

中国工程建设标准化协会标准

给水排水工程埋地玻璃纤维增强
塑料夹砂管管道结构设计规程

**Specification for structural design of buried glass
fiber reinforced plastic mortar pipeline of
water supply and sewerage engineering**

CECS 190 : 2005

主编单位：北京市市政工程设计研究总院

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 0 6 年 3 月 1 日

中国建筑工业出版社

2005 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会 1994 年下达的制订推荐性工程建设标准项目计划的要求,制定本规程。

本规程系根据国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332—2002 规定的原则,以现行行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079 规定的产品性能为依据,采用以概率理论为基础的工程结构极限状态设计方法编制,且与现行有关的结构专业设计标准协调一致。

本规程在编制过程中,总结了国内近年来的工程实践经验,结合我国玻璃纤维增强塑料管材的加工工艺和性能特点,吸取了国外相关标准的内容。经中国工程建设标准化协会管道结构专业委员会多次组织讨论,确保在工程应用中达到安全可靠。

根据国家计委标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,现批准发布协会标准《给水排水工程埋地玻璃纤维增强塑料夹砂管道结构设计规程》,编号为 CECS 190:2005,推荐给工程建设设计、施工和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会管道结构专业委员会 CECS/TC 17(北京西城区月坛南街乙二号 北京市市政工程设计研究总院,邮编:100045)归口管理,并负责解释。在使用中如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位:北京市市政工程设计研究总院

参 编 单 位:上海市市政工程设计研究院

哈尔滨玻璃钢研究院

浙江东方豪博管业有限公司

新疆永昌复合材料股份有限公司

昊华中意玻璃钢有限公司

惠州天联复合材料有限公司

连云港中复连众集团

主要起草人：宋奇叵 沈世杰 李琛或 范民权 刘在阳
王伯华 周 强 王 磊 徐 鹏 刘卫生

中国工程建设标准化协会

2005 年 10 月 25 日

目 次

1 总 则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 主要符号	(3)
3 管 材	(6)
3.1 质量要求	(6)
3.2 设计计算指标	(6)
4 管道结构上的作用	(9)
4.1 作用分类和作用代表值	(9)
4.2 作用标准值和准永久值系数	(9)
5 结构设计	(13)
5.1 一般规定	(13)
5.2 承载能力极限状态设计规定	(13)
5.3 正常使用极限状态设计规定	(14)
6 承载力计算	(17)
6.1 强度计算	(17)
6.2 稳定验算	(18)
7 变形验算	(21)
8 构造规定	(22)
附录 A 管侧回填土的综合变形模量	(24)
附录 B 管道在各种荷载作用下的竖向变形系数	(26)
本规程用词说明	(27)
附:条文说明	(29)

1 总 则

1.0.1 为了在给水排水工程埋地玻璃纤维增强塑料夹砂管管道结构设计中,贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于城镇公用设施和工业企业一般给水排水工程中,输送介质温度低于 40°C 的采用人工土弧基础的埋地玻璃纤维增强塑料夹砂管管道结构的设计。

本规程不适用于工业企业中有特殊要求的给水排水工程管道的结构设计。

给水排水工程埋地玻璃纤维增强塑料管管道结构的设计可参照本规程执行。

1.0.3 本规程系根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定的原则制定。

建造于地震区、湿陷性黄土或膨胀土等特殊条件地区的玻璃纤维增强塑料夹砂管管道工程的结构设计,尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.4 埋地玻璃纤维增强塑料夹砂管管道结构的铺设安装和施工验收,应符合现行协会标准《埋地给水排水玻璃纤维增强热固性树脂夹砂管管道工程施工及验收规程》CECS 129 的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管 glass fiber reinforced plastic mortar pipe

以玻璃纤维为增强材料、热固性树脂为基体、硅砂为骨料制成的管材。按加工工艺分为离心浇铸玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂夹砂管和玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂管。

2.1.2 管壁结构层 pipe structural wall

由玻璃纤维、热固性树脂和中间树脂砂层组成的管道承力层。

2.1.3 管壁外表面层 outside protection liner

管壁结构层外侧,防止管周不良环境影响的表面富树脂层。

2.1.4 管壁内衬层 inner protection liner

管壁结构层内侧,防止管内输送介质腐蚀和渗透的表面富树脂层。

2.1.5 初始失效压力 primary lose effectiveness pressure

管材试件在内水压力均匀连续升压的过程中,出现失效现象(爆破或渗漏)时的压力值。取同批试件的平均值。

2.1.6 压力等级 pressure class

管材最大允许工作压力的级别。根据标准试验方法检测所得的管材长期静水压力或初始失效压力确定。

2.1.7 刚度等级 stiffness class

管材环向初始特定刚度的级别。根据管壁材料环向弯曲弹性模量与单位长度管壁惯性矩的乘积,除以管道计算直径的三次方计算确定。以 N/m^2 为单位。

2.1.8 长期静水压应力基准值 hydrostatic stress design basis

for long-term

连续施加静水压力至管材设计使用年限时,出现管材失效的临界管壁平均拉伸应力值。当管材设计使用年限无说明时,取 50 年。

2.1.9 长期环向弯曲应变基准值 ring-bending strain for long-term

管材设计使用年限内,管壁在环向弯曲作用下失效(出现结构分层或纤维断裂)时的环向最大应变值。

2.1.10 工作压力 working pressure

管道系统正常工作状态下,预期的持续作用于管壁上的内水压力。

2.1.11 设计压力 design pressure

管道系统可能出现的最大内水压力值。一般为管道的工作压力与残余水锤压力之和。

2.1.12 管道变形系数 deflection coefficient of pipeline

管道在竖向压力作用下,不同管底土体支撑情况下的竖向变形系数。

2.1.13 管道变形滞后效应系数 deflection lag factor of pipeline

在管侧土体压力长期作用下,反映土体松弛对管道竖向变形影响的系数。

2.1.14 管侧槽壁土的综合变形模量 effective combined soil modulus

考虑管侧原状土性能对管道胸腔回填土影响后采用的管周土体变形模量。

2.2 主要符号

2.2.1 管道上的作用和作用效应

$F_{v,k}$ ——管道内的真空压力标准值;

$F_{cr,k}$ ——管壁失稳的临界压力标准值;

$F_{sv,k}$ ——管顶的竖向土压力标准值；
 F_{wk} ——管道工作压力标准值；
 $F_{wd,k}$ ——管道的设计内水压力标准值；
 $Q_{vi,k}$ ——地面车辆第 i 个车轮所承担的单个轮压标准值；
 q_{vk} ——地面车辆轮压传递至管顶的单位面积竖向压力标准值；
 q_k ——地面作用传递至管顶的压力标准值；
 q_{mk} ——地面堆积荷载标准值；
 w_a ——管材的最大允许长期竖向挠曲值；
 w_d ——管道的最大长期竖向挠曲限值；
 $w_{d,max}$ ——外荷载作用下管道最大长期竖向挠曲值。

2.2.2 材料性能

E_p ——管材的环向弯曲弹性模量；
 E_e ——管侧回填土的变形模量；
 E_a ——管侧槽壁原状土的变形模量；
 E_d ——管侧土体的综合变形模量；
 f_0 ——管材的初始失效压力；
 $f_{th,k}$ ——管材的环向等效折算抗拉强度标准值；
 f_{th} ——管材的环向等效折算抗拉强度设计值；
 $f_{tm,k}$ ——管材的环向等效折算抗弯强度标准值；
 f_{tm} ——管材的环向等效折算抗弯强度设计值；
HDB——管材的长期静水压应力基准值；
PN——管材的压力等级值；
SN——管材的刚度等级值；
 S_b ——管材的长期环向弯曲应变基准值；
 γ_s ——回填土的重力密度；
 ν_p ——管材的泊桑比；
 ν_s ——管周土体的泊桑比。

2.2.3 几何参数

D_0 ——管道的计算直径；

DN ——管道的公称直径；
 D_1 ——管道的外壁直径；
 H_s ——管顶至设计地面的覆土高度；
 a_i ——第 i 个车轮的着地分布长度；
 b_i ——第 i 个车轮的着地分布宽度；
 d_i ——第 i 个轮压与相邻轮压间的净距；
 r_0 ——管道的计算半径；
 t ——管壁厚度。

2.2.4 计算系数

D_L ——变形滞后效应系数；
 D_f ——管体的形状系数；
 K_d ——竖向压力作用下管道的竖向变形系数；
 K_{tm} ——管材的环向抗弯强度系数；
 K_f ——管道抗浮稳定性抗力系数；
 K_s ——管道整体抗滑移稳定性抗力系数；
 K_{st} ——管壁截面稳定性抗力系数；
 γ_0 ——管道工程的重要性系数；
 γ_G ——永久作用分项系数；
 γ_Q ——可变作用分项系数；
 ψ_c ——可变作用的组合系数；
 ψ_q ——可变作用的准永久值系数；
 μ_d ——地面车辆荷载的动力系数。

3 管 材

3.1 质 量 要 求

3.1.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管的质量应符合现行行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GJ/T 3079 的要求。管道连接材料等的质量必须符合国家现行有关产品标准的规定,并具有产品出厂合格证等有效证明文件。

3.1.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管应设置内衬层,并应满足管道在内压作用下的抗渗透要求和耐输送介质腐蚀的要求。给水管道内衬层所采用的材料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 和《生活饮用水卫生标准》GB5749 的规定。管壁外侧应根据管道所处环境设置外表面层,并应满足防止外界腐蚀介质对管道产生不良影响的要求。

3.2 设计计算指标

3.2.1 当玻璃纤维增强塑料夹砂管材无长期静水压基准试验数据时,管材初始失效压力应满足下式的要求:

$$f_0 \geq C_1 F_{wd,k} \quad (3.2.1)$$

式中 f_0 ——管材的初始失效压力(MPa);

$F_{wd,k}$ ——管道的设计内水压力标准值(MPa);

C_1 ——系数,取 $C_1=6$ 。

3.2.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管材的刚度等级值 SN 应根据管材性能参数按下式计算确定。

$$SN = \frac{E_p t^3}{12 D_0^3} \times 10^6 \quad (3.2.2)$$

式中 SN——管材的刚度等级值(N/m²)。

t ——管壁厚度(mm);

D_0 ——管道的计算直径(mm),按管壁中心处计算;

E_p ——管材的环向弯曲弹性模量(MPa)。

常用的刚度等级值可采用 1250、2500、5000、10000N/m²。也可根据本规程规定的原则采用其他刚度等级值。

3.2.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管材可采用下列性能指标:

重力密度:17~20kN/m³

环向弯曲弹性模量:8000~30000MPa

泊桑比:0.3~0.4

线膨胀系数:离心浇铸管:环向 $2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

纵向 $3 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

纤维缠绕管:环向 $1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

纵向 $2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

3.2.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管材的环向等效折算抗拉强度标准值应按下列原则确定:

1 当有相应管材的长期性能试验数据时,管材的环向等效折算抗拉强度标准值应按式确定:

$$f_{th,k} = HDB \quad (3.2.4-1)$$

式中 $f_{th,k}$ ——管材的环向等效折算抗拉强度标准值(MPa);

HDB——管材的长期静水压应力基准值(MPa)。

2 当无相应管材的长期性能试验数据时,管材的环向等效折算抗拉强度标准值应按式确定:

$$f_{th,k} = f_0 \frac{D_0}{6t} \quad (3.2.4-2)$$

3.2.5 玻璃纤维增强塑料夹砂管材的环向等效折算抗弯强度标准值应按下列原则确定:

1 当有相应管材的长期性能试验数据时,管材的环向等效折算抗弯强度标准值应按式确定:

$$f_{tm,k} = S_b E_p \quad (3.2.5-1)$$

式中 $f_{\text{tm},k}$ ——管材的环向等效折算抗弯强度标准值(MPa);

S_b ——管材的长期环向弯曲应变基准值(mm/mm)。

2 当无相应管材的长期性能试验数据时,管材的环向等效折算抗弯强度标准值应按下式确定:

$$f_{\text{tm},k} = 49.5 K_{\text{tm}} \left(\frac{w_b}{D_0} \right) \left(\frac{D_0}{t} \right)^2 \text{SN} \times 10^{-6} \quad (3.2.5-2)$$

式中 K_{tm} ——管材的环向弯曲强度系数,可取 $\frac{1}{3}$ 。当制管企业

有可靠的技术依据时取值可适当提高,但不得大

于 $\frac{1}{2}$;当相应产品标准提供此项数据时,应按产品

标准的规定采用。

$\frac{w_b}{D_0}$ ——管材初始挠曲性的 B 水平径向变形率,应按表

3.2.5取值。

表 3.2.5 初始挠曲性的 B 水平径向变形率

刚度等级 SN (N/m ²)	1250	2500	5000	10000
$\frac{w_b}{D_0}$	0.30	0.25	0.20	0.15

3.2.6 玻璃纤维增强塑料夹砂管材的环向等效折算抗拉强度设计值应按下式计算:

$$f_{\text{th}} = \frac{f_{\text{th},k}}{\gamma_h} \quad (3.2.6)$$

式中 γ_h ——管材的环向抗拉强度分项系数,取 $\gamma_h = 1.40$ 。

3.2.7 玻璃纤维增强塑料夹砂管材的环向等效折算抗弯强度设计值按下式计算:

$$f_{\text{tm}} = \frac{f_{\text{tm},k}}{\gamma_m} \quad (3.2.7)$$

式中 γ_m ——管材的环向抗弯强度分项系数,取 $\gamma_m = 1.20$ 。

4 管道结构上的作用

4.1 作用分类和作用代表值

4.1.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道上的作用可分为永久作用和可变作用两类:

永久作用:土压力、管自重。

可变作用:管道内的静水压力、地面堆积荷载、地面车辆荷载、管道运行时出现的真空压力、地下水作用。

4.1.2 管道结构设计时,对不同的作用组合应采用不同的作用代表值。

对永久作用,应采用标准值作为代表值;对可变作用,应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值。

可变作用组合值应为可变作用标准值乘以作用组合值系数;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。

4.1.3 当管道承受两种以上可变作用,按承载能力极限状态基本组合设计时,可变作用应采用标准值、组合值作为代表值。

4.1.4 正常使用极限状态考虑长期效应按准永久组合设计时,可变作用应采用准永久值作为代表值。

4.2 作用标准值和准永久值系数

4.2.1 作用在玻璃纤维增强塑料夹砂管管顶的竖向土压力标准值应按下列式计算:

$$F_{sv,k} = \gamma_s H_s D_1 \times 10^{-3} \quad (4.2.1)$$

式中 $F_{sv,k}$ ——管顶的竖向土压力标准值(kN/m);

γ_s ——回填土的重力密度(kN/m³);

H_s ——管顶至设计地面的覆土高度(m);

D_1 ——管道的外壁直径(mm)。

4.2.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管内的静水压力应按设计内水压力计算,其标准值应按下式确定:

$$F_{wd,k} = 1.4 F_{wk} \quad (4.2.2)$$

式中 $F_{wd,k}$ ——管道的设计内水压力标准值(MPa);

F_{wk} ——管道的工作内水压力标准值(MPa)。

4.2.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道在运行过程中可能出现的真空压力标准值 F_{vk} 可按 0.05MPa 计算。相应的准永久值系数可取 $\phi_q = 0$ 。

4.2.4 地面堆积荷载标准值 q_{mk} 可按 10kN/m² 计算,其准永久值系数可取 $\phi_q = 0.5$ 。

4.2.5 地面车辆荷载传递至埋地管道顶部的竖向压力标准值,可按下列方法确定:

1 单个轮压传递至管顶的竖向压力标准值可按下式计算(图 4.2.5-1):

$$q_{vk} = \frac{\mu_d Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H_s)(b_i + 1.4H_s)} \quad (4.2.5-1)$$

式中 q_{vk} ——地面车辆轮压传递至管顶的单位面积竖向压力标准值(kN/m²);

μ_d ——动力系数,可按表 4.2.5 采用,当按城 A 级、B 级车辆荷载设计时,可取 1.0;

$Q_{vi,k}$ ——地面车辆第 i 个车轮所承担的单轮压标准值(kN);

a_i ——第 i 个车轮的着地分布长度(m);

b_i ——第 i 个车轮的着地分布宽度(m)。

表 4.2.5 动力系数 μ_d

H_s (m)	≤ 0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	≥ 0.7
μ_d	1.30	1.25	1.20	1.15	1.05	1.00

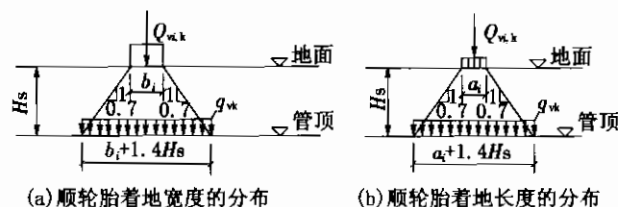


图 4.2.5-1 单个轮压的传递分布

2 两个以上单排轮压综合影响传递至管顶的竖向压力标准值,可按式计算(图 4.2.5-2):

$$q_{vk} = \frac{\mu_d \sum_{i=1}^n Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H_s)(nb_i + \sum_{j=1}^{n-1} d_{bj} + 1.4H_s)} \quad (4.2.5-2)$$

式中 n ——车轮总数;

d_{bj} ——沿车轮着地分布宽度方向,相邻两个车轮间的净距(m)。

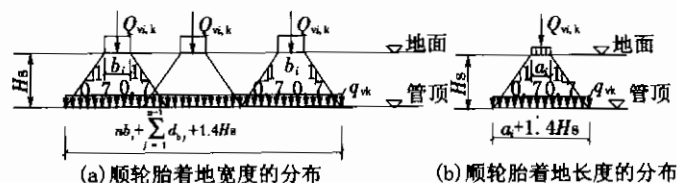


图 4.2.5-2 两个以上单排轮压综合影响的传递分布

3 多排轮压综合影响传递至管顶的竖向压力标准值,可按式计算:

$$q_{vk} = \frac{\mu_d \sum_{i=1}^n Q_{vi,k}}{(\sum_{i=1}^{m_a} a_i + \sum_{j=1}^{m_a-1} d_{aj} + 1.4H_s)(\sum_{i=1}^{m_b} b_i + \sum_{j=1}^{m_b-1} d_{bj} + 1.4H_s)} \quad (4.2.5-3)$$

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} ——沿车轮着地分布宽度方向,相邻两个车轮间的净距(m);

d_{bj} ——沿车轮着地分布长度方向,相邻两个车轮间的净距(m)。

地面车辆荷载的准永久值系数可取 $\psi_q=0.5$ 。

4.2.6 地下水的浮托力标准值应按最高地下水位计算,其重力密度标准值可取 10kN/m^3 。

5 结构设计

5.1 一般规定

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

5.1.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道结构的设计,应考虑下列两种极限状态:

1 承载能力极限状态:对应于管道结构达到最大承载力,管体材料因材料强度被超过而破坏;管道结构因过量变形而不能继续承载或截面丧失稳定;管道结构作为刚体失去平衡(如横向滑移、上浮等)。

2 正常使用极限状态:对应于管道的竖向变形超过正常使用的变形限值。

5.1.3 管道结构的设计应包括确定管材的压力等级、刚度等级、管壁最小厚度,确定管道的连接构造,以及规定管道开槽和回填的施工要求。

5.1.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道结构的内力分析应按弹性体系考虑,其弹性模量应取管体复合材料的综合模量值。

5.2 承载能力极限状态设计规定

5.2.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道结构按承载能力极限状态进行强度计算时,应采用作用效应的基本组合,结构上的各项作用均应采用作用设计值。作用设计值应为作用分项系数与作用代表值的乘积。

5.2.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道结构按承载能力极限状态

进行稳定验算时,应采用作用效应的基本组合。此时,结构上的各项作用应采用作用设计值,但作用分项系数均取 1.0。

5.2.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道按强度计算时,应满足下式要求:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.2.3)$$

式中 γ_0 ——管道的重要性系数。对于给水输水管道,当单线输水且无调蓄设施时应取 1.1,当双线输水时应取 1.0;对于给水配水管道应取 1.0;对于污水或合流管道应取 1.0;对于雨水管道应取 0.9;

S ——作用效应组合的设计值;

R ——管道结构抗力设计值。

5.2.4 对于埋设在地下水或地表水位以下的玻璃纤维增强塑料夹砂管管道,应根据地下水水位和管道覆土条件验算抗浮稳定。验算时各项作用应取标准值,并应满足抗浮稳定性抗力系数 K_f 不低于 1.1 的要求。

5.2.5 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道应根据各项作用的不利组合,验算管壁截面的环向稳定性。验算时各项作用均应取标准值,并应满足稳定性抗力系数 K_{st} 不低于 2.5 的要求。

5.2.6 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道敷设方向改变处应采取抗推力措施。管道敷设应进行抗滑稳定验算,并应满足抗滑稳定性抗力系数 K_s 不小于 1.5 的要求。

5.3 正常使用极限状态设计规定

5.3.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道结构按正常使用极限状态进行变形验算时,应采用考虑长期作用效应的准永久组合,其作用可采用竖向土压力标准值和地面荷载准永久值。作用效应准永久组合的设计值应按下式计算:

$$S = S_{Fk} + \psi_q S_{qk} \quad (5.3.1)$$

式中 S_{Fk} ——竖向土压力标准值的效应;

S_{qk} ——地面作用传至管顶的竖向压力标准值的效应,标准值取地面车辆荷载或堆积荷载标准值(q_{vk} 或 q_{mk})中的较大者;

ψ_q ——荷载 q 的准永久值系数。

5.3.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道在作用效应准永久组合作用下,管道的最大长期竖向挠曲值,应满足下列限值要求:

1 对于具备管材长期环向弯曲应变基准值 S_b 的管道,最大长期竖向挠曲值不应超过 $0.05D_0$ 。

2 对于不具备管材长期环向弯曲应变基准值 S_b 的管道,最大竖向挠曲值还不应超过管道的最大允许长期竖向挠曲值 w_a 。

5.3.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道的最大允许长期竖向挠曲值可按下式计算:

$$w_a = \lambda_s \frac{f_{tm} D_0^2}{D_I t E_p} \quad (5.3.3)$$

式中 w_a ——管材的最大允许长期竖向挠曲值(mm);

λ_s ——管道的刚度影响系数,当 $SN < 10000 N/m^2$ 时可取0.85,当 $SN \geq 10000 N/m^2$ 时取0.80;

D_0 ——管道的计算直径(mm);

D_I ——管道的形状系数,按表5.3.3采用;

表 5.3.3 管道形状系数 D_I

刚度等级 SN (N/m ²)	1250	2500	5000	10000
管侧胸腔以砾石、碎石等粗颗粒为回填材料时	7.0	5.5	4.5	3.8
管侧胸腔以中粗砂及其他细颗粒为回填材料时	8.0	6.5	5.5	4.5

注:其他刚度等级可取线性插值。

f_{tm} ——管材的环向等效折算抗弯强度设计值(MPa);

E_p ——管材的环向弯曲弹性模量(MPa);

t ——管壁厚度(mm)。

5.3.4 管道安装、回填后 24h 内的竖向挠曲值,应按竖向土压力标准值效应的标准组合计算。

6 承载力计算

6.1 强度计算

6.1.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管的强度计算,应满足下列要求:

$$\gamma_0 \eta (\psi_c \sigma_{th} + \alpha_t r_c \sigma_{tm}) \leq f_{th} \quad (6.1.1-1)$$

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

$$\gamma_0 \sigma_{tm} \leq f_{tm} \quad (6.1.1-3)$$

式中 σ_{th} ——管道内设计压力产生的管壁环向等效折算拉伸应力设计值(MPa);

f_{th} ——管材的环向等效折算抗拉强度设计值(MPa);

σ_{tm} ——在外压力作用下,管壁最大的环向等效折算弯曲应力设计值(MPa);

f_{tm} ——管材的环向等效折算抗弯强度设计值(MPa);

ψ_c ——管道强度计算的可变作用组合系数,取 0.9;

α_t ——管材的环向等效折算抗拉强度设计值与等效折算抗弯强度设计值的比值,即 $\alpha_t = \frac{f_{th}}{f_{tm}}$;

r_c ——管道的压力影响系数。对重力流排水管道应取 1.0,对有压力管道可按表 6.1.1 取值;

η ——应力调整系数,取 0.8。

表 6.1.1 管道压力影响系数

管道工作压力 F_{wd}	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
r_c	0.93	0.87	0.80	0.73	0.67

注:其他工作压力的影响系数可取线性插值。

6.1.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道内设计压力产生的管壁环

向等效折算拉应力按下式计算:

$$\sigma_{th} = \frac{\gamma_Q F_{wd,k} D_0}{2t} \quad (6.1.2)$$

式中 $F_{wd,k}$ ——管道的设计内水压力标准值(MPa);

γ_Q ——管道的内水压力分项系数,取 1.4。

6.1.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道在外压力作用下,管壁最大的环向等效折算弯曲应力可按下式计算:

$$\sigma_{tm} = D_t E_p \left(\frac{w_d}{D_0} \right) \left(\frac{t}{D_0} \right) \quad (6.1.3)$$

式中 w_d ——管道的最大长期竖向挠曲限值(mm),应按第 5.3.2 条的规定采用;

E_p ——管材的环向弯曲弹性模量(MPa);

D_t ——管道的形状系数。

6.2 稳定验算

6.2.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道的抗浮验算,应满足下式要求:

$$\frac{\sum F_{Gk}}{F_f} \geq K_f \quad (6.2.1)$$

式中 $\sum F_{Gk}$ ——各项永久作用形成的抗浮作用标准值之和(kN);

F_f ——管道所受浮托力标准值(kN);

K_f ——抗浮稳定性抗力系数,应按第 5.2.4 条的规定采用。

6.2.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道在敷设方向改变处,以及沿坡地敷设时应进行抗滑稳定验算。当采用重力式支墩抗滑移时,应满足下式的要求:

$$E_{pk} - E_{ok} + F_{fk} \geq K_s F_{pw,k} \quad (6.2.2-1)$$

$$p \leq f_s \quad (6.2.2-2)$$

$$p_{min} \geq 0 \quad (6.2.2-3)$$

$$p_{\max} \leq 1.2 f_a \quad (6.2.2-4)$$

式中 E_{pk} ——作用在支墩抗推力一侧的被动土压力合力标准值(kN),可按朗金土压力公式计算;

E_{ak} ——作用在支墩推力一侧的主动土压力合力标准值(kN),可按朗金土压力公式计算;

F_{fk} ——支墩底部滑动平面上的摩擦阻力标准值(kN),只计入永久作用形成的摩擦阻力;

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

K_s ——抗滑稳定性抗力系数,按第 5.2.6 条的规定采用;

p ——支墩作用在地基上的平均压力(kPa);

$p_{\min}$ ——支墩作用在地基上的最小压力(kPa);

$p_{\max}$ ——支墩作用在地基上的最大压力(kPa);

f_a ——经过深度修正的地基承载力特征值(kPa),按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定采用。

6.2.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道的管壁截面环向稳定验算,应满足下式的要求:

$$F_{cr,k} \geq K_{st} \left(\frac{F_{sv,k}}{D_1} + q_k \times 10^{-3} + F_{vk} \right) \quad (6.2.3)$$

式中 $F_{cr,k}$ ——管壁截面环向失稳的临界压力标准值(MPa);

$F_{sv,k}$ ——管顶的竖向土压力标准值(kN/m);

F_{vk} ——管道内的真空压力标准值(MPa);

q_k ——地面作用传递至管顶的压力标准值(kN/m²);

K_{st} ——管壁截面环向稳定性抗力系数,应按第 5.2.5 条的规定采用;

D_1 ——管道的外壁直径(mm)。

6.2.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管管壁截面环向失稳的临界压力应按式计算:

$$F_{cr,k} = \frac{8 \times 10^{-6} SN(n^2 - 1)}{(1 - \nu_p^2)} + \frac{E_d}{2(n^2 - 1)(1 + \nu_s)} \quad (6.2.4)$$

式中 n ——管壁失稳时的折皱波数,其取值应使 $F_{cr,k}$ 为最小,并
为不小于 2.0 的整数;

ν_p ——管材的泊桑比;

ν_s ——回填土的泊桑比,对砂性土取 0.30,对黏性土取 0.40;

E_d ——管侧土体综合变形模量(MPa)。

7 变形验算

7.0.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管在作用效应准永久组合下的最大竖向变形验算,应满足下式的要求:

$$w_{d,max} \leq w_d \quad (7.0.1)$$

式中 $w_{d,max}$ ——管道在作用效应准永久组合下的最大长期竖向变形(mm);

w_d ——管道的最大长期竖向挠曲限值,应按第 5.3.2 条的规定采用。

7.0.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道在土压力和地面荷载作用下产生的最大长期竖向变形可按下式计算:

$$w_{d,max} = \frac{D_L(q_{sv,k} + \phi_q q_k) D_1 K_d}{8 \times 10^{-6} SN + 0.061 E_d} \times 10^{-3} \quad (7.0.2)$$

式中 D_L ——变形滞后效应系数,可取 1.0~1.5;

K_d ——竖向压力作用下管道的竖向变形系数,应根据管底土弧基础的中心角按附录 B 确定;

$q_{sv,k}$ ——管顶单位面积竖向土压力标准值(kN/m²);

q_k ——地面作用传递至管顶的压力标准值(kN/m²);

ϕ_q ——地面作用传递至管顶压力的准永久值系数。

8 构造规定

8.0.1 所采用管材的压力等级 PN 应高于管道的工作压力。常用的管材压力等级值为 0.1、0.6、1.0、1.6、2.0、2.5MPa,也可根据本规程规定的原则增加其他压力等级值。

8.0.2 管道的内衬层、外表面层应采用增强或不增强的富树脂层。管道内衬层的厚度不应小于 1.2mm,抗渗能力不应小于 1.5 倍工作压力值,并符合对输送介质的耐腐蚀要求。

8.0.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道应采用可靠的连接构造。玻璃纤维增强塑料夹砂管管道之间的连接构造应采用套筒式、承插式等柔性接口连接。当与钢管、铸铁管及其管件、泵或设备连接时,可采用法兰式或承插式等连接。在特殊条件下,可采用现场粘结连接。

8.0.4 玻璃纤维增强塑料夹砂管之间的套筒式、承插式柔性接口连接,可采用弹性橡胶密封圈止水。管材插口设置橡胶密封圈的凹槽,可采用滑入式安装。弹性橡胶密封圈的规格和尺寸,必须符合国家现行有关标准的规定,并由管材生产厂配套供应。

8.0.5 柔性接口连接的管道,应根据施工操作时的现场温度与设计规定的最高和最低运行温度以及单节管道长度,确定管口预留伸缩量,且不应小于 10mm。

8.0.6 在特定条件下玻璃纤维增强塑料夹砂管,采用法兰式、粘结式刚性接口连接时,连接处玻璃纤维增强塑料夹砂管侧应设置 1~2 倍管径长度的短管。

8.0.7 因施工分段玻璃纤维增强塑料夹砂管,采取现场粘结式连接时,应采用两短管连接。此时,管壁的环向性能不应低于原管材性能相应指标的 1.5 倍。

8.0.8 埋地管道与相邻管道的间距应满足国家现行有关标准的规定。当与高温热力管道相邻铺设时,玻璃纤维增强塑料夹砂管设计应充分考虑环境温度对管道性能的影响,并采取相应措施。

8.0.9 埋地管道的管顶覆土高度不宜小于 0.75m,并应埋设在地表冻结深度以下。

8.0.10 管道铺设沟槽的施工、沟底基础的处理均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。

8.0.11 管道应采用中粗砂或细碎石铺设的人工土弧基础。管底以上部分人工土弧基础的尺寸,应根据工程结构计算的支承角值增加 20°确定,人工土弧基础的支承角不宜小于 90°;管底以下部分人工土弧基础的厚度可按下式确定,但不宜大于 0.3m。

$$h_d \geq 0.1(1 + DN) \quad (8.0.11)$$

式中 h_d ——管底以下部分人工土弧基础的厚度(m);

DN——管道的公称直径(m)。

8.0.12 管道周围回填土的压实系数,应在有关设计文件中明确规定。管底以下部分人工土弧基础的压实系数应控制在 0.85~0.90;管底以上部分人工土弧基础和管两侧胸腔部分的回填土压实系数不应小于 0.95。

8.0.13 施工中应严格控制管道竖向变形,当管道直径较大,管顶覆土较深时,应采取预加限制变形的措施。

8.0.14 当管道与检查井连接时,在管道进入井墙处应在井墙上预埋套管,套管与插入管之间的空隙必须用填缝材料填实,并应设置 1~2 倍管径长度的短管。管道与附属构筑物连接处的管底超挖部分,必须采取可靠的回填措施处理。

8.0.15 当与其他管道交叉敷设时,应设置相应的保护措施。当在其他管道上部穿越时,应进行管道下地基处理的设计。

8.0.16 在管道与重力式支墩的接触面处宜设置弹性垫层,保证管道传力均匀。

附录 A 管侧回填土的综合变形模量

A.0.1 管侧土的综合变形模量应根据管侧回填土的土质、压实密度和基槽两侧原状土的土质综合评价确定。

A.0.2 管侧土的综合变形模量 E_d 可按下列公式计算：

$$E_d = \zeta E_c \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$\zeta = \frac{1}{\alpha_1 + \alpha_2 \frac{E_c}{E_n}} \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中 E_c ——管侧回填土在要求压实密度时的变形模量(MPa)，应根据试验确定；当缺少试验数据时，可参照表 A.0.2-1 采用；

E_n ——基槽两侧原状土的变形模量(MPa)，应根据试验确定；当缺少试验数据时，可参照表 A.0.2-1 采用；

ζ ——综合修正系数；

α_1 、 α_2 ——与管中心处槽宽 B_r 和管外径 D_1 的比值有关的参数，可按表 A.0.2-2 确定。

A.0.3 对按埋设式敷设的管道，当 $B_r : D_1 > 5$ 时，管侧土的综合变形模量应按 $\zeta = 1.0$ 计算。此时， B_r 为当填土达到设计要求的压实密度时管中心处的填土宽度。

表 A.0.2-1 管侧回填土和槽侧原状土的变形模量(MPa)

回填压实系数(%)		85	90	95	100
原状土标贯数(N)		$4 < N \leq 14$	$14 < N \leq 24$	$24 < N \leq 50$	$N > 50$
土的类别	砾石、碎石	5	7	10	20
	砂砾、砂卵石	3	5	7	14
	细粒土含量不大于 12%				

续表 A.0.2-1

回填压实系数(%)		85	90	95	100
原状土标贯数(N)		$4 < N \leq 14$	$14 < N \leq 24$	$24 < N \leq 50$	$N > 50$
土的类别	砂砾、砂卵石 细粒土含量大于 12%	1	3	5	10
	黏性土或粉土($W_L < 50\%$) 砂粒含量大于 25%	1	3	5	10
	黏性土或粉土($W_L < 50\%$) 砂粒含量小于 25%	—	1	3	7

注:1 表中数值适用于 10m 以下覆土;

2 回填土的变形模量 E_r 可按要求的压实系数采用;表中压实系数(%)系指设计要求回填土压实后的干密度与该土在相同压实能量下的最大干密度的比值;

3 基槽两侧原状土的变形模量 E_n 可按标准贯入度试验的锤击数确定;

4 W_L 为黏性土的液限;

5 细粒土系指粒径小于 0.075mm 的土;

6 砂粒系指粒径 0.075~2.0mm 的土。

表 A.0.2-2 计算参数 α_1 及 α_2

$\frac{B_2}{D_1}$	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
α_1	0.252	0.435	0.527	0.680	0.838	0.948
α_2	0.748	0.565	0.428	0.320	0.162	0.052

附录 B 管道在各种荷载作用下的竖向变形系数

B.0.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管管道在各种荷载作用下的竖向变形系数 K_d ,可按表 B.0.1 采用。

表 B.0.1 竖向变形系数

土弧基础中心角	20°	60°	90°	120°	150°
变形系数 K_d	0.109	0.103	0.096	0.089	0.085

本规程用词说明

1 为便于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:

正面词采用“可”;

反面词采用“不可”。

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

中国工程建设标准化协会标准

给水排水工程埋地玻璃纤维增强
塑料夹砂管管道结构设计规程

CECS 190 : 2005

条文说明

目 次

1 总 则	(33)
2 术语和符号	(35)
3 管 材	(36)
3.1 质量要求	(36)
3.2 设计计算指标	(37)
4 管道结构上的作用	(42)
5 结构设计	(43)
5.1 一般规定	(43)
5.2 承载力极限状态设计规定	(43)
5.3 正常使用极限状态设计规定	(44)
6 承载力计算	(45)
6.1 强度计算	(45)
6.2 稳定验算	(45)
7 变形验算	(46)
8 构造规定	(47)
附录 A 管侧回填土的综合变形模量	(49)
附录 B 管道在各种荷载作用下的竖向变形系数	(50)

1 总 则

1.0.1 随着国内玻璃纤维增强塑料夹砂管产品产量和应用范围的扩大,急需出台适应我国工程特点的工程建设技术标准,以指导工程设计工作。为了在给水处理工程中进一步推广使用玻璃纤维增强塑料夹砂管管道时,安全合理地利用管材的性能特点,确保工程质量,制定本规程。

1.0.2 给水排水工程涉及面很广,除用于城镇公用设施外,各类工业企业中同样需要,因此会出现各种不同的输送介质条件。由于本规程依据的管材性能是以产品标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079 规定的检测方法为基础,且输送介质温度条件对玻璃纤维增强塑料夹砂管的使用寿命有一定影响,因此,本规程限定适用于输送介质温度低于 40℃ 的埋地给水排水管道工程。对于有特殊要求的埋地管道工程,可在进行相应的材料性能检测后,参考本规程的原则设计。

1.0.3 目前,我国玻璃纤维增强塑料夹砂管管道的结构设计主要由产品生产企业完成,产品设计与管道工程结构设计合一,这是一个职责不明的非正常情况。产品生产企业设计管道结构主要按照产品标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 提供的设计方法,其设计原则与我国国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332—2002 规定的概率设计法不一致。

由于国内尚缺少对玻璃纤维增强塑料夹砂管管道性能参数的统计资料,因此,本规程采取与《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 给出的设计方法进行工程类比的方法,按照国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB

50332—2002 规定的原则进行编制。

1 管道结构设计采用以概率理论为基础的极限状态设计方法。产品强度设计值以产品检验强度的标准值除以材料分项系数确定；管道的内力设计值以作用标准值乘以作用分项系数确定。

2 根据目前国内玻璃纤维增强塑料夹砂管生产企业的产品工艺、质量和检验设备现状，本规程提供了与现行产品检验标准相配套的，在无长期性能试验资料条件下的，管材环向强度标准值的确定方法。

3 由于玻璃纤维增强塑料夹砂管管壁采用多种材料复合制成，在荷载作用下应力分布复杂。为了便于工程设计，本规程采取等效折算应力方法，将复杂分布的层状体结构简化为匀质弹性体分析。

4 根据国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB50332—2002 规定的原则，本规程对管道结构承载力的分析中，设计内水压力考虑了运行期间瞬时存在的残余水锤压力。

5 由于目前国内尚缺少玻璃纤维增强塑料夹砂管纵向抗弯能力和刚性接口受力机理的试验数据，因此，本规程对于管道纵向结构的设计，要求采取合理设置柔性接口等构造措施，以降低由于地基不均匀沉降和地面荷载不均匀产生的纵向内力，同时亦可适应地震行波导致的管道纵向变位。

对于承受偶然荷载或修建在特殊地基上的管道工程，如地震区、湿陷性黄土或膨胀土等地区，应按照国家现行有关标准进行设计，本规程未作重复规定。

2 术语和符号

本章的主要符号,依据下列原则确定:

1 符号的构成方法以及主体符号和上、下标采用的字母,均依照《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083—97 规定的原则确定。与《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332—2002 规定的符号协调一致。其他相关技术标准已经采用的符号,本规程尽量引用。

2 在产品标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 中已列出的专门符号,本规程基本引用。

3 国际上广为采用的符号本规程尽量引用。

3 管 材

3.1 质量要求

3.1.1 我国目前已实施的三本关于玻璃纤维增强塑料夹砂管道的产品标准,其中《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 和《离心浇铸玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂夹砂管》JC/T 695—1998 为建材行业标准;《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 为城建行业标准。建材行业标准充分体现了产品工艺不同的特点,但由于检测标准上的差异,造成了产品性能参数因基准点不同而不能确定为管道的设计参数。城建行业标准的适用范围涵盖了目前国内产品的定长缠绕、连续缠绕和离心浇铸三种加工工艺,且检测标准与性能参数指标进行了统一,因此本规程以符合城建行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 的产品性能作为编制依据,以建材行业标准所体现的产品特性作为参考。

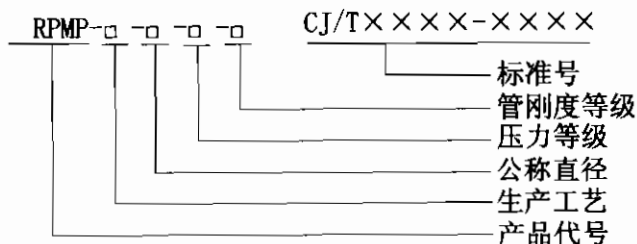
3.1.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管管壁一般分为内衬层、结构层和外表面层。内衬层为富树脂层,主要起防渗漏、防腐蚀作用;结构层由内外两层树脂纤维增强层和中部树脂砂浆层组成,作为管道的承力体系;外表面层为富树脂层,主要起防止管道老化和耐土壤中腐蚀介质侵蚀的作用。

影响管道防渗性能的主要因素是内衬层树脂的含量,影响耐腐蚀性能的主要因素是树脂类型。由于管道结构层树脂主要起支撑纤维的作用,一般不具备强抗渗能力,且玻璃纤维长期在液体浸泡下会造成力学性能降低,因此,为保证产品长期性能稳定可靠,本规程强调了应加强对内衬层和外表面层抗渗和耐腐蚀性能的设计。

对于输送饮用水的管道,管材对水质不得产生不良影响是基本原则。因此,直接接触水的管道内表面树脂必须符合现行国家标准《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和《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的要求。

3.2 设计计算指标

3.2.1、3.2.2 玻璃纤维增强塑料夹砂管的压力等级和刚度等级值为产品性能特征值。本规程提供的等级分类系引用行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 的规定。产品标准对产品标记已进行规定,工程选用的管材必须按规定标明的刚度等级和压力等级采用。《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998规定的产品标记方法为:



其中生产工艺: I——定长缠绕工艺, II——离心浇铸工艺, III——连续缠绕工艺。

例如,采用定长缠绕工艺制造、公称直径为 1200 mm、压力等级为 0.6MPa、刚度等级为 5000N/m² 的玻璃纤维增强塑料夹砂管应标记为:

RPMP-I-1200-0.6-5000 CJ/T 3079-1998

管道压力等级表示管材的最大允许工作压力值,它涵盖了管材的纵向抗拉强度和环向抗拉强度,根据标准试验方法检测所得的管材长期静水压力或初始失效压力确定。

行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 规定

的检测方法,包括初始环向拉伸强力检测、短期失效水压检测和长期静水压设计基准试验,以试件强度下降、试验水压降低或管材渗漏为破坏特征。由于本规程将环向拉伸强度设计基准确定为管道设计压力,因此,第 3.2.1 条规定管材的初始短期失效水压不应小于管道设计内水压力。本规程所规定的 C_1 系数,与产品标准的检测限定标准一致。本规程建议的压力等级是产品标准规定的特定值,随着玻璃纤维增强塑料夹砂管的应用范围日渐扩大,工程中的管道压力等级也有扩大范围和加细的趋势。因此本规程提出,可根据本规程规定的原则增加其他压力等级。

管道的刚度等级是以 N/m^2 为单位的管材环向初始特定刚度的级别,是管材抗弯曲能力的标定值。行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 规定的检测方法,包括初始挠曲性检测和长期弯曲应变试验,均以管道管壁结构分层、纤维断裂或管道环向截面屈曲为破坏特征。本规程第 3.2.2 条所规定的各参数的关系,与产品标准规定的检测限定标准一致,与压力等级增大范围相同。本规程也提出,可根据本规程规定的原则增加其他刚度等级。

3.2.3 玻璃纤维增强塑料夹砂管材的物理性能指标随产品加工工艺、树脂纤维材料的材质和组分等因素的变化而不同,本规程所列的指标值是根据国内产品数据统计确定的,可供设计参考。

根据本规程规定的设计原则,设计时合理确定管道的环向弯曲弹性模量至关重要。影响管道环向弯曲弹性模量的主要因素为纤维材料的拉伸弹性模量、纤维含量和纤维在管壁断面的位置。它随纤维拉伸弹性模量(即材料的改变)和纤维含量(压力等级改变)的提高而增长;随纤维在管壁断面的位置远离中面(内衬层占管壁厚度的比例减小)而增长,所以,在设计取值时,对高压等级、大直径管道,管道环向弯曲弹性模量应取上限值,反之则取下限值。此外,对采用离心工艺的管道,应注意管道壁厚的选取,应满足行业标准《离心浇铸玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂夹砂管》

JC/T 695—1998规程对最小壁厚的规定（见表1）。

表1 最小壁厚(JC/T 695—1998)(mm)

管道直径 (mm)	刚度等级		
	2500	5000	10000
200	3.7	4.2	4.9
250	4.3	4.9	5.8
300	5.1	5.9	7.0
350	5.9	6.7	8.2
400	6.2	7.1	8.6
500	7.4	8.6	10.7
600	8.9	10.4	12.7
700	10.2	12.0	14.6
800	11.2	13.5	16.5
900	12.5	15.0	18.5
1000	13.8	16.5	20.4
1200	16.6	19.7	24.8
1400	18.8	22.8	28.9
1600	21.2	25.7	32.7
1800	23.3	29.5	36.3
2000	25.3	32.3	40.3
2200	28.4	35.5	44.2
2400	30.2	37.8	47.1

3.2.4 由于玻璃纤维增强塑料夹砂管管壁采用多种材料复合制成,各种材料的变形模量不同,因而在荷载作用下管壁各层应力分布非常复杂。为了便于工程设计,本规程采取等效折算应力方式,将复杂的层状体结构假定为匀质弹性体进行分析,运用弹性理论的应力分析结果等效折算为管道试验中各种状态下的界定值。

玻璃纤维增强塑料夹砂管管壁的等效折算强度标准值是根据

管材长期性能指标确定的。本规程根据国家标准《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153—92 规定的原则,管道长期力学性能指标值按 50 年设计使用期确定,依据行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 规定的试验方法进行检测。对于其他设计使用年限的工程,应根据以上原则和相应的检测结果分析确定。由于使用温度和输送腐蚀介质对玻璃纤维增强塑料夹砂管材的力学性能有一定影响,因此,管道长期力学性能指标都是在特定条件下(环境温度 23℃)检测取得的,管道工程的使用环境应与试验条件基本一致。

本规程中管壁环向等效折算拉伸强度标准值是根据长期静水压设计基准应力值 HDB 检测结果确定的。管道长期静水压设计基准应力值 HDB 为持续施加内水压力至 50 年时引起管道失效的管壁应力值,应根据行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 附录 A 规定的管材长期静水压设计基准 HDB 试验方法确定。对未经长期静水压检测的管材,可根据行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 提供的管道初始失效压力检测方法确定管材短期失效压力值,或采取管道初始拉伸试验的环向抗拉强度检测,推算管材短期失效力值,并以短期失效力值为基础,推算长期静水压设计基准应力值。本规程提供了确定管壁环向等效折算抗拉强度标准值的相应计算方法,即按长期静水压设计基准应力值为管材短期失效力值的 1/3 取值。

本规程环向抗拉应力的取值基础与行业标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 不同。为了回避夹砂量和内衬层等因素的复杂影响,本规程均以管壁总厚度为取值基准,与产品标准中环向拉伸强力的概念一致。

3.2.5 玻璃纤维增强塑料夹砂管管材的环向等效折算弯曲强度标准值是根据管材长期环向弯曲应变 S_b 检测结果确定的。管道长期环向抗弯应变 S_b 为在特定环境和介质条件下,持续施加荷载,管道出现失效时的管壁最大应变值,应根据行业标准《玻璃纤

维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 附录 B 规定的管材长期环向弯曲应变 S_0 试验方法确定。当无长期试验结果时,本规程按管材短期平行板挠曲试验 B 水平为基准,按相应管壁最大等效折算弹性应力乘以长期性能保留率取值。由于目前缺少提高弯曲强度长期性能保留率的可靠资料,而 S_0 的取值对管道设计结果有一定影响,本规程规定,弯曲强度长期性能保留率宜取 1/3。当制管企业通过合理设计和工艺改革,使产品弯曲强度长期性能具有较高保留率时,应在出具可靠的技术鉴定证明后,针对具体工程适当提高 K_m 的取值,但不得大于 1/2;当产品标准对此项系数提出调整规定时,应按产品标准的规定采用。对于表 3.2.5 以外刚度等级的初始挠曲性 B 水平径向变形率,可按 $w_B/D_0=3.24/\sqrt[3]{SN}$ 计算确定。由于行业标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》CJ/T 3079—1998 规定的长期环向弯曲应变最低限值为 0.005,无法采取短期试验直接验证,因此本规程未采用。

3.2.6、3.2.7 对管材的环向抗拉强度分项系数和管材的环向弯曲强度分项系数,采取与现行相关标准进行工程类比的方法确定,即 $\gamma_h=1.40$ 、 $\gamma_m=1.20$ 。

4 管道结构上的作用

管道结构上的各种作用,均按国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332—2002 的规定给出。其中,管道设计内水压力标准值系按规范表 3.3.4 化学管材的下限值采用,即 $1.4F_{wk}$ 。

本规程根据玻璃纤维增强塑料夹砂管为柔性管道,确定了竖向土压力标准值的计算方法。

由于玻璃纤维增强塑料夹砂管为复合管材,管材结构的特性参数均以试验结果为依据。根据试验方法和数据采集方式,参考国内外相关规范的通用做法,本规程规定管道结构上的作用中管自重和管内水重不参与计算。

5 结构设计

5.1 一般规定

虽然国内玻璃纤维增强塑料夹砂管生产和使用时间已有十几年历史,但尚未积累足够的可靠工程数据,目前,其设计方法和设计参数均引自国外标准。编制本规程是在遵循国家现行管道设计基本原则的条件下,考虑目前工程现状,采用与国内较多使用的美国 AWWA 系列标准进行工程类比的方法,分析确定极限状态设计表达式中各项设计系数的取值。

本规程以管道在长期使用条件下,管壁出现明显分层、纤维拉伸破坏、断裂或截面屈曲等现象,视为管道达到承载能力极限状态;以管道在长期使用条件下,在常规荷载作用下竖向变形超过允许限值,视为管道达到正常使用极限状态。

表达式中的作用分项系数、作用组合系数、结构构件抗力分项系数和结构重要性系数均根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定的原则确定。

5.2 承载能力极限状态设计规定

5.2.1~5.2.3 根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定的原则,给出了承载能力极限状态的作用效应组合模式和计算要求。其中管道重要性系数 γ_0 ,对给水和排水工程中不同类别、不同可靠度要求的管道,规定了不同的取值。

5.2.4~5.2.6 根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的有关规定,对玻璃纤维增强塑料夹砂管抗浮稳定、管壁环向稳定和管道敷设方向改变时抗滑稳定的抗力系数作了规定。

5.3 正常使用极限状态设计规定

5.3.1 根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332的有关规定,明确了玻璃纤维增强塑料夹砂管的正常使用极限状态变形验算,采用作用效应的准永久组合。

5.3.2 管道最大竖向挠曲的限值是参考产品行业标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 的规定,以符合管道最大允许长期竖向挠曲值和工程使用对管道变形的限定值要求为确定原则。对于无长期试验结果的管材,管道最大允许长期竖向挠曲值常常为控制条件。

5.3.3 管道的最大允许长期竖向挠曲值 w_L 为反映在工程条件下管道抗弯曲能力的限定值。形状系数 D_L 为反映管道在埋地条件下,在竖向荷载和侧向土压力作用下管道的非椭圆变形影响系数。根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 和现行协会标准《埋地给水排水玻璃纤维增强热固性树脂夹砂管管道工程施工及验收规程》CECS 129 的有关规定,管周回填土体以夯实的粗颗粒土为主,本规程的形状系数参考了产品行业标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 中夯实砂土确定取值。

5.3.4 因为管道变形验算和强度计算均基于管道的最大竖向变形,当管道安装造成的初始挠曲增大时,必将降低管道的安全度,因此必须严格控制竖向变形,尽量减小。施工验收时,竖向允许挠曲值可按竖向土压力标准值计算,且变形滞后系数 D_L 应按 1.0 取值。

6 承载力极限状态计算

6.1 强度计算

6.1.1 玻璃纤维增强塑料夹砂管管壁的强度计算分为三个准则：管道在设计压力作用下，管壁环向等效折算拉应力应小于管壁环向抗拉强度设计值（控制管壁环向抗拉极限承载力准则。亦可采用压力等级与管内水设计压力的关系式表示）；埋地管道在最大外荷载作用下，管壁环向等效折算弯曲应力应小于管壁环向弯曲强度设计值（控制管壁环向抗弯曲极限承载力准则）；埋地管道在设计压力和外荷载组合作用下，管壁最大组合应力应小于管壁环向抗拉强度设计值（控制管壁环向抗拉极限承载力准则）。

6.1.2 根据本规程的基本假定和编制原则，本条中管壁环向拉应力等效为匀质材料验算。

6.1.3 参考产品行业标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 规定的原则，采用工程管道最大应变限制值计算管壁环向等效折算弯曲强度设计值。

6.2 稳定验算

6.2.1 根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定的原则确定。

6.2.2 由于玻璃纤维增强塑料夹砂管道的刚度相对较低，在敷设平面内方向改变处宜设置重力式支墩抗滑移，其稳定抗力包括管背土体的抗力和支墩底面与土体的摩擦力。

6.2.3、6.2.4 根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定的原则确定。与产品行业标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 提供的验算原则和安全度水平基本一致。

7 变形验算

7.0.1、7.0.2 这两条规定了玻璃纤维增强塑料夹砂管的最大竖向挠曲变形量及其计算公式。根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 规定的原则,管道竖向变形采用“斯氏”公式计算,与产品行业标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 附录 D 提供的计算公式相同。关于变形滞后效应系数 D_L 的取值原则,可见 GB 50332 的条文说明。

8 构造规定

8.0.1 基于本规程对环向强度要求的提高,并综合考虑管材纵向强度与压力等级的确定原则,本条规定管道的设计压力等级应高于管道的工作压力。

8.0.2 基于管道内衬层对抗渗和抗腐蚀所起的重要作用,本规程对管道内衬层最小厚度作了规定。该厚度与产品行业标准《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂夹砂压力管》JC/T 838—1998 的有关规定一致。

8.0.3 目前,玻璃纤维增强塑料夹砂管之间的连接方式较多,一般随生产工艺不同而采用不同的方式,因定长缠绕管可加工成型为管端承插口,故常采用承插式连接;因离心管和连续缠绕管管端为平口,故多采用套筒式或粘结式连接。当与钢管、铸铁管及其管件、泵或设备的连接采用法兰连接时,建议采用管端附加加工成型法兰的特殊短管连接方式。

由于玻璃纤维增强塑料夹砂管的纵向抗拉强度相对较差,且目前缺少管道纵向梁式抗弯强度的检测标准,因此,本规程建议管道工程采用非传力的柔性承插式接口或套筒式接口。

8.0.4、8.0.5 由于目前对玻璃纤维增强塑料夹砂管接口的尺寸没有统一标准,因此本规程仅提出了止水橡胶密封圈的尺寸标准,要求必须符合国家现行有关标准的规定,而未对接口间隙和橡胶圈尺寸、压缩率等具体参数作出规定。

8.0.6、8.0.7 由于目前国内尚缺少完备的管道纵向强度检测标准,本规程未对玻璃纤维增强塑料夹砂管的轴向强度计算分析进行规定,只采取了限制管段长度的构造措施,以缓解温度变化的影响,降低管道弯曲变形和管壁轴向应力。

8.0.8 埋地管道与相邻管道之间的水平净距不宜小于施工及维护要求的开槽宽度,以及设置闸门井、检查井、止推支墩等附属构筑物要求宽度。与高温热力管道等管道之间的水平净距不宜小于1.5m,并应符合国家相关标准的规定。

8.0.9~8.0.15 根据现行国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 对柔性管道施工的有关规定,以及现行协会标准《埋地给水排水玻璃纤维增强热固性树脂夹砂管管道工程施工及验收规程》CECS 129 的规定,对管道施工质量的控制作出了相应的规定。

8.0.16 由于玻璃纤维增强塑料夹砂管为柔性管材,刚性的混凝土支墩不能与之协调工作,可能造成局部应力集中,对管体产生不利的影响,所以必须设置弹性垫层使其受荷均匀。

附录 A 管侧回填土的综合变形模量

本附录根据现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332规定的柔性管道设计原则确定。当覆土高度超过 10m 时,表 A.0.1-1 的规定值偏低。

附录 B 管道在各种荷载作用下的 竖向变形系数

本附录给出的变形系数,采用美国 Spangler 公式中所对应的各项系数。