

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.20.017

污水截流系统问题分析及改良策略

赵明, 孙坚

(镇江市规划设计研究院, 江苏 镇江 212003)

摘要: 污水截流系统在合流制排水系统污水截流和雨水排水系统混接污水截流中均有广泛应用,结合污水截流系统设计和运行中的影响因素,比较了截流系统和截流井类型及特点,分析了污水截流量失控、截流污水浓度偏低、污水逆向流出截流系统、河水倒灌、新增内涝区域等问题及原因。在此基础上提出“理想污水截流系统”模型,作为污水截流系统设计的参照标准,并进一步介绍了污水截流系统中新型截流设施、防倒灌设施、限流设施等,对当前各地的污水截流系统设计具有积极参考意义,使污水收集做到应收尽收,又能提质增效。

关键词: 截流系统; 混合污水溢流; 提质增效

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)20-0100-05

Problem Analysis and Strategies for Improvement of Sewage Interception System

ZHAO Ming, SUN Jian

(Zhenjiang City Planning & Design Institute, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: The sewage interception system is widely used in the sewage interception of the combined drainage systems as well as the mixed-sewage interception of the rainwater drainage systems. Combined with the influence factors in the design and operation of the sewage interception system, the types and characteristics of the interception system and the interception well are compared, the problems and causes of uncontrolled sewage interception flow, low concentration of intercepted sewage, sewage outflowing the interception system, river water inversion, newly-added waterlogged areas are discussed. Thereby, we proposed the “ideal sewage interception system” model as a reference standard for sewage interception system design, and further introduced the new interception facilities, backflow prevention facilities, and flow limiting facilities in the sewage interception system. This work has a positive reference for the current sewage interception system design in various localities, so that the sewage collection can achieve a full collection as well as improvement of the quality and efficiency.

Key words: interception system; combined sewage overflow; improvement of the quality and efficiency

近年来,随着雨污分流的不断深入,合流制区域不断减少,但一些老旧城区雨污分流改造困难,合流制区域及其截流系统仍然有一定范围存在;已经雨污分流区域不同程度存在雨污混接的现象,加之初期雨水的污染,使得雨水管渠混接污水的截流问题越来越受到重视^[1-2]。根据上海市城市排水有限公

司的《上海市中心城区防汛泵站污水截流状况调查及改善方案建议》^[3],早在2012年,该调查涉及的170座防汛泵站中,有131座泵站设置了污水截流设施,有效地减少了排入水体的溢流混合污水。

污水截流系统在一定时期内还会存在,大力推进雨污水分流的同时,亦应加强污水截流系统的改

造和构建,两者并行不悖。加强对于污水截流系统的认识和分析,并付诸实践,既要做到对污水应收尽收,也要满足国家政策对污水收集提质增效的要求。

1 截流系统分类

① 串联式

污水截流干管一般沿河道岸坡敷设,与排入河道的被截流管垂直交叉,具体见图 1。

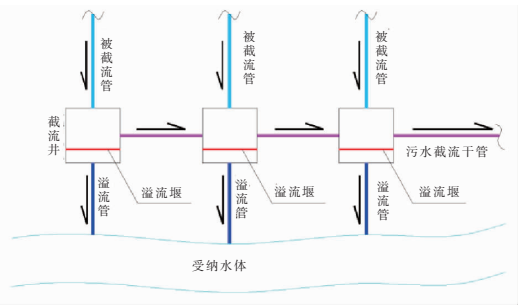


图 1 串联式截流系统

Fig.1 Series interception system

截流井设在截流干管与被截流管交叉的位置上,既是截流井,又是污水检查井,兼具截流污水、溢流雨水和转输上游污水的功能。

② 并联式

截流井与污水截流干管分开,采用管道相连,连接方法见图 2。

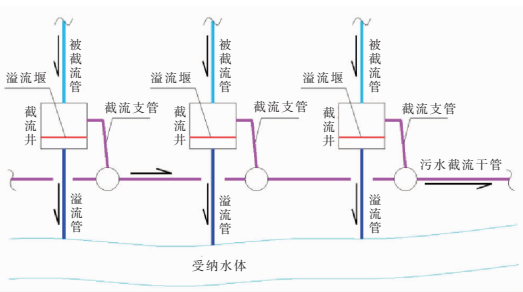


图 2 并联式截流系统

Fig.2 Parallel interception system

与串联的截流模式相比,上游截流污水不再经过下游的截流井,可消除上游截流污水经过下游截

流井时再一次被稀释的问题,通过控制连接管的管径控制截流量,可减少沿途被截流管渠雨水排放对污水截流干管的影响。

2 截流井(溢流井)分类

目前,具有明确设计依据和计算方法的污水截流井主要有堰式截流井、槽式截流井和槽堰结合式截流井 3 种。

堰式截流井(见图 3)是国内外截流式合流制改造中应用较广泛的一种,在截流井内设一道溢流堰,晴天时截流旱流污水,降雨时截流混合污水,超出截流能力的混合污水则越过溢流堰排入水体。

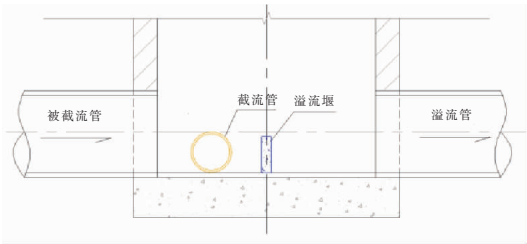


图 3 堰式截流井

Fig.3 Weir intercepting well

槽式截流井(见图 4)是在截流井内设置一道与截流管管径等宽的截流槽,槽底低于被截流管的管内底,槽深一般小于截流管管径。在截流井内设一道较低的溢流堰,同时,在溢流堰前设置一道截流槽,是槽堰结合的截流井。不同形式截流井比较见表 1。

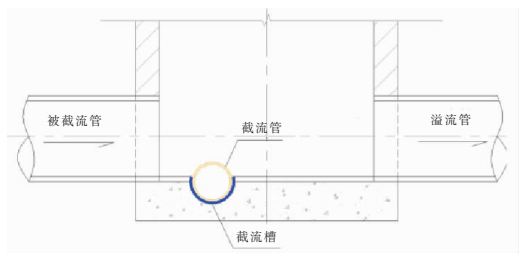


图 4 槽式截流井

Fig.4 Trough intercepting well

表 1 不同形式截流井比较

Tab.1 Comparison of different intercepting wells

项 目	堰式截流井	槽式截流井
可否防止河水倒灌	堰顶高程高于常水位,可以防止常水位河水倒灌	不能阻挡河水倒灌,通常需在排口安装拍门、鸭嘴阀、闸门等防倒灌设施
对被截流管道排水能力的影响	由于堰的存在,被截流管道内径流需溢流才能排入河道,会降低其排涝能力	对被截流管排涝能力没有影响
施工难易程度	技术成熟,结构简单,施工容易	需在截流井底板上设置凹式截流槽,结构较复杂,施工不便

3 污水截流系统中常见问题

① 串联式截流系统溢流严重。在串联式截流系统中,降雨时从前一个截流井截流的污水在后一个截流井与被截流管道的雨水混合、稀释,导致部分污水溢流进入水体,能够进入污水处理厂的污水为最末端的那部分水量。对于合流制与分流制并存的区域,即使上游地区改造成分流制区域,收集到的污水也被下游截流井内雨水不断混合、稀释,达不到分流制预期效果,在雨季较长的地区,溢流频次增加,严重影响河水水质。

② 截流量难以控制,截流系统超负荷运行^[4]。在截流管管径设计时,通常是按照旱流污水量再考虑截流倍数按重力满流确定截流管管径。降雨时,被截流管管内水位迅速升高,截流管处于压力流状态,使截流管流量和流速显著增大。以 DN300-L10 铸铁截流管为例,作用水头在 0.02 m 时,满流时设计流量为 44.0 L/s,而作用水头增至 0.2 m 时,流量将达到 146.0 L/s,比设计流量增加 2 倍以上的水量。沿线众多的截流井将使大量的混合污水进入污水截流管,导致截流系统超负荷运行。

③ 河水倒灌。被截流管道的排口设置在河道边,其管道内底(或溢流堰顶)标高低于河道水位,被截流管道处于淹没出流状态,会出现河水倒灌至截流井的情况。设计人员通常采用拍门或鸭嘴阀防止倒灌,但效果不佳,容易漏水。

④ 截流污水浓度偏低。前述 3 个问题,延伸出来的直接问题就是截流污水浓度偏低,尤其是降雨期间,进入污水处理厂的水质浓度远低于设计参数,对污水处理厂的运行造成严重的负面冲击。

⑤ 污水逆向流出截流系统造成水体污染。由于污水截流干管通常按照满流无压状态设计,截流过量的雨水后,导致污水截流干管内承压(也有可能是雨水混接进入污水干管造成的内压),当其压力水头高于被截流管道内水位时,污水就会从截流管道内逆向流入被截流管道,最终排入水体。这点很容易解释有些实施了污水截流的河道,降雨过后河水水质迅速下降,严重时造成死鱼的现象。

⑥ 内涝问题。截流井内一般会设置溢流堰,当兼用于阻挡河水倒灌时,溢流堰顶标高不低于河道水位,因此,通常设置得比较高(见图 5)。发生暴雨时,被截流管内径流需从溢流堰顶溢流出水,将产生堰上水头 H ,使得上游管道起算水位由河道水位

变为堰前水位,减小了上游管道的水力坡度,降低了其排涝能力,容易新增内涝问题。

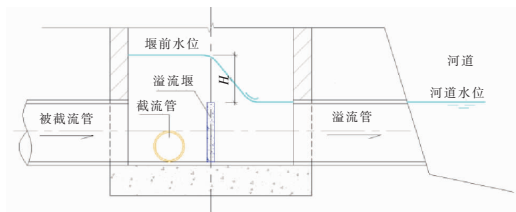


图5 堰式截流井溢流出水示意

Fig. 5 Overflow schematic diagram of weir intercepting well

4 污水截流系统改良策略

4.1 理想污水截流系统构建和分析

通过对污水截流系统影响因素的分析,提出理想污水截流系统模型,见图 6。

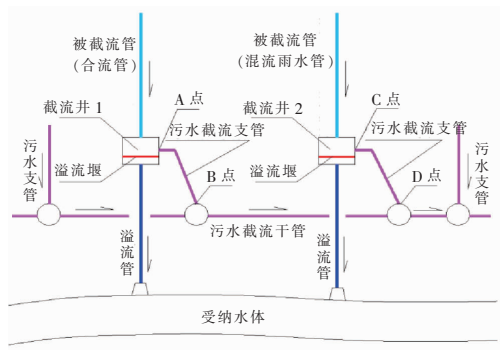


图6 理想污水截流系统模型示意

Fig. 6 Schematic diagram of ideal sewage interception system model

一个理想的污水截流系统应该具备以下特征:①并联截流,避免污水截流管内已收集污水受沿途截流雨水的稀释;②截流量能按照设计流量的要求进行收集,不会超量截流,从而保证污水截流干管不产生内压,能够平稳、重力、可控地运行;③能够防止河水倒灌进入污水截流管;④能够防止污水截流干管内污水逆向流入被截流管,从而进入水体;⑤堰高和堰宽的设置能够满足排水防涝的要求。

一个典型的并联污水截流系统,只是具备了基本的必要条件,但要满足上述理想污水截流系统的特征,设计人员仍须注意以下问题:

① 溢流堰顶较低,低于河道水位,河水通过图 6 中 A 点(或 C 点)进入污水截流管;溢流堰顶较高,容易导致上游地面内涝。

解决策略:需采用有效防倒灌措施,拍门、鸭嘴阀之类的简单防倒灌设施容易失效,可以考虑采用

自动控制的堰门。目前,自动控制堰门主要有可调整立起角度的旋转堰门和液压垂直起降的下开式堰门,见图7。晴天时,将堰门升起,堰顶高于河道即时水位,避免倒灌;暴雨行洪时,将堰门打开,恢复被截流管的行洪功能。为减少操作控制频率,在堰门顶部通常要留出一定的溢流空间,以应对小雨的排放;考虑到遭遇大暴雨时,“自动控制”可能失效,一旦不能及时开启,可能会造成内涝,宜在截流井内设置一道高于常水位的旁通管,应急备用。

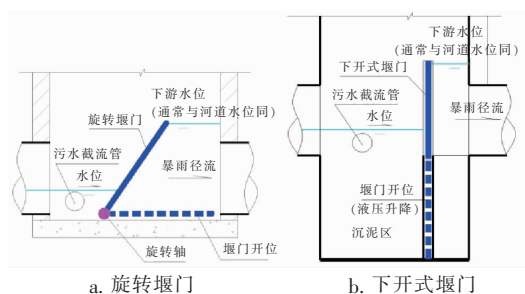


图7 自动控制堰门示意

Fig. 7 Schematic diagram of automatic control weir gate

② 当图6中A点(或C点)未设限流装置时,降雨将使得截流井内水位迅速升高,导致从A点(或C点)进入污水截流干管的水量大幅增加,造成B点(或D点)下游管道内承受内压。

解决策略:在A点或C点设置限流装置,当截流井1、2内水位升高时,应及时限制截流量,确保污水截流系统无压、平稳地运行。目前,限流装置主要有浮筒式限流阀和旋流式限流阀。浮筒式限流阀的工作原理是通过截流井内水位起落,控制浮筒的起落,进而带动截流管口部的遮挡阀板转动,对截流管管口进行不同程度的遮挡,达到控制流量的目的;截流管管口被遮挡阀板遮挡后,进水断面呈半月形,进口流态复杂,局部阻力系数随开启度变化而变化,其过流量难以核算和控制。旋流式限流阀(见图8)的工作原理是利用切向水流形成旋流并吸入空气,填满腔体形成旋转核,通过气水掺和及水体碰撞、挤压,削减富余能量,从而限制通过流量。有研究显示,DN80、DN100、DN150旋流式限流阀的重力流阶段最大出流量为1.77、3.72和7.80 L/s,限流阶段最大出流量为4.5、7.5和12.0 L/s^[5]。

特定形状、尺寸的旋流限流阀的工作特性曲线由生产厂家通过测定给出,设计人员根据项目具体情况直接选用。由于旋流式限流阀对水位变化适应幅度大,工作特性曲线明确,可控性较强,正逐步被

工程设计人员所采用^[5-6]。

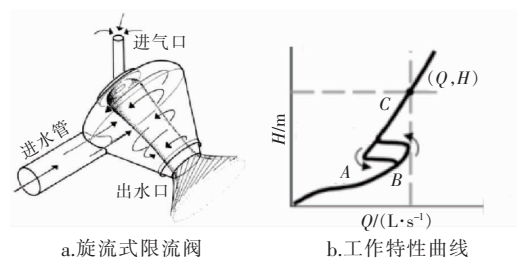


图8 旋流式限流阀及其工作特性曲线

Fig. 8 Swirl flow-limiting valve and its working characteristic curve

③ 被截流管对污水截流干管应有一定的正向落差,否则一旦污水截流干管水位升高时,污水很容易从图6中的B点向A点流动或从D点向C点流动,导致污水下河。

解决策略:建议保持被截流管内底与污水截流干管内顶不低于0.3 m的高差。当不能满足上述条件时,应采取防止逆向流措施。被截流管内底与污水截流管内顶的高差虽然达不到0.3 m,但仍为正值,逆向流的几率较小,可以采用鸭嘴阀、拍门等单向阀防止逆向流。当被截流管内底高程低于污水截流管内顶时,采用鸭嘴阀、拍门效果较差,容易漏水,而且通常不能保证被截流管内混合污水能够被截流进入污水截流管,此时则应采用水泵强制截流。条件较好时,推荐根据COD在线监测仪器的检测数据来判断是否开启水泵截流混合污水。

4.2 污水截流系统改造

《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》中明确提出要提高进入污水处理厂污水水质浓度和厂、站、网运行效率,城市污水处理厂进水BOD₅ < 100 mg/L的要围绕服务片区管网制定“一厂一策”系统化整治方案。因此,提高污水截流系统的运行效率对于该目标的实现有着重要的作用。

多年来不同时期建设的污水截流系统,或多或少地存在这样那样的问题,随着时间的推移,雨污分流状况、河道水位控制状况、截流效率要求、新技术运用等诸多因素已经发生改变,有必要回头全面检视现有污水截流系统,检视的内容除前面第3节分析的问题,还应意识到污水截流系统服务区域面积是在动态减少,截流倍数和截流量亦需要与时俱进地予以更新调整。通过检视,对于存在问题的截流系统均应进行改造,改造标准参照前述理想污水截

流系统的各项要求进行。

5 结论

污水截流系统在一定时期内还会大量存在,从设计阶段到运行阶段均存在诸多复杂问题,如何保证污水截流系统按照预期目标和设计工况稳定、可控地运行是污水截流系统构建的重点和难点,科学客观地分析问题产生的原因,并思考改良策略,提出“理想污水截流系统”模型,对于污水截流系统的改造和新建具有积极参考意义,最终使污水收集做到应收尽收,又能提质增效。

参考文献:

- [1] 曾彦君. 分流制雨水系统旱流污水截流效果及改善对策研究[D]. 上海:同济大学,2008.
Zeng Yanjun. Dry-weather Sewage Interception Effect and Countermeasures of Separate Storm Sewer Systems in Shanghai [D]. Shanghai: Tongji University, 2008 (in Chinese).
- [2] 贾楠,王文亮,车伍,等. 美国合流制溢流控制标准分析及对我国的启示[J]. 中国给水排水,2019,35(7): 121-127.
Jia Nan, Wang Wenliang, Che Wu, et al. Analysis of combined sewer overflow control standards of the United States and its enlightenment to China[J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(7): 121-127 (in Chinese).
- [3] 周慕之. 雨水泵站增设截污设施方案探讨[J]. 净水技术,2017,36(7):109-114.
Zhou Muzhi. Discussion on solution of additional sewage interception facilities in storm water pumping stations[J]. Water Purification Technology, 2017, 36(7): 109-114 (in Chinese).
- [4] 曹秀芹,江坤,徐国庆,等. 污水截流井的设计优化分析[J]. 给水排水,2017,43(12):20-24.
Cao Xiuqin, Jiang Kun, Xu Guoqing, et al. Analysis of design optimization of sewage intercepting well[J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43(12): 20-24 (in Chinese).
- [5] 赵奇奇,武福平,袁国文,等. 旋流限流阀在初期雨水截流中的应用[J]. 中国给水排水,2018,34(7):124-127.
Zhao Qiqi, Wu Fuping, Yuan Guowen, et al. Application of rotational flow-limiting valve in initial rainwater interception[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(7): 124-127 (in Chinese).
- [6] 翟计红. 旋流限流阀在污水截流井中的应用[J]. 中国给水排水,2007,23(16):43-45.
Zhai Jihong. Application of rotational flow-limiting valve in sewage intercepting well [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(16): 43-45 (in Chinese).



作者简介:赵明(1972-),男,江苏镇江人,本科,高级工程师,注册公用设备工程师(给排水),注册咨询工程师(投资)和注册城市规划师,从事给排水工程设计工作。

E-mail:100562666@qq.com

收稿日期:2019-09-04

全面推行河长制湖长制,维护河湖健康生命