



CECS 145 :2002

中国工程建设标准化协会标准

**给水排水工程
埋地矩形管管道结构设计规程**

**Specification for structural design of buried rectangular
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
埋地矩形管管道结构设计规程

**Specification for structural design of buried rectangular
pipeline of water supply and Sewerage engineering**

CECS 145 :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:2 0 0 3 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》GBJ 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《给水排水工程埋地矩形管管道结构设计规程》,编号为 CECS 145:2002,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、3.2.3、5.2.2、5.2.5、5.3.2、5.3.3、7.1.1、7.2.7 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/TC 17(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: 沈世杰 刘雨生 潘家多

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)
3.1 砌体	(5)
3.2 混凝土	(5)
4 管道结构上的作用	(7)
4.1 作用分类和作用代表值	(7)
4.2 永久作用标准值	(7)
4.3 可变作用标准值、准永久值系数	(9)
5 基本设计规定	(11)
5.1 一般规定	(11)
5.2 承载力极限状态计算规定	(11)
5.3 正常使用极限状态验算	(15)
6 静力计算	(17)
6.1 砌体混合结构矩形管道	(17)
6.2 钢筋混凝土结构矩形管道	(21)
7 构造要求	(23)
7.1 混合结构矩形管道	(23)
7.2 钢筋混凝土结构矩形管道	(24)
附录 A 管顶竖向土压力标准值的确定	(27)
附录 B 地面车辆荷载对矩形管道的作用标准值	(29)
附录 C 钢筋混凝土矩形截面处于受弯或大偏心受拉(压) 状态时的最大裂缝宽度计算	(33)

附录 D 弹性地基上矩形管道底板的定端弯矩和抗挠劲度	
计算	(35)
本规程用词说明	(38)
附:条文说明	(39)

1 总 则

1.0.1 为了在给水处理工程中,对埋地矩形管道的结构设计贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术进步、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于城、镇公用设施和工业企业的一般给水排水工程的砌体、混合结构和运行内压不超过 0.2MPa 的钢筋混凝土矩形管道设计,不适用于工业企业中具有特殊要求的给水排水管道结构设计。

1.0.3 本规程根据国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定的原则进行制定。

1.0.4 按本规程设计时,有关构件截面计算和地基基础设计等,应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《砌体结构设计规范》GB 50003、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定执行。

1.0.5 对于兴建在地震区,湿陷性黄土或膨胀土等特殊地区给水排水工程矩形管道的结构设计,除应执行本规程要求外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 主要符号

2.0.1 管道上的作用和作用效应

$F_{ep,k}$ ——管侧主动土压力标准值；

$F_{sv,k}$ ——管道单位长度上管顶竖向土压力标准值；

F_{vk} ——管道内真空压力标准值；

$F_{wd,k}$ ——管道的设计内水压力标准值；

F_{wk} ——管道的工作压力标准值；

p_{fk} ——地基的均布反力标准值；

Q_{vk} ——地面车辆的单个轮压标准值；

$q_{gw,k}$ ——地下水压力标准值；

$q_{ve,k}$ ——考虑结构整体作用时，车辆轮压产生的管道上竖向压力标准值；

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；

w_{max} ——钢筋混凝土结构计算截面的最大裂缝宽度。

2.0.2 材料性能

E_c ——混凝土弹性模量；

E_m ——砌体弹性模量；

E_0 ——地基土变形模量。

2.0.3 几何参数

A_0 ——钢筋混凝土结构计算截面的换算截面面积；

α ——单个车轮着地分布长度；

α_s ——顶板在侧墙上的搁置长度；

B ——管道的净宽；

B_c ——管道的外缘宽度；

b ——单个车轮着地分布宽度；
 b_w ——侧墙厚度；
 H ——砌体侧墙净高；
 H_w ——钢筋混凝土管道侧墙的计算高度；
 H_s ——管顶至设计地面的覆土高度；
 I_c ——钢筋混凝土管道顶板的截面惯性矩；
 I_w ——钢筋混凝土管道侧墙的截面惯性矩；
 I_{wm} ——混合结构管道砌体侧墙的截面惯性矩；
 L_c ——钢筋混凝土管道顶板的计算跨度；
 L_v ——轮压传递至管顶处沿管道纵向的影响长度；
 W_0 ——钢筋混凝土结构换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩。

2.0.4 计算系数

C_c ——埋填式土压力系数；
 C_d ——开槽施工土压力系数；
 C_j ——不开槽施工土压力系数；
 C_G ——永久作用效应系数；
 C_Q ——可变作用效应系数；
 ξ_0 ——混合结构矩形管道底板跨中的弯矩系数；
 ξ_q ——底板在均布荷载作用下的定端弯矩系数；
 ξ_p ——底板在对称集中荷载作用下的定端弯矩系数；
 ξ_s ——弹性地基上有限长度平面变形截条的抗挠刚度系数；
 λ ——弹性地基上平面变形截条的柔性参数；
 γ ——混凝土截面抵抗矩塑性影响系数；
 γ_0 ——管道的重要性系数；
 γ_G ——永久作用分项系数；
 γ_Q ——可变作用分项系数；
 μ ——管道顶板与砌体墙顶间的摩擦系数；
 μ_d ——动力系数；
 ν ——与受拉钢筋表面形状有关的参数；

ψ ——裂缝间受拉钢筋应变不均匀系数；

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 砌 体

3.1.1 烧结普通机制砖的强度等级不应低于 MU10。

3.1.2 石料的强度等级不应低于 MU20。

3.1.3 砌筑砂浆应采用水泥砂浆。砂浆的强度等级不应低于 M7.5。

3.1.4 砌体的物理力学性能指标,应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定执行。

3.2 混 凝 土

3.2.1 混凝土的强度等级不应低于 C25。

3.2.2 混凝土管道用的混凝土,密实性应满足抗渗要求。不同运行条件下,管道结构对混凝土的抗渗等级要求应按表 3.2.2 采用。

表 3.2.2 混凝土抗渗等级(S_i)的确定

最大作用水头与混凝土壁、板厚度比值 i_w	抗渗等级 S_i
<10	S4
$10\sim30$	S6
>30	S8

注:抗渗等级 S_i 的定义系指龄期为 28d 的混凝土试体,施加 $i \times 0.1\text{MPa}$ 水压后满足不渗水指标。

混凝土的抗渗等级,应根据试验确定。相应混凝土的骨料应选择良好级配;水灰比不宜大于 0.50。

3.2.3 管道结构的混凝土,其含碱量最大限值应符合现行标准

《混凝土碱含量限值标准》CECS 53 的规定。

3.2.4 在混凝土配制中采用外加剂,应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定,并应通过试验鉴定,确定其适用性及相应的掺含量。

4 管道结构上的作用

4.1 作用分类和作用代表值

4.1.1 管道结构上的作用,应分为永久作用和可变作用两类:

1 永久作用应包括结构自重、土压力(竖向和侧向)、重力流管道内的水重、预加应力、地基的不均匀沉降;

2 可变作用应包括地面人群荷载、地面堆积荷载、车辆荷载、压力管道内的静水压力(运行工作压力或设计内水压力)及真空压力、地下水压力。

4.1.2 结构设计时,对不同性质的作用应采用不同的代表值,作用标准值应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。

可变作用组合值,应为可变作用标准值乘以作用组合系数;可变作用准永久值,应为可变作用标准值乘以使用的准永久值系数。

4.1.3 当管道结构承受两种或两种以上可变作用时,按承载能力极限状态的作用效应基本组合进行设计或正常使用极限状态的作用效应标准组合进行设计时,可变作用应采用标准值和组合值作为代表值。

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 结构自重,可按结构构件的设计尺寸与相应的材料单位体积的自重计算确定。矩形管道的常用结构材料自重标准值,可按表 4.2.1 采用。

表 4.2.1 常用材料结构自重标准值(kN/m³)

材料	机制砖砌体	浆砌毛石砌体	钢筋混凝土	水泥砂浆
自重标准值	19	24	25	20

4.2.2 作用在地下管道上的竖向土压力,其标准值应根据管道埋设方式及条件按附录 A 确定。

4.2.3 作用在地下管道上的侧向土压力,应按主动土压力计算。其标准值应按下列公式确定:

1 对埋设在地下水位以上的管道

$$F_{ep,k} = K_a \gamma_s Z \quad (4.2.3-1)$$

2 对埋设在地下水位以下的管道

$$F_{ep,k} = K_a [\gamma_s Z_w + \gamma'_s (Z - Z_w)] \quad (4.2.3-2)$$

式中 $F_{ep,k}$ ——管侧土压力标准值(kN/m²);

K_a ——主动土压力系数,应根据土的抗剪强度确定;当缺乏试验数据时,对砂类土或粉土可取 $\frac{1}{3}$;对粘性土

可取 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$;

γ_s ——回填土的重力密度(kN/m³),一般可取 18kN/m³;

Z ——自地面至计算截面处的深度(m);

γ'_s ——地下水位以下回填土的有效重度(kN/m³),可按 10kN/m³ 采用;

Z_w ——自地面至地下水位的距离(m)。

4.2.4 管道中的水重标准值,可按水的重力密度为 10kN/m³ 计算。

4.2.5 预应力混凝土管道结构上的预加应力标准值,应为预应力钢筋的张拉控制应力值扣除相应张拉工艺的各项应力损失。张拉控制应力值应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定。

当对管道结构作承载能力极限状态计算,预加应力为不利作用的工况时,确定预加应力标准值不应扣除由钢筋松弛和混凝土收缩、徐变引起的应力损失

4.2.6 当管道沿线地基土有显著变化时,需计算地基不均匀沉降对管道结构的影响。不均匀沉降标准值的确定,应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定计算。

4.3 可变作用标准值、准永久值系数

4.3.1 埋地管道的地面可变作用,其标准值及相应的准永久值系数应按表 4.3.1 的规定采用。

表 4.3.1 地面可变作用标准值及准永久值系数

作用类别	标准值(kN/m ²)	准永久值系数 ψ_q
堆积荷载	10.0	0.5
车辆荷载	按附录 B 计算确定	0.5

4.3.2 压力管道的静水标准值,应按设计内水标准值确定。设计内水压力可按下式计算:

$$F_{wd,k} = 1.4F_{wk} \quad (4.3.2)$$

式中 $F_{wd,k}$ ——压力管道的设计内水压力标准值(MPa);

F_{wk} ——压力管道的运行工作压力标准值(MPa)。

相应的准永久值系数可取 $\psi_q = 0.7$,但不得小于运行工作内水压力标准值。

4.3.3 埋设在地下水位以下的管道应计算作用在管道上的地下水压力(含浮托力)。地下水压力应按静水压力计算,相应的设计水位应根据勘察部门提供的数据采用。其标准值及准永久值系数的确定应符合下列规定:

1 地下水位应综合考虑近期内变化的统计数据及对设计基准期内发展趋势的变化分析判断,确定其可能出现的最高及最低地下水位。据此,按对管道结构的作用效应,选用最高或最低地下

水位。

2 相应的地下水压力准永久值系数(ψ_q),当采用最高地下水位时,可取平均水位与最高水位的比值;当采用最低水位时,应取1.0 计算。

4.3.4 压力管道在运行过程中可能产生的真空压力(F_{vk}),其标准值可取 0.05MPa 计算;相应的准永久值系数可取 $\psi_q=0$ 。

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,以可靠指标度量结构构件的可靠度,除对管道整体稳定验算外,均采用分项系数设计表达式进行设计。

5.1.2 矩形管道结构设计应核算下列两种极限状态:

1 承载能力极限状态:管道结构达到最大承载能力,管体构件因材料强度被超过而破坏;管道结构作为刚体失去平衡(横向滑移、上浮)。

2 正常使用极限状态:管道结构出现超过使用期耐久性要求的裂缝宽度限值。

5.1.3 管道结构内力分析,均应按弹性体系计算,不考虑由非线性变形所产生的内力重分布。

5.1.4 下列运行条件的矩形管道,不宜采用砌体混合结构:

- 1 非重力流的压力管道;
- 2 位于地下水位以下的管道;
- 3 排放污水包括雨、污水合流的管道。

5.1.5 最冷月平均气温低于 -3°C 的地区,管道与明渠或河道连接处,不得采用砖砌结构,其长度不应小于10m。

5.2 承载能力极限状态计算规定

5.2.1 管道结构按承载能力极限状态进行强度计算时,结构上的各项作用均应采用作用设计值。

作用设计值应为使用分项系数与作用代表值的乘积。

5.2.2 对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 ——管道的重要性系数,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,对给水输水管道取 1.1 或 1.0 (当双线敷设时),对污水或合流管道取 1.0,雨水管道取 0.9;

S ——作用效应组合的设计值;

R ——结构构件抗力的设计值,应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定确定。

5.2.3 对管道结构进行强度计算时,作用效应的基本组合设计值,应按下式确定:

$$\begin{aligned} S = & \gamma_G C_{G1} G_{1K} + \gamma_{G1} (C_{Gw} G_{wk} + C_{Gsv} F_{sv,k} + C_{G,ep} F_{ep,k}) \\ & + \gamma_{Q1} C_{Q1} q_{gw,k} + \psi_c \gamma_{Q1} (C_{Qwd} F_{wd,k} + C_{Qm} q_{mk} \\ & + C_{Qv} F_{vk} + C_{Qr} q_{vk} + C_{Qh} q_{hk}) \end{aligned} \quad (5.2.3)$$

式中 G_{1K} 、 C_{G1} ——结构构件自重标准值及其作用效应系数;

$q_{gw,k}$ 、 C_{Q1} ——管道外侧地下水压力标准值及其作用效应系数;

G_{wk} 、 C_{Gw} ——管内水重标准值及其作用效应系数;

$F_{sv,k}$ 、 C_{Gsv} ——管道单位长度上管顶的竖向土压力标准值及其作用效应系数;

$F_{ep,k}$ 、 $C_{G,ep}$ ——管侧主动土压力标准值及其作用效应系数;

$F_{wd,k}$ 、 C_{Qwd} ——压力管道的设计内水压力标准值及其作用效应系数;

q_{mk} 、 C_{Qm} ——地面堆积荷载标准值及其作用效应系数;

F_{vk} 、 C_{Qv} ——压力管道内真空压力标准值及其作用效应系数;

$q_{v,k}$ 、 C_{Qv} ——车辆轮压传递到管顶处的竖向压力标准值及其作用效应系数;

q_{hk} 、 C_{Qh} ——车辆轮压传递到管侧的侧向压力标准值及其作

用效应系数；

γ_{G1} ——结构构件自重的分项系数，当作用效应对结构不利时应取 1.20；当作用效应对结构有利时应取 1.00；

γ_G ——除结构构件自重外，各项永久作用的分项系数，当作用效应对结构不利时应取 1.27；当作用效应对结构有利时应取 1.00；

γ_{Q1} ——地下水压力的作用分项系数，应取 1.27；

γ_{Q2} ——除地下水压力外，各项可变作用分项系数，应取 1.40；

ψ_c ——可变作用的组合系数，应取 0.90。

注：作用效应系数为结构在相应作用下产生的效应（内力、应力等）与该作用的比值，可按结构力学方法确定。

5.2.4 强度计算时的作用组合工况，应按表 5.2.4 的规定采用。

表 5.2.4 强度计算的作用组合表

结构类别	计算工况	永久作用						可变作用					
		结构自重 G_1	管内水重 G_w	土压力		预加应力 σ_{pe}	不均匀沉降 Δ_s	设计内水压力 F_{wd}	地下水压力 q_{gw}		车辆 q_t	堆载 q_m	真空压力 F_v
				竖向 F_{sv}	侧向 F_{sp}				最高	最低			
砌体混合结构	(1)	✓	—	✓	✓	△	△	—	✓	—	✓	—	—
	(2)	✓	✓	✓	✓	△	△	—	—	✓	✓	—	—
	(3)	✓	—	—	✓	△	△	—	—	—	—	—	—
	(4)	✓	—	✓	✓	—	—	—	—	✓	✓	—	—

续表 5.2.4

结构类别	计算工况	永久作用						可变作用					
		结构自重 G_1	管内水重 G_w	土压力		预加应力 σ_{pe}	不均匀沉降 Δ_s	设计内水压力 F_{wd}	地下水压力 q_{gw}		车辆 q_r	堆载 q_m	真空压力 F_v
				竖向 F_{sv}	侧向 F_{sp}				最高	最低			
钢筋混凝土结构	(1)	✓	✓	—	—	△	△	✓	—	—	—	—	—
	(2)	✓	—	✓	✓	△	△	—	✓	—	✓	—	—
	(3)	✓	—	✓	✓	△	△	—	—	✓	✓	✓	✓
	(4)	✓	✓	✓	✓	—	—	✓	—	✓	✓	—	—

注:1 表中打“✓”的作用为相应工况应予计算的项目;打“△”的作用应按具体设计条件确定采用;

2 地面车辆、堆载作用不应同时计算,应根据不利设计条件计入其中一项;

3 砌体混合结构的工况(2)和钢筋混凝土结构的工况(4),均为计算地基强度用;

4 钢筋混凝土结构的工况(1)为计算闭水试验的工况;

5 砌体混合结构的工况(3)为核算施工过程中回填土至墙顶的受力状态;

6 对永久作用的分项系数,应按对结构不利或有利分别采用;

7 当管道地基土质变化显著或管顶覆土变化较大,应计算地基不均匀沉降 Δ_s 。对管道结构的纵向影响。

5.2.5 对埋设在地下水位以下的矩形混凝土管道,应根据最高地下水位和管顶覆土条件验算抗浮稳定。

抗浮验算时,各项作用均应取标准值,并应满足抗浮稳定抗力系数不低于 1.10。

5.3 正常使用极限状态验算

5.3.1 管道结构的钢筋混凝土构件按正常极限状态验算时,作用效应均应采用作用代表值计算。

5.3.2 钢筋混凝土结构构件在组合作用下,计算截面的受力状态处于受弯、大偏心受压或受拉时,截面允许出现的最大裂缝宽度不应大于 0.2mm。

5.3.3 钢筋混凝土结构构件在组合作用下,计算截面的受力状态处于轴心受拉或小偏心受拉时,截面设计应按不允许裂缝出现控制。

5.3.4 当构件的截面设计按不允许裂缝出现控制时,应取作用效应标准组合计算。作用效应的组合设计值应按第 5.2.3 条的规定确定,但均不应计入作用分项系数。

5.3.5 当验算构件截面的裂缝展开宽度时,应按作用效应准永久组合计算。作用效应的组合设计值应按下式确定:

$$S_d = C_{G1} G_{ik} + (C_{Gw} G_{wk} + C_{Gsv} F_{sv,k} + C_{Gep} F_{ep,k}) + (\psi_{qgw} C_{Q1} q_{gw,k} + \psi_{qm} C_{Qm} q_{mk} + \psi_{qv} C_{Qv} q_{vk} + \psi_{qh} C_{Qh} q_{hk}) \quad (5.3.5)$$

式中 ψ_{qi} ——相应 i 项可变作用的准永久值系数,应按本规程 4.3 的有关规定采用。

5.3.6 正常使用极限状态验算时,作用组合工况应按表 5.2.4 所列工况中控制构件截面设计的组合工况采用。

5.3.7 钢筋混凝土结构构件,在组合作用下,验算截面的控制裂缝出现,应按下列规定进行:

1 当验算截面处于轴心受拉状态时,应满足下式要求:

$$\frac{N_s}{A_0} \leq \alpha_{ct} f_{tk} \quad (5.3.7-1)$$

式中 N_s ——在作用效应标准组合下验算截面上的纵向力(N);

A_0 ——验算截面的换算截面积(mm²);

f_{tk} ——管材混凝土的抗拉强度标准值(N/mm²);

α_{ct} ——混凝土拉应力限制系数,可取 0.87。

2 当验算截面处于小偏心受拉状态时,应满足下式要求:

$$N_s \left(\frac{e_0}{\gamma W_0} + \frac{1}{A_0} \right) \leq \alpha_{ct} f_{tk} \quad (5.3.7-2)$$

式中 e_0 ——纵向力对截面重心的偏心距(mm);

W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩(mm³);

γ_0 ——受拉区混凝土的塑性影响系数,对矩形截面可取 1.75。

5.3.8 预应力混凝土结构构件,在作用效应标准组合下,验算截面的控制裂缝出现,应满足下式要求:

$$\alpha_{cp} \sigma_{sc} + \sigma_{pe} \leq 0 \quad (5.3.8)$$

式中 σ_{ss} ——在作用效应标准组合下,验算截面上的法向应力(N/mm²);

σ_{pe} ——扣除全部预应力损失后,计算截面混凝土的预压应力(N/mm²);

α_{cp} ——预压效应系数,不应小于 1.15。

5.3.9 钢筋混凝土结构构件在作用效应准永久组合下,验算截面处于受弯、大偏心受压或大偏心受拉状态时,最大裂缝宽度可按附录 C 计算,并应符合 5.3.2 的要求。

6 静力计算

6.1 砌体混合结构矩形管道

6.1.1 砌体混合结构矩形管道一般可由三种构件组成:钢筋混凝土顶板、砌体墙、混凝土或钢筋混凝土底板。顶板可为整体现浇或分块预制装配;底板应为现浇整体板。

对雨水管道,当位于地下水位以上且地基土质较好时,管道底板可采用分离式结构;侧墙下为条形基础,中间为构造底板。

6.1.2 混合结构矩形管道的结构计算简图,可按下列规定确定:

1 顶板与侧墙的连接可视为铰支承;

2 侧墙与底板的连接,当管道的净宽不大于 3.0m 时,侧墙可按固定支承于底板或条形基础计算;当管道的净宽大于 3.0m 时,侧墙与底板两者宜视为连续支承,按节点变形协调进行计算。

3 当管道净宽不大于 3.0m 时,底板的地基反力可视作均匀分布,条形基础下的地基反力可视作直线分布;当管道的净宽大于 3.0m 时,底板宜按弹性地基上的平面变形截条进行计算。

6.1.3 混合结构矩形管道的静力计算,当管道净宽不大于 3.0m 时,可按下列规定进行:

1 应按 5.2.4 的规定,确定相应工况的组合作用;对结构截面进行强度计算时,有利的作用的分项系数应取 1.0;

2 顶板可按两端铰支计算;顶板的计算跨度宜为净跨的 1.05 倍;

3 侧墙的内力,可按下列公式计算(图 6.1.3):

$$M_{AB} = M_{AF} - \frac{1}{2} M_{BA} \quad (6.1.3-1)$$

$$N_{AB} = F_{vk} b_w + \frac{1}{2} F_{vk} B + G_{1w,k} \quad (6.1.3-2)$$

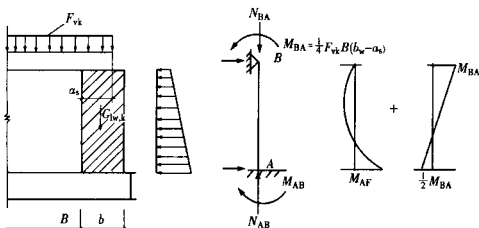


图 6.1.3 混合结构侧墙计算简图

$$M_{BA} = \frac{1}{4} F_{vk} B (b_w - a_s) \quad (6.1.3-3)$$

$$N_{BA} = F_{vk} b_w + \frac{1}{2} F_{vk} B \quad (6.1.3-4)$$

$$F_{vk} = \frac{F_{sv,k}}{B + 2b_w} + \frac{G_{ld,k}}{B + 2a_s} \quad (6.1.3-5)$$

4 整体式底板的弯矩,可按下列公式计算:

$$M_{AA} = M_{AB} \quad (6.1.3-6)$$

$$M_{max} = \xi_0 p_t B^2 - M_{AA} \quad (6.1.3-7)$$

- 式中 M_{AB} ——侧墙底端由侧墙顶端传递的弯矩(kN·m/m);
 M_{BA} ——侧墙顶端由于顶板压力偏心引起的弯矩(kN·m/m);
 M_{AF} ——在墙外侧水平压力设计值作用下,侧墙底端视为固端时产生的定端弯矩(kN·m/m);
 M_{AA} ——底板两侧与侧墙连接处的弯矩(kN·m/m);
 M_{max} ——底板跨中的最大弯矩(kN·m/m);
 N_{AB} ——侧墙底端截面上的轴压力(kN/m);
 N_{BA} ——侧墙顶端截面上的轴压力(kN/m);
 F_{vk} ——顶板上的竖向压力标准值(kN/m²);
 B ——管道的净宽(m);
 $G_{lw,k}$ ——墙体自重标准值(kN/m);

$G_{1d,k}$ ——顶板自重标准值(kN/m);

b_w ——侧墙的厚度(m);

a_s ——顶板在侧墙上的搁置长度(m);

p_t ——地基的均布反力设计值(kN/m),应按最不利工况确定;

ξ_0 ——底板跨中弯矩系数,对平板可取 1/8;对反拱式板取 1/12。

6.1.4 对混合结构管道的侧墙,尚应验算当回填土至墙顶时侧墙顶端和底端的抗剪强度,并按下列规定计算:

1 侧墙顶端应符合下式要求:

$$V_B \leq \frac{1}{2} \mu \cdot G_{1d,k} \quad (6.1.4-1)$$

2 侧墙底端应符合下式要求:

$$V_A \leq \mu \left(\frac{1}{2} G_{1d,k} + G_{1w,k} \right) + f_v b_w \quad (6.1.4-2)$$

式中 V_A ——在回填土的主动土压力设计值作用下,墙底端承受的剪力(kN/m);

V_B ——在回填土的主动土压力设计值作用下,墙顶端承受的剪力(kN/m);

μ ——顶板与砌体墙顶间的摩擦系数,可取 0.70;

f_v ——侧墙砌体的抗剪强度设计值(kN/m²)。

6.1.5 对于管道净宽大于 3.0m 的结构静力计算,可按下列规定进行:

1 根据 6.1.2 的规定,结构计算简图可取图 6.1.5 所示。

2 墙与底板连接处的节点弯矩,可按下列式计算:

$$M_{AB} = M_{AB}^F + \frac{S_{AB}}{S_{AB} + S_{AA}} (M_{AB}^F - M_{AA}^F) \quad (6.1.5-1)$$

$$M_{AA} = M_{AA}^F + \frac{S_{AA}}{S_{AB} + S_{AA}} (M_{AB}^F - M_{AA}^F) \quad (6.1.5-2)$$

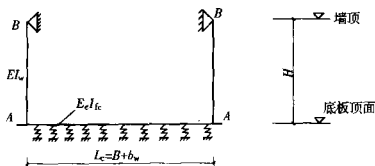


图 6.1.5 $W > 3\text{m}$ 时计算简图

$$S_{AB} = \frac{3EI_w}{H} \quad (6.1.5-3)$$

式中 M_{AB} ——墙底端在组合作用下的弯矩设计值($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$);
 M_{AA} ——墙底端处底板在组合作用下的弯矩设计值($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$);

S_{AB} ——侧墙底端的抗挠劲度,即该处单位转角时相应产生的弯矩($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$);

S_{AA} ——底板视为弹性地基上平面变形截条时,墙底端处底板的抗挠劲度,即该处单位转角时相应产生的弯矩($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$);可按附录 D 计算确定;

M_{AB}^e ——侧墙底端视作固定支承时,墙底在组合作用下的定端弯矩设计值($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$);

M_{AA}^e ——底板视作弹性地基上的平面变形截条,在侧墙底端处锁定不产生角变位时,组合作用对该处产生的定端弯矩设计值($\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$),可按附录 D 计算确定;

E ——侧墙砌体的弹性模量(N/m^2),应按《砌体结构设计规范》GB 5003 的规定采用;

I_w ——砌体侧墙的截面惯性矩(m^4/m);

H ——侧墙计算高度(m),可取墙的净高计算。

3 底板在 M_{AA} 及其他组合作用下的内力,应按弹性地基上

的平面变形截条进行计算。

6.1.6 对双孔混合结构矩形管道,其结构静力分析可按单孔的计算原则进行;对分隔墙尚应验算在组合作用下墙顶端的承压强度。

6.2 钢筋混凝土结构矩形管道

6.2.1 钢筋混凝土结构矩形管道,其构造可为整体浇筑,亦可将顶板做成预制构件装配。

6.2.2 钢筋混凝土结构矩形管道的结构计算简图,可按下列规定确定:

1 当顶板为预制装配结构时,顶板与侧墙的连接可视为铰支承;侧墙与底板的连接应视为连续支承,按节点变形协调计算。

2 当管道结构为整体浇筑时,应按闭合框架计算,顶板与墙、墙与底板的连接均应视为连续支承。

3 管道净宽不大于 3.0m 时,地基反力可按均匀分布计算;当净宽大于 3.0m 时,管道结构应视为弹性地基上的闭合框架或排架计算。

6.2.3 对净宽大于 3.0m 的管道,在组合作用下的内力,应按下列规定计算:

1 应根据式(6.1.5-1)及式(6.1.5-2)计算上部框、排架与底板连接处的节点弯矩。此时 S_{AB} 应为 S_{ABBA} ,表示上部框、排架的抗挠刚度,可按下式计算:

当顶板与墙铰接时

$$S_{ABBA} = \frac{3E_c I_{wc}}{H_c} \quad (6.2.3-1)$$

当顶板与墙整浇时

$$S_{ABBA} = \frac{4E_c I_{wc}}{H_c} \left[\frac{\frac{3I_{wc}}{H_c} + \frac{2I_{dc}}{L_c}}{\frac{4I_{wc}}{H_c} + \frac{2I_{dc}}{L_c}} \right] \quad (6.2.3-2)$$

式中 I_{wc} ——钢筋混凝土侧墙的截面惯性矩(m^4/m);

I_{dc} ——钢筋混凝土顶板的截面惯性矩(m^4/m)；

H_c ——钢筋混凝土墙的计算高度(m)，应为顶、底板截面中线间的距离；

L_c ——顶板的计算跨度(m)，应为两侧墙截面中线间的距离；

E_c ——混凝土的弹性模量(kN/m^2)。

2 应按 M_{AB} 值调整计算上部框、排架内力。

3 应对底板按弹性地基上的平面形截条，计算在 M_{AA} 及其他组合作用下的内力。

6.2.4 对双孔或多孔钢筋混凝土矩形管道，其结构静力计算可按单孔的计算原则进行，但采用的结构分析方法可视具体条件确定。

7 构造要求

7.1 混合结构矩形管道

7.1.1 顶板和底板内钢筋的混凝土净保护层厚度,应符合下列规定:

1 顶板上层筋不应小于 30mm,下层筋对雨水管道不应小于 40mm,对污水或合流管道不应小于 45mm;

2 底板下应设置垫层;上层筋不应小于 40mm,下层筋不应小于 35mm。

7.1.2 预制顶板安装时,应做好下列构造:

1 墙顶应做 1:3 水泥砂浆座浆,厚 20mm;

2 预制顶板间应采用 1:2.5 水泥砂浆填缝,压实并抹带或勾缝;

3 顶板两端与墙顶间,应采用 1:2.5 水泥砂浆抹三角灰。

7.1.3 顶板上开设直径不大于 1.0m 的人孔时,孔口沿受力钢筋方向的两侧应配置加强钢筋,其钢筋截面积,孔口每侧不应小于开孔切断的受力钢筋截面积的 75%;并在孔口处尚应加设直径不小于 12mm 的环筋。

7.1.4 顶板在砌体墙顶的搁置长度,应按表 7.1.4 的规定采用。

表 7.1.4 顶板在砌体墙顶的搁置长度

管道净宽 B(m)	$B \leq 1.5$	$1.5 < B \leq 2.0$	$2.0 < B \leq 3.0$
搁置长度(mm)	≥ 150	≥ 200	≥ 250

当双孔管道的中隔墙顶端不能满足预制顶板的搁置长度时,应在墙顶加设钢筋混凝土垫梁(图 7.1.4)。

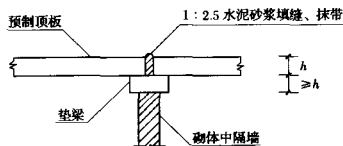


图 7.1.4 垫梁构造图

7.1.5 砌体墙体的构造应符合下列规定：

1 墙厚不应小于 240mm；

2 内墙面应采用 1:2 水泥砂浆抹面，厚度对砖砌体不应小于 15mm，对石砌体不应小于 20mm；

3 外墙面应采用 1:2.5 水泥砂浆勾缝。

7.1.6 墙体开洞处的构造应符合下列要求：

1 当支线为圆管接入时，管顶应发券加强；圆管直径小于 1.0m 时，券高可采用 120mm；管径大于 1.0m 时，券高宜采用 240mm。

2 当支线为矩形管道接入，侧墙洞口上下均应设置钢筋混凝土梁，予以加固。

3 对石砌墙体的开洞处，宜采用局部浇筑混凝土加强。

7.1.7 钢筋混凝土底板应分段浇筑，每段长度不宜超过 30m；或可设置后浇带，宽度可为 1.0m，后浇带混凝土内应掺加适量微膨胀外加剂。先后浇筑的混凝土间隔时间不宜少于 30d。

7.1.8 砌体管道的侧墙应分段间隔砌筑，每段长度：对砖砌体不宜超过 40m；对石砌体不宜超过 15m；侧墙每段砌筑长度宜与底板分段浇筑长度相协调。

7.2 钢筋混凝土结构矩形管道

7.2.1 钢筋混凝土结构构件的厚度，不应小于 200mm。

7.2.2 对压力管道、位于软土地基或地基土质不均匀地段的管道,应采用整体浇筑的钢筋混凝土闭合框架结构,并应在顶、底板与墙连接处设置腋角。腋角的边宽不宜小于 150mm,内配置八字斜筋的直径宜与侧墙的受力筋相同,间距可为侧墙受力筋间距的两倍(即间隔配置)。

7.2.3 预制顶板与侧墙或中隔墙的连接,应符合下列规定:

1 预制顶板在墙上的搁置长度,不应小于顶板厚度。当中隔墙顶端不能满足要求时,可将墙顶扩大,作为垫梁;

2 安装顶板时,墙顶应做 1:3 水泥砂浆座浆,厚度可为 20mm;

3 当墙顶抗侧力强度不足时,可将墙内外侧钢筋伸出墙顶预留,待安装顶板后再浇筑二期混凝土,作为顶板的横向支承。

7.2.4 钢筋混凝土结构矩形管道应沿长度设置伸缩缝;缝距不宜超过 25m;缝宽宜采用 30mm;缝内应设置止水构造(止水带、填缝材料及嵌缝材料)。

当管道沿线地基土质有较显著变化时,该处应设置变形缝。变形缝构造可同伸缩缝;当差异沉降较大时,可连续设置 2~3 道变形缝,缝距不宜大于 10m。

7.2.5 管道上开孔处,应按下列规定进行加强:

1 顶板上开设直径不大于 1.0m 的人孔时,顶板内的加强钢筋构造,可同混合结构管道的规定;

2 在支线接入侧墙处,墙体洞口应按设置暗梁配置加强钢筋,钢筋截面积不应小于切断钢筋截面积的 1.5 倍;当开洞的直径或长度大于墙高的 1/3 时,应在洞口设置加肋梁,梁内配筋应按计算确定;

3 当双孔管道的中隔上开设连通洞时,洞口处的加筋与侧墙相同;当洞口宽度大于管道单孔净宽时,洞口处的底板应设反梁,梁内配筋应按计算确定。

7.2.6 管道的纵向配筋,对每一构件的每一侧均应配置不少于

0.15%配筋率的钢筋量。对敷设于软弱地基上的管道,顶板上层及底板下层的纵向配筋率应适当提高。

7.2.7 钢筋的净保护层厚度,顶、底板除应符合本规程第 7.1.1 条的要求外,侧墙内壁处,对输水或雨水管道不应小于 30mm,对污水(含合流)管道不应小于 40mm;侧墙外壁处不应小于 30mm。

附录 A 管顶竖向土压力标准值的确定

A.0.1 埋地矩形管道的管顶竖向土压力标准值,应根据管道的敷设条件和施工方法分别计算确定。

A.0.2 当矩形管道设计地面高于原状地面、管顶覆土为填埋式时,管道竖向土压力标准值应按式计算:

$$F_{sv,k} = C_c \gamma_s H_s B_c \quad (\text{A.0.2})$$

式中 W_{ck} ——管道单位长度上的管顶竖向土压力标准值(kN/m);

γ_s ——回填土的重力密度(kN/m³),一般可取 18kN/m³ 计算;

H_s ——管顶至设计地面的覆土高度(m);

B_c ——矩形管道的外缘宽度(m);

C_c ——填埋式土压力系数,可取 1.2~1.4 计算。

A.0.3 开槽施工的矩形管道,其管顶竖向土压力标准值应按式计算:

$$F_{sv,k} = C_d \gamma_s H_s B_c \quad (\text{A.0.3})$$

式中 C_d ——开槽施工土压力系数,一般可取 1.2 计算。

A.0.4 不开槽施工的矩形管道,其管顶竖向土压力标准值应按式计算:

$$F_{sv,k} = C_j \gamma_s B_i B_c \quad (\text{A.0.4-1})$$

$$B_i = B_c \left[1 + \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (\text{A.0.4-2})$$

$$C_j = \frac{1 - \exp \left(-2K \cdot \mu \frac{H_s}{B_i} \right)}{2K \cdot \mu} \quad (\text{A.0.4-3})$$

式中 C_j ——不开槽施工土压力系数;

B_i ——管顶上部土层压力传递至管顶处的影响宽度(m);

$K \cdot \mu$ ——管顶以上原状土的主动土压力系数和内摩擦系数的乘积,应根据试验确定;当缺乏试验数据时,对一般土质条件可取 $K \cdot \mu = 0.09$ 计算;

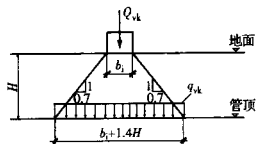
φ ——管侧土的内摩擦角,应根据试验确定;如无试验数据时,对一般土质条件取 $\varphi = 30^\circ$ 计算。

附录 B 地面车辆荷载对矩形 管道的作用标准值

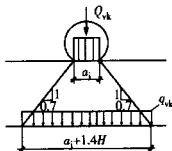
B.0.1 地面车辆荷载对矩形管道的作用标准值,应根据地面运行条件、车辆载重等级,按我国《公路桥涵设计通用规范》JTJ 021 规定的车辆行驶排列、车轮布置等计算确定。

B.0.2 地面车辆荷载传递到管顶的竖向压力标准值,应按下列方法确定:

1 单个轮压传递到管顶的竖向压力标准值,应按下列式计算 (图 B.0.2-1):



(a) 顺轮胎着地宽度分布



(b) 顺轮胎着地长度分布

图 B.0.2-1 单个轮压的传递分布图

$$q_{vk} = \frac{\mu_d Q_{vk}}{(a_i + 1.4H)(b_i + 1.4H)} \quad (\text{B.0.2})$$

式中 q_{vk} ——轮压传递到管顶处的竖向压力标准值(kN/m²)；
 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 ——行车地面至管顶的深度(m)；
 μ_d ——动力系数，可按表(B. 0. 2)采用。

表 B. 0. 2 动力系数 μ_d

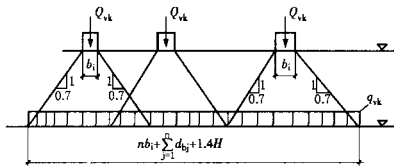
地面至管顶深度 H (m)	0. 25	0. 30	0. 40	0. 50	0. 60	$\geq 1. 70$
动力系数 μ_d	1. 30	1. 25	1. 20	1. 15	1. 05	1. 00

2 两个以上单排轮压综合影响传递到管顶的竖向压力标准值，应按下式计算(图 B. 0. 2-2)：

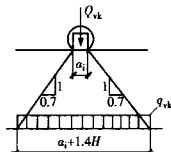
$$q_{vk} = \frac{\mu_d n Q_{vk}}{(a_i + 1.4H) (nb_i + \sum_{j=1}^n d_{bj} + 1.4H)} \quad (\text{B. 0. 2-2})$$

式中 n ——车轮的总数量；

d_{bj} ——沿车轮着地分布宽度方向，相邻两个车轮间的净距(m)。



(a) 顺轮胎着地宽度的分布



(b) 顺轮胎着地长度的分布

B. 0. 2-2 两个以上单排轮压综合影响传递分布图

B.0.3 对整体现浇闭合框架式钢筋混凝土矩形管道,地面车辆荷载的影响可考虑结构的整体作用,此时作用在管道上的竖向压力标准值可按下式计算(图 B.0.3):

$$q_{ve,k} = q_{vk} \frac{L_p}{L_p + 2H_p} \quad (\text{B.0.3})$$

式中 $q_{ve,k}$ ——考虑结构整体作用时车辆轮压传递到管道上的竖向压力标准值(kN/m);

L_p ——轮压传递到管顶处沿管道纵向的影响长度(m);

H_p ——矩形管道的外缘高度(m)。

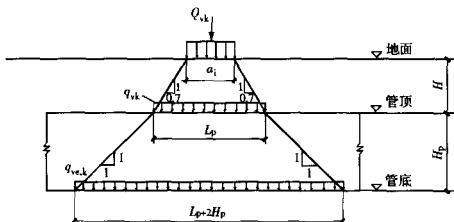


图 B.0.3 考虑结构整体作用时车辆荷载的竖向压力传递分布

B.0.4 地面车辆荷载传递到矩形管道墙上的侧压力标准值,可按下列规定计算:

1 对混合结构或顶板为预制装配的钢筋混凝土矩形管道:

$$q_{hz,k} = \frac{1}{3} q_{vz,k} \quad (\text{B.0.4-1})$$

式中 $q_{hz,k}$ ——地面以下计算深度 z 处墙上的侧压力标准值(kN/m²);

$q_{vz,k}$ ——地面以下计算深度 z 处的竖向压力标准值(kN/m²)。

2 对整体现浇钢筋混凝土矩形管道:

$$q_{hz,k} = \frac{1}{3} q_{ve,k} \quad (\text{B. 0. 4-1})$$

3 当管顶覆土厚度很小,管顶处由地面车辆荷载作用产生的竖向压力标准值 $q_{cv,k}$ 分布长度小于管侧土体的破坏棱体长度(L_s)时,墙上的侧压力标准值按下式计算:

$$q_{hz,k} = \gamma_s h_s \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2} \right) \quad (\text{B. 0. 4-3})$$

$$h_s = \frac{q_{vk} A_{cv}}{\gamma_s L_s (b_i + d_{bj})} \quad (\text{B. 0. 4-4})$$

$$L_s = H_p \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2} \right) \quad (\text{B. 0. 4-5})$$

式中 φ_s ——墙侧回填土的内摩擦角,应根据试验确定,当无试验数据时,可取 30° 计算;

L_s ——管侧土体破坏棱体在墙顶处的长度(m);

h_s ——墙顶处土体破坏棱体上车辆传递竖向压力的作用面积(m^2);

A_{cv} ——墙顶处土体破坏棱体上车辆传递竖向压力的作用面积(m^2)。

B. 0. 5 当管道上部地面为混凝土刚性路面时,一般可不计地面车辆轮压对埋设管道的影晌。但应计算路基、路面施工时运料车辆和辗压机械的轮压作用影响。

附录 C 钢筋混凝土矩形截面处于受弯或大偏心受拉(压)状态时的最大裂缝宽度计算

C.0.1 受弯、大偏心受拉或受压构件的最大裂缝宽度,可按下列公式计算:

$$w_{\max} = 1.8\psi \frac{\sigma_{sq}}{E_s} \left(1.5c + 0.11 \frac{d}{\rho_{te}} \right) (1 + \alpha_1) \nu \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$\psi = 1.1 - \frac{0.65 f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_{sq} \alpha_2} \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中 $w_{\max}$ ——最大裂缝宽度(mm);

ψ ——裂缝间受拉钢筋应变不均匀系数,当 $\psi < 0.4$ 时,应取 0.4,当 $\psi > 1.0$,应取 1.0;

E_s ——钢筋的弹性模量(N/mm²);

c ——最外层纵向受拉钢筋的混凝土保护层厚度(mm);

d ——纵向受拉钢筋直径(mm),当采用不同直径的钢筋时,应取 $d = \frac{4A_s}{u}$, u 为纵向受拉钢筋截面的总周长(mm);

ρ_{te} ——以有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率,即 $\rho_{te} = \frac{A_s}{0.5bh}$, b 为截面计算宽度, h 为截面计算高度; A_s 为受拉钢筋的截面面积(mm²),对偏心受拉构件应取偏心力一侧的钢筋截面面积;

σ_{sq} ——在作用效应准永久组合计算的截面纵向受拉钢筋应力(N/mm²);

α_1 ——系数,对受弯、大偏心受压构件可取 $\alpha_1 = 0$; 对大偏

心受拉构件可 $\alpha_1 = 0.28 \left[\frac{1}{1 + \frac{2e_0}{h_0}} \right]$, e 为纵向力

对截面垂心的偏心距(mm), h_0 为计算截面的有效高度(mm);

ν ——纵向受拉钢筋表面特征系数, 对光面钢筋应取 1.0; 对变形钢筋应取 0.7;

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值(N/mm²);

α_2 ——系数, 对受弯构件可取 $\alpha_2 = 1.0$; 对大偏心受压构件可取 $\alpha_2 = 1 - 0.2 \frac{h_0}{e_0}$; 对大偏心受拉构件可取 $\alpha_2 = 1 + 0.35 \frac{h_0}{e_0}$ 。

C.0.2 受弯、大偏心受压、大偏心受拉构件的计算截面纵向受拉钢筋应力(σ_{sq}), 可按下列公式计算:

1 受弯构件的纵向受拉钢筋应力:

$$\sigma_{sq} = \frac{M_q}{0.87 A_s h_0} \quad (\text{C.0.2-1})$$

式中 M_q ——在作用效应准永久组合下, 计算截面处的弯矩(N·mm)。

2 大偏心受压构件的纵向受拉钢筋应力:

$$\sigma_{sq} = \frac{M_q - 0.35 N_q (h_0 - 0.3 e_0)}{0.87 A_s h_0} \quad (\text{C.0.2-2})$$

式中 N_q ——在作用效应准永久组合下, 计算截面上的纵向力(N)。

3 大偏心受拉构件的纵向受拉钢筋应力:

$$\sigma_{sq} = \frac{M_q + 0.5 N_q (h_0 - a')}{A_s (h_0 - a')} \quad (\text{C.0.2-3})$$

式中 a' ——位于偏心力一侧的钢筋至截面近侧边缘的距离(mm)。

附录 D 弹性地基上矩形管道底板的定端 弯矩和抗挠劲度计算

D.0.1 弹性地基上矩形管道底板一般属于有限长度平面变形板,其抗挠劲度和在荷载作用下的定端弯矩的计算值,应根据底板的柔性参数确定,柔性参数可按式计算:

$$\lambda = 10 \frac{E_0}{E_c} \left(\frac{L/2}{h} \right)^3 \quad (\text{D.0.1})$$

式中 λ ——底板的柔性参数;

h ——底板厚度(mm);

E_0 ——地基土的变形模量(N/mm²);

E_c ——底板混凝土的弹性模量(N/mm²),应按《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用;

L ——管道横截面方向底板的长度(mm)。

D.0.2 底板的抗挠劲度,可按式计算确定:

$$S_p = 2E_c \frac{I_{fc}}{L} \xi_s \quad (\text{D.0.2})$$

式中 S_p ——底板的抗挠劲度(N·mm/mm);

I_{fc} ——底板的截面惯性矩(mm⁴/mm);

ξ_s ——弹性地基上有限长度平面变形截条的抗挠劲度系数,可根据柔性系数 λ 按表 D.0.2 采用。

表 D.0.2 抗挠劲度系数(ξ_s)

λ α	0	1	2	3	5	7	10
1.0	1.00	1.05	1.10	1.15	1.24	1.32	1.44
0.9	1.11	1.18	1.24	1.30	1.41	1.53	1.68
0.8	1.25	1.32	1.41	1.48	1.63	1.79	1.99

续表 D. 0. 2

$\alpha \backslash \lambda$	0	1	2	3	5	7	10
0.7	1.33	1.53	1.62	1.71	1.80	2.08	2.34
0.6	1.67	1.77	1.87	1.97	2.15	2.33	2.56
0.5	2.00	2.13	2.26	2.40	2.67	2.93	3.32

注:1 表中 α 为底板上计算部位(即此处单位转角时相应产生的弯矩)至板跨中心的距离与 $L/2$ 的比值。

2 对不同 λ 值的 ξ_s 值可不作内插,直接取靠近值采用。

D. 0. 3 底板在均布荷载作用下的定端弯矩,可按式计算确定:

$$M_q^F = \xi_q q \left(\frac{L}{2} \right)^2 \quad (\text{D. 0. 3})$$

式中 M_q^F ——底板在均布荷载作用下定端弯矩($\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}$);

q ——均布荷载(N/m^2);

ξ_q ——均布荷载作用下,底板的定端弯矩系数,可根据柔性参数 λ 按表 D. 0. 3 采用。

表 D. 0. 3 均布荷载的定端弯矩系数(ξ_q)

λ	0	1	2	3	5	7	10
ξ_q	0.0832	0.0628	0.0520	0.0608	0.0587	0.0567	0.0540

注:表中系数正值表示底板右端弯矩为顺时针。

D. 0. 4 底板在对称集中荷载作用下的定端弯矩,可按式计算确定:

$$M_p^F = \xi_p P \left(\frac{L}{2} \right) \quad (\text{D. 0. 4})$$

式中 M_p^F ——底板在对称集中荷载作用下,计算截面处锁定不产生角变位时,相应产生的定端弯矩($\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}$);

P ——集中荷载(N/m);

ξ_p ——底板在对称集中荷载作用下,计算截面处的定端弯矩系数,可按表 D. 0. 4 采用。

表 D.0.4 对称集中荷载作用下的定端弯矩系数(ξ_p)

α \ α_1 \ λ		0	1	2	3	5	7	10
1.0	1.0	-0.248	-0.264	-0.250	-0.257	-0.250	-0.245	-0.238
	0.5	-0.334	-0.356	-0.351	-0.351	-0.347	-0.340	-0.335
0.9	0.9	-0.171	-0.193	-0.191	-0.185	-0.182	-0.177	-0.168
	0.5	-0.234	-0.258	-0.258	-0.255	-0.254	-0.249	-0.239
0.8	0.8	-0.090	-0.114	-0.110	-0.112	-0.105	-0.107	-0.099
	0.5	-0.134	-0.162	-0.161	-0.159	-0.158	-0.161	-0.153
0.7	0.7	-0.013	-0.031	-0.031	-0.033	-0.031	-0.029	-0.033
	0.5	-0.038	-0.060	-0.061	-0.065	-0.064	-0.065	-0.073
0.5	1.0	0.127	0.105	0.103	0.105	0.102	0.101	0.101
	0.9	0.140	0.117	0.115	0.117	0.116	0.114	0.116
	0.8	0.152	0.129	0.127	0.131	0.129	0.131	0.133
	0.7	0.164	0.139	0.136	0.141	0.140	0.141	0.122
	0.5	0.166	0.137	0.134	0.140	0.134	0.135	0.136

注:1 表中 α 为集中荷载作用处至板中心距离与(L/2)之比值。

2 表中 α_1 为计算截面至板中心距离与(L/2)之比值。

3 表中正值表示板右端弯矩为顺时针;负值为逆时针。

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“应符合……规定”或“应按……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

给水排水工程
埋地矩形管管道结构设计规程

CECS 145 : 2002

条文说明

目 次

1 总则	(43)
2 主要符号	(44)
3 材料	(45)
4 管道结构上的作用	(46)
5 基本设计规定	(47)
6 静力计算	(48)
7 构造要求	(49)
附录 A 管顶竖向土压力标准值的确定	(50)
附录 B 地面车辆荷载对矩形管道的作用标准值	(51)
附录 C 钢筋混凝土矩形截面处于受弯或大偏心受拉(压) 状态时的最大裂缝宽度计算	(52)
附录 D 弹性地基上矩形管道底板的定端弯矩和抗挠刚度 计算	(53)

1 总 则

本章内容主要说明编制本规程的目的、适用范围和使用中与其他标准规定的衔接关系。

本规程原系现行《给水排水工程结构设计规范》GBJ 69—84中的一部分。考虑到原规范 GBJ 69—84 的内容过于综合性,不利于修订,为此修编时将每一种材质的管道结构分离后独立成本。同时也考虑到每种材质的管道结构,在工程设计时尚有不少共性的内容,例如管道结构承受的各种作用(荷载)、结构设计的方法模式、同一类工程的使用功能要求以及共性的构造要求等,为此针对这些共性的内容,修编时制定了《给水排水工程管道结构设计规范》,作为管道结构设计需要共同遵守的规定,以此协调多种材质管道结构的设计标准。本规程是针对混凝土和砌体混合结构管道制定的,因此需要按照《给水排水工程管道结构设计规范》规定的原则进行制定。

另外,对本规程的适用范围,明确了钢筋混凝土矩形管道的运行内水压力不超过 0.2MPa。过高的内水压力,不仅对一般的钢筋混凝土结构是不合理、不经济,甚至难以承受的,而且对管道的伸缩缝(变形缝)也难以处理,往往出现渗漏。关于内水压力的限值,在原规范中未予明确,这次修编时结合工程实践经验,作了补充。

2 主要符号

本章针对矩形管道设计中的一些常用符号,作了统一规定。这些符号的确定系根据下列原则:

- 1 在一般情况下,均按《工程结构设计基本术语和通用符号》GB50132 的规定采用;
- 2 相关标准、规范已采用的符号,在本规程中均直接引用;
- 3 在《给水排水工程管道结构设计规范》中已经确定的符号,本规程均遵照引用。

3 材 料

本章内容基本上保持了原规范的规定,仅就下列几点作了修改与补充。

1 关于砌体中砖的强度等级,原规范规定可采用 MU7.5,当时为了照顾生产产品的实际情况,通过工程实践反映,MU7.5 的砖块材质较次,吸水率较高,用于给水排水工程中的地下管道结构不太合适,为此在这次修编时予以适当地提高等级,这样也可与《砌体结构设计规范》GB 50003 的相关规定,取得协调一致。

2 对于砌体的砌筑砂浆等级,条文作了进一步明确,不应低于 M7.5。这在原规范中仅作了原则规定,要求采用水泥砂浆,处于与水接触和湿度大的环境中,需要应用水硬性砂浆,不宜采用气硬性含白灰的砂浆但原规范未作砂浆等级要求,如采用 M5 水泥砂浆时,将由于砂量较多,拌制后的砂浆和易性差,会给砌筑带来困难,最终会影响砌体的质量,为此条文补充了对砌筑砂浆的等级要求。

3 关于混凝土强度等级的规定和含碱量的最大限值控制,可参阅《给水排水工程管道结构设计规范》的相关条文说明。

4 管道结构上的作用

本章内容的说明,可参阅《给水排水工程管道结构设计规范》中的相关说明。

其中,由于本规程结合工程实践应用,补充了钢筋混凝土矩形管道可适用于低压运行,控制其运行内水压力不超过 0.2MPa,为此在本章 4.3.2 中规定了相应的设计内水压力值。管道压力运行时,就需要考虑可能出现的水锤作用,通常压力运行管道上均设有卸压装置,为此条文给出的设计内水压力,仅针对残余水锤压力,取 1.4 倍的运行内水压力计算,这与国际上相关标准、规范的考虑是协调一致的。

5 基本设计规定

本章内容的说明,可参阅《给水排水工程管道结构设计规范》中的相关说明。

本章主要依据《给水排水工程管道结构设计规范》所作规定的基础上,对进行极限状态计算时应予考虑的各种工况,以及相应工况的作用效应表达式等,给出了具体规定,便于工程技术人员掌握应用。

在计算矩形管道结构的作用效应时(尤其对于整体框架式的钢筋混凝土矩形管道),需要十分注意多项作用对某个结构截面受力状态的作用效应,区分其有利与不利,据此确定其作用分项系数的取值,从而获得可靠的内力分析结果,确保结构设计的正确无误。

6 静力计算

6.1 砌体混合结构矩形管道

6.1.1 本条除对混合结构管道的一般做法作了规定外,针对雨水管道规定了底板可采用分离式结构,但应具有合适的环境条件:管道位于地下水位以上,并且地基土质较好,即地基土的承载力较高,例如不低于 100kPa。主要是考虑到雨水管道并非经常流水,水密性要求相对比较容易满足。

6.1.2~6.1.5 条文对混合结构矩形管道的计算简图、内力分析方法及截面强度核算等作了规定,基本上保持了原规范的要求,仅就以下几点进行了修改和补充:

1 对底板下地基反力的分布及考虑结构与地基共同工作模型的界限条件,作了适当的修订。原规范以矩形管道宽度为 4m 作为限界指标,修订后改为 3m,使结构受力状态更符合实际情况,可能产生的误差更小一些。

2 对规定计算模型的内力计算,给定了具体计算公式,便于工程技术人员掌握应用。

3 对管道净宽大于 3.0m,需按弹性地基上框(排)架计算的方法,条文给出了分析方法,并配以附录 D 列出相关计算参数,方便应用,减少失误。

6.2 钢筋混凝土结构矩形管道

本节内容主要针对钢筋混凝土结构单孔矩形管道的静力计算简图及分析方法,给出了具体规定。对于双孔或多孔矩形管道的分析方法,可遵照单孔的原则进行,其具体的结构分析方法可视具体条件确定,本规程中不宜列入过多篇幅详细列出。

7 构造要求

7.1 混合结构矩形管道

7.1.1 条文对顶、底板钢筋混凝土构件内的钢筋净保护层厚度,作出了规定。钢筋的净保护层厚度,对钢筋混凝土结构的耐久性十分重要,有关钢筋保护层整体碳化的时间,国外相关规范均颇为重视,一般都要求不小于 $1\frac{3}{4}$ 英寸。本条考虑到国情和原规范的规定,结合各部位构件所处的环境条件,对顶板内的下层筋净保护层厚度,作了适量调整,将污水及合流管道的顶板下层筋保护层厚度,提高到 45mm,主要考虑了污水逸散的硫化氢气体,其腐蚀性更甚于直接接触液体。

7.1.2~7.1.6 条文基本上保持了原规范的规定,仅对双孔(或多孔)矩形管道,当顶板为预制安装结构时,其在中间墙上的搁置长度不足时,应予采取的构造措施作出了补充规定。

7.1.7、7.1.8 条文对混合结构矩形管道的温度变形缝间距作出了规定,这项规定系在原规范的基础上进一步具体化。例如对设置后浇带时的一些要求、砌体侧墙的施工要求以及强调了砌体侧墙的变形缝间距应与顶、底板的变形缝协调一致等,以确保避免出现温度裂缝。

7.2 钢筋混凝土结构矩形管道

本节内容基本上保持了原规范的要求,仅对个别条文的规定作了进一步具体化。

附录 A 管顶竖向土压力标准值的确定

本附录内容基本上保持了原规范的规定,仅对不开槽施工时的管顶竖向土压力的计算模型及方法,按照《给水排水工程管道结构设计规范》的规定作了修改,其说明可参阅该规范的相关条文解释。

附录 B 地面车辆荷载对矩形管道的作用标准值

本附录内容基本上保持了原规范的规定,仅对现浇整体式钢筋混凝土结构矩形管道的车辆荷载作用标准值计算方法,按《给水排水工程管道结构设计规范》的规定作了修改,相应说明可参阅该规范的相关条文解释。

另外,本附录还考虑到当前大型矩形管道的侧墙高度较大,当管顶覆土厚度较小时,侧墙上承受的车辆荷载传递影响不可忽视,规定了可根据作用在侧墙外侧土的破坏棱体上的车辆荷载竖向压力,计算侧墙上承受的侧向压力。此时侧墙外土体的破坏棱体,可按朗金氏主动极限平衡裂线计算,即该裂线与水平向成 $45 + \frac{\varphi_3}{2}$ 角度。

附录 C 钢筋混凝土矩形截面处于受弯或大偏心受拉(压)状态时的最大裂缝宽度计算

本附录内容基本上保持了原规范的规定,仅就计算公式的表达形式以及考虑了钢筋净保护层厚度的影响因素,作了适当修改,其相应说明可参阅《给水排水工程管道结构设计规范》的相关条文说明。

附录 D 弹性地基上矩形管道底板的 定端弯矩和抗挠劲度计算

本附录内容是针对需要考虑结构与地基土共同工作的计算模型,给出了必要应用的计算参数的确定方法。

本附录对弹性地基上结构计算的分析模型,系假定地基为半无限弹性体,与实际情况还存在差异的。但由于当前对地基土承载能力均控制在应力—应变为直接变化范围内,一般对埋地管道结构更是如此。因此,将直线变形体视作弹性体解析,对工程设计应确认还是可以的。

在上述确认模型的基础上,借助于原苏联学者 Горбунов — Посадов 利用级数表述地基反力,作近似解,分析获得的各项内力计算参数表,并经我国潘家铮院士归纳分析,拟订了弹性地基上平面变形结构的定端弯矩和抗挠劲度的计算方法。此法对这两项参数以数值表的形式给出,在工程设计上应用方便。

此外,还需说明,在计算时尚需给定地基土的变形模量。此项参数自不同于土的压缩模量,从理论上讲应小于压缩模量,但实际由于取样和测定条件的影响会获得相反的结果,并且要取得土的变形模量的确切的数据,也比较困难,通常的工程勘察报告中仅给出土的压缩模量值。对此,针对矩形管道结构,一般底板有足够厚度,属于有限长度范畴,弹性地基的反力取决于底板各点的相对变位,因此可以允许直接引用压缩模量替代进行计算,对有限长度板的误差将是很小的,应该认为可以满足工程设计要求。

《给水排水工程埋地矩形管管道结构设计规程》CECS 145:2002 勘误表

页	行(或部位)	误	正
5	倒 11	管道结构对混凝土	管道结构混凝土
7	倒 11	乘以使用的	乘以作用的
8	式 4.2.3-2	$K_s[\gamma_s Z_s + \gamma'_s (Z-Z_s)]$	$K_s[\gamma_s Z_s + \gamma'_s (Z-Z_s)]$
12	式 5.2.3	$\gamma_{Gj} \quad \gamma_{Qi}$	$\gamma_{Gi} \quad \gamma_{Qj}$
12	倒 3	G_{qv}	G_{qr}
13	5	γ_G	γ_{Gi}
13	表 5.2.4	车辆 q_r	车辆 q_v
16	式 5.3.7-2	w_0	w_0
16	式 5.3.8	$\alpha_{cp} \sigma_{sc} + \sigma_{pe} \leq 0$	$\alpha_{cp} \sigma_{sk} - \sigma_{pe} \leq 0$
17	式 6.1.3-1~ 7	F_{vk}	P_{vk}
18	图 6.1.3	b	b_s
20	图 6.1.5	$B > 3m$	$B > 3m$
20	倒 5	N/m^2	kN/m^2
23	10	厚 20mm	厚 20mm
25	11	墙内外侧钢筋	墙体外侧钢筋
27	7	W_{ck}	$F_{sv,k}$
28	3	$K \cdot \mu = 0.09$	$K \cdot \mu = 0.19$

页	行 (或部位)	误	正
30	表 B. 0. 2	≥ 1.70	≥ 0.70
30	表 B. 0. 2-2	$\sum_{j=1}^n d_{bj}$	$\sum_{j=1}^{n-1} d_{bj}$
31	6	kN/m	kN/m ²
32	3	$Q_{cv, k}$	Q_{vk}
*32	例 7	作用面积 (m ²)	等代土高 (m)
34	2	截面垂心	截面重心