

# 贵州都匀市河谷型城市截污干管改造设计

蒋 欢<sup>1,2</sup>

(1. 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 上海勘测设计研究院有限公司, 上海 200434)

**摘 要:** 在贵州省黔南州都匀市剑江河截污系统改造工程的总体方案设计中,充分结合上位排水规划,以截污系统性能为目标,统筹考虑景观效果,最大程度保护当地原有历史风貌。管道设计计算突破常规计算方法,与水利工程结合,将洪水位纳入水力计算边界条件,采用短管淹没出流公式进行计算。采用人工格栅井、紧凑型机械格栅截流井对接入污水进行前处理,部分特殊排口采用创新性的异型截(溢)流设施,实现污水截流、垃圾清除、超量合流雨污水溢流的功能。工程的成功实施可为类似的河谷型城市沿河截污干管改造工程提供实践经验。

**关键词:** 河谷城市; 截污干管; 截流式合流制; 管网改造

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)08-0068-05

## Design of Main Sewage Intercept Pipe Reconstruction in Valley City in Duyun, Guizhou Province

JIANG Huan<sup>1,2</sup>

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;  
2. Shanghai Investigation Design & Research Institute Co. Ltd., Shanghai 200434, China)

**Abstract:** The reconstruction project of main sewage intercept pipe of Jianjiang River, Duyun City, Guizhou Province was introduced. In the overall plan, the upper drainage planning was fully considered, the performance of the sewage interception system was taken as the goal, and the landscape effect was determined as the premise, to protect the original historical features to the greatest extent. In the piping design process, the ordinary calculation method was broken through. Combined with water conservancy project, the flood water level was brought into the boundary condition of hydraulic calculation, and the formula of inundation and outflow of short pipe was used to calculate the water level. Artificial grille wells and compact intercepting wells with mechanical grinders were applied in the pretreatment of wastewater. Special shaped intercepting/overflow wells were applied in several types of special outfalls with innovative design. These structures had the functions of water interception, trash removal and overflowing combined rain sewage overflow. The project may provide direction and experience for similar projects of main sewage intercept pipe reconstruction of valley cities.

**Key words:** valley city; main sewage intercept pipe; interceptive combined sewage system; pipe network reconstruction

河谷型城市是城市主体在河谷中形成和发育的一类城市,在我国西南地区较为多见。河谷型城市排水管网受地形影响较大,一般排水干管沿主河道

两侧布置,支管垂直于河道布置。支管可充分利用山体坡向河道的自然坡度,干管也可利用河道上下游的自然坡降,因此管道可根据自然地形布置,减少

提升泵站的设置。由于山地坡度较大,降雨时地面径流冲刷作用强烈,城区垃圾极易被径流裹挟进入排水管网,造成管网淤积堵塞。同时,由于城市可用建设面积紧张,干管及配套预处理构筑物的设置较困难,需与水利工程、河道景观、居民小区充分协调。

1 工程背景

都匀市为贵州省南部政治、经济、文化中心,中心城区位于“九溪归一”的剑江河畔狭长的河谷盆地中,众多河流汇入沅江源头剑江河自北向南穿城而过,是典型的单河道狭长型山地式河谷型城市。

都匀市现有污水处理厂一座,设计规模为  $6.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  (最大处理能力为  $6.98 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ), 配套建设污水收集输送系统 17.6 km。

剑江河两岸截污沟始建于 20 世纪 80 年代中期,沿剑江河浆砌石挡墙护岸建造(见图 1),近几年进行了局部改造和完善。按照城市总体规划,都匀市排水体制为雨污分流,但是由于中心区管网建设较早,存在大量合流管沟,将来随着城市发展,逐步改为分流制,新建区域均按分流制建设。

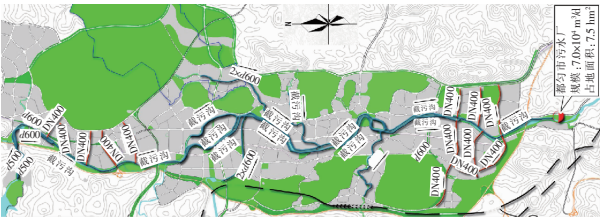


图 1 污水工程现状及规划

Fig. 1 Situation and planning of sewage system

截污沟主功能是城市合流雨污水的通道,同时兼作沿河景观步道和亲水平台。截污沟为方形箱涵形式(见图 2),浆砌石结构,顶部加盖水泥预制板。

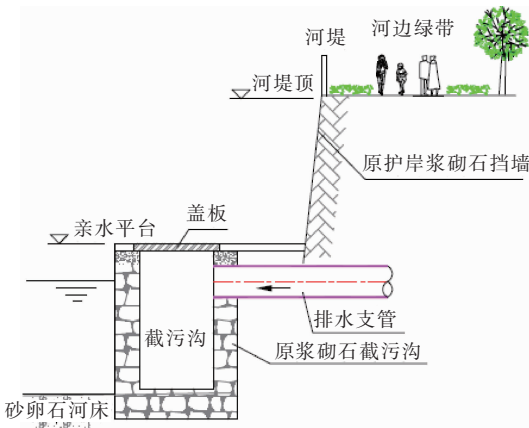


图 2 现状截污沟典型断面

Fig. 2 Typical section of status sewage intercepting ditch

2 问题解析

原截污沟系统存在主要问题:①截污沟位于剑江河河口线内,紧邻河道挡墙,改造空间有限,受河道水位影响大;②由于沿线未设置垃圾拦截、沉砂等措施,导致接入的排水支管、支沟中大量垃圾进入截污沟内,再加上维护管理不到位,未及时进行清淤、疏通,日积月累,造成截污沟大面积堵塞;③截污沟结构老化破损,平时存在污水渗漏入河现象;④盖板采用非密闭盖板,汛期时截污沟位于高水位以下,截污沟长时间处于河水倒灌的工况下,导致截污沟下游污水厂进水浓度低,无法正常运行。

3 总体设计方案

本工程主要需解决截污系统渗漏、堵塞、河水倒灌问题。结合现场实际情况,提出三种改造方案进行比选(见表 1)。

表 1 改造方案比较

Tab. 1 Comparison of reconstruction schemes

项目	方案	优点	缺点
方案 1	基本保留现状沟,疏通改造,漏水点防渗处理	不破坏景观,施工难度低,造价低	污水渗漏和河水倒灌问题无法根本解决
方案 2	全部拆除,新建钢筋混凝土箱涵,支管改造	过流断面大,截流倍数高	对环境的影响大,投资高,施工周期长
方案 3	在现状沟内新建管道系统,支管改造	不破坏景观,管道密闭性能好	减小了过流断面

原截污沟为浆砌石结构,结构本身防渗性能差,局部做防渗处理无法从根本上解决渗漏和倒灌问题。根据都匀市排水规划,主城区排水系统将从目前的合流制逐步改造为分流制,因此今后需截流的合流污水量将减少,通过水量计算得知在原截污沟内设置圆管的过流能力能够满足远期水量要求。因此,最终采用方案 3,在原截污沟内新建污水管道和检查井、对接入支管支沟进行改造,最大程度上保留原有结构及其历史风貌,保证系统密闭性,同时减轻对沿线景观和环境的影响,降低工程投资。

总体改造方案为:

① 根据城市规划和排水规划,合理确定排水分区,近期分流改造难度大的支管和支沟采用截流式合流制,重新计算截污干管尺寸;

② 根据各个支管和支沟接入的高程、剑江河各河段的水位,合理设计截污干管的高程;

③ 原截污沟内新建管道,提高截污系统密闭性,解决污水渗漏入河问题;

④ 在各个支管支沟接入点设置垃圾拦截、沉砂、溢流设施,解决干管堵塞问题;

⑤ 干管检查井采用特殊设计,进行防渗和密闭处理,解决汛期河水倒灌问题。

## 4 工程设计

### 4.1 管道设计

#### ① 管材比选

目前我国排水工程中常用管材有:钢混成品管、玻璃钢夹砂管(RPM管)、HDPE波纹管、球墨铸铁管,钢混成品管适用于大管径排水管道,运输施工难度较大。玻璃钢夹砂管性能优越,但价格较高,适用于环境较差、质量要求较高的场合。HDPE波纹管施工快捷,止水性能好,因此本工程采用HDPE波纹管。

#### ② 管道水力计算

由于山区城市沿河截流干管一般沿河床敷设,处于城市排水系统的低点,同时易受河水顶托,流态较为复杂,截流干管不能以传统的无压重力流进行水力计算,而应采用压力流管道的计算方法<sup>[1]</sup>。

本工程管道水力计算采用如下短管淹没出流公式<sup>[2]</sup>:

$$H = h_w = \left( \sum \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

式中  $H$ ——计算管段上下游水头差,m

$h_w$ ——水头损失,m

$\lambda$ ——沿程阻力系数

$l$ ——管道长度,m

$d$ ——管道计算直径,m

$\zeta$ ——局部阻力系数

$v$ ——管道流速,m/s

本工程计算管段上下游为支管、支沟接入口,该处设置了溢流口,汛期时洪水位高于溢流口,溢流水受洪水顶托,因此计算时可认为计算管段上下游水头差近似等于上下游洪水位水头差。洪水位线从水务部门获得,作为计算依据。剑江河五年一遇洪水位线基本比截污沟现状盖板顶高0.2~0.3 m,水力坡度基本与截污沟现状盖板顶坡度一致。

管道流速、流量和管径关系为:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (2)$$

式中  $Q$ ——管道设计流量, $\text{m}^3/\text{s}$

$A$ ——管道截面积, $\text{m}^2$

将式(1)、(2)联立计算得到计算管段管径。

原截污沟盖板顶部坡度在0.001~0.003之间,坡度较大。本工程新建截污干管坡度设计充分结合河谷地形,尽可能与截污沟地面同坡,可在满足设计水量要求的同时,减小埋深,从而降低工程投资。

#### ③ 管道敷设

管道在原截污沟内进行敷设,管材采用HDPE钢带增强螺旋波纹管,热熔带焊接连接,沟底至管顶以上500 mm采用粗砂回填,其余部分采用碎石回填,在原路面上浇筑150 mm厚度C25混凝土路面(见图3)。

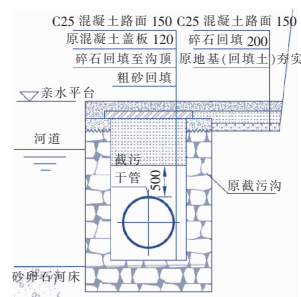


图3 管道敷设典型断面

Fig. 3 Typical section of pipe laying

#### ④ 管道抗浮稳定性计算

汛期河道水位高于截污干管,根据《埋地塑料排水管道工程技术规程》(CJJ 143—2010),对于埋设在地表水或地下水水位以下的塑料排水管道,应根据设计条件计算管道结构的抗浮稳定。本工程按汛期高水位对各段管道进行抗浮计算,计算采用下式<sup>[3]</sup>:

$$F_{G,k} \geq K_f F_{fw,k} \quad (3)$$

$$F_{G,k} = \sum F_{sw,k} + \sum F'_{sw,k} + G_p \quad (4)$$

式中  $F_{G,k}$ ——抗浮永久作用标准值,kN

$F_{fw,k}$ ——浮托力标准值,等于管道实际排水体积与地下水密度之积,kN

$K_f$ ——管道的抗浮稳定性抗力系数,取1.10

$\sum F_{sw,k}$ ——地下水位以上各层土自重标准值之和,kN

$\sum F'_{sw,k}$ ——地下水位以下至管顶处各竖向作用标准值之和,kN

$G_p$ ——管道自重标准值,kN

对不满足抗浮稳定要求的管道,采用增大埋深



或加钢筋混凝土包管的处置方式。

#### 4.2 检查井设计

在降雨时管路处于压力流状态,根据室外排水设计规范,压力管道上应设置压力检查井<sup>[4]</sup>,防止盖板被污水顶开。本工程检查井的建造利用原截污沟的侧墙和底板,在截污沟内横向浇筑混凝土侧墙,重新浇筑一层底板和顶板,构建封闭的井室结构(见图4)。检查井设置30 cm落底,用于沉淀污水中的垃圾和泥沙,减少管道疏通工作量。原截污沟侧墙采用环氧树脂砂浆抹面进行防渗处理。人孔采用双层盖板方案,下层为 $\varnothing 900$  mm 不锈钢盖板,厚为6 mm,带厚为5 mm、宽为70 mm 橡胶垫板,通过6-M12 不锈钢地脚螺栓固定,为主要的密闭措施。上层采用预制C25 钢筋混凝土盖板,保证路面平坦和景观效果统一。该井可防止汛期高水位时河水通过检查井盖板倒灌进入管道系统。

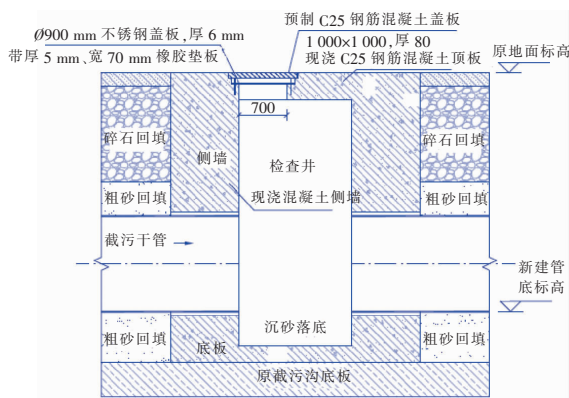


图4 检查井剖面

Fig. 4 Check well profile

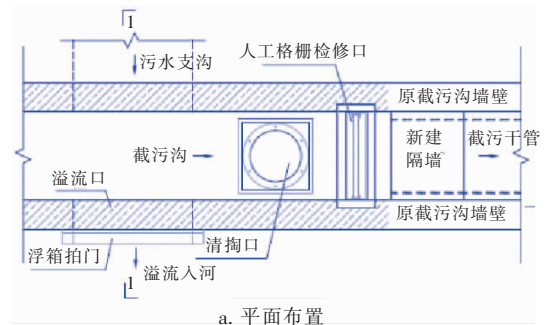
#### 4.3 支管支沟接入改造设计

原截污沟紧邻河道挡墙,支管支沟接入处改造空间极为局促,无法设置常规的垃圾拦截和截流溢流设施。结合场地条件,本工程提出三种主要的接入改造设计方案。

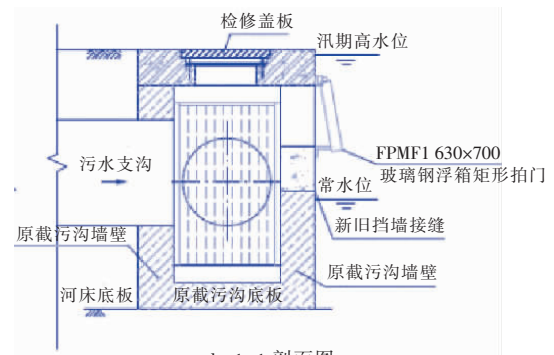
##### ① 支沟接入改造设计方案 A

支沟一般为箱涵形式,直接从河道挡墙下接入截污沟,截污沟与挡墙间基本无改造空间,因此利用接入处截污沟构建拦截溢流系统。支沟接入改造见图5。将支沟接入处检查井加长,作为泥沙集中沉淀场所,检查井下游出口处设置人工格栅,拦截污水中漂浮垃圾,防止下游管道堵塞。检查井靠河道侧侧墙开设溢流口,溢流口安装玻璃钢浮箱矩形拍门。汛期河水淹没拍门,拍门在浮力作用下依靠内外水

压差可轻易开启,降雨时支沟中超量合流雨污水可以通过溢流口顶开拍门入河,防止下游管道超负荷运行;当降雨停止时拍门在河水压力作用下密闭,河水无法倒灌进入管道,管道系统正常输送污水。



a. 平面布置



b. 1-1 剖面图

图5 支沟接入改造方案 A 示意图

Fig. 5 Diagram of branch ditch reconstruction scheme A

##### ② 支管接入改造设计方案 B

部分支管接入处有3~4 m的空地可供建设截流设施,本工程设计沿干管方向设置紧凑型机械格栅截流井(见图6)。

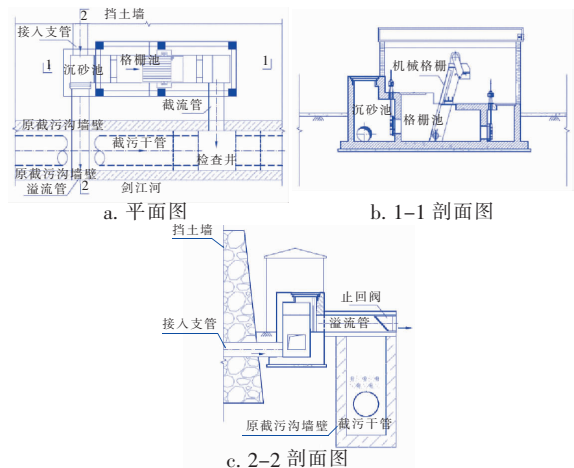


图6 支管接入改造方案 B 示意图

Fig. 6 Diagram of branch pipe reconstruction scheme B

支管首先接入沉砂池,泥沙和密度较大的垃圾在此沉淀,然后通过截流闸门进入格栅池,利用反捞式机械格栅拦截漂浮的垃圾。经过沉淀拦截后的污水通过截流管进入截污干管检查井。降雨时截流闸门通过中控系统控制减小开度,控制进入截污干管合流污水的截流倍数,保证下游管道正常运行,超量的合流污水通过溢流管从截污干管上方排入河道。

为防止河水倒灌,溢流管出口处设置管中型全橡胶止回阀。该止回阀为全橡胶结构,流体驱动止回型式,内嵌式套接接口。整个止回阀有加强层遍布整个阀体、阀板和阀嘴,并被凝固流化成一整体结构。阀板的流道区域为轮廓逐步缩小的形式,允许流体从一个方向流过而阻止倒流。阀门整体装入管道中,不露出管道端面,不影响剑江河河道景观。止回阀设计功能同支沟改造中的浮箱拍门。

### ③ 支管接入改造设计方案 C

部分支管接入处仅有约2 m的空地可供建设截流设施,极为狭窄,本工程设计沿干管方向设置人工格栅截流井。该井内部净宽为0.7 m,长为4 m,在截流管和溢流管进口处均设置人工格栅,集沉砂、垃圾拦截功能于一体,主要利用长方向空间作为泥沙垃圾容纳空间。该井截流和溢流设计功能与方案B相似,只是采用人工格栅替代机械格栅,井体结构更为紧凑,适用于狭小区域排口接入改造(见图7)。

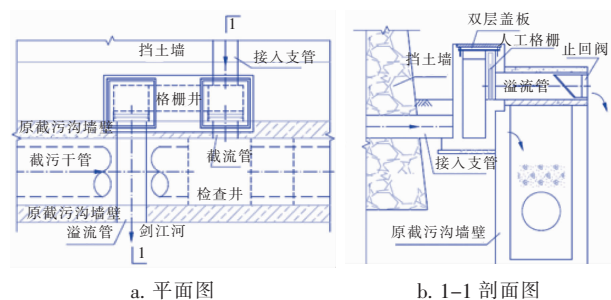


图7 支管接入改造方案C示意图

Fig. 7 Diagram of branch pipe reconstruction scheme C

## 5 运行效果

目前该工程已建成运行,设置的格栅截流井运行正常,支管接入口垃圾杂物及时清除,干管内基本无垃圾堵塞情况,下游污水处理厂进水浓度显著提高,工程取得了良好的经济和环境效益。

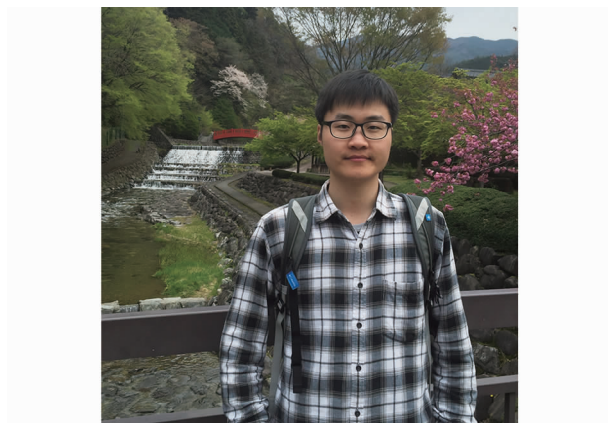
## 6 结语

介绍了河谷型城市截污干管的改造方法,通过与水利工程结合的方式,充分利用现状地形,合理设

置管线和构筑物设施,最终解决了管道系统污水渗漏、垃圾堵塞、河水倒灌问题,实现了管道系统的正常运行。

## 参考文献:

- [1] 陈鲲. 山区城市内河污水截流方案及技术措施研究[D]. 长沙:中南大学,2008.  
Chen Kun. A Study on Intercepting Plan and Technical Measures of Urban Sewage of Inland River in Mountainous Area[D]. Changsha: Central South University, 2008 (in Chinese).
- [2] 柯葵,朱立明,李嵘. 水力学[M]. 上海:同济大学出版社,2000.  
Ke Kui, Zhu Liming, Li Rong. Hydraulics [M]. Shanghai: Tongji University Press, 2000 (in Chinese).
- [3] CJJ 143—2010,埋地塑料排水管道工程技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.  
CJJ 143—2010, Technical Specification for Buried Plastic Pipeline of Sewer Engineering [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010 (in Chinese).
- [4] GB 50014—2006,室外排水设计规范[S]. 2016年版. 北京:中国计划出版社,2016.  
GB 50014—2006, Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering [S]. 2016 ed. Beijing: China Planning Press, 2016 (in Chinese).



**作者简介:**蒋欢(1989—),男,江苏溧阳人,本科,工程师,上海勘测设计研究院有限公司生态环境工程公司二所副所长,从事环境保护规划设计工作,曾获得江苏省水利科技进步奖一等奖。

**E-mail:**543803533@qq.com

**收稿日期:**2018-11-21