

基于水力模型的污水干管高水位运行原因诊断

王宏利, 罗凡

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘要: 利用水力模型工具,结合运行数据、试验数据统计分析,对某污水厂所面临的厂外干管高水位运行,水量负荷低,达不到设计工况的原因进行诊断。从污水量、管网汇水能力、干管水位、提升泵站能力、能力提升试验5个角度进行系统分析,得出主要原因为污水提升泵站提升水量不足。

关键词: 城市污水处理厂;高水位;水量低;水力模型

中图分类号: TU992.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0166-03

0 引言

当前国内大部分城市的污水排水系统中污水厂、排水管网设施由不同的机构管理。系统日常运行过程中,受多种因素影响,往往会出现偏离设计工况的情况。本文依托实际工程咨询项目(实施期间2017年5月~8月),以西部某省会城市污水处理厂(以下简称污水厂)为对象,对其所面临的厂外干管高水位运行、污水厂水量负荷低,达不到设计工况的原因进行诊断分析,总结工作中的方法,以期能够为其他水厂提供一定参考。

从污水系统管理完整性角度看,厂、网一体化管理有助于充分发挥现有设施的效能,北京排水集团针对北京中心城区污水系统提出了厂、网一体化运营的水质保障、水量均衡、水位预调3种基本模式,经实践取得了较好的效果^[1]。常州市排水处构建了城市排水管理一体化系统实现了排水管网、泵站、污水厂远程控制与调度,提高了排水系统管理的质量与效率^[2]。

1 研究方法

1.1 污水厂概况

该污水厂位于城市主城区,服务面积为63.9 km²,设计规模为15万 m³/d,当前污水厂现状处理水量稳定维持在10万 m³/d。尾水排至附近河流,服务范围内污染源以住宅为主,兼有部分商业、学校、医疗、公园等公共建筑。区域内人口密集,发展建设成熟,污

水量稳定,且全部进入市政污水管道。依据污水厂运营数据及现场踏勘分析,厂外干管部分节点旱天水位较高,流速较慢,管道严重承压运行。

1.2 水力模型构建

《室外排水设计规范》规定可采用数学模型法进行排水系统的设计及校核^[3]。排水系统水力模型参数及边界条件合理设定,可用于系统现状分析、方案评价以及风险评估等方面^[4]。

目前商业水力建模软件发展成熟,其中国内应用较多的英国 Wallingford 的 InfoWorks ICM 软件,实现了城市排水管网系统模型与河道模型的整合,其水力模块能够分析污水系统运行状态分析与评估^[5]。本项目采用 InfoWorks ICM 软件作为工具软件。

根据该污水厂分区管网 GIS 数据以及 CAD 图纸,梳理了污水排水管道走向、高程以及拓扑关系,采用 InfoWorks ICM 软件建立水力模型,建模范围27.2 km²,管径分布范围 DN300~DN1600,污水管总长145.4 km,模型水头损失等参数,参考排水相关规范设置。

1.3 水力模型校核

模型校核是一个调整参数、反复计算、不断完善模型,直到计算值与监测值的误差在允许的范围之内的过程^[6]。由于当前国家规范尚无水力模型校核的相关标准,且本研究基于项目实施目标以及当时尚无管网监测水量水位数据,不具备污水模型校核的客观条件,因此未进行水力模型的校核。为保证模型的精确性与合理性,采取的手段为参考排水相关规范准确设置模型中水头损失等参数,根据计算工况目标准确输入水量、水位边界条件。

收稿日期: 2020-11-09

作者简介: 王宏利(1988—),男,硕士,工程师,从事城市排水管网设计与模拟计算工作。

2 污水量核算

该污水厂排水区域建设以成型,根据现有资料将污水厂汇水分区划分为:二环路内片区(27.17 km²)和二环路外汇水片区(36.72 km²)两部分,分区 2020 年规划人口 801 064,排水定额取 275 L/人·d,预测污水量达 22 万 m³/d。

此外,根据 2016 年 3 月~8 月排水分区,每日自来水用水量数据分析,二环路内片区用水量稳定,按 0.9 污水折算系数,二环路片区内日污水量平均值为 9.09 万 m³/d。单位面积污水量为 37.58 m³/d/hm²。二环路外汇水片区(36.72 km²)无用水量数据,根据单位面积污水量推测,污水量为 13.8 万 m³/d。预测污水总量日平均值为 22.89 万 m³。

从区域污水产生量角度来看,服务分区内污水量达 22 万 m³/d,能够满足 15 万 m³/d 设计规模需求。

3 管网汇水特性分析

利用构建污水系统水力模型,合理设定上下游水量、水位边界条件下,分析管网的汇水能力。

水量边界:

(1)二环路范围外污水量为 13.8 万 m³/d,按系统上游点源入流

(2)二环路片区污水量 9.09 万 m³/d,按照泰森多边形均摊水量,片区总污水量为 22.89 万 m³/d。此外为分析厂外管网系统的排水能力,另外设置总污水量的 95%、90%、85%、80%产水量梯度工况计算分析。

下游水位边界:下游水位(进厂干管末端)顶托会影响管网排水能力,根据 2017 年 4 月份厂外干管水位数据,分别设置 0 m、1.6 m、2 m、3 m、4 m 的下游水位边界条件。

统计计算工况下进厂干管末端排水量,模型计算结果分析见表 1,结果显示随下游水位升高管网排水能力有减弱趋势;在保证上游管网不出现满溢下,厂外管网的排水能力维持在 13.7~16.4 万 m³/d 的水平。

表 1 不同产水量、水位管网排水水量统计表

下游水位	水量					
	100%产水量		90%产水量		80%产水量	
	是否满溢	排水量/(万 m ³ ·d)	是否满溢	排水量/(万 m ³ ·d)	是否满溢	排水量/(万 m ³ ·d)
0 m	是	18.09	否	16.43	否	14.68
1.6 m	是	17.91	否	16.30	否	14.59
2 m	是	17.71	否	16.13	否	14.43
3 m	是	17.32	是	15.78	否	14.10
4 m	是	16.82	是	15.37	否	13.74

4 厂外干管水位分析

根据运行养护资料污水厂上游干管水位较高,处于承压运行状态,2017 年 4 月厂外干管水位统计图(见图 1),可以看出厂外水位和处理水量之间有明显的负相关关系,当处理水量维持在 9.9 万 t/d 水平时对应水位为 4.5 m,当处理水量维持在 10.9 万 t/d 水平时对应水位为 4.05 m,基本趋势为水量提升 1 万 t,水位约降低 0.5 m,推测当污水处理水量达到 15 万 t 时,厂外水位约降低到 2 m,厂外进厂干管管径为 DN1400,因此当水位降低到 2 m 时,管道约负压 0.6 m,负压状态有较大改善。

根据污水厂提升泵站 2017 年 5 月 8 日~5 月 10 日实测水位数据,泵站格栅前后水头损失较大,见表 2,且水损数值稳定,平均水损值为 0.7 m,最大 0.8 m,最小 0.67 m,方差为 0.002,水损值远超过了设计、运行的经验值 0.2 m,在日常养护中提高格栅清淤频率。



图 1 厂前干管水位、处理量关系图

表2 提升泵站格栅前后水深与过栅水头损失 单位:m

日期	位置	10:00	16:00	22:00
5月8日	栅前	5.48	5.13	5.3
	栅后	4.8	4.4	4.5
	水头损失	0.68	0.73	0.8
5月9日	栅前	4.95	5.14	5.25
	栅后	4.28	4.45	4.6
	水头损失	0.67	0.69	0.65
5月10日	栅前	4.77	5.12	5.61
	栅后	4.03	4.4	4.94
	水头损失	0.74	0.72	0.67

5 提升泵站设计校核

根据污水厂设计资,水厂提升泵站现有6台水泵,其中2台常开(单台规模3 250 m³/h),4台备用(单台规模1 354 m³/h)。泵站集水池平面尺寸为13.8 m×13.8 m,面积190.44 m²,根据运行记录泵站前池有效水深=494.5-491.35=3.15 m,有效池容=190.44×3.15=599.8 m³,泵站大泵最大5 min排水量=3 250/60×5=270 m³其小于有效池容,泵站集水前池尺寸设置能满足水泵抽升量。

6 水厂水量提升试验

污水厂设计规模15万m³/d,现状处理水量约为10万m³/d,为检验其处理能力是否还有提升空间,水厂管理部门制定了污水量提升方案,对提升泵组运行方式进行优化,并于2017年8月3日14时内进行试验,同时对厂外干管水位进行了同步监测。

根据试验数据绘制了污水量提升曲线,见图2,提升水量由14:00,5 003 m³/h起逐渐上升,至14:35到达最大提升量6 224 m³/h,后提升量逐渐下降,至14:55,5434 m³/h停止实验。

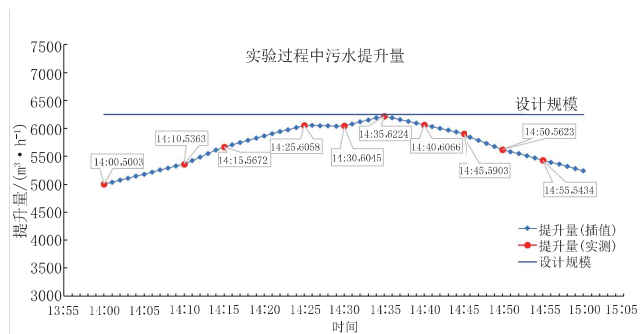


图2 实验过程中污水提升量曲线

经计算在实验时段14:00时内,污水提升总量为5 798 m³,较6 250 m³/h设计规模偏低了7%,较4 167 m³/h(日常运行10万m³/d)增加了39%,基于此,推算日总污水量可提升至139 163 m³。

根据厂外同步水位监测数据绘制了厂外干管水位线,分析厂前干管水位,在实验前、实验中、实验后的变化过程,实验前(13:30)水深约为2 m,实验中约14:30水深降低约0.4 m,实验后约(15:20)水深降低0.8 m,印证了泵站提升量与厂前水位的负相关关系。

7 结 论

本文利用水力模型工具,从区域产水量、管网汇水能力、厂前干管水位、提升泵站设计复核角度、水量提升进行分析诊断,主要得到以下结论:

(1)污水厂排水分区内的污水量,能够满足15万m³/d设计规模需求。

(2)下游水位升高管网排水能力有减弱趋势,厂外管网的排水能力维持在13.7~16.4万m³/d的水平。

(3)根据厂前干管水位记录,推测当污水厂处理水量达到15万t时,厂外水位约降低到2 m,承压状态有较大改善。

(4)泵站格栅前后水头损失较大,平均水头损失值为0.7 m,远超过了设计、运行的经验值0.2 m。

(5)根据水量提升实验,推算污水量可提升至139 163 m³/d。

综上判断,该污水厂厂外干管高水位运行、污水厂水量负荷低,达不到设计工况的主要原因为污水厂提升泵提升量不足,需对泵站运行方式进行优化。建议有条件时,积极推进厂网一体化管理进程,统筹考虑厂、网运行状态,充分挖掘现有设施的能力。

参考文献:

- [1] 郑江.城镇排水系统厂网一体化运营模式的研究与实践[J].给水排水,2016,42(10):47-51.
- [2] 陈亚峰,周炯如,盛新宇.基于DIMASIS的城市排水管理一体化系统[J].自动化与仪表,2012,27(6):7-11.
- [3] GB 50014—2006,室外排水设计规范(2014年版)[S].
- [4] 隋军,王宏利,李捷.城市排水系统水质模型的构建及应用[J].中国给水排水,2016(7):130-134.
- [5] 李捷,王宏利,隋军,等.水质模型在东濠涌深层隧道排水系统中的应用[J].中国给水排水,201(8):15-19.
- [6] 曾玉蛟.城市排水系统模拟校核实践研究[D].北京:北京工业大学,2013.