

UDC

中国节能减排支撑网 www.jnjpzg.co



中华人民共和国行业标准

P

CJJ 105-2005

城镇供热管网结构设计规范

Code for structural design of heating
pipelines in city and town

2005-09-16 发布

2005-12-01 实施

中华人民共和国建设部 发布

中华人民共和国行业标准

城镇供热管网结构设计规范

Code for structural design of heating
pipelines in city and town

CJJ 105-2005

J 457-2005

批准部门：中华人民共和国建设部

实施日期：2 0 0 5 年 12 月 1 日

中华人民共和国建设部 公 告

第 367 号

建设部关于发布行业标准《城镇供热管网 结构设计规范》的公告

现批准《城镇供热管网结构设计规范》为行业标准，编号为 CJJ 105 - 2005，自 2005 年 12 月 1 日起实施。其中，第 2.0.6、2.0.7、2.0.11、4.2.1、4.2.6、6.0.6（1）条（款）为强制性条文，必须严格执行。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

2005 年 9 月 16 日

前 言

根据建设部建标〔2002〕84号文的要求，规范编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关标准的基础上，制定了本规范。

本规范的主要技术内容：1. 总则；2. 材料；3. 结构上的作用；4. 基本设计规定；5. 静力计算；6. 构造要求。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释，由主编单位负责具体技术内容的解释。

本规范主编单位：北京市煤气热力工程设计院有限公司（地址：北京市西单北大街小酱坊胡同甲40号；邮政编码：100032）。

本规范参编单位：北京市市政工程设计研究总院
北京交通大学
中国市政工程东北设计研究院
中国市政工程西北设计研究院
北京五维地下工程有限公司

本规范主要起草人：陆景慧 雷宜泰 翟荣申 杨成永
田韶英 刘 安 樊锦仁 陈浩生

目 次

1 总则	1
2 材料	2
3 结构上的作用	5
3.1 作用分类及作用代表值	5
3.2 永久作用标准值	6
3.3 可变作用标准值及准永久值系数	7
4 基本设计规定	13
4.1 一般规定	13
4.2 承载能力极限状态计算规定	15
4.3 正常使用极限状态验算规定	21
5 静力计算	23
5.1 管沟及检查室	23
5.2 架空管道支架	25
6 构造要求	28
附录 A 管沟及检查室结构受热温度计算方法	31
附录 B 管沟及检查室结构土压力标准值的确定	35
附录 C 地面车辆荷载对管沟及检查室结构作用标准 值的计算方法	37
附录 D 柔性支架、刚性支架的判别	41
附录 E 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	42
本规范用词说明	44
条文说明	45

1 总 则

1.0.1 为在城镇供热管网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，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于城镇供热管网工程中下列结构的设计：

1 放坡开挖或护壁施工的明挖管沟及检查室；

2 独立式管道支架，包括固定支架、导向支架及活动支架。

1.0.3 直埋敷设热力管道固定墩结构设计及检查室结构抗倾覆、抗滑移稳定验算应符合国家现行标准《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81 的规定。

1.0.4 城镇供热管网结构设计，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

7

2 材 料

2.0.1 结构工程材料应根据结构类型、受力条件、使用要求和所处环境等选用。

2.0.2 结构混凝土的最低强度等级应满足耐久性要求，且不应低于表 2.0.2 的规定。对于接触侵蚀性介质的混凝土，其最低强度等级尚应符合现行有关标准的规定。

表 2.0.2 结构混凝土的最低强度等级

结 构 类 别		最低强度等级
管沟及检查室	盖板、底板、侧墙及梁、柱结构	C25
架空管道支架	柱下独立基础	C20
	支架结构	C30

注：非严寒和非寒冷地区露天环境的架空管道支架，其支架结构混凝土的最低强度等级可降低一个等级。

2.0.3 混凝土、钢筋的设计指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

钢材的设计指标应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。

砌体材料的设计指标应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定。

2.0.4 位于地下水位以下的管沟及检查室，应采用抗渗混凝土结构，混凝土的抗渗等级应按表 2.0.4 的规定确定。相应混凝土的骨料应选择良好级配；水灰比不应大于 0.5。

当混凝土满足抗渗要求时，可不作其他防渗处理。对接触侵蚀性介质的混凝土，应按现行有关标准或进行专门试验确定防腐措施。

表 2.0.4 混凝土的抗渗等级

最大作用水头与混凝土构件厚度比值 i_w	抗渗等级 P_i
<10	P4
$10\sim30$	P6
>30	P8

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

2.0.5 最低月平均气温低于 -3°C 的地区，受冻融影响的结构混凝土应满足抗冻要求，并按表 2.0.5 的规定确定。

表 2.0.5 混凝土的抗冻等级

工作条件 最低月平均气温	位于水位涨落区及以下部位		位于水位涨落区以上部位
	冻融循环总次数 ≥ 100	冻融循环总次数 < 100	
低于 -10°C	F300	F250	F200
$-3\sim-10^\circ\text{C}$	F250	F200	F150

注：1 混凝土的抗冻等级 F_i ，系指龄期为 28d 的混凝土试件经冻融循环 i 次作用后，其强度降低不超过 25%，重量损失不超过 5%；

2 冻融循环总次数系指一年内气温从 $+3^\circ\text{C}$ 以上降至 -3°C 以下，然后回升至 $+3^\circ\text{C}$ 以上的交替次数。

2.0.6 结构混凝土中的碱含量不得大于 3.0kg/m^3 。

2.0.7 结构混凝土中的氯离子含量不得大于 0.2%。

2.0.8 在混凝土中掺用外加剂的质量及应用技术应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。

2.0.9 在管道运行阶段，当受热温度超过 20°C 时，管沟及检查室结构混凝土的强度值及弹性模量值应予以折减，不同温度作用下的折减系数应按表 2.0.9 的规定确定。结构构件的受热温度可按本规范附录 A 的规定计算确定。

表 2.0.9 混凝土在温度作用下强度值及弹性模量值的折减系数

折减项目	受热温度 (°C)			受热温度的取值
	20	60	100	
轴心抗压强度	1.0	0.85	0.80	轴心受压及轴心受拉时取计算截面的平均温度, 弯曲受压时取表面最高受热温度
轴心抗拉强度	1.0	0.80	0.70	
弹性模量	1.0	0.85	0.75	承载力极限状态计算时, 取构件的平均温度, 正常使用极限状态验算时, 取内表面最高温度

注: 当受热温度为中间值时, 折减系数值可线性内插求得。

2.0.10 位于地下水位以上的管沟及检查室可采用砌体结构。

2.0.11 砌体结构管沟及检查室的砌体材料, 应符合下列规定:

1 烧结普通砖强度等级不应低于 MU10; 砌筑砂浆应采用水泥砂浆, 其强度等级不应低于 M7.5。

2 石材强度等级不应低于 MU30; 砌筑砂浆应采用水泥砂浆, 其强度等级不应低于 M7.5。

3 蒸压灰砂砖强度等级不应低于 MU15; 砌筑砂浆应采用水泥砂浆, 其强度等级不应低于 M10。

4 混凝土砌块强度等级不应低于 MU7.5; 砌筑砂浆应采用砌块专用砂浆, 其强度等级不应低于 M7.5。混凝土砌块砌体的孔洞应采用强度等级不低于 Cb20 的混凝土灌实。

3 结构上的作用

3.1 作用分类及作用代表值

3.1.1 结构上的作用可分为下列三类：

1 永久作用，主要包括结构自重、竖向土压力、侧向土压力、热力管道及设备自重、地基的不均匀沉降等。

2 可变作用，主要包括地面车辆荷载、地面堆积荷载、地表水或地下水的静水压力（包括浮托力）、固定支架的水平推力、导向支架的水平推力、管道位移在活动支架结构上产生的水平作用、架空管道支架上的风荷载、检修操作平台上的操作荷载、温度影响、吊装荷载、流水压力、融冰压力等。

3 偶然作用，指在使用期间不一定出现，但发生时其值很大且持续时间较短，如爆炸力、撞击力等，应根据工程实际情况确定需要计入的偶然作用。

3.1.2 结构设计时，对不同作用应采用不同的代表值：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。

作用的标准值，应为设计采用的基本代表值。

对偶然作用应根据工程实际情况，按结构使用特点确定其代表值。

3.1.3 当结构承受两种或两种以上可变作用时，在承载能力极限状态按基本组合设计或正常使用极限状态按标准组合设计中，对可变作用应按组合规定，采用标准值或组合值作为代表值。

可变作用组合值，应为可变作用标准值乘以作用组合系数。

3.1.4 正常使用极限状态按准永久组合设计时，应采用准永久值作为可变作用的代表值。

可变作用准永久值，应为可变作用标准值乘以作用准永久值

系数。

3.1.5 使结构或构件产生不可忽略的加速度的作用，应按动态作用考虑，可将动态作用简化为静态作用乘以动力系数后按静态作用计算。

3.2 永久作用标准值

3.2.1 结构自重标准值，可按结构构件的设计尺寸与材料单位体积的自重计算确定。

3.2.2 管沟及检查室结构上的竖向土压力及侧向土压力标准值，应按本规范附录 B 的规定计算确定。

3.2.3 热力管道及设备自重标准值，应按下列规定计算确定：

1 热力管道及设备自重标准值，应为管材、保温层、管内介质及管道附件自重标准值之和。

2 蒸汽管道的管内介质自重标准值，在管道运行阶段，应根据管道运行工况和疏水设备布置情况进行分析，当可能有冷凝水积存时，应考虑管道内的冷凝水积存量；在管道试压阶段，应按管道充满水计算。

3 作用在管道支架结构上的管道自重标准值，应计入管道失跨的影响，作用标准值应按下式计算：

$$G = \lambda q L \quad (3.2.3)$$

式中 G ——支架结构上的管道自重标准值 (kN)；

λ ——管道失跨系数，一般取 1.5，当有可靠工程经验时，可适当减小；

q ——单位长度管道自重标准值 (kN/m)；

L ——管道跨距 (m)，若支架两侧的跨距不等时，可取平均值。

对蒸汽管网紧邻管道阀门及弯头的管道支架，在管道运行阶段，作用在结构上的管道自重标准值应按动态作用考虑，动力系数可取 1.5。

3.2.4 地基的不均匀沉降，应按现行国家标准《建筑地基基础

3.3 可变作用标准值及准永久值系数

3.3.1 地面车辆荷载对管沟及检查室结构的作用标准值及准永久值系数应按下列规定确定：

1 地面车辆载重等级、规格形式应根据地面车辆运行情况并结合规划确定。

2 地面车辆的载重、车轮布局、运行排列等，应按国家现行标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的规定确定。

3 地面车辆荷载对结构的竖向压力及侧向压力标准值，可按本规范附录 C 的规定计算确定。

4 地面车辆荷载准永久值系数 ψ_k 应取 0.5。

3.3.2 地面堆积荷载标准值可取 10kN/m^2 ，其准永久值系数 ψ_k 可取 0.5。

3.3.3 埋设在地表水或地下水以下的管沟及检查室结构，应计算作用在结构上的静水压力（包括浮托力），作用标准值及准永久值系数应按下列规定确定：

1 水压力标准值相应的设计水位，应按水文部门或勘察部门提供的数据采用。

2 地表水或地下水的静水压力标准值应按设计水位至计算点的水头高度与水的重力密度的乘积计算。

3 地表水的静水压力水位宜按设计频率 1% 采用。相应准永久值系数，当按最高洪水水位计算时，可取常年洪水位与最高洪水水位水压头高度的比值。

4 地下水的静水压力水位，应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进行综合分析，确定其可能出现的最高及最低水位。

应根据对结构的作用效应，选定设计水位。相应的准永久值系数，当采用最高水位时，可取平均水位与最高水位的比值；当采用最低水位时， ψ_k 应取 1.0。

5 浮托力标准值应按最高水位至结构底板底面（不包括垫层）的水头高度与水的重力密度的乘积计算。对岩石地基，当有可靠工程经验时，浮托力标准值可根据岩石的破碎程度适当折减。

6 地表水或地下水重力密度标准值可取 10kN/m^3 。

3.3.4 固定支架的水平推力，其标准值应根据管网的布置及运行条件确定；相应的准永久值系数 ψ_q 可取 1.0。

3.3.5 导向支架的水平推力，其标准值应根据管网的布置及运行条件确定；相应的准永久值系数 ψ_q 可取 1.0。

3.3.6 管道位移在活动支架上产生的水平作用，其标准值应按下列规定确定；相应的准永久值系数 ψ_q 可取 1.0。

1 对于支架柱嵌固于基础的独立式活动支架，应对支架结构进行刚性支架、柔性支架的判别，判别方法应符合本规范附录 D 的规定。

2 刚性支架上的水平作用，其标准值应按公式 3.3.6-1 和 3.3.6-2 计算，荷载作用点取管托底面。

$$F_{mx} = \frac{I_y \Delta_x}{\sqrt{(I_y \Delta_x)^2 + (I_x \Delta_y)^2}} \mu G \quad (3.3.6-1)$$

$$F_{my} = \frac{I_x \Delta_y}{\sqrt{(I_y \Delta_x)^2 + (I_x \Delta_y)^2}} \mu G \quad (3.3.6-2)$$

式中 F_{mx} 、 F_{my} ——分别为管道位移在刚性支架柱上产生的沿截面 x 、 y 两主轴方向的水平作用标准值 (kN)；

Δ_x 、 Δ_y ——分别为管道在支架处沿支架柱截面 x 、 y 两主轴方向的位移值 (mm)，应根据管网的布置及运行条件确定；

μ ——摩擦系数。不同材料之间的摩擦系数可按表 3.3.6 的规定确定。

I_x 、 I_y ——分别为支架柱截面对于 x 、 y 两主轴的惯性矩 (mm^4)。

表 3.3.6 不同材料之间的摩擦系数

材料类别	摩擦系数
钢沿钢滑动	0.3~0.35
钢沿混凝土滑动	0.6
聚四氟乙烯沿不锈钢或镀铬钢滑动	0.1
钢沿钢滚动	0.1

注：位于管沟及检查室内或室外露天环境的活动支架，钢沿钢滑动摩擦系数宜按高限取值。

3 柔性支架上的水平作用，其标准值应按公式 3.3.6-3 和 3.3.6-4 计算，荷载作用点取管托底面。

$$F_{ix} = \frac{3EI_y \Delta_x}{H^3} \quad (3.3.6-3)$$

$$F_{iy} = \frac{3EI_x \Delta_y}{H^3} \quad (3.3.6-4)$$

式中 F_{ix} 、 F_{iy} ——分别为管道位移在柔性支架柱上产生的沿截面 x 、 y 两主轴方向的水平作用标准值 (N)；

EI_x 、 EI_y ——分别为支架柱对于 x 、 y 两主轴的截面刚度 ($N \cdot mm^2$)，对钢筋混凝土柱分别取 $0.85E_c I_x$ 、 $0.85E_c I_y$ ， E 为支架柱材料的弹性模量 (N/mm^2)， E_c 为混凝土的弹性模量；

H ——自支架基础顶面至管道管托底面的支架高度 (mm)。

4 悬吊支架上的水平作用，其标准值应按公式 3.3.6-5 和 3.3.6-6 计算，荷载作用点取吊杆支座。

$$F_{dx} = G \frac{\Delta_x}{L_g} \quad (3.3.6-5)$$

$$F_{dy} = G \frac{\Delta_y}{L_g} \quad (3.3.6-6)$$

式中 F_{dx} 、 F_{dy} ——分别为管道位移在悬吊支架吊杆上产生的沿截面 x 、 y 两主轴方向的水平作用力标准值 (kN);

L_g ——吊杆长度 (mm)。

5 管道滑动支墩上的水平作用, 其标准值应按公式 3.3.6-1 和 3.3.6-2 计算, 荷载作用点取管托底面。

3.3.7 架空管道支架结构设计应考虑由管道传来的横向风荷载, 其标准值应按下列规定确定; 相应的准永久值系数 ψ_q 可取 0。

1 作用标准值应计入管道失跨的影响, 并应按下式计算:

$$F_{wk} = \lambda w_k D L \quad (3.3.7)$$

式中 F_{wk} ——管道支架上的风荷载标准值 (kN);

λ ——管道失跨系数, 应按本规范第 3.2.3 条的规定确定;

w_k ——风荷载标准值 (kN/m²), 应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定;

D ——含保温层的管道外径 (m);

L ——管道跨距 (m), 若支架两侧的跨距不等时, 可取平均值。

2 荷载作用点取管道中心。

3.3.8 热力管道检修操作平台上的操作荷载, 包括操作人员、一般工具、零星材料的自重, 可按均布荷载考虑, 其标准值可取 2.0kN/m²; 荷载准永久值系数 ψ_q 可取 0.6。

对于露天检修操作平台, 当按本规定取用操作荷载时, 可不考虑雪荷载的作用。

3.3.9 混凝土结构管沟及检查室, 应考虑在管道运行阶段结构内、外壁面温差对结构的作用。壁面温差作用标准值可按本规范附录 A 的规定计算确定; 温度影响作用的准永久值系数 ψ_q 可取 1.0。

3.3.10 对于通行管沟及检查室结构, 应考虑管道安装及检修阶段的吊装荷载, 荷载标准值采用所起吊管道、设备的自重标准值; 荷载准永久值系数 ψ_q 可取 0。

3.3.11 跨越河流、湖泊的架空管道支架柱上的流水压力标准值，应根据设计水位按下式计算：

$$F_{dw,k} = K_f \frac{\gamma_w v_w^2}{2g} A \quad (3.3.11)$$

式中 $F_{dw,k}$ ——流水压力标准值 (kN)；

K_f ——支架柱形状系数，可按表 3.3.11 的规定确定；

v_w ——水流的平均速度 (m/s)；

g ——重力加速度 (m/s^2)；

A ——支架柱阻水面积 (m^2)，应计算至最低冲刷线处。

表 3.3.11 支架柱形状系数 K_f

形 状	方 形	矩 形	圆 形	尖端形	长圆形
K_f	1.47	1.28	0.78	0.69	0.59

流水压力标准值的相应设计水位，应根据对结构的作用效应确定取最低水位或最高水位。当取最高水位时，相应的准永久系数可取常年洪水位与最高水位的比值，当取最低水位时， ψ_q 应取 1.0。

3.3.12 跨越河流、湖泊的架空管道支架柱上的融冰压力，其标准值可按下列规定确定。荷载的准永久值系数，东北地区和新疆北部地区 ψ_q 可取 0.5；其他地区 ψ_q 可取 0。

1 作用在具有竖直边缘支架柱上的融冰压力标准值，可按下列下式计算：

$$F_{fk} = m_h f_1 b \alpha_1 \quad (3.3.12-1)$$

式中 F_{fk} ——竖直边缘支架柱上的融冰压力标准值 (kN)；

m_h ——支架柱迎水面的体形系数，方形时为 1.0；圆形时为 0.9；尖端形时应按表 3.3.12 的规定确定；

f_1 ——冰的极限抗压强度 (kN/m^2)，当初融流冰水位时可按 $750kN/m^2$ 采用；

b ——支架柱在设计流冰水位线上的宽度 (m)；

t_1 ——冰层厚度 (m)，应按实际情况确定。

表 3.3.12 尖端形支架柱体形系数 m_h

尖端形支架柱迎水流向角度	45°	60°	75°	90°	120°
m_h	0.6	0.65	0.69	0.73	0.81

2 作用在具有倾斜破冰棱的支架柱上的融冰压力标准值，可按下列公式计算：

$$F_{lv,k} = f_{lw} t_1^2 \quad (3.3.12-2)$$

$$F_{lh,k} = f_{lw} t_1^2 \tan \theta \quad (3.3.12-3)$$

式中 $F_{lv,k}$ ——竖向冰压力标准值 (kN)；

$F_{lh,k}$ ——水平向冰压力标准值 (kN)；

f_{lw} ——冰的弯曲抗压极限强度 (kN/m²)，可按 $0.7f_1$ 采用；

θ ——破冰棱对水平线的倾角 (°)。

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，除验算结构抗倾覆、抗滑移及抗浮外，均应采用含分项系数的设计表达式进行设计。

4.1.2 结构设计应计算下列两种极限状态：

1 承载能力极限状态：在管道安装、试压、运行及检修阶段，对应于结构达到最大承载能力，结构或结构构件及构件连接因材料强度被超过而破坏；结构因过量变形而不能继续承载或丧失稳定（如横截面压屈等）；结构作为刚体失去平衡（如滑移、倾覆、漂浮等）。

2 正常使用极限状态：在管道运行阶段，对应于结构或结构构件正常使用或耐久性能的某项规定限值，如结构变形、影响耐久性能的控制开裂或局部裂缝宽度限值等。

4.1.3 管沟及检查室结构及结构构件的承载能力极限状态设计，应包括下列内容：

1 管道运行阶段结构构件的承载力计算。对通行管沟及检查室，尚应进行管道安装或检修阶段起吊管道、设备时结构构件的承载力计算；对需揭开盖板进行管道检修的管沟及检查室，尚应进行管道检修阶段结构构件的承载力计算；对设有固定支架的管沟及检查室结构、蒸汽管网设有活动支架的管沟及检查室结构，尚应进行管道试压阶段结构构件的承载力计算。

2 设有固定支架、导向支架及活动支架的管沟及检查室结构，管道运行阶段结构作为刚体的抗滑移、抗倾覆稳定验算。对设有固定支架的管沟及检查室结构、蒸汽管网设有活动支架的管沟及检查室结构，尚应进行管道试压阶段结构作为刚体的抗滑

移、抗倾覆稳定验算。

3 当结构位于地下水位以下时，管道运行阶段的结构抗浮稳定验算。对需揭开盖板进行管道检修的管沟及检查室，尚应进行管道检修阶段的结构抗浮稳定验算。

4 预埋件设计。

4.1.4 固定支架、导向支架及活动支架结构及结构构件的承载力极限状态设计，应包括下列内容：

1 管道运行阶段结构构件的承载力计算。对固定支架及蒸汽管网的活动支架，尚应进行管道试压阶段结构构件的承载力计算。

2 管道运行阶段架空管道支架基础的抗滑移、抗倾覆稳定验算及地基承载力计算。对固定支架及蒸汽管网的活动支架，尚应进行管道试压阶段支架基础的抗滑移、抗倾覆稳定验算及地基承载力计算。地基承载力计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

3 预埋件设计。

4.1.5 预制混凝土滑动支墩的结构设计，应包括下列内容：

1 管道运行阶段墩体及其底部坐浆的承载力计算。对蒸汽管网尚应进行管道试压阶段墩体及其底部坐浆的承载力计算。坐浆承载力计算应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003的有关规定。

2 管道运行阶段墩体的抗倾覆稳定验算。对蒸汽管网尚应进行管道试压阶段墩体的抗倾覆稳定验算。

3 预埋件设计。

4.1.6 混凝土结构构件上的预埋件设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.1.7 管沟及检查室的预制盖板、钢筋混凝土预制装配式管道支架，应进行构件吊装的承载力验算，构件上的作用按其自重乘以动力系数计算，动力系数可取 1.5。

4.1.8 架空管道独立式活动支架不宜采用铰接支架及半铰接支架。

4.1.9 对结构的内力分析, 均应按弹性体系计算, 不应考虑由非弹性变形所引起的塑性内力重分布。

4.2 承载能力极限状态计算规定

4.2.1 结构按承载能力极限状态进行设计时, 除验算结构抗倾覆、抗滑移及抗浮外, 均应采用作用效应的基本组合, 并应采用下列设计表达式进行设计:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (4.2.1)$$

式中 γ_0 ——结构的重要性系数, 不应小于 1.0;

S ——作用效应基本组合的设计值;

R ——结构构件抗力的设计值。

4.2.2 作用效应基本组合的设计值, 应按下式计算:

$$S = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} S_{Gik} + \psi_c \sum_{j=1}^n \gamma_{Qj} S_{Qjk} \quad (4.2.2)$$

式中 γ_{Gi} ——第 i 个永久作用的分项系数;

γ_{Qj} ——第 j 个可变作用的分项系数;

S_{Gik} ——按第 i 个永久作用标准值 G_{ik} 计算的作用效应值;

S_{Qjk} ——按第 j 个可变作用标准值 Q_{jk} 计算的作用效应值;

ψ_c ——可变作用的组合系数, 可取 $\psi_c = 0.9$;

m ——参与组合的永久作用数;

n ——参与组合的可变作用数。

4.2.3 永久作用的分项系数, 应符合下列规定:

1 当作用效应对结构不利时, 对结构自重应取 1.2, 其他永久作用均应取 1.27。

2 当作用效应对结构有利时, 均应取 1.0。

4.2.4 可变作用的分项系数均应取 1.4。

4.2.5 结构上的作用组合工况应符合下列规定:

1 管沟及检查室结构上的作用组合, 应按表 4.2.5-1 的规定确定。

表 4.2.5-1 管沟及检查室结构上的作用组合

工况类别	永久作用				可变作用							
	结构自重	管道及设备自重	土压力		地基的不均匀沉降	地面车辆	地面堆积	静水压力(包括浮托力)	管道水平作用	温度影响	吊装荷载	操作荷载
			竖向	侧向								
(1)	✓	✓	✓	✓	△	✓		✓	✓	✓	—	△
(2)	✓	—	—	✓	—	✓		✓	—	—	—	△
(3)	✓	—	✓	✓	—	✓		✓	—	—	✓	△
(4)	✓	✓	✓	✓	—	✓		✓	✓	—	—	△

注：1 工况类别：(1) 为管道运行工况；(2) 为揭开盖板进行管道检修工况；
(3) 为通行管沟及检查室在管道安装或检修阶段起吊管道、设备工况；
(4) 为管道试压工况；

2 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；

3 地面车辆荷载和地面堆积荷载不应同时计算，应根据不利设计条件计入其中一项；

4 工况(2)在计算静水压力及浮托力时，地下水位不应高于侧墙顶端；

5 工况(2)在计算结构自重时，不应计入预制盖板自重；

6 管道水平作用，包括固定支架的水平推力、导向支架的水平推力及管道位移在活动支架结构上产生的水平作用；

7 操作荷载系指检修操作平台上的操作荷载。

2 管道支架结构上的作用组合，应按表 4.2.5-2 的规定确定。

表 4.2.5-2 管道支架结构上的作用组合

结构类型	工况及环境		永久作用			可变作用				
			结构自重	管道及设备自重	地基的不均匀沉降	管道水平作用	操作荷载	横风荷载	流水压力	融冰压力
固定支架	管道运行工况	管沟或检查室内支架	✓	✓	—	✓	—	—	—	—
		架空支架	陆上	✓	△	✓	△	✓	—	—
			水中	✓	△	✓	△	✓	✓	✓
	管道试压工况	管沟或检查室内支架	✓	✓	—	✓	—	—	—	—
		架空支架	陆上	✓	△	✓	△	✓	—	—
			水中	✓	△	✓	△	✓	✓	△

结构类型	工况及环境		永久作用			可变作用				
			结构自重	管道及设备自重	地基的不均匀沉降	管道水平作用	操作荷载	横风荷载	流水压力	融冰压力
导向支架	管道运行工况	管沟或检查室内支架	✓	—	—	✓	—	—	—	—
		架空支架	✓	—	△	✓	△	✓	—	—
			✓	—	△	✓	△	✓	✓	✓
活动支架	管道运行工况	管沟或检查室内支架	✓	✓	—	✓	—	—	—	—
		架空支架	✓	✓	△	✓	△	✓	—	—
			✓	✓	△	✓	△	✓	✓	✓
	管道试压工况	管沟或检查室内支架	✓	✓	—	✓	—	—	—	—
		架空支架	✓	✓	△	✓	△	✓	—	—
			✓	✓	△	✓	△	✓	✓	△

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

2 对于活动支架，在管道试压工况下应计入管道偏心安装的影响；在管道运行工况下应计入管道运行时热膨胀引起的偏心影响，管道偏心距应根据管网的布置及运行条件确定。

4.2.6 结构在组合作用下的抗倾覆、抗滑移及抗浮验算，均应采用含设计稳定性抗力系数 (K_s) 的设计表达式。 K_s 值不应小于表 4.2.6 的规定。验算时，抗力只计入永久作用；抗力和滑动力、倾覆力矩、浮托力均采用作用的标准值。

表 4.2.6 结构的设计稳定性抗力系数 K_s

结构失稳特征		设计稳定性抗力系数 K_s
结构承受水平作用，有沿基底滑动可能性		1.3
结构承受水平作用，有倾覆可能性	管沟、检查室	1.5
	滑动支墩、架空管道活动支架	2.0
	架空管道固定支架、导向支架	2.5
管沟或检查室漂浮	管道检修阶段	1.05
	管道运行阶段	1.1

4.2.7 进行结构承受水平作用的抗滑移稳定验算时, 抗力应计入由管道及设备自重、结构自重、结构上的竖向土压力形成的摩阻力, 对管沟及检查室结构, 尚应计入侧向土压力形成的摩阻力; 对岩石地基, 当采取可靠嵌固措施时, 尚应计入岩石对结构的嵌固作用。结构的抗滑移稳定验算应符合下列规定:

1 架空管道支架结构承受水平作用时的抗滑移稳定可按下列式验算:

$$K_s \sqrt{F_{xk}^2 + F_{yk}^2} \leqslant (N_k + G_k) \mu \quad (4.2.7-1)$$

式中 F_{xk} ——沿支架结构 x 轴传至基础顶面的水平作用标准值 (kN);

F_{yk} ——沿支架结构 y 轴传至基础顶面的水平作用标准值 (kN);

N_k ——支架结构自重与管道及设备自重标准值之和 (kN);

G_k ——基础自重和基础上的土重标准值 (kN), 位于地下水位以下部分应扣除浮托力;

μ ——土对基础底面的摩擦系数, 可按表 4.2.7-1 的规定确定。

表 4.2.7-1 土对混凝土结构表面的摩擦系数

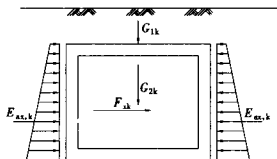
土 的 类 别		摩 擦 系 数
黏 性 土	可 塑	0.25~0.30
	硬 塑	0.30~0.35
	坚 硬	0.35~0.45
粉 土		0.30~0.40
中砂、粗砂、砾砂		0.40~0.50
碎石土		0.40~0.60
软质岩		0.40~0.60
表面粗糙的硬质岩		0.65~0.75

2 检查室及管沟结构承受管道水平作用时的抗滑移稳定可按式验算 (图 4.2.7):

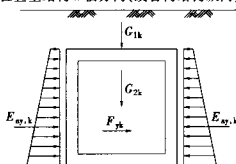
$$\sqrt{(K_s F_{xk} - 2\mu_1 E_{ay,k})^2 + (K_s F_{yk} - 2\mu_1 E_{ax,k})^2} \leq G_{1k}\mu_2 + (G_{1k} + G_{2k})\mu_3 \quad (4.2.7-2)$$

式中 F_{xk} ——沿检查室结构 x 轴方向 (或管沟结构纵向) 的管道水平作用标准值 (kN);

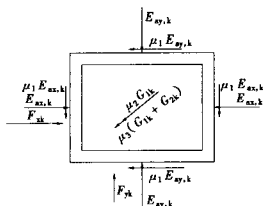
F_{yk} ——沿检查室结构 y 轴方向 (或管沟结构横向) 的管



(a) 沿检查室结构 x 轴方向 (或管沟结构纵向) 立面受力简图



(b) 沿检查室结构 y 轴方向 (或管沟结构横向) 立面受力简图



(c) 结构平面受力简图

图 4.2.7 检查室 (管沟) 结构抗滑移稳定验算示意

道水平作用标准值 (kN);

$E_{ay,k}$ ——作用在与检查室结构 y 轴垂直侧墙 (或管沟结构侧墙) 上的主动土压力标准值 (kN), 应按本规范附录 B 的规定计算确定;

$E_{ax,k}$ ——作用在与检查室结构 x 轴垂直侧墙上的主动土压力标准值 (kN), 应按本规范附录 B 的规定计算确定; 对于管沟结构, 取 $E_{ax,k}=0$;

G_{1k} ——检查室 (或管沟) 结构上部覆土重标准值 (kN), 位于地下水位以下部分应扣除浮托力;

G_{2k} ——检查室 (或管沟) 结构自重与管道及设备自重标准值之和 (kN), 位于地下水位以下部分应扣除浮托力;

μ_1 、 μ_2 、 μ_3 ——分别为土对结构侧面、顶面、底面的摩擦系数, 其中土对混凝土结构表面的摩擦系数可按表 4.2.7-1 的规定确定, 土对砌体结构表面的摩擦系数可按表 4.2.7-2 的规定确定。

注: 当 $K_s F_{sk} - 2\mu_1 E_{ay,k} < 0$ 时, 取 $K_s F_{sk} - 2\mu_1 E_{ay,k} = 0$; 当 $K_s F_{yk} - 2\mu_1 E_{ax,k} < 0$ 时, 取 $K_s F_{yk} - 2\mu_1 E_{ax,k} = 0$ 。

表 4.2.7-2 土对砌体结构表面的摩擦系数

土的类别	摩 擦 面 情 况	
	干 燥 的	潮 湿 的
砂或卵石	0.60	0.50
粉 土	0.55	0.40
黏 性 土	0.50	0.30

4.2.8 结构在管道试压及运行阶段承受水平作用时的抗倾覆稳定验算, 抗力应计入管道及设备自重、结构自重及结构上的竖向土压力, 并应对地下水位以下部分扣除水的浮托力。

4.2.9 管道运行阶段结构抗浮稳定验算, 抗力应计入管道及设备自重、结构自重、结构上的竖向土压力。

管沟及检查室在管道检修阶段揭开盖板时的结构抗浮稳定验算，抗力应只计入结构（不包括预制盖板）自重。

当采取其他抗浮措施时，可计入其有利作用。

4.3 正常使用极限状态验算规定

4.3.1 结构的正常使用极限状态验算，应包括变形、抗裂及裂缝宽度等，并应控制其计算值不超过相应的规定限值。

4.3.2 结构穿越铁路、主要道路及建（构）筑物时，应按现行有关标准的规定进行受弯构件的挠度验算。

4.3.3 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受弯或大偏心受拉（压）时，截面允许出现的最大裂缝宽度限值应为 0.2mm。

4.3.4 对正常使用极限状态，作用效应的标准组合设计值应按下式计算：

$$S = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + S_{Q1k} + \psi_c \sum_{j=2}^n S_{Qjk} \quad (4.3.4)$$

式中 S_{Q1k} ——诸可变作用的作用效应中起控制作用者；

ψ_c ——可变作用的组合系数，应按本规范第 4.2.2 条的规定确定。

4.3.5 正常使用极限状态验算时，结构上的作用组合工况应按本规范第 4.2.5 条中管道运行工况下的作用组合确定。

4.3.6 钢筋混凝土结构构件在标准组合作用下，计算截面处于受弯或大偏心受拉（压）时，其可能出现的最大裂缝宽度可按本规范附录 E 的规定计算确定，并应符合本规范第 4.3.3 条的规定。

4.3.7 钢筋混凝土结构构件在组合作用下，构件截面处于轴心受拉或小偏心受拉时，应按不允许裂缝出现控制，并应取作用效应的标准组合按下式验算：

$$N_k \left(\frac{e_0}{\gamma W_0} + \frac{1}{A_0} \right) \leq \alpha_{ct} f_{tk} \quad (4.3.7)$$

式中 N_k ——作用效应的标准组合下计算截面上的轴向力 (N);
 e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距 (mm);
 γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数, 按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定确定。对矩形截面, $\gamma=1.75$;
 W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩 (mm^3);
 A_0 ——计算截面的换算截面积 (mm^2);
 α_{ct} ——混凝土拉应力限制系数, 可取 0.87;
 f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值 (N/mm^2)。

5 静 力 计 算

5.1 管沟及检查室

5.1.1 钢筋混凝土整体现浇矩形管沟的结构计算简图，可按下列规定确定：

1 盖板与侧墙、侧墙与底板的连接均应视为刚接，应按闭合框架进行计算。

2 底板地基反力可按均匀分布简化计算。当管沟净宽度大于 3m 时，宜考虑结构与地基土的共同工作。

5.1.2 钢筋混凝土槽形管沟的结构计算简图，可按下列规定确定：

1 预制盖板可按两端与侧墙铰接的单向板计算。

2 侧墙与底板的计算应考虑管道运行及管道检修揭开盖板两种工况，荷载作用效应应按两种工况的不利者取用。

在管道运行阶段，侧墙上端可视为不动铰支承于盖板，侧墙下端与底板的连接应视为刚接。

在管道检修揭开盖板时，侧墙上端应视为自由端、下端与底板的连接应视为刚接。

3 底板地基反力可按均匀分布简化计算。当管沟净宽度大于 3m 时，宜考虑结构与地基土的共同工作。

5.1.3 砌体结构矩形管沟的结构计算简图，可按下列规定确定：

1 盖板可按两端与侧墙铰接的单向板计算。

2 侧墙与底板的计算应考虑管道运行和管道检修揭开盖板两种工况，荷载作用效应应按两种工况的不利者取用。

在管道运行阶段，侧墙上端可视为不动铰支承于盖板，侧墙下端与底板的连接，当管沟的净宽不大于 3m 时，可视为固定支承于底板；当管沟的净宽大于 3m 时，侧墙与底板的连接宜视为

刚接。

在管道检修揭开盖板时，侧墙应按上端自由、下端固定支承于底板进行计算。

3 底板地基反力可按均匀分布简化计算。当管沟净宽度大于 3m 时，宜考虑结构与地基土的共同工作。

5.1.4 钢筋混凝土结构检查室的结构计算简图，可按下列规定确定：

1 当盖板为预制装配时，盖板可按简支于侧墙进行计算；侧墙与底板计算应考虑管道运行和管道检修揭开盖板两种工况，荷载作用效应应按两种工况的不利者取用。

侧墙上端在管道运行阶段，可视为不动铰支承于盖板，在管道检修揭开盖板时应视为自由端，侧墙与侧墙、侧墙与底板的连接均可视为刚接。

2 盖板、底板与侧墙为整体浇注时，侧墙与盖板、侧墙与侧墙、侧墙与底板的连接均可视为刚接。

3 当盖板、底板或侧墙上开有孔洞时，其结构计算简图应根据洞口位置、洞口尺寸及洞口加强措施等条件具体确定。

4 底板地基反力可按均匀分布简化计算。当底板短边的净长度大于 3m 时，宜考虑结构与地基土的共同工作。

5.1.5 砌体结构检查室的结构计算简图，可按下列规定确定：

1 盖板可按简支于侧墙进行计算。

2 当盖板为预制装配，在管道检修阶段需要揭开盖板时，侧墙与底板计算应考虑管道运行和管道检修揭开盖板两种工况，荷载作用效应应按两种工况的不利者取用。

侧墙上端在管道运行阶段，可视为不动铰支承于盖板，在管道检修揭开盖板时应视为自由端，侧墙与侧墙的连接可视为铰接，侧墙下端可视为固定支承于底板。

3 盖板为整体现浇时，侧墙与盖板、侧墙与侧墙均可视为铰接，侧墙下端可视为固定支承于底板。

4 当盖板、底板或侧墙上开有孔洞时，其结构计算简图应

根据洞口位置、洞口尺寸及洞口加强措施等条件具体确定。

5 底板地基反力可按均匀分布简化计算。当底板短边的净长度大于 3m 时,宜考虑结构与地基土的共同工作。

5.1.6 位于城市绿地或人行道下的砌体结构检查室,当净空高度不大于 2m、覆土深度不大于 2.4m 时,砌体侧墙厚度可按表 5.1.6 的规定确定。

表 5.1.6 砌体结构检查室侧墙厚度

侧墙净长度 L (m)	最小墙厚 (mm)
$L < 3.6$	370
$3.6 \leq L < 5.6$	490

注: 1 本表仅适用于块体为烧结普通砖或蒸压灰砂砖,砌筑砂浆为水泥砂浆的砌体侧墙;

2 材料强度等级应符合本规范第 2.0.11 条的规定。

5.2 架空管道支架

5.2.1 柔性支架及刚性支架结构的计算简图,可按下列规定确定:

1 单柱式支架结构,应按上端自由、下端固定进行计算。

2 沿管道纵向为单柱式、沿横向为框(排)架式的支架结构,沿管道纵向,应按上端自由、下端固定进行计算;沿管道横向,可按框(排)架进行计算。

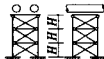
3 沿管道纵、横向均为框(排)架的支架结构,可分解为单片平面框(排)架进行计算。

5.2.2 支架柱计算长度,可按下列规定确定:

1 钢筋混凝土结构支架柱计算长度,可按表 5.2.2-1 的规定确定。

2 钢结构支架柱,沿管道纵向计算长度,可按表 5.2.2-1 的规定确定;单层单跨钢结构支架柱沿管道横向计算长度,可按表 5.2.2-2 的规定确定。

表 5.2.2-1 支架柱计算长度

结 构 简 图			1	2	3
					
纵 向	固定支架、 导向支架		$2.0H$	$2.0H$	
	活动 支架	刚性支架	$1.5H$	$1.5H$	
		柔性支架	$1.25H$	$1.25H$	
横 向			$2.0H$	$1.5H$	
结 构 简 图			4	5	6
					
纵 向			顶层 $1.5H$ 、 其他层 $1.25H$	$1.5H$	$1.0H$
横 向					

- 注：1 本表仅适用于柱与基础为刚性连接的情况；
 2 简图 2、4 的计算长度值，只适用于梁与柱的线性刚度比 ≥ 2 的情况；
 3 H 为支架柱的高度，可按下列规定取值：
 1) 简图 1、2 的 H 值，为支架梁顶面至基础顶面的高度；
 2) 简图 3 的 H 值，为支架柱顶面至基础顶面的高度；
 3) 简图 4、5、6 的 H 值，为支架柱水平支点间的距离。

表 5.2.2-2 钢结构支架柱沿横向计算长度

柱与基础 连接方式	柱上端横梁线刚度与柱线刚度的比值							
	0	0.1	0.3	0.5	1	3	5	≥ 10
刚 接	$2.0H$	$1.67H$	$1.4H$	$1.28H$	$1.16H$	$1.06H$	$1.03H$	$1.0H$
铰 接	—	$4.46H$	$3.01H$	$2.64H$	$2.33H$	$2.11H$	$2.07H$	$2.0H$

- 注：1 本表仅适用于梁柱节点为刚接情况；
 2 梁柱节点为刚接的多层钢结构支架柱，支架底层柱沿横向的计算长度按本表计算；当梁与柱的线性刚度比 ≥ 2 时，其他层柱可按表 5.2.2-1 简图 4 取值。

5.2.3 矩形或圆形截面的钢筋混凝土结构支架柱，其最小截面尺寸应符合下列规定：

1 固定支架及导向支架按下列公式验算：

$$\text{矩形截面: } \frac{H_{0x}}{b} \leq 30 \text{ 且 } b \geq 300\text{mm} \quad (5.2.3-1)$$

$$\frac{H_{0y}}{h} \leq 30 \text{ 且 } h \geq 300\text{mm} \quad (5.2.3-2)$$

$$\text{圆形截面: } \frac{H_0}{d} \leq 30 \text{ 且 } d \geq 300\text{mm} \quad (5.2.3-3)$$

式中 H_{0x} ——支架柱对主轴 x 的计算长度 (mm)；

H_{0y} ——支架柱对主轴 y 的计算长度 (mm)；

H_0 —— H_{0x} 、 H_{0y} 二者中的较大值 (mm)；

b ——支架柱在 x 轴方向上的宽度尺寸 (mm)；

h ——支架柱在 y 轴方向上的宽度尺寸 (mm)；

d ——圆形柱截面直径 (mm)。

2 活动支架按下列公式验算：

$$\text{矩形截面: } \frac{H_{0x}}{b} \leq 40 \text{ 且 } b \geq 300\text{mm} \quad (5.2.3-4)$$

$$\frac{H_{0y}}{h} \leq 40 \text{ 且 } h \geq 300\text{mm} \quad (5.2.3-5)$$

$$\text{圆形截面: } \frac{H_0}{d} \leq 40 \text{ 且 } d \geq 300\text{mm} \quad (5.2.3-6)$$

5.2.4 钢结构支架柱，允许长细比应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。

6 构造要求

6.0.1 管沟及检查室结构防水应符合下列规定：

1 结构位于地下水位以下时，应采用抗渗混凝土结构，并根据需要增设附加防水层或其他防水措施。

2 位于地下水位以上的混凝土结构或砌体结构，应考虑地表水及毛细管水等作用，采取可靠的防水措施。

3 柔性防水层应设置保护层。

6.0.2 管沟沿线应设置伸缩缝。对土质地基，伸缩缝的间距应符合下列规定：

1 对钢筋混凝土结构管沟，其间距不宜大于 25m。

2 对砌体结构管沟，其间距不宜大于 40m。

6.0.3 管沟沉降缝的设置应符合下列规定：

1 管沟的地基土有显著变化或承受的荷载差别较大时，宜设置沉降缝加以分割。

2 检查室沟口外与管沟结合部应设置沉降缝，其距检查室结构外缘不宜大于 2m。

3 沉降缝与伸缩缝可结合设置。

6.0.4 伸缩缝与沉降缝的构造，应符合下列规定：

1 缝宽不宜小于 30mm，并应贯通全截面。

2 伸缩缝与沉降缝应由止水板材、填缝材料及嵌缝材料三部分构成，并应符合下列规定：

1) 止水板材宜采用橡胶止水带。当采用中埋式止水带时，在缝两侧各不小于 400mm 范围内，混凝土结构的厚度不应小于 300mm；对砌体结构管沟，在缝两侧各不小于 400mm 范围内，应采用混凝土整体现浇结构，其与砌体墙接触面应采用在砌体墙上预留马牙槌接合。

2) 填缝材料应采用具有适应变形功能的板材。

3) 嵌缝材料应采用具有适应变形功能、与混凝土表面粘结牢固的柔性材料,并具有在环境介质中不老化、不变质的性能。

6.0.5 管沟及检查室钢筋混凝土构件的施工缝设置,应符合下列规定:

1 施工缝宜设置在构件受力较小的截面处。

2 施工缝处应有可靠的措施,保证先后浇筑的混凝土间良好固结,必要时宜加设预埋止水板或设置遇水膨胀的橡胶止水条等止水构造。

6.0.6 钢筋的混凝土保护层厚度应符合下列规定:

1 钢筋混凝土结构构件纵向受力的钢筋,其混凝土保护层厚度不应小于钢筋的公称直径,并应符合表 6.0.6 的规定。

表 6.0.6 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度

结 构 类 别			保护层最小厚度 (mm)
管沟及检查室	盖 板	上 层	30
		下 层	35
	底 板	上 层	30
		下 层	40
	侧墙内、外侧		30
	梁、柱		35
架空管道支架	柱下混凝土 独立基础	有垫层的下层筋	40
		无垫层的下层筋	70
	混凝土支架结构		35

注:管沟及检查室底板下应设有混凝土垫层。

2 箍筋、分布筋和构造筋的混凝土保护层厚度不应小于 20mm。

3 对接触侵蚀性介质的混凝土构件,其混凝土保护层厚度尚应符合现行有关标准的规定。

6.0.7 钢筋混凝土结构构件纵向受力钢筋的配筋率,应符合现

行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

6.0.8 管沟结构的现浇钢筋混凝土构件，其纵向构造钢筋应符合下列规定：

1 构件里、外侧构造钢筋的配筋率均不应小于 0.15%。

2 钢筋间距不宜大于 200mm。

3 钢筋的搭接、锚固应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中对于受拉钢筋的有关规定。

4 当结构位于软弱地基以上时，其盖、底板纵向构造钢筋的配筋量应适当增加。

6.0.9 采用钢结构的管道支架、钢梯、钢平台及预埋件，其暴露在大气中的构件表面，应采取防锈措施。

6.0.10 管沟及检查室内管道支架采用钢结构时，支架立柱根部应采用混凝土包裹，其保护层厚度不应小于 50mm，包裹的混凝土高出底板高度，在管沟内不应小于 150mm，在检查室内不应小于 300mm。

附录 A 管沟及检查室结构 受热温度计算方法

A.0.1 管沟及检查室内空气温度应采用管道运行阶段的最高温度。

A.0.2 地面空气温度应按下列规定确定：

1 确定混凝土的设计强度及弹性模量在温度作用下的折减系数时，应采用管网运行时的最高月平均气温；

2 计算衬砌内外壁温差时，应采用管网运行时的最低月平均气温。

A.0.3 结构层计算点的受热温度（图 A.0.3），可采用平壁法按下式计算：

$$T_j = T_g - \frac{T_g - T_a}{R_t} \sum_{i=0}^j R_i \quad (\text{A.0.3})$$

式中 T_j ——计算点的受热温度（℃）；

T_g ——管沟内空气温度（℃）；

T_a ——地面空气温度（℃），当计算结构底板的受热温度时为地温；当计算底板最高受热温度时，取 $T_a = 15^\circ\text{C}$ ；当计算底板内外壁温差时，取 $T_a = 10^\circ\text{C}$ ；

R_t ——结构层、防水层及计算土层等的总热阻（ $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ）；

R_i ——第 i 层热阻（ $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ）。

A.0.4 结构层、防水层及计算土层等的总热阻应按下列公式计算：

$$R_t = R_g + \sum_{i=1}^m R_i + R_s + R_a \quad (\text{A.0.4-1})$$

$$R_g = \frac{1}{\alpha_g} \quad (\text{A.0.4-2})$$

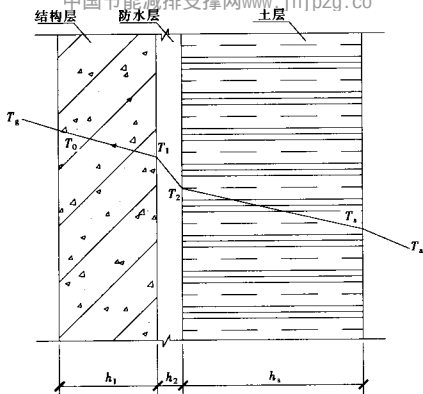


图 A.0.3 传热简图

$$R_i = \frac{h_i}{\lambda_i} \quad (\text{A.0.4-3})$$

$$R_s = \frac{h_s}{\lambda_s} \quad (\text{A.0.4-4})$$

$$R_a = \frac{1}{\alpha_a} \quad (\text{A.0.4-5})$$

式中 R_g ——结构层内表面的热阻 ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$);

R_s ——计算土层的热阻 ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$);

R_a ——计算土层外表面的热阻 ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$);

α_g ——结构层内表面的放热系数 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$], 取 $12\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

λ_i ——结构层及防水层的导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$];

λ_s ——计算土层的导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$];

h_i ——结构层及防水层厚度 (m);

h_s ——计算土层厚度 (m);

α_s ——计算土层外表面的放热系数 [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$], 可按表 A.0.4 的规定确定。

表 A.0.4 计算土层外表面的放热系数 α_s

季 节	放热系数 α_s [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]
夏 季	12
冬 季	23

A.0.5 结构层、防水层及计算土层等的导热系数, 应按实际试验资料确定。当无试验资料时, 对几种常用的材料, 干燥状态下可按表 A.0.5 的规定确定。具体取值时应考虑湿度对材料导热性能的影响。

表 A.0.5 干燥状态下常用材料的导热系数 λ

材 料 种 类	导热系数 λ [$W/(m \cdot ^\circ C)$]
烧结普通砖砌体	0.81
普通钢筋混凝土	1.74
普通混凝土	1.51
水泥砂浆	0.93
油 毡	0.17
沥 青	0.76
软质聚氯乙稀	0.052
硬质聚氯乙稀、聚乙烯、聚苯乙烯、聚氨酯	0.044
自然干燥砂土	0.35~1.28
自然干燥黏土	0.58~1.45
自然干燥黏土夹砂	0.69~1.26

A.0.6 计算土层厚度 (图 A.0.6) 可按下列公式计算:

- 1 计算结构盖板时, 取盖板顶面至设计地面的距离 (m)。
- 2 计算结构侧墙时:

$$h_s = h_1 = 0.505H - 0.325 + 0.050B \cdot H$$

(A.0.6-1)

式中 h_1 ——侧墙外计算土层厚度 (m);

H ——结构底板上皮至设计地面竖向距离 (m);

B ——结构净宽 (m)。

3 计算结构底板时:

$$h_s = h_2 \quad (\text{A.0.6-2})$$

式中 h_2 ——底板下侧计算土层厚度 (m), 当计算底板最高受热温度时, 取 $h_2=0.3\text{m}$; 当计算底板内外壁温差时 $h_2=0.2\text{m}$ 。

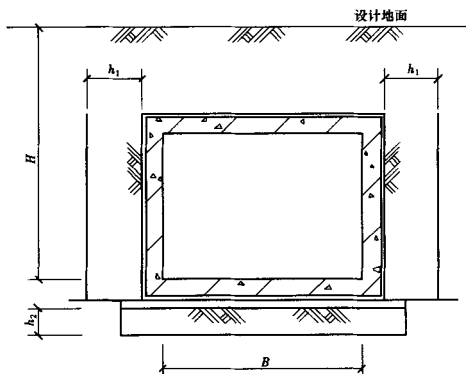


图 A.0.6 计算土层厚度示意图

附录 B 管沟及检查室结构土压力标准值的确定

B.0.1 管沟和检查室结构上的竖向土压力标准值可按下列规定确定：

1 当设计地面高于原状地面，作用在结构上的竖向土压力标准值应按下式计算：

$$F_{sv,k} = C_c \gamma_s H_s \quad (\text{B.0.1-1})$$

式中 $F_{sv,k}$ ——结构顶面每平方米的竖向土压力标准值(kN/m²)；

C_c ——埋填式土压力系数，与 $\frac{H_s}{B_c}$ 、结构地基土及回填土的力学性能有关，可取 1.2~1.4；

γ_s ——回填土的重力密度 (kN/m³)，可取 18kN/m³；

H_s ——管沟或检查室盖板顶面至设计地面的距离 (m)；

B_c ——管沟或检查室的外缘宽度 (m)。

2 对由设计地面开槽施工的管沟或检查室，作用在结构上的竖向土压力标准值可按下式计算：

$$F_{sv,k} = n_s \gamma_s H_s \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中 n_s ——竖向土压力系数，通常当结构平面尺寸长宽比小于或等于 10 时，可取 1.0；当结构平面尺寸长宽比大于 10 时，宜取 1.2。

B.0.2 作用在管沟和检查室结构上的侧向土压力标准值，应按下列规定确定 (图 B.0.2)：

1 应按主动土压力计算。

2 当地面平整、结构位于地下水位以上部分的主动土压力标准值可按下式计算：

$$E_{ep,k} = K_a \gamma_s Z \quad (\text{B.0.2-1})$$

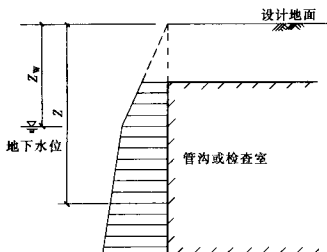


图 B.0.2 管沟或检查室侧墙上的主动土压力分布图

3 结构位于地下水位以下部分的侧向压力应为主动土压力与地下水静水压力之和，此时主动土压力标准值可按下式计算：

$$F'_{ep,k} = K_a[\gamma_s Z_w + \gamma'_s(Z - Z_w)] \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中 $E_{ep,k}$ ——地下水位以上的主动土压力标准值 (kN/m^2)；

$F'_{ep,k}$ ——地下水位以下的主动土压力标准值 (kN/m^2)；

K_a ——主动土压力系数，应根据土的抗剪强度确定，当缺乏试验资料时，对砂类土或粉土可取 $\frac{1}{3}$ ；对黏

性土可取 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ ；

Z ——自设计地面至计算截面处的深度 (m)；

Z_w ——自设计地面至地下水位距离 (m)；

γ'_s ——地下水位以下回填土的有效重度，可取 10kN/m^3 。

附录 C 地面车辆荷载对管沟及检查室结构 作用标准值的计算方法

C.0.1 地面车辆荷载传递到结构顶面的竖向压力标准值，可按下列规定确定：

1 单个轮压传递到结构顶面的竖向压力标准值可按下式计算（图 C.0.1-1）：

$$q_{vk} = \frac{\mu_D Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H)(b_i + 1.4H)} \quad (\text{C.0.1-1})$$

式中 q_{vk} ——轮压传递到结构顶面处的竖向压力标准值(kN/m²)；

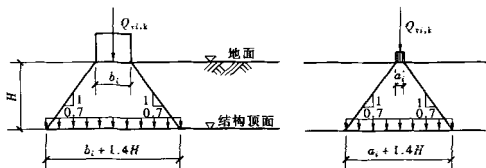
$Q_{vi,k}$ ——车辆的 i 个车轮承担的单个轮压标准值 (kN)；

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 ——覆土深度 (m)；

μ_D ——动力系数，可按表 C.0.1 的规定确定。



(a) 顺轮胎着地宽度的分布

(b) 顺轮胎着地长度的分布

图 C.0.1-1 单个轮压的传递分布图

表 C.0.1 动力系数 μ_D

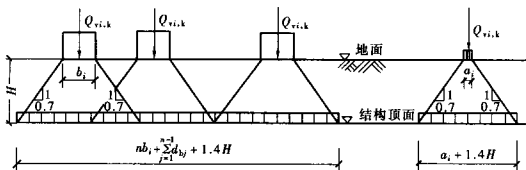
覆土深度 H (m)	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	≥ 0.70
动力系数 μ_D	1.30	1.25	1.20	1.15	1.05	1.00

2 两个或两个以上单排轮压综合影响传递到结构顶面的竖向压力标准值, 可按下式计算 (图 C.0.1-2);

$$q_{vk} = \frac{\mu_D n Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H)(nb_i + \sum_{j=1}^{n-1} d_{bj} + 1.4H)} \quad (\text{C.0.1-2})$$

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

图 C.0.1-2 两个以上单排轮压综合影响的传递分布图

3 多排轮压综合影响传递到结构顶面的竖向压力标准值, 可按下式计算:

$$q_{vk} = \frac{\mu_D \sum_{i=1}^n Q_{vi,k}}{(\sum_{i=1}^{m_a} a_i + \sum_{j=1}^{m_a-1} d_{aj} + 1.4H)(\sum_{i=1}^{m_b} b_i + \sum_{j=1}^{m_b-1} d_{bj} + 1.4H)} \quad (\text{C.0.1-3})$$

式中 m_a ——沿车轮着地分布宽度方向的车轮排数;

m_b ——沿车轮着地分布长度方向的车轮排数;

d_{aj} ——沿车轮着地分布长度方向，相邻两个车轮间的净距 (m)。

C.0.2 对钢筋混凝土整体现浇矩形管沟，地面车辆荷载的影响可考虑结构的整体作用，此时作用在结构上的竖向压力标准值可按式计算 (图 C.0.2)：

$$q_{ve,k} = q_{vk} \frac{L_p}{L_e} \quad (C.0.2)$$

式中 $q_{ve,k}$ ——考虑结构整体作用时车辆轮压传递到结构底面的竖向压力标准值 (kN/m^2)；

L_p ——轮压传递到结构顶面处沿管沟纵向的影响长度 (m)；

L_e ——管沟纵向承受轮压影响的有效长度 (m)，可取 $L_e = L_p + 2H_p$ ， H_p 为管沟总高度 (m)。

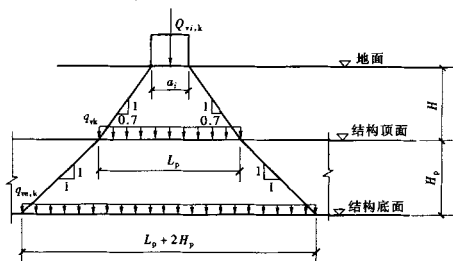


图 C.0.2 考虑结构整体作用时车辆荷载的竖向压力传递分布

C.0.3 地面车辆传递到结构上的侧压力标准值，可按式计算：

$$q_{hz,k} = K_s q_{vz,k} \quad (C.0.3-1)$$

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);

K_a ——主动土压力系数,按本规范第 B.0.2 条取值。

当管沟结构覆土深度很小,墙顶处由地面车辆荷载作用产生的竖向压力标准值 q_{vk} 分布长度小于墙侧土体的破坏棱体长度 (L_s) 时,墙上的侧压力标准值可按下列公式计算:

$$q_{hz,k} = \gamma_s h_s K_a \quad (C.0.3-2)$$

$$h_s = \frac{q_{vk} A_{cv}}{\gamma_s L_s (b_i + d_{bj})} \quad (C.0.3-3)$$

$$L_s = H_p \sqrt{K_a} \quad (C.0.3-4)$$

式中 L_s ——墙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等代土高 (m);

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 (m²)。

附录 D 柔性支架、刚性支架的判别

D.0.1 本规范的柔性支架及刚性支架，均指支架柱嵌固于基础的独立式活动支架。其中柔性支架系指支架的刚度较小，支架位移能适应管道变形要求，柱顶与管道没有相对位移；刚性支架系指支架的刚度较大，位移较小，管道通过管托在支架立柱或横梁上滑动或滚动。

D.0.2 柔性支架、刚性支架的判别，应按下列规定确定：

$$F_m > F_t \text{ 时, 为柔性支架} \quad (\text{D.0.2-1})$$

$$F_m \leq F_t \text{ 时, 为刚性支架} \quad (\text{D.0.2-2})$$

$$F_m = \mu G \quad (\text{D.0.2-3})$$

$$F_t = \frac{3}{H^3} \sqrt{(EI_x \Delta_y)^2 + (EI_y \Delta_x)^2} \quad (\text{D.0.2-4})$$

式中 F_m ——作用在支架上的摩擦力 (N)；

F_t ——支架位移反弹力 (N)；

μ ——摩擦系数，可按本规范第 3.3.6 条取值；

G ——作用在管道支架结构上的管道自重标准值 (N)，应按本规范第 3.2.3 条取值；

EI_x 、 EI_y ——分别为支架柱对于 x 、 y 两主轴的截面刚度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$)，对钢筋混凝土柱分别取 $0.85E_c I_x$ 、 $0.85E_c I_y$ ， E 为支架柱材料的弹性模量 (N/mm^2)， E_c 为混凝土的弹性模量；

H ——支架高度(热力管道管托底面至支架基础顶面)(mm)；

Δ_x 、 Δ_y ——分别为管道在支架处沿支架柱截面 x 、 y 两主轴方向的位移值 (mm)，应根据管网的布置及运行条件确定。

附录 E 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

E. 0.1 受弯、大偏心受拉（压）构件的最大裂缝宽度，可按下列公式计算：

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

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

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 $\psi > 1.0$ 时，应取 1.0；

σ_{sk} ——按标准组合作用计算的截面纵向受拉钢筋应力（N/mm²）；

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（mm）， h 为截面计算高度（mm）； 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；

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

$$\text{大偏心受拉构件可取 } \alpha_1 = 0.28 \left[\frac{1}{1 + \frac{2e_0}{h_0}} \right];$$

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/mm^2)；

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

$$\text{取 } \alpha_2 = 1 + 0.35 \frac{h_0}{e_0};$$

e_0 ——纵向力对截面重心的偏心距 (mm)。

E. 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_{sk} ，可按下列公式计算：

1 受弯构件的纵向受拉钢筋应力：

$$\sigma_{sk} = \frac{M_k}{0.87A_s h_0} \quad (\text{E. 0. 2-1})$$

式中 M_k ——在标准组合作用下，计算截面处的弯矩 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；

h_0 ——计算截面的有效高度 (mm)。

2 大偏心受压构件的纵向受拉钢筋应力：

$$\sigma_{sk} = \frac{M_k - 0.35N_k(h_0 - 0.3e_0)}{0.87A_s h_0} \quad (\text{E. 0. 2-2})$$

式中 N_k ——在标准组合作用下，计算截面上的纵向力 (N)。

3 大偏心受拉构件的纵向钢筋应力：

$$\sigma_{sk} = \frac{M_k + 0.5N_k(h_0 - a')}{A_s(h_0 - a')} \quad (\text{E. 0. 2-3})$$

式中 a' ——位于偏心力一侧的钢筋合力点至截面近侧边缘的距离 (mm)。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规范中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国行业标准

城镇供热管网结构设计规范

CJJ 105 – 2005

条 文 说 明

前 言

《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105 - 2005 经建设部 2005 年 9 月 16 日以建设部第 367 号公告批准、发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《城镇供热管网结构设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，供使用者参考。在使用中如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄北京市煤气热力工程设计院有限公司（地址：北京市西单北大街小酱坊胡同甲 40 号；邮政编码：100032）。

目 次

1 总则.....	48
2 材料.....	50
3 结构上的作用.....	53
4 基本设计规定.....	56
5 静力计算.....	61
6 构造要求.....	62
附录 A 管沟及检查室结构受热温度计算方法	65

1 总 则

1.0.2 城镇供热管网主要有三种敷设方式，即地下管沟敷设、直埋敷设及架空敷设。

地下管沟敷设根据施工方法可分为明挖及暗挖两大类，其中明挖施工主要有放坡开挖及采用护壁桩、地下连续墙或喷锚支护等护壁施工方式，暗挖施工目前主要有矿山法、顶进法等。

对暗挖施工的管沟及检查室结构，应根据结构或构件类型、使用条件及荷载特性，结合施工条件等，选用与其特点相近的结构设计规范和设计方法，并参照本规范进行设计。

热力管道架空支架可采用的结构形式较多，其中独立式支架是应用最为广泛的基本结构形式，本规范仅针对独立式支架提出了要求。为了加大管架间距，架空管道支架还可采用组合式跨越结构，如纵梁式、桁架式、悬索式、吊索式、悬臂式等，其结构设计应根据其结构类型、使用条件及受力特点进行结构分析与设计，并应符合现行有关标准的规定。

按本规范设计时，有关构件截面计算和地基基础设计等，应符合现行有关标准的规定；对于穿（跨）越河流、铁路的供热管网结构设计及兴建在地震区、湿陷性黄土或膨胀土等地区的供热管网结构设计，尚应符合现行有关标准的规定。

1.0.3 行业标准《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81对直埋管道固定墩结构设计作出了具体规定，但对检查室结构设计未提出要求。考虑到直埋管道检查室在固定支架水平推力作用下允许出现一定量的位移，以获得迎面被动土压力，提高结构抗倾覆、抗滑移稳定的能力，故本规范提出设有固定支架的直埋管道检查室，其结构抗倾覆、抗滑移稳定验算应符合现行行业标准《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81中固

定墩结构设计的有关规定，检查室结构设计的其他内容可参照本规范执行，但应考虑上述稳定验算所采用的迎面被动土压力对结构的作用。

2 材 料

2.0.2 混凝土的最低强度等级要求，主要是根据供热管网结构的一般环境条件、现行有关标准的规定及工程实践提出的。

1 管沟及检查室结构，考虑到供热管网工程冬季供热的特点，且结构埋设于地下，即使是在严寒地区，通常情况下不需要考虑结构混凝土的冻融问题。

2 兴建在寒冷或严寒地区的架空管道支架，支架结构混凝土需要满足抗冻要求。

2.0.4~2.0.5 结构混凝土的抗渗及抗冻要求，主要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 50069 - 2002 和行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 - 2000 的有关规定提出的。

2.0.6~2.0.7 根据工程调查，热力管沟及检查室的钢筋混凝土构件内表面主筋出现锈蚀、保护层混凝土崩落的情况较多，尤以蒸汽管网管沟盖板下表面为甚。主要原因是结构所处环境温度及湿度较高，结构设计对混凝土强度等级、材料耐久性、构件裂缝宽度控制及保护层厚度等要求偏低。为此，本规范对材料、温度作用、构件裂缝宽度控制、混凝土保护层厚度等分别作出了明确的要求，以确保结构的耐久性。本条文对混凝土中的碱含量及氯离子含量提出了具体限值要求。

目前，供热管网大量采用不锈钢材质的补偿设备，根据工程调查的情况，外部氯离子腐蚀是设备破坏的主要原因之一。适当控制管沟及检查室结构混凝土中的最大氯离子含量，减少氯离子的析出，有利于减轻其对设备的侵蚀。

混凝土中碱含量的计算方法参见《混凝土碱含量限值标准》CECS53 的规定；结构混凝土中的最大氯离子含量系指其占水泥

用量的百分率。

2.0.8 热力管沟从结构类型、荷载特性及受热环境条件等方面与地下烟道比较接近。本条主要是参照现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051-2002 中的有关规定提出的,该规范给出了不同强度等级的混凝土在不同受热温度作用下的轴心抗压、轴心抗拉强度标准值及混凝土在温度作用下的材料分项系数。

为便于使用,本条对混凝土受热时的设计强度采用折减系数的方法确定,其基本值按《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 采用。折减系数值是通过《烟囱设计规范》所给出的混凝土在温度作用下的强度标准值及材料分项系数(取值为 1.4)进行推导后得出的。同时,考虑到供热管网在运行状态下,沟内空气温度一般在 40~80℃之间,且结构混凝土受热温度低于沟内空气温度,故本条仅给出了混凝土受热温度在 20~100℃时的折减系数,满足设计需要。

按《烟囱设计规范》及本规范采用的受热混凝土设计强度值数据对比见表 2.0.8-1 及表 2.0.8-2。

从表中数据对比结果看,最大相差约 2.7%。

本条中提出的混凝土受热时的弹性模量折减系数,直接按《烟囱设计规范》采用。

表 2.0.8-1 按《烟囱设计规范》采用的受热混凝土设计强度值 (MPa)

受热温度	60℃				100℃			
混凝土强度等级	C20	C25	C30	C40	C20	C25	C30	C40
轴心抗压	8.07	10.14	11.86	15.85	7.64	9.57	11.14	14.93
轴心抗拉	0.89	1.01	1.12	1.33	0.77	0.88	0.98	1.16

表 2.0.8-2 按本规范采用的受热混凝土设计强度值 (MPa)

受热温度	60℃				100℃			
混凝土强度等级	C20	C25	C30	C40	C20	C25	C30	C40
轴心抗压	8.16	10.12	12.16	16.24	7.68	9.52	11.44	15.28
轴心抗拉	0.88	1.02	1.14	1.37	0.77	0.89	1.00	1.20

2.0.10 位于地下水位以下的砌体结构管沟及检查室，根据以往工程实践，其防水问题难以解决，本规范不推荐采用。

2.0.11 本条主要是根据《砌体结构设计规范》GB 50003 - 2001 的有关规定提出的。

3 结构上的作用

3.2 永久作用标准值

3.2.2 本条是依据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332-2002 提出的。

3.2.3 管道失跨，主要是考虑受管道支架顶面高程施工误差、管道与设备安装误差、不同支架间的地基沉降差及管道在运行时局部可能出现的竖向位移等因素的影响，同时管道自身具有一定的刚度，某些支架将不能充分发挥其支承作用甚至会退出工作。与其相邻的支架，实际承受的管道与设备自重作用值会大于按支架跨距分配的理论计算值。

管道失跨发生的位置是随机性的，支架设计时难以准确判断，故需要在结构设计时对每个支架结构均计入管道失跨的影响。在以往实际工程中，管道失跨系数一般取为 $\lambda=1.5$ ，当有可靠工程经验时可适当减小。

3.3 可变作用标准值及准永久值系数

3.3.1~3.3.3 本条是依据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332-2002 提出的。

管沟及检查室结构上可能出现的地面可变荷载包括地面车辆荷载、地面堆积荷载及人群荷载。现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332-2002 规定地面堆积荷载标准值可取 10kN/m^2 、人群荷载可取 4kN/m^2 。正常情况下，地面车辆荷载与地面堆积荷载或人群荷载不同时出现，地面堆积荷载与人群荷载大面积同时出现的可能性也很小，故本条仅要求考虑地面车辆荷载与地面堆积荷载影响，同时在本规范第 4.2.5 条中规定，上述两项荷载不应同时计算，应根据不利设计条件计入其中

3.3.4~3.3.6 固定支架的水平推力、导向支架的水平推力及活动支架处的管道位移，在管网运行中，其实际作用值的大小会随着运行工况的变化而出现变化。如在采暖季以采暖热负荷为主、非采暖季以热水供应或制冷热负荷为主的管网，其运行工况在采暖季与非采暖季会有很大变化，固定支架的水平推力、导向支架的水平推力及管道位移将有明显差异；即使同在采暖季或非采暖季，供热介质参数的调整也会对其产生影响。因此将其列为可变作用比较适宜。

本条规定上述几种作用的准永久值系数均可取 1.0，主要是基于下列情况：

1 作为管沟及检查室结构内支架结构上的惟一水平作用及架空管道支架结构上的主要水平作用，上述几种作用在管网运行中是始终存在的；

2 对于热水管网，供热介质参数的调整对上述几种作用的影响程度与管网的运行调节方式有关，当采用某一特定的运行调节方式时，有可能出现管网长时间在不利工况下运行，从而使支架结构在相应的时间内所承受的作用接近或达到其标准值；

3 以工业用汽负荷为主的蒸汽管网有可能按设计热负荷常年基本稳定运行。

钢沿钢滑动摩擦系数的取值，有关规范多采用 0.3，第 3.3.6 条提出的摩擦系数值，主要依据是北京市煤气热力工程设计院的有关实验资料，该实验模拟了滑动支座的几种常见工作条件，如未加工的平钢板、滑动面上有焊渣、钢板外露面上涂樟丹等。实验结果见表 3.3.6。

根据实验结果，本条对摩擦系数的高限稍偏大取值为 0.35。

刚性支架、柔性支架在管道位移的约束影响下，沿支架柱截面两个主轴方向分别同时发生水平位移时，具有斜弯曲变形特征。本条及附录 D 均是根据斜弯曲问题的力学方法提出的。

表 3.3.6 钢沿钢滑动摩擦系数实测值

条件	件号	摩擦系数值			条件	件号	摩擦系数值		
		实测值	平均值	最大值			实测值	平均值	最大值
未加工的平钢板	1	0.266	0.266	0.266	有焊渣	6	0.308	0.315	0.323
	2	0.294	0.304	0.308					
		0.308							
		0.308							
	3	0.277	0.265	0.277	涂樟丹	7	0.308	0.315	0.323
		0.252							
		0.266							
	有焊渣	4	0.294	0.301		0.308	8	0.238	0.245
0.308									
0.301									
5		0.308	0.331	0.344		9		0.238	
		0.337							
		0.344							
		0.337							

3.3.9 混凝土结构管沟及检查室，多为超静定结构，壁面温差作用会在结构内引起内力及变形。根据实际工程的计算，其作用效应通常比较明显，应计入在管网运行阶段其对结构的作用。

由于结构周围土壤的保温作用，结构壁面温差在管网运行期间，具有一定的稳定性。其对混凝土结构的作用，在管网运行期间是始终存在的。故本条规定其准永久值系数可取 1.0。

3.3.11~3.3.12 本条是依据现行国家标准《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069-2002 提出的。

4 基本设计规定

4.1 一般规定

4.1.1 对结构抗倾覆、抗滑移及抗漂浮稳定验算,本规范规定均采用含设计稳定性抗力系数(K_s)的设计表达式进行设计,与《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2002及《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069-2002相协调。

4.1.3~4.1.5 本条规定当结构位于地下水位以下时,对需揭开盖板进行管道检修的管沟及检查室,尚应进行管道检修阶段的结构抗浮稳定验算,主要是针对常规的管道检修受环境条件限制,往往难以实施有效降水的情况提出的。但为了满足检修需要,本规范在第4.2.5条规定其地下水位不应高于侧墙顶端。

根据《城市热力网设计规范》CJJ 34-2002的规定,计算固定支架的水平推力时,应考虑升温或降温,选择最不利的工况和最大温差进行计算。固定支架的水平推力值应包括下列三部分:

1 管道热胀冷缩受约束产生的作用力,对架空敷设、管沟敷设管道,系指活动支座摩擦力在管道中产生的轴向力;

2 内压产生的不平衡力,即固定支架两侧管道横截面不对称在内压作用下产生的不平衡力;

3 活动端位移产生的作用力,如补偿器弹性力等。

管道的试压压力均高于管道运行设计工作压力,同时介质温度远远低于管道运行阶段,根据以往实际工程情况,对于以承受管道内压产生的不平衡力为主的固定支架,在试压工况条件下上述三项作用力合成后的水平推力值可能会高于管道运行阶段。目前对于此类固定支架在管道试压阶段的结构处理主要有两种方法:其一,固定支架设计仅考虑管道运行阶段水平推力,管道试压时,对固定支架进行临时加固;其二,固定支架设计按管道试

压、运行两个阶段分别进行结构及结构构件的承载力计算。此类固定支架的水平推力值往往很大，且对支架的临时加固应在永久结构已经完成、管道及设备安装完毕后进行，加固工作具有一定的难度，并需占用一定的工期，同时根据以往实际工程情况，采用临时加固的方法所耗费的材料量也较大，本规范不建议采用。故本条提出应按管道试压、运行两个阶段分别进行支架结构及结构构件的承载力计算。

蒸汽管道的固定支架及活动支架，因采用充水试压，在试压阶段其管道及设备自重标准值将明显大于管道运行阶段，应按管道试压、运行两个阶段分别进行支架结构及结构构件的承载力计算。

4.1.8 铰接支架系指支架柱脚沿纵向采用完全铰接构造，支架顶端沿纵向位移与管道位移相等，支架的位移反弹力为零；半铰接支架系指支架柱脚沿纵向采用不完全铰接（半铰接）构造，支架顶端沿纵向位移与管道位移相等，支架的位移反弹力可忽略不计。供热管网运行温度较高，管道热膨胀位移值较大，最大位移值往往会达到数百毫米。采用铰接支架或半铰接支架，管道位移后支架的倾斜度较大，视觉明显，易给人以误解或不安全感，本规范不建议采用。

4.2 承载能力极限状态计算规定

4.2.1 结构重要性系数 γ_0 的确定主要基于以下两个方面：首先，城镇供热管网工程结构破坏可能产生严重后果，如导致管道破坏，高温热水或蒸汽喷泻造成人身伤亡事故，停热造成较大社会影响等，根据《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153-92，将其安全等级确定为二级比较适宜；其次，考虑到以往实际工程结构设计能很好的满足安全使用要求，结构重要性系数 γ_0 按不小于 1.0 取值，可保证不低于原安全度水准。

4.2.2~4.2.4 供热管网结构的结构类型、荷载特性等均更接近于给水排水结构，故本条的制定主要依据《给水排水工程构筑物

结构设计规范》GB 50069 - 2002。考虑到对不同的结构构件，其起控制作用的可变作用往往会不尽相同，为便于设计人使用，作用效应基本组合的设计值采用了简化计算公式，其结构安全度水准等同于《给水排水工程构筑物结构设计规范》。

对于固定支架的水平推力、导向支架的水平推力及管道位移在活动支架结构上产生的水平作用，因缺乏足够的实测数据，难以对其建立随机过程概率模型进行分析与描述。考虑到以往实际工程的支架结构设计能很好的满足安全使用要求，其荷载分项系数主要通过工程校准，维持原安全度水准确定。

本条规定可变作用的分项系数均应取 1.4，组合系数可取 0.9。对于钢筋混凝土结构管道支架，其工程校准过程可参见现行国家标准《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 - 2002 有关条文说明。下面对钢结构管道支架，以受弯构件为例进行校准验算。

按原《钢结构设计规范》TJ 17 - 74 进行计算可得：

$$\frac{M}{W} = [\sigma] = 1700 \text{ kg/cm}^2 = 170 \text{ N/mm}^2 \quad (4.2.4-1)$$

按《钢结构设计规范》GB 50017 - 2003 计算可得：

$$\frac{\gamma_G M_{Gk} + \gamma_Q \psi_c M_{Qk}}{W} = f = 215 \text{ N/mm}^2 \quad (4.2.4-2)$$

$$\text{因} \quad M = M_{Gk} + M_{Qk} \quad (4.2.4-3)$$

$$\psi_c = 0.9$$

$$\text{可得：} \quad \frac{\gamma_G M_{Gk} + 0.9 \gamma_Q M_{Qk}}{M_{Gk} + M_{Qk}} = \frac{215}{170} = 1.27 \quad (4.2.4-4)$$

作用在支架上的永久作用有热力管道及设备自重、支架结构自重，其中支架结构自重一般情况下远远小于热力管道及设备自重，实际工程中通常可忽略不计，取 $\gamma_G = 1.27$ ，代入式 4.2.4-4 可得：

$$0.9 \gamma_Q = 1.27$$

$$\gamma_Q \approx 1.4$$

4.2.6 设计稳定性抗力系数 (K_s) 取值, 主要是根据以往实际工程经验提出的, 并与《建筑地基基础设计规范》GB 50007 - 2002 及《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 - 2002 相协调。

需要揭开盖板进行管网检修的情况不多, 且时间较短, 故本条提出抗漂浮稳定验算的设计稳定性抗力系数 (K_s) 为 1.05, 略小于管网运行阶段的设计稳定性抗力系数。

4.2.7~4.2.8 管网采用管沟敷设时, 管沟及检查室结构承受水平推力时的抗滑移、抗倾覆稳定验算, 其抗力不包括迎面被动土压力。迎面被动土压力的产生以结构沿推力方向出现较大位移从而引起足够的土的压缩变形为前提, 而设有固定支架的管沟或检查室结构, 显然是不允许与相邻结构之间出现较大的相对位移的。

表 4.2.7-1、表 4.2.7-2 是分别根据《建筑地基基础设计规范》GB 50007 - 2002、《砌体结构设计规范》GB 50003 - 2001 给出的。

4.3 正常使用极限状态验算规定

4.3.1~4.3.2 结构穿越铁路及主要道路时, 往往需遵照相关标准要求对结构进行变形验算。现行行业标准《铁路桥涵设计基本规范》TB 10002.1 - 1999 等铁路桥涵设计系列规范及《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 - 2004 等公路桥涵设计系列规范, 分别对穿越铁路、公路的结构变形验算及变形限值等作出了具体规定, 结构设计应遵照执行。

4.3.3 本条对构件的裂缝宽度控制提出了明确的要求, 以确保结构的耐久性。相关说明见本规范第 2.0.6~2.0.7 条条文说明。

4.3.6 本条主要是根据《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 - 2002 提出的。该规范对于计算截面处于受弯或大偏心受拉 (压) 的钢筋混凝土结构构件的最大裂缝宽度计算, 沿用了《给水排水工程结构设计规范》GBJ 69 - 84 的计算模式。该

计算模式经过 20 年来在给水处理工程实践中应用，情况良好。考虑到供热管网结构从结构类型、荷载特性、环境条件及裂缝控制等级等方面均更接近于给水排水结构，因此采用该计算模式是比较适宜的。

在供热管网工程中，很多结构构件的受力条件以可变作用为主，如管道支架结构以管道水平作用为主、位于城市主干道下且覆土深度很小的管沟或检查室盖板以地面车辆荷载为主。对此本条提出，结构构件的最大裂缝宽度按作用效应的标准组合进行计算，可保证计算结果与《给水排水工程结构设计规范》GBJ 69 - 84 基本一致。

4.3.7 设有固定支架的管沟或检查室，当固定支架的水平推力较大时，往往会出现管沟或检查室结构全截面受拉（轴心受拉或小偏心受拉）的情况，此时应进行结构的抗裂验算。本条是依据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 - 2002 提出的。

5 静 力 计 算

5.1 管沟及检查室

5.1.1~5.1.6 本条主要是根据以往实际工程经验提出的，并与有关的现行标准相协调。

钢筋混凝土槽形管沟系指采用现浇钢筋混凝土侧墙、底板及预制装配式钢筋混凝土盖板的矩形管沟。

表 5.1.6 是根据北京市煤气热力工程设计院的已有计算成果，已在大量工程中采用。

5.2 架空管道支架

5.2.2~5.2.3 本条给出的柱计算高度要求、钢筋混凝土结构支架柱允许长细比及最小截面尺寸要求，主要是综合《冶金工业管道支架设计规程》YS 13-77、《化工厂管架设计规定》HGJ 22-89、《钢结构设计规范》GB 50017-2003 等有关标准、资料后提出的，并已在以往实际工程中采用。

6 构造要求

6.0.1 采用管沟敷设的热力管道，其保温层往往不具有防水性能，在浸水或高湿环境下，保温性能将明显下降，同时也会引起管道锈蚀，影响管网的正常运行。管沟及检查室的防水应予以足够重视。

6.0.2~6.0.4 热力管沟在管网升温运行阶段，会产生一定的热膨胀；在管网检修期间，沟内温度显著下降，结构将发生冷缩，结构在冷缩过程中将受到周围土体约束，造成管沟结构沿纵向受拉。伸缩缝间距越大，其最不利截面上的拉力值也随之增加，直至开裂。

考虑到钢筋混凝土结构管沟需要有较高的结构自防水性能，在管网检修期间，针对结构因冷缩受到纵向拉力，管沟截面应按不允许裂缝出现控制。

下面以某一具体的整体现浇通行管沟为例，作近似的理论验算。

管沟覆土厚度 6m、净空尺寸 $3.6\text{m} \times 1.8\text{m}$ 、结构壁厚 0.35m，伸缩缝间距为 25m，最大拉应力出现在该沟段中间部位，其截面上的拉力为单侧 12.5m 长范围内土对结构表面的摩阻力之和。管网检修与管网运行两个阶段的结构平均受热温度的差值按 40°C 计，该沟段沿管沟长度方向各点的收缩位移量呈三角形分布，端部的位移量最大，该点的位移量约为：

$$12500 \times 40 \times 1 \times 10^{-5} = 5\text{mm}$$

根据华南工学院、南京工学院等院校编写的《地基及基础》，相应于土对结构表面的摩阻力达到极限值所需的位移量约为 4~10mm（黏性土约为 4~6mm；砂土约为 6~10mm）。偏于安全并为简化计算取其为 5mm，则结构外表面与土的摩阻力在该沟

段 12.5m 长范围内沿管沟长度方向可假定为三角形分布，端部摩阻力最大。按本规范第 3.2.2 条确定结构上的竖向土压力及侧向土压力，土对管沟底板的摩擦系数取 0.5、对侧墙及盖板的摩擦系数取 0.3，计算其端部每米管沟上的最大摩阻力标准值：

管沟盖板上的竖向土压力标准值

$$1.2 \times 18 \times 4.3 \times 6 = 557.3 \text{ kN/m}$$

管沟侧墙上的侧向土压力标准值

$$\frac{1}{3} \times 18 \times \frac{6 \times 2 + 2.5}{2} \times 2 \times 2.5 = 217.5 \text{ kN/m}$$

管沟自重标准值

$$(4.3 \times 2.5 - 3.6 \times 1.8) \times 25 = 134.4 \text{ kN/m}$$

土对管沟底板的摩擦力标准值

$$(557.3 + 134.4) \times 0.5 = 345.8 \text{ kN/m}$$

土对管沟侧墙及盖板的摩擦力标准值

$$(557.3 + 217.5) \times 0.3 = 232.4 \text{ kN/m}$$

土对管沟端部的最大摩阻力标准值

$$345.8 + 232.4 = 578.2 \text{ kN/m}$$

最大拉应力截面上的轴向拉力标准值

$$N_k = \frac{1}{2} \times 578.2 \times 12.5 = 3614 \text{ kN}$$

混凝土按最低强度等级要求取 C25，按本规范第 4.3.7 条进行混凝土抗裂验算：

$$\begin{aligned} \frac{N_k}{A_0} &= \frac{3614 \times 10^3}{4300 \times 2500 - 3600 \times 1800} \\ &= 0.85 \text{ N/mm}^2 < \alpha_{ct} f_{tk} = 0.87 \times 1.78 \\ &= 1.55 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

根据验算结果，对钢筋混凝土结构管沟，当伸缩缝间距不大于 25m 时，在一般覆土条件下能够满足混凝土抗裂要求。

自 20 世纪 80 年代初期以来，北京市的供热管网工程中对钢筋混凝土结构管沟的伸缩缝间距大多按不大于 25m 采用，从工程调查情况看，尚未发现结构出现沿全截面的贯通裂缝。

在管网升温运行时，钢筋混凝土结构管沟的伸缩缝间距不大于 25m、伸缩缝宽度为 30mm，能够满足结构膨胀量的要求，且尚有较大余量。

对于砌体结构管沟，本条提出其间距不宜大于 40m，主要是基于以下几点：

1 根据工程调查，砌体结构管沟在管网检修揭开盖板时，通常会在砖墙上出现垂直的通长裂缝，墙体顶部裂缝宽度较底部略大，裂缝间距约在 10m 左右。同时，钢筋混凝土现浇底板也会出现横向通长裂缝，但与侧墙相比，其间距要大一些。

要从根本上解决这一问题，主要有两种处理方式：其一是将伸缩缝间距调整到 10m 左右；其二是在砖墙顶端设置钢筋混凝土压梁同时采用适当的伸缩缝间距。但两种处理方式均存在增加施工难度、提高工程造价等问题，难以在规范中规定采用。

2 位于地下水位以下的砌体结构管沟，因防水问题难以解决，本规范限制采用。位于地下水位以上的砌体结构管沟，即使因管网检修造成结构冷缩开裂，出现少量渗漏，一般可以通过定期的机械排水解决（热力管沟及检查室内均有不小于 2‰的纵向排水坡度坡向集水坑，集水坑上方设有人孔，具备集中排水条件）。而且在管网检修完毕重新恢复运行后，结构受热膨胀，裂缝会存在弥合的可能，对结构的正常使用影响不大。

伸缩缝间距不大于 40m，伸缩缝宽度采用 30mm，可确保在管道升温运行时管沟膨胀量能满足伸缩缝宽度条件。

6.0.6 本条对结构的混凝土保护层厚度提出了具体要求，相关说明见本规范第 2.0.6～2.0.7 条条文说明。

6.0.8 热力管沟在管道检修期间，结构将发生冷缩受拉。现浇钢筋混凝土构件的纵向构造钢筋除应满足一般构造要求外，尚应起到一定的抵抗温度收缩应力的作用，减少现浇混凝土因温度收缩而开裂的可能性。本条与现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002、《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332-2002 的有关规定相协调。

附录 A 管沟及检查室结构受热温度计算方法

A.0.1 管沟内空气温度的具体取值,应根据管网布置、供热介质温度、管道保温设计及管道与衬砌内壁的距离等因素计算确定。

A.0.3 由于热力管沟断面一般为矩形,并且断面外轮廓的宽和高比衬砌厚度大得多,采用平壁法计算温度,计算结果能够满足工程精度要求。

平壁法的温度计算公式是根据热量平衡条件,在下列假设下推导出来的:热流传递稳定不随时间变化;管沟内空气的温度及热流大小保持恒定;材料为匀质体,且四周为无限长的平面墙壁(平壁)。

A.0.4 鉴于热力管沟内的空气温度一般不超过 80°C ,且流动性很小,因此衬砌内表面的放热系数取 $12\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

A.0.5 导热系数代表材料传递热量的能力,是建筑材料的热物理特性指标之一,单位是瓦(特)每平方米(摄氏)度 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})]$ 。导热系数的离散性较大,除与材料的重力密度、温度有关外,还与湿度有关。材料重力密度小,其导热系数小。材料受热温度高,导热系数增大。由于管沟温度一般不高,温度对导热系数的影响可以忽略。材料湿度大,其导热系数就愈大。由于管沟位于地下,致使材料均有一定湿度,所以应根据经验考虑湿度对导热系数的影响。

表 A.0.5 中的数据主要是参照《烟囱设计规范》GB 50051-2002 及 1994 年中国建筑工业出版社出版的《新型建筑材料施工手册》和 1991 年中国建筑工业出版社出版的《建筑材料手册》给出的。

A.0.6 管沟顶板、侧墙及底板计算土层厚度的确定直接采用了

《烟囱设计规范》GB 50051-2002 的规定。

在本规范编制过程中采用 ANSYS 程序对管沟的温度场进行了二维数值模拟，在底板的计算土层厚度取值上得到的结果与《烟囱设计规范》有一定出入。但本规范编制在这方面的研究工作尚不充分，并且缺乏实测资料的支持，因此本规范直接采用了《烟囱设计规范》的有关规定。该问题在有条件时宜进行进一步研究。