



CECS 142:2002

中国工程建设标准化协会标准

给水排水工程 埋地铸铁管管道结构设计规程

**Specification for structural design of buried
cast-iron pipeline of water supply and
sewerage engineering**

2002 北 京

中国工程建设标准化协会标准

给水排水工程 埋地铸铁管管道结构设计规程

**Specification for structural design of buried
cast-iron pipeline of water supply and
sewerage engineering**

CECS142:2002

主编部门：北京市市政工程设计研究总院

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：2003年3月1日

2002 北 京

第 2 页

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 中的第七章。为了逐步与国际接轨，并便于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《给水排水工程埋地铸管管道结构设计规程》，编号为 CECS 142:2002，推荐给工程建设设计、施工、使用单位采用

本规程第 3.1.1、3.1.2、3.1.3、3.2.1、3.2.2、3.2.3、5.2.2、5.2.6、5.2.7、5.3.3、8.0.3、8.0.6、8.0.7 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总院，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 录

1 总 则	5
2 主要符号	6
3 材 料	9
3.1 材质标准	9
3.2 计算指标	9
4 铸铁管管道结构上的作用	10
4.1 作用分类和作用代表值	10
4.2 永久作用标准值	10
4.3 可变作用标准值、准永久值系数	12
5 基本设计规定	14
5.1 一般规定	14
5.2 承载能力极限状态计算规定	14
5.3 正常使用极限状态验算规定	16
6 承载能力极限状态计算	18
6.1 灰口铸铁管管道的强度计算	18
6.2 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道的强度计算	19
6.3 铸铁管管道的稳定验算	20
7 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道变形验算	22
8 构造规定	23
附录 A 圆形刚性管道在各种荷载作用下的弯矩系数	24
附录 B 圆形柔性管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数和竖向变形系数 ...	25
附录 C 管侧土的综合变形模量	26
本规程用词说明	28

1 总 则

1.0.1 为了在给水排水工程埋地铸铁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灰口铸铁管管道、球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道的结构设计，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铸铁管管道结构设计。

1.0.3 本规程是根据现行国家标准《给水排水工程构筑物结构设计规范》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铸铁管管道结构，其设计尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.5 铸铁管管道施工时，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

E_{ak} ——主动土压力合力标准值；

E_{pk} ——被动土压力合力标准值；

$F_{ep \cdot k}$ ——侧向主动土压力标准值；

$F_{fw \cdot k}$ ——浮托力标准值；

$F_{SV \cdot K}$ ——管道单位长度上管顶竖向土压力标准值；

$F_{wd \cdot k}$ ——管道的设计内水压力标准值；

F_{wk} ——管道的工作压力标准值；

G_{lk} ——铸铁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；

$\omega_{\max}$ ——管道的最大竖向变形。

2.0.2 材料性能

E_p ——铸铁管管材弹性模量；

E_e ——管侧回填土的变形模量；

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_{mc} ——灰口铸铁管管道弯曲抗拉强度设计值；

f_{tc} ——灰口铸铁管管道抗拉强度设计值；

f_{td} ——球墨铸铁管管道、铸态球墨铸铁管管道抗拉强度设计值。

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 ——计算宽度；

D_1 ——管外壁直径；

D_0 ——管的计算直径；

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_0 ——管壁计算厚度；

t ——管壁设计厚度。

2.0.4 计算系数

C_{Gl} ——铸铁管管道结构的自重效应系数；

$C_{G\cdot sv}$ ——竖向土压力效应系数；

$C_{G\cdot ep}$ ——侧向土压力效应系数；

C_{Gw} ——管道内水重效应系数；

$C_{Q\cdot wd}$ ——设计内水压力效应系数；

C_{Qv} ——地面车辆荷载效应系数；

C_{Qm} ——地面堆积荷载效应系数；

D_L ——变形滞后效应系数；

k_{qm} 、 k_{vm} 、 k_{hm} 、 k_{wm} ——分别为铸铁管管道结构自重、竖向土压力、侧向土压力、管内水重作用下铸铁管管壁截面的最大弯矩系数；

k_b ——竖向土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_f ——抗浮稳定性抗力系数；

γ_{Gl} ——管道结构自重的分项系数；

$\gamma_{G\cdot sv}$ 、 $\gamma_{G\cdot ep}$ ——竖向土压力、侧向土压力的分项系数；

γ_{Gw} ——管内水重的分项系数；

γ_Q ——设计内水压力、地面车辆荷载、堆积荷载的分项系数；

γ_s ——回填土重度；

ψ_c ——可变作用组合系数；

ψ_q ——可变作用准永久值系数。

3 材 料

3.1 材质标准

3.1.1 灰口铸铁管的质量应分别符合现行国家标准《连续铸铁管》GB 3422、《柔性机械接口灰口铸铁管》GB 6483 的要求。

3.1.2 球墨铸铁管的质量应符合现行国家标准《离心铸造球墨铸铁管》GB 13295 的要求。

3.1.3 铸态球墨铸铁管的质量除应符合国家标准《离心铸造球墨铸铁管》GB 13295 的要求外,其中延伸率指标应根据生产厂提供的数据采用。

3.2 计算指标

3.2.1 灰口铸铁管管材的强度设计值应按表 3.2.1 采用。

表 3.2.1 灰口铸铁管管材的强度设计值(N/mm²)

强度类别	符号	直径 (mm)		
		≤ 300	350 ~ 700	≥ 800
抗弯	f_{mc}	185	155	135
抗拉	f_{tc}	78		

3.2.2 球墨铸铁管管材的抗拉强度设计值 f_{td} 应采用 230N/mm²。

3.2.3 铸态球墨铸铁管管材的抗拉强度设计值 f_{td} 应采用 210N/mm²。

3.2.4 铸铁管管材的物理性能指标,可按表 3.2.4 采用。

表 3.2.4 铸铁管管材的物理性能指标

管材种类	弹性模量 E_p (N/mm ²)	重度 γ_i (KN/m ³)
灰口铸铁管	$(0.2 \sim 0.4) \times 10^5$	72
球墨铸铁管及铸态球墨铸铁管	1.6×10^5	70.5

4 铸铁管管道结构上的作用

4.1 作用分类和作用代表值

4.1.1 铸铁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、侧向土压力、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、地面堆积荷载、地面车辆荷载和地下水浮力。

4.1.2 铸铁管管道结构设计时，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系数。

4.1.3 当铸铁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 铸铁管管道的管顶竖向土压力标准值，应根据管道的刚度和敷设条件分别计算确定。

4.2.2 对埋地灰口铸铁管管道，管顶竖向土压力标准值可按下列规定计算：

1 当设计地面高于原状地面，管道为填埋式时，管顶竖向土压力标准值应按下列式计算：

$$F_{sv.k} = C_c \gamma_s H_s D_1 \quad (4.2.2-1)$$

式中 $F_{sv.k}$ ——管道单位长度上管顶竖向土压力标准值（kN/m）；

C_c ——埋地式土压力系数，取 1.4；

γ_s ——回填土重度（ kN/m^3 ）；

H_s ——管顶至设计地面的覆土高度（ m ）；

D_1 ——管外壁直径（ m ）。

2 对开槽敷设的管道，管顶竖向土压力标准值应按下列式计算：

$$F_{sv,k} = C_d \gamma_s H_s D_1 \quad (4.2.2-2)$$

式中 C_d ——开槽埋设管道上压力系数，取 1.2；

4.2.3 对埋地的球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道，管顶竖向土压力标准值应按下列式计算：

$$F_{sv,k} = \gamma_s H_s D_1 \quad (4.2.3)$$

4.2.4 侧向土压力沿灰口铸铁管管道可视为均匀分布，其标准值可按管中心处计算。

4.2.5 对埋地的灰口铸铁管管道，其侧向主动土压力标准值应按下列式计算：

$$F_{ep,k} = \frac{1}{3} \gamma_s z_L \quad (4.2.5)$$

式中 $F_{ep,k}$ ——管侧主动土压力标准值（ kN/m^2 ）；

z_L ——自设计地面至管道中心处的深度（ m ）。

4.2.6 铸铁管管道内水重标准值可按下列式计算：

$$G_{wk} = 0.785 \gamma_w (D_1 - 0.002t)^2 \quad (4.2.6)$$

式中 G_{wk} ——铸铁管管道内水重标准值（ kN/m ）；

D_1 ——铸铁管管道外径（ m ）；

t ——管壁设计厚度（ mm ）；

γ_w ——铸铁管管道内水的重度，可按 10kN/m^3 计算。

4.2.7 铸铁管管道结构自重标准值应按下列式计算：

$$G_{lk} = 0.001 \gamma_i \pi D_0 t \quad (4.2.7)$$

式中 G_{lk} ——铸铁管管道结构自重标准值（ kN/m ）；

γ_i ——铸铁管管道结构的重度，按表 3.2.4 的规定采用；

D_0 ——铸铁管的计算直径，按管壁中心计算（m）。

4.2.8 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 铸铁管管道设计内水压力的标准值 $F_{wd \cdot k}$ ，应按下列规定计算：

$$1 \quad \text{当 } F_{wk} \leq 0.5 \text{MPa 时, } F_{wd \cdot k} = 2 F_{wk} \quad (4.3.1-1)$$

$$2 \quad \text{当 } F_{wk} > 0.5 \text{MPa 时, } F_{wd \cdot k} = F_{wk} + 0.5 \quad (4.3.1-2)$$

式中 F_{wk} ——铸铁管管道的工作压力标准值 MPa。

4.3.2 地面堆积荷载产生的标准值可按 10kN/m^2 计算，其准永久值系数可取 $\psi_q = 0.5$ 。

4.3.3 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，可按下列式计算（图 4.3.3-1）：

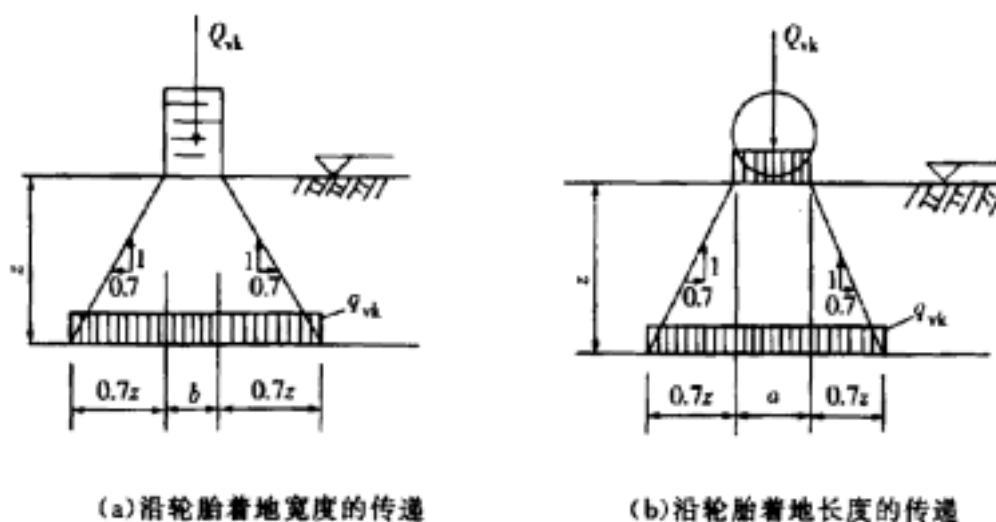


图 4.3.3-1 地面车辆单个轮压的传递分布

$$q_{vk} = \frac{\mu_d Q_{vk}}{(a + 1.4z)(b + 1.4z)} \quad (4.3.3-1)$$

式中 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/m^2) ;

Q_{vk} ——车辆的单个轮压压力标准值 (KN) ;

μ_d ——动力系数 , 按表 4.3.3 采用 ;

a ——单个车轮着地分布长度 (m) ;

b ——单个车轮着地分布宽度 (m) ;

z ——车行地面至管顶的距离 (m) 。

表 4.3.3 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

2 两个以上轮压产生的管顶竖向压力标准值 , 可按下式计算(图 4.3.3-2) :

$$q_{vk} = \frac{n\mu_d Q_{vk}}{(a + 1.4z)(nb + \sum_{i=1}^{n-1} d_i + 1.4z)} \quad (4.3.3-2)$$

式中 n ——车轮总数量 ;

d_i ——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 $\psi_q = 0.5$

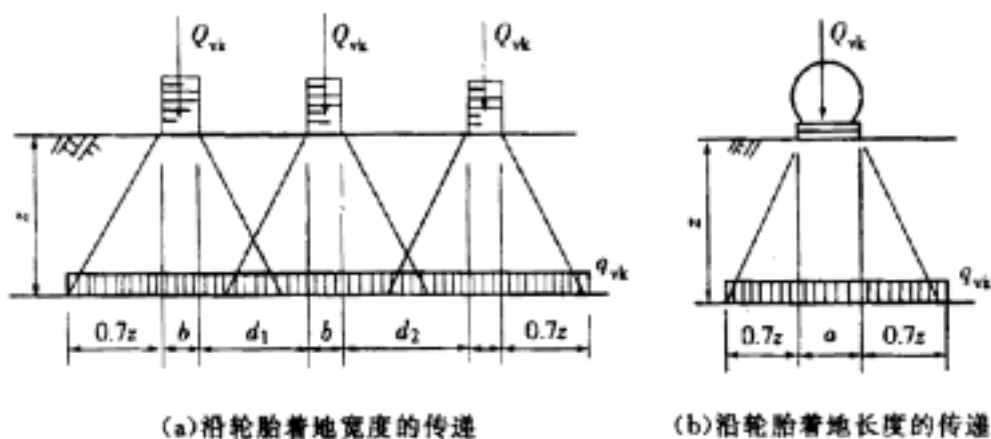


图 4.3.3-2 地面车辆两个以上轮压的传递分布

4.3.4 埋地铸铁管管道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 $10\text{KN}/\text{m}^3$ 。

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。除管道整体稳定验算和支墩计算外，均采用分项系数设计表达式进行设计。

5.1.2 铸铁管管道和支墩结构应按承载能力极限状态进行设计。球墨铸铁管管道及铸态球墨铸铁管管道尚应按正常使用极限状态进行验算。

5.1.3 铸铁管管道的结构分析模型应按下列原则确定：

- 1 灰口铸铁管管道应按刚性管道计算；
- 2 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道可按柔性管道计算；
- 3 结构内力分析应按弹性体系计算。

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。

5.2 承载能力极限状态计算规定

5.2.1 铸铁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应采用作用设计值。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 铸铁管管道结构进行强度计算时，应满足下式要求：

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

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 ——铸铁管道结构抗力设计值，应按第 3.2 节的规定确定。

5.2.3 灰口铸铁管管道进行强度计算时，作用效应的组合设计值应按式确定：

$$S = \gamma_{G1} C_{G1} G_{1K} + \gamma_{G \cdot sv} C_{G \cdot sv} F_{sv \cdot K} + \gamma_{G \cdot ep} C_{G \cdot ep} F_{ep \cdot K} + \gamma_{Gw} C_{Gw} G_{wK} + \psi_c \gamma_Q (C_{Q \cdot wd} F_{wd \cdot K} + C_{Qv} q_{vK} + C_{Qm} q_{mK}) \quad (5.2.3)$$

式中 γ_{G1} ——铸铁管管道结构自重分项系数，取 1.2；

$\gamma_{G \cdot sv}$ 、 $\gamma_{G \cdot ep}$ ——竖向土压力、管侧土压力分项系数，取 1.27， $\gamma_{G \cdot ep} = 1.0$ ；

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、地面堆积荷载的分项系数，取 1.4；

C_{G1} 、 $C_{G \cdot sv}$ 、 $C_{G \cdot ep}$ 、 C_{Gw} ——分别为管道结构自重、竖向土压力、侧向土压力和管内水重的效应系数；

$C_{Q \cdot wd}$ 、 C_{Qv} 、 C_{Qm} ——分别为设计内水压力、地面车辆荷载、地面堆积荷载的效应系数；

G_{1K} ——铸铁管管道结构自重标准值；

$F_{sv \cdot K}$ ——管道单位长度上管顶竖向土压力标准值；

$F_{ep \cdot K}$ ——侧向主动土压力标准值；

$F_{wd \cdot K}$ ——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；

ψ ——可变作用的组合系数，取 0.9。

5.2.4 球墨铸铁管管道或铸态球墨铸铁管管道进行强度计算时，作用效应的组合设计值应按式确定：

$$S = \gamma_{G1} C_{G1} G_{1K} + \gamma_{G2} C_{G2} F_{sv \cdot K} + \gamma_{G4} C_{G4} G_{wK} + \psi_c \gamma_Q (C_{Q1} F_{wd \cdot K} + C_{Q2} q_{vK} + C_{Q3} q_{mK}) \quad (5.2.4)$$

5.2.5 铸铁管管道强度计算时，各种作用组合的工况应按表 5.2.5 的规定采用。

表 5.2.5 强度计算时的作用组合

结构类型	计算工况	永久作用					可变作用		
		竖向土压力 F_{sv}	侧向土压力 F_{ep}	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
灰口铸铁管 管道	1	√	√	√	√		√	√	
	2	√	√	√	√		√		√
球墨铸铁管管道 或铸态球墨铸铁 管管道	1	√		√	√		√	√	
	2	√		√	√		√		√
注：表中“√”标记的作用为相应工况应计算的项目；“ ”标记的作用应按具体设计条件确定采用，不均匀沉降 Δs 的作用，一般可仅考虑对管道结构纵向的影响。									

5.2.6 对埋设在地下水位以下的铸铁管管道，应根据最高地下水位和管顶覆土条件验算抗浮稳定性。验算时，各种作用应采用标准值，并满足抗浮稳定性抗力系数 不低于 1.1 的要求。

5.2.7 在铸铁管管道敷设方向改变处应采取抗推力措施并进行抗滑稳定验算，其抗滑稳定性抗力系数 K_s 不应小于 1.5。

5.3 正常使用极限状态验算规定

5.3.1 球墨铸铁管管道或铸态球墨铸铁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 球墨铸铁管管道或铸态球墨铸铁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：

$$S_d = C_{G \cdot sv} F_{sv \cdot K} + C_Q \psi_q q_{iK} \quad (5.3.2)$$

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 球墨铸铁管管道或逐态球墨铸铁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，最大竖向变形不应超过 $0.02D_0 \sim 0.03D_0$ ；
- 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 灰口铸铁管管道的强度计算

6.1.1 灰口铸铁管管道进行强度计算时，应满足下列要求：

$$\gamma_0 \sigma_{mc} \leq \eta f_{mc} \quad (6.1.1-1)$$

$$\gamma_0 \sigma_{tc} \leq f_{tc} \quad (6.1.1-2)$$

式中 σ_{mc} ——在荷载组合中的外压作用下管截面上的最大弯曲拉应力设计值(N/mm^2)；

η ——在荷载组合作用下，抗弯强度设计值折减系数，按第 6.1.3 条确定；

f_{mc} ——灰口铸铁管管道抗弯强度设计值，按表 3.2.1 采用；

σ_{tc} ——在设计内水压力作用下，管壁截面上的拉应力设计值(N/mm^2)；

f_{tc} ——灰口铸铁管管道抗拉强度设计值，按表 3.2.1 采用。

6.1.2 灰口铸铁管管道在荷载组合中的外力作用下，管壁截面上的最大弯曲应力应按下列公式计算：

$$\sigma_{mc} = \frac{6M_{pm}}{b_0 t_0^2} \quad (6.1.2-1)$$

$$M_{pm} = [\gamma_{Gl} k_{gm} G_{lK} + \gamma_{G \cdot sv} k_{vm} F_{sv \cdot K} + \gamma_{G \cdot ep} k_{hm} F_{e \cdot pK} D_1 + \gamma_{Gw} k_{wm} G_{wK} + \gamma_Q \psi_c k_{vm} q_{lK} D_1] \gamma_0 b_0 \quad (6.1.2-2)$$

式中 M_{pm} ——在荷载组合作用下，管壁截面上的最大弯矩($\text{N} \cdot \text{mm}$)；

b ——计算宽度(mm)；

t_0 ——计算壁厚(mm)，取 $t_0 = 0.975t - 0.15$ ；

k_{gm} 、 k_{vm} 、 k_{hm} 、 k_{wm} ——管道自重、竖向土压力、侧向土压力、管内水重作

用下管壁截面上的最大弯矩系数，可按附录 A 确定。

6.1.3 在荷载组合作用下，抗弯强度设计值折减系数应按下列公式确定：

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{tc}}{f_{tc}}} \quad (6.1.3)$$

6.1.4 在设计内水压力作用下，管壁截面上的拉应力设计值应按下列式计算：

$$\sigma_{tc} = \frac{N}{b_0 t_0} \quad (6.1.4-1)$$

$$N = \gamma_Q F_{wd \cdot K} \gamma_0 b_0 \quad (6.1.4-2)$$

式中 N ——设计内水压力作用下，管壁截面上的拉力设计值（N）。

6.2 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道的强度计算

6.2.1 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道的强度计算，应符合下列式的要求：

$$\gamma_0 \left(\frac{N}{b_0 t_0} + \frac{6M}{b_0 t_0^2} \right) \leq f_{td} \quad (6.2.1)$$

式中 N ——设计内水压力作用下，管壁截面上的拉力设计值（N），可按（6.1.4-2）式计算；

M ——在荷载组合作用下管壁截面上的最大弯矩设计值（N·mm）；

f_{td} ——球墨铸铁管材、铸态球墨铸铁管材抗拉强度设计值，应按第 3.2.2 条、第 3.2.3 条采用。

6.2.2 在荷载组合作用下管壁截面上的最大弯矩可按下列式计算：

$$M = \varphi \frac{(\gamma_{GII} k_{gm} G_{IK} + \gamma_{G \cdot sv} k_{vm} F_{sv \cdot K} + \gamma_{Gw} k_{wm} G_{wK} + \gamma_Q \psi_c k_{vm} q_{IK} D_1) \gamma_0 b_0}{1 + 0.732 \frac{E_d}{E_p} \left(\frac{\gamma_0}{t_0} \right)^3} \quad (6.2.2)$$

式中 φ ——弯矩折减系数，取 0.7 ~ 1.0；

E_d ——管侧土的综合变形模量（N/mm²），当为单线敷设时可按附录 C 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 ——管材弹性模量（N/mm²）；

k_{gm} 、 k_{vm} 、 k_{wm} ——分别为管道自重、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 B 确定。

6.3 铸铁管管道的稳定验算

6.3.1 铸铁管管道的抗浮验算，应满足下式的要求：

$$\sum F_{GK} \geq K_f F_{fw \cdot K} \quad (6.3.1)$$

式中 $\sum F_{GK}$ ——各种抗浮作用标准值之和；

$F_{fw \cdot K}$ ——浮托力标准值；

K_f ——抗浮稳定性抗力系数，应按第 5.2.6 条的规定采用。

6.3.2 铸铁管管道敷设方向改变处的抗推力稳定验算，应满足下列要求：

1 当采用重力式支墩抗推力时，应满足下式的要求：

$$E_{pK} - E_{aK} + F_{fK} \geq K_s F_{pw \cdot K} \quad (6.3.2-1)$$

$$P \leq f_a \quad (6.3.2-2)$$

$$P_{\min} \geq 0 \quad (6.3.2-3)$$

$$P_{\max} \leq 1.2 f_a \quad (6.3.2-4)$$

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），可按朗金土压力公式计算；

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），可按朗金土压力公式计算；

F_{fK} ——支墩底部滑动平面上的摩擦力标准值（kN）；

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

K_s ——抗滑稳定性抗力系数，应符合第 5.2.7 条的要求；

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标准值（kPa），按现行国家标准

《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定确定。

2 当采用桩基抗推力时，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。

3 当灰口铸铁管采用石棉水泥接口时，管道推力的标准值可减去接口能承担的拉力标准值。其拉力标准值应根据接口材料的单位粘着力标准值及填料深度、周长计算确定。石棉水泥接口材料的单位粘着力标准值应根据试验确定。当缺乏试验数据时可参照表 6.3.2 七采用。

表 6.3.2-3 石棉水泥接口材料的单位粘着力标准值

口径(mm)	400	500	600	700	800
单位粘着力标准值（MPa）	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

7 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道变形验算

7.0.1 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道，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：

$$\omega_{d \cdot \max} \leq \phi_{D_0} \quad (7.0.1)$$

式中 $\omega_{d \cdot \max}$ ——球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道，在准永久组合作用下的竖向最大变形；

ϕ ——变形百分率，可按第 5.3.3 条的规定采用；

D_0 ——球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道的计算直径，可按管壁中心计算。

7.0.2 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道，在准永久组合作用下的最大竖向变形 $\omega_{d \cdot \max}$ 应按下列式计算：

$$\omega_{\max} = \frac{D_L k_b \gamma_0^3 (F_{sv \cdot K} + \psi_q q_{iK} D_1)}{E_p I_p + 0.061 E_d \gamma_0^3} \quad (7.0.2)$$

式中 D_L ——变形滞后效应系数，取 1.0 ~ 1.5；

k_b ——竖向压力作用下柔性管的竖向变形系数，按附录 B 确定；

I_p ——管壁纵向截面单位长度的截面惯性矩 (mm^4)。

8 构造规定

8.0.1 当灰口铸铁管采用胶圈石棉水泥接口时，应根据管道沿线工程地质条件及管顶覆土变化情况适当配置柔性连接接口。

8.0.2 当铸铁管管道采用人工土弧基础时，人工土弧基础应采用中粗砂或细碎石铺设。管底以上部分人工土弧砂基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的尺寸可按式确定，但不宜大于 0.3m；

$$h_d \geq 0.1(1+D) \quad (8.0.2)$$

式中 h_d ——管底以下部分人工土弧砂基厚度 (m)；

D ——管内径 (m)。

8.0.3 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道回填土的压实系数，应在有关的设计文件中明确规定。当管底以下部分为人工土弧基础时，压实系数不应大于 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。

8.0.4 灰口铸铁管管道两侧胸腔部分的回填土，压实系数不宜低于 0.9。

8.0.5 球墨铸铁管管道和铸态球墨铸铁管管道施工时，应严格控制管顶竖向变形。当管道直径较大、管顶覆土较深时，应采用预加变形等措施。

8.0.6 管道内外室的防腐做法，必须符合国家现行有关标准的规定。

8.0.7 铸铁管用于输送饮用水的给水工程管道时，其内防腐材料必须符合国家现行有关卫生标准的要求，确保对人体健康无害。

8.0.8 混凝土重力支墩的推力方向一侧应紧靠原状土。若支墩与原状土间有空隙，应以与支墩同强度等级的混凝土填实。

8.0.9 支墩的混凝土强度等级不得低于 C10。

附录 A 圆形刚性管道在各种荷载作用下的弯矩系数

圆形刚性管道在各种荷载作用下，管截面上的最大弯矩系数，可按表 A 确定。

表 A 圆形刚性管道的弯矩系数

荷载类别	系数		土弧基础中心角		
			20 °	90 °	120 °
管道自重	K_{gm}	管底	+0.211	+0.123	+0.100
竖向土压力	K_{vm}	管底	+0.266	+0.178	+0.155
侧向土压力	k_{HM}	管底	-0.125	-0.125	-0.125
管内水压	k_{WM}	管底	+0.211	+0.123	+0.100
注：1 在管底截面上，弯矩为最大值；					
2 “+”号表示管截面内壁受拉；“-”号表示外壁受拉。					

附录 B 圆形柔性管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数和竖向变形系数

圆形柔性管道在各种荷载作用下，管截面上的最大弯矩系数和竖向变形系数，可按表 B 确定。

表 B 圆形柔性管道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
	管内水重 K_{wm}	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
变形系数	竖向压力 K_b	0.109	0.103	0.096	0.089	0.085

附录 C 管侧土的综合变形模量

C.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。

C.0.2 管侧上的综合变形模量风可按下式计算：

$$E_d = \xi E_e \quad (\text{C.0.2})$$

式中 E_e ——管侧回填土在要求压实密度下的变形模量 (MPa)，应根据试验确定；

当缺乏试验数据时，可按表 C.0.2-1 采用；

ξ ——与 B_r (管中心处槽宽度) 和 D_1 的比值及 E_e 与基槽两侧原状土变形模量风的比值有关的计算参数，按表 C.0.2-2 确定。

表 C.0.2-1 管侧回填土和槽侧原状土的变形模量 (MPa)

回填土压实系数 (%)		85	90	95	100
原壮土标准贯入					
土的类别	锤击数 N63.5	$4 < N \leq 14$	$14 < N \leq 24$	$24 < N \leq 50$	> 50
砾石、碎石		5	7	10	20
砂石、砂夹石、细粒土含量不大于 12%		3	5	7	14
砂粒、砂夹石、细粒土含量大于 12%		1	3	5	10
黏性土或粉土 ($W_L < \text{砂粒含量} > 25\%$)		1	3	5	10
黏性土或粉土 ($W_L < \text{砂粒含量} < 25\%$)		—	1	3	7

注：1 表中数值适用于 10cm 以下覆土；当覆土超过 10cm 时，上表数值偏低；

2 回填土的变形模量 E_e 可按要求的压实系数采用；表中的压实系数 (%) 至设计要求回填土压实后的干密度与该土在相同压是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 可按标准贯入度试验的锤技术确定；

4 W_L 为粘性土的液限；

5 细粒土指粒径小于 0.075mm 的土；

6 砾砂指粒径为 0.075 ~ 2.0mm 的土。

表 C.0.2-2 计算参数 ξ

B_r/D_1 E_e/E_n	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
0.1	2.06	2.04	1.63	1.40	1.17	1.05
0.2	2.50	1.83	1.52	1.34	1.15	1.04
0.4	1.80	1.35	1.35	1.24	1.11	1.03
0.6	1.43	1.29	1.21	1.15	1.07	1.02
0.8	1.18	1.13	1.09	1.07	1.03	1.01
1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.73	0.78	0.82	0.93	0.93	0.98
2.0	0.57	0.64	0.70	0.86	0.86	0.95
2.5	0.47	0.54	0.61	0.81	0.81	0.93
3.0	0.40	0.47	0.54	0.76	0.76	0.90
4.0	0.30	0.37	0.44	0.69	0.691.05	0.89
5.0	0.25	0.30	0.37	0.43	0.611.04	0.83

本规程用词说明

一、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”或“可”；反面词采用“不宜”。

二、条文中指定应按其他有关标准执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……要求（或规定）”。非必须按所指定的标准执行时，写法为“可参照……执行”。