

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.10.010

滨海河网城市污水管穿越河涌工程设计关键点

齐利华¹, 邓海², 谭庆俭¹, 付朝晖¹, 罗良丰¹

(1. 珠海市规划设计研究院, 广东 珠海 519000; 2. 中交上海航道局有限公司, 上海 200002)

摘要: 珠海市境内河流众多,是典型的滨海河网城市。斗门区莲洲镇某污水管网工程范围涉及7条河涌,污水管穿越河涌建设共14处,其中5处顶管施工穿河、3处定向钻施工穿河、6处支墩架空跨河。为顺利通过防洪评价审查和政府审批,对污水管涉河建设方案中的过河埋深和两侧堤岸检查井选址等两个关键点进行讨论,综合对比分析市政行业和水利行业的多个相关技术标准及规程,在20年一遇或50年一遇的河道防洪标准下,采用InfoWorks ICM河道水力模型进行河道水位、流量、冲刷深度等水力计算,完成污水管道穿越河涌工程设计关键点分析,可以为类似项目提供参考。

关键词: 污水管网; 穿越河涌工程; 滨海河网城市; 顶管工艺; 定向钻工艺

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)10-0065-05

Key Considerations in Design of Sewage Pipelines Crossing River Project in a Coastal River Network City

QI Li-hua¹, DENG Hai², TAN Qing-jian¹, FU Zhao-hui¹, LUO Liang-feng¹

(1. Zhuhai Institute of Urban Planning & Design, Zhuhai 519000, China; 2. CCCC Shanghai Dredging Co. Ltd., Shanghai 200002, China)

Abstract: Zhuhai City, a typical coastal river network city, is home to numerous rivers. The scope of a specific sewage pipeline network project in Lianzhou Town, Doumen District, encompasses seven rivers. A total of fourteen sewage pipeline crossings are involved, including five pipeline jacking constructions, three directional drilling constructions, and six overhead crossings with piers. To successfully pass the flood control evaluation review and obtain government approval, this paper discussed two critical aspects of the sewage pipeline crossing river construction plan: the river-crossing burial depth and the site selection for inspection wells on both sides of the embankment. A comprehensive comparison and analysis of multiple relevant technical standards and regulations from both the municipal and water conservancy industries was conducted. Under the river flood control standards corresponding to a 20-year or 50-year return period, the InfoWorks ICM river hydraulic model was utilized to perform hydraulic calculations, including water level, flow rate, and scouring depth of the river channel. This analysis provides key considerations in the design of sewage pipeline crossing river project, offering valuable references for similar projects.

Key words: sewage pipeline network; crossing river project; coastal river network city; pipeline jacking technology; directional drilling technology

1 工程概况

珠海市地处西江下游滨海地带,境内河流众多,斗门区周边主要有磨刀门水道、虎跳门水道、何麻溪以及各水道的支流等20多条水系,是典型的滨海河网地区^[1]。为实施流域环境综合治理并加强近岸流域污染治理,政府对斗门区开展了污水管网系统建设工作,以优先治理主要河流干流沿线村庄污水、黑臭水体为重点,并推动城镇污水管网向周边村庄延伸覆盖。

在此背景下,开展斗门区莲洲镇某污水管网工程建设项目,主要内容为横山路、安江路等共计12条主要道路的污水主管及支管,包括新建D400~600 mm污水重力管(含支管)约9.8 km,改造分散式污水处理站点17座,新建DN100~200污水压力管约8.6 km。

该工程范围涉及河道位于大沙联围内,主要为西安主排河、莲溪主排河、塞口涌、光明涌、中联主排河、莲溪中学涌、石排涌共7条河涌;其中除塞口涌属于Ⅸ级航道外,其余均不属于航道。联围内河涌纵横交错,常水位控制在0.6 m附近,在强降雨期间最高水位可达2.0 m。污水管涉及穿越河涌建设共14处,其中5处顶管穿河、3处定向钻穿河、6处支墩架空跨河。为能够顺利通过防洪评价审查和政府审批,对污水管涉河建设方案中的过河埋深和两侧堤岸检查井选址等两个关键点进行分析,旨在为类似项目提供参考。

2 相关技术要求

为加强建设项目的管理,保障江河防洪安全,依据《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则》(SL/T 808—2021)及相关法律法规要求,涉河工程建设方案需经防洪评价审查后,作为河道管理范围内工程建设的重要技术依据和政府审批依据,珠海市作为滨海河网城市,对涉河工程建设方案的审批尤其严格。

为此,根据市政行业和水利行业的诸多技术标准和规程,对该工程污水管涉河建设方案进行统筹分析,具体如下:

① 依据市政行业《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)5.11.2条,污水管管顶与规划河底的距离不宜小于1.0 m,通过航运河道时,其位置以及管顶与规划河底的距离应与当地航运管理部门协

商确定。

② 依据水利行业广东省《河道管理范围内建设项目技术规程》(DB 44/T 1661—2021)7.3.2条,定向钻穿越管段在河道内管顶最小埋深应大于设计洪水冲刷线和规划疏浚线以下6 m;7.3.3条,盾构、顶管法隧道上部冲刷线以下所需覆土层的最小厚度,应根据工程地质和水文地质条件确定,不宜小于2倍隧道外径或河流最大冲刷线以下8 m。除管道埋深技术要求外,DB 44/T 1661—2021对河道管理范围内建设项目提出了较为全面且严格的技术要求。

③ 该工程涉及的塞口涌属于Ⅸ级航道,依据《广东省Ⅷ、Ⅸ级内河航道通航标准(试行)》4.2.2条,过河水下电缆、涵管、管道、隧道等,其设置深度不应小于定级航道底标高以下1.0 m。该标准与GB 50014—2021对管道过河最小覆土要求基本一致。

④ 依据珠海市相关规划和政府主管部门审批要求,为保障区域水安全,区域内主排河采用50年一遇标准,一般河涌采用20年一遇标准。因此,西安主排河、莲溪主排河、中联主排河等区域主排河采用50年一遇河道防洪标准;塞口涌、光明涌、莲溪中学涌、石排涌采用20年一遇河道防洪标准。

政府水务部门是对涉河建设项目进行审批的主管部门,市政行业和水利行业相关标准均可以采纳执行。综合考虑分析两种行业的技术标准,对于污水管穿越河涌的要求,GB 50014—2021较为简单,仅对管顶与河底的距离有要求,且河道有通航需求时需与管理部门进行协商;DB 44/T 1661—2021较为全面且侧重性较强,该项目14处污水管道穿越河涌设计、建设和审批主要需满足DB 44/T 1661—2021的相关技术要求。

3 顶管穿河设计方案

3.1 顶管穿河基本情况

污水管穿越河涌建设方案包括开挖施工方案和非开挖施工方案。因珠海市为滨海城市,近5年平均降雨量达2 166 mm,每年4月—9月为雨季,汛期长达6个月。该项目周边横山水文站5年一遇外江高潮位为2.80 m,考虑管道穿越河涌的防洪安全及工程投资,涉河建设方案推荐采用防洪安全高、施工难度小且工程投资省的非开挖施工方案,即污

水重力管采用顶管施工,同时为进一步缩短工期并节省投资,采用可重复利用、轻型钢混组合结构顶管井工艺。

该工程涉及5处重力管顶管施工过河,具体情况如表1所示。

表1 污水管道顶管施工过河

Tab.1 List of sewage pipeline jacking construction crossing rivers

涉及河道	穿河管道规格/mm	河道宽度/m	河底标高/m	左岸堤顶标高/m	右岸堤顶标高/m
西安主排河	D600	14.1	-0.16	3.24	3.15
莲溪主排河	D500	15.7	-0.28	2.42	2.01
西安主排河	D500	8.9	-0.51	2.52	2.55
西安主排河	D500	8.8	-0.65	3.65	3.76
西安主排河	D500	13.2	-0.28	3.86	2.42

3.2 顶管井选址要求

根据DB 44/T 1661—2021中7.2.3条,管道检查井等不应布置在河道堤防管理范围线内。

依据《斗门区2021年度河湖管理范围及水利工程管理范围与保护范围划定的公告》的相关要求,划入河长制管理名单中的河涌,管理范围为河岸基准线外延5 m;不在河长制管理名单中的河涌,管理范围为河岸基准线外延3 m。经分析,该5处顶管施工穿越河涌位置均不在河长制管理名单中,因此在顶管井选址时,均要求位置在河道管理范围线外,与河岸基准线的净距不小于3 m。

3.3 管道埋深要求

依据DB 44/T 1661—2021以及工程地质和水文地质条件,顶管施工工艺上部冲刷线以下所需覆土层的最小厚度不宜小于2倍管道外径或河流最大冲刷线下8 m。因此对管道涉河处进行最大冲刷线计算,再进一步对两种覆土最小厚度进行计算,对比分析确定污水管道埋深。

河床的冲刷与淤积变化主要取决于水流挟沙力和泥沙起动流速。当水流流速小于泥沙起动流速时,河床不会受到冲刷;反之,则会引起河床的冲刷。根据《河道整治设计规范》(GB 50707—2011)对河道冲刷深度进行计算,具体见下式:

$$\Delta h_B = h_p \times \left[\left(\frac{V_{cp}}{V_{允}} \right)^n - 1 \right] \quad (1)$$

式中: Δh_B 为局部冲刷深度,m,在冲刷计算重现条件下,计算的局部冲刷深度最大值即为最大局

部冲刷深度,对应的河流冲刷线为最大冲刷线; h_p 为冲刷处冲刷前的水深,m,与冲刷计算重现期相关; V_{cp} 为平均流速,m/s; $V_{允}$ 为河床允许不冲流速,m/s; n 为形状系数,与防护岸坡在平面上的形状有关,取0.25。

采用InfoWorks ICM中的河道水力模型进行河道系统洪峰流量以及水力冲刷计算,结果见表2。

表2 管道顶管施工段冲刷计算成果

Tab.2 Calculation results of scouring in pipeline jacking construction sections

涉及河道		西安主排河	莲溪主排河	西安主排河	西安主排河	西安主排河
涉河方式		顶管穿河	顶管穿河	顶管穿河	顶管穿河	顶管穿河
穿河管道规格/mm		D600	D500	D500	D500	D500
现状河底标高/m		-0.16	-0.28	-0.51	-0.65	-0.28
设计流量/(m³·s ⁻¹)		7.43	20.92	4.87	15.12	10.30
设计水位/m		1.876	2.134	1.908	1.694	1.906
设计水深/m		2.036	2.414	2.418	2.344	2.186
设计流速/(m·s ⁻¹)		0.370	0.250	0.520	0.840	0.139
河床允许不冲流速/(m·s ⁻¹)		0.179	0.186	0.187	0.180	0.186
形状系数		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
局部冲刷深度/m		0.406	0.185	0.703	1.103	-0.154
冲刷计算重现期/a		50	50	50	50	50
管顶标高/m	计算 1:冲刷线 下不宜小于2 倍管道外径	-1.766	-1.465	-2.213	-2.753	-1.126
	计算 2:河流最大冲刷线 下8m	-8.566	-8.465	-9.213	-9.753	-8.126

堤顶标高为2.01~3.86 m,当采用计算1时,5处管道埋深为4.385~7.013 m,其中第4处埋深最大,为7.013 m。当采用计算2时,5处管道埋深为11.385~14.013 m,其中第4处埋深最大,已达到14.013 m。

由上述分析可知,当穿河管道规格为D500~600 mm时,两种计算结果差别较大。计算2要求污水管埋深过大,工程实施难度大、投资高,后续管养维护难度大,因此推荐采用计算1确定项目顶管过河管道埋深。

进一步分析,盾构、顶管法过河最小覆土厚度受外径规格影响较大,当 $D \leq 4.0$ m时,可采用冲刷线以下不宜小于2倍管道外径计算;当 $D > 4.0$ m,可

采用河流最大冲刷线下8 m计算。市政污水管道外径规格通常不超过4.0 m,因此从实施难度、工程投资、后续管养维护等因素考虑,市政污水管道穿越河涌最小覆土厚度可按照冲刷线以下不宜小于2倍管道外径计算确定。

4 定向钻穿河设计方案

4.1 定向钻穿河基本情况

该工程压力管穿河有3处采用定向钻工艺,具体情况见表3。

表3 污水管道定向钻施工穿河

Tab.3 List of sewage pipeline directional drilling construction crossing rivers

涉及河道	穿河管道规格	河道宽度/m	河底标高/m	左岸堤顶标高/m	右岸堤顶标高/m
塞口涌	DN200	17.0	-0.04	1.83	1.77
莲溪主排河	DN200	10.0	-0.20	2.43	1.73
石排涌	DN200	9.7	-0.40	2.48	2.56

4.2 定向钻井选址要求

经分析,该3处定向钻施工穿越河涌处均不在河长制管理名单中,因此定向钻井选址均要求在河道堤防管理范围线外,与河岸基准线的净距不小于3 m。

4.3 管道埋深要求

依据DB 44/T 1661—2021,定向钻穿越管段在河道内管顶最小埋深应大于设计洪水冲刷线以下6 m,河道冲刷深度根据式(1)进行计算,结果见表4。

表4 管道定向钻施工段冲刷计算成果

Tab.4 Calculation results of scouring in pipeline directional drilling construction sections

涉及河道	塞口涌	莲溪主排河	石排涌
涉河方式	定向钻穿河	定向钻穿河	定向钻穿河
穿河管道规格	DN200	DN200	DN200
现状河底标高/m	-0.04	-0.20	-0.40
设计流量/(m ³ ·s ⁻¹)	29.273	14.562	2.560
设计水位/m	2.345	2.242	1.539
设计水深/m	2.385	2.442	1.939
设计流速/(m·s ⁻¹)	0.543	0.407	0.188
河床允许不冲流速/(m·s ⁻¹)	0.193	0.186	0.179
形状系数	0.25	0.25	0.25
局部冲刷深度/m	0.700	0.520	0.024
冲刷计算重现期/a	20	50	20
管顶标高/m	-6.740	-6.720	-6.424

3处堤顶标高为1.73~2.56 m,3处管道埋深要求为8.77~9.35 m,其中第2处埋深要求最大,达9.35 m。

由上述分析可知,采用定向钻施工工艺穿河涌段的管道埋深也较大。由于穿河涌管道为压力管,考虑后期管养维护方便,管道两端的定向钻井可以适当抬升井底标高,同时需定期冲洗养护过河段管道,避免压力管在局部低点出现淤积堵塞。

5 支墩架空跨河设计方案

5.1 支墩跨河基本情况

该工程压力管穿河有6处采用支墩架空跨河,具体情况见表5。

表5 污水管道架空跨河

Tab.5 List of sewage pipeline overhead crossing rivers

涉及河道	穿河管道规格	河道宽度/m	河底标高/m	左岸堤顶标高/m	右岸堤顶标高/m
塞口涌	DN200	7.0	0.10	1.77	1.69
光明涌	DN200	5.5	-0.40	2.35	2.34
莲溪主排河	DN200	5.8	0.14	2.65	2.56
中联主排河	DN200	22.3	-0.84	1.81	2.15
中联主排河	DN200	15.2	-0.40	3.37	3.98
莲溪主排河	DN200	6.0	-0.50	2.20	2.66

5.2 支墩选址要求

经分析,该6处支墩跨河涌处均不在河长制管理名单中,因此支墩选址均要求在河道管理范围线外,与河岸基准线的净距不小于3 m;同时为确保管道架空跨河结构安全,DN200压力管沿现状桥涵、箱涵侧壁支架悬挑布管加固敷设。

5.3 管道架空要求

管道架空主要考虑在防洪水位线(设计水位线)之上,避免在一定防洪标准下河水对架空管道的冲刷。采用InfoWorks ICM中河道水力模型进行河道系统洪峰流量以及水力复核计算,结果如表6所示。

理论计算管底标高=设计水位+0.5 m安全超高,可以保证在一定防洪标准下管道不受洪水冲刷。由于部分河道现状堤防标准较低,不满足远期规划20年或50年一遇的防洪安全,应根据实际情况对跨河架空管线标高进行设计:

① 若现状河道堤防标高满足防洪标准,污水管可以根据理论计算标高进行敷设,如项目第3、5、6处。

② 若现状河道堤防标高不满足防洪标准,建议污水管标高依据现状堤顶标高敷设,并沿现状桥涵、箱涵侧壁支架悬挑加固敷设,可以减少河流冲

刷风险,并降低工程对周边景观的影响;待远期有条件时,污水管随堤防、桥涵等同步改造,最终满足防洪标准要求。

表 6 污水管道架空跨河计算成果

Tab.6 Calculation results of sewage pipeline overhead crossing rivers

涉及河道	塞口涌	光明涌	莲溪主排河	中联主排河	中联主排河	莲溪中学涌
涉河方式	支墩支护跨河	支墩支护跨河	支墩支护跨河	支墩支护跨河	支墩支护跨河	支墩支护跨河
穿河管道规格	DN200	DN200	DN200	DN200	DN200	DN200
设计流量/(m ³ ·s ⁻¹)	28.676	24.111	-9.621	56.594	55.334	-4.649
设计水位/m	2.290	2.570	2.212	2.229	2.175	1.581
设计水深/m	2.190	2.970	2.072	3.069	2.575	2.081
设计流速/(m·s ⁻¹)	0.44	0.26	0.68	0.54	0.34	0.08
形状系数	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
防洪计算重现期/a	20	20	50	50	50	20
理论计算管底标高/m	2.790	3.070	2.712	2.729	2.675	2.081
堤顶标高/m	1.69~1.77	2.35	2.56~2.65	1.81~2.15	3.37~3.98	2.20~2.66
设计管底标高/m	1.75	2.30	2.60	1.95	2.70	2.10

6 其他技术要求

① 堤防恢复或加固。依据 DB 44/T 1661—2021 中 8.3.2 条,对穿堤建设项目所涉及堤防的恢复或加固,不应低于规划标准。该条技术要求较高,现场可实施性较差,建议污水管穿堤项目按照现状标准对受影响堤防进行恢复,待远期有条件时,堤防按照远期规划标高整体统一建设。

② 堤防和岸坡稳定性的分析计算。采用顶管或定向钻穿越河涌段,施工管道对堤身、河底原土体会产生一定扰动,影响原土体的密实度,进而改变其计算力学参数,这对堤防安全可能产生不利影响,如引起堤身土层出现流失等渗透破坏现象,因此需要对堤防稳定性进行计算。

③ 增加警示标志。在污水管穿越河建设项目上下游一定范围内设置明显标志,标明工程类型、埋深、结构、管理边界等。

7 结语

对于污水管穿越河道建设方案,市政行业和水利行业均有相关技术标准和规程可以采纳执行,综合考虑分析后可知,水利行业《河道管理范围内建设项目技术规程》(DB 44/T 1661—2021)较全面且侧重性较强,因此该项目 14 处穿越河涌设计主要需满足该规程的相关技术要求。计算结果表明,覆土

厚度也满足市政行业《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)要求。

污水管穿越河涌工程设计方案的关键点是确定管道过河埋深和两侧堤岸检查井选址,并采用 InfoWorks ICM 河道水力模型进行水位、流量和冲刷深度等水力计算,可以顺利通过滨海河网城市污水管顶管施工、定向钻施工和架空等各类穿越河涌的防洪评价审查和政府审批。

参考文献:

[1] 齐利华,邓海,谭庆俭,等. 滨海城市污水管网提质增效工程设计[J]. 广东土木与建筑, 2024, 31(2): 97-100.
QI Lihua, DENG Hai, TAN Qingjian, et al. Design of quality and efficiency enhancement engineering for sewage networks in coastal cities [J]. Guangdong Architecture Civil Engineering, 2024, 31(2): 97-100 (in Chinese).

作者简介:齐利华(1984—),男,湖北黄冈人,硕士,高级工程师,主要从事市政给排水设计和研究工作。

E-mail:813270442@qq.com

收稿日期:2024-03-20

修回日期:2024-05-21

(编辑:沈靖怡)