



CECS 141 : 2002

中国工程建设标准化协会标准

**给水排水工程
埋地钢管管道结构设计规程**

**Specification for structural design of
buried steel pipeline of water
supply and sewerage engineering**

中国工程建设标准化协会标准

给水排水工程 埋地钢管管道结构设计规程

Specification for structural design of
buried steel pipeline of water
supply and sewerage engineering

CECS 141:2002

主编单位:北京市市政工程设计研究总院

批准单位:中国工程建设标准化协会

施行日期:2003年3月1日

前 言

本规程的内容原属于《给水排水工程结构设计规范》GBJ 69—84 中第七章。为了逐步与国际接轨,方便工程应用和今后修订,现按照中国工程建设标准化协会(94)建标协字第 11 号《关于下达推荐性标准编制计划的函》的要求进行修订。并独立成本。

本规程系根据国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 和《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153 规定的原则,采用以概率理论为基础的极限状态设计方法编制,并与有关的结构专业设计规范协调一致。

本规程在修订过程中,总结了近十多年来原《给水排水工程结构设计规范》GBJ 69—84 的工程实践经验,吸取了国外相关标准的内容,并经中国工程标准化协会管道结构委员会多次讨论,使内容有了充实和完善。

根据国家计委标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,现批准协会标准《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》,编号为 CECS141:2002,推荐给工程建设设计、施工、使用单位采用。

本规程第 3.1.1、3.2.1、5.1.5、5.2.2、5.2.4、5.2.5、5.3.3、8.0.1、8.0.7、8.0.9、8.0.10 条建议列入《工程建设标准强制性条文》。

本规程由中国工程建设标准化协会管道结构委员会 CECS/TC17(北京西城区月坛南街乙二号 北京市市政工程设计研究院 邮编:100045)归口管理,并负责解释。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。

主编单位:北京市市政工程设计研究总院

主要起草人:刘雨生 沈世杰 潘家多 钟启承

中国工程建设标准化协会

2002年12月25日

目 次

1 总 则	1
2 主要符号	2
3 材 料	5
4 钢管管道结构上的作用	6
5 基本设计规定	10
6 承载能力极限状态计算	37
7 刚度验算	41
8 构造规定	42
附录 A 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	43
附录 B 管侧土的综合变形模量	44
本规程用词说明	24
附:条文说明	25

1 总 则

1.0.1 为了在给水处理工程埋地钢管管道结构设计中,贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制订本规程。

1.0.2 本规程适用于城、镇公用设施和工业企业中一般给水排水工程埋地焊接钢管管道结构设计,其埋设条件为素土平基或人工土弧基础。

本规程不适用于工业企业中具有特殊要求的埋地钢管管道结构设计。

1.0.3 本规程是根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定的原则编制的。

1.0.4 对于建设在地震区、湿陷性黄土或膨胀土等特殊条件地区的给水排水工程埋地钢管管道结构,其设计尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.5 钢管管道施工时,尚应遵守现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定。

2 主要符号

2.0.1 管道上的作用和作用效应

- F_{vk} ——管内真空压力标准值；
 $F_{fw,k}$ ——浮托力标准值；
 $F_{sv,k}$ ——管道单位长度上管顶竖向土压力标准值；
 F_{wk} ——管道的工作压力标准值；
 $F_{wd,k}$ ——管道的设计内水压力标准值；
 F_{tk} ——温度作用标准值；
 G_{1k} ——钢管管道结构自重标准值；
 G_{wk} ——管道内水重标准值；
 q_{vk} ——地面车辆轮压产生的管顶处的单位面积上竖向压力标准值；
 q_{mk} ——地面堆积荷载产生的竖向压力标准值；
 w_{max} ——管道的最大竖向变形。

2.0.2 材料性能

- E_p ——钢管管材弹性模量；
 E_c ——管侧向填土的变形模量；
 E_n ——基槽两侧原状土的变形模量；
 E_d ——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 ——钢管管材的线膨胀系数；
 γ_s ——回填土重度；
 ν_p ——钢管管材的泊桑比；
 ν_s ——回填土的泊桑比。

2.0.3 几何参数

- a ——单个车轮着地分布长度；
- b ——单个车轮着地分布宽度；
- b_0 ——管壁计算宽度；
- D_1 ——管道外壁直径；
- D_0 ——管道的计算直径；
- H_s ——管顶至设计地面的覆土高度；
- r_0 ——管的计算半径；
- r_1 ——管的外壁半径；
- t_1 ——管壁设计厚度；
- t_0 ——管壁计算厚度。

2.0.4 计算系数

- C_{G1} ——钢管管道结构的自重效应系数；
- $C_{G,sv}$ ——竖向土压力效应系数；
- C_{Gw} ——管道内水重效应系数；
- $C_{Q,wd}$ 、 C_{Qv} 、 C_{Qm} 、 C_{Qt} 、 C_{Qs} ——分别为设计内水压力、地面车辆荷载、地面堆积荷载、温度作用和地基不均匀沉降的效应系数；
- D_L ——变形滞后效应系数；
- 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作用下柔性管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；
- K_s ——抗滑稳定性抗力系数；
- K_{st} ——管壁截面的设计稳定性抗力系数；
- K_f ——抗浮稳定性抗力系数；
- γ_{G1} 、 $\gamma_{G,sv}$ 、 γ_{Gw} 、 γ_{Gs} ——分别为管道结构自重、竖向土压力、管内水重和地基不均匀沉降的分项系数；
- γ_Q ——设计内水压力、地面车辆荷载、堆积荷载和温度作用的分项系数；
- ψ ——可变作用的组合系数；

ψ_1 ——可变作用的准永久值系数。

3 材 料

3.1 材质标准

3.1.1 钢管的管材强度等级不应低于 Q235,其质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的要求。

3.1.2 钢管的焊接材料应符合下列要求:

1 手工焊接用的焊条,应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117的要求。选用的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《熔化焊用钢丝》GB/T 14957 的要求。

3.2 计算指标

3.2.1 钢管管材和焊缝的强度设计值,应根据现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定采用。

3.2.2 钢材的物理性能指标应按表 3.2.2 采用。

表 3.2.2 钢材的物理性能指标

弹性模量 E_p (N/mm^2)	重度 γ_n (kN/m^3)	线膨胀系数 α (以每 $^\circ\text{C}$ 计)	泊桑比 ν_p
2.06×10^5	78.5	12×10^{-6}	0.3

4 钢管管道结构上的作用

4.1 作用分类和作用代表值

4.1.1 钢管管道结构上的作用可分为永久作用和可变作用两类：

1 永久作用应包括管道结构自重、竖向土压力、管道内水重和地基的不均匀沉降。

2 可变作用应包括管道内的设计内水压力、管道真空压力、地面堆积荷载、地面车辆荷载、地下水浮力和温度变化作用。

4.1.2 钢管管道结构设计时，对不同性质的作用应采用不同的代表值。作用标准值为作用的基本代表值。

对永久作用，应采用标准值作为代表值。对可变作用，应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值。作用的组合值或准永久值，应为作用的标准值乘以作用的组合系数或准永久值数。

4.1.3 当钢管管道结构承受两种或两种以上可变作用，且按承载能力极限状态的作用效应基本组合进行设计时，可变作用应采用组合值作为代表值。

4.1.4 当按正常使用极限状态的作用效应准永久组合进行设计时，可变作用应采用准永久值作为代表值。

4.2 永久作用标准值

4.2.1 钢管管道结构自重标准值可按下式计算：

$$G_{1k} = 0.001 \gamma_{st} \pi D_0 t \quad (4.2.1)$$

式中 G_{1k} ——钢管管道结构自重标准值(kN/m)；

D_0 ——钢管管道的计算直径，按圆心至管壁中线计算(m)。

t ——管壁设计厚度(mm)；

γ_{st} ——钢管管材重度，按表 3.2.2 采用。

4.2.2 作用在钢管管顶的竖向土压力，其标准值应按下式计算：

$$F_{sv,k} = \gamma_s H_s D_1 \quad (4.2.2)$$

式中 $F_{sv,k}$ ——竖向土压力标准值(kN/m)；

γ_s ——回填土重度(kN/m³)；

H_s ——管顶至设计地面的覆土高度(m)；

D_1 ——管外壁直径(m)。

4.2.3 钢管管道内水的重度标准值 γ_w 可取 10kN/m³。

4.2.4 地基不均匀沉降的标准值，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定计算确定。

4.3 可变作用标准值、准永久值系数

4.3.1 钢管管道设计内水压力的标准值，应按下列规定计算：

1 对给水工程，可按下式计算：

$$F_{wd,k} = F_{wk} + 0.5 \quad (4.3.1-1)$$

式中 $F_{wd,k}$ ——钢管管道的设计内水压力标准值，取不小于 0.9；

F_{wk} ——钢管管道的工作压力标准值(MPa)。

2 对排水工程，可按下式计算：

$$F_{wd,k} = 1.5 F_{wk} \quad (4.3.1-2)$$

4.3.2 钢管管道在运行过程中可能产生的真空压力，其标准值 F_{vk} 可取 0.05MPa，准永久值系数可取 $\psi_q = 0$ 。

4.3.3 地面堆积荷载产生的竖向压力标准值 q_{mk} 可取 10kN/m²，准永久值系数可取 $\psi_q = 0.5$ 。

4.3.4 地面车辆轮压产生的管顶处竖向压力标准值及其准永久值系数，可按下列规定确定：

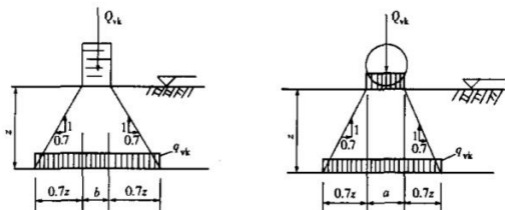
1 单个轮压产生的管顶处竖向压力标准值，可按下式计算(图 4.3.4-1)。

$$q_{vk} = \frac{\mu_d Q_{vk}}{(a + 1.4z)(b + 1.4z)} \quad (4.3.4-1)$$

- 式中 Q_{vk} ——车辆的单个轮压标准值(kN);
 q_{vk} ——地面车辆轮压产生的管顶处单位面积上竖向压力标准值(kN/m²);
 μ_d ——动力系数,按表 4.3.4-1 采用;
 a ——单个车轮的着地分布长度(m);
 b ——单个车轮的着地分布宽度(m);
 z ——车行地面至管顶的距离(m)。

表 4.3.4-1 动力系数 μ_d

地面至管顶的距离 (m)	≤0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	≥0.7
μ_d	1.3	1.25	1.2	1.15	1.05	1.0



(a) 沿轮胎着地宽度的传递

(b) 沿轮胎着地长度的传递

图 4.3.4-1 地面车辆单个轮压的传递分布

2 两个以上轮压产生的管顶处竖向压力标准值,可按下式计算(图 4.3.4-2):

$$q_{vk} = \frac{n\mu_d Q_{vk}}{(a + 1.4z)(nb + \sum_{i=1}^{n-1} d_i 1.4z)} \quad (4.3.4-2)$$

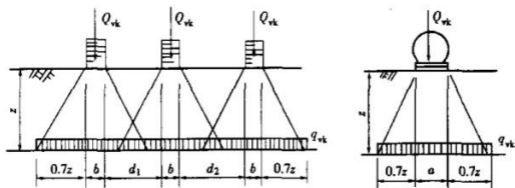
式中 n ——车轮总数量；

d ——地面相邻两个轮压间的净距(m)。

3 地面车辆运行荷载的准永久值系数,应取 $\psi_q=0.5$ 。

4.3.5 温度作用标准值可按管道闭合温差 $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 计算,准永久值系数可取 $\psi_q=1.0$ 。

4.3.6 地下水的浮托力标准值应按最高地下水位计算,地下水的重度标准值可取 10kN/m^3 。



(a)沿轮胎着地宽度的传递

(b)沿轮胎着地长度的传递

图 4.3.4-2 地面车辆两个以上轮压的传递分布

5 基本设计规定

5.1 一般规定

5.1.1 本规程采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,以可靠指标度量管道结构的可靠度。除管道稳定验算外,均采用分项系数设计表达式进行设计。

5.1.2 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:管道结构达到最大承载能力,管壁因材料强度被超过而破坏;管道结构作为刚体失去平衡而上浮或滑移;管壁截面丧失稳定。

2 正常使用极限状态:管道的竖向变形超过正常使用的变形。

5.1.3 在确定结构分析模型时,钢管管道按柔性管计算,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。

5.1.4 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 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。

5.1.5 埋地钢管管道,当其敷设方向改变处的一侧或两侧设有柔性接头时,应对敷设方向改变处进行抗滑稳定验算,抗滑稳定性抗力系数 K_s 不应小于1.5。

5.1.6 当采用重力式支墩或桩基抗滑时,应按相应规范的规定验算;当采用钢管管道与土壤间的摩擦力抗滑时,所需要的管道长度应按本规程第6.2.4条的规定进行验算。

5.2 承载能力极限状态计算规定

5.2.1 钢管管道结构按承载能力极限状态进行强度计算时,结构上的各种作用均采用作用设计值。作用设计值应为作用分项系数与作用代表值的乘积。

5.2.2 钢管管道结构进行强度计算时,应满足下列要求:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.2.2)$$

式中 γ_0 ——管道结构重要性系数,应根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定采用。
对给水输水管道,当单线输水时取 1.1,双线输水和配水管道取 1.0;污水管道取 1.0;雨水管道取 0.9;
 S ——作用效应组合的设计值;
 R ——钢管管道结构抗力设计值,应按第 3.2 节的规定确定。

5.2.3 钢管管道进行强度计算时,作用效应的基本组合设计值应按下式确定:

$$S = \gamma_{G1} C_{G1} G_{1k} + \gamma_{G,sv} C_{sv} F_{sv,k} + \gamma_{Gw} C_{Gw} G_{wk} + \gamma_{Gs} C_{Gs} \Delta s + \psi_c \gamma_Q \\ (C_{Q,wd} F_{wd,k} + C_{Qv} q_{vk} + C_{Qm} q_{mk} + C_{Qt} F_{tk}) \quad (5.2.3)$$

式中 γ_{G1} ——钢管管道结构自重分项系数,取 1.2;
 $\gamma_{G,sv}$ 、 γ_{Gs} ——竖向土压力、地基不均匀沉降分项系数,取 1.27;
 γ_{Gw} ——管内水重分项系数,取 1.2;
 C_{G1} 、 $C_{G,sv}$ 、 C_{Gw} ——分别为钢管管道结构自重、竖向土压力及管内水重的效应系数;
 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,取 1.4;
 $C_{Q,wd}$ 、 C_{Qv} 、 C_{Qm} 、 C_{Qt} 、 C_{Gs} ——分别为设计内水压力、地面车辆荷载、地面堆积荷载、温度作用的分项系数

不均匀沉降的效应系数；

G_{1k} ——钢管管道结构自重标准值(kN/m)；

$F_{sv,k}$ ——管道单位长度上管顶竖向土压力标准值；

$F_{wd,k}$ ——管道的设计内水压力标准值；

G_{wk} ——管道内水重标准值；

q_{vk} ——地面车辆轮压产生的管顶处单位面积上竖向压力标准值；

q_{mk} ——地面堆积荷载产生的竖向压力标准值；

F_{tk} ——温度作用标准值；

Δs ——地基不均匀沉降标准值；

ψ_c ——可变作用的组合系数，取 0.9。

5.2.4 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_s 不低于 2.0 的要求。

5.2.5 对埋地在地下水水位以下的钢管道，应根据最高地下水水位和管道复土条件验算抗浮稳定性。验算时各种作用应采用标准值，并应满足抗浮稳定性抗力系数 K_f 不低于 1.1 的要求。

5.2.6 按承载能力极限状态计算时，各种作用组合的工况应按表 5.2.6 的规定采用。

表 5.2.6 按承载能力极限状态计算的作用组合

计算项目	计算工况	永久作用				可变作用					
		竖向土压力 F_{sv}	管内水重 G_w	管自重 G_1	不均匀沉降 Δs	设计内水压力 F_{wd}	地面车辆荷载 q_v	地面堆积荷载 q_m	真空压力 F_v	浮托力 F_{tw}	温度作用 F_t
强度计算	1	✓	✓	✓	Δ	✓	✓				✓
	2	✓	✓	✓	Δ	✓		✓			
抗浮	1	✓		✓						✓	

续表 5.2.6

计算项目	计算工况	永久作用				可变作用					
		竖向土压力 F_{sv}	管内水重 G_w	管自重 G_1	不均匀沉降 Δs	设计内水压力 F_{wd}	地面车辆荷载 q_v	地面堆积荷载 q_m	真空压力 F_v	浮托力 F_{tw}	温度作用 F_t
管壁稳定验算	1	✓					✓		✓		
	2	✓						✓	✓		
注:表中“✓”标记的作用为相应工况应予计算的项目,“△”标记的作用应按具体设计条件确定采用。											

5.3 正常使用极限状态验算规定

5.3.1 钢管管道按正常使用极限状态验算时,各种作用效应均应采用作用代表值计算。

5.3.2 钢管管道按正常使用极限状态进行变形验算时,作用效应设计值 S_d 可按下式计算:

$$S_d = C_{G,sv} F_{sv,k} + C_Q \psi_q q_{ik} \quad (5.3.2)$$

式中 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者。

5.3.3 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 当内防腐为水泥砂浆时,最大竖向变形不超过 $0.02D_0 \sim 0.03D_0$;

2 当内防腐为延性良好的涂料时,最大竖向变形不应超过 $0.03D_0 \sim 0.04D_0$ 。

6 承载能力极限状态计算

6.1 强度计算

6.1.1 钢管管道的强度计算,应满足下列要求:

$$\eta\sigma_0 \leq f \quad (6.1.1-1)$$

$$\gamma_0\sigma \leq f \quad (6.1.1-2)$$

式中 σ_0 ——钢管管壁截面的最大环向应力(N/mm²);

σ ——钢管管壁截面的最大组合折算应力(N/mm²);

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,按第 3.2.1 条的规定采用。

6.1.2 钢管管壁截面的最大组合折算应力,应按下式计算:

$$\sigma = \eta \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_x^2} - \sigma_0 \sigma_x \quad (6.1.2)$$

式中 σ_x ——钢管管壁截面的纵向应力(N/mm²)。

6.1.3 钢管管壁截面的最大环向应力 σ_0 应按下式确定:

$$\sigma_0 = \frac{N}{b_0 t_0} + \frac{6M}{b_0 t_0^2} \quad (6.1.3-1)$$

$$N = \varphi_c \gamma_Q F_{sd,k} r_0 b_0 \quad (6.1.3-2)$$

$$M = \varphi \frac{(\gamma_{G1} k_{gm} G_{1k} + \gamma_{G,sv} k_{vm} F_{sv,k} + \gamma_{Gw} k_{wm} G_{wk} + \gamma_Q \psi_c k_{vm} q_{ik} D_1) r_0 b_0}{1 + 0.732 \frac{E_d}{E_p} \left(\frac{\gamma_0}{t_0}\right)^3} \quad (6.1.3-3)$$

式中 b_0 ——管壁计算宽度(mm);

φ ——弯矩折减系数,取 0.7~1.0;

t_0 ——管壁计算厚度(mm),取 $t_0 = t - 2$;

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($N \cdot mm$)；

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/mm^2)，当为单线敷设时可按附录 B 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具体确定；

E_p ——钢管管材弹性模量(N/mm^2)；

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作用下管壁截面的最大弯矩系数，可按附录 A 确定；

D_1 ——管外壁直径(mm)。

6.1.4 钢管管壁的纵向应力应按下列式计算：

$$\sigma_x = \nu_p \sigma_0 \pm \psi_c \gamma_Q \alpha E_p \Delta T + \sigma_\Delta \quad (6.1.4)$$

式中 ν_p ——钢管管材泊松比；

α ——钢管管材线膨胀系数；

ΔT ——钢管管道的闭合温差；

σ_Δ ——地基不均匀沉降引起的纵向应力，可按弹性地基上的长梁计算确定。

6.2 稳定验算

6.2.1 钢管管壁截面的稳定性验算，应满足下列式要求：

$$F_{cr,k} \geq K_{st} (F_{v,k} + q_{ik}) \quad (6.2.1)$$

式中 $F_{cr,k}$ ——钢管管壁截面的临界压力(N/mm^2)；

$F_{v,k}$ ——管内真空压力标准值(N/mm^2)；

K_{st} ——钢管管壁截面的设计稳定性抗力系数，应按第 5.2.4 条的规定采用。

6.2.2 钢管管壁截面的临界压力应按下列式计算：

以上内容仅为本文档的试下载部分，
 为可阅读页数的 $\frac{E_4}{D_0(1-\nu_p^2)}$ 一半内容，如要下载
 或阅读全文，钢管管壁失稳时的折绕波数，其取值应使 $F_{cr,k}$ 为最小，并为不大于 9 的正整数； 请访问：
<https://d.book118.com/716102121143010124>

ν_s ——钢管两侧胸腔回填土的泊桑比，应根据土工试验确定。
 6.2.3 钢管管道的抗浮验算，应满足下式的要求：

$$\sum F_{Gk} \geq K_f F_{fw,k} \quad (6.2.3)$$

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，应按第 5.2.5 条的规定采用。

6.2.4 当钢管管道在敷设方向改变处一侧或两侧有柔性接头时，柔性接头距敷设方向改变处的距离 l 应满足下式的要求：

$$l \geq \frac{K_s F_{wd,k} A (1 - \cos \alpha)}{F_{fk}} \quad (6.2.4-1)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D_1 - 2t_0)^2 \quad (6.2.4-2)$$

式中 A ——钢管横截面流水面积(m^2)；

$F_{wd,k}$ ——钢管管道的设计内水压力标准值(kN/m^2)；

K_s ——抗滑稳定性抗力系数，按 5.1.5 的规定采用；

F_{fk} ——管道单位长度摩擦力标准值(kN/m)；

α ——管道转角；

6.2.5 管道单位长度摩擦力标准值 F_{fk} 可按下式计算：

$$F_{fk} = \frac{\pi}{2} \mu_s \gamma_s D_1 \left(H_s + \frac{1}{3} H_s + \frac{D_1}{2} \right) + \frac{\pi \mu_s \gamma_w}{4} (D_1 - 2t_0)^2 \quad (6.2.5)$$

式中 μ_s ——钢管管道与土壤间的摩擦系数，应根据试验确定；当缺乏试验资料时，可采用 0.25~0.4。