

唐山市东北郊污水处理厂入河排污口防洪分析

温海燕

河北省唐山水文勘测研究中心, 河北 唐山

收稿日期: 2021年11月1日; 录用日期: 2021年12月14日; 发布日期: 2021年12月24日

摘要

唐山市东北郊污水处理厂为东郊污水处理厂、北郊污水处理厂合并迁建而成, 拟于2021年12月底建成通水。拟建入河排污口位于开平区康各庄村南、石榴河左岸, 排水管为箱涵设计, 最大排水流量为 $3.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 。本文通过计算石榴河排污口断面天然条件下与污水处理厂最大排水条件下20年一遇设计洪水位, 分析了入河排污口设置对河道行洪的影响; 同时分析了对河堤安全的影响和入河排污口的防洪安全。

关键词

排污口, 河道行洪, 河堤安全, 防洪安全, 影响分析

Analysis of Flood Control at the Sewage Outlet of the Sewage Treatment Plant in the Northeast Suburb of Tangshan City

Haiyan Wen

Tangshan Hydrological Survey and Research Center of Hebei Province, Tangshan Hebei

Received: Nov. 1st, 2021; accepted: Dec. 14th, 2021; published: Dec. 24th, 2021

Abstract

The Northeast Suburb Sewage Treatment Plant of Tangshan City is a combination of Dongjiao Sewage Treatment Plant and Beijiao Sewage Treatment Plant, which is planned to be completed and connected to water by the end of December 2021. The proposed river discharge outlet is in the south of Kanggezhuang Village, Kaiping District, on the left bank of Shiliu River. The drainage pipe is designed as a box culvert, and the maximum drainage flow is $3.3 \text{ m}^3/\text{s}$. In this paper, the 20-year design flood level of the Shiliu River discharge outlet section under natural conditions and the maximum drainage condition of

作者简介: 温海燕, 河北唐山人, 1975年2月10日出生, 硕士, 教授级高工, 研究方向为水文及水资源, Email: 317833458@qq.com

文章引用: 温海燕. 唐山市东北郊污水处理厂入河排污口防洪分析[J]. 水资源研究, 2021, 10(6): 653-658.

DOI: 10.12677/jwrr.2021.106072

the sewage treatment plant was estimated; the influence of the sewage discharge outlet setting on the river flood discharge and the impact on the safety of the river embankment, as well as the flood control safety of the sewage outfall into the river were analyzed.

Keywords

Sewage Outlet, River Flooding, Embankment Safety, Flood Control Safety, Impact Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 污水处理厂及其排污口基本概况[1]

唐山市东北郊污水处理厂位于唐山市开平区康各庄村南，为唐山市东郊污水处理厂、唐山市北郊污水处理厂合并迁建而成，污水收集范围 158.2 km²，近期污水处理规模 30 万 m³/d，出水水质为《北京城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB11-890-2012)表 1B 标准(以下简称“1B 标准”)，已于 2019 年 2 月开工，拟于 2021 年 12 月底通水试运营。

东北郊污水处理厂拟建排污口位于石榴河左岸，坐标位置为东经 118°15'56.92"，北纬 39°37'14.31"。污水处理厂出水泵房连接 2.8 m × 2.8 m 的箱涵，向西北行 63 m 后，再向西行 647 m 进入出水井。出水井至入河排污口段箱涵长 37.2 m，呈喇叭口状设计，共设 6 孔，单孔尺寸 2.3 m × 1.1 m，孔间距 0.25 m。箱涵采用 C35 抗渗混凝土，抗渗等级 S8，出口流速设计不大于 0.5 m/s。为减少排水对河床及边坡的冲刷，设计在排污口周边做混凝土砌护，坡脚做水泥抹灰。

东北郊污水处理厂排水管线和入河排污口分布见图 1。



Figure 1. Distribution map of drainage pipelines and river discharge outlets of sewage treatment plants in the northeast suburbs

图 1. 东北郊污水处理厂排水管线和入河排污口分布图

2. 设计洪水分析[2]

石榴河规划防洪标准为 20 年一遇，设计洪水分析主要推求石榴河排污口所在断面 20 年一遇洪峰流量及设计洪水位。

2.1. 洪峰流量计算

2.1.1. 设计暴雨计算

查《河北省设计暴雨图集》中 1 h、6 h、12 h 和 24 h 时段暴雨及 C_v 等值线图，得到石榴河排污口以上流域中心不同时段暴雨均值及 C_v 值，取 $C_s = 3.5C_v$ ，计算得到不同频率的设计暴雨雨量。石榴河流域面积 185 km²，小于 300 km²，故可以直接用点暴雨量代替面暴雨量。设计暴雨计算成果见表 1。

Table 1. Calculation results of designed rainstorm above the sewage outlet in the Shiliu River basin
表 1. 石榴河排污口以上流域设计暴雨计算成果表

时段	特征值			各重现期设计暴雨(mm)				
	均值(mm)	C_v	C_s/C_v	100 年	50 年	20 年	10 年	5 年
1 h	44	0.42	3.5	105.2	94.5	80.0	68.6	56.9
6 h	73	0.48	3.5	193.2	171.5	141.9	119.3	96.3
12 h	88	0.5	3.5	240.7	212.4	174.9	146.1	116.6
24 h	100	0.52	3.5	282.5	248.5	203.1	168.5	133.2

2.1.2. 设计洪水计算

1) 公式及参数确定

石榴河缺乏实测水文资料，本次设计洪水计算采用推理公式方法进行。

$$Q_{mp} = 0.278(H_\tau/\tau - \mu)F, \tau < t_c \quad (1)$$

$$Q_{mp} = 0.278(R/\tau)F, \tau \geq t_c \quad (2)$$

$$\tau = 0.278 \cdot L / (m \cdot J^{1/3} \cdot Q_{mp}^{1/4}) \quad (3)$$

各参数值计算如下：

24 h 降雨平均强度 $i_p = 203.1 \div 24 = 8.46 \text{ mm/h}$

$$\mu = 5.0i_p^{0.3} = 5.0 \times 8.46^{0.3} = 9.49 \text{ mm/h}$$

$$\theta = L / (J^{1/3} \cdot F^{1/4}) = 39 / (0.787^{1/3} \cdot 185^{1/4}) = 11.45$$

汇流参数 m 在 II 区， $m = 0.105 \cdot \theta^{0.51} = 0.105 \cdot 11.45^{0.51} = 0.364$ 。

2) 计算过程及结果

① 绘制降水量与降水历时 $H_p \sim t$ 的关系曲线。

② 以 μ 值为斜率作一切线于 $H_p \sim t$ 曲线，查得次洪水径流深为 82.55 mm，净雨历时为 5.1 h。

③ 设 $\tau = 2 \text{ h}$ ，因 $\tau_{\text{设}} = 2 < t_c = 5.1$ 则按(1)式计算 Q_{mp} ，按(3)式计算 τ ， $\tau_{\text{计}} = 22.99 \text{ h}$ 。由于 $\tau_{\text{设}} \neq \tau_{\text{计}}$ ，重新假设 τ 值。根据假设 τ 和计算的 τ 值，点绘 $Q_{mp} - \tau_{\text{设}}$ 和 $Q_{mp} - \tau_{\text{计}}$ 两组曲线，两曲线交点的纵坐标即为所求的 20 年一遇的洪峰流量，为 82.55 m³/s。

2.2. 设计洪水水位计算

2.2.1. 断面测量

对石榴河东北郊污水处理厂排污口上、下游断面进行地形测量，共施测断面 13 个，以最上游断面桩号为 0+000 m 计算，最下游断面桩号为 1+614.88 m，排污口所在位置断面桩号为 0+770.92 m。根据测量结果，石榴河排污口所在河道断面左堤高程 10.922 m，右堤高程 11.970 m，河宽 22.27 m，河床最低处高程 7.503 m。排污口所在河道横断面图见图 2。

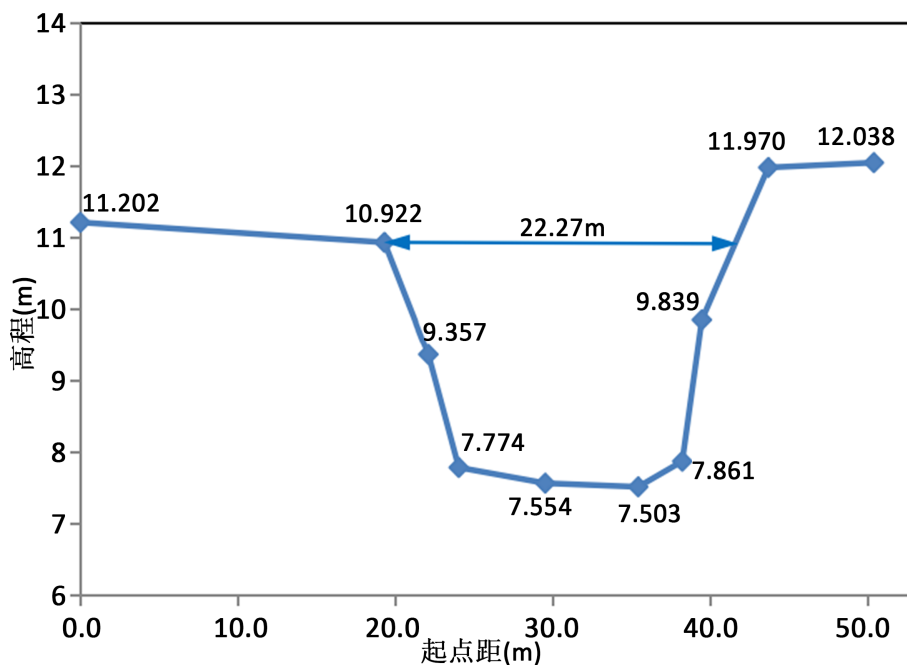


Figure 2. Cross-sectional view of the river course where the sewage outlet is located
图 2. 排污口所在河道横断面图

2.2.2. 计算方法及参数选择

河道断面的过水能力依据曼宁公式计算：

$$c = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (4)$$

$$v = c \sqrt{RJ} \quad (5)$$

$$Q = Av \quad (6)$$

式中： R ——水力半径(m)， $R = A/P$ ， P 为过水断面湿周(m)； J ——水力坡度(‰)，0.787； c ——谢才系数($m^{1/2}/s$)； v ——流速(m/s)； Q ——流量(m^3/s)； A ——过水面积(m^2)； n ——糙率，根据河床现状采用经验值确定为 0.025。

2.2.3. 计算结果

采用武汉大学软件工作室开发的天然河道水面线推求软件。横断面数据采用通用格式，输入流量、设定各糙率号，设定各断面滩槽数、选取滩槽分界点、糙率号等，设定起调水位，输入出口纵坡，点击计算，然后调试，运行，输出水面线成果表和纵断面图。得到石榴河项目排污口断面 20 年一遇洪水水位为 10.65 m，低于排污口河道断面左岸 0.5 m、右岸 1.4 m。石榴河 20 年一遇设计洪水水位计算成果见表 2，推求水面线见图 3。

Table 2. Calculation results of 20-year design flood levels in the Shiliu River
表 2. 石榴河 20 年一遇设计洪水位计算成果表

桩号	水位(m)	面积(m ²)	河宽(m)	水力半径(m)	左岸超高(m)	右岸超高(m)	流速(m/s)	流量(m ³ /s)
0+770.92	10.65	51.6	21.31	2.195	0.6	1.4	1.599	82.55

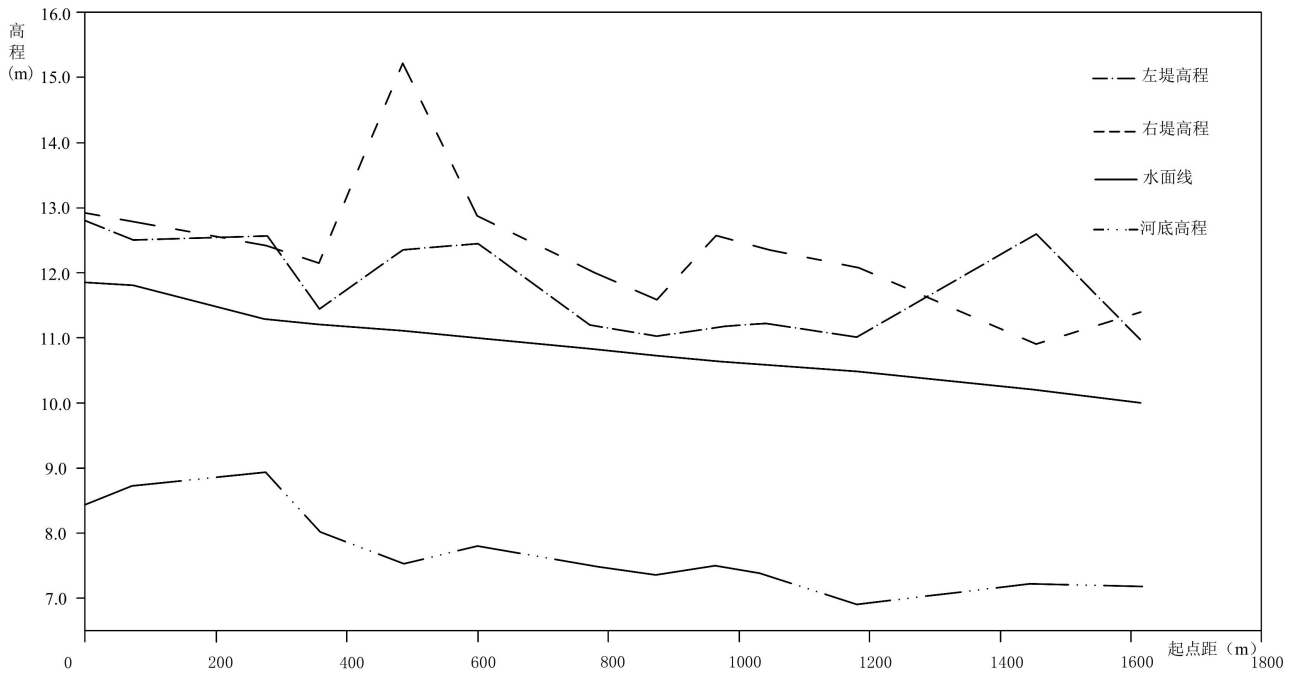


Figure 3. Water surface of 20-year design flood and the height of river banks
图 3. 20 年一遇洪水河道水面线和两岸堤防高程

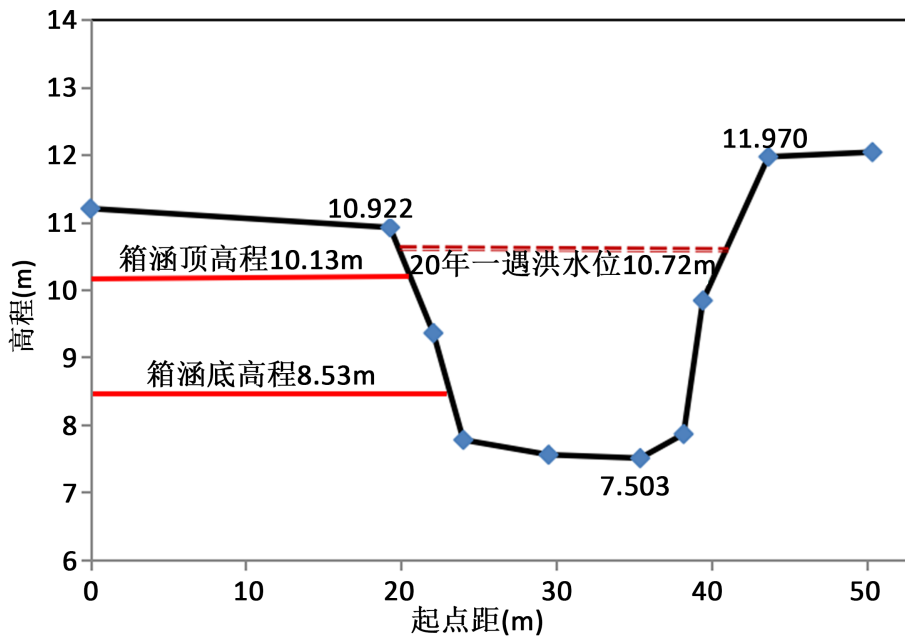


Figure 4. The relative position of the water surface line and the sewage pipe under the most unfavorable conditions of sewage outlet section in the Shiliu River
图 4. 石榴河排污口断面最不利条件下水面线与排污管道相对位置图

3. 对河道行洪影响分析[3]

考虑最不利情况,当污水处理厂出水全部外排(出水流量 $3.30 \text{ m}^3/\text{s}$)与石榴河 20 年一遇洪峰流量($82.55 \text{ m}^3/\text{s}$)叠加,此时入河排污口所在石榴河断面流量为 $85.85 \text{ m}^3/\text{s}$,水面线推算洪水位为 10.72 m ,较天然情况增加 0.07 m ,故入河排污口设置对河道行洪影响较小。石榴河排污口断面最不利条件下水面线与排污管道相对位置见图 4。

4. 对河堤安全影响分析

石榴河项目排污口附近河段岸坡现状常水位以下采用 2 m 高仰斜式浆砌石挡墙结构护砌,河道挡土墙墙脚两侧铺设 2 m 宽干砌石护脚,护脚厚度为 50 cm 。项目入河排污口为喇叭口状箱涵设计,箱涵为混凝土浇筑,穿石榴河左岸进入河道后出水口周边均用混凝土浇筑,与原有浆砌石岸坡实现完整砌合。由于箱涵出水口流速设计不大于 0.5 m/s ,故出水口及其周边仅用水泥抹平,厚度约 50 cm ,与原有护脚厚度一致。另外,施工时对周边覆土进行夯实,保证不会发生地面沉降。综上,入河排污口设置对河堤安全基本无影响。

5. 防洪安全分析

如图 4 所示,当石榴河发生 20 年一遇设计洪水时,洪水会全部淹没污水处理厂排水箱涵,同时对出水产生一定的顶托作用。但由于出水泵房底高程(14.12 m)高于入河排污口箱涵顶高程(10.13 m) 3.99 m ,出水口与排污口间会形成较大的压力差,故河水不会倒灌入箱涵,入河排污口较安全。

当发生超标准洪水时,洪水对出水顶托力增大,为保证排污口安全,防止洪水倒灌,污水处理厂应关闭箱涵排污口闸门,闸门外用土工布覆盖,然后用装满土的编织袋封堵并压实。

6. 结论与建议

6.1. 结论

综上,东北郊污水处理厂入河排污口设置对石榴河防洪安全影响较小,对河堤安全基本无影响。石榴河设计防洪标准为 20 年一遇,当发生超标准洪水时,部分河段将出现漫堤,此时污水处理厂将关闭排污口闸门,停止排水。当石榴河发生 20 年一遇设计洪水时,洪水将淹没排水箱涵,但由于出水口与排水口有较大的压力差,河水不会倒灌入箱涵,入河排污口仍能正常排水。

6.2. 建议

1) 污水处理厂排水箱涵采用开挖施工方式穿越石榴河,施工过程中将对穿越河段的河道造成破坏,应按设计标准恢复河道断面,并对穿越断面上下游一定范围内的河道进行防护。将开挖河段的河道断面按现状形式进行恢复原状,河底采用片石护底,防护范围为开挖面上下游各 20 m 以内。

2) 穿越工程施工须安排在非汛期进行,施工围堰、施工机械、施工材料等在施工结束后及时清理。施工过程中,及时清除弃土、弃渣等废弃物,保证河床断面规整。

参考文献

- [1] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 唐山市东北郊污水处理厂迁建工程可行性研究报告[R]. 2019: 2-5. Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute (Group) Co., Ltd. Feasibility study report on the relocation project of Tangshan northeast suburb sewage treatment plant. 2019: 2-5. (in Chinese)
- [2] 唐山诚思科技有限公司. 唐山市东北郊污水处理厂迁建工程入河排污口设置论证报告书[R]. 2020: 52-62. Tangshan Chengsi Technology Co., Ltd. Demonstration report on the installation of sewage outfalls for the relocation project of Tangshan northeast suburb sewage treatment plant. 2020: 52-62. (in Chinese)
- [3] 刘旭晶, 李刚. 华县城南新区污水处理厂防洪评价分析[J]. 陕西水利, 2018, 57(5): 57-58. LIU Xujin, LI Gang. Evaluation and analysis of flood control of sewage treatment plant in Chengnan new district of Huaxian County. Shaanxi Water Resources, 2018, 57(5): 57-58. (in Chinese)