

UDC

中华人民共和国行业标准



CJJ 224 - 2014

P

备案号 J 1922 - 2014

---

# 城镇给水预应力钢筒混凝土管 管道工程技术规程

Technical specification for prestressed concrete cylinder  
pipeline of city water supply engineering

2014 - 11 - 05 发布

2015 - 06 - 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

城镇给水预应力钢筒混凝土管  
管道工程技术规程

Technical specification for prestressed concrete cylinder  
pipeline of city water supply engineering

**CJJ 224 - 2014**

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部  
施行日期：2 0 1 5 年 6 月 1 日

中国建筑工业出版社

2014 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 620 号

---

## 住房城乡建设部关于发布行业标准《城镇给水 预应力钢筒混凝土管管道工程技术规程》的公告

现批准《城镇给水预应力钢筒混凝土管管道工程技术规程》为行业标准，编号为 CJJ 224 - 2014，自 2015 年 6 月 1 日起实施。其中，第 3.1.3、3.4.8、5.3.5、5.3.6、7.1.1、8.1.1、9.0.2 条为强制性条文，必须严格执行。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 11 月 5 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2009〕88号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,并在广泛征求意见基础上,编制本规程。

本规程的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.材料;4.水力计算;5.结构设计;6.构造;7.管道施工;8.管道功能性试验;9.工程验收。

本规程中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规程由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国市政工程华北设计研究总院负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议,请寄中国市政工程华北设计研究总院(地址:天津市河西区气象台路99号,邮政编码:300074)。

本规程主编单位:中国市政工程华北设计研究总院

本规程参编单位:北京市政工程设计研究总院

新疆国统管道股份有限公司

山东电力管道工程公司

天津万联管道工程有限公司

山东龙泉管道工程股份有限公司

无锡华毅管道有限公司

天津市管道工程集团有限公司

天津市华水自来水建设有限公司

沛县防腐保温工程总公司

本规程主要起草人员:陈湧城 郭晓光 程 渡 李世龙

刘秉武	朱开东	吴凡松	李成江	
程子悦	梁坚印	徐扬纲	吴悦人	
王相民	张 亮	王 娜	刘津祥	
王向会	毕士君	刘长杰	徐永平	
王学海	李文秋	李金国	代春生	
徐笃军	陶哲峰	朱 满	姬传领	
张维明	何 涛			
本规程主要审查人员：	范民权	厉彦松	沈大年	曹生龙
	焦永达	郭天木	王长祥	史志利
	杜玉柱	吴换营	刘江宁	

# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符号 .....	3
3	材料 .....	6
3.1	混凝土和砂浆 .....	6
3.2	预应力钢丝 .....	7
3.3	钢板 .....	7
3.4	接口密封材料 .....	7
4	水力计算 .....	9
5	结构设计 .....	10
5.1	一般规定 .....	10
5.2	管道结构上的作用 .....	12
5.3	承载能力极限状态计算规定 .....	14
5.4	正常使用极限状态验算规定 .....	18
6	构造 .....	22
6.1	标准管 .....	22
6.2	配件和异形管 .....	22
6.3	管道基础 .....	24
6.4	沟槽与回填土 .....	24
6.5	管道连接 .....	26
6.6	管道防腐 .....	27
6.7	隧道内设置管道 .....	27
7	管道施工 .....	28
7.1	一般规定 .....	28

7.2	施工降排水	28
7.3	沟槽开挖	29
7.4	沟槽支护	31
7.5	基础施工	33
7.6	管道安装	34
7.7	井室和支墩	36
7.8	沟槽回填	37
8	管道功能性试验	40
8.1	一般规定	40
8.2	接口单口水压试验	40
8.3	管道分段水压试验	41
8.4	给水管道冲洗与消毒	44
9	工程验收	45
附录 A	管顶竖向土压力标准值	47
附录 B	侧向土压力标准值	48
附录 C	预应力张拉工艺的预应力损失	49
附录 D	地面车辆荷载对管道的作用标准值	51
附录 E	预应力钢筒混凝土管弹性抵抗矩	54
附录 F	圆形刚性管道在荷载作用下的弯矩系数	58
附录 G	管道支墩和限制接头推力标准值及抗推力标准值	59
	本规程用词说明	62
	引用标准名录	63
	附：条文说明	65

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms and Symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols .....	3
3	Materials .....	6
3.1	Concrete and Mortar .....	6
3.2	Prestressed Steel Wire .....	7
3.3	Steel Plate .....	7
3.4	Connection Materials .....	7
4	Hydraulic Calculation .....	9
5	Structural Design .....	10
5.1	General Requirements .....	10
5.2	Actions on the Pipe Structure .....	12
5.3	Calculation Requirements of Ultimate Limit States .....	14
5.4	Checking Calculation Requirements of Serviceability Limit States .....	18
6	Detailing Requirements .....	22
6.1	Standard Pipe .....	22
6.2	Fittings and Special Pipe .....	22
6.3	Pipe Foundation .....	24
6.4	Trench and Backfill .....	24
6.5	Pipe Connection .....	26
6.6	Anticorrosion Measures of Pipe Structure .....	27
6.7	Pipe Laying in Tunnel .....	27
7	Construction and Installation .....	28

7.1	General Requirements .....	28
7.2	Construction Drainage .....	28
7.3	Trench Excavation .....	29
7.4	Trench Timbering .....	31
7.5	Foundation Construction .....	33
7.6	Pipe Installation .....	34
7.7	Chamber and Thrust Block .....	36
7.8	Trench Backfill .....	37
8	Pipeline Functional Test .....	40
8.1	General Requirements .....	40
8.2	Interface Single Water Pressure Test .....	40
8.3	Pipeline Sectional Water Pressure Test .....	41
8.4	Washing and Disinfection of Pipeline .....	44
9	Project Acceptance .....	45
Appendix A	Characteristic Value of Vertical Earth Pressure above top of the Pipe .....	47
Appendix B	Characteristic Value of Lateral Earth Pressure .....	48
Appendix C	Prestress Loss of Prestressed Tensioning Process .....	49
Appendix D	Characteristic Value of Vehicular Load on the Pipeline .....	51
Appendix E	Reduced Coefficient of Elastic Sectional Resistance Moment of Prestressed Concrete Cylinder Pipe .....	54
Appendix F	Moments Coefficient of the Loads on Round Rigid Pipeline .....	58
Appendix G	Characteristic Value of Thrust Force and Antithrust Force on the Buttress and Restrained Joint .....	59

Explanation of Wording in This Specification .....	62
List of Quoted Standards .....	63
Addition; Explanation of Provisions .....	65

# 1 总 则

**1.0.1** 为使采用预应力钢筒混凝土管的给水管道工程在设计、施工及验收中，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于新建、扩建和改建的城镇给水预应力钢筒混凝土管管道工程的设计、施工及验收。

**1.0.3** 预应力钢筒混凝土管的规格、制管工艺、产品质量、运输和保管应符合现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685 的有关规定。

**1.0.4** 城镇给水预应力钢筒混凝土管管道工程的设计、施工及验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 预应力钢筒混凝土管 prestressed concrete cylinder pipe

在带有钢筒的混凝土管芯外侧缠绕环向预应力钢丝并制作水泥砂浆保护层而制成的管子。包括内衬式预应力钢筒混凝土管和埋置式预应力钢筒混凝土管（简称 PCCP）。

#### 2.1.2 配件 fittings

以钢板作为主要结构材料并在钢板的内外侧包覆钢筋（丝）网、水泥砂浆或混凝土保护层的管件。

#### 2.1.3 异形管 special pipe

采用与预应力钢筒混凝土管相同工艺制造的非标准直管。

#### 2.1.4 合拢管 closed pipe

用于连接已铺设完成的管段，宜采用钢板、水泥砂浆（混凝土）的复合结构。

#### 2.1.5 限制接头 restrained joint

用机械连接或焊接连接在一起的相邻管道的接头。

#### 2.1.6 土弧基础 arc shaped soil bedding

用砂砾回填或原土开挖而形成的，用于支撑管道结构的弧形基础。由管底基础层和管下腋角两部分组成。

#### 2.1.7 混凝土基础 arc shaped concrete bedding

用混凝土浇筑而成用于支撑管道结构的弧形基础。

#### 2.1.8 基础支承角 bedding angle

基础与管道相接处的两顶点对应的管截面圆心角，用  $2\alpha$  表示。

#### 2.1.9 开槽施工 trench installation

从地表开挖沟槽，在沟槽内敷设管道的施工方法。

### 2.1.10 管道水压试验 water pressure test for pipeline

以水为介质，对已敷设的压力管道采用满水后加压的方法，来检验在规定的压力值时，管道是否发生结构破坏以及是否符合规定的允许渗水量（或允许压力降）标准的试验。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 管道上的作用和作用效应

$F_{cp,k}$  ——管侧主动土压力标准值；

$F_{fw,k}$  ——管道单位长度上浮托力标准值；

$F_k$  ——支墩或限制接头抗推力的合力标准值；

$F_{pk}$  ——管侧被动土压力标准值；

$F_{sv,k}$  ——管道单位长度上管顶竖向土压力标准值；

$F_{wl,k}$  ——管道的设计内水压力标准值；

$F_{wk}$  ——管道的工作压力标准值；

$F_{wp,k}$  ——推力标准值；

$M_{max}$  ——组合作用下管壁截面上的最大弯矩；

$N$  ——组合作用下管壁截面上的轴向力；

$Q_{v,k}$  ——地面车辆的单个轮压标准值；

$q_{mk}$  ——地面堆积荷载标准值；

$q_{vk}$  ——地面车辆轮压产生的管顶处单位面积竖向压力标准值。

### 2.2.2 材料指标

$E_c$  ——混凝土的弹性模量；

$E_m$  ——砂浆的弹性模量；

$E_s$  ——钢丝的弹性模量；

$f_{cu,k}$  ——混凝土的立方体抗压强度标准值；

$f_{mc,k}$  ——砂浆抗压强度标准值；

$f_{mt,k}$  ——砂浆抗拉强度标准值；

$f_{pk}$  ——预应力钢丝强度标准值；

$\epsilon_{mt}$  ——管体保护层砂浆相应于抗拉强度的应变变量。

### 2.2.3 应力

- $p$  ——支墩作用在地基土上的平均压力；  
 $\sigma_{\text{con}}$  ——预应力钢丝的张拉控制应力；  
 $\sigma_{\text{pe}}$  ——环向预应力钢丝的有效预加应力。

### 2.2.4 几何参数

- $A_n$  ——管壁截面（含钢丝、钢筒和砂浆保护层）的折算面积；  
 $A_p$  ——环向预应力钢丝截面面积；  
 $A_{\text{sc}}$  ——钢筒截面面积；  
 $a_i$  ——单个车轮着地分布长度；  
 $b_i$  ——单个车轮着地分布宽度；  
 $d_0$  ——预应力钢丝中心至管壁折算截面重心的距离；  
 $D_0$  ——管道公称直径；  
 $D_1$  ——管道外径；  
 $H_s$  ——管顶至设计地面的覆土高度。

### 2.2.5 计算系数

- $C_c$  ——埋地式竖向土压力系数；  
 $C_d$  ——开槽施工竖向土压力系数；  
 $\lambda_y$  ——综合调整系数；  
 $\gamma$  ——受拉区混凝土的塑性影响系数；  
 $K$  ——受拉区混凝土的影响系数。

### 2.2.6 工艺计算参数

- $C$  ——流速系数；  
 $h_j$  ——管道局部水头损失；  
 $h_y$  ——管道沿程水头损失；  
 $h_z$  ——管道总水头损失；  
 $n$  ——管道的粗糙系数；  
 $q_{\text{sh}}$  ——实测渗水量；  
 $q_{\text{yu}}$  ——允许渗水量；  
 $R$  ——水力半径 (m)；

- $v$ ——平均流速 (m/s);
- $y$ ——水力半径的计算指数;
- $\zeta$ ——管道局部水头阻力系数。

## 3 材 料

### 3.1 混凝土和砂浆

**3.1.1** 预应力钢筒混凝土管管芯混凝土强度等级不应低于 C40，配件混凝土强度等级不应低于 C30。混凝土的强度标准值、弹性模量等力学性能指标，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。

**3.1.2** 预应力钢筒混凝土管水泥砂浆保护层的抗压强度标准值不得低于 45MPa，配件内衬和外保护层水泥砂浆抗压强度标准值不得低于 30MPa。

**3.1.3** 预应力钢筒混凝土管水泥砂浆保护层吸水率试验数据的平均值不应超过 9%，单个值不应超过 11%。水泥砂浆保护层吸水率试验方法应符合现行国家标准《混凝土输水管试验方法》GB/T 15345 的有关规定。

**3.1.4** 预应力钢筒混凝土管混凝土配制前应进行碱集料反应试验，混凝土碱含量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。

**3.1.5** 制管水泥应采用硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥，水泥性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175、《抗硫酸盐硅酸盐水泥》GB 748 的有关规定，水泥强度等级不应低于 42.5。

**3.1.6** 制管混凝土和砂浆用砂质量应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的有关规定。

**3.1.7** 管芯混凝土的粗骨料应采用人工碎石或卵石，其质量应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的有关规定。

**3.1.8** 管芯混凝土配合比应符合现行行业标准《普通混凝土配

合比设计规程》JGJ 55 的有关规定。

**3.1.9** 管芯混凝土采用的外加剂性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的有关规定，并应根据现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 规定的试验方法确定外加剂的类型和掺量。

**3.1.10** 管芯混凝土中氯离子含量不得大于胶凝材料用量的 0.06%。

### **3.2 预应力钢丝**

**3.2.1** 预应力钢筒混凝土管的预应力钢丝应采用预应力混凝土用冷拉钢丝，其物理力学性能应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223 的有关规定。

**3.2.2** 预应力钢丝的强度标准值及弹性模量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。

### **3.3 钢 板**

**3.3.1** 钢筒和配件用钢板的物理力学性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧薄钢板和钢带》GB 912 和《碳素结构钢冷轧薄钢板及钢带》GB/T 11253 的有关规定。

**3.3.2** 钢筒和配件用钢板强度设计值和弹性模量应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

### **3.4 接口密封材料**

**3.4.1** 预应力钢筒混凝土管承插接口密封胶圈尺寸应符合现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685 的有关规定。

**3.4.2** 胶圈可采用合成橡胶或天然橡胶（聚异戊二烯橡胶）。胶圈的基本性能和质量要求应符合现行行业标准《预应力与自应力混凝土管用橡胶密封圈》JC/T 748 的有关规定。

**3.4.3** 胶圈可一次成型或拼接，拼接点不应超过 2 处，2 处拼

接点之间的距离不应小于 600mm。

**3.4.4** 胶圈拼接点应逐个检验，将胶圈拉长到原长的两倍并扭转 360°，胶圈拼接点无脱开或裂纹判定合格。

**3.4.5** 胶圈宜与管材配套供货。

**3.4.6** 管道接口缝隙可采用水泥砂浆或柔性材料填充。

**3.4.7** 润滑剂不得采用石油制品，不得对胶圈有腐蚀性，并应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的有关规定。

**3.4.8** 管道接口内缝隙的填充材料、胶圈、润滑剂及内壁防腐涂料卫生指标应符合国家现行有关卫生标准的规定。

## 4 水力计算

4.0.1 管道沿程水头损失宜按下式计算：

$$h_y = \frac{v^2}{C^2 R} \cdot l \quad (4.0.1)$$

式中： $h_y$ ——管道沿程水头损失 (m)；

$l$ ——管段长度 (m)；

$v$ ——平均流速 (m/s)；

$C$ ——流速系数；

$R$ ——水力半径 (m)。

4.0.2 管道水流流速系数宜按下式计算：

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

式中： $n$ ——管道的粗糙系数，可按 0.0110~0.0125 取值；

$y$ ——水力半径的计算指数，可采用巴甫洛夫或曼宁公式计算。

4.0.3 管道的局部水头损失宜按下式计算：

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

式中： $h_j$ ——管道局部水头损失 (m)；

$\zeta$ ——管道局部水头阻力系数；

$g$ ——重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)，可采用 9.8m/s<sup>2</sup>。

4.0.4 管道总水头损失宜按下式计算：

$$h_z = h_y + h_j \quad (4.0.4)$$

式中： $h_z$ ——管道总水头损失 (m)。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 结构设计应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，除对管道整体稳定验算外，均应采用分项系数的设计表达式进行设计。

5.1.2 预应力钢筒混凝土管管道工程结构设计使用年限应为50年。

5.1.3 预应力钢筒混凝土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：管道结构达到最大的承载能力，管体或连接构件因材料强度被超过而破坏；管道结构整体失去平衡（横向及纵向滑移，上浮）。

2 正常使用极限状态：管道结构出现超过使用要求的裂缝；管道结构的变形量超过正常使用限值。

5.1.4 对承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算时，计算工况的作用组合应符合表5.1.4的有关规定。

表 5.1.4 计算工况的作用组合

计算 工况	计算 项目	永久作用					可变作用		
		(1) 管 重 $G_t$	(2) 管 内水重 $G_w$	(3) 竖 向土压 力 $F_{sv}$	(4) 侧 向土压 力 $F_{cp}$ $F_p$	(5) 预 加应力 $\sigma_{pe}$	(1) 设计 内水压 力 $F_{wat}$	(2) 车 辆或堆 积荷载 $q_v$ $q_m$	(3) 地 下水压 力 (浮力) $q_{gw}$
I	抗浮 稳定	$G_{tk}$		$F_{sv,k}$					$q_{gw,k}$

续表 5.1.4

计算 工况	计算 项目	永久作用					可变作用		
		(1) 管 重 $G_l$	(2) 管 内水重 $G_w$	(3) 竖 向土压 力 $F_{sv}$	(4) 侧 向土压 力 $F_{cp}$ $F_p$	(5) 预 加应力 $\sigma_{pe}$	(1) 设计 内水压 力 $F_{wd}$	(2) 车 辆或堆 积荷载 $q_v$ $q_m$	(3) 地 下水压 力 (浮力) $q_{gw}$
II	抗推力 稳定	$G_{lk}$	$G_{wk}$	$F_{sv,k}$	$F_{cp,k}$ $F_{pk}$		$F_{wd,k}$	—	$q_{gw,k}$
III	管体 强度	$1.20G_{lk}$	$1.27$ $G_{wk}$	$1.27$ $F_{sv,k}$	$1.00$ $F_{cp,k}$	—	$1.40F_{wd,k}$	$1.40q_{vk}$ $1.40q_{mk}$	—
IV	控制 开裂标 准组合	$G_{lk}$	$G_{wk}$	$F_{sv,k}$	$F_{cp,k}$	$\sigma_{pe}$	$F_{wd,k}$	$q_{vk}$ $q_{mk}$	—
V	控制开 裂准永 久组合	$G_{lk}$	$G_{wk}$	$F_{sv,k}$	$F_{cp,k}$	—	$F_{wd,k}$	$q_{vk}$ $q_{mk}$	—

- 注：1 车辆荷载和地面堆积荷载不需同时计入，取其中较大者；  
2 计算工况Ⅲ管体强度计算中给出的系数为相应作用的分项系数；  
3 计算工况Ⅳ砂浆控制开裂标准组合计算中不含  $\sigma_{pe}$ 。

**5.1.5** 预应力钢筒混凝土管管道的结构内力应按弹性体系计算，不计算非弹性变形引起的内力重分布。

**5.1.6** 当管道地基土质或管顶覆土有显著变化时，应计算地基不均匀沉降对管道结构的影响，并采取相适应的构造措施或进行地基处理。

**5.1.7** 配件结构设计应符合现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的有关规定。

**5.1.8** 弯管中心线半径大于或等于 2.5 倍钢管外径时，弯管强度计算可按直管段钢管计算壁厚；弯管中心线半径小于 2.5 倍钢管外径时，弯管应进行补强计算增加钢管壁厚。

5.1.9 T形三通、Y形三通、十字形四通配件应进行补强计算增加钢管壁厚，或采用衬圈、封套、加劲环加固。

5.1.10 异形管预应力区结构计算应采用预应力钢筒混凝土管标准管的计算原则；非预应力区结构计算和加固措施可采用配件的相关规定。

5.1.11 当管道直接平铺在原状土层或回填压实的土层上时，管道基础支承角  $2\alpha$  可取  $20^\circ$  计算。

## 5.2 管道结构上的作用

5.2.1 管道结构上的作用分为永久作用和可变作用两类，应符合下列规定：

1 永久作用应包括管自重、竖向土压力和侧向土压力、管道内水重、预加应力及地基不均匀沉降；

2 可变作用应包括地面堆积荷载、地面车辆荷载、管道内静水压力及地表水或地下水压力。

5.2.2 管道结构设计时，对不同性质的作用应采用不同的代表值。并应以作用标准值作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的组合系数；可变作用准永久值应为可变作用标准值乘以作用的准永久值系数。

5.2.3 永久作用标准值的采用应符合下列规定：

1 管自重和水重的标准值可按管道的设计尺寸与相应材料单位体积的自重标准值计算确定；常用材料单位体积的自重标准值可按表 5.2.3 采用；

表 5.2.3 常用材料单位体积的自重标准值 ( $\text{kN/m}^3$ )

材料	钢筋混凝土	水泥砂浆	钢丝	钢筒	水
自重标准值	25.0	22.0	78.5	78.5	10.0

2 作用在单位长度管道上的竖向土压力标准值  $F_{sv,k}$  应按本

规程附录 A 确定；

3 作用在单位长度管道上的侧向主动土压力标准值  $F_{ep,k}$ ，侧向被动土压力标准值  $F_{pk}$  应按本规程附录 B 确定；

4 预应力钢丝的有效预应力标准值  $\sigma_{pe}$ ，应为预应力钢丝的张拉控制应力值  $\sigma_{con}$  扣除相应张拉工艺的各项应力损失值；预应力钢丝的张拉控制应力  $\sigma_{con}$  不应超过  $0.75f_{ptk}$ ， $f_{ptk}$  为预应力钢丝强度标准值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定采用；

预应力张拉工艺的各项预应力损失，应按本规程附录 C 确定；

5 地基变形引起的不均匀沉降，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定执行。

5.2.4 可变作用标准值、准永久值系数应符合下列规定：

1 地面车辆荷载产生的竖向压力标准值  $q_{vk}$ ，可按本规程附录 D 确定，其相应的准永久值系数可取 0.5。

2 地面堆积荷载的标准值  $q_{mk}$  可取  $10\text{kN/m}^2$ ，其相应的准永久值系数可取 0.5。

3 管道的设计内水压力标准值  $F_{wd,k}$  可按下式计算：

$$F_{wd,k} = \begin{cases} 1.5F_{wk} & F_{wk} < 0.8\text{MPa} \\ 1.4F_{wk} & F_{wk} \geq 0.8\text{MPa} \end{cases} \quad (5.2.4)$$

式中： $F_{wk}$  ——管道的工作压力标准值 (MPa)。

设计内水压力的准永久值系数可取 0.72。

4 埋设在地表水或地下水以下的管道，应计算作用在管道上的静水压力（包括浮托力），相应的设计水位应根据勘察部门和水文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) 地表水的静水压力水位宜采用设计基准期内可能出现的最高洪水位；相应准永久值系数，可取常年洪水位与最高洪水位的比值；
- 2) 地下水的静水压力水位，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，选用最高或最低水位。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，应取 1.0 计算。

### 5.3 承载力极限状态计算规定

5.3.1 管道结构按承载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。作用设计值为作用分项系数与作用代表值的乘积。

5.3.2 对管道结构进行强度计算时，应符合下式要求：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.3.2)$$

式中： $\gamma_0$  ——管道的重要性系数，取 1.1；当设计为双线或设有调蓄设施时，可取 1.0。

$S$  ——作用效应组合的设计值；

$R$  ——管道结构抗力的设计值。

5.3.3 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列式计算：

$$S = \gamma_{G1} C_{G1} G_{1k} + \sum_{i=2}^m \gamma_{Gi} C_{Gi} G_{ik} + \psi_c \sum_{j=1}^n \gamma_{Qj} C_{Qj} Q_{jk} \quad (5.3.3)$$

式中： $\gamma_{G1}$  ——管自重分项系数，当作用效应对管道结构不利时取 1.2，有利时取 1.0；

$\gamma_{Gi}$  ——除管自重外，第  $i$  个永久作用分项系数，当作用效应对管道结构不利时取 1.27，有利时取 1.0；

$\gamma_{Qj}$  ——第  $j$  个可变作用分项系数，当作用效应对管道结构不利时均应取 1.4；当有利时均应取 1.0；

$C_{G1}$  ——管自重的作用效应系数；

$C_{Gi}$  ——除管自重外，第  $i$  个永久作用效应系数；

$C_{Qj}$  ——第  $j$  个可变作用效应系数；

$G_{1k}$  ——管自重标准值；

$G_{jk}$  ——除管自重外，其他永久作用标准值；

$Q_{jk}$  ——第  $j$  个可变作用标准值；

$\psi_c$  ——可变作用的组合系数，取 0.9。

注：作用效应系数为管道结构中作用产生的效应（内力、应力等）与该作用的比值，可按结构力学方法确定。

**5.3.4 预应力钢筒混凝土管的环向预应力钢丝截面面积应按下列公式计算：**

$$A_p \geq \frac{\lambda_y}{f_{py}} \left( N^l + \frac{M_{\max}^l}{d_0} - A_{sc} f \right) \quad (5.3.4-1)$$

$$N^l = \gamma_0 \left[ \psi_c \gamma_{Q1} F_{wt,k} r_0 \times 10^{-3} - 0.5(F_{sv,k} + \psi_c q_{vk} D_1) \right] \quad (5.3.4-2)$$

$$M_{\max}^l = \gamma_0 r_0 \left[ k_{vm} (\gamma_{G1} F_{sv,k} + \psi_c \gamma_{Q2} q_{vk} D_1) + k_{lm} \gamma_{G1} F_{ep,k} D_1 + k_{wm} \gamma_{G2} G_{wk} + k_{gm} \gamma_{G1} G_{lk} \right] \quad (5.3.4-3)$$

式中：

$A_p$  ——环向预应力钢丝截面面积 ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )；

$\lambda_y$  ——综合调整系数。内衬式预应力钢筒混凝土管取 1.1；埋置式预应力钢筒混凝土管：当管径大于 1600mm 时，取 0.9；当管径小于或等于 1600mm 时，取 1.0；

$f_{py}$  ——预应力钢丝的强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定采用；

$d_0$  ——预应力钢丝中心至管壁折算截面重心的距离 (mm)，可按本规程附录 E 确定；

$A_{sc}$  ——钢筒的截面面积 ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )；

$f$  ——钢筒材料的抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定采用；

$N^l$  ——设计内水压力及管顶荷载作用下，管侧截面上的轴拉力 ( $\text{N}/\text{m}$ )，以受拉为正；

$M_{\max}^l$  ——在基本组合作用下，管侧截面上的最大弯矩 [ $(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{m}$ ]，式 (5.3.4-3) 计算结果为

负值，表示管外壁受拉，代入式 (5.3.4-1) 时取正值；

$r_0$  ——管壁截面的计算半径，取管中心至管壁折算截面重心的距离 (mm)；

$k_{vm}$ 、 $k_{hm}$ 、 $k_{wm}$ 、 $k_{gm}$  ——分别为竖向压力、侧向压力、管内水重、管自重作用下，管壁截面上弯矩的弯矩系数。可根据管基形式按本规程附录 F 确定，其中土弧基础的  $k_{gm}$  应按基础支承角为  $20^\circ$  的数据采用；

$D_1$  ——管道外径 (m)；

$\gamma_{Gi}$ 、 $\gamma_{Qj}$  ——第  $i$  个永久作用、第  $j$  个可变作用的分项系数，按本规程第 5.3.3 条规定取值；

$q_{vk}$  ——地面车辆轮压引起的竖向压力标准值 ( $N/m^2$ )，当其小于地面堆积荷载  $q_{mk}$  时，应取  $q_{mk}$  计算；

$G_{wk}$  ——管内水重标准值 ( $N/m$ )；

$G_{1k}$  ——管自重标准值 ( $N/m$ )；

$F_{sv,k}$  ——管顶竖向土压力标准值 ( $N/m$ )；

$F_{ep,k}$  ——管侧主动土压力标准值 ( $N/m^2$ )；

$F_{wd,k}$  ——设计内水压力标准值 ( $N/m^2$ )。

5.3.5 对埋设在地下水位以下的管道，应验算抗浮稳定性。验算时，各种作用应采用标准值，抗浮稳定性验算应符合下式要求：

$$\frac{G_{1k} + F_{sv,k}}{F_{fw,k}} \geq K_f \quad (5.3.5)$$

式中： $G_{1k}$  ——管自重标准值 ( $kN/m$ )；

$F_{sv,k}$  ——管顶竖向土压力标准值 ( $kN/m$ )，按本规程附录 A 计算，计算时地下水位以下  $\gamma_s$  取浮重度；

$F_{fw,k}$  ——管道单位长度上浮托力标准值 ( $kN/m$ )；

$K_f$  ——抗浮稳定性抗力系数， $K_f$  不应小于 1.1。

5.3.6 在管道敷设方向改变处应采取抗推力措施（支墩、桩或限制接头），并进行抗滑稳定性验算，验算时，各种作用应采用标准值，其抗滑稳定性抗力系数  $K_s$  不应低于 1.5；当采用限制接头连接多节管道抵抗推力时，抗滑稳定性抗力系数  $K_s$  不应低于 1.1。

5.3.7 管道敷设方向改变处的抗滑稳定性验算应符合下列规定：

1 当采用支墩或限制接头抗推力时，应符合下列公式要求：

$$\frac{F_k}{F_{wp,k}} \geq K_s \quad (5.3.7-1)$$

$$P \leq f_n \quad (5.3.7-2)$$

$$P_{\min} \geq 0 \quad (5.3.7-3)$$

$$P_{\max} \leq 1.2f_n \quad (5.3.7-4)$$

$$V < 0.9 \Sigma G \quad (5.3.7-5)$$

式中： $F_k$ ——支墩或限制接头抗推力标准值（kN），按本规程附录 G 计算；

$F_{wp,k}$ ——在设计内水压力作用下，管道承受的推力标准值（kN），按本规程附录 G 计算；

$K_s$ ——抗滑稳定性抗力系数，按本规程第 5.3.6 条的规定采用；

$P$ ——支墩作用在地基土上的平均压力（kN/m<sup>2</sup>），指管道支墩底面以上的有效重量  $\Sigma G$  产生地基上的压力；对管道纵向向上弯头尚应包括内水压力引起的向下垂直力；

$P_{\min}$ ——支墩作用在地基土上的最小压力（kN/m<sup>2</sup>）；

$P_{\max}$ ——支墩作用在地基土上的最大压力（kN/m<sup>2</sup>）；

$f_n$ ——经过深度修正的地基承载力特征值（kN/m<sup>2</sup>），按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定确定；

$V$ ——纵向管道弯头处支墩承受内水压力产生的垂直力标准值（kN），按本规程附录 G 计算；当  $V$  方向

向上时，应按式 (5.3.7-5) 验算：

$\Sigma G$ ——包括支墩、管体、管内水、支墩以上覆土等各项有效重量标准值 (kN) 之和。

2 当采用桩抗推力时，应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 及《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

3 限制接头管段钢筒及连接件应进行强度计算，并应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

#### 5.4 正常使用极限状态验算规定

5.4.1 对正常使用极限状态，管道结构应分别按作用效应的标准组合和准永久组合进行验算，并应保证管壁截面和砂浆保护层不出现裂缝，以及应力应变计算值不超过规定的限值。管件应控制影响正常使用的变形量。

5.4.2 管道结构按正常使用极限状态验算时，作用效应均采用作用代表值计算。

5.4.3 正常使用极限状态按标准组合验算时，作用效应的组合设计值应按下式计算：

$$S_d = C_{G1}G_{1k} + \sum_{i=2}^m C_{Gi}G_{ik} + \psi_c \sum_{j=1}^n C_{Qj}Q_{jk} \quad (5.4.3)$$

式中： $S_d$ ——变形、裂缝等作用效应的设计值。

5.4.4 正常使用极限状态按准永久组合验算时，作用效应的组合设计值应按下式计算：

$$S_d = C_{G1}G_{1k} + \sum_{i=2}^m C_{Gi}G_{ik} + \sum_{j=1}^n C_{Qj}\psi_{Qj}Q_{jk} \quad (5.4.4)$$

式中： $\psi_{Qj}$ ——第  $j$  个可变作用的准永久系数。按本规程 5.2.4 条的有关规定采用。

5.4.5 预应力钢筒混凝土管在正常使用条件下，其环向预应力钢丝的截面面积应符合下列公式要求：

$$A_p \geq (\sigma_{ss} - K \cdot \gamma \cdot f_{tk}) \frac{A_n}{\sigma_{pe}} \quad (5.4.5-1)$$

$$\sigma_{ss} = \frac{N_{ps}}{A_n} + \frac{M_{pre}}{W_e} \quad (5.4.5-2)$$

$$K = 0.2449 \frac{M_{\text{pms}}}{W_c \cdot f_{\text{tk}}} + 0.5714 \quad (5.4.5-3)$$

$$N_{\text{ps}} = \psi_c F_{\text{wd},k} r_0 \times 10^{-3} \quad (5.4.5-4)$$

$$M_{\text{pms}} = r_0 [k_{\text{vm}} (F_{\text{sv},k} + \psi_c q_{\text{vk}} D_1) + k_{\text{lm}} F_{\text{cp},k} D_1 + k_{\text{wm}} G_{\text{wk}} + k_{\text{gn}} G_{\text{lk}}] \quad (5.4.5-5)$$

式中： $\sigma_{\text{ss}}$ ——在作用效应标准组合下，管壁顶、底计算截面上的边缘最大拉应力（N/mm<sup>2</sup>）；

$K$ ——受拉区混凝土的影响系数；

$\gamma$ ——受拉区混凝土的塑性影响系数，取 1.75；

$f_{\text{tk}}$ ——管芯混凝土的抗拉强度标准值（N/mm<sup>2</sup>）；

$A_n$ ——管壁截面（含钢筒、钢丝、砂浆保护层）的折算面积（mm<sup>2</sup>/m），可按本规程附录 E 确定；

$\sigma_{\text{pe}}$ ——环向预应力钢丝扣除应力损失后的有效预加应力（N/mm<sup>2</sup>）；

$N_{\text{ps}}$ ——在设计内水压力标准值作用下，管壁上的轴向拉力（N/m）；

$M_{\text{pms}}$ ——在标准组合下，管壁顶、底截面上的最大弯矩[(N·mm)/m]；

$W_c$ ——管壁截面对管壁内侧截面受拉边缘弹性抵抗矩（mm<sup>3</sup>/m），可按本规程附录 E 确定。

**5.4.6** 在标准组合作用下，预应力钢筒混凝土管环向钢丝的砂浆保护层应力应符合下列公式要求：

$$\sigma'_{\text{ss}} \leq \alpha_m \epsilon_{\text{mt}} E_m \quad (5.4.6-1)$$

$$\sigma'_{\text{ss}} = \frac{N'_{\text{ps}}}{A_n} + \frac{M'_{\text{pms}}}{W_m} \quad (5.4.6-2)$$

$$N'_{\text{ps}} = \psi_c F_{\text{wd},k} r_0 \times 10^{-3} - 0.5 (F_{\text{sv},k} + \psi_c q_{\text{vk}} D_1) \quad (5.4.6-3)$$

$$M'_{\text{pms}} = r_0 [k_{\text{vm}} (F_{\text{sv},k} + \psi_c q_{\text{vk}} D_1) + k_{\text{lm}} F_{\text{cp},k} D_1 + k_{\text{wm}} G_{\text{wk}} + k_{\text{gn}} G_{\text{lk}}] \quad (5.4.6-4)$$

式中： $\sigma'_{\text{ss}}$ ——在作用效应标准组合下，管体两侧计算截面边缘的

最大拉应力 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$E_m$  ——管体砂浆保护层的弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ), 按式 (5.4.8-2) 确定;

$\epsilon_{mt}$  ——管体砂浆保护层相应于抗拉强度的应变量, 按式 (5.4.8-3) 确定;

$W_m$  ——管壁截面对管壁外侧截面受拉边缘弹性抵抗矩 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ ), 可按本规程附录 E 确定;

$\alpha_m$  ——在标准组合作用下, 砂浆保护层应变量设计参数, 取 5.0;

$N'_{ps}$  ——在作用效应标准组合下, 管体两侧计算截面上的轴向拉力 ( $\text{N}/\text{m}$ );

$M'_{pms}$  ——在作用效应标准组合下, 管体两侧计算截面上的最大弯矩 [ $(\text{N} \cdot \text{mm})/\text{m}$ ].

5.4.7 在准永久组合作用下, 预应力钢筒混凝土管环向钢丝的砂浆保护层应力应符合下列公式要求:

$$\sigma'_{ls} \leq \alpha'_m \epsilon_{mt} E_m \quad (5.4.7-1)$$

$$\sigma'_{ls} = \frac{N'_{ps}}{A_n} + \frac{M'_{psd}}{W_m} \quad (5.4.7-2)$$

$$N'_{ps} = \psi_{qw} F_{wd,k} r_0 \times 10^3 - 0.5(F_{sv,k} + \psi_{qv} q_{vk} D_1) \quad (5.4.7-3)$$

$$M'_{psd} = r_0 [k_{vm} (F_{sv,k} + \psi_{qv} q_{vk} D_1) + k_{tm} F_{cp,k} D_1 + k_{wm} G_{wk} + k_{gn} G_{1k}] \quad (5.4.7-4)$$

式中:  $\sigma'_{ls}$  ——在作用效应准永久组合下, 管体两侧计算截面边缘的最大拉应力 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$\alpha'_m$  ——在准永久组合作用下, 砂浆保护层应变量设计参数, 取 4.0;

$N'_{ps}$  ——在作用效应准永久组合下, 管体两侧计算截面上的轴向拉力 ( $\text{N}/\text{m}$ );

$M'_{psd}$  ——在作用效应准永久组合下, 管体两侧计算截面上的最大弯矩 ( $\text{N} \cdot \text{mm}/\text{m}$ );

$\psi_{qw}$ 、 $\psi_{qv}$  ——内水压力、地面车辆荷载产生的竖向压力的准永久值系数。

**5.4.8** 管体砂浆保护层的抗拉强度标准值  $f_{mt,k}$ 、弹性模量  $E_m$  及相应于抗拉强度的应变  $\epsilon_{mt}$  应分别按下列公式计算：

$$f_{mt,k} \geq 0.52\sqrt{f_{mc,k}} \quad (5.4.8-1)$$

$$E_m = 7713 (f_{mc,k})^{0.3} \quad (5.4.8-2)$$

$$\epsilon_{mt} = \frac{f_{mt,k}}{E_m} \quad (5.4.8-3)$$

式中： $f_{mt,k}$  ——砂浆抗拉强度标准值 (MPa)；

$f_{mc,k}$  ——砂浆抗压强度标准值 (MPa)，不得低于 45MPa。

**5.4.9** 采用水泥砂浆、混凝土做内衬和外保护层的配件刚度宜采用半刚性管模型分析计算，配件最大竖向变形不宜大于  $D_0^2/100000$  和  $0.02D_0$  中的较小值， $D_0$  为管道公称直径。

## 6 构 造

### 6.1 标 准 管

6.1.1 预应力钢筒混凝土管的环向预应力钢丝直径不得小于5mm。钢丝间的最小净距不应小于所用钢丝直径，同层环向钢丝的最大中心间距不应大于38mm。对于内衬式预应力钢筒混凝土管，当采用的钢丝直径大于或等于6mm时，缠丝最大螺距不应大于25.4mm。

6.1.2 预应力钢筒混凝土管环向预应力钢丝外缘的砂浆保护层净厚度不应小于20mm；配置双层或多层钢丝时，内层钢丝的水泥砂浆覆盖层净厚度不应小于钢丝直径。

6.1.3 钢筒用钢板的厚度不得小于1.5mm。

### 6.2 配件和异形管

6.2.1 配件可采用钢板卷制拼装或钢管切割、焊接制作，在端部应焊接加强钢环和接口钢圈，并应采用水泥砂浆、混凝土或其他材料做内衬和外保护层。

6.2.2 配件钢板厚度应计算确定，但最小厚度不应小于表6.2.2的规定。

表 6.2.2 配件钢板最小厚度 (mm)

公称直径	钢板厚度
400~500	4.0
600~900	5.0
1000~1200	6.0
1400~1600	8.0
1800	10.0

续表 6.2.2

公称直径	钢板厚度
2000~2200	12.0
2400~2600	14.0
2800~3000	16.0
3200~3600	18.0
3800~4000	20.0

注：配件公称直径 $>4000\text{mm}$ 时，钢板最小厚度可由设计单位与制管厂商定。

**6.2.3** 采用水泥砂浆、混凝土内衬和外保护层的配件钢板设计厚度可不计腐蚀厚度。

**6.2.4** 配件焊缝质量等级、焊缝的质量检验应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的有关规定。

**6.2.5** 配件的水泥砂浆、混凝土内衬和外保护层应配制焊接钢丝网，并应符合下列规定：

1 焊接钢丝网的尺寸不应大于  $50\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，钢丝的最小直径不应小于  $2.3\text{mm}$ ；

2 配件外侧布置单层钢丝网时，钢丝网应固定在距离钢板表面  $10\text{mm}$  的位置；配件内侧钢丝网应布置在靠近钢板的水泥砂浆或混凝土厚度的  $1/3$  处，也可直接焊接在配件钢板的表面上；

3 配件内衬水泥砂浆或混凝土最小厚度不应小于  $10\text{mm}$ ；配件外侧水泥砂浆保护层厚度不应小于  $25\text{mm}$ ；

4 在制作水泥砂浆内衬和外保护层之前，应将配件钢板表面的铁屑、浮锈、油脂等物质清理干净；

5 配件的内衬和外保护层也可根据工程的需要采用其他防腐材料保护。

**6.2.6** 配件与管道可采用焊接或承插式接口连接，配件与阀门等设备可采用法兰连接。

6.2.7 配件弯管可采用钢板拼焊或用钢管斜管片焊接，单节管片角度不应大于  $22.5^\circ$ 。

6.2.8 配件铺设长度不宜大于标准管的铺设长度，当大于标准管铺设长度时应进行稳定性验算。

6.2.9 斜口管的倾斜角度不应大于  $5^\circ$ ，接口处可不设止推设施。

6.2.10 异形管支管的最大直径不应大于主管直径的  $1/2$ 。支管配件内外层应采用水泥砂浆或涂料防腐保护。主管开孔处应采用衬圈、护套板补强。

### 6.3 管道基础

6.3.1 预应力钢筒混凝土管宜采用土弧基础。土弧基础设计支承角  $2\alpha$  值，应根据作用在管道上外压荷载确定。设计支承角应在计算支承角基础上增加  $20^\circ \sim 30^\circ$ 。

6.3.2 当管道承受较大的外荷载时，可采用混凝土基础，混凝土基础强度等级不应小于 C15。混凝土基础尺寸应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 混凝土基础尺寸

基础支承角 $2\alpha$	$90^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ$
基础宽度	$\geq D_1 + 2t$	$\geq D_1 + 5t$	$\geq D_1 + 5t$
管底基础厚度	$\geq 2t$	$\geq 2t$	$\geq 2t$

注： $D_1$  为管道外径， $t$  为管道壁厚。

6.3.3 管道铺设在岩基或坚硬土层上时，应根据管径大小、地基坚硬程度在管道底部铺设厚度不小于 150mm 的砂垫层。

6.3.4 管道铺设遇到膨胀土层时，宜采用粗砂、碎石等置换膨胀土，置换土层的厚度宜根据膨胀土的性质和管径大小确定，置换土层下部应设置不小于 150mm 的厚灰土垫层。

### 6.4 沟槽与回填土

6.4.1 管道沟槽底宽度应按管外径、管道安装工作面、支撑方

式、降排水要求等确定。

**6.4.2** 管道沟槽边坡应经稳定性分析确定。地质条件良好、土质均匀、地下水位低于沟槽底面高程，且开挖深度在 5m 以内、沟槽不设支撑时，沟槽最大边坡率应符合表 6.4.2 的规定。

表 6.4.2 深度在 5m 以内的沟槽边坡的最大边坡率

土的类别	边坡率		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土 (充填物为砂土)	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土 (充填物为黏性土)	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土(经井点降水后)	1:1.25	-	-

**6.4.3** 开挖深度大于 5m 或地基为软弱土层，地下水渗透系数较大或受场地限制不能放坡开挖时，宜采取支护措施。

**6.4.4** 沟埋式管道的沟槽回填土，应分区域采用不同的压实密度。管两侧至槽边范围，自槽底到管顶以上 500mm 区域内回填土的压实系数不得低于 0.9；管道宽度范围，自管顶到管顶以上 500mm 区域内回填土的压实系数可取 0.85；上述范围以上，回填土的压实系数可根据该地区管道上部地面的使用要求确定。沟槽位于路基范围内时，回填土压实系数尚应满足道路工程的要求。

**6.4.5** 埋式管道两侧回填土的宽度，在管道中心线处每侧不得小于 2 倍管道外径。在此宽度内，自槽底到管顶以上 500mm 区域内回填土的压实系数不得低于 0.9，管道两侧的覆土应同时进行回填。

**6.4.6** 预应力钢筒混凝土管限制接头管段各部位回填土的压实系数均不得低于 0.95。

**6.4.7** 预应力钢筒混凝土管的管顶覆土厚度不宜小于 0.7m，机动车道下不宜小于 1.0m，而且尚应满足冰冻、抗浮要求。

## 6.5 管道连接

**6.5.1** 预应力钢筒混凝土管应采用钢制承插口橡胶圈密封接头。橡胶圈应采用滑入式安装。

**6.5.2** 管道沿直线敷设时，插口与承口间轴向控制间隙应符合表 6.5.2 的规定：

表 6.5.2 插口与承口间轴向控制间隙 (mm)

公称直径	内衬式管		埋置式管	
	单胶圈	双胶圈	单胶圈	双胶圈
600~1400	15	25		—
1200~4000	—		25	25

**6.5.3** 管道需要曲线敷设时，接口的最大允许相对转角应符合表 6.5.3 的规定：

表 6.5.3 接口的最大允许相对转角

公称直径 (mm)	管子接头允许相对转角 (°)	
	单胶圈接头	双胶圈接头
600~1000	1.5	1.0
1200~4000	1.0	0.5

注：依管线工程实际情况，在进行管子结构设计时可以适当增加管子接头允许相对转角。

**6.5.4** 预应力钢筒混凝土管接口处的内外缝隙，根据输送水质及埋设管道的环境条件，应采用水泥砂浆或柔性材料嵌填严实。

**6.5.5** 预应力钢筒混凝土管与其他管道连接时，应采用一侧带有承插口环、另一侧带有与其他管道相匹配接口的钢制连接件；

与设备连接时，应采用一侧带有法兰、另一侧带有承插口环的钢制连接件。

**6.5.6** 预应力钢筒混凝土管需要传递轴向拉力时可采用限制接头，连接段管道钢筒厚度应满足传递轴向拉力的要求。

## **6.6 管道防腐**

**6.6.1** 预应力钢筒混凝土管及管件的内外层受到腐蚀介质作用时，应根据环境条件、腐蚀介质的性质和严重程度进行防腐设计。

**6.6.2** 预应力钢筒混凝土管防腐设计宜按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的有关规定执行。

**6.6.3** 预应力钢筒混凝土管敷设在腐蚀环境下时，管外水泥砂浆保护层应采取防腐蚀措施。

**6.6.4** 预应力钢筒混凝土管敷设在杂散电流区域时，宜采取防止电化学腐蚀的保护措施。

**6.6.5** 预应力钢筒混凝土管与金属管相连时，宜采用绝缘材料连接或其他保护措施。

## **6.7 隧道内设置管道**

**6.7.1** 隧道内布设预应力钢筒混凝土管时，应采用双胶圈接口。

**6.7.2** 隧道与管道间的空隙，宜采用混凝土填充，并应对管道采取固定措施。

## 7 管道施工

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 工程采用的管材、管件、附件和主要原材料必须实行进场验收，验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书等，并应复验，验收合格后的产品应妥善保管。

**7.1.2** 土方施工除应符合本章规定外，涉及围堰、深基（槽）坑开挖与围护、地基处理等工程，还应符合现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 的有关规定。

**7.1.3** 管道交叉处理应符合下列规定：

1 应满足管道间最小净距的规定，并应遵守有压管道避让无压管道、支管道避让干线管道，小口径管道避让大口径管道的原则。

2 新建管道与其他管道交叉时，对既有管道的保护措施应征求相关单位的认可。

3 新建管道与既有管道交叉部位回填土密实度应符合设计要求，并使回填材料与被支承管道贴紧密实。

**7.1.4** 管道工程开工前，施工单位应按施工组织设计布置管道施工场地，并按有关规定取得临时占用道路和用地等公共设施的手续。

**7.1.5** 寒冷地区管道冬期施工、安装时，应采取防冻措施。

### 7.2 施工降排水

**7.2.1** 受地下水影响的土方施工，应根据工程规模、工程地质、水文地质、周围环境等因素，制定施工降排水方案，并应包括下列内容：

- 1 降排水量计算；
  - 2 降排水方法的选定；
  - 3 排水系统的平面和竖向布置，观测系统的平面布置以及抽水机械的选型和数量；
  - 4 降水井的构造，井点系统的组合与构造，排放管渠的构造、断面和坡度；
  - 5 沿线地下和地上管线、周边构（建）筑物的保护和施工安全措施。
- 7.2.2 沟槽范围内的地下水位应控制在沟槽底面 0.5m 以下。
- 7.2.3 采取明沟排水施工时，集水井宜布置在管基范围以外，其间距不宜大于 150m，排水沟的纵向坡度不得小于 0.5%。
- 7.2.4 施工降排水终止抽水后，降水井及拔除井管所留的孔洞，应及时用砂石等填实，地下水静止水位以上部分可采用黏土填实。
- 7.2.5 施工单位应采取有效措施控制施工降排水对周边环境的影响。

### 7.3 沟槽开挖

- 7.3.1 施工前，应对沟槽范围内的地上地下障碍物进行现场核查，逐项查清障碍物构造等情况，以及与管道工程的位置关系，并应制定有效的保护措施。
- 7.3.2 沟槽开挖的施工应包含下列内容：
- 1 沟槽施工平面布置图及开挖断面图；
  - 2 沟槽形式、开挖方法及堆土要求；
  - 3 无支护沟槽的边坡要求；有支护沟槽的支撑形式、结构、支拆方法及安全措施；
  - 4 施工设备机具的型号、数量及作业要求；
  - 5 不良土质地段沟槽开挖时采取的护坡和防止沟槽坍塌的安全技术措施；
  - 6 施工安全、文明施工、沿线其他管线及建（构）筑物保

护要求等。

**7.3.3** 沟槽底部的开挖宽度，应符合设计要求，设计无要求时，可按下式计算确定：

$$B = D_1 + 2(b_1 + b_2) \quad (7.3.3)$$

式中： $B$ ——沟槽底部开挖宽度（mm）；

$D_1$ ——管道外径（mm）；

$b_1$ ——管道一侧的最小工作面宽度（mm），可按表 7.3.3 选取；

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

**表 7.3.3** 管道一侧的最小工作面宽度（mm）

管道外径 $D_1$	管道一侧的最小工作面宽度 $b_1$
$600 < D_1 \leq 1000$	400
$1000 < D_1 \leq 1500$	500
$1500 < D_1 \leq 3000$	600
$3000 < D_1 \leq 4000$	800~1000

注：1 槽底需设排水沟时， $b_1$  应适当增加；

2 采用机械回填管道侧面时， $b_1$  应满足机械作业的宽度要求。

**7.3.4** 沟槽每侧临时堆土时，应符合下列规定：

1 堆土距沟槽边缘不应小于 0.8m，且高度不应超过 1.5m；

2 不得影响建（构）筑物、各种管线和其他设施的安全。

**7.3.5** 沟槽挖深较大时，应确定分层开挖的深度，并应符合下列规定：

1 人工挖槽深度超过 3m 时，应分层开挖，每层土的厚度不超过 2m；

2 人工开挖多层沟槽的层间留台宽度，放坡开槽时不应小

于 0.8m，直槽时不应小于 0.5m，安装井点设备时不应小于 1.5m；

3 采用机械挖槽时，沟槽分层的深度按机械性能确定。

**7.3.6** 沟槽开挖应符合下列规定：

1 沟槽开挖断面应符合施工组织设计（方案）的要求，槽底原状土不得扰动，机械开挖时槽底应预留 200mm~300mm，土层应由人工开挖至设计高程；

2 槽底不得受水浸泡或受冻；

3 槽底土层为杂填土、腐蚀性土时，应按设计要求进行地基处理；

4 应设置供施工人员上下沟槽的安全梯。

**7.3.7** 沟槽开挖至设计高程后，应由建设单位会同勘察、设计、施工、监理等单位共同验槽，当发现与勘察报告不符或有其他异常情况时，应由建设单位会同上述单位研究处理方法。

## 7.4 沟槽支护

**7.4.1** 沟槽支护形式应根据沟槽深度、土质条件、施工场地及周围环境要求等因素确定。

**7.4.2** 沟槽支护应符合下列规定：

1 支护结构应具有足够的强度、刚度和稳定性；

2 支护部件的型号和尺寸、支撑点的布置、各类桩的入土深度、围檩和支撑的断面等应经计算确定。当沟槽两侧有重要的建（构）筑物、管道等设施时，宜采用预加支撑应力的支护方式；

3 支撑围檩、支撑端头处应设置传力构造，围檩及支撑不应偏心受力；

4 支护结构的设计应根据表 7.4.2 选用相应的侧壁安全等级及重要性系数；

5 支护的安装和拆除应方便、安全、可靠。

表 7.4.2 沟槽侧壁安全等级及重要性系数

序号	安全等级	破坏后果	重要性系数 ( $\gamma_0$ )
1	一级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对环境及地下结构的影响严重	1.10
2	二级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对环境及地下结构的影响一般	1.00
3	三级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对环境及地下结构的影响轻微	0.90

7.4.3 支护的设置应符合下列规定：

- 1 开挖到规定深度时，应及时安装支护构件；
- 2 支护的连接点应牢固可靠。

7.4.4 沟槽开挖与支护施工应进行量测监控，监测项目、监测控制值宜根据设计要求及沟槽侧壁安全等级进行选择，并宜符合表 7.4.4 的规定。

表 7.4.4 沟槽开挖监测项目

侧壁安全等级	地下管线位移	地表土体沉降	周围建(构)筑物沉降	围护结构顶位移	围护结构墙体侧斜	支撑轴力	地下水位	支撑立柱沉降	土压力	孔隙水压力	坑底隆起	土体水平位移	土体分层沉降
一级	√	√	√	√	√	√	√	√	◇	◇	◇	◇	◇
二级	√	√	√	√	√	√	√	◇	◇	◇	◇	◇	◇
三级	√	√	√	√	√	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇

注：“√”为必选项目；

“◇”为可选项目，可按设计要求选择。

7.4.5 沟槽支护的拆除应符合下列规定：

- 1 拆除支撑前应对沟槽两侧在建(构)筑物和槽壁进行安全检查，并应制定拆除支撑作业的安全措施；
- 2 多层支撑沟槽应待下层回填完成后再拆除其上层槽的

支撑；

3 回填桩孔应填实，采用砂灌回填时，非湿陷性黄土且非膨胀土地区可冲水助沉，有地面沉降控制要求时，宜采取边拔桩边注浆等措施。

## 7.5 基础施工

7.5.1 管道的天然地基不能满足要求时，应按设计要求加固。

7.5.2 槽底局部超挖时，处理方法应符合下列规定：

1 超挖深度不超过 150mm 时，可用原土回填夯实，其压实度不应低于原地基的密实度；

2 槽底地基土壤含水量大，不适于压实时，应采取换填等有效措施。

7.5.3 排水不良造成地基土扰动时，扰动深度在 300mm 以内，宜采用级配砂石或砂砾换填处理。

7.5.4 土弧基础施工应符合下列规定：

1 铺设前应先对槽底进行检查，槽底高程及槽宽应符合设计要求，且不应有积水和软泥；

2 当采用填弧法施工时，管道土弧基础支承角范围应用中、粗砂填充插捣密实，并应使其与管壁紧密接触，腋角部分与槽底应同步回填。

7.5.5 混凝土基础施工应符合下列规定：

1 平基与管座的模板可一次或两次支设，每次支设高度宜略高于混凝土的浇筑高度；

2 管座与平基分层浇筑时，应先将平基凿毛冲洗干净，并将平基与管体相接触的腋角部位，用同强度等级的水泥砂浆填满、捣实后，再浇筑混凝土，管体与管座混凝土结合应严密；

3 管座与平基采用垫块法一次浇筑时，应先从一侧灌注混凝土，对侧的混凝土高过管底与灌注侧混凝土高度相同时，两侧再同时浇筑，并保持两侧混凝土高度一致；

4 管道基础应按设计要求留变形缝，变形缝的位置应与柔

性接口相一致。

## 7.6 管道安装

**7.6.1** 管道进入施工现场时，其外观质量应符合现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685 的有关规定。

**7.6.2** 预应力钢筒混凝土管钢制承插口外露部分应采取防腐措施。

**7.6.3** 管节和管件装卸、堆放及安装应符合下列规定：

1 管节和管件装卸及安装应使用专用的吊具和专用紧管器，吊运、装卸管节和管件时应采取防止管节滚动、碰伤的措施，不得野蛮装卸；运输时应垫稳、绑牢，防止滚动和串动；

2 管节允许堆放层数应符合表 7.6.3 的规定；

3 隧道内运输、安装 PCCP 管时，宜采用专用运管车。

表 7.6.3 管节允许堆放层数

公称直径 $D_0$ (mm)	堆放层数
$600 \leq D_0 \leq 1000$	3
$1000 < D_0 \leq 1400$	2
$D_0 > 1400$	1 (或立放)

**7.6.4** 橡胶圈的贮存、运输应符合下列规定：

1 储存的温度宜为  $-5^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，存放位置不宜长期受紫外线光源照射，离热源的距离不应小于 1m；

2 橡胶圈不得与溶剂、易挥发物、油脂或对橡胶产生不良影响的物品放在一起；

3 在储存、运输中不得长期受挤压。

**7.6.5** 预应力钢筒混凝土管的防腐涂层宜在制管厂内完成，安装时应对破损部位修补。

**7.6.6** 管道应在沟槽地基、管道基础质量检验合格后安装。

**7.6.7** 采用起重机下管时，起重机架设的位置不得影响沟槽边坡的稳定。起重机在架空高压输电线路附近作业时，起重机与线

路间的安全距离应符合电业管理部门的规定。

**7.6.8** 管节下入沟槽时，不得与槽壁支撑及槽下的管道碰撞；沟内运管不得扰动原状地基。

**7.6.9** 合槽施工时，应先安装埋设较深的管道，当回填土高程达到与邻近管道基础高程相同时，再安装相邻的管道。

**7.6.10** 管道接口安装施工时应符合下列规定：

1 安装前应将管道承口内侧、插口外部凹槽等连接部位清理干净；

2 将橡胶圈套入插口上的凹槽内，橡胶圈在凹槽内受力应均匀、不得有扭曲翻转现象；

3 用配套的润滑剂涂擦在承口内侧和橡胶圈上，并应涂覆均匀完整；

4 应在插口上按要求做好检查插入是否到位安装标记；

5 管道安装时，应将插口一次插入承口内，达到安装标记为止；

6 安装就位，放松紧管器具后应进行下列检查：

1) 复核管节的高程和中心线，并应符合设计要求；

2) 橡胶圈应无脱槽、挤出等现象；

3) 插口端面与承口底部的轴向间隙应符合设计要求。

**7.6.11** 管道现场合拢应符合下列规定：

1 合拢管应设置在直管段；

2 合拢位置宜选择在设有人孔或设备安装孔的配件附近；

3 安装过程中，应控制合拢处上、下游管道接装长度和中心位移偏差；

4 采用现场焊接合拢管时，焊接点距离胶圈应大于500mm。焊接应避免当日高温时段，焊缝质量应符合本规程第6.2.4条的规定，内外层保护应符合本规程第6.2.5条的规定。

**7.6.12** 管道敷设时，插口与承口间轴向控制间隙、最大允许相对转角应符合本规程第6.5.2条及第6.5.3条的规定。

**7.6.13** 管道安装时，应将管节的轴线及高程逐节调整正确，安

装后的管节应进行复测，合格后方可进行下一工序的施工。

**7.6.14** 管道安装时，应随时清除管道内的杂物，暂时停止安装时，两端应临时封堵。

**7.6.15** 雨季施工应符合下列规定：

1 应合理缩短开槽长度，并应及时施工井室。暂时中断安装的管道及与河道相连通的管口应临时封堵，已安装的管道验收后应及时回填；

2 应制定槽边雨水径流疏导、槽内排水及防止漂管事故的措施。

**7.6.16** 当地面坡度大于 18%，且采用机械法施工时，应采取防止施工设备倾翻的措施。

**7.6.17** 当安装管道纵坡大于 18% 时，应采取防止管节下滑的措施。

**7.6.18** 管道上的阀门安装前应逐个进行启闭检验。

**7.6.19** 管道接口安装后应按本规程第 8.2.2 条进行接口水压试验，在第二次接口水压试验合格后应立即按设计要求进行接口内、外间隙的密封施工。

**7.6.20** 管道安装完成后，应按相关规定和设计要求设置管道位置标识。

## 7.7 井室和支墩

**7.7.1** 管道井室砌筑结构、混凝土结构施工应符合现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141 的规定。

**7.7.2** 管道井室的位置、尺寸、结构类型等应符合设计要求。

**7.7.3** 施工中应采取避免管道主体结构与井室之间产生过大的差异沉降的技术措施，不得致使结构开裂、变形、损坏。

**7.7.4** 管道接口不得包覆在井壁内。

**7.7.5** 管道穿过井壁施工应符合设计要求，设计无要求时，井壁洞圈应预设套管，管道外壁与套管的间隙应四周均匀一致，其间隙宜采用柔性或半柔性材料填嵌密实。

- 7.7.6 井室施工达到设计高程后，应及时浇筑或安装井圈，井圈应以水泥砂浆坐浆，并应安放平稳。
- 7.7.7 井室周围回填土应符合设计要求和本规程第 7.8 节的规定。
- 7.7.8 管件的支墩和锚定结构位置应准确，锚定应牢固；钢制锚固件应采取相应的防腐处理。
- 7.7.9 支墩施工应符合设计要求，施工时不得扰动支墩后背的原状土层。
- 7.7.10 支墩宜采用混凝土浇筑，其强度等级不应低于 C15。
- 7.7.11 支墩应在管节接口做完、管节位置固定后方可修筑。支墩施工前，应将支墩部位的管节、管件表面清理干净。
- 7.7.12 支墩施工完毕，混凝土达到强度后方可进行水压试验。

## 7.8 沟槽回填

- 7.8.1 管道单口水压试验检验合格后，沟槽应及时回填。管道分段水压试验前，管道两侧及管顶以上回填高度不应小于 0.5m（但管口处应预留），管道分段水压试验检验合格后，应及时回填沟槽的其余部分。
- 7.8.2 除设计有要求外，回填材料应符合下列规定：
- 1 采用土料回填时，应符合下列规定：
    - 1) 槽底至管顶以上 500mm 范围内，土中不得含有机物、冻土以及大于 50mm 的砖、石等硬块；
    - 2) 冬季回填时，管顶以上 500mm 范围以外可均匀掺入冻土，其数量不得超过填土总体积的 15%，且冻块尺寸不得超过 100mm；
    - 3) 回填土的含水量，宜按土类和采用的压实工具控制在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内；
  - 2 采用石灰土、砂、砂砾等材料回填时，其质量应符合设计要求或相关标准规定。
- 7.8.3 回填土每层的虚铺厚度不宜大于 300mm。

**7.8.4** 回填土或其他回填材料运入槽内时不得损伤管道与接口，并应符合下列规定：

1 应根据每层虚铺厚度的用量将回填材料运至槽内，且不得在影响压实的范围内堆料；

2 管道两侧和管顶以上 500mm 范围内的回填材料，应由沟槽两侧对称运入槽内，不得直接回填在管道上；回填其他部位时，应均匀运入槽内，不得集中推入；

3 需要拌合的回填材料，应在运入槽内前拌合均匀，不得在槽内拌合。

**7.8.5** 回填作业每层土的压实遍数，应根据压实度要求、压实工具、虚铺厚度和土料含水量，经现场试验确定。

**7.8.6** 采用重型压实机械压实或较重车辆在回填土上行驶时，管道顶部以上应有一定厚度的压实回填土，其最小厚度应按压实机械的规格和管道的设计承载力，通过计算确定。

**7.8.7** 软土、湿陷性黄土、膨胀土、冻土等地区的沟槽回填，应符合设计要求和现行相关标准规定。

**7.8.8** 沟槽回填的压实作业应符合下列规定：

1 回填压实应逐层进行，且不得损伤管道；

2 管道两侧和管顶以上 500mm 范围内胸腔，应采用轻型压实机具夯实，管道两侧压实面的高差不应超过 300mm；

3 同一沟槽中有双排或多排管道的基础底面位于同一高程时，管道之间的回填压实应与管道与槽壁之间的回填压实对称进行；

4 同一沟槽中有双排或多排管道但基础底面的高程不同时，应先回填基础较低的沟槽，回填至较高基础底面高程后，再按上一款的规定回填；

5 分段回填压实时，相邻段的接茬应呈台阶形，且不得漏夯；

6 采用轻型压实设备时，应夯夯相连；采用压路机时，碾压的重叠宽度不得小于 200mm；

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

**7.8.9** 井室及其他附属构筑物周围回填应符合下列规定：

1 井室周围与管道沟槽应同时回填，当分开回填时，应留台阶形接茬；

2 井室周围回填压实时应沿井室中心对称进行，且不得漏夯；

3 压实后的回填材料应与井壁贴紧；

4 位于路基范围的井室，应采用灰土、砂、砂砾等材料回填，回填宽度不宜小于 400mm；

5 严禁在槽壁取土回填。

## 8 管道功能性试验

### 8.1 一般规定

8.1.1 管道安装完成后应进行水压试验。原水管道使用前应进行冲洗；生活饮用水管道并网前应进行冲洗、消毒。

8.1.2 管道水压试验应根据工程实际情况采用允许压力降值和允许渗水量值的一项或两项作为水压试验合格的最终判定依据。

8.1.3 管道水压试验应采取安全防护措施，作业人员应按相关安全作业规程进行操作。管道水压试验和冲洗消毒严禁取用污染水源的水，排出的水不应影响周围环境。

8.1.4 冬季进行管道水压试验时，受冰冻影响的地区应采取防冻措施。

### 8.2 接口单口水压试验

8.2.1 管道接口单口水压试验应符合下列规定：

- 1 管道安装时应将进水口置于管道底部，排气孔置于管道上部；
- 2 水压试验前应先排净接口腔内的空气；
- 3 管道单口水压试验压力值不得小于本规程第 8.3.11 条规定的试验压力；
- 4 试压可采用手提式试压泵，将压力升至试验压力，恒压 2min，无压力降为合格；
- 5 单口试压接口漏水时，应立刻拔出管节，找出原因，重新安装，直到符合要求为止；
- 6 试压合格后，取下试压嘴，在试压孔上用螺栓或丝堵拧紧。

**8.2.2** 单口水压试验的程序应符合下列规定：

- 1 管道安装完成后随即进行第一次接口单口水压试验；
- 2 每安装3节管道后，应对先前安装的第1节管接口进行第二次水压试验。

### **8.3 管道分段水压试验**

**8.3.1** 管道分段水压试验的管段长度，不宜大于1.0km。

**8.3.2** 水压试验前，施工单位应编制试压方案，并应包括下列内容：

- 1 后背及堵板的设计；
- 2 进水管路、排气孔及排水孔的设计；
- 3 加压设备、压力计的选择及安装的设计；
- 4 排水疏导措施；
- 5 升压分级的划分及观测制度的规定；
- 6 试验管段的稳定措施和安全措施。

**8.3.3** 采用后背支撑法试压时，试验管段的后背应符合下列规定：

- 1 后背应设在原状土或人工后背上，土质松软时应采取加固措施；
- 2 后背墙面应平整并与管道轴线垂直；
- 3 试验管段端部的第一个接口应采用柔性接口，或采用特制的柔性接口堵板。

**8.3.4** 水压试验采用限制接头连接预应力钢筒混凝土管或者钢管平衡堵板推力时，管道约束段长度应计算确定，试验段管顶覆土必须达到计算厚度。

**8.3.5** 水压试验采用在管线上下游两个试验段之间设中隔板，两侧管段同时试压时，应对试压装置、压力差、试验方法等进行专项设计。

**8.3.6** 水压试验采用的设备、仪表规格及其安装应符合下列规定：

1 采用弹簧压力计时，精度不低于 1.5 级，最大量程宜为试验压力的 (1.3~1.5) 倍；

2 水泵、压力计应安装在试验段的两端部与管道轴线相垂直的支管上。

8.3.7 管道试压前，附属设备安装应满足下列规定：

- 1 非隐蔽管道的固定设施已按设计要求安装合格；
- 2 管道附属设备已按要求紧固、锚固合格；
- 3 管道的支墩、锚固设施混凝土强度已达到设计强度；
- 4 未设置支墩、锚固设施的管件，应按试验要求检验管道稳定性；

5 设有限制接头的管段上的覆土厚度和密实度经检验已符合设计要求。

8.3.8 水压试验前的准备工作应符合下列规定：

- 1 试验管段所有敞口应封闭，不得有渗漏水现象；
- 2 试验管段不得含有消火栓、水锤消除器、安全阀等附件；
- 3 水压试验前应清除管道内杂物；
- 4 管道顶部回填土宜留出接口位置。

8.3.9 向管道内注水应从管段的下游缓慢注入，并应在试验管段上游的管顶及管段中的高点设置排气阀，将管道内的气体排出。

8.3.10 试验管段注满水后，宜在不大于工作压力条件下充分浸泡 72h 以上，再进行水压试验。

8.3.11 管道分段水压试验应符合下列规定：

- 1 试验压力应按表 8.3.11 确定；

表 8.3.11 管道分段水压试验的试验压力 (MPa)

工作压力 $P$	试验压力
$P \leq 0.6$	$1.5P$
$P > 0.6$	$P + 0.3$

- 2 管道升压时，应将管道内的气体排净；

3 应分级升压，每升一级应检查后背、支墩、管身及接口，无异常现象时方可再继续升压；

4 水压试验时，严禁修补缺陷。

8.3.12 管道水压试验采用允许压力降法时，分为预试验和主试验两个阶段，单口水压试验合格的管段，可直接进入主试验阶段，并应符合下列规定：

1 预试验阶段：应将管道内水压升至试验压力并稳压 30min，期间如有压力下降可注水补压，管道接口、配件等处无漏水、损坏现象，则可转入主试验阶段；

2 主试验阶段：停止注水补压，稳定 15min，当 15min 后压力降不超过 0.03MPa 时，再将压力降至工作压力恒压 30min，外观检查无漏水现象，则判定允许压力降法水压试验合格。

8.3.13 管道水压试验采用允许渗水量方法时，宜采用注水法，并应符合下列规定：

1 注水法试验：压力升至试验压力后开始计时，每当压力下降应及时向管道内补水，但最大压降不得大于 0.03MPa，保持管道试验压力恒定不应少于 2h，并应计量恒压时间内补入试验管段内的水量；

2 实测渗水量应按下列式计算：

$$q_{sh} = \frac{W}{T \cdot L} \times 1000 \quad (8.3.13-1)$$

式中： $q_{sh}$ ——实测渗水量 (L/min·km)；

$W$ ——恒压时间内补入管道的水量 (L)；

$T$ ——从开始计时至保持恒压结束的时间 (min)；

$L$ ——试验管段的长度 (m)。

3 管道水压试验允许渗水量可按下列式计算：

$$q_{yu} = 0.14\sqrt{D_i} \quad (8.3.13-2)$$

式中： $q_{yu}$ ——允许渗水量 [L/(min·km)]；

$D_i$ ——管道内径 (mm)。

4 管道实测渗水量 ( $q_{sh}$ ) 小于允许渗水量 ( $q_{yu}$ )，则判定

管道水压试验合格。

#### 8.4 给水管道冲洗与消毒

8.4.1 给水管道冲洗应符合下列规定：

- 1 管道冲洗前应编制实施方案；
- 2 冲洗时，应避免用水高峰；
- 3 应采用不小于 1.0m/s 的流速连续冲洗。

8.4.2 生活饮用水管道冲洗与消毒应符合下列规定：

- 1 管道冲洗消毒应符合现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的规定。
- 2 管道第一次冲洗应用清洁水冲洗至出水口水样浊度小于 3NTU 为止；
- 3 管道第二次冲洗应采用有效氯离子含量不低于 20mg/L 的清洁水浸泡 24h 后，再用清洁水进行冲洗，直至水质检测合格为止。

## 9 工程验收

**9.0.1** 预应力钢筒混凝土管管道工程完工后应进行竣工验收，并应合格后方可交付使用。

**9.0.2** 预应力钢筒混凝土管管道工程竣工验收应在分项、分部、单位工程质量验收合格的基础上进行，管道工程施工质量控制应符合下列规定：

1 各分项工程应按照施工技术标准进行质量控制，每个分项工程完成后，必须进行检验；

2 相关各分项工程之间，必须进行交接检验，所有隐蔽分项工程必须进行隐蔽验收，未经检验或验收不合格时，不得进行下道分项工程施工。

**9.0.3** 预应力钢筒混凝土管管道工程质量检验项目、方法及程序应符合现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定。

**9.0.4** 预应力钢筒混凝土管管道竣工验收时，应核实竣工验收资料和进行必要的复验及外观检查，并应填写竣工验收记录。竣工验收资料应至少包括下列内容：

- 1 施工合同；
- 2 开工、竣工报告；
- 3 设计文件、设计变更、施工业务联系单、监理业务联系单、工程质量整改通知单；
- 4 设计交底及工程技术会议纪要；
- 5 临时水准点、管道轴线复核及施工测量放样复核记录；
- 6 管道及附属构筑物地基和基础的验收记录；
- 7 混凝土、砂浆、防腐、焊接、管道连接检验记录；
- 8 穿越铁路、公路、河流等障碍物的工程记录；

- 9 质量自检记录、分项、分部工程质量检验评定单；
- 10 管材、管件、设备的出厂合格证书和检验记录；
- 11 各类材料试验报告、质量检验报告；
- 12 管道水压试压、冲洗和消毒检验记录；
- 13 工程质量事故处理及上级部门审批记录；
- 14 回填施工及回填土密实度检验记录；
- 15 全套竣工图、初验整改通知单、终验报告单、验收会议记录。

**9.0.5** 通过返修或加固处理仍不能满足安全或使用功能要求的分部（子分部）工程、单位（子单位）工程，不得验收。

**9.0.6** 工程竣工验收后，建设单位应将有关文件和技术资料归档，并应办理竣工备案手续。

## 附录 A 管顶竖向土压力标准值

**A.0.1** 开槽施工的管道，其管顶竖向土压力标准值应按下列式计算：

$$F_{sv,k} = C_d \gamma_s H_s D_1 \quad (\text{A.0.1})$$

式中： $F_{sv,k}$ ——每延米管道上管顶竖向土压力标准值（kN/m）；

$C_d$ ——开槽施工竖向土压力系数，一般可取 1.2；抗浮计算时取 1.0；

$\gamma_s$ ——回填土单位体积的自重标准值（kN/m<sup>3</sup>），可取 18kN/m<sup>3</sup>；抗浮计算时，地下水位以下取浮重度；

$H_s$ ——管顶至设计地面的覆土高度（m）；

$D_1$ ——管道外径（m）。

**A.0.2** 当设计地面高于原状地面，管顶覆土为填埋式时，管顶竖向土压力标准值可按下列式计算：

$$F_{sv,k} = C_c \gamma_s H_s D_1 \quad (\text{A.0.2})$$

式中： $C_c$ ——填埋式竖向土压力系数，可取 1.4。

## 附录 B 侧向土压力标准值

**B. 0. 1** 对埋设在地下水水位以上的管道，作用在管道上的侧向主动土压力标准值应按下式计算：

$$F_{ep,k} = \frac{1}{3} \gamma_s Z \quad (\text{B. 0. 1})$$

式中： $F_{ep,k}$ ——管侧主动土压力标准值（ $\text{kN/m}^2$ ）；

$Z$ ——自地面至计算截面处的深度（ $\text{m}$ ）。

**B. 0. 2** 对埋设在地下水水位以下的管道，作用在管道上的侧向主动土压力标准值应按下式计算：

$$F_{ep,k} = \frac{1}{3} [\gamma_s Z_w + \gamma'_s (Z - Z_w)] \quad (\text{B. 0. 2})$$

式中： $\gamma'_s$ ——地下水水位以下回填土的有效单位体积自重标准值，可取  $10\text{kN/m}^3$ ；

$Z_w$ ——自地面至地下水位的距离（ $\text{m}$ ）。

**B. 0. 3** 作用在管侧的被动土压力标准值，可按下式计算：

$$F_{pk} = \gamma_s \cdot Z \cdot \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi_c}{2} \right) \quad (\text{B. 0. 3})$$

式中： $\phi_c$ ——土的等效内摩擦角，应根据试验确定；当无试验数据时，可取  $30^\circ$ 。

## 附录 C 预应力张拉工艺的预应力损失

**C.0.1** 钢丝应力松弛引起的预应力损失  $\sigma_{s1}$ ，应按下列公式计算：

$$\sigma_{s1} = 0.08\sigma_{con} \cdot \phi_1 \cdot \phi \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$\phi = \frac{\phi_1 A_{p1} + \phi_2 A_{p2}}{A_{p1} + A_{p2}} \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中： $\sigma_{s1}$  —— 钢丝松弛引起的预应力损失 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$\sigma_{con}$  —— 预应力钢丝的张拉控制应力 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$\phi_1$  —— 管芯制管工艺影响系数，当立式浇筑时应取 1.0，当离心机成型时应取 1.2；

$\phi$  —— 配筋影响系数；

$\phi_1$ 、 $\phi_2$  —— 分别为对第一层、第二层钢丝的配筋影响系数，对单层配筋应取 1.0；对双层配筋的第一层钢丝，当其配筋率  $\rho_1 \geq 1.0\%$  时应取 0.7，当其配筋率  $\rho_1 < 1.0\%$  时宜取 1.0；对双层配筋的第二层钢丝，当其配筋率  $\rho_2 \geq 1.0\%$  时应取 1.0，当其配筋率  $\rho_2 < 1.0\%$  时宜取 1.1。

$A_{p1}$ 、 $A_{p2}$  —— 分别为第一、二层预应力钢丝的截面面积 ( $\text{mm}^2/\text{m}$ )。

**C.0.2** 混凝土收缩、徐变引起的预应力损失  $\sigma_{s2}$ ，应按表 C.0.2 的规定采用：

表 C.0.2 混凝土收缩、徐变引起的预应力损失 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$\sigma_p/f'_{cm}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$\sigma_{s2}$	20	30	40	50	60

注：1 表中  $\sigma_p$  为管壁环向截面上的法向预压应力，此时预应力损失仅考虑混凝土预压前的损失；

2  $f'_{cm}$  为施加预应力时的混凝土立方体抗压强度，可取  $0.7f_{cu,k}$ ， $f_{cu,k}$  为管芯混凝土的立方体抗压强度标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

管壁环向截面上的法向预压应力  $\sigma_p$  应按下列公式计算：

$$\sigma_p = \sigma_{p1} + \sigma_{p2} \leq 0.5f'_{ct} \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$\sigma_{p1} = \frac{A_{p1}\sigma_{con}}{A_{cy} + n_s A_{p1}} \quad (\text{C.0.2-2})$$

$$\sigma_{p2} = \frac{A_{p2}\sigma_{con}}{A'_{cy} + n_s(A_{p1} + A_{p2})} \quad (\text{C.0.2-3})$$

$$n_s = E_s/E_c \quad (\text{C.0.2-4})$$

式中： $n_s$ ——预应力钢丝弹性模量与管芯混凝土弹性模量之比；

$E_s$ ——预应力钢丝弹性模量（N/mm<sup>2</sup>）；

$E_c$ ——管芯混凝土弹性模量（N/mm<sup>2</sup>）；

$\sigma_p$ ——管壁环向截面上的法向预压应力（N/mm<sup>2</sup>）；

$\sigma_{p1}$ ——单层筋或第一层预应力钢丝对管壁环向截面的法向预压应力（N/mm<sup>2</sup>）；

$\sigma_{p2}$ ——第二层预应力钢丝对管壁环向截面的法向预压应力（N/mm<sup>2</sup>）；

$A_{cy}$ ——单层配筋时，管芯和钢筒的截面折算面积（mm<sup>2</sup>）；

$A'_{cy}$ ——双层配筋时，管芯、钢筒和内层钢丝砂浆保护层的截面折算面积（mm<sup>2</sup>）。

**C.0.3** 预应力钢筒混凝土管由于混凝土弹性压缩引起的预应力损失  $\sigma_{s3}$ ，应按下式计算：

$$\sigma_{s3} = 0.5n_s\rho_y\sigma_{con} \quad (\text{C.0.3})$$

式中： $\sigma_{s3}$ ——混凝土弹性压缩引起的预应力损失（MPa）；

$\rho_y$ ——环向预应力钢丝的配筋率（%）。

## 附录 D 地面车辆荷载对管道的作用标准值

**D.0.1** 地面车辆荷载对管道上的作用，包括地面行驶的各种车辆，其载重等级、规格型式应根据地面运行要求确定。

**D.0.2** 地面车辆荷载传递到埋地管道顶部的竖向压力标准值，可按下列方法计算：

1 单个轮压传递到管道顶部的竖向压力标准值可按下式计算（图 D.0.2-1）：

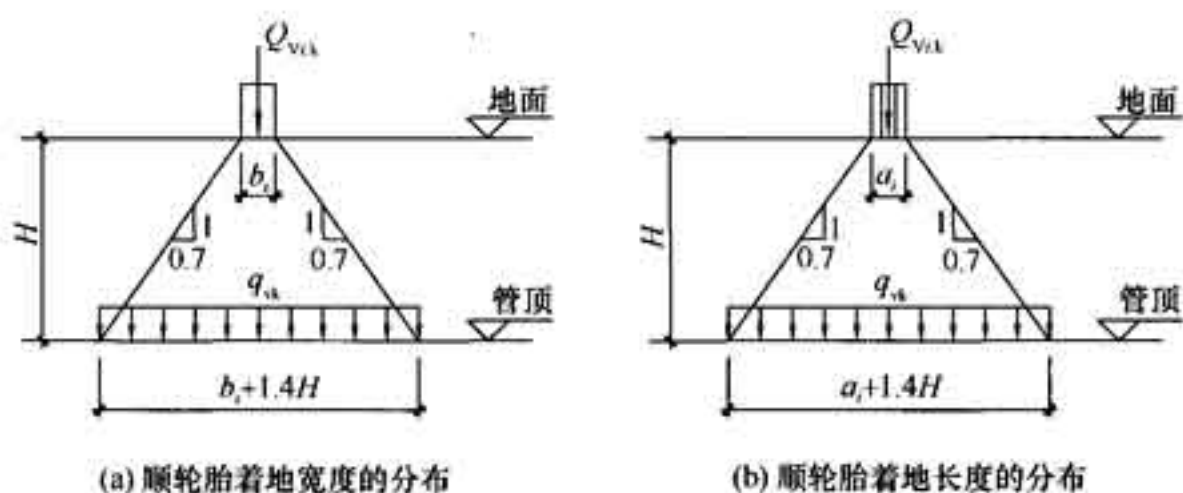


图 D.0.2-1 单个轮压的传递分布图

$$q_{vk} = \frac{\mu_d Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H)(b_i + 1.4H)} \quad (\text{D.0.2-1})$$

式中： $q_{vk}$  ——轮压传递到管顶处的竖向压力标准值（ $\text{kN/m}^2$ ）；

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

$a_i$  —— $i$  个车轮的着地分布长度（ $\text{m}$ ）；

$b_i$  —— $i$  个车轮的着地分布宽度（ $\text{m}$ ）；

$H$  ——自车行地面至管顶的深度（ $\text{m}$ ）；

$\mu_d$  ——动力系数，可按表 D.0.2 采用。

2 两个以上单排轮压综合影响传递到管道顶部的竖向压力

标准值，可按下式计算（图 D. 0. 2-2）：

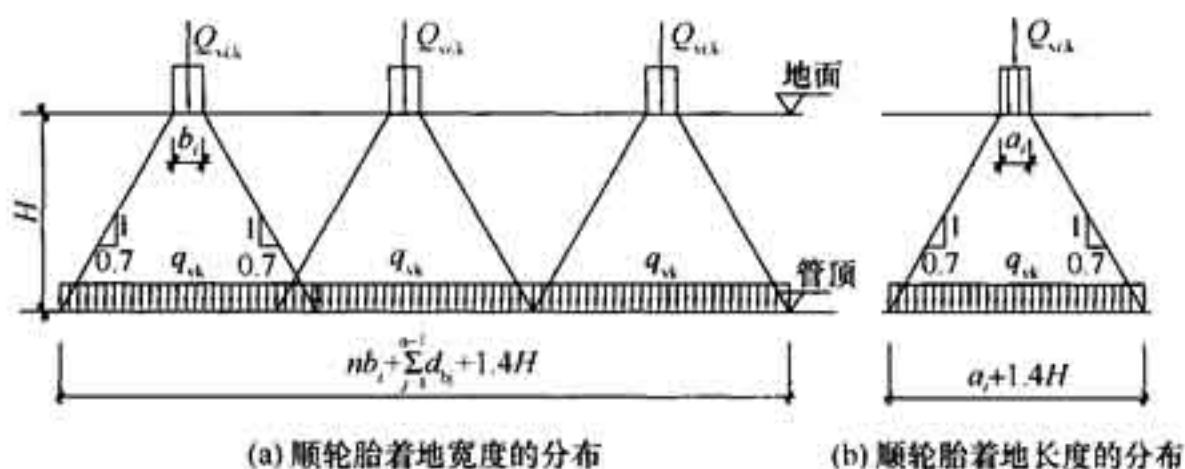


图 D. 0. 2-2 两个以上单排轮压综合影响的传递分布图

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

式中： $n$ ——车轮的总数量；

$d_{ij}$ ——沿车轮着地分布宽度方向，相邻两个车轮间的净距（m）。

表 D. 0. 2 动力系数  $\mu_d$

地面距管顶 (m)	0. 25	0. 30	0. 40	0. 50	0. 60	$\geq 0. 70$
动力系数 $\mu_d$	1. 30	1. 25	1. 20	1. 15	1. 05	1. 00

3 多排轮压综合影响传递到管道顶部的竖向压力标准值，可按下式计算：

$$q_{vk} = \frac{\mu_d \sum_{i=1}^n Q_{vi,k}}{(\sum_{j=1}^{m_a} a_j + \sum_{j=1}^{m_b-1} d_{aj} + 1.4H)(\sum_{i=1}^{m_b} b_i + \sum_{j=1}^{m_b-1} d_{ij} + 1.4H)} \quad (\text{D. 0. 2-3})$$

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）。

**D.0.3** 当地面设有刚性混凝土路面时，可不计地面车辆轮压对下部埋设管道的影响，但应按本规程式（D.0.2-1）或（D.0.2-2）计算路基施工时运料车辆和碾压机械的轮压作用影响。

**D.0.4** 地面运行车辆的载重、车轮布局、运行排列等规定，应按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的规定执行。

## 附录 E 预应力钢筒混凝土管弹性抵抗矩

**E.0.1** 管壁截面对管壁内侧截面受拉边缘弹性抵抗矩  $W_c$  应按下列式计算 (图 E.0.1):

$$W_c = \frac{I}{y_0} \quad (\text{E.0.1})$$

式中:  $W_c$  ——管壁截面对管壁内侧截面受拉边缘弹性抵抗矩 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ );

$I$  ——管壁折算后截面的惯性矩 ( $\text{mm}^4/\text{m}$ );

$y_0$  ——折算后截面形心轴至管壁内表面距离 (mm)。

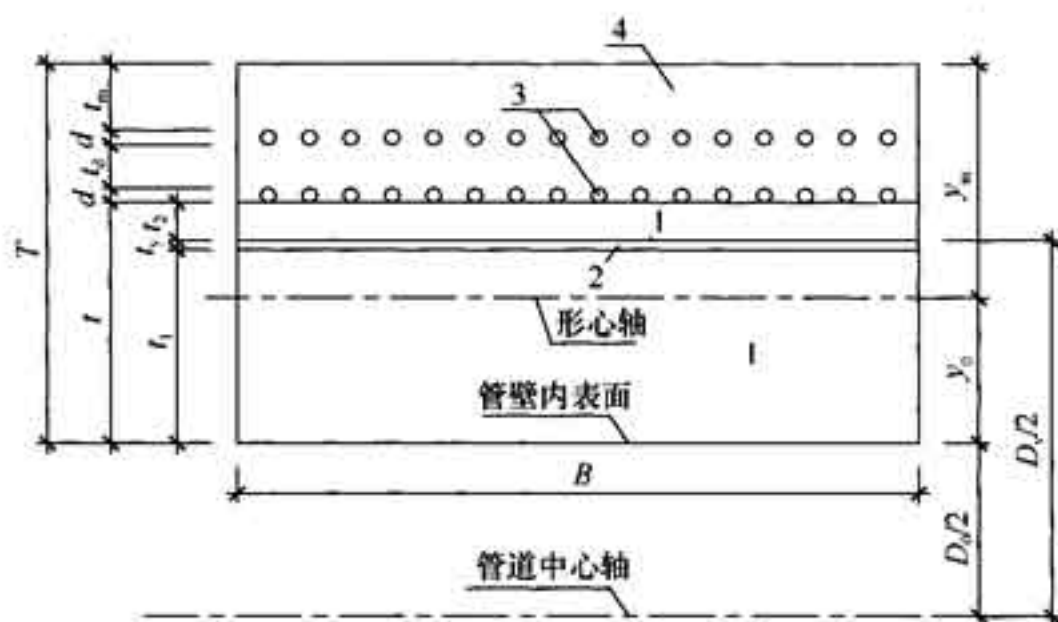


图 E.0.1 PCCP 管壁截面示意图

1—管芯混凝土; 2—钢筒; 3—钢丝; 4—砂浆保护层

**E.0.2** 管壁截面对管壁外侧截面受拉边缘弹性抵抗矩  $W_m$  应按下列式计算:

$$W_m = \frac{I}{T - y_0} \quad (\text{E.0.2})$$

式中:  $W_m$  ——管壁截面对管壁外侧截面受拉边缘弹性抵抗矩 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ );

$T$  ——管壁厚度 (mm)。

**E. 0.3** 折算后截面形心轴至管壁内表面距离  $y_0$  应按下列公式计算:

$$y_0 = \frac{S_n}{A_n} \quad (\text{E. 0. 3-1})$$

$$S_n = \frac{B \cdot t^2}{2} + (n_y - 1) \cdot B \cdot t_y \cdot \frac{D_y - D_0 - t_y}{2} + (n_s - n_m) \cdot \sum_{j=1}^n \left\{ A_{wj} \cdot \left[ t + (j-1) \cdot (d + t_d) + \frac{d}{2} \right] \right\} + n_m \cdot B \cdot (T - t) \cdot \left( \frac{T-t}{2} + t \right) \quad (\text{E. 0. 3-2})$$

$$A_n = B \cdot t + (n_y - 1) \cdot B \cdot t_y + (n_s - n_m) \cdot \sum_{j=1}^n A_{wj} + n_m \cdot B \cdot (T - t) \quad (\text{E. 0. 3-3})$$

式中:  $S_n$  ——管芯混凝土、砂浆、钢筒及钢丝截面对管壁内表面的折算面积矩 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ );

$A_n$  ——管芯混凝土、砂浆、钢筒及钢丝截面折算面积 ( $\text{mm}^2/\text{m}$ );

$B$  ——计算截面宽度, 取 1000mm;

$t$  ——管芯混凝土厚度 (含钢筒厚度) (mm);

$t_y$  ——钢筒厚度 (mm);

$t_m$  ——最外层钢丝的砂浆保护层厚度 (mm);

$t_d$  ——钢丝层间砂浆厚度 (mm);

$d$  ——钢丝直径 (mm);

$n$  ——钢丝配置层数;

$n_y$  ——钢筒弹性模量与混凝土弹性模量的比值,  $n_y = \frac{E_y}{E_c}$ ;

$E_y$  ——钢筒弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$E_c$  ——混凝土弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$n_s$  —— 钢丝弹性模量与混凝土弹性模量的比值,  $n_s = \frac{E_s}{E_c}$ ;

$E_s$  —— 钢丝弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$n_m$  —— 保护层砂浆弹性模量与混凝土弹性模量的比值,

$$n_m = \frac{E_m}{E_c};$$

$E_m$  —— 保护层砂浆弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ), 按本规程公式 (5.4.8-2) 计算。

**E.0.4** 管壁截面对折算后截面形心轴  $y_0$  的惯性矩  $I$  应按下列公式计算:

1 管壁截面对折算后截面形心轴  $y_0$  的惯性矩  $I$  应按下列公式计算:

$$I = I_c + I_y + I_s + I_m \quad (\text{E.0.4-1})$$

式中:  $I_c$ 、 $I_y$ 、 $I_s$ 、 $I_m$  —— 分别为管芯混凝土、钢筒、钢丝、砂浆折算截面对折算后截面形心轴  $y_0$  的惯性矩 ( $\text{mm}^4/\text{m}$ )。

2 管芯混凝土对折算后截面形心轴  $y_0$  的惯性矩应按下列公式计算:

$$I_c = \frac{B \cdot t^3}{12} + B \cdot t \cdot \left( \frac{t}{2} - y_0 \right)^2 \quad (\text{E.0.4-2})$$

3 钢筒折算截面对折算后截面形心轴  $y_0$  的惯性矩应按下列公式计算:

$$I_y = \frac{(n_y - 1) \cdot B \cdot t_y^3}{12} + (n_y - 1) \cdot B \cdot t_y \cdot \left( \frac{D_y - D_0 - t_y}{2} - y_0 \right)^2 \quad (\text{E.0.4-3})$$

4 钢丝折算截面对折算后截面形心轴  $y_0$  的惯性矩应按下列公式计算:

$$I_s = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{(n_s - n_m) A_{sj} \cdot d^2}{16} + (n_s - n_m) \cdot A_{sj} \left[ \frac{d}{2} + t + (j-1)(d+t_d) - y_0 \right]^2 \right\} \quad (\text{E.0.4-4})$$

5 砂浆折算截面对折算后截面形心轴  $y_0$  的惯性矩应按下式计算:

$$I_m = \frac{n_m \cdot B \cdot (T-t)^3}{12} + n_m \cdot B \cdot (T-t) \cdot \left( \frac{T-t}{2} + t - y_0 \right)^2 \quad (\text{E. 0. 4-5})$$

**E. 0. 5** 预应力钢丝中心至管壁折算截面重心的距离  $d_0$  (mm) 应按下式计算:

单层配筋时:

$$d_0 = t + \frac{d}{2} - y_0 \quad (\text{E. 0. 5-1})$$

双层配筋时:

$$d_0 = t + d + \frac{t_d}{2} - y_0 \quad (\text{E. 0. 5-2})$$

## 附录 F 圆形刚性管道在荷载 作用下的弯矩系数

表 F 圆形刚性管道在各种荷载作用下的最大弯矩系数

荷载类别	管基形式		土弧基础			混凝土管基		
	计算系数	支承角	20°	90°	120°	90°	135°	180°
		部位						
竖向土压力	$k_{vm}$	管底	0.266	0.178	0.155	—	—	—
		管顶	0.150	0.141	0.136	0.105	0.065	0.047
		管侧	-0.154	-0.145	-0.138	-0.105	-0.065	-0.047
侧向土压力	$k_{hm}$	管底	-0.125	-0.125	-0.125	-	-	-
		管顶	-0.125	-0.125	-0.125	-0.078	-0.052	-0.040
		管侧	0.125	0.125	0.125	0.078	0.052	0.040
管内水重	$k_{wm}$	管底	0.211	0.123	0.100	—	—	—
		管顶	0.079	0.071	0.066	0.077	0.053	0.044
		管侧	-0.090	-0.082	-0.072	-0.075	-0.059	-0.048
管自重	$k_{gm}$	管底	0.211	—	—	—	—	—
		管顶	0.079	—	—	0.080	0.080	0.080
		管侧	-0.090	—	—	-0.091	-0.091	-0.091

注：正号表示管内壁受拉；负号表示管外壁受拉。

## 附录 G 管道支墩和限制接头推力标准值 及抗推力标准值

**G.0.1** 管道支墩受内水推力标准值 (kN) 的计算应符合下列规定:

1 水平向管道支墩承受内水推力标准值 (kN) 应符合下列要求:

1) 水平弯头处支墩承受内水推力标准值应按下式计算:

$$F_{wp,k} = 2F_{wd,k}A\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (\text{G.0.1-1})$$

2) 三通及端头处支墩承受内水推力标准值应按下式计算:

$$F_{wp,k} = F_{wd,k}A \quad (\text{G.0.1-2})$$

3) 叉管处支墩承受内水推力标准值应按下式计算:

$$F_{wp,k} = F_{wd,k}A\sin\alpha \quad (\text{G.0.1-3})$$

4) 双叉管处支墩承受内水推力标准值应按下式计算:

$$F_{wp,k} = F_{wd,k}\left[2A_2\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) - A_1\right] \quad (\text{G.0.1-4})$$

5) 渐缩管处支墩承受内水推力标准值应按下式计算:

$$F_{wp,k} = F_{wd,k}(A_1 - A_2) \quad (\text{G.0.1-5})$$

式中:  $F_{wd,k}$  ——管道的设计内水压力标准值 (kN/m<sup>2</sup>);

$A$  ——管道承口内截面面积 (m<sup>2</sup>);

$A_1$  ——主管承口内截面面积 (m<sup>2</sup>);

$A_2$  ——支管承口内截面面积 (m<sup>2</sup>);

$\alpha$  ——弯头的角度, 以度计。

2 纵向管道弯头处支墩承受内水压力产生的水平力  $H$  标准值及垂直力  $V$  标准值应按下列公式计算:

$$F_{wp,k} = H \quad (\text{G.0.1-6})$$

$$H = F_{wd,k}A(1 - \cos\alpha) \quad (\text{G. 0. 1-7})$$

$$V = F_{wd,k}A\sin\alpha \quad (\text{G. 0. 1-8})$$

式中： $H$ ——纵向管道弯头处支墩承受内水压力产生的水平力标准值（kN）；

$V$ ——纵向管道弯头处支墩承受内水压力产生的垂直力标准值（kN）。

**G. 0. 2** 管道的支墩抗推力标准值计算应符合下列规定：

1 管道水平敷设方向改变处支墩抗推力标准值（kN）应按下列公式计算：

$$F_k = F_{pk} - F_{cp,k} + F_{fk} \quad (\text{G. 0. 2-1})$$

$$F_{fk} = \Sigma G \cdot f_c \quad (\text{G. 0. 2-2})$$

式中： $F_{fk}$ ——支墩底部滑动平面上的摩擦力标准值（kN）；

$F_{pk}$ ——作用在支墩抗推力一侧的被动土压力标准值的合力（kN），按本规程附录 B 计算；

$F_{cp,k}$ ——作用在支墩迎推力一侧的主动土压力标准值的合力（kN），按本规程附录 B 计算；

$f_c$ ——支墩底部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 管道纵向敷设方向改变处支墩抗推力标准值，应符合下列要求：

1) 管道纵向向上弯头支墩抗推力标准值，应按下列公式计算：

$$F_k = F_{pk} + F_{fk} \quad (\text{G. 0. 2-3})$$

$$F_{fk} = (\Sigma G + V) \cdot f_c \quad (\text{G. 0. 2-4})$$

2) 管道纵向向下弯头支墩抗推力标准值，应按下式计算：

$$F_k = (\Sigma G - V) \cdot f_c \quad (\text{G. 0. 2-5})$$

**G. 0. 3** 预应力钢筒混凝土管采用限制接头受内水推力标准值的计算应符合下列规定：

1 水平弯管及纵向弯管每侧管道方向的内水推力标准值

(kN) 应按下式计算:

$$F_{wp,k} = F_{wd,k} A \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (\text{G. 0. 3-1})$$

2 堵头处的内水推力标准值 (kN) 应按下式计算:

$$F_{wp,k} = F_{wd,k} A \quad (\text{G. 0. 3-2})$$

**G. 0. 4** 预应力钢筒混凝土管采用限制接头抗推力标准值的计算应符合下列规定:

1 水平弯管及堵头一侧管道自重抗推力标准值应按下式计算:

$$F_k = L(2G_e + G_p + G_w) f_p \quad (\text{G. 0. 4-1})$$

2 纵向弯管一侧管道自重抗推力标准值应按下式计算:

$$F_k = L(G_e + G_p + G_w) \cos\left(\phi - \frac{\alpha}{2}\right) \quad (\text{G. 0. 4-2})$$

式中:  $G_e$  ——管顶以上覆土荷载标准值 (kN/m);

$G_p$  ——管体自重荷载标准值 (kN/m);

$G_w$  ——管中水重荷载标准值 (kN/m);

$L$  ——弯管每一侧限制管道的长度 (m);

$f_p$  ——管道与土壤间的摩擦系数, 应根据土质、基础形式经试验确定;

$\phi$  ——管道与水平面的夹角 ( $^{\circ}$ )。

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

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

## 引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 4 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 5 《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046
- 6 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 7 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》 GB 50141
- 8 《工业金属管道工程施工规范》 GB 50235
- 9 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》 GB 50236
- 10 《给水排水管道工程施工及验收规范》 GB 50268
- 11 《给水排水工程管道结构设计规范》 GB 50332
- 12 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 13 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 14 《抗硫酸盐硅酸盐水泥》 GB 748
- 15 《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧薄钢板和钢带》  
GB 912
- 16 《预应力混凝土用钢丝》 GB/T 5223
- 17 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 18 《碳素结构钢冷轧薄钢板及钢带》 GB/T 11253
- 19 《建设用砂》 GB/T 14684
- 20 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 21 《混凝土输水管试验方法》 GB/T 15345
- 22 《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标  
准》 GB/T 17219
- 23 《预应力钢筒混凝土管》 GB/T 19685

- 24 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 25 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 26 《预应力与自应力混凝土管用橡胶密封圈》JC/T 748
- 27 《公路桥涵设计通用规范》JTG D60

中华人民共和国行业标准

城镇给水预应力钢筒混凝土管  
管道工程技术规程

**CJJ 224 - 2014**

条文说明

## 制 订 说 明

《城镇给水预应力钢筒混凝土管管道工程技术规程》CJJ 224-2014 经住房和城乡建设部 2014 年 11 月 5 日以第 620 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我国给水预应力钢筒混凝土管管道工程的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，取得了给水预应力钢筒混凝土管管道工程的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、院校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《城镇给水预应力钢筒混凝土管管道工程技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1	总则	69
2	术语和符号	70
2.1	术语	70
2.2	符号	70
3	材料	71
3.1	混凝土和砂浆	71
3.2	预应力钢丝	72
3.3	钢板	72
3.4	接口密封材料	72
4	水力计算	74
5	结构设计	75
5.1	一般规定	75
5.3	承载能力极限状态计算规定	77
5.4	正常使用极限状态验算规定	78
6	构造	81
6.2	配件和异形管	81
6.3	管道基础	81
6.4	沟槽与回填土	82
6.5	管道连接	82
6.6	管道防腐	83
7	管道施工	85
7.1	一般规定	85
7.3	沟槽开挖	85
7.4	沟槽支护	86
7.5	基础施工	86

8	管道功能性试验.....	87
8.1	一般规定 .....	87
8.2	接口单口水压试验 .....	88
8.3	管道分段水压试验 .....	88
9	工程验收.....	90

# 1 总 则

**1.0.2** 本规程适用新建、扩建和改建采用预应力钢筒混凝土管的城镇输配水管道工程设计、施工及验收。其中设计包括管道工艺和结构；施工包括管道敷设、安装和管道功能性试验；验收指管道工程验收。

**1.0.3** 预应力钢筒混凝土管按结构分为内衬式预应力钢筒混凝土管（PCCPL）和埋置式预应力钢筒混凝土管（PCCPE）；按接口密封型式又可分为单胶圈预应力钢筒混凝土管（PCCPSL、PCCPSE）和双胶圈预应力钢筒混凝土管（PCCPDL、PCCPDE）；预应力钢筒混凝土管的结构形式、基本尺寸、制管工艺、产品质量控制、试验方法、检验规则以及产品的标志、运输和保管应符合现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685 的规定。

本规程依据现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013、《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268、《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685，并参考了现行中国工程建设标准化协会标准《给水排水工程埋地预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管管道结构设计规程》CECS140、《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》CECS 141 和美国《预应力钢筒混凝土压力管》ANSI/AWWAC301、《预应力钢筒混凝土压力管设计标准》ANSI/AWWAC304 和《混凝土压力管》AWWAM9 手册等规定的相关内容，并结合我国近二十余年来采用预应力钢筒混凝土管建设大型长距离输水工程积累的大量成果和丰富经验制定的。本规程制定将会推动 PCCP 管的推广应用和保证输水工程运行的安全。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

**2.1.2** 预应力钢筒混凝土管配件包含弯管、T形三通、Y形三通、十字形四通，连接设备和其他管道的管件，以及连接支管、人孔、排气阀、泄水阀等的各类出口管件。

**2.1.3** 异形管归属预应力钢筒混凝土标准管的范畴，包括短管、斜口管及带有人孔、排气阀、泄水阀和连接支线出口件的标准管。

### 2.2 符 号

符号系根据下列原则确定：

**1** 在现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013、《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 中应用的符号，在本规程出现过的原则上都采用，以方便工程设计。

**2** 在《预应力钢筒混凝土压力管》ANSI/AWWAC301、《预应力钢筒混凝土压力管设计标准》ANSI/AWWAC304 和《混凝土压力管》AWWAM9 手册中列出的符号，本规程采用时，按照现行国家相关标准的规定，做了调整后采用。

**3** 增添本规程应用的主要符号。

## 3 材 料

### 3.1 混凝土和砂浆

**3.1.1** 预应力钢筒混凝土管管芯混凝土强度标准值、弹性模量等力学指标在管材结构设计时，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定采用，其中标准管的管芯混凝土强度等级不应低于 C40，配件混凝土强度等级不应低于 C30，管材制作时也应严格控制。

**3.1.2** 预应力钢筒混凝土管水泥砂浆保护层厚度一般为 20mm，由于砂浆保护层厚度较薄，所以砂浆保护层强度必须严格控制，因此规定砂浆保护层强度标准值不得低于 45MPa。

**3.1.3** 本条为强制性条文。预应力钢筒混凝土管（PCCP）水泥砂浆保护层吸水率非常重要，它是水泥砂浆保护层致密性判断的重要指标，显示砂浆层保护预应力钢丝抵抗环境介质腐蚀的能力以及管道使用期间的安全性。

现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685 规定：“水泥砂浆吸水率的全部试验数据平均值不应超过 9%，单个值不应超过 11%”。美国标准《预应力钢筒混凝土压力管》ANSI/AWWA C301 对 PCCP 水泥砂浆保护层的吸水率也作了相同的规定。现行国家标准《混凝土输水管试验方法》GB/T 15345 规定了 PCCP 砂浆保护层吸水率的试验方法。本条规定与相关标准对 PCCP 砂浆保护层吸水率的规定协调。

**3.1.4** 预应力钢筒混凝土管的管芯混凝土应严格控制碱含量，制管前配制混凝土时，应进行碱集料反应试验，如采用碱活性骨料时，应采用低碱水泥，并控制每立方米混凝土中碱含量小于 3kg。

**3.1.10** 本条是根据现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》

GB 50046 - 2008 第 4.2.3 条规定制定的。

### 3.2 预应力钢丝

3.2.1 制管预应力钢丝质量十分重要，厂家应选用符合国家标准的产品，应按国家规定进行抗拉伸长率、扭转及氢脆性灵敏度试验，检验预应力钢丝的性能，以保证成品管材的质量。

### 3.3 钢 板

3.3.1 钢筒和配件用钢板的物理力学性能是管材质量的保证，因此本条作出明确规定。

### 3.4 接口密封材料

3.4.1 管道接口橡胶圈的安装采用滑入式，安装时要严格遵守操作规程，防止单口打压时出现水路不通的现象。

3.4.6 对于地质条件差、温差变化较大的地域，设计时管道接口内缝隙采用聚硫密封膏柔性填充效果好，这样一方面克服了不良地基过大沉降及温度变化引起管道的伸缩对接口的影响，另一方面也解决了采用水泥砂浆填充缝隙脱落影响输水能力的弊病。预应力钢筒混凝土管埋设在土壤及地下水腐蚀性较大的地域，为防止环境对承插口的腐蚀，采用聚硫密封膏填充接口缝隙效果较好。

3.4.8 本条为强制性条文。现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749 规定：“生活饮用水的输配水设备，防护材料和水处理材料不应污染生活饮用水，应符合《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的规定”。管道接口内缝隙的填充材料、胶圈、润滑剂及管道内壁防腐涂料直接与生活饮用水接触，因此必须按现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的规定检验。

预应力钢筒混凝土管道采用柔性接口的工程在增多，柔性接口的填充材料目前多采用聚硫密封膏。因此必须对接口填充的聚

疏密封膏、胶圈、润滑剂以及管道内壁采用的防腐涂料等进行卫生指标检查。采用的上述产品必须有省级以上卫生部门出具的按现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 标准检验并取得合格的证书，无合格证书的产品不得采用。

## 4 水力计算

**4.0.1、4.0.2** 给水预应力钢筒混凝土管沿程水头损失计算十分重要，其水头损失一般占总水头损失的90%以上，而沿程水头损失水力计算公式的选择和管道内壁粗糙系数的确定是关键。

本规程依据现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013的规定，结合预应力钢筒混凝土管的水力特性，确定沿程水头损失计算采用水流紊流水力粗糙区的舍齐(cheyy)公式，舍齐系数采用巴甫洛夫公式或曼宁公式计算。管道内壁粗糙系数 $n$ 值的取值，参考现行国家标准《室外给水设计规范》GB 50013的规定，结合国内大型输水工程的实际，确定 $n$ 值采用0.0110~0.0125。大口径输水管道，在 $0.10 \leq R \leq 3.00\text{m}$ ， $0.011 \leq n \leq 0.040$ 时，水力半径的计算指数 $y$ 宜采用巴甫洛夫公式 $y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.10)$ 计算，有时为简化计算 $y$ 值取 $\frac{1}{6}$ ，这也就演变成常用的曼宁公式。

**4.0.3** 管道局部水头阻力系数可采用水力试验测试的数值(相关水力计算手册等可查取)，然后按本规程式(4.0.3)进行计算。一般情况局部水头损失占沿程水头损失的5%~10%，但在河网地区，管道线路不顺直，频繁穿越障碍，局部损失可达到20%~30%。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

**5.1.2** 根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定，对地下管道结构的设计使用年限限定不应少于 50 年，又依据预应力钢筒混凝土管在国外输水工程中的应用起始于 40 年代，现仍在运行的实例较多，因此规定了预应力钢筒混凝土管管道工程结构设计使用年限为 50 年。

**5.1.3** 预应力钢筒混凝土管管道结构设计依据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定，按承载能力极限状态和正常使用极限状态两种极限状态进行设计。

**5.1.7** 本条规定了预应力钢筒混凝土管配件的设计应符合现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332，同时可参照其他相关规范。这主要是指美国 AWWA《混凝土压力管》M9 手册、中国工程建设标准化协会标准《给水排水工程埋地预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管管道结构设计规程》CECS140、《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》CECS141。

**5.1.8** 本条规定弯管强度计算原则。弯管中心线半径大于或等于 2.5 倍钢管外径时，弯管强度计算可按直管段钢管计算壁厚。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》CECS141 规定钢管直管段强度计算应符合下列规定：

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

$$r_0\sigma \leq f \quad (2)$$

式中： $\sigma_0$ ——钢管管壁截面的最大环向应力（N/mm<sup>2</sup>）；

$\sigma$ ——钢管管壁截面的最大组合折算应力（N/mm<sup>2</sup>）；

$\eta$ ——应力折算系数，可取 0.9。

$f$ ——钢管管材或焊缝的强度设计值，可根据现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定采用；

$r_0$ ——管道结构重要性系数，可根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定采用。

美国 AWWA《混凝土压力管》M9 手册规定钢管计算方法，应先按工作压力进行强度计算，然后校核其外荷载承受能力，要求承受更大外部荷载时，可增加钢筒厚度或添加辅助加固措施。直管段钢管环向应力可采用下列公式计算：

$$T_r = \frac{P_w D_{yi}}{2f_s} \quad (3)$$

式中： $T_r$ ——钢筒所需钢板的厚度（mm）；

$P_w$ ——工作压力（N/mm<sup>2</sup>）；

$D_{yi}$ ——钢筒内径（mm），对于异形管， $D_{yi}$ 取大口径端的内径；

$f_s$ ——钢筒允许环向应力（N/mm<sup>2</sup>），不得大于 114（N/mm<sup>2</sup>）。另外，渐变管、承接管（转换用配件）、合拢管强度计算也可采用直管段钢管计算原则。

配件验算承受外部荷载能力时，可按本规程第 5.4.9 条的规定执行。

当弯管中心线半径小于 2.5 倍钢管外径时，应进行补强计算。美国 AWWA《混凝土压力管》M9 手册的推荐的计算公式：

$$T_r = \frac{P_w D_{yo}}{2f_s} \times \frac{(R/D_{yo}) - 0.167}{(R/D_{yo}) - 0.500} \quad (4)$$

式中： $T_r$ ——钢筒所需钢板的厚度（mm）；

$D_{yo}$ ——钢筒外径（mm）；

$R$ ——弯管中心线半径（mm）。

**5.1.9** 本条规定了 T 形三通、Y 形三通、十字形四通配件的钢管应增加壁厚或采取加固措施弥补开孔洞对钢管强度的影响。加固措施的类型可根据支管直径与主管直径尺寸之间的比例关系，选取衬圈、封套加固或加劲环。具体计算方法可采用 AWWA

《混凝土压力管》M9 手册推荐的公式。

### 5.3 承载能力极限状态计算规定

**5.3.2** 本条管道的重要性系数  $\gamma_0$ ，对给水工程中的输水管道，从供水安全性考虑，如果单线敷设，并未设调蓄设施时应予提高标准，重要性系数  $\gamma_0$  取 1.1。

**5.3.4** 本条给出了预应力钢筒混凝土管的管体截面强度计算公式。本条参考中国工程建设标准化协会标准《给水排水工程埋地预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管管道结构设计规程》CECS140:2011 中第 6.1.4 条。需要说明以下几点：

1 在进行强度计算时，不考虑受拉区混凝土参加工作，管体截面在组合作用下产生的拉力，完全由钢丝和钢筒承担，为此，核算截面应针对管体的起拱点；

2 管体的截面面积，考虑了管芯混凝土、钢筋、钢筒和砂浆保护层的折算面积；

3 公式中的综合调整系数  $\lambda$ ，取值和含义详见中国工程建设标准化协会标准《给水排水工程埋地预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管管道结构设计规程》CECS140:2011 条文说明第 6.1.4 条。

**5.3.5** 本条为强制性条文。给出了满足抗浮稳定的计算表达式。式中对抗浮的荷载，只计入作用在管顶的土压力和管道自重。实际上，在出现上浮失稳时，管顶土的破坏棱体重量要大于管顶土压力，同时还存在管壁与土体间的摩擦力。无疑，所给出的计算公式中，对抗浮荷载的估计是偏小的，但工程应用较为方便，因此相应的抗浮稳定性抗力系数  $K_f$  仅规定取 1.1。这是两者相匹配的设计方法，可以满足工程应用要求。计算管顶竖向土压力时，应考虑地下水和地表水的浮托力，水位以下部分的土体采用浮重度。现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 也作了相同的规定，并也列为强条。

**5.3.6** 本条为强制性条文。预应力钢筒混凝土管采用承插接口，

接口处不能承受较大的拉力，管道在水平或竖向出现敷设方向改变时，由于管道内水压力的作用往往造成管道脱口破坏，因此该处应采取抗推力措施。支墩是普遍采用的抵抗推力的有效措施，缺点是体积大、笨重，又不适宜设置在软土地基上，尤其在管道周围建（构）筑物密集的情况下，没有设置支墩的位置，这时可采用限制接头连接多节管道抵抗推力。采用支墩或者限制接头连接多节管道抵抗推力时，都应进行抗滑稳定性验算。采用支墩等止推措施抵抗推力时，抗推力计算采用了被动土压力，而抗推力真正达到被动土压力时管道将产生明显的滑动（位移），因此抗滑稳定性抗力系数  $K_s$  为 1.5，实质上是对被动土压力给予适当的限制，以达到避免或尽量减少管道位移的目的。限制接头管道连接段主要利用管道与土体的摩擦力抵抗推力，抗滑稳定性抗力系数  $K_s$  采用 1.1。

#### 5.4 正常使用极限状态验算规定

**5.4.5** 本条给出了预应力钢筒混凝土管控制管芯混凝土开裂的计算公式。本条参考中国工程建设标准化协会标准《给水排水工程埋地预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管管道结构设计规程》CECS140：2011 中第 6.2.2 条。需要说明以下几点：

1 该计算公式系管芯混凝土控制开裂的核算，应核算管底或管顶的截面，此工况外荷载对截面轴向力的影响较小，计算公式中未计入。

2 公式中采用受拉区混凝土的影响系数  $K$ ，作为对混凝土抗拉强度的调整。这主要是因为美国 ANSI/AWWA C304 规程对混凝土抗拉强度取值的放大倍数与我国现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定相差较大，且美国 ANSI/AWWA C301 规范对用制管集料和水泥等配制的混合物要进行混凝土蠕变和收缩的质量保证试验，并考虑了材料的延性。引入的受拉区混凝土的影响系数  $K$  使该公式型式与我国现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 相协调，同时该公式采用工程

校核法比较后，在保证管道结构的安全可靠下，配筋结果与美国 ANSI/AWWA C304 规程是协调的。

受拉区混凝土的影响系数  $K$  值的推导依据详见中国工程建设标准化协会标准《给水排水工程埋地预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管管道结构设计规程》CECS140:2011 条文说明第 6.2.2 条。

**5.4.6、5.4.7** 本条分别规定了在标准组合和准永久组合作用下，管侧截面水泥砂浆抗裂度验算。砂浆保护层开裂控制较严格，这是避免钢丝锈蚀保证 PCCP 管的使用年限的重要保护措施。 $\alpha_m = 5.0, \alpha'_m = 4.0$  是砂浆保护层应变参数。

本条参考中国工程建设标准化协会标准《给水排水工程埋地预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管管道结构设计规程》CECS140:2011 中第 6.2.3 条、第 6.2.4 条。

**5.4.9** 本条规定了采用水泥砂浆、混凝土内衬和外保护层的管件刚度验算的原则规定。采用水泥砂浆、混凝土内衬和外保护层的管件采用半刚性管模型分析计算，刚度验算应考虑管件钢板及内外水泥砂浆或保护层的组合刚度，相当于水泥砂浆（混凝土）的内衬和外保护层及钢板组成三层状态的管环的组合刚度。最大竖向变形可采用斯潘格勒（M. G. Spangler）公式计算，计算时宜采用 AWWA《混凝土压力管》M9 手册规定的方法。

$$\Delta r = \frac{D_i \cdot K \cdot W \cdot r^3}{EI + 0.061E'r^3} \quad (5)$$

式中： $\Delta r$  —— 配件钢筒管的计算变形（mm）；

$D_i$  —— 变形滞后效应系数，取 1.0；

$K$  —— 管道变形系数，应根据管道基础支承角确定；

$W$  —— 单位长度配件钢筒管承受的外荷载总和（N/mm）；

$r$  —— 配件钢筒的半径；

$EI$  —— 单位长度配件钢筒管管壁和内外层水泥砂浆组合刚度（N·mm）；

$E'$  ——配件沟槽回填土综合变形模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

按上式计算出的配件钢筒管的计算变形  $\Delta x$  应满足下式要求：

$$\Delta x \leq [\Delta x] \quad (6)$$

配件允许变形量  $[\Delta x]$  采用 AWWA 《混凝土压力管》 M9 手册的规定值，即取  $D_0^2/100000(\text{mm})$  和  $0.02D_0(\text{mm})$  二项中的较小数值。

管件刚度验算不满足要求时，可增加水泥砂浆（混凝土）内衬和外保护层厚度或者对管件增加肋板。当外保护层厚度超过 50mm 时，则采用双层钢丝网片，两层网片距离应大于 20mm。

## 6 构 造

### 6.2 配件和异形管

**6.2.1** 预应力钢筒混凝土管由标准管、配件、异形管组成。配件主要包含弯管、T(Y)形三通、十字形四通、变径管、铠装管；一端承插口另一端为法兰盘的管件（用来与设备连接）；PCCP与其他不同管材、管径连接的转换件；施工安装用的合拢管；用于连接支管、人孔、排气阀、泄水阀所需的各类出口管件。

**6.2.2** 配件钢板厚度应进行结构计算确定，但为保证配件的使用安全，表 6.2.2 规定了钢板的最小厚度。配件钢板最小厚度参考现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685 及国内预应力钢筒混凝土管主要生产厂技术资料校对后确定的。

**6.2.4** 本条规定了配件焊缝质量等级，焊缝射线照相和超声波检验方法执行的标准。本条规定参考现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 有关钢管安装要求确定的。

**6.2.9、6.2.10** 异形管归属预应力钢筒混凝土标准管的范畴，包括短管、斜口管及带有出口管件的标准管。PCCP 管道组装时，采用异形管一般比采用配件造价低。

斜口管倾斜角小于  $2.4^\circ$  时一般称为半斜口管，其作用与斜口管相同。

### 6.3 管道基础

**6.3.1** 预应力钢筒混凝土管一般属于刚性管，通常都采用土弧基础。土弧基础的支承角  $2\alpha$  ( $\alpha$  为自管中线至一侧土弧支撑面外缘的角度)，一般都采用  $90^\circ$  和  $120^\circ$  作为设计条件。考虑到实际施工时管道的稳管定位、纠正偏差、回填质量等因素，设计采用

的土弧基础支承角  $2\alpha$  宜适当留有余地，比计算采用值增大  $20^\circ \sim 30^\circ$ ，并在施工图中注明设计支承角，施工单位则应按规定施工。

**6.3.2** 本条明确当管道承受的外压荷载很大，而土弧基础较难满足管道承载能力要求时，可采用混凝土基础提高其承载力。采用混凝土基础时，应按外荷载大小选用相应支承角的混凝土基础，并明确混凝土基础尺寸和混凝土强度等级。

## 6.4 沟槽与回填土

**6.4.4** 本条规定了沟埋式管道回填土压实密度的要求。埋地管道的受力状态不仅取决于管体本身的结构性能，还与周围土体密切相关。条文提出了回填土的分区密实度要求，规定管道顶部的填土应处于中松侧实状态，可产生一定的拱效应；同时对管道两侧胸腔规定压实系数不得低于 0.9，使其受力状态得到改善，这样可充分发挥管体的承载能力。

**6.4.5** 本条对埋地式管道的回填土压实密度提出了要求。规定埋地式管道两侧的填土压实系数不得低于 0.9，在管道中心线处每侧的填土宽度不应小于 2 倍管外径，这样才能使管体获得有效地侧向支持。并且，在施工时应与此范围外的填土同时回填，否则很难保证要求范围内填土的压实密度。

## 6.5 管道连接

**6.5.2** 本条规定了管道沿直线敷设时，插口与承口间的轴向间隙，此间隙应严格控制，一般情况下，允许误差为 10mm。

**6.5.3** 预应力钢筒混凝土管采用承插口连接，接口可采用单胶圈或双胶圈密封，接口适应变形和伸缩的能力较强，本条规定了接口的最大允许相对转角，若管道敷设需要更大转角，可采用斜口管或弯管。

设计和施工安装时应严格控制管道接口轴向间隙和转角，这是保证预应力钢筒混凝土管管道工程安全的重要措施。

**6.5.4** 预应力钢筒混凝土管接口处内外缝隙以前采用水泥砂浆

填充，近来一些重要的大型输水工程，特别是温差变化大的地区，如哈尔滨磨盘山水库输水管道；以及地基为软土层的地区，如广州市西江引水管道内缝隙采用了双组份聚硫密封膏填充，效果较好。一方面内缝隙采用聚硫密封膏后，适应变形和伸缩的效果特别好，另一方面聚硫密封膏与混凝土粘结能力强，不像水泥砂浆容易脱落，影响管道的耐久性和输水能力。埋设在腐蚀环境中以及地震频繁、烈度级别较高地区的 PCCP 管，接口处外缝隙也应采用聚硫密封膏或其他柔性材料填充。

**6.5.6** 预应力钢筒混凝土管为承插口连接，因为不能传递轴向拉力，所以在弯头处，管径变化段，管道分叉处及端部堵头处的轴向推力不能克服。如采用支墩支撑轴向推力，在管径大、压力高时支墩会很大，不经济，有些地区土地紧张，不存在做支墩的条件，这时较好的方法是采用限制接头。采用限制接头时，PCCP 管钢筒钢板的厚度应按满足轴向拉力验算。

## 6.6 管道防腐

**6.6.3** 预应力钢筒混凝土管的外侧预应力钢丝由于砂浆保护层水泥的钝化作用产生氧化铁保护膜，使其具有较好的抗腐蚀能力。另外 PCCP 管在生产时应严格的控制水泥砂浆保护层吸水率平均值不超过 9%，单个值不超过 11%，这是保证水泥砂浆强度和密实性的重要因素，是 PCCP 管耐久性的保障。美国 AWWA《混凝土压力管》M9 手册规定管道埋设土壤电阻率小于  $15\Omega \cdot m$  时，应测量土壤中腐蚀性盐类的含量。在高氯化物环境下，潮湿土壤中氯离子浓度超过  $1000\text{mg/L}$  时，应采用保湿带来保护砂浆外表面或者安装电流连接装置，定期监测管线的腐蚀情况。

在经常出现干湿循环的土壤区，氧气充足，氯离子浓度超过  $150\text{mg/L}$  时，需采用隔离层保护砂浆外表面，或者安装连续电流连接装置，定期监测管线的腐蚀情况。

在高硫酸盐环境，埋设管道土壤水溶性硫酸盐含量超过  $5000\text{mg/L}$  时，管道水泥砂浆保护层采用低 C3A（铝酸钙）并采

用隔离材料。

敷设在强酸性环境中的管道，黏性土壤 pH 值小于 4 或砂性土壤 pH 值小于 5 时，均应采用抗酸保护膜或将管道埋设在非侵蚀性压实黏土封套中。

预应力钢筒混凝土管与金属管道连接时，应将该管道与金属管道采用绝缘材料连接，或者在金属管道外侧采用混凝土或砂浆保护层。预应力钢筒混凝土管敷设在腐蚀环境下，近期国内一些大型工程对外层水泥砂浆采用环氧煤沥青喷涂，干膜厚度一般都采用 $\geq 600\mu\text{m}$ 。喷涂宜在被喷涂的 PCCP 外层水泥砂浆表面干燥后进行，近期有些工程也在试验采用“湿喷”的工艺。国内 PC-CP 管防腐保护技术尚不完善，每年使用 PCCP 量已超过 1500km，工程安全性非常重要。监测腐蚀断线方面，目前加拿大已开发了电磁法探测技术和声发射监测设备和技术，可在大型输水工程中安装，进行管道风险管理，以防止和杜绝爆管事故。

**6.6.4 管道敷设在杂散电流区域**，AWWA《混凝土压力管》M9 手册规定，首先应对管线进行监测，管道同一点的电势监测值发生较大变化或者各测量点之间电势差值较大时，说明存在腐蚀或阴极干扰情况。采用阴极保护应慎重，在需要进行阴极保护时，管道表面和电解液阴极极化电势最小应为 100mV；最大中断电势不应高于 -1000mV，以避免预应力钢丝的氢脆化腐蚀。

预应力钢筒混凝土管阴极保护最经济的方法是采用牺牲锌阳极的保护措施。

## 7 管道施工

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 本条为强制性条文。本条是对工程采用的产品和主要材料进入施工现场验收的规定，是管道工程质量保证的重要环节。

本条规定，工程采用的管材、管件、附件和主要原材料必须实行进场验收，验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书等，并应按国家有关标准规定复验，验收合格后的产品应妥善保管以备施工安装采用。本条与现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定一致。

工程采用的管材、管件、附件和主要原材料应在规定的场地进行交接，与工程有关的生产制造、施工安装、工程监理、建设部门等都应参加，检验不合格者应拒收。目前国内一些大型重要的长距离输水工程为保证工程质量，对制管混凝土骨料碱活性、混凝土碱含量以及预应力钢丝的氢脆性要求复验。

**7.1.2** 本条规定大型预应力钢筒混凝土管道工程施工安装涉及深基（槽）坑开挖、围护、地基处理等，应符合现行国家标准《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 等相关标准的规定。

### 7.3 沟槽开挖

**7.3.3** 本条规定了沟槽底部开挖宽度应符合设计要求，对设计无规定时，提供了开挖宽度的计算公式，对于大口径预应力钢筒混凝土管，沟槽开挖底部宽度，可结合土质、施工方案与设备等情况进行调整。

## 7.4 沟槽支护

**7.4.2** 鉴于国内一些管道工程支护结构设计由施工单位承担，因此为保证沟槽支护结构有足够的强度、刚度、稳定性，规定了沟槽侧壁安全等级和重要性系数供设计时采用。

## 7.5 基础施工

**7.5.4** 土弧基础的施工一般有两种方法。一种是挖弧法，即对原土开挖成土弧，工程中较少采用；另一种是填弧法，即采用砂砾回填成型。本条特别强调采用填弧法施工时，土弧基础支承角部分填充的密实性要求，以保证管道工程质量。

## 8 管道功能性试验

### 8.1 一般规定

#### 8.1.1 本条为强制性条文。

本条是关于管道工程应进行水压试验和冲洗消毒的规定。

预应力钢筒混凝土管管道工程安装完成后，应按试验压力进行水压试验，管道水压试验是对管道系统进行强度和密实性的检验，是管道工程运行安全的重要保证。

住房和城乡建设部第 156 号文《城市供水水质管理规定》要求：“用于城市供水的新设备、新管网或者经改造的原有设备、管网，应当严格进行冲洗消毒，经质量技术监督部门认定的水质检测机构检验合格后，方可投入使用”。因此新建或改建的管道工程并网前应进行冲洗消毒，直至水质检测合格达标。

本条与现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 和《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的规定一致。现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749 规定：“生活饮用水的输配水设备、防护材料和水处理材料不应污染生活饮用水，应符合《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的规定”。

管道工程水压试验宜采用允许压力降值的测试方法作为判定水压试验合格的依据，水压试验的程序和方法，可采用现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的“附录 D 注水法试验”的规定。

管道工程冲洗消毒应执行现行国家标准《生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准》GB/T 17219 的规定，水质检测机构必须是质量技术监督部门认定的有资质机构。

#### 8.1.2 管道分段水压试验合格判定时，宜采用允许压力降法，

在分段长度较长，允许压力降法困难时，可考虑采用允许渗水量法。

## 8.2 接口单口水压试验

8.2.1 本条规定管道接口单口水压试验压力值不得小于试验压力。试验压力采用本规程第 8.3.11 条中，表 8.3.11 管道分段水压试验的试验压力 (MPa)。

## 8.3 管道分段水压试验

8.3.1 本条规定现场进行水压试验的管段长度宜采用 1.0km，有些工程受试压水源、地形地貌、地面建筑物、障碍物的影响，可以考虑把试压段长度适当加长。

8.3.2 管道现场分段水压试验前，施工单位应根据设计要求，有关规范规定，类似工程水压试验的经验和工程实际情况编制试压方案，水压试验方案非常重要，重要的工程应经过技术论证。

8.3.3 管道水压试验端部堵板采用后背支撑是水压试验的基本方法，水压试验时内水压力作用在堵板上的轴向推力，可依靠支墩的摩擦力与后背被动土压力抵抗，试验管段第一个接口应采用柔性，以调整水压试验时堵板的变位。

8.3.4 管道水压试验采用后背支撑困难时，可采用限制接头连接若干根 PCCP 管或者采用钢管，利用管道周围土的摩擦力平衡水压试验段内水压力作用在堵板上的推力。限制接头连接 PCCP 管或钢管的约束长度，应进行结构计算确定。

8.3.5 管道水压试验时，管道受某些条件限制管段长度超长时，可在试验管段加中隔板（或采用打压管），中隔板（或打压管）上下游可同时试压，中隔板（或打压管）的设置及与周围管道连接方式应进行结构计算，以保证水压试验的安全。

8.3.12 管道水压试验采用允许压力降值方法做为判定合格依据时，一般要做预试验和主试验二个阶段，最终以主试验阶段在试验压力时稳定 15min，压力降值不超过 0.03MPa，再将压力降至

工作压力恒压 30min，无漏水现象，认定合格。

**8.3.13** 管道水压试验采用允许渗水量值判定合格依据时，采用试验管段注水法测量渗水量，实测渗水量小于允许渗水量时认定合格。

## 9 工程验收

**9.0.2** 本条为强制性条文。本条是关于预应力钢筒混凝土管管道工程施工安装质量验收的规定。分项工程质量控制是工程验收的基础，分部工程、单位工程必须在分项工程质量验收全部合格的基础上进行。

分项工程应按照施工技术标准进行质量控制，每个分项工程完成后，必须进行检验。相关各分项工程之间，必须进行交接检验，所有隐蔽分项工程必须进行隐蔽验收，未经检验或验收不合格时，不得进行下道分项工程施工。本条与现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的规定一致。

分项工程验收应由专业监理工程师组织施工项目的技术负责人进行验收，隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理等单位进行验收，并形成验收文件。分项工程所含验收批质量验收记录应完整，质量保证资料和试验检测资料应齐全，验收批质量检验全部合格后，该分项工程质量验收合格。

**9.0.3** 管道单位工程经施工单位自行检验合格后，应由施工单位向建设单位提出验收申请，应由建设单位按规定组织验收。施工、勘察、设计、监理等单位有关负责人以及该工程的管理或使用单位有关人员应参加验收。