

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.04.004

《排水球墨铸铁管道工程技术规程》关键技术解读

崔 昱¹, 李丽轩², 赵国志¹, 张秀华³, 宋奇巨², 李华成⁴,
李 艺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. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082; 3. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074; 4. 新兴铸管股份有限公司, 河北 邯郸 056302)

摘 要: 中国工程建设标准化协会与中国城镇供水排水协会联合发布的《排水球墨铸铁管道工程技术规程》已于2021年7月1日起施行。该规程从管材、设计、施工、功能性试验、验收等方面, 提出了排水球墨铸铁管道工程的建设要求, 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, 并有助于推广球墨铸铁管道在排水领域的应用, 同时给我国排水管材树立标杆, 促进排水管材行业的健康发展。

关键词: 球墨铸铁管; 排水管道工程; 闭气试验

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2025)04-0021-06

Interpretation of Key Technologies in the *Technical Specification for Ductile Iron Pipeline of Wastewater Engineering*

CUI Yu¹, LI Li-xuan², ZHAO Guo-zhi¹, ZHANG Xiu-hua³, SONG Qi-po²,
LI Hua-cheng⁴, LI Yi², TANG Jian-guo¹

(1. Shanghai Urban Construction Design & Research Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200125, China; 2. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China; 3. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China; 4. Xinxing Ductile Iron Pipes Co. Ltd., Handan 056302, China)

Abstract: The *Technical Specification for Ductile Iron Pipeline of Wastewater Engineering*, jointly issued by the China Association for Engineering Construction Standardization (CECS) and the China Urban Water Association (CUWA), came into effect on July 1, 2021. The regulations provide guidelines for the construction and implementation of ductile iron pipelines in wastewater engineering, covering pipe materials, design, construction, functional testing, and acceptance. They aim to ensure the quality of pipe production, standardize the engineering design, and improve pipeline engineering quality. Furthermore, they promote the use of ductile iron pipelines in the drainage field, set a benchmark for China's drainage pipe materials, and support the healthy development of the drainage pipe industry.

Key words: ductile iron pipeline; pipeline of wastewater engineering; pneumatic pressure test

1 编制背景

近年来,黑臭水体治理及水环境质量提升已成为政府的重点工作之一,“黑臭在水里,根源在岸上,关键是排口,核心是管网”,解决管网问题作为黑臭水体治理的核心内容,管道工程的质量对水环境的重要性不言而喻^[1-3],行业内专家提出“管道要革新,管材要革命”。球墨铸铁管因其结构稳定性高、密封性能好、地基适用性强,在我国市政供水行业已被广泛应用,成为供水管材市场的主导产品^[4]。近年来排水管道的质量越来越受到重视,球墨铸铁管在市政排水行业的发展迅速,现已应用于武汉排渍工程、常州市政污水工程、南京雨污水分流工程、福州水系治理工程等重大排水工程项目中,其品质也得到了业内的高度认可。但是我国市政类排水规范中还没有针对该管材的专项规程,因而一些项目虽然使用了高品质的球墨铸铁管材,整体完成的工程质量却并不高,没有发挥出该管材的优势。

鉴于上述问题,中国工程建设标准化协会(CECS)发布《关于印发〈2018年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》(建标协字〔2018〕030号)文件,批准由上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司和北京市市政工程设计研究总院作为主编单位,会同中国市政工程西北设计研究院有限公司、中国市政工程华北设计研究总院有限公司、中国市政工程东北设计研究总院有限公司、新兴铸管股份有限公司等15家参编单位组建规程编制组,编制《排水球墨铸铁管道工程技术规程》(以下简称《规程》),规范球墨铸铁管道工程建设要求,同时为我国排水管材树立标杆,促进排水管材行业健康发展,同时也是推进“核心在管网”的具体落实。

《规程》于2021年2月由中国工程建设标准化协会(编号:T/CECS 823—2021)及中国城镇供水排水协会(编号:T/CUWA 40071—2021)发布,自2021年7月1日起施行。

2 《规程》的主要内容

《规程》共分9章,其主要内容为:1总则,2术语,3基本规定,4管材,5管道设计,6结构设计,7施工,8功能性试验,9工程竣工验收,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。

管材章节包括规格与接口、材料性能、管的分级、管的尺寸、顶管管材5部分,主要规定了管材的力学性能指标、壁厚、接口形式等技术参数。

管道设计章节包括一般规定、水力计算、管道布置、检查井、防腐蚀设计5部分,主要基于球墨铸铁管的特点展开,如无压管道、压力管道的水力计算方法、球墨铸铁管道及检查井的布置原则、管道与检查井的连接构造、防腐要求等。

结构设计章节包括一般规定、管道结构上的作用、管道的强度计算、管道的稳定验算、管道的变形验算、明装管道的结构设计、构造措施7部分,主要对管道强度、稳定、变形等设计方法及参数取值做出规定。

施工、功能性试验和工程竣工验收主要明确了排水用球墨铸铁管道工程的施工要点、密闭性试验及竣工验收的规定事项。

3 《规程》主要特点

3.1 强调管道工程的建设要求

球墨铸铁管材具备强度高、韧性好、延伸率大、安装简便等优点,已被业界熟知及认可,但用了好管材,与做好管道工程并不等同。在工程实践中,有时虽然采用了球墨铸铁管道,但管道接口处的密封圈没有安装到位,或根本没有安装密封圈,从而导致接口处出现严重渗漏,这也就意味着整体工程的失败。

因此,《规程》特别强调对管道“工程”的建设要求,从章节编排来看,除了对管材性能和尺寸的规定外,管道设计、结构设计、施工均单独成章,详细阐述了在管道工程建设过程中各项关键步骤、节点的控制和规定,侧重于如何布置、安装管道和关键组件的技术要求。

3.2 强调结构设计

随着排水工程中球墨铸铁管道越来越多的应用,业主对工程的结构安全性和经济性也提出了越来越高的要求^[5],而在保证结构安全的前提下,如何提高经济性,就体现在结构设计的环节。结构设计需要确定管道分级(即选择适当壁厚的管道),管道分级与管道埋设深度、外部荷载、土弧基础中心角、沟槽宽度、管侧土的类型及压实系数等因素有关,不可简单地直接选用,需经结构设计确定,才能保

证管道设计的安全、经济、合理。

由于球墨铸铁管标准化的生产工艺流程,只能提供不同壁厚等级或压力等级的标准管材,设计人员首先应通过结构设计得出管道计算壁厚,然后对照标准管材的规格确定适合的壁厚及管材等级,目的是在保证工程安全性的同时兼顾经济性。其中,安全性最为重要,结构设计应结合敷设条件、外荷载以及内水压力等选择管材的合理壁厚,确保敷设后管道的安全;其次是经济性,不同口径、不同壁厚的管材,其环刚度差异很大,回填要求也大不相同,通过结构设计,在选择合理壁厚的同时,也就选择了合适的回填方式,建设成本也最为合理,从而避免了因盲目确定管材等级而导致不必要建设成本的增加。

设计过程中,可以根据工程实际先选择级别较低的管材,判断是否满足强度计算和变形验算的要求,通过反复校正并最终确定合适级别的管材。管材的级别选择流程见图1。综上,管材的分级是为结构设计提供依据,兼顾工程的安全性与经济性。

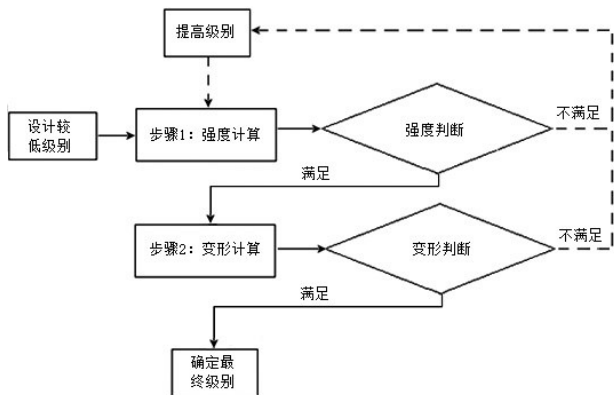


图1 管材的级别选择流程

Fig.1 Flow chart of pipe material level selection

3.3 强调管道与检查井的连接

《规程》的编制旨在提升排水管道质量,促进排水系统提质增效,延长排水工程的使用寿命,推广球墨铸铁管在排水领域的应用,打造出更多采用球墨铸铁管的优质管道工程。目前,我国城镇排水系统已基本构建完成,大多项目为混接改造或分流改造的既有管道改造工程,其中与现状检查井衔接是重点之一。球墨铸铁管与球墨铸铁检查井连接能很好地解决管口渗漏问题,《规程》列举了部分检查井的常规做法。但由于其主要采用铸造工艺制作,现场调整切割困难,导致井筒高度、管道接口位置、

井口高程、地面高程等不易契合对应,在实际工程中还有待推广。

因此,《规程》强调球墨铸铁管需与各种类型的检查井兼容通用,其5.4检查井章节提出:无压管道检查井宜采用球墨铸铁检查井或钢筋混凝土检查井,在地下水埋深较大的地区,雨水管道可采用砌体结构检查井;压力管道宜采用钢筋混凝土检查井。《规程》特别规定了球墨铸铁管与各类检查井之间宜采用柔性连接方式,并给出了标准的示意图,可操作性强,一定程度上满足了工程实际需求,为提升管道工程质量解决了一个重要节点问题,也符合普适性的原则,扩展了球墨铸铁管的使用范围,延续了其生命力。

4 《规程》重点技术要求

4.1 适用条件

排水用球墨铸铁管道具有结构稳定性高、接口密封性好、内外防腐技术成熟等特点,特别适用于一些地质条件恶劣、敷设环境腐蚀性强或需确保安全的区域。《规程》总则1.0.2条文指出,在一些特殊的工程条件下,采用球墨铸铁管比传统排水管道更具有优势,例如:①管道敷设在地下水位以下区域;②管道敷设在受江、河、湖、海等水体影响区域;③管道敷设在城市主干道、高等级公路下方区域;④管道敷设在车流、人流密集等检修空间受限区域;⑤管道敷设在液化土、湿陷性黄土、膨胀土、流砂等特殊土壤地区;⑥管道敷设在植物根系发达易侵入的区域;⑦管道敷设在覆土较浅的区域;⑧管道敷设在输送介质中含有冰粒、冰块的区域;⑨管道敷设在地下啮齿类动物较多的区域;⑩管道敷设在中、强腐蚀性等级环境的区域;⑪管道敷设在重要地下建筑物或构筑物顶板以上的区域;⑫管道敷设在采用明装管道的区域。

上述情况如采用球墨铸铁管则会增加工程安全性及可靠性,吕艳彬等^[6]指出,在太仓市、福州市等河道黑臭水体治理工程中,于河道内设置球墨铸铁污水管进行截污,达到了良好的效果,同时因管道系统稳定,从而大幅减少了后期维修费用的投入,按全周期寿命成本核算,该系统的工程造价相对传统钢筋混凝土管或塑料管更节省。

4.2 接口类型

《规程》4.1.2章节规定了3种接口类型,分别为

柔性接口、自锚接口和法兰接口。

① 柔性接口

在柔性接口类型中,滑入式柔性接口(见图2)具有结构简单、安装方便、密封性好等优点,是一种兼顾经济性和实用性的经典接口,适用于绝大多数的工况条件,也是球墨铸铁管最具代表性、最常用的接口形式。

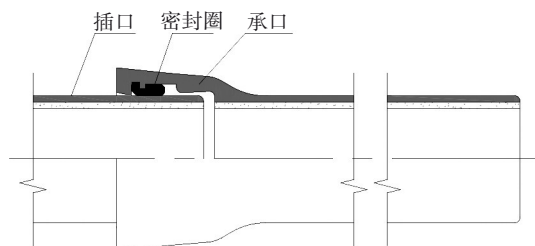


图2 滑入式柔性接口示意

Fig.2 Schematic diagram of slide-in flexible interface

相比于滑入式柔性接口,机械柔性接口(见图3)增加了压兰、连接螺栓和螺母等附件,具有产品价格较高、安装步骤较复杂、承压能力较低的局限性,但是此类接口具有安装顺序灵活、拆卸方便的特点,主要应用在管线合龙、维修和检查井连接等特殊工况。

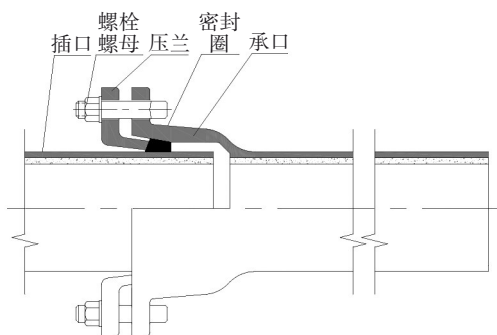


图3 机械式柔性接口示意

Fig.3 Schematic diagram of mechanical flexible interface

② 自锚接口

自锚接口除提供密封性能外,还可以提供轴向抗拔能力,主要适用于以下3种工况条件:a. 地基承载能力较差的情况,如淤泥、软黏土、煤炭采空区等;b. 管线坡度大(明装时坡度 $\geq 20\%$,埋地时坡度 $\geq 25\%$)的情况;c. 有压管线的弯头、三通、渐缩管、盲端等水流方向或管道横截面积发生变化的部位,采用自锚接口替代混凝土支墩可抵消水力推力,实现抗滑稳定性。

自锚接口分为外自锚(见图4)和内自锚(见图

5)两种,需符合现行国家标准《球墨铸铁管线用自锚接口系统设计规定和型式试验》(GB/T 36173—2018)的有关规定。因此在工程应用中,生产厂家需提供自锚接口资料,如口径、尺寸、接口允许偏转角度、允许抗拔脱力以及安装操作手册等,以保证工程的安全和具体实施。

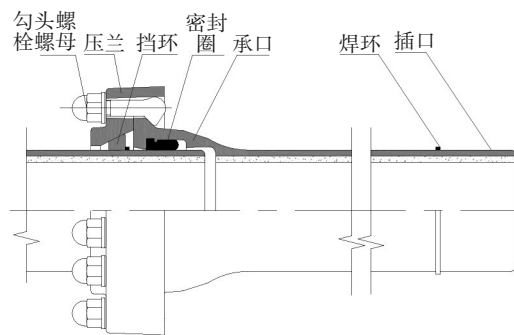


图4 外自锚接口示意

Fig.4 Schematic diagram of external self-anchoring interface

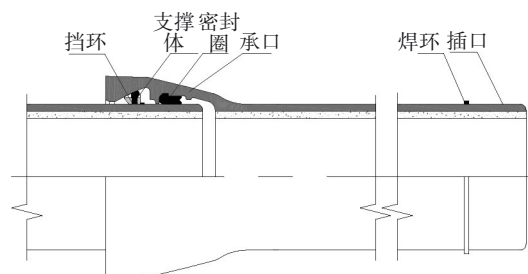


图5 内自锚接口示意

Fig.5 Schematic diagram of internal self-anchoring interface

③ 法兰接口

球墨铸铁管法兰接口(见图6)执行现行国家标准《整体铸铁法兰》(GB/T 17241.6—2008)的相关要求,此类接口主要适用于一些特殊情况,如球墨铸铁管与泵体、阀门、消火栓、其他管材管道的连接。

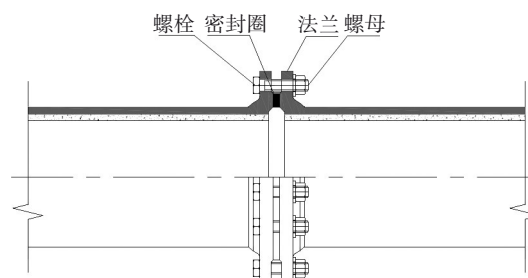


图6 法兰接口示意

Fig.6 Schematic diagram of flange interface

4.3 密封圈要求

对于排水用球墨铸铁管,密封圈的优劣也决定了接口的施工质量。为凸显密封圈的重要性,《规程》在术语中特地将密封圈列出:“2.0.4 密封圈——安装于管道接口,可防止输送介质外渗、地下水渗入、外部异物入侵以及辅助接口偏转的密封部件”。

另在《规程》4.1.3 章节中,基于不同的输送介质,对密封圈的材质做出如下规定:输送污水、合流污水、工业废水时,密封圈材质应采用丁腈橡胶;输送雨水时,密封圈材质宜采用丁腈橡胶,也可采用丁苯橡胶或三元乙丙橡胶。这是因为丁腈橡胶耐油、耐化学腐蚀性良好,能满足污水、雨污合流水、雨水、工业废水的输送要求;而丁苯橡胶和三元乙丙橡胶的耐磨性、耐老化性良好,但耐腐蚀性较差,因此仅能满足雨水的输送要求,而不能满足污水输送要求。

4.4 防腐要求

通常来说,球墨铸铁管道本身就具有较好的防

腐性,但在实际工程应用中,由于输送介质成分复杂,敷设土体条件多样,因此仍需对其进行内外防腐,以确保工程质量及使用寿命。

球墨铸铁管内防腐主要考虑输送介质对管道的直接腐蚀作用,以及污水与细菌生成 H_2S 气体后进一步反应形成的硫酸对管道内壁的腐蚀作用^[6]。根据实际工程经验,铝酸盐水泥砂浆内衬可适应市政排水管网输送介质的耐腐蚀性和耐磨性要求,因此市政污水管、合流管应选用铝酸盐水泥砂浆内衬;雨水管则可选用普通硅酸盐水泥砂浆内衬;如输送介质是腐蚀性强的工业废水($pH<4$ 或 $pH>12$),宜采用聚氨酯内衬、环氧类内衬等有机涂层。管道内防腐可以按表 1 采用。

球墨铸铁管外防腐应根据环境土壤和地下水腐蚀性判定选择,常规防腐为管道外壁喷涂锌层加终饰层;加强防腐还应在常规防腐的基础上,现场再包覆聚乙烯套;重防腐则应选择聚氨酯涂层或环氧类涂层。管道外防腐可以按表 2 采用。

表 1 常用管道内防腐涂层

Tab.1 Anticorrosive coating for inner layer commonly used in pipelines

腐蚀性等级	输送介质	管道内防腐	符合标准
弱	雨水	普通硅酸盐水泥砂浆内衬	《球墨铸铁管和管件 水泥砂浆内衬》(GB/T 17457—2019)
中	合流污水、污水	铝酸盐水泥砂浆内衬	《球墨铸铁管和管件 水泥砂浆内衬》(GB/T 17457—2019)、《球墨铸铁管和管件 水泥砂浆内衬密封涂层》(GB/T 32488—2016)
强	工业废水	聚氨酯内衬	《球墨铸铁管和管件 聚氨酯涂层》(GB/T 24596—2021)
		环氧陶瓷内衬	《球墨铸铁管、管件及附件 环氧涂层(重防腐)》(GB/T 34202—2017)
		环氧涂层内衬	

表 2 常用管道外防腐涂层

Tab.2 Anticorrosive coating for outer layer of commonly used in pipelines

腐蚀性等级	土壤环境	管道外壁防腐	符合标准	备注
弱	弱腐蚀环境	锌/富锌涂料+终饰防腐层	《球墨铸铁管、管件和附件外表面锌基涂层 第 2 部分:带终饰层的富锌涂料涂层》(GB/T 17456.2—2010)	锌层质量可调节
中	中腐蚀环境	标准防腐层+聚乙烯膜	《现场安装聚乙烯套球墨铸铁管线》(GB/T 36172—2018)	性价比高
强	强腐蚀环境	聚氨酯涂层	《球墨铸铁管和管件 聚氨酯涂层》(GB/T 24596—2021)	特殊腐蚀地区
		环氧涂层	《球墨铸铁管、管件及附件 环氧涂层(重防腐)》(GB/T 34202—2017)	适用于管件

明装管道外防腐应进行耐久性专项设计,主要考虑紫外线照射、温度、酸雨等气候条件。我国幅员辽阔,东西南北差异大,很难统一规定,故要求根据项目地的特点进行专项设计。

4.5 功能性试验方法

《规程》的 8.2 节和 8.3 节针对无压管道提出了

闭水和闭气两种功能性试验的方法,而由于空气和水之间的物理差异以及压力条件下气体和流体的行为差异,空气泄漏与水的渗漏之间没有直接的关联。在大多数情况下,如果排水管道通过了闭气试验,则也能通过闭水试验。如果未通过闭气试验,则可在修复或返工之前对排水管道进行闭水试验,

闭水试验合格也可判定管道安装合格。

与闭水试验相比,闭气试验具有省时省工、方便简捷、无引水排水困难、不受季节限制等优点,但闭气试验对管道系统密封性的要求更高,导致其他管材的排水管道若采用闭气试验检测,成功率不一定高,而球墨铸铁管道则具有密封性好的特点,大量实际工程中也证实了球墨铸铁管道工程通常可通过闭气试验的检测。因此在条件允许的情况下,推荐无压排水用球墨铸铁管道工程优先采用闭气试验,并根据《规程》的8.3节及附录F的要求操作。

5 结语

室外排水管道问题突出,主要表现在结构破损、接口脱落、渗漏严重,这与管材质量和施工质量不高密切相关,排水球墨铸铁管与传统排水管材相比,在结构稳定性、接口密封性等方面优势明显。《排水球墨铸铁管道工程技术规程》从管材、设计、施工到功能性试验、验收等各方面,规定了该管材应用于排水管道的技术标准,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,对球墨铸铁管在排水管道中的应用、对黑臭河道治理、排水系统提质增效等政策的推进具有积极作用。

参考文献:

- [1] 唐建国,李艺. 排水球墨铸铁管道工程技术规程[M]. 北京:中国计划出版社,2021.
TANG Jianguo, LI Yi. Technical Specification for Ductile Iron Pipeline of Wastewater Engineering [M]. Beijing: China Planning Press, 2021 (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] 李华成,白占顺. 球墨铸铁管在水利工程的应用[J]. 水利规划与设计, 2016 (1): 64-68.
LI Huacheng, BAI Zhanshun. Application of ductile iron pipe in hydraulic engineering [J]. Water Resources Planning and Design, 2016 (1): 64-68 (in Chinese).
- [5] 吕艳彬,李皓明,李华成. 球墨铸铁管的结构设计及管道壁厚的合理选择[J]. 中国给水排水, 2017, 33 (24): 121-123.
LÜ Yanbin, LI Haoming, LI Huacheng. Design of ductile iron pipe structure and selection of pipe thickness [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33 (24): 121-123 (in Chinese).
- [6] 吕艳彬,李华成. 球墨铸铁管+球墨铸铁检查井用作河道内污水收集系统[J]. 中国给水排水, 2017, 33 (18): 111-114.
LÜ Yanbin, LI Huacheng. Application of ductile iron pipes and inspection well for wastewater collection system in river [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33 (18): 111-114 (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: 2022-06-30

修回日期: 2022-07-15

(编辑:丁彩娟)