

农村截污管道高程设计方案比选及差值法应用

刘 亮, 吴永志, 张玉龙, 谢正威, 吴 茜, 王筱菊, 郭东进, 任向锋
(北京市水利规划设计研究院, 北京 100048)

摘 要: 农村截污管道是污水收集的重要途径,沿河(沟)截污是农村截污的重要形式。由于排污口支管穿河、截污管道主管穿河、远期预留村内管线接入条件等因素影响,沿河截污管道往往埋深较大,造成施工难度和投资增加,采用倒虹管和增加提升泵站的方式可抬高截污管道高程。以北京市通州区某沟渠截污工程为例,通过农村污水源头高程设计、高程校核,创建了差值法。差值法主要包括两个方面,一方面排污口支管高程与完全重力流主线接入点的高程差的最小值决定了下游高程可抬高度;另一方面满足冻土及冲刷要求的穿河管与截污管道主线接入点高程差小于可抬高度的地方需增加倒虹管。通过差值法可快速进行截污管道增设提升泵站方案和倒虹管方案的比选,提高设计工作效率。

关键词: 农村污水; 截污管道; 高程; 倒虹管; 差值法

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)18-0068-05

Application of Difference Method and Scheme Selection of Elevation Design for Rural Sewage Interception Pipeline

LIU Liang, WU Yong-zhi, ZHANG Yu-long, XIE Zheng-wei, WU Qian, WANG Xiao-ju,
GUO Dong-jin, REN Xiang-feng
(Beijing Institute of Water, Beijing 100048, China)

Abstract: As the interception along a river (ditch), rural sewage interception pipeline is an important way of sewage collection. Due to the influence of the sewage outlet branch pipe crossing the river, the sewage interception pipeline main pipe crossing the river, the long-term reserved village pipeline access conditions and other factors, the interception pipe along the river often has a large buried depth. The increase of burial depth causes the difficulty of construction and the increase of investment. In order to solve this problem, the means of inverted siphon and increasing pumping station could be adopted to raise the elevation of sewage interception pipe. Taking a ditch sewage interception project in Tongzhou District of Beijing as an example, the difference method was established through the source elevation design and check. The difference method mainly included two aspects, on the one hand, the minimum elevation difference between the branch pipe elevation of the sewage outlet and the director elevation of corresponding access point in the gravity flow plan determined the lifting height of the downstream elevation; on the other hand, if the elevation difference between the elevation of river crossing pipe which met permafrost and erosion requirements and the director elevation of corresponding access point was less than the lifting height, the inverted siphon should be added. The difference method could be used to compare and quickly select the scheme of lifting pump station and inverted siphon in the interception pipeline to improve the design efficiency.

Key words: rural sewage; sewage interception pipeline; elevation; inverted siphon; difference method

目前,农村污水治理工作还未全面展开,中国需基于国情探索自己的农村污水治理之路。污水收集是农村污水治理的重要方面,往往涉及大量的沿沟渠截污,沿沟渠截污一般属于村外截污的范畴,村外截污的管道高程受村内污水管道的接入条件、截污管道穿沟渠等因素影响,造成管道埋深较大,同时带来管道的施工难度增加和投资增加等一系列问题。为有效解决上述问题,如何进行农村污水管线的高程设计,以及完成污水管线的高程设计后如何对截污管道的高程进行校核,如何利用设计校核数据快速进行多方案的技术优化比选成为工程设计人员面临的重要课题。

1 工程概况

北京市通州区某沟渠是凤港减河的一条分支,由于周边农村污水的排放导致该沟渠的水被污染,为解决沟渠向凤港减河排污问题,沟渠末端已经建设一座规模为 $2\,000\text{ m}^3/\text{d}$ 的污水处理站,该处理站从沟渠末端取水,处理后的水排入凤港减河。

截污工程主要解决该沟渠的污染问题,通过沿河东侧的道路敷设截污管线,将该沟渠的所有污水排放口截流进入污水管道,最终将污水送入沟渠末端的污水处理站。截污工程共敷设污水管线 $4\,920\text{ m}$,该条沟的大部分排污口在河道西侧,河道西侧不具备敷设管线条件,大部分排污口需穿越河道进入截污主管道。

2 污水管道高程的设计

2.1 源头高程设计法

村外截污管道的高程应满足村内所有排放口的接入条件,应结合村内现状污水管道走向及村内污水规划,沿污水流向从源头到截污管道的正向高程设计,截污管道的高程最不利点作为高程设计的控制点。

依据规划,通州区某沟渠的截污管线污水收集范围包括 4 个村庄。本工程设计方案结合规划、现状排水管线布置以及该沟渠周边的地形条件,按照污水排放口全部收集的原则进行污水管道的平面布置,沿沟渠东侧道路进行截污管道设计^[1]。截污管道共收集 13 处排污口,排污口均是雨污水合流的管道或明沟。

截污管道的高程不仅要满足现状排污口的接入条件,还需预留远期雨污水分流后的接入条件。结合现状排水体系及村内的地形,进行村内污水管道的平面布置,由于村内的地形高差不大,污水排放口对应的管道起点高程即为该污水管段的高程控制点。村内污水管道的起点高程按照管道覆土满足最低冻土 0.8 m 考虑,村内污水管道坡度按照 DN300 非塑料管道的最小坡度 0.3% 考虑^[2]。截污管道涉及 13 处排污口的现状高程及预留高程,计算结果见表 1。

表 1 排污口现状高程及远期预留高程

Tab. 1 Current elevation of sewage outlet and long-term reserved elevation m

项 目	现状管(沟)底高程	管道起点地面高程	村内管道长度	远期预留高程
排污口 1	19.70	22.31	569	19.50
排污口 2	20.74	22.13	605	19.21
排污口 3	19.61	22.24	323	19.17
排污口 4	20.74	22.10	717	18.84
排污口 5	19.45	20.43	733	17.13
排污口 6	19.45	21.56	460	18.98
排污口 7	19.27	21.39	722	18.12
排污口 8	19.37	21.22	398	18.92
排污口 9	19.22	21.64	1 034	17.43
排污口 10	19.03	22.69	1 756	16.32
排污口 11	18.96	21.32	1 073	17.00
排污口 12	18.77	21.16	1 094	16.77
排污口 13	17.72	20.93	1 400	15.63

比较排污口的现状管(沟)底高程与远期预留高程可知,远期预留高程一般均低于现状高程,13 个排污口的高程差值范围为 $0.44 \sim 2.71\text{ m}$ 。也就是说村外截污管道按照现状排污口的高程设计时,远期村内污水管道系统改造时存在高程不能接入的情况。

一般村庄的污水排放口不止一个,在进行村内管道高程计算时,涉及到污水口收集分区的问题。对于有雨污水规划的村庄,排污口对应的污水收集管道长度一般不会存在较大偏差。对于没有雨污水规划的村庄,村庄排污分区不同,会造成排污口对应污水收集管道的长度不同,对该类村庄设计时管道

高程应考虑一定的设计余量。对于地形高差不大的村庄,污水管道的最远点即为管道高程的控制点,但对于地形高差较大的村庄,污水管道的最远点不一定是管道高程的控制点。表1中的计算结果是基于村庄的地形高差不大且有规划的污水分区的支撑前提下进行的。

截污管道的设计高程需满足13处排污口的远期预留高程接入条件,13处排污口分别位于截污管道的不同位置。在进行截污管道的设计计算时,由于设计软件的大量使用,设计人员的通常做法是按照截污管道全线寻找控制点高程的方法,但该方法有可能导致全线截污管道埋深增加,投资增加。因此截污管道主线高程设计时,可沿污水流向,分段考虑。截污管道的起点高程按照远期预留高程设计,为减小管道埋深,管道的坡度按照规范要求的最小坡度考虑,按照最小坡度的高程是否满足下游接入条件进行试算,如果不满足,可通过下游设置跌水井来满足下游管道接入条件。截污管道高程计算结果见表2。

表2 截污管道高程计算结果

Tab.2 Calculation results of interception pipeline elevation

管段名称	管径/ mm	坡度/ %	管长/ m	起点 高程/ m	终点 高程/ m
排污口1-2	400	0.15	439	19.50	18.84
排污口2-3	400	0.15	574	18.84	17.98
排污口3-4	400	0.15	392	17.95	17.39
排污口4-5	500	0.12	243	17.29	17.00
排污口5-6	500	0.12	210	17.00	16.75
排污口6-7	500	0.12	417	16.75	16.25
排污口7-8	500	0.12	240	16.25	15.96
排污口8-9	500	0.12	154	15.96	15.77
排污口9-10	600	0.10	617	15.67	15.05
排污口10-11	600	0.10	538	15.05	14.52
排污口11-12	600	0.10	453	14.52	14.06
排污口12-13	600	0.10	412	14.06	13.65
排污口13-处理站	600	0.10	231	13.65	13.42

由表2可知,以起点高程为控制点进行试算,按照最小坡度进行截污管道的高程设计,下游排污口的高程均能满足接入条件,管道沿程不需设置跌落井。上述计算方法是针对截污管道全程没有地形高差可利用的情况,为减少管道埋深,排污口之间采用最小坡度。当截污管道有地形高差可以利用时,可通过调整管道坡度和跌水井的灵活运用,达到降低

投资和优化污水管道水力流态的目的。

2.2 污水管道高程的校核

通过源头污水的高程设计出的截污管道高程还需结合项目自身的特点,从以下角度去校核污水管道的高程。

① 穿河支管的高程

排污口3~8均需穿越沟渠进入截污管道主线,穿河支管高程按照规划河底覆土1m设计,穿河支管在满足重力流条件情况下,将穿河支管的高程与通过源头设计的污水高程进行比较,结果如表3所示。

表3 穿河管高程校核

Tab.3 Elevation check of river crossing pipe

名称	桩号	规划河底高程/ m	穿河管底高程/ m	主管设计 高程/m	主管校核 高程/m
主线穿河处1	849	18.68	17.28	18.23	17.28
支线穿河处1	1 013	18.61	17.31	17.98	17.03
支线穿河处2	1 405	18.46	17.16	17.29	16.35
支线穿河处3	1 648	18.34	17.04	17.00	16.05
支线穿河处4	1 858	18.27	16.97	16.75	15.80
支线穿河处5	2 275	18.10	16.80	16.25	15.30
支线穿河处6	2 515	18.00	16.70	15.96	15.01
支线穿河处7	2 669	17.94	16.64	15.67	14.73
支线穿河处8	3 286	17.70	16.40	15.05	14.11
支线穿河处9	3 824	17.44	16.14	14.52	13.57
支线穿河处10	4 277	17.30	16.00	14.06	13.12
主线穿河处2	4 689	17.14	15.54	13.65	12.71

表3中的桩号以管道起点为0,沿管道中心线方向,从管道上游至下游依次排列,即从管道起点开始累计管道长度等于桩号。从表3的计算结果可知,主线穿河处1、支线穿河处1、支线穿河处2的主管道设计高程高于穿河支管高程,不满足穿河支管接入条件,校核高程在穿河处1设跌落井,跌落高度为0.95m,下游管道高程整体下调0.95m。

② 公路部门要求

污水管道路由尽量避开车流量密集、车流量多、等级较高的道路,当污水管道敷设在公路上时应尽量沿道路一侧敷设,满足施工时的导行要求。在不满足明挖施工条件的道路,可考虑采用顶管或拉管工艺。本工程经与道路部门沟通,污水管道采用拉管工艺,污水管道的覆土满足3m以上。

③ 地下管线的交叉

地下管线交叉校核是污水管道高程校核的重要

组成部分,在截污管道高程设计时应取得地下管线的物探资料并及时与供水、电气、热力、燃气、通信等部门沟通,设计中需考虑管线交叉带来的改移费用。

通过校核,表 3 中的主管校核高程即为完全重力流截污管道方案的设计高程,该方案记为方案 1。由于截污管道全程的地形高差较小,管道埋深范围:2.45~9.01 m,管道埋深较大,需进行多方案比选。

3 差值法多方案比选

3.1 倒虹管方案

污水管穿过河道、旱沟、洼地或地下构筑物等障碍物不能按原高程径直通过时,应设倒虹管^[3]。由表 3 可知,主线穿河处 1、支线穿河处 1、支线穿河处 2 的穿河管高程均不满足接入该处主管高程条件。

倒虹管方案是在主线穿河处 1 增加两座倒虹吸井,井间采用两根 DN200 倒虹管,设计坡度为

0.5%,倒虹管全部水头损失为 0.15 m^[4],主线穿河处 1 及下游管道高程相比较表 3 中的校核高程抬高 0.8 m,比较抬高后的倒虹管方案的高程与穿河管的管底高程,支线穿河处 1 高程不满足接入条件,该处应设计倒虹吸管。倒虹管方案总共设计 2 处倒虹管,该方案记为方案 2。

3.2 提升泵站及倒虹吸联合方案

污水管道中增设提升泵站是减少管道埋深的常规形式,由于截污管道高程需满足全程 13 处排污口的接入条件,若提升后的管道采用压力管形式,不满足下游接入条件,下游需增加多处提升泵站且不满足规划,主管道提升后的下游管道仍采用重力流管道,同时考虑预留下游排污口的接入条件。提升泵站的位置选择及提升后的设计高程需对表 1~3 中的数据进行综合比较,比较结果见表 4。

表 4 高程比较结果

Tab.4 Elevation comparison results

m

排污口名称	穿河处名称	远期预留高程	穿河管高程	方案 1 设计管底高程	远期预留高程与设计高程差	穿河管高程与设计高程差
排污口 1	不穿河	19.50	—	19.50	0.00	—
排污口 2	不穿河	19.21	—	18.84	0.37	—
无对应排污口	主线穿河处 1	—	17.28	17.28	—	0.00
排污口 3	支线穿河处 1	19.17	17.31	17.03	2.14	0.28
排污口 4	支线穿河处 2	18.84	17.16	16.35	2.49	0.81
排污口 5	支线穿河处 3	17.13	17.04	16.05	1.08	0.99
排污口 6	支线穿河处 4	18.98	16.97	15.80	3.18	1.17
排污口 7	支线穿河处 5	18.12	16.80	15.30	2.82	1.50
排污口 8	支线穿河处 6	18.92	16.70	15.01	3.91	1.69
排污口 9	支线穿河处 7	17.43	16.64	14.73	2.70	1.91
排污口 10	支线穿河处 8	16.32	16.40	14.11	2.21	2.29
排污口 11	支线穿河处 9	17.00	16.14	13.57	3.43	2.57
排污口 12	支线穿河处 10	16.77	16.00	13.12	3.65	2.88
排污口 13	主线穿河处 2	15.63	15.54	12.71	2.92	2.83

分析表 4 中的比较结果,远期预留高程与设计高程差的含义是满足远期预留污水排放管重力流接入条件下的截污管道高程可抬高的余量,穿河管高程与设计高程差的含义是满足穿河管道覆土条件下的截污管道高程可抬高的余量。

提升泵站方案在埋深较大的排污口 5 处增加一处提升泵站,分析表 4 中截污管道下游远期预留高程与设计高程差,排污口 5 处管道下游最小高程差为 2.21 m(对应排污口 10),故泵站方案将排污口 5 处下游管道高程统一抬高 2.21 m。分析表 4 中穿河管高程与设计高程差,排污口 5 处管道下游高程

差,小于 2.21 m 的地方不满足穿河管覆土要求,需采用倒虹管,该方案共 4 处需设计倒虹管。该方案记为方案 3。

由以上分析可知,通过管道高程的正向设计、校核得到的数据,进一步分析排污口高程与完全重力流主管线接入点高程差和穿河管高程与截污管道主线接入点高程差,排污口支管高程与完全重力流主线接入点的高程差的最小值决定了下游高程可抬高度,穿河管高程与截污管道主线接入点高程差小于可抬高度的地方需增加倒虹管。上述方法称为差值法。通过差值法可快速进行截污管道增设提升泵站

方案和倒虹管方案的比选,提高设计工作效率。

3.3 方案比选

方案1的埋深较大(2.45~9.01 m),施工难度和投资较大^[5],但水力流态较好,后期运营管理费用较低。方案2比方案1,沿程3 840 m管线的高程可抬高0.8 m,抬高后的管道埋深为2.45~8.21 m,管道埋深节省的工程投资有限,但增加了后期运营管理费用^[6]。方案3沿程3 272 m管道高程可抬高2.21 m,管道埋深为2.45~6.8 m,但比方案1增加了1处提升泵站,增加了4处倒虹管,增加了占地及后期运营管理费用。

4 结论

农村截污管道的高程设计是污水管道设计中的重要内容,通过通州区某沟截污管道的设计、校核,进一步归纳总结截污管道方案比选的方法,创建了差值法。该方法可快速进行截污管道增设提升泵站方案和倒虹管方案的比选,提高设计工作效率。差值法主要包括两个方面,一方面排污口支管高程与完全重力流主线接入点的高程差的最小值决定了下游高程可抬高度;另一方面满足冻土及冲刷要求的穿河管与截污管道主线接入点高程差小于可抬高度的地方需增加倒虹管。

参考文献:

- [1] 席旭军. 浦东新区曹路镇新农村污水纳管工程设计[J]. 中国给水排水, 2011, 27(20): 64-66, 70.
Xi Xujun. Design of new countryside project of sewage into sewers in Caolu Town, Pudong New Area[J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(20): 64-66, 70 (in Chinese).
- [2] 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).
- [3] 北京市市政工程设计研究总院有限公司. 给水排水设计手册(第5册): 城镇排水[M]. 3版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.

Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd. Water Supply & Drainage Design Handbook: Urban Drainage [M]. 3rd ed. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017 (in Chinese).

- [4] 中国市政工程东北设计研究院. 给水排水设计手册(第1册): 常用资料[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
China Northeast Municipal Engineering Design & Research Institute. Water Supply & Drainage Design Handbook: Common Data [M]. 2nd ed. Beijing: China Architecture & Building Press, 2000 (in Chinese).
- [5] 范彬, 胡明, 顾俊, 等. 不同农村污水收集处理方式的性价比比较[J]. 中国给水排水, 2015, 31(14): 20-25.
Fan Bin, Hu Ming, Gu Jun, et al. Economic comparison of different rural sewage treatment patterns[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(14): 20-25 (in Chinese).
- [6] 张景波. 浙江省桃峙村污水治理工程设计[J]. 中国给水排水, 2015, 31(10): 91-94.
Zhang Jingbo. Design of Taozhi village sewage treatment project in Zhejiang Province [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(10): 91-94 (in Chinese).



作者简介: 刘亮(1989—), 男, 河北衡水人, 硕士, 工程师, 主要从事给排水工程设计工作。

E-mail: 15652540489@163.com

收稿日期: 2019-01-18