槽深度 H_0 可由下式确定:

$$H_0 = D_1 + H_1 + H_2 \quad (6.2.3)$$

式中: H_1 ——管顶覆土厚度(m);

H_2 ——基础厚度(m)。

6.2.4 管顶覆土厚度应满足下列条件:

- 1 管顶覆土厚度不宜小于 0.70m;
- 2 道路下铺设的管道覆土厚度不宜小于 1.0m;当覆土厚度小于 1.0m 时,在管顶覆土时应采取荷载分散的结构加强措施或加固管道;
- 3 管顶应在冰冻线以下,当无法实现时,应有可靠的防冻保护措施;
- 4 覆土厚度应保证管道放空时在地下水位最高的情况下不发生漂浮。

6.2.5 管线穿越河道时,其埋深应同时满足相应防洪标准的冲刷深度和规定疏浚深度,并预留安全埋深。

6.3 地基基础与回填

6.3.1 管道的天然地基承载力不能满足设计要求时,应进行地基处理。

6.3.2 当满足承载力要求的天然地基槽底超挖或发生扰动时,可按下列规定处理:

- 1 超挖深度小于 150mm 时,可利用挖槽原土回填夯实,其压实度不应低于原地基土的密实度;
- 2 地下水位高或其他情况不适于采用原土压实时,应采取换填等有效措施进行处理。

6.3.3 当管道采用人工土弧基础时,其基础应采用中粗砂铺设。管底以上部分人工土弧砂基础的尺寸可根据工程需要的砂基角度确定。管底以下部分人工土弧砂基础的厚度可按下式确定,但不宜大于 0.3m。

$$h_d \geq 0.1(1 + D_n) \quad (6.3.3)$$

式中： h_d ——管底以下部分人工土弧砂基础厚度(m)；

D_n ——圆形管内径(m)。

6.3.4 管道周围回填土的压实系数，应在设计文件中明确规定。当管底以下部分为人工土弧基础时，压实系数应控制在 0.85～0.9。管底以上部分的人工土弧基础和管两侧胸腔部分的回填土压实系数，应根据设计要求确定。

6.3.5 设计要求换填时，应按要求清槽，并经检查合格；换填材料应符合设计要求。

6.4 支 墩

6.4.1 管道弯头、变径、三通、支管等处按设计要求应设置支墩。

6.4.2 管节及管件的支墩和锚定结构应位置准确、锚定牢固。钢制锚固件应采取相应的防腐处理。

6.4.3 支墩应在坚固的地基上修筑。无原状土作后背墙时，应采取保证支墩在受力情况下，不致破坏管道接口。采用砌筑支墩时，原状土与支墩之间应采用砂浆填塞。

6.4.4 支墩应在管节接口做完、管节位置固定后修筑。

6.4.5 支墩施工前，应将支墩部位的管节、管件表面清理干净。

6.4.6 支墩宜采用混凝土浇筑，其强度等级不应低于 C20。采用砌筑结构时，水泥砂浆强度等级不应低于 M10。腐蚀环境下支墩应采取防腐蚀措施。

6.4.7 管节安装过程中的临时固定支架，应在支墩的砌筑砂浆或混凝土达到规定强度后方可拆除。

6.4.8 管道及管件支墩施工完毕，并达到强度要求后方可进行水压试验。

7 管道施工

7.1 一般规定

7.1.1 承插式柔性接口钢管管道工程的施工及质量验收要求,除符合本规程的规定外,尚应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

7.1.2 管道各部位结构和构造形式、所用管节、管件、橡胶圈及主要工程材料等应符合本规程第 3 章的规定、设计文件要求和有关产品质量标准的规定。柔性钢管接口的产品,应具有国家认可的专业检测机构的型式检验报告。

7.2 施工准备

7.2.1 施工前应由设计单位进行设计技术交底。

7.2.2 施工前应认真分析、核查地质资料,并进行现场调查,掌握沿线与工程有关的情况和资料。

7.2.3 施工前,施工单位应按有关规定编制施工组织设计,并经审批同意后方可作为组织施工、质量监理和工程结算的依据。

7.2.4 临时水准点、控制桩等应根据现场交桩资料及有关规定设置,并保存完整的原始记录。对已建的建筑物、构筑物的平面位置和高程应进行校测。

7.2.5 施工前应有可靠的临时降、排水措施和相应的设施,并由专人管理和检查。

7.2.6 施工负责人应根据工程部位和工序要求,向施工人员进行施工技术交底,并应办理书面交底手续。

7.3 管材装卸和堆放

- 7.3.1 管材在装卸过程中应轻拿轻放,严禁摔跌或撞击。
- 7.3.2 装卸时吊索宜用柔韧的、较宽的皮带、吊带或绳,不得用钢丝绳或铁链直接接触吊装管材。
- 7.3.3 管材的起吊应采用两个吊点起吊,严禁用钢丝绳从管内穿心吊装。
- 7.3.4 管材装卸机具的工作位置和机具的起吊能力应稳定、安全可靠。
- 7.3.5 当管材直接放在地下堆放时,地面应平坦,严禁将管材放在尖锐的硬物上,所有堆放的管材应加木楔防止滚动。
- 7.3.6 管材堆放和运输时,对管径 $DN \geq 1400\text{mm}$ 、 $D/t > 75$ 的管材两端应用米字形支撑。
- 7.3.7 管材应按不同型号、规格分别堆放。
- 7.3.8 管材允许的堆放层数应符合表 7.3.8 的规定。

表 7.3.8 管材允许的堆放层数

公称内径	堆放层数
600~800	3
1000~1200	2
≥ 1400	1

- 7.3.9 堆放时,上下层垫子应对齐,垫木的厚度宜不接触承、插口,垫木安放位置距管端距离应为管长的 $1/5$ 。

7.4 管材运输

- 7.4.1 管材应稳定地安放在运输车辆上。
- 7.4.2 待发运的管材应做好管壁及接头承插口端的保护。
- 7.4.3 长途运输的管材可采用套装方式装运,套装的管材间应设有衬垫材料,并应相对固定。严禁在运输过程中发生管与管、管与其他硬物之间的直接接触和碰撞。

7.5 管道敷设

7.5.1 在管道基础施工完毕并达到有关技术要求后,方可敷设管道。

7.5.2 敷设管道前应复核高程样板,排除槽内积水。

7.5.3 两端管中心位置及标高应根据高程样板确定。

7.5.4 承插式管道排管宜从下游排向上游,管节承口宜对向上游,插口对向下游。

7.5.5 承插式连接接口的管道下管前应进行下列工作:

1 管节内外壁、承插口和橡胶圈应进行外观检查,有损伤或变形应进行处理或调换;

2 不应使用任何有损坏迹象的管材,发现有质量问题的管材或管件应及时处理;

3 清除承口内侧和插口外部的灰尘、砂子、毛刺等附着物;

4 在接口处应挖一个连接坑,其长度宜为 $0.8\text{m}\sim 1\text{m}$,宽度宜为沟槽宽度,深度宜为 0.2m ;

5 用布将管材的连接部位擦净,同时用一种中性润滑剂,如硅油、液体凡士林等涂擦承口或插口;

6 对于承插式连接的管,再次清理承口或插口部分,将密封橡胶圈涂润滑剂,并在两手之间转动,检查涂覆完好(橡胶圈及承口的内侧或插口的外侧任何部分缺少润滑剂都将影响承插效果);

7 把橡胶圈放入承口内或套入插口上,沿橡胶圈四周依次向外推拉,以保证胶圈在插口受力均匀、没有扭曲;

8 在插口上应按要求做好安装标记。

7.5.6 管道连接可采用下列方法进行:

1 采用横跨沟槽的挖掘机推接,应在承口前衬填厚木板,以防管节的端面被碰伤,然后伸展吊臂,沿着管轴线方向推动管节,直至插口到达预定的连接位置;

2 采用软性的绳索捆扎在被连接的管道上,应利用在沟槽一侧的挖掘机慢慢向前移动而拉动管道,直至插口达到预定的连接

位置；

3 可采用管道卡环(卡环与管道间应加衬垫)和紧线器(如手动棘轮或葫芦)安装管接口。

7.5.7 管节承插就位后,放松吊索和其他紧管工具,然后应进行下列检查:

1 复核管节的高程和中心线。

2 承插式接口连接完毕,应将钢尺插入钢管承插口之间,检查橡胶圈周圈的环向位置,应确保橡胶圈嵌入同一深度。

3 承插式接口采用双胶圈,安装时应将单口水压试验用的进水口设在管道底部,并按下列规定进行单口水压试验:

1) 管道接口连接完毕后应进行单口水压试验;

2) 采用弹簧压力计时精度不应低 1.5 级,最大量程宜为试验压力的 1.3~1.5 倍,表壳的公称直径不应小于 150mm,使用前应校正;

3) 水压试验时应先排净水压腔内的空气;

4) 试验压力应按表 7.5.7 确定;

5) 当单口试压试验通不过,且确定是接口漏水时,应马上拔出管节,找出原因,重新安装,直至符合要求止。

表 7.5.7 压力管道水压试验的试验压力 (MPa)

工作压力	试验压力
F_{wd}	$F_{wd} + 0.5$, 且不小于 0.9

4 承插式接口采用单密封圈进行单口水压试验时,应设置临时密封装置。

5 当管道需曲线铺设时,接口的最大可用偏转角度应符合设计要求,若无设计要求时应满足本规程第 6.1.7 条的要求。

7.5.8 管道连接完毕且达到规定要求后应进行稳管。

7.6 回 填

7.6.1 管道安装施工完毕并经检验合格后,沟槽应及时回填。回

填前应检查管道的外防腐层有无损伤,发现后及时进行修补。回填时,水压试验前除接口处外,管道两侧及管顶以上应先行回填,其管顶回填土高度不应小于 0.50m,且满足抗浮要求。水压试验合格后,应及时回填其余部分。

7.6.2 管区回填材料应符合下列规定:

- 1 按设计要求正确地选择管区回填材料,回填材料宜采用中粗砂、砾石砂、粉煤灰、碎石屑等粒状材料,且回填材料应达到设计规定的质量要求;
- 2 淤泥有机土、冻土等不良土不得作为管区回填材料。

7.6.3 沟槽回填前应符合下列规定:

- 1 砖、石、木块等杂物应清除干净;
- 2 采用明沟排水时,应保持排水沟畅通,沟槽内不得有积水;
- 3 采用降水施工时,其地下水位应保持在离沟槽底部 0.5m 以下。

7.6.4 回填应符合下列规定:

- 1 回填土的含水量,宜按土类和采用的压实工具控制在最佳的含水量附近。
- 2 回填土的每层虚铺厚度,应按采用的压实工具和要求的压实度确定。对常用压实工具,铺土厚度可按表 7.6.4 中的数值选用。

表 7.6.4 回填土每层虚铺厚度 (mm)

压 实 工 具	虚 铺 厚 度
木夯、铁夯	≤200
轻型压实设备	200~250
压路机	200~300
振动压路机	≤400

- 3 回填土每层的压实遍数,应按要求的压实度、压实工具、虚铺厚度和含水量,经现场试验确定。
- 4 当采用重型压实机械压实或较重车辆在回填土上行驶时,

管道顶部以上应有一定厚度的压实回填土,其最小厚度应按压实机械的规格和管道的设计承载力,通过计算确定。当无计算结果,在管道上方 1m 以内的区域回填时,不得用重型机械进行夯实,应用重量不超过 100kg 的轻型压实设备夯实,以免损伤管道。

5 回填土或其他材料运入槽内不得损伤管材及其接口,并应符合下列规定:

- 1) 根据一层虚铺厚度的用量将回填材料运至槽内,且不得在影响压实的范围内堆料;
- 2) 管道两侧和管顶以上 0.5m 范围内的回填材料,应由沟槽两侧对称运入槽内,不得直接扔在管道上;回填其他部位时,应均匀运入槽内,不得集中推入;
- 3) 需要拌和的回填材料,应在运入槽内前拌和均匀,不得在槽内拌和。

6 沟槽回填土或其他材料的压实,应符合下列规定:

- 1) 回填压实应逐层进行,且不得损伤管道;
- 2) 管道两侧和管顶以上 0.5m 范围内,应采用轻夯压实,管道两侧压实面的高差不应超过 0.3m;
- 3) 管道与基础之间的管腋区应注意充分填实;压实时,管道两侧应对称进行,并采取措施,防止管道位移或损伤;
- 4) 同一沟槽中有双排或多排管道的基础底面位于同一高程时,管道之间的回填压实应与管道与槽壁之间的回填压实对称进行;
- 5) 同一沟槽中有双排或多排管道但基础底面的高程不同时,应先回填基础较低的沟槽;回填至较高基础底面高程后,再按上一款规定回填;
- 6) 分段回填压实时,相邻段的接压应呈阶梯形,且不得漏夯;
- 7) 采用木夯、蛙式夯等压实工具时,应夯夯相连;采用压路机时,碾压的重叠宽度不得小于 0.2m;

8) 采用压路机、振动压路机等压实机械压实时,其行驶速度不得超过 2km/h。

7.6.5 回填土的压实度应符合设计要求或按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定执行。

7.6.6 当管道覆盖较浅,或原土回填达不到设计要求的压实度时,应在管道两侧及沟槽位于路基范围内的管道顶部以上回填石灰土、砂、砂砾或其他可以达到要求压实度的材料。

7.6.7 管接口处的连接工作坑回填,应采用中粗砂或砾石砂,管道两侧应同时回填,并用人工夯实。

7.6.8 新建管道与其他管道交叉部位的回填应符合压实度要求,并使回填材料与被支承管道紧贴,或按有关规定进行加固处理。

7.7 施工检测

7.7.1 沟槽开挖应符合下列规定:

1 槽底的松散土、淤泥、大块石、杂物等应清除,并用中粗砂置换,保持不浸水;

2 沟槽允许偏差应符合表 7.7.1 的规定。

表 7.7.1 沟槽开挖的允许偏差

检查项目	允许偏差 (mm)		检查数量		检 验 方 法
			范围	点数	
中线偏位	≤50		无 压 管 道 在 两 井 间 有 压 管 道 每 200m	2	用经纬仪、钢尺量测
槽底高程	土方	±20		3	用水准仪测量
	石方	+20,-200		2	
槽底中线 每侧宽度	不小于规定			6	挂中线用钢尺量测, 每侧计3点
沟槽边坡	不陡于规定			6	用坡度尺量测,每侧计3点

7.7.2 管道基础应符合下列规定:

1 基础不得铺筑在淤泥或松填土上;

2 管道基础允许偏差应符合表 7.7.2 的规定。

表 7.7.2 管道基础的允许偏差

检查项目			允许偏差 (mm)	检查数量		检查方法
				范围	点数	
土(砂及砂砾)基础	高程	压力管道	±30	每个验收批	每 10m 测 1 个断面,且不少于 3 个断面	水准仪测量
		无压管道	0, -15			
	平基厚度		不小于设计要求			钢尺测量,每侧一点
	土弧基础腋角高度		不小于设计要求			钢尺测量,每侧一点

7.7.3 管道敷设应符合下列规定:

- 1 管道应顺直,管节必须垫稳,管内底坡度不得有倒落水;
- 2 排管时,基础面应无淤泥等杂物;
- 3 沟管接缝宽度应保持均匀,有特殊型式的接口,应按设计要求处理;
- 4 管道内不得有泥土、建筑垃圾等杂物;
- 5 管道敷设允许偏差应符合表 7.7.3 的规定;

表 7.7.3 管道铺设的允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)		检 验 频 率		检 验 方 法
				范围	点数	
水平轴线		无压管道	15	每节管	1	经纬仪测量或挂中心线 用钢尺量测
		压力管道	30			
管底 高程 (mm)	$D_n \leq 1000$	无压管道	±10			用水准仪测量
		压力管道	±30			
	$D_n > 1000$	无压管道	±15			
		压力管道	±30			

注: D_n ——圆形管道的内径。

6 管道敷设毕,应在管端加封板,以防泥土和小动物;

7 管道敷设后应按本规程第 7.8 节的要求进行管道功能性试验；

8 承插口拔出后重新安装的管道,应替换新橡胶圈,对防腐、涂层等损伤的部位修补或替换管件后重新安装,并重新进行管道功能性试验。

7.7.4 沟槽回填应符合下列规定：

- 1 管顶以上 0.5m 内不得回填有石块、淤泥、碎砖等杂物；
- 2 回填时沟槽内无积水,严禁在管区内回填淤泥或腐殖土,土应分层夯实,覆土后无弹簧现象；
- 3 沟槽回填土压实度应符合设计要求,当设计无要求时应符合表 7.7.4 的规定。

表 7.7.4 沟槽回填土压实度标准

槽 内 部 位		压实度 (%)	回 填 材 料	检验频率		检 验 方 法
				范围	点数	
管道 基础	管道基础	90 (0,-2)	中砂、粗砂	每 100m	每层 每侧 一组 (每组 3 点)	用环刀法检查或 采用现行国家标准 《土工试验方法标 准》GB/T 50123 中 其他方法
	管道支撑角 范围	≥95				
管道两侧		≥95	中砂、粗砂、 最大粒径小于 20mm 的碎石 屑、砂砾或符合 要求的原土	两井 之间 或每 400m ²		
管顶 以上 500mm	管道两侧	≥90				
	管道上部	87±2				
管顶以上 500mm~ 1000mm 范围内		≥90	素土			

注:砂的最大干密度试验方法应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的有关规定。

7.7.5 管道变形应符合下列规定：

- 1 管道安装埋设覆土到设计标高后,应在 12h~24h 内测量

检验管道的初始变形值。

2 安装后的管道各测量断面初始竖向变形率不得超过 2.0%。

3 管道竖向变形应按下式进行计算：

$$\delta_f = (D_n - D_{n1}) / (D_n + t) \times 100 \quad (7.7.5)$$

式中： D_n ——管道内直径(mm)；

D_{n1} ——管道变形后的竖向内直径(mm)；

t ——管壁厚度(mm)。

4 管道变形的测量偏差不得大于 1mm。

5 安装后的管道不得出现管壁隆起、扁平及其他突变现象。

6 安装后管道的初始竖向变形值大于 2.0%规定值时，可按下列程序纠正变形过大的管道：

- 1) 把回填材料挖出，直到露出管道的 85%处；管道上部 300mm 往下及管两侧面区域应用人工挖掘；
- 2) 检查管道，有损伤的管材应进行修复或更换；
- 3) 重新夯实主管区底部的回填材料；
- 4) 采用合适的回填材料分层回填管区，并逐层夯实；
- 5) 回填到设计标高并检查管道竖向变形，不应超过 2.0%的限值。

7 当管道变形超过 3%时，应更换新管材后再按规定要求安装回填。

8 管道安装后的初始竖向变形量应按下列程序进行检查：

- 1) 完成回填至设计标高；
- 2) 撤走临时性的挡板(如果使用)；
- 3) 关闭排水装置(如果使用)；
- 4) 测量并记录管道的竖向直径；
- 5) 计算竖向变形。

7.7.6 支墩应符合下列规定：

1 管道支墩允许偏差应符合表 7.7.6 的规定。

表 7.7.6 管道支墩的允许偏差

检查项目	允许偏差 (mm)	管道内径		检查方法
		范围	点数	
平面轴线位置 (轴向、垂直轴向)	15	每座	2	用钢尺量测或经纬仪测量
支撑面中心高程	±15		1	用水准仪测量
结构断面尺寸(长、宽、厚)	+10,0		3	用钢尺量测

2 在水压试验时测量支墩的位移量,其最大值应小于 $0.5\% DN$ 。

7.8 管道功能性试验

7.8.1 给排水管道安装完成后应按下列要求进行管道功能性试验:

1 压力管道应按本规程第 7.8.8 条的规定进行压力管道水压试验,试验分为预试验和主试验阶段;试验合格的判定依据分为允许压力降值和允许渗水量值,按设计要求确定;设计无要求时,应根据工程实际情况,选用其中一项值或同时采用两项值作为试验合格的最终判定依据;

2 无压管道应按本规程第 7.8.9 条的规定进行管道的严密性试验,严密性试验采用闭水试验;

3 压力管道水压试验进行实际渗水量测定时,宜采用本规程附录 C 注水法。

7.8.2 管道功能性试验时,应有安全防护措施,作业人员应按相关安全作业规程进行操作。管道水压试验和冲洗消毒排出的水,应及时排放至规定地点,不得影响周围环境和造成积水,并应采取措措施确保人员、交通通行和附近设施的安全。

7.8.3 压力管道水压试验或闭水试验前,应做好水源的引接、排水的疏导等方案。

- 7.8.4 向管道内注水应从下游缓慢注入,注入时在试验管段上游的管顶及管段中的高点应设置排气阀,将管道内的气体排除。
- 7.8.5 冬季进行压力管道水压或闭水试验时,应采取防冻措施。
- 7.8.6 管道的试验长度除本规程规定和设计另有要求外,压力管道水压试验的管段长度不宜大于 1.0km;无压力管道的闭水试验,条件允许时可一次试验不超过 5 个连续井段;对于无法分段试验的管道,应由工程有关方面根据工程具体情况确定。
- 7.8.7 给水管道水压试验应合格,并网运行前进行冲洗与消毒,经检验水质达到标准后,方可允许并网通水投入运行。
- 7.8.8 压力管道水压试验应按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中相关要求进行。试验压力应按表 7.5.7 确定:

1 预试验阶段:将管道内水压缓缓地升至试验压力并稳压 30min,期间如有压力下降可注水补压,但不得高于试验压力;检查管道接口、配件等处有无漏水、损坏现象;有漏水、损坏现象时应及时停止试压,查明原因并采取相应措施后重新试压;

2 主试验阶段:停止注水补压,稳定 15min;当 15min 后压力下降不超过表 7.8.8 中所列允许压力降数值时,将试验压力降至工作压力并保持恒压 30min,进行外观检查若无漏水现象,则水压试验合格。

表 7.8.8 压力管道水压试验的允许压力降 (MPa)

试 验 压 力	允许压力降
$F_{wd} + 0.5$, 且不小于 0.9	0.03MPa

7.8.9 无压管道闭水法试验应按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中相关要求进行,管道闭水试验应按本规程附录 D 进行。

7.8.10 管道采用允许渗水量进行最终合格判定依据时,实测渗水量应小于或等于表 7.8.10 的规定及按公式(7.8.11)计算取得的允许渗水量。

表 7.8.10 管道水压(闭水)试验允许渗水量

管道内径 (mm)	300	400	600	800	900	1000	1200	1400	1600
允许渗水量 (L/min·km)	0.85	1.00	1.20	1.35	1.45	1.50	1.65	1.75	2.00

7.8.11 当管道内径大于表 7.8.10 规定或为非标准尺寸时,实测渗水量应小于或等于按下式计算的允许渗水量:

$$q = 0.05 \sqrt{D_n} \quad (7.8.11)$$

式中: D_n ——管道内径(mm)。

8 工程竣工验收

8.0.1 管道工程在施工完毕后应经过验收合格后方可投入使用,验收分为初验和终验两个阶段,可按附录 E 做好验收记录。

8.0.2 管道验收前应将管道清理干净,在通水前应检验确认管道内无人员和施工设施。

8.0.3 终验时,应核实竣工验收资料,并进行必要的复验和外观检查,其要求应符合有关规定,竣工技术资料应包括下列内容:

- 1 竣工技术资料编制说明总目录。
- 2 工程概况。
- 3 施工合同、施工协议、施工许可证。
- 4 工程开工、竣工报告。
- 5 施工组织设计及其审批文件。
- 6 工程预算。
- 7 工程地质勘察报告。
- 8 控制点(含永久性水准点、轴线坐标)及施工测量定位的依据及其放样、复核记录。
- 9 设计图纸交底及工程技术会议纪要、配合会议纪要。
- 10 设计变更通知单、施工业务联系单、监理业务联系单、工程质量整改通知单。
- 11 质量自检记录,分项、分部工程质量检验评定单。
- 12 隐蔽工程验收单。
- 13 材料、成品、构件的质量保证书或出厂合格证明书。
- 14 工程质量事故报告及调查、处理意见,照片资料及上级部门审批处理记录。
- 15 各类材料试验报告、质量检验报告应包括:

- 1) 管道水压试验或闭水试验记录;
- 2) 管材性能检验报告;
- 3) 管道变形测量报告;
- 4) 由厂商提供的钢管及承插式接口自检报告和有关的技术文件,其中包括管壁厚度及所用原材料的牌号。

16 监理单位质量评审意见。

17 全套竣工图、初步验收意见单、竣工终验报告单及验收会议纪要。

18 工程决算。

8.0.4 工程竣工验收后,建设单位应将有关记录、施工及验收文件和技术资料立卷归档。

附录 A 管侧回填土的综合变形模量

A.0.1 管侧土的综合变形模量应根据管侧回填土的土质,压实密度和基槽两侧原状土的土质,综合评价确定。

A.0.2 管侧土的综合变形模量 E_d 可按下列公式计算:

$$E_d = \zeta \cdot E_c \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$\zeta = \frac{1}{a_1 + a_2 \left(\frac{E_c}{E_n} \right)} \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中: E_c ——管侧回填土在要求压实密度时相应的变形模量(MPa),应根据试验确定,当缺乏试验数据时,可按表 A.0.2-1 采用;

E_n ——基槽两侧原状土的变形模量(MPa),应根据试验确定,当缺乏试验数据时,可按表 A.0.2-1 采用;

ζ ——综合修正系数;

a_1 、 a_2 ——与 B_r (管中心处槽宽)和 D_1 (管外径)的比值有关的计算参数,可按表 A.0.2-2 确定。

表 A.0.2-1 管侧回填土和槽侧原状土的变形模量

土的类别	回填土压实系数			
	0.85	0.90	0.95	1.00
	标准贯入试验锤击数			
	$4 < N < 14$	$14 < N \leq 24$	$24 < N \leq 50$	> 50
砾石、碎石	5	7	10	20
砂砾、砂卵石、细粒土含量不大于 12%	3	5	7	14
砂砾、砂卵石、细粒土含量大于 12%	1	3	5	10

续表 A.0.2-1

土的类别	回填土压实系数			
	0.85	0.90	0.95	1.00
	标准贯入试验锤击数			
	$4 < N < 14$	$14 < N \leq 24$	$24 < N \leq 50$	> 50
粘性土或粉土($W_L < 50\%$), 砂粒含量大于 25%	1	3	5	10
粘性土或粉土($W_L < 50\%$), 砂粒含量小于 25%	—	1	3	7

- 注:1 表中数值适用于 10m 以内覆土,覆土超过 10m 时上表数值偏低;
 2 回填土的变形模量 E_0 可按要求的压实系数采用;表中的压实系数指设计要求回填土压实后的干密度与该土相同压实能量下的最大干密度的比值;
 3 基槽两侧原状土的变形模量 E_n 可按标准贯入试验锤击数确定;
 3 W_L 为粘性土的液限;
 5 细粒土指粒径小于 0.075mm 的土;
 6 砂粒指粒径为 0.075~2.0mm 的土。

表 A.0.2-2 计算参数 a_1 及 a_2

B_r/D_1	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
a_1	0.252	0.435	0.572	0.680	0.838	0.948
a_2	0.748	0.565	0.428	0.320	0.162	0.052

A.0.3 对于填埋式敷设的管道,当 $B_r/D_1 > 5$ 时,应取 $\zeta = 1.0$ 计算。此时 B_r 应为管中心处按设计要求达到的压实密度的填土宽度。

附录 B 钢管管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数和竖向变形系数

表 B 钢管管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数和竖向变形系数

项 目		土弧基础中心角				
		20°	60°	90°	120°	150°
弯矩系数	管道自重 k_{gm}	0.202	0.134	0.102	0.083	0.077
	竖向土压力 k_{vm}	0.255	0.189	0.157	0.138	0.128
	管内水重 k_{wm}	0.202	0.134	0.102	0.083	0.077
变形系数	竖向压力 k_b	0.109	0.103	0.096	0.089	0.085

附录 C 注水法试验

C.0.1 压力升至试验压力后开始计时,每当压力下降,应及时向管道内补水,但最大压降不得大于 0.03 MPa,保持管道试验压力恒定,恒压延续时间不得少于 2h,并计量恒压时间内补入试验管段内的水量。

C.0.2 实测渗水量应按下式计算:

$$q = \frac{W}{T \cdot L} \times 1000 \quad (\text{C.0.2})$$

式中: q ——实测渗水量(L/min·km);

W ——恒压时间内补入管道的水量(L);

T ——从开始计时至恒压结束的时间(min);

L ——试验管段的长度(m)。

C.0.3 注水法试验应按表 C.0.3 进行记录。

表 C.0.3 注水法试验记录

工程名称				试验日期	年 月 日	
桩号及地段						
管道内径 (mm)	管材种类		接口种类		试验段长度 (m)	
工作压力 (MPa)	试验压力 (MPa)		15min 降压值 (MPa)		允许渗水量 [L/(min·km)]	
渗水量测定记录	次数	达到试验压力的时间 t_1	恒压结束时间 t_2	恒压时间 T (min)	恒压时间内补入的水量 W (L)	实测渗水量 q [L/(min·m)]
	1					
	2					
	3					
	折合平均实测渗水量					[L/(min·m)]
外观						
评语						

施工单位：

监理单位：

建设单位：

试验负责人：

设计单位：

记录员：

附录 D 闭水法试验

D.0.1 闭水法试验应符合下列程序：

- 1 试验管段灌满水后浸泡时间不应少于 24h；
- 2 试验水头应按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定确定；
- 3 试验水头达规定水头时开始计时，观测管道的渗水量，直至观测结束时，应不断地向试验管段内补水，保持试验水头恒定。渗水量的观测时间不得小于 30min；
- 4 实测渗水量应按下式计算；

$$q = \frac{W}{T \cdot L} \times 1000 \quad (\text{D.0.1})$$

式中： q ——实测渗水量(L/min·km)；

W ——补水量(L)；

T ——实测渗水观测时间(min)；

L ——试验管段的长度(m)。

D.0.2 闭水试验应按表 D.0.2 进行记录。

表 D.0.2 闭水法试验记录

工程名称				试验日期	年 月 日	
桩号及地段						
管道内径 (mm)	管材种类		接口种类		试验段长度 (m)	
试验段上游 设计水头 (m)	试验水头 (m)		允许渗水量 [$\text{m}^3/(24\text{h} \cdot \text{km})$]			
渗 水 量 测 定 记 录	次数	观测起始 时间 t_1	观测结束 时间 t_2	恒压时间 T (min)	恒压时间内补入 的水量 W (L)	实测渗水量 q [L/(min · m)]
	1					
	2					
	3					
	折合平均实测渗水量					[L/(min · m)]
外观						
评语						

施工单位:

试验负责人:

监理单位:

设计单位:

建设单位:

记录员:

附录 E 工程验收初验和终验记录表

E.0.1 工程验收初验记录应符合表 E.0.1 的规定。

表 E.0.1 工程验收初验记录

工程名称			工程项目	
建设单位			施工单位	
验收日期	年 月 日			
验收内容				
质量情况及 验收意见				
参加单位 及人员	监理单位	建设单位	设计单位	施工单位

E.0.2 工程验收终验记录应符合表 E.0.2 的规定。

表 E.0.2 工程验收终验记录

工程名称			工程项目	
建设单位			施工单位	
开工日期	年 月 日		竣工日期	年 月 日
验收日期	年 月 日			
验收内容				
复验质量 情况				
鉴定结果及 验收意见				
参加单位 及人员	监理单位	建设单位	设计单位	施工单位
	管理或使用单位			

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,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”。

2) 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”。

3) 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”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
《钢结构设计规范》GB 50017
《土工试验方法标准》GB/T 50123
《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268
《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332
《碳素结构钢》GB/T 700
《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091
《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117
《板式平焊钢制法兰》GB/T 9119
《钢制管法兰 技术条件》GB/T 9124
《溶化焊用钢丝》GB/T 14957
《水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295
《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219
《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448
《橡胶密封件 给、排水管及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873
《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》CECS 141
《普通流体输送管道用埋弧焊钢管》SY/T 5037

中国工程建设协会标准

给水排水工程埋地承插式柔性
接口钢管管道技术规程

T/CECS 492-2017

条文说明

目 次

1	总 则	(51)
2	术语和主要符号	(53)
2.1	术语	(53)
2.2	主要符号	(53)
3	材 料	(54)
3.1	钢材	(54)
3.2	橡胶密封圈	(54)
3.3	管材	(54)
4	管道水力计算	(56)
5	管道结构计算	(57)
5.1	基本设计规定	(57)
5.2	强度计算	(58)
5.3	稳定验算	(59)
5.4	刚度验算	(59)
6	构造要求	(60)
6.1	管道	(60)
6.2	沟槽	(61)
6.3	地基基础与回填	(62)
6.4	支墩	(62)
7	管道施工	(63)
7.5	管道敷设	(63)
7.6	回填	(63)
7.7	施工检测	(65)
7.8	管道功能性试验	(66)
8	工程竣工验收	(67)

1 总 则

1.0.1 钢管具有强度高、韧性好、能承受较高的内外压等优点。但传统钢管的安装所采用的人工实地焊接连接的安装工艺,不但劳动强度大、施工费用高和工作效率低,而且施工质量难以保证,有缺陷的焊缝接口成为管道的应力集中点,当管道的地基发生不均匀沉降或温度发生变化时,就容易令这些应力集中点发生爆裂。因此人工实地焊接连接的安装工艺成为制约钢管道质量的关键因素。

柔性接口钢管根据制作工艺可分为扩胀成型钢管接口和焊接成型钢管接口两种形式,使钢管的两端分别具有承口和插口。扩胀成型钢管接口是将钢管管端直接扩胀成具有承口和插口的管道连接接口;焊接成型钢管接口是在基管管端焊接承口或插口形成承插口的管道连接接口。安装时,只需在插口或承口上套上胶圈,再将插口拉进承口内,通过胶圈的受压反弹密封接口,使钢管的每个接口都具有适应地基不均匀沉降和伸缩的能力。因此,在埋地钢管道中应用柔性接口钢管,可提高钢管道的结构合理性,施工方便而快捷,提高了使用的安全可靠。

柔性接口钢管虽然比传统的钢管增加了承插口的加工费用,但安装时却节省了焊接的材料、机械费用,提高了安装的效率和施工机械的利用率,因此,钢管采用柔性接口连接,不但提高钢管的工程质量,而且节省了管道工程的投资,对降低新建、扩建和改建埋地钢管的工程费用有现实的意义。

1.0.2 根据我国目前承插式柔性接口钢管生产技术和给排水工程应用情况,确定本规程主要适用于工作压力不大于 1.6MPa 的工况,超过该范围的管道可以参照执行。目前工程实践中使用的

最大管径为 1600mm,更大管径的承插式柔性接口管道也研制成功了,因大直径的管道在给水和排水工程中都起到重要的干管作用,在管道的选型上更注重安全可靠,随着承插式柔性接口钢管管道更多的工程实践应用和相关技术的成熟,其管径的范围必然不断扩大。

1.0.3 柔性接口钢管虽然每个接口都有一定的允许轴向位移量和轴线的摆角量,具有一定的抗震能力,但在地震区或地基不均匀沉降量和轴向位移量大于允许量的管段,应执行国家有关的规定。

以下是一些常用的相关规范:

《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032;

《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025;

《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112。

2 术语和主要符号

2.1 术 语

2.1.1~2.1.3 均为本规程中所采用的管道专用名词,其对应的英文名称是在国外文献中或国内生产厂引进国外技术所采用的名称。

2.2 主 要 符 号

本节给出的主要符号,其构成方法以及主体符号和上、下标用字等,均按照《工程结构设计通用符号标准》GB/T 50132 的规定确定。

3 材 料

3.1 钢 材

3.1.1 本条规定了钢管管道的钢材,一般均采用 Q235B 钢,其力学性能和化学成分应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的要求。对于重要的城市给水工程的输水管道,宜选用性能优良的平炉和氧化转炉生产的镇静钢。

3.1.2 本条规定了钢管焊接材料的质量要求,以保证钢管适接材料的强度等指标不低于母材的相关指标。

3.1.4 本条给出了钢材的物理力学性能指标。

3.2 橡胶密封圈

3.2.1~3.2.7 这几条是对橡胶密封圈的质量、外观、尺寸、贮存、运输等的规定要求,主要应符合下列国家标准的规定:

(1)《橡胶密封件 给、排水管道及污水管道用接口密封圈 材料规范》GB/T 21873;

(2)《橡胶制品的公差 第 1 部分:尺寸公差》GB/T 3672.1;

(3)《橡胶制品 贮存指南》GB/T 20739;

(4)《橡胶 管道接口用密封圈制造质量的建议 疵点的分类与类别》GB/T 17604。

3.3 管 材

3.3.1 钢管管壁的设计厚度,应该在计算厚度的基础上,考虑加工制造误差以及运行中管壁的腐蚀因素。有关制造上的允许误差,在国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸外形》GB/T 709—2006 的规定,对厚度在 8mm~15mm 和 15mm~25mm 的钢板,其厚度

的允许负偏差值均小于 -0.8mm 。同时钢管承插口膨胀时管道壁厚会减薄,为满足本规程第 6.1.3 条的要求,规定了钢管壁厚负偏差不得大于 0.8mm 。

液压试验应按现行国家标准《金属管 液压试验方法》GB/T 241 的有关规定执行。

3.3.2 柔性接口的密封要求可参照现行国家标准《水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件》GB/T 13295 的相关规定。

承插式柔性连接钢管接口设计应进行型式试验,型式试验由国家认可的专业检测机构进行,试验后要出具试验报告,承插式钢管的产品合格证中要注明型式试验的时间和报告编号。

表 3.3.2 规定的是承插式接口的最小允许转角,为保证承插口有足够的变形能力,各口径的承插式连接钢管接口的允许转角应大于表中的数值。

3.3.3 依据现行国家标准《城镇给水排水技术规范》GB 50788 的有关规定,城镇给水设施的材料与设备应满足卫生安全要求。

4 管道水力计算

4.0.1 本条规定了水头损失的计算公式,该公式参照现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 中的规定。

4.0.2 由于钢管采用的内衬涂层材料不同,内壁的粗糙度不同以及受水流流态(雷诺数 Re)的影响,很难采用一种公式进行各种材质管道沿程水头损失计算。公式(4.0.2-1)适用于钢管内衬涂塑,粗糙程度类似于塑料管的情况;公式(4.0.2-4)适用于钢管内衬采用水泥砂浆的情况。

4.0.3 ζ 值为管道局部水头损失系数,该系数的取用可参照《给水排水设计手册》(第1册第二版,中国工业出版社出版)。特殊管配件可要求生产厂家提供相应数据。如管道接口处管道内径尺寸发生显著变化,每个接头的局部损失应考虑计入。

4.0.4 本条参照现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013 中相关公式。目前长距离输水管道尚未有确切的界定,因此本条内容适用范围是:城镇生活用水、输水形式为封闭式管道,并且一般输水距离较长,断面较大、压力较高的工程。长距离输水管道水锤的分析可根据工程的规模、重要性以及不同的设计阶段采用相应的方法,目前采用电算方法较普遍。

4.0.5 本条规定了排水管渠流量、流速的计算公式,这些公式参照现行国家标准《室外排水设计规范》GB 50014 中的规定。

5 管道结构计算

5.1 基本设计规定

5.1.1 国家标准《城镇给水排水技术规范》GB 50788—2012 第 6.1.2 条规定,城镇给水排水设施中主要构筑物的主体结构和地下干管的管道结构设计使用年限不应低于 50 年。《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153—2008 对房屋建筑结构规定(附录第 A.1.3 条),易于替换的结构构件设计使用年限可为 25 年,普通房屋和构筑物可为 50 年,重要性建筑可为 100 年。

城镇给水排水工程管道多采用地埋式敷设安装,检修、维护和更换比较困难,建设后运行周期较长。但考虑采用过长的使用年限势必增大工程一次性投资,因此,本规程依据现行国家标准《城镇给水排水技术规范》GB 50788 的规定,参考原规范管道设计准则和房屋建筑结构的规定,确定城镇给水排水工程中地下干管的管道结构设计使用年限不低于 50 年。对于工程检修和运行维护困难,或有特殊要求的管道工程可提高设计使用年限,应与管道工程系统的整体设计使用年限协调确定。

5.1.3 本条根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的原则,对钢管管道按承载能力和正常使用两种极限状态进行设计。承载能力极限状态是以钢管结构的内力是否超过其承载力为依据,正常使用极限状态是以钢管结构的竖向变形是否超过允许限值为依据。

5.1.4 埋地钢管管道进行内力分析时,应按柔性管计算。根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定,对于埋设在地下的圆形钢管管道结构渐变与管周土体刚度比

$\alpha_s = \frac{E_p}{E_d} \left(\frac{t}{\gamma_0} \right)^3$ 来判别属于刚性管道或柔性管道。

式中： E_p ——管材的弹性模量；

E_d ——管倒土的综合变形模量；

t ——钢管的管壁厚度；

γ_0 ——钢管结构的计算半径。

当 $\alpha_s \geq 1$ 时按刚性管道计算；当 $\alpha_s < 1$ 时按柔性管道计算。根据给水排水工程中常用钢管的尺寸和一般土壤的特性，经核算 $\alpha_s < 1$ ，因此钢管道应按柔性管道计算。

5.1.5 本条考虑到施工中可能出现的不利因素，土弧基础的中心角度在计算中心角的基础上加大 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。

5.1.6 埋地有压管道在其敷设方向改变处将产生推力。承插式柔性接口管道一般每节长度不大于 12m，钢管与土壤间的摩擦力一般难以产生足够的抗滑力，在推力作用下管道将失去平衡，因此在敷设方向改变时可通过设置支墩来承担管道的轴向力。

5.1.7 本条对钢管管壁环向稳定验算作了规定。主要参考了现行协会标准《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》CECS 141 和现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定。

5.1.8 考虑地表水或地下水的水位变异性大，设计中很难精确计算，因此本条规定抗浮稳定性抗力系数应控制在不低于 1.1。

5.1.9 本条参照了现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的要求。水泥砂浆配置宜掺入适量的纤维等增强抗力材料，提高砂浆的延性。

5.2 强度计算

5.2.1 本条参照现行协会标准《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规范》CECS 141 中钢管管道的强度计算公式：

$$\eta \sigma_\theta \leq f \quad (1)$$

$$\gamma_0 \sigma \leq f \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_\theta^2 + \sigma_x^2 - \sigma_\theta \sigma_x} \quad (3)$$

式中: σ ——钢管管壁截面的最大组合折算应力(N/mm^2);

σ_x ——钢管管壁截面的纵向应力(N/mm^2)。

由于承插式柔性连接钢管管节较短,可以不考虑纵向应力,只计环向应力,因此公式(2)中的 $\sigma=\sigma_\theta$,将公式(1)和公式(2)合并形成承插式钢管的强度计算公式。

重要性系数按照现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的要求执行。

5.2.2 钢管管壁截面的最大环向应力计算按照现行协会标准《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规范》CECS 141 的规定确定。

5.3 稳定验算

5.3.1 对埋地柔性管道,管壁截面的环向稳定性计算应根据各项作用的不利组合,按照现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定确定。

5.3.2 埋地柔性圆形管道的管壁截面为受压屈曲时,管壁截面失稳的临界压力计算按照现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定确定。

5.3.3 本条给出了柔性接口钢管管道敷设水平方向改变处设置重力式支墩时管道抗滑稳定性计算公式,按照现行协会标准《给水排水工程埋地铸铁管管道结构设计规程》CECS 142 的规定确定。

5.3.4 当地下水位较高时,在设计及施工中均应进行钢管管道抗浮稳定验算。

5.4 刚度验算

5.4.1~5.4.2 条文按照现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定确定。

6 构造要求

6.1 管道

6.1.1 图 6.1.1 中的单胶圈柔性接口,其胶圈是通过承口定位进入密封区。

单胶圈柔性连接钢管接口Ⅰ:对承口进行扩张,插口内翻边以便于插入承口。

单胶圈柔性连接钢管接口Ⅱ:对承口和插口均进行扩张,插口内翻边处理。对承口和插口均进行扩张处理,虽然多了一道工序,但可以很好的控制承插口之间的间隙,提高径向精度。

密封橡胶圈对承插口的密封性能有着很大的影响,对于加内水压力响应式橡胶圈,当胶圈承受管道内压,橡圈通过径向挤压反弹密封,除挤压密封外,内水压力越大密封越紧。

双胶圈柔性连接钢管接口,其胶圈是采用滑入形式进入密封区,而试压孔则在两个胶圈密封工作面之间,当钢管接口连接后,可通过小孔打压,进行接口的密封检验的结构装置。

对单胶圈和双胶圈柔性接头改进,增加限位装置,限制承插口之间的相对位移量,便可成为一种抗轴力柔性接头。抗轴力柔性接头需要根据管道轴向力、管节长度等对限位装置进行计算和设计,以保证抗轴力的接头形式能承受相应的轴向力。

图 6.1.1 仅列举目前比较常见的 3 种承插式连接形式,钢管的承插式连接并不仅限于这几种形式,随着承插式连接钢管的不断发展,连接形式也会越来越多,只要能满足本规程规定的性能要求,均可应用于钢管管道的连接。

6.1.2 钢管管壁的设计厚度,应该在计算厚度的基础上,考虑加工制造误差以及运行中管壁的腐蚀因素。有关制造上的允许误

差,在现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸外形》GB/T 709—2006 中规定,对厚度在 8mm~15mm 和 15mm~25mm 的钢板,其厚度的允许负偏差值均小于-0.8mm。对钢板腐蚀的问题,由于地下钢管在运行中,管内水质、周围土壤、地下水以及敷设地带是否存在电场等因素的影响,使钢管内外壁均有可能遭受腐蚀。其腐蚀厚度按年腐蚀速度 0.025mm/d 取值,则钢管腐蚀厚度为 1.20mm,钢板材料最大负公差 0.8mm。需要提出的是,虽然结构设计上考虑了腐蚀因素,但施工和运行中仍需严格执行相关标准规定,以保证地下钢管的使用年限。

6.1.3 钢管扩张后承插口部位的壁厚会减薄,为保证承插口部位的强度,要求扩张后承插口部位管壁厚度不影响管壁受力要求。

6.1.6 全长偏差为 $\pm 20\text{mm}$,该公差不适用于取样切割后的短管。

6.1.7 柔性接口连接的管道,要求单个接口可用转角值不得大于接口允许转角的 1/2,留有 1 倍的安全储备以应对其他不可控制因素造成的管道变形。

6.1.9 钢管管道应防腐,当防腐层采用聚乙烯或环氧树脂材料时应执行《燃气用钢骨架聚乙烯塑料复合管件》CJ/T 126 标准的规定,当防腐层采用其他材料时应符合相关国家或行业标准的要求。

6.1.10 本条对采用阴极保护的承插式柔性钢管接口规定了应采用铝热焊跨接,以保证管道导电的连续性。

6.2 沟 槽

6.2.2 管道开挖宽度应符合设计要求,设计无具体要求时,本条给出计算公式和参考宽度(表 6.2.2 管道一侧的工作面宽度)。当沟槽地下水位高需在沟底挖排水沟、槽深大于 3m 或设有支撑时,沟槽宽度应适当加大。

6.2.3 沟槽的深度可通过管道直径、管顶覆土厚度、基础厚度之和确定。

6.2.4 管道埋设的管顶覆土最小厚度应符合设计要求,且满足当地冻土层厚度要求。柔性管道的管顶覆土无法满足上述要求时,应按设计要求或有关规定进行处理。

6.3 地基基础与回填

6.3.2 本条规定的处理方式的条件是地下水位应降至沟槽底下0.5m。

6.3.2 本条是对钢管施工方面的要求,按照现行协会标准《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》CECS 141 的规定确定。

6.3.4 本条强调了钢管管道回填土夯实度的重要性。对柔性管道的强度和变形设计,均需考虑土壤的抗力作用。管道周围回填土夯实密度的高低,直接影响土壤抗力的大小,是钢管管道安全、经济、合理设计的关键,在设计、施工中均应充分重视。

6.4 支 墩

6.4.1 管线在弯头、变径、三通、支管等处由于管内水压力而产生推力,因此应设置支墩来承担此力。支墩结构由设计确定。

6.4.2 准确的支墩位置可使支墩的反力平衡推力而不产生附加内力。

7 管道施工

7.5 管道敷设

7.5.5 第1款,在运输和存放期间,管材有可能受到意外撞伤等,因此,在管道敷设前应进行外观检查。对于存放过程中引起的管材径向变形,可采用转动 90° 利用自重或压载恢复变形,否则会影响管道的连接。

第2款,若管材有损伤迹象,视损伤情况的严重程度,可分别采取请管材生产厂修复或部分报废或整根管材全部报废的处理办法。

7.5.7 第5款,承插式管道的偏转角度应符合设计要求,同时不能大于管道接口允许转角的 $1/2$ 。

7.6 回 填

7.6.1 管道安装施工完毕经检验合格后及时回填沟槽,这样可减少露槽时间,同时可防止因地下水位上涨或雨水可能造成的漂管的发生。

本条规定的目的是防止管道位移,同时起到隔温作用,以消除环境温度变化对管道内水压的影响。但是在接口处不应回填,以便进行渗漏检查。

7.6.2 对于管区的回填材料,特别是主管区,若采用粒状材料且同时能达到一定的密实度,这样管区回填土就具有较高的压缩模量,这对减小管道的竖向变形起到很大作用。若采用高塑性的细颗粒土回填,则管区的回填土回填密实度达不到要求,同时,由于这些土的压缩模量较低,无法控制好管道的竖向变形,故不得作为管区回填材料。

7.6.4 本条第1款~第3款,是对回填土压实时应需控制的几个因素作出的规定,其中包括土的含水量、压实工具、每层回填土的虚铺厚度以及压实遍数等。工程中,回填土的类别和压实工具确定,则影响密实度的就是土料的含水量、虚铺厚度和压实遍数三个因素。

土料的含水量对压实度的影响大。经击实试验所得的最大干密度与其相应最佳含水量关系曲线明显看到:偏离最大干密度的前后,其相应的含水量则小于或大于最佳含水量;距离最大干密度愈远,相应的含水量也相差愈多。这说明,采用两种压实工具,同样的铺土厚度和压实遍数,含水量偏离最佳含水量愈多,压实度就愈低。因此,压实回填土时,掌握其含水量在最佳含水量附近是很重要的。

每层回填土的虚铺厚度与压实工具的荷载强度及要求密实度有关。荷载强度较小或要求密实度较高,铺土厚度应较小;否则,可较大。本条对不同压实工具每层回填土虚铺厚度所作的规定,是根据现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 确定的,以便在施工时选用。

对回填土的压实遍数,本条规定应经现场试验确定。

现场压实试验简便易行,成果可靠,指导施工具有明显的实际意义。因此,本条规定压实遍数应先通过现场试验确定,即根据现场回填的土料,选定压实工具,结合土料的含水量、铺土厚度,通过试验取得相应压实遍数的数据。

第4款,采用重型压实机械压实回填土时,为了不损伤管道,管顶以上必须有一定厚度的已经压实的回填土,以将压实工具作用于管道上的荷载减小到不损伤管道的程度。鉴于重型压实工具的种类、规模不同,管道承载能力不同,本条对管顶最小压实回填土规定了应按计算确定。计算方法参照现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的有关规定或其他有关资料。

本条规定除适用于压实工具外,也适用于运土车、起重机或其

他车辆在回填土上行驶或停留的情况。

第 5 款,回填土由人工运入沟槽,也可采用机械设备,但每次回填土的厚度应按设计和有关标准规定。

7.6.5 管道沟槽回填和压实的目的,除埋设管道后一般应恢复原地貌外,还应起到保护管道结构的作用。柔性钢管的沟槽回填土密实度变形影响很大,若在沟槽回填土上修筑路面,还应满足土质路基压实度的要求。

7.6.6 本条规定中的含水量高的原土主要是指高压缩性、污泥质软土,因其含水量高,渗透系数小,往往难以达到较高的压实度。虽可采用翻晒的方法以降低其含水量,但因施工场地、气候条件、工期限制等原因,往往难以实现。因此,本条规定,凡不具备降低原土含水量条件,不能达到要求压实度的部位,应回填石灰土、砂、砾石砂或其他可以达到要求压实度的材料。

7.6.7 从管道沉降的测试情况可发现,管接口处沉降往往大于管道中间部分,因此,对于管接口连接坑的回填应采用较好的材料,以达到密实度要求。

7.7 施工检测

7.7.1~7.7.4 这几条按现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中的要求执行。

7.7.5 第 1 款,为保证管道设计寿命内的使用可靠性就必须控制管道在长期使用情况下的变形。利用实际工程积累的观测数据建立了 12h~24h 变形与长期变形的关系,因此,为控制管道的长期变形就应测量控制管道 24h 变形。

第 7 款,当埋设钢管的竖向变形超过 3% 时,认为该管材竖向变形过大,不合格。

7.7.6 本条按照现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中的要求执行。支墩的位移量过大,会使管道产生较大的轴向位移和应力,影响管道接口的密封性和管道正常工作。

7.8 管道功能性试验

管道功能性试验作为给排水管道施工质量验收的主控项目,应在管道安装完成后进行。本节主要参照了现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中管道功能性试验的规定和要求。

承插式接口钢管管道功能性试验时,应设置临时止推装置。

7.8.8 承插式柔性接口钢管水压试验的试验压力按焊接接口钢管的要求执行;考虑到承插式连接方式,允许压力降按球墨铸铁管的要求执行。

7.8.10 本条按照现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中压力管道水压试验的允许渗水量的相关要求执行。理论上有压管道的渗水量要求比无压管道严格,本条将无压管道闭水试验和有压管道水压试验的允许渗水量统一按照有压管道的要求执行。

8 工程竣工验收

8.0.1 工程验收制度是检验工程质量必不可少的一道程序,也是保证工程质量的一项重要措施。如质量不符合规定,可在验收中发现和处理,以避免影响使用和增加维修费用。为此,必须严格执行工程验收制度。

给水排水管道工程验收分为初验和终验。初验主要是验收埋在地下的隐蔽工程,凡是在竣工验收前的隐蔽工程,都必须进行初验。经前一工序验收合格,方可进行下一工序,当隐蔽工程全部验收合格后,方可回填沟槽。终验是全面检验给水排水管道工程是否符合工程质量标准,不仅检验工程的质量,更重要的应分析产生质量问题的原因。对不符合质量标准的必须经过整修,甚至返工,经验收达到质量标准后,方可投入使用。

8.0.3 本条规定了竣工终验应有验收资料、验收表格以及应验收的主要项目和内容等。

8.0.4 给水排水管道工程竣工验收以后,建设单位应按本规程第8.0.3条规定的文件和资料进行整理、分类、立卷、归档。这对工程投入使用后的维修管理,扩建、改建以及对标准规范修编工作等有重要作用。