

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.18.008

排水用离心玻璃钢夹砂管最新规程关键技术解读

崔昱¹, 王伯华², 唐建国¹

(1. 上海市城市建设设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200125; 2. 浙江东方豪博管业有限公司, 浙江 温州 325011)

摘要: 中国工程建设标准化协会发布的《离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管排水埋地管道工程技术规程》(T/CESS 1130—2022, 以下简称《规程》)已于2023年1月1日起施行。《规程》从管材、设计、施工、功能性试验、验收等方面做出规定,对保证管材生产质量、规范工程设计、提升管道工程质量具有重要意义。对《规程》中的关键技术进行了详细解读,包括管道防腐及耐久的要求、管材环刚度、接口方式及适用条件、结构计算、检查井连接方式、顶管及内衬管施工要求和自密实回填材料七个部分。该技术解读有助于对《规程》的推广及应用。

关键词: 离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管; 管道结构计算; 自密实回填材料

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)18-0048-05

Interpretation of Key Technologies in Technical Specification for Centrifugal Casting Glass Fiber Reinforced Plastics Mortar Pipes of Underground Drainage Pipeline Engineering

CUI Yu¹, WANG Bo-hua², TANG Jian-guo¹

(1. Shanghai Urban Construction Design & Research Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200125, China; 2. Zhejiang Eastern DFHB Pipes Co. Ltd., Wenzhou 325011, China)

Abstract: The *Technical Specification for Centrifugal Casting Glass Fiber Reinforced Plastics Mortar Pipes of Underground Drainage Pipeline Engineering* (T/CECS 1130-2022, Hereinafter referred to as the *Specification*), jointly issued by the China Association for Engineering Construction Standardization (CECS), has been implemented on January 1, 2023. The *Specification* covers provisions relating to pipe material, design, construction, functional test, acceptance and other aspects to ensure the quality of pipe production, standardize engineering design, and enhance the quality of pipeline engineering, which is of great significance. This paper analyzes the main characteristics of the *Specification*, including seven parts: requirements for corrosion resistance and durability of pipes, the mode and application conditions of joint, ring-stiffness of pipe, structural calculations, connection modes of manholes, construction requirements for pipe jacking and lining, and self-compacting backfill materials. These aspects contribute to the promotion and application of the *Specification*, aiming to improve pipeline engineering practices.

Key words: centrifugal casting glass fiber reinforced plastics mortar pipes; pipeline structure calculation; self-compacting backfill material

通信作者: 唐建国 E-mail: tangjianguo@sucdri.com

近年来,水环境问题一直是政府及水务行业的工作重点,“黑臭在水里,根源在岸上,关键是排口,核心是管网”,作为解决水体黑臭、提升水环境质量的核心内容,排水管网的重要程度不言而喻,其中管材是关键^[1-3]。与传统排水管材相比,离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管(以下简称离心玻璃钢夹砂管)具有耐腐蚀性强、管壁摩阻低、管道质量轻、接头密封性能良好、安装方便、施工效率高等优点,适用于开槽施工、非开挖顶管施工和内衬修复等排水管道工程^[4]。为规范离心玻璃钢夹砂管在排水工程中的应用,北京市市政工程设计研究总院有限公司和上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司作为主编单位,会同 14 家参编单位编制了中国工程建设标准化协会(CECS)团体标准《离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管排水埋地管道工程技术规程》(T/CESS 1130—2022,以下简称《规程》)。

从《规程》编制单位的角度出发,对其关键技术进行详细解读,分析成果形成过程中的制定原则、核心要点以及参考依据,便于《规程》的使用者对其深入理解及正确应用,推动《规程》的推广及应用,促进排水系统提质增效,助力水环境质量提升。

1 《规程》主要内容

《规程》共分 8 章,主要内容包括:1 总则、2 术语、3 基本规定、4 管材、5 管道设计、6 施工安装、7 功能性试验、8 竣工验收,以及相关附录和条文说明等。

总则、术语、基本规定主要为《规程》的基本原则性内容,如编制目的、适用条件、特殊情况下采取技术措施的原则等。

管材章节包括:材料性能、管道接口和材料分类 3 节。主要规定了材料的力学性能指标、接口形式、公称直径、压力等级、环刚度等规格参数。

管道设计章节包括:一般规定、水力计算、管材结构设计计算指标、结构上的作用、承载能力极限状态设计、正常使用极限状态验算、管线设计和检查井 8 节。该章节主要根据离心玻璃钢夹砂管的特点展开,重点强调了结构计算,包括承载能力极限状态设计和正常使用极限状态验算等。此外,还有水力计算、空间布局以及与检查井连接等要求。

施工安装、功能性试验和竣工验收章节主要明确了排水用离心玻璃钢夹砂管管道工程的施工要

点、密闭性试验及竣工验收的规定事项。

2 《规程》重点技术要求

2.1 管材防腐及耐久性能

离心玻璃钢夹砂管的防腐和耐久性要求包括外形厚度和树脂材料。在外形厚度方面,《规程》规定管壁应由内衬层、结构层和外保护层组成,其中内衬层厚度不应小于 1.2 mm,以使管道在长期使用中满足防腐蚀、耐磨蚀和抗渗性要求;外保护层也不应小于 1.2 mm,以抵抗外部介质侵蚀管体。在实际工程应用中,如遇到安装划伤和磕碰严重的情况,需要对管道工程耐久性进行评估,并采取工程措施予以保护,或适当提高外保护层厚度及材料性能。

在树脂材料方面,《规程》规定用于输送市政排水如生活污水、合流污水、雨水、再生水的管道内衬层宜选用间苯型不饱和聚酯树脂,以满足防腐要求。目前,实际工程或标准中也有采用邻苯树脂的情况,然而《规程》并不推荐,原因主要为间苯树脂因其特殊的分子结构而具有更好的力学性能、耐热性能以及耐腐蚀性能,若采用邻苯树脂则无法保证管材质量。

另一方面,工业废水由于其成分不同,需要根据其特点选用双酚 A 型不饱和聚酯树脂或乙烯基酯树脂。当输送介质的 pH 不在 1~10 范围内,尤其是温度超过 50℃并含强氧化剂、有机溶剂的工业废水时,推荐使用耐腐蚀性能更好的乙烯基酯树脂,其他情况可用双酚 A 型不饱和聚酯树脂。

2.2 管材环刚度要求

对于管材的环刚度等级要求,当管道修复工程采用离心玻璃钢夹砂管作为内衬管时,若环刚度等级 $SN < 20\,000\text{ N/m}^2$,则管材性能和产品质量应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》(GB/T 21238—2016)的有关规定,而管道环刚度等级 $SN \geq 20\,000\text{ N/m}^2$ 时,管材性能和产品质量应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料顶管》(GB/T 21492—2019)的有关规定。

上述两部标准对离心玻璃钢夹砂管的环刚度等级均有规定,分属不同的范围区间,主要由于管道的施工方法不同,故取值的数量级不同。而《规程》的要求是根据实际环刚度等级要求,参考不同的标准。《玻璃纤维增强塑料夹砂管》(GB/T 21238—

2016)提出玻璃纤维增强塑料夹砂管环刚度等级范围为1 250~10 000 N/m²,并且对环刚度>10 000 N/m²的管材也做了相应规定,因此工程应用环刚度等级<20 000 N/m²的管材时,可参考该标准;而另一部标准《玻璃纤维增强塑料顶管》(GB/T 21492—2019)则规定了环刚度等级≥20 000 N/m²的要求。

2.3 接口方式及适用条件

管道接口的相关要求包括接口类型、套筒材质和密封圈材质3项内容。

① 接口类型

管与管的连接应采用柔性接口,而离心玻璃钢夹砂管为两端平口管材,为满足柔性接口变形的需要,宜采取套筒式连接方式。接口类型分为A型、B型、C型三种,根据管道工程不同的施工方式及管道类型,提出了各接口的适用条件,具体见表1。

表1 接口适用条件

Tab.1 Applicable conditions of joint

施工方式	通用型无槽双插口接口 (A型接口)		平口式单槽双插口接口 (B型接口)		平口式无槽双插口接口 (C型接口)	
	压力管	无压管	压力管	无压管	压力管	无压管
沟槽式敷设	√	√	×	Δ	Δ	Δ
顶管式敷设	×	×	×	√	√	Δ
内衬管式敷设	Δ	Δ	×	√	√	Δ

注: √为优先采用;Δ为可以采用;×为不应采用。

上述三种接口型式安全可靠、安装简便,已在大量工程中应用,得到了工程各方认可。在工程实际应用中,应根据不同的场景选择合适的接口型式(见图1~3)。



图1 A型接口示意

Fig.1 Schematic diagram of type A joint



图2 B型接口示意

Fig.2 Schematic diagram of type B joint



图3 C型接口示意

Fig.3 Schematic diagram of type C joint

a. A型接口(见图1)。配件加工便捷,管端口部不用进行沟槽切削机加工,适用于沟槽式铺设、架空式敷设等方式施工管道。

b. B型接口(见图2)。套筒较薄,管道外壁平滑无凸起部件,适用于顶管、内衬管,管端因沟槽影响的断面损失略小,但单胶圈密封性能有限,不适用于高内压管道工程。

c. C型接口(见图3)。在B型接口的基础上,于套筒内侧填满橡胶密封材料,密封性能良好,适用于顶管、内衬管施工的压力管道。

② 套筒材质

管道柔性接口的套筒可采用缠绕成型玻璃钢或不锈钢加工制备,其中玻璃钢套筒的材质、耐腐蚀性能和管材基本相同,使用寿命也基本相同,而不锈钢弹性模量更高,套筒壁厚更小,但耐腐蚀性能不及玻璃钢材质。因此,当工程套筒有更高的刚性和强度要求,而套筒壁厚无法增加时,可以依据环境条件选择304或316不锈钢材料制作,海水环境宜选择316L不锈钢。

③ 密封圈材质

密封圈的材质包括丁腈橡胶(NBR)和三元乙丙橡胶(EPDM),其中丁腈橡胶的耐油性、耐化学腐蚀性良好,满足生活污水、合流污水、雨水、工业废水和再生水的输送要求;而三元乙丙橡胶耐磨性、老化性良好,但耐腐蚀性能一般,无法输送污水和工业废水,但可满足雨水和再生水的输送要求。工程中需根据输送介质,结合适用性及经济性,选择合适的密封圈材质。

2.4 结构计算

基于目前市政管网存在大量结构性缺陷的现状,《规程》重点强调了结构计算,如列举了管材结构设计计算指标,明确了结构上的作用,以及规定了承载能力极限状态设计和正常使用极限状态验算要求,以确保管道结构安全、稳固。

承载能力极限状态设计应进行强度验算,并根据各项作用的不利组合,验算管壁截面的环向稳定性,特定情况下还需进行抗滑和抗浮的验算。若采用顶管敷设,接口相邻端面按不开口限制时,需计算管道允许总顶力标准值。上述参数应根据不同情况,对应《规程》中5.5节给出的公式进行计算。

正常使用极限状态验算包括管道允许挠曲变形值(ω_d)和管道在准永久组合作用下的最大竖向变

形值($\omega_{d,max}$)的计算,若满足 $\omega_{d,max} \leq \omega_d$,则验算通过。正常使用极限状态验算公式见《规程》的 5.6 节。

2.5 检查井连接方式

根据近年政府的相关发文通知,砖砌检查井由于易渗漏而造成水系和土壤污染,正在被逐步淘汰,因此《规程》规定采用钢筋混凝土检查井和砌体结构检查井。钢筋混凝土检查井与管道连接时,接口连接件可以选择预埋和直埋两种形式(见图 4),但考虑到安装质量及施工速度等因素,建议采用预埋连接件的方式;而采用砌体结构检查井与管道连接时,预埋件止水翼环与井壁结合部位应采用膨胀混凝土一次浇筑成型,主要也是考虑了结构安全、接口密封等要求,混凝土结构整体性更强,不容易产生破裂和渗漏等问题。

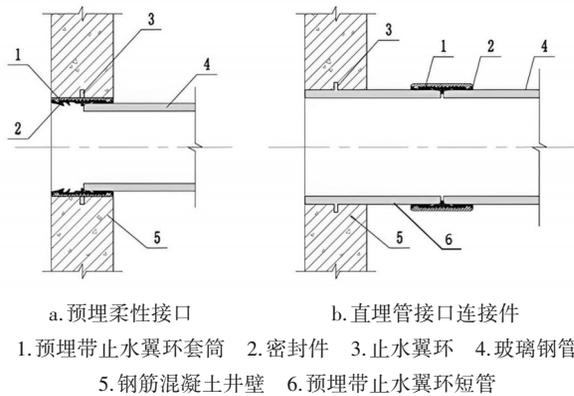


图 4 钢筋混凝土检查井与管道连接示意

Fig.4 Schematic diagram of reinforced concrete manhole and pipeline connection

2.6 顶管和内衬管施工

顶管工艺对管材的要求除满足管道刚度外,还需满足顶力的需要,而离心浇铸的玻璃钢夹砂管由于其管壁质地密实、均匀,且外壁光滑,非常适合顶管施工^[5]。

另一方面,离心玻璃钢夹砂管内壁光滑也是其一大优点,尤文玮等^[6]的研究表明,离心玻璃钢夹砂管粗糙系数仅为 0.009,国内相关离心玻璃钢夹砂管厂家测试的粗糙系数为 0.008 03,低于球墨铸铁管、钢管($n=0.013$)和钢筋混凝土管($n=0.014$),根据计算,在相同的工作压力及管线长度下,DN800 离心玻璃钢夹砂管与 DN900 的铸铁管过流能力相当^[6-7],因此将其作为内衬管进行管道修复后,虽然内径略有缩小,但过流能力不受影响。

在实际工程中,离心玻璃钢夹砂管用于顶管和

内衬管较多,《规程》也将成熟的施工方法进行归纳总结,在其 6.4 顶管施工及 6.5 内衬管施工章节就提出了两种施工工艺的主要技术要点和重点参数指标。

2.7 自密实回填材料

当前许多排水管网建设质量参差不齐,频频出现管网破漏,导致路面坍塌,城市居民财产和健康遭受严重威胁。排水管道质量差是由多种综合因素造成的,其中管道回填材料的选择和回填施工密实度控制是重要影响因素。

管道基础及沟槽回填质量是建立管道管土共同作用受力体系的基础,设计文件应明确规定管道基础及沟槽的回填材料及压实系数要求。根据《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008)要求,管道回填采用中粗砂回填至管顶以上 50 cm,管道两侧回填土需同时回填,两侧压实面的高差不超过 300 mm,其压实密度为 95%。如严格按照上述要求进行设计及施工,可确保排水管道质量,但在实际工程中存在以下几方面问题:①随着天然河砂资源的减少,质量好的中粗砂价格较高,且运输距离较远,在实际施工中往往就地取材进行回填,质量难以达标。②回填土未按规定分层回填,大石块等进入沟槽,未能分层夯实,土体沉降量大。③在城区新排管道工程中,一般采用钢板桩围护,钢板桩拔除过程对管周回填土(特别是底部)扰动过大,破坏了管土共同作用的受力体系,导致新排管道在投入使用后很容易发生接口脱开、管壁破裂、管道沉降等病害。这些问题都将破坏依赖夯实土层建立的管土共同作用的受力体系,造成管道结构安全隐患。

自密实回填材料是一种新型材料,其特点是能实现自身密实,保证管道沟槽回填效果。《规程》首次将自密实回填材料引入管道工程技术规程,并将其定义为由土料、胶凝材料、外加剂和水等原材料按一定配比均匀拌和,形成具有一定流动性、均匀性和稳定性,回填施工无需外力碾压或振捣,能够在自重作用下流动充填沟槽空间,且固化后具有一定抗压强度的材料;在管线设计部分也提出,将自密实回填材料应用于管顶 500 mm 以内的管道两侧及上部、管道两侧及管道基础的回填材料中,便于推广应用。

3 结语

解决排水管道问题,是消除黑臭水体、提升水环境质量的核心,而优质的管道工程包含管材优良、接口牢固、结构安全、等级适用、回填密实等多方面因素。在《规程》的制定过程中,编制组总结了国内实践经验,同时参考了美国水工业协会标准、ISO标准等的设计方法,将结构设计表达式与欧美标准协调,并创新性地提出了该管材顶管(包括曲线顶管)和内衬管的施工方法及参数要求。《规程》集管道工程的管材、设计、施工和验收各相关技术于一体,设计方法完善、工程安装构造措施、检验方法和技术指标详细,对保证管材生产质量、规范工程设计、提升管道工程质量具有重要意义。

参考文献:

- [1] 中国工程建设标准化协会. 离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管排水埋地管道工程技术规程: T/CECS 1130—2022[S]. 北京: 中国计划出版社, 2022.
China Association for Engineering Construction Standardization. Technical Specification for Centrifugal Casting Glass Fiber Reinforced Plastics Mortar Pipes of Underground Drainage Pipeline Engineering: T/CECS 1130-2022 [S]. Beijing: China Planning Press, 2022 (in Chinese).
- [2] 唐建国, 王家卓, 马洪涛. 完善城市排水系统, 巩固和提升黑臭水体整治成效[J]. 给水排水, 2018, 44(1): 1-7.
TANG Jianguo, WANG Jiazhao, MA Hongtao. Improve the urban drainage system and consolidate and improve the improvement of black and odorous water [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(1): 1-7 (in Chinese).
- [3] 唐建国, 张悦, 梅晓洁. 城镇排水系统提质增效的方法与措施[J]. 给水排水, 2019, 45(4): 30-38.
TANG Jianguo, ZHANG Yue, MEI Xiaojie. Strategies and methods for improving the quality and efficiency of the urban drainage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(4): 30-38 (in Chinese).
- [4] 方韬, 苏跃辉. 小口径离心浇铸玻璃钢夹砂顶管技术在市政排水管道设计及施工应用[J]. 建材与装饰, 2020(8): 66-67.
FANG Tao, SU Yuehui. Application of small diameter centrifugal cast glass reinforced plastic sand pipe jacking technology in municipal drainage pipeline design and construction [J]. Construction Materials & Decoration, 2020(8): 66-67 (in Chinese).
- [5] 王承德, 王伯华. 地下顶管新技术——夹砂玻璃钢顶管施工[J]. 建筑施工, 2005, 27(5): 57-59.
WANG Chengde, WANG Bohua. Innovative underground pipe-jacking technique—sand-mixed fiber glass pipe-jacking construction[J]. Building Construction, 2005, 27(5): 57-59 (in Chinese).
- [6] 尤文玮, 钱勇, 周铭. 旧管修复技术的合理选用[J]. 城市道桥与防洪, 2006(6): 76-79.
YOU Wenwei, QIAN Yong, ZHOU Ming. Reasonable selection of old pipe repair technology [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2006(6): 76-79 (in Chinese).
- [7] 王明辉, 苏跃辉, 谢超凡, 等. 非开挖管道修复新技术——DFHB GRP内衬管[J]. 特种结构, 2009, 26(5): 45-48.
WANG Minghui, SU Yuehui, XIE Chaofan, et al. New technology of trenchless pipeline repair—DFHB GRP lining pipe [J]. Special Structures, 2009, 26(5): 45-48 (in Chinese).

作者简介: 崔昱(1989—), 男, 广东南海人, 硕士, 工程师, 主要从事排水工程设计与研究工作。

E-mail: 372009893@qq.com

收稿日期: 2022-11-01

修回日期: 2022-12-12

(编辑: 丁彩娟)