

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.08.018

排水管道水力冲洗设施在综合管廊中的应用

邓娟, 郑爽

(中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 610084)

摘要: 综合管廊普遍埋深较大,为解决综合管廊中重力流污水管、雨水舱在运行时淤积堵塞清掏维护难度大的问题,提出在污水管道中采用全自动水力冲洗、能耗小、效率高的管道拦蓄盾自动冲洗系统,在雨水管道中采用真空冲洗系统,便于管廊的运营维护管理。介绍了两个系统的工作原理、设备组成及安装、运行控制要求,并给出了实际工程应用案例,总结了两个系统在重力流管渠设计中的位置设定、设备选型、详图设计、运行控制、工程措施、主要经济指标及后期运行的注意事项,为综合管廊重力流污水管、雨水舱的设计和运行提供参考。

关键词: 综合管廊; 管道拦蓄盾系统; 真空冲洗系统

中图分类号: TU990.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)08-0101-06

Application of Drainage Pipe Hydraulic Flushing Facility in the Utility Tunnel

DENG Juan, ZHENG Shuang

(Southwest Municipal Engineering Design & Research Institute of China, Chengdu 610084, China)

Abstract: The buried depth of the utility tunnel is generally large. Full-automatic hydraulic flushing, low energy consumption and high efficiency channel flushing gate system in sewage pipes, and vacuum flushing system in rainwater pipes are proposed to solve the problem of cleaning and maintaining the gravity flow sewage pipes and rainwater tanks in the utility tunnel, and to facilitate the operation and maintenance management of the utility tunnel. Working principle, equipment composition, installation and operation control requirements of the two systems, which combined with practical engineering application cases are introduced. The location setting, equipment selection, detail design, operation control, engineering measures, main economic indicators and matters needing attention in the later operation of the two systems in the gravity flow pipe channel design are summarized, which will provide a reference for the design and operation of the gravity flow sewage pipes and rainwater tanks in the utility tunnel.

Key words: utility tunnel; channel flushing gate system; vacuum flushing system

排水管渠在运行过程中,污染物会逐渐沉积于管渠内部,造成管渠淤积堵塞,减少过流断面,从而影响管渠的过流能力^[1]。目前国内对管渠中沉积物的清除大多是依靠机械设备人工清淤,劳动强度较大,若疏通不及时,极易引起堵塞且对小尺寸管渠较难实施。另外也可以采用高压水枪或冲洗车进行水力冲洗,而在实际场景中,无论是人工清淤或人工水力冲洗,都不能达到良好的效果,在现有市政排水

管网中,管渠淤积问题依然普遍存在。

微型管道拦蓄盾系统采用简易、经济的方法解决了此类流量小、流速低、容易发生淤积和不便于人工清掏的小直径排水管道的冲洗、维护问题。该系统不需要外部水源,利用管道自身水量,自动、定时对管道进行冲洗,安装简单且运行稳定,冲洗频率高,采用液压控制,能耗低,底部无电气部件,免维护,坚固耐用且易于改造,可降低管道维护成本及人

工清掏的危险性。

另外,对于非圆形且断面较大的排水渠道底泥的冲洗、维护,真空冲洗系统的应用无疑是目前最经济、有效的手段。

1 微型管道拦蓄盾系统

1.1 工作原理

污水管道拦蓄盾的工作状态主要分为拦蓄、冲洗、闲置阶段。设备可以接入远程控制系统,进而更加有效地对管网系统进行管理。

拦蓄盾系统的工作原理见图1。

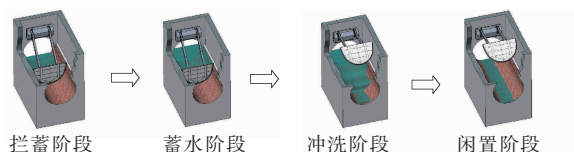


图1 拦蓄盾冲洗系统工作原理

Fig.1 Working principle of channel flushing gate system

管道冲洗时,首先利用拦蓄盾对管道水流进行拦蓄,达到预先设定的拦蓄水位后拦蓄门瞬时开启,拦蓄水的重力势能转变为动能,形成较高冲洗流速,拦蓄水中的悬浮物和固体杂质随水流从拦蓄门下排出。拦蓄水将以席卷流的方式对拦蓄门下游管道进行有效、可靠的冲洗。闲置期间,拦蓄门可以锁定在拦蓄截断面的上方,不占用管道任何排水空间,断电时亦可保持开启状态^[2]。

1.2 设备及安装

管道拦蓄盾自冲洗系统为成套装置,包括拦蓄盾体、水位监测系统、信号系统、液压系统、控制系统以及相应所必需的其他安装附件等。

拦蓄盾体包含拦蓄盾主体(也叫移动门,用来关闭部分管道直径)、转动臂、固定支座,采用膨胀螺栓固定安装于管道出水管上方的墙壁上。液压动力装置和控制面板应安装在控制室或附近的保护柜内。拦蓄盾体上游需设置一个超声波液位计,用以监测管道的水位值,冲洗的释放水位可根据具体方案进行调整。

在天气干燥情况下,盾体(移动门)处于高位置,一旦盾体处于低位置,水压将压迫盾体的密封件处于管道侧面,使盾体和管道间的缝隙关闭。这导致了管道的部分关闭,管道中的水将被储存到期望的水位,用于管道冲洗。一旦盾体处于低位置,液压泵关闭。上游管道将会充满上游来水,管道中门后

的水位上升。如果需要的水位可以由上游液位计检测到,那么液压力装置开始工作,电磁阀移动,并通过液压驱动双向液压缸的轴,于是盾体(移动门)往上移动,开始冲洗管道。

1.3 设备运行

1.3.1 设备的控制

拦蓄水位高度、拦蓄门开启频率及冲洗管道的蓄积水量均可根据现场实际情况设定,也可以根据水务管理人员的经验对设备的运行程序进行预先设定;中控系统可显示任意时段设备在管网中的运行状况,使得对排水管网的管理更加灵活便捷;手动操作和冲洗可通过控制面板在任何时候进行。

为了满足管道水流恒定排放的要求,可以利用PLC控制器的水位监测和调控功能,精确计算出拦蓄门的开启度并将拦蓄门锁定在任意位置,亦可设定最高出水水位将拦蓄门逐级开启至预设位置,管理方便。冲洗系统所造成的冲洗波浪为翻卷式席卷流,有足够的高度带走污泥。波浪的后段保持足够的水量推动其前冲。

拦蓄盾冲洗系统的工作是自动实现的,循环式。每一次冲洗过程结束后,自动进入下一次冲洗过程的准备状态。

1.3.2 冲洗方式

拦蓄盾的冲洗频率根据污水管道的运行维护要求确定,一般可按每天冲洗1~2次进行设定,单次冲洗时间约15 min。管道冲洗方式可选择冲洗波式或脉冲式,主要根据水力条件及待冲洗管道的闲置时间进行选择。一般当下游管道污水全部排空时,可选择冲洗波式;在管道回水、支流汇入、较长闲置时间等特殊水力条件下采用脉冲式管道冲洗方式。

① 冲洗波式冲洗

当下游有效冲洗管段的冲洗时间小于蓄积一次冲洗水量所需的时间时可选择冲洗波式对管道进行冲洗。下游有效冲洗管道的排空,是保证此方式冲洗效果的前提条件,必须结合管道充满度、管道坡度等因素验证蓄积的冲洗水量能否产生冲洗波,以确保对管道的冲洗效果。

② 脉冲式冲洗

当下游有效冲洗管段的冲洗时间大于蓄积一次冲洗水所需的时间时可选择脉冲式冲洗方式。当蓄积足够冲洗水量可对下游管道进行冲洗后,下游管道还没有完全排空,此时,拦蓄门开启,排放的拦蓄

污水将形成强劲的脉冲式冲洗波,连同在下游未排空管段形成的冲洗波,将污水管道的沉积物全部清除干净。

2 雨水真空冲洗系统

2.1 工作原理

真空冲洗系统的工作原理见图2。

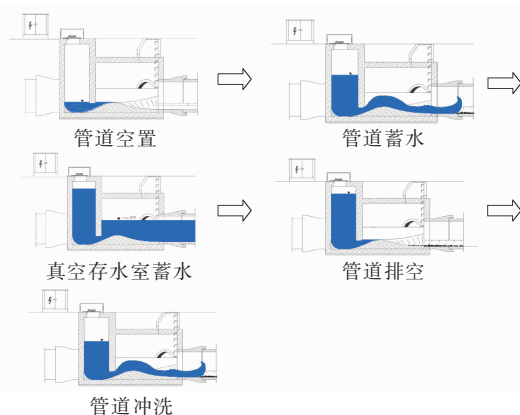


图2 真空冲洗系统工作原理

Fig. 2 Working principle of vacuum flushing system

当管道蓄水时,真空泵启动,抽空存水室中的空气,使得管道中的水在大气压的作用下压入存水室,直到存水室内的液位升至设定液位。

雨水舱开始排水时,存水室内的液位逐渐下降,直至排空;由于存水室内保有真空,存水室底部和调蓄池连接处为虹吸结构,因此存水室内的液位维持高位不变。

待管道排空后,可打开位于存水室顶部的真空阀,存水室内的真空被破坏,此时存水室的水依靠重力迅速进入管道,有效清洗管道中的淤积杂质^[2]。

2.2 设备及安装

真空冲洗系统主要包括真空隔膜阀、控制柜及电缆、超声波液位计及安装附件等。

① 真空隔膜阀:用于存水室真空释放和存水室气室开闭。包含安装底板、密封和固定材料、隔膜阀、透气防护网罩(高度约为220 mm)、正负压软管接头、液位测量系统(浮球开关)、配套法兰及安全阀等。

冲洗阀(带隔膜)安装在混凝土存水室的顶部开孔处。充气过程中真空阀被真空泵通过压力软管充入的正压气体胀大。一旦真空阀胀大到从上部封住存水室,充水将开始。同时真空泵通过负压胶管把存水室内的空气抽出,形成的真空将使水位上升。

不锈钢透气罩网用来保护真空阀。安全阀安装在冲洗阀的下部,用来防止因存水室中的液位计失效而导致的充水过量。

真空隔膜阀为关键性机构,为保证其使用寿命,进一步提升系统自动化程度及管理维护的方便,建议真空隔膜阀组鼓胀密闭及存水室抽真空共用一套动力系统。

② 控制柜及电缆:包含真空泵、内部管线和控制面板,安装于一个专用井室内。真空泵通常放置在控制室的保护柜中,它可以同时从存水室内抽气并把隔膜阀充气。在操作期间通过真空泵把存水室内气体排走而创造一个负压,同时真空泵创造一个正压使隔膜阀充气。

③ 超声波液位计:分别安装于排水渠和存水室,用于监控液位。

2.3 设备运行

一般正常雨后就会自动冲洗一次,但是冲洗前提是雨水能够把存水室存满,若当期雨量太小时,则会多存几次,直至存水室存满后便会进行自动冲洗。单次冲洗运行时间约30 min。

具体运行过程如下:

① 当排水渠内水位上升至设定液位1时真空泵开始运行,存水室内空气被排出并伴随液位上升。(排水渠水位应至少比存水室的倒虹坡高出10~20 cm)。

② 当存水室中液位上升至设定液位2时,真空泵在预设时间结束后关闭。

③ 当排水渠内水位回落至设定液位3时,真空阀将被打开使存水室内的水被迫进入排水渠,从而清洗渠道,渠内杂质将随水流冲往下游排出口。

④ 当下一次降雨来临,水位再一次升至设定液位1时,整个过程将重复。

液位1、2、3均可根据具体工程或后期运行经验进行设定、调整。

若需要在非雨季冲洗排水渠,则可向存水室内灌水并手动打开真空冲洗系统进行手动冲洗,每年非雨季冲洗不应少于2次^[3]。

3 工程应用

3.1 总体及断面布置

某城市新建道路下的干线综合管廊工程,总长约4.4 km。综合管廊总体布置于道路南侧绿化带、人行道下,部分位于车行道下^[1,3-4],具体位置如图

3所示。

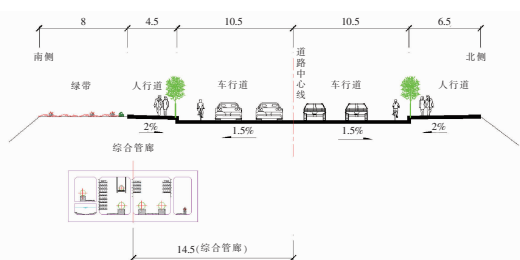


图3 管廊标准断面管位排列

Fig.3 Pipe layout of standard section of the utility tunnel

根据规划条件及设计要求,该工程道路下规划的10 kV电力电缆、通信电缆、城市杂用水管(DN600)、环境用水管(DN600)、输水管(DN1200)、配水管(DN400)、天然气管(DN250)、重力流污水管(DN500)和雨水管均需纳入综合管廊^[2]。该工程污水管采用钢管,设置单独污水舱;雨水利用管廊的结构本体作为雨水渠^[1,3-4],布置于污水舱的下部。管廊横断面布置见图4。

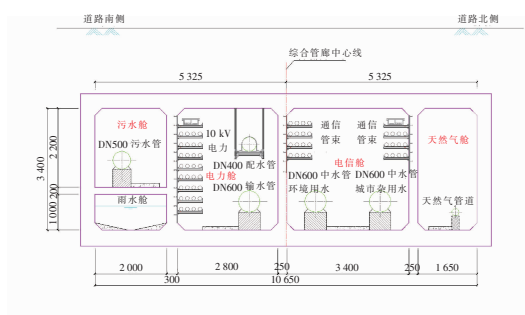


图4 管廊标准断面布置

Fig.4 Standard section layout of the utility tunnel

3.2 平面及竖向设计

综合管廊平面线形与道路平面线形一致,纵断面基本上与所在道路的纵断面走向一致,并坡向雨水渠下游出口^[2]。

为保证雨污水顺利排出,尽量节能,管廊纵坡按照雨水、污水排向重力流考虑^[1]。

3.3 污水管拦蓄盾冲洗系统设计及注意事项

3.3.1 系统设计

由于雨污水均以重力流形式入廊,局部管段受整体埋深控制,坡度较小,容易造成管道淤积。为便于后期综合管廊中排水管道的疏通维护,该项目污水管道内采用微型管道拦蓄盾系统。

污水管道管径D530 mm×10 mm,采用加厚钢管,设计冲洗长度700 m,冲洗段管道坡度0.004,在桩号1+920处设置管道拦蓄盾1套,蓄水长度120

m,拦蓄盾蓄水高度480 mm。

拦蓄盾设备总质量600 kg,力臂及支座200 kg,拦蓄盾主体400 kg,转动扭矩2×50 kN。拦蓄冲洗系统的控制柜布置在管廊内的变配电间。拦蓄冲洗系统设定冲洗频率为1次/d,后期可根据实际运行情况增加开启次数和频次。污水拦蓄盾井示意图见图5,实景照片见图6。

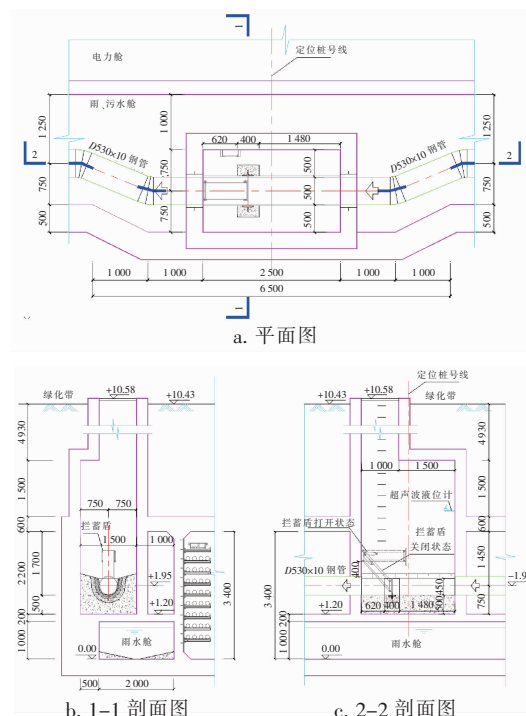


图5 污水拦蓄盾井示意

Fig.5 Schematic diagram of sewage storage shield well



图6 污水拦蓄盾系统实景

Fig.6 Pictures of sewage channel flushing gate system

3.3.2 注意事项

拦蓄盾冲洗装置适合环境温度0~40℃;为保证控制系统操作安全,尽量使用限位开关对拦蓄盾的启闭进行控制;液压管线必须保持完全密封、防水;活塞、阀门等类似结构建议由不锈钢材料制成,以防生锈;由于与水表面接触,不建议采用滑动活塞垫圈。

管道冲洗系统安装室应有足够的操作空间,建

议每侧距离不小于 20 cm,管道轮廓应和安装室一致,每侧的混凝土结构应该超出盾处于低位置时的最小高度。

运行建议:每日夜间水量小时,采用 1 次/d 的冲洗频率,应保证下游排水通畅,下游管段液位应低于 0.3 ~ 0.4 m;若下游液位一直处于较高水平,可采用脉冲式冲洗模式,间歇性开启拦蓄盾,形成脉冲冲洗波。

3.4 雨水真空冲洗系统设计及注意事项

3.4.1 系统设计

真空冲洗系统目前多用于雨水调蓄池底泥冲洗,因雨水舱与调蓄池类似,本项目将此工艺应用于综合管廊雨水舱中。

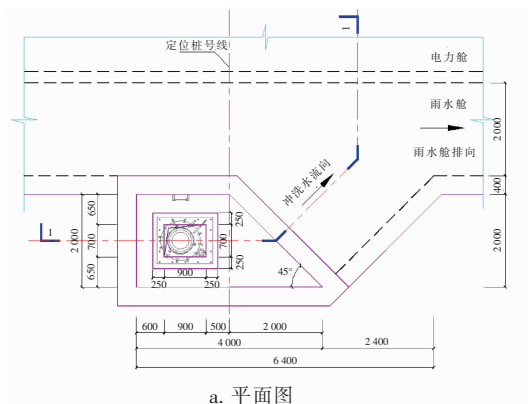
该工程管廊共设计 2 套真空冲洗系统,分别位于桩号 2 + 060、3 + 200 处,坡度分别为 0.004、0.002。

每套真空冲洗系统包含真空阀 1 套、真空泵 1 台、液位计 2 套、室外控制柜 1 个。控制系统包含真空泵、控制阀门及控制面板。其中真空隔膜阀安装底板外尺寸为 1 000 mm × 1 200 mm,安装开孔尺寸为 700 mm × 900 mm,材质为不锈钢 SS304、IP54,可室外安装。

室外控制柜尺寸为 1 000 mm × 750 mm × 1 500 mm,IP54,包含控制系统、真空泵、配套阀门组件及安装面板。采用超声波液位计,共 2 个,测量范围 0 ~ 4 m,输出 4 ~ 20 mA,精度 0.5% FS,设置于存水室内 1 个、收集渠内 1 个。

真空泵气量 40 m³/h,采用防爆泵,安装于控制柜内。

雨水真空冲洗系统示意如图 7 所示,实景照片见图 8。



a. 平面图

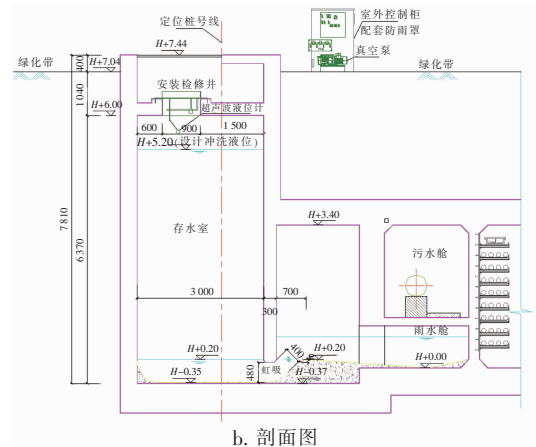


图 7 雨水真空冲洗系统示意

Fig. 7 Schematic diagram of rainwater vacuum flushing system

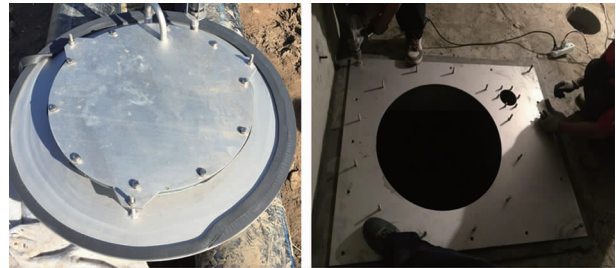


图 8 雨水真空冲洗系统实景

Fig. 8 Pictures of rainwater vacuum flushing system

3.4.2 注意事项

为保证真空冲洗系统正常运行,保证存水室的密封性是关键,该工程主要采取如下措施:

① 适当提高混凝土的等级要求。该工程存水室的混凝土材质采用 C35、C45 或者 B35;28 d 后抗压性需达 35 N/mm²;体积质量在 2.01 ~ 2.80 kg/dm³之间;最小水泥密度 ≥ 240 kg/m³;水与水泥的比例 ≤ 0.60,混凝土中有微小毛细孔(厚度 > 0.4 m,水/水泥比例 ≤ 0.7);没有开裂(小气孔和裂开的气孔)^[5]。

② 保证钢筋(螺纹钢)正确安装。真空阀的防水密封件(压缩橡胶垫圈)或接口密封须在厂家指导下安装。存水室内所有施工缝须注入填充剂(硅胶)。模板锚和模板间隔器的开口须用硅胶密封。在出现缝隙裂纹的情况下,可用环氧漆密封^[5]。

③ 严格控制存水室内底部二次浇筑混凝土及虹吸坡的设计高度。

后期运行注意:冲洗期间(自动运行控制水位)不允许任何人进入冲洗廊道(区域)。出于安全考虑,若有维修人员需下渠检修,自冲洗系统模式必须切换成手动模式进行冲洗。在正常操作期间,真空泵的表面温度可高达 70 ℃,必须要等真空泵冷却后,再对真空泵进行操作或维护,并使用安全手套。当维修、操作人员需进入工作区域时,必须采用安全测试设备对真空阀周边区域的气体进行检测(气体警告装置和自救器)或先彻底通风,确保在工作区域内无有害或爆炸性气体^[3]。

4 主要技术经济指标

该工程综合管廊总长度约 4.4 km,断面宽度 10.65 m×3.4 m,共四个舱室,工程费用共计约 4.2 亿元。污水冲洗设施初期投资占污水舱投资的 3%~5%,雨水真空冲洗设施初期投资占雨水舱投资的 5%~7%,对管廊的整体建设投资影响很小。后期运行过程中维修几率较小,而且运行费用很低,拦蓄盾和真空冲洗系统每次运行耗电量均不到 1 kW·h。

5 结语

在综合管廊中的污水管、雨水舱中设置自动水力冲洗系统,可根据工程的具体情况调整管道的冲洗次数和频率,同时实现远程控制,可极大地方便后期管网的清通管理,对综合管廊中重力流污水管、雨水舱及类似工程冲洗设施的设计具有很大的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部. 室外排水设计规范:GB 50014—2006[S]. 2016 年版. 北京:中国计划出版社,2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering:GB 50014—2006[S]. 2016 ed. Beijing:China Planning Press,2016 (in Chinese).
- [2] 邓娟,李晓敏,全旭,等. 重力流综合管廊设计分析及优化[J]. 低碳世界,2017(34):203—206.
DENG Juan, LI Xiaomin, QUAN Xu, et al. Design analysis and optimization of gravity flow utility tunnel[J]. Low Carbon World,2017(34):203—206(in Chinese).
- [3] 住房和城乡建设部. 城市综合管廊工程技术规范:GB 50838—2015[S]. 北京:中国计划出版社,2015.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Technical Code for Urban Utility Tunnel Engineering:GB 50838—2015[S]. Beijing:China Planning Press,2015 (in Chinese).
- [4] 广东省住房和城乡建设厅. 城市地下空间开发利用规划与设计技术规程:DBJ/T 15—64—2009[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
Department of Housing and Urban-Rural Development of Guangdong Province. Planning and Design Technical Specification for Development and Utilization of Underground Space in Cities:DBJ/T 15—64—2009[S]. Beijing:China Architecture & Building Press,2009 (in Chinese).
- [5] 住房和城乡建设部. 给水排水管道工程施工及验收规范:GB 50268—2008[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Construction and Acceptance of Water and Sewerage Pipeline Works:GB 50268—2008[S]. Beijing:China Architecture & Building Press,2009(in Chinese).

作者简介:邓娟(1985—),女,重庆人,本科,高级工程师,主要从事市政给水排水工程设计工作。

E-mail:359872973@qq.com

收稿日期:2020-01-07

修回日期:2020-05-29

(编辑:孔红春)