

关于污水管网淤积的技术研究

梁风超, 吕 谋, 苗小波, 王珞桦

(青岛理工大学 环境与市政工程学院, 山东 青岛 266033)

摘 要: 对某城市污水管网建立 SWMM 模型进行水力模拟, 并对其运行后得到的流速、充满度等数据进行综合分析。研究表明, 流速慢且充满度大的管段更容易产生淤积且较为严重。据此找出研究区域内容易发生淤积及淤积严重的管段, 并确定管网的淤积风险级别。通过对找出的易发生淤积及淤积严重管段进行校核, 验证了分析结果的正确性。通过建立模型并分析流量及充满度, 可有效预测排水管网的易发生淤积及淤积严重管段。

关键词: 淤积; 管网; 流速; 充满度

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1008-813X(2018)03-0075-04

A Study on Siltation Technology of Sewage Pipe Network

Liang Fengchao, Lü Mou, Miao Xiaobo, Wang Luohua

(School of Environment and Municipal Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao Shandong 266033, China)

Abstract: The SWMM model of a municipal sewerage network was established for hydraulic simulation, and the data of velocity and depth ratio obtained after its operation were analyzed synthetically. The results showed that the section with slow velocity and high depth ratio is more prone to silt and is more serious. Based on this, the pipe sections which are prone to siltation and serious siltation in the study area were found out, and the risk level of siltation in the pipeline network was determined. The correctness of the analysis results was verified by checking the easy siltation and serious silt section. By establishing the model and analyzing the discharge and the filling degree, it can effectively predict the easy siltation and the serious silting section of the drainage pipe network.

Key words: siltation, pipe network, velocity, depth ratio

1 研究背景

城市排水设施是城市重要的基础设施之一,

是保证城市系统正常运转的必要条件^[1]。近年来, 我国城市排水管网中管道污染物淤积及管道腐蚀

收稿日期: 2018-05-15

基金项目: 国家自然科学基金面上项目《基于初期雨水建模分析与截留调控的雨水系统多目标优化研究》(51478230)

作者简介: 梁风超(1992-), 男, 山东临沂人, 青岛理工大学市政工程专业在读硕士研究生, 主要从事管网系统与优化方面的研究工作。

*通讯作者: 吕谋(1965-), 男, 山东青岛人, 毕业于哈尔滨工业大学市政工程专业, 博士, 教授, 主要从事给排水系统分析、优化, 计算机应用技术方面的研究工作。

等问题日益严重。通过对某些城市的排水管网进行调研发现,管网中有将近50%的管段存在淤积问题,其中有小部分管段淤积问题极为严重,沉积物的累积减小了管道的输送空间,增大了水流阻力^[2],如不解决,将会严重影响管网的输水能力,同时管网中的淤积物会在微生物作用下产生有害气体,如硫化氢等,腐蚀管道,减少管道的使用寿命。本研究用EPA开发的SWMM(Storm Water Management Model)软件来进行排水管网建模,SWMM模型是一个在全球范围内应用十分普遍的降水-径流模拟模型,SWMM模型通用性较好^[3],该模型不但可以用来进行雨水管网建模,可通过节点入流对污水管网建模进行水力模拟。

2 污水管网建模方法

首先将基础数据输入,然后根据实际调查的管网汇流情况或地势、坡度等因素划分汇水区,由汇水区面积、各汇水区工业用地面积比例、生活用水量指标等数据计算得入流量。用SWMM进行污水管网系统建模入流量输入的方法有两种:第一种是将计算的入流量直接入流;第二种是将计算的生活污水量概化为某降雨强度下的该片区汇水区的汇水量,将工业废水量等概化为对应节点的入流量。对于恒定波、动力波、运动波的选择,可根据实际情况选取。恒定波仅适用于树状管网,且流量只能简单线性相加;动力波要求有较小的时间步长,可考虑管网的回水、蓄变、逆流和有压流动、入口及出口损失;运动波仅适用于树状管网,它考虑了重力项和摩擦项,可以模拟管网中水流的时空变化。

通过对所建模型运行后的数据进行分析,可预测并找出研究区域内易发生淤积及淤积严重的管段,根据分析结果可确定管网的淤积风险级别^[4]。本研究以某沿海城市某片区域为研究对象,基于SWMM模型对污水管网进行建模,并对运行结果进行分析。解决了在清淤过程中分不清主次的盲目性问题,从而为制定科学合理的管道清淤方案提供了依据,对保障城市排水管网的输水能力、维持城市排水管网的良好运行具有重要的现实意义。

3 研究对象概述

某沿海城市某片区域占地面积785 hm²,地面标高在21.6~31 m。将该研究对象划分为43个汇水区域(该汇水区用于计算节点入流量),

如图1所示,研究区域内设污水检查井60个,管线60段,排放口1个,其中污水管道断面形状均为圆形。

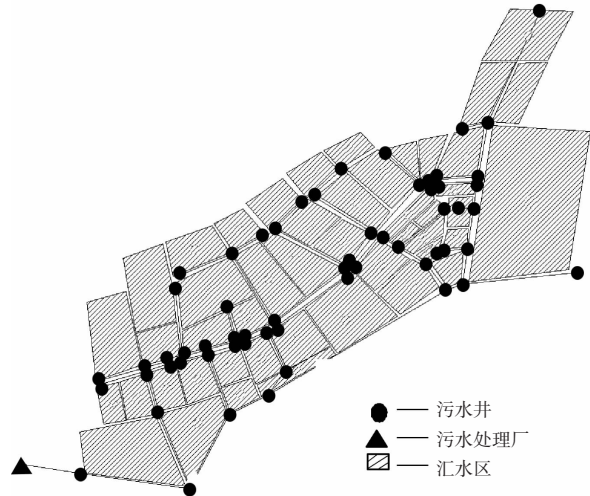


图1 汇水区分区示意图

4 SWMM模型的构建

4.1 基础数据整理及导入

将基础数据手工逐个导入模型中,此方法工作量极大,且很容易在输入过程中出错。可通过Excel批处理基础数据,然后直接导入到用记事本打开的模型inp文件中;或者在有Gis数据的基础上,直接将shp文件转换为模型的inp文件,此方法可大大减少建立模型的工作量。

4.2 汇水区的划分

将所研究区域根据地势、坡度等因素划分为43个汇水区,用SWMM对污水管网建模之所以划分子汇水区,主要是用于计算各个节点的入流量,为入流量的计算提供依据。

4.3 污水入流量的计算

污水入流量的计算通过查阅本市排水规划,得到该片区区域的人均综合生活用水量指标305 L/(人·d),再根据该地区的人口密度和每个节点的服务面积,计算出生活用水量^[5]。通过查阅资料知该地区人口密度为1 050 人/km²,节点服务面积即汇水区面积。根据工业用地面积比例可得工业用水量。该城市污水综合折污系数为0.85,可得每个节点的入流量。

5 模拟结果与分析

对所建模型进行模拟计算,根据管段流速及充满度的大小,找出研究区域内具有代表性的管段。现找出的管段有P51管段、P46管段、P23管段、P11管段、P33管段。模型模拟时间为6 h,

模拟了早上 6:00—12:00 的管段运行状况，各管段流量及充满度数据如表 1 所示。

表 1 各时段管段流速、充满度数据

时间 / 时刻	P51 管段		P46 管段		P23 管段		P33 管段		P11 管段	
	流速 / (m·s ⁻¹)	充满度	流速 / (m·s ⁻¹)	充满度	流速 / (m·s ⁻¹)	充满度	流速 / (m·s ⁻¹)	充满度	流速 / (m·s ⁻¹)	充满度
6:00:00	0.97	0.21	1.12	0.25	0.63	0.04	0.66	0.32	0.67	0.26
6:15:00	1.1	0.29	1.26	0.42	0.69	0.05	0.66	0.34	0.69	0.34
6:30:00	1.07	0.3	1.23	0.45	0.68	0.06	0.67	0.39	0.71	0.37
6:45:00	1.07	0.3	1.24	0.44	0.67	0.06	0.69	0.43	0.72	0.38
7:00:00	1.07	0.3	1.24	0.44	0.67	0.06	0.7	0.46	0.72	0.38
7:15:00	1.1	0.33	1.27	0.49	0.68	0.06	0.7	0.48	0.73	0.4
7:30:00	1.09	0.33	1.27	0.5	0.68	0.06	0.7	0.49	0.73	0.41
7:45:00	1.09	0.33	1.27	0.49	0.68	0.06	0.71	0.51	0.73	0.41
8:00:00	1.09	0.33	1.27	0.49	0.67	0.06	0.71	0.51	0.73	0.41
8:15:00	1	0.27	1.26	0.36	0.63	0.06	0.71	0.5	0.68	0.35
8:30:00	1.02	0.26	1.19	0.35	0.64	0.05	0.7	0.47	0.69	0.33
8:45:00	1.02	0.26	1.19	0.35	0.64	0.05	0.69	0.44	0.7	0.32
9:00:00	1.02	0.26	1.19	0.35	0.64	0.05	0.68	0.42	0.7	0.32
9:15:00	0.92	0.21	1.06	0.22	0.6	0.04	0.68	0.4	0.64	0.27
9:30:00	0.94	0.19	1.09	0.21	0.6	0.04	0.68	0.36	0.65	0.25
9:45:00	0.95	0.19	1.1	0.2	0.61	0.04	0.66	0.33	0.66	0.24
10:00:00	0.95	0.19	1.1	0.2	0.61	0.04	0.65	0.31	0.66	0.24
10:15:00	0.97	0.2	1.12	0.22	0.62	0.04	0.65	0.3	0.67	0.25
10:30:00	0.96	0.2	1.11	0.22	0.62	0.04	0.65	0.3	0.67	0.25
10:45:00	0.96	0.2	1.11	0.23	0.62	0.04	0.65	0.31	0.67	0.25
11:00:00	0.96	0.2	1.11	0.22	0.62	0.04	0.66	0.31	0.67	0.25
11:15:00	1.05	0.25	1.21	0.33	0.66	0.05	0.65	0.32	0.72	0.3
11:30:00	1.03	0.26	1.18	0.35	0.66	0.05	0.66	0.35	0.7	0.32
11:45:00	1.02	0.26	1.19	0.35	0.65	0.05	0.67	0.37	0.7	0.32
12:00:00	1.02	0.26	1.19	0.35	0.65	0.05	0.68	0.39	0.7	0.32

为更直观地对比各管段流速、充满度的大小关系，制作图 2、图 3。

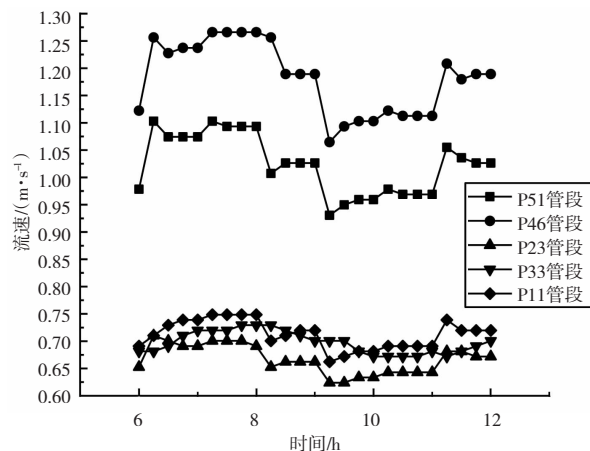


图 2 P11、P23、P33、P46、P51 管段流速对比

通过图 2 和图 3 可知，P33、P23、P46、P51 4 个管段相比，P33 管段流速小，充满度大；P23 管段流速小，充满度小；P46 管段流速大，

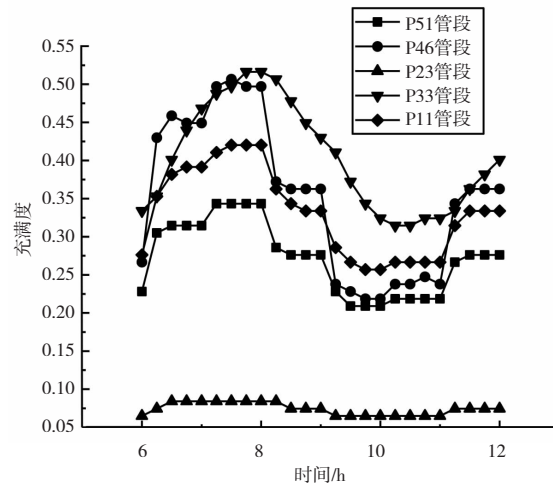


图 3 P11、P23、P33、P46、P51 充满度对比

充满度大；P51 管段流速大，充满度小。流速：P46 管段>P51 管段>P33 管段>P23 管段；充满度：P46 管段>P33 管段>P51 管段>P23 管段。通过图 2 和图 3 可知，P11 管段与 P33 管段流速相近，充满度 P33 管段>P11 管段。P11、P23、P33、P46、P51 管段淤积厚度及淤积百分比（淤积厚度与管径之比）见表 2。

表 2 P11、P23、P33、P46、P51 管段淤积情况

	P11	P23	P33	P46	P51
淤积厚度 /mm	30.6	22.5	103.8	16.5	7.8
淤积百分比 /%	10.2	7.5	17.3	5.5	2.6

对比 P23 管段和 P33 管段，两个管段流速均较小且相差不大，但 P23 管段充满度远小于 P33 管段充满度，通过实际勘察，两个管段淤积情况（淤积百分比）：P33 管段>P23 管段。对比 P11 管段和 P33 管段，两管段同样流速相近，P11 管段充满度小于 P33 管段，实际淤积情况（淤积百分比）：P33 管段>P11 管段。通过这两个对比说明在流速相差不大时，充满度的大小将严重影响管道的淤积状况，充满度大的淤积状况将更严重。充满度越大，水流与管道的接触面也越大，受到管道的阻力也越大，同时在重力的作用下，悬浮物也更容易沉积。

对比 P33 和 P46 管段，两个管段充满度相近，但 P33 管段流速远小于 P46 管段，实际两管段淤积状况（淤积百分比）：P33 管段>P46 管段。污水流速较小时，在重力和管道阻力的双重作用下，水流携带颗粒物的能力很弱，此时颗粒物沉积的几率远远大于随水流迁移的几率。污水

(下转第 89 页)

3.3 提升环境监管能力

与新时期环境保护任务、公众对于美好环境需求的增长相比,十堰市现有的行政执法手段和环境监管能力建设远不能满足污染源管理、环境监测、环境宣传教育等工作的需要。因此,要完善污染物监测网络等环保基础建设,加强科研能力建设,提升重污染天气预警预报和应对能力。同时,需要将环保压力传导至各部门,严格落实环保责任和考核奖惩制度、问责机制。

参考文献

[1] 环境保护部.环境空气质量评价技术规范(试行):HJ 663—2013

[S].北京:中国环境科学出版社,2013.

- [2] 王占山,李云婷,陈添,等.北京城区臭氧日变化特征及与前体物的相关性分析[J].中国环境科学,2014,34(12):3001-3008.
- [3] 刘松,程燕,李博伟,等.2013—2016年西安市臭氧时空变化特性与影响因素[J].地球环境科学,2017,8(6):541-551.
- [4] 胡恒星,陈祎斌,吴晓红,等.鄂州市大气环境质量分析及污染防治对策探讨[J].环境科学与技术,2016,39(增刊1):220-225.
- [5] 杨峰,刘春蕾,牟莹莹,等.南京市大气污染防治对策研究[J].中国环境管理干部学院学报,2016,26(3):67-70+79.
- [6] 刘春蕾,谢放尖,杨峰,等.2014—2016年南京市空气质量现状及对策研究[J].中国环境管理干部学院学报,2017,27(3):90-93.

(编辑:程俊)

(上接第77页)

流速大时,水流携带颗粒物的能力增强,即冲刷强度增大^⑥,颗粒物沉积的几率远远小于随水流迁移的几率。

在P11、P23、P33、P46、P51这5个管段中,P51管段几乎没有淤积,而P33管段淤积情况极其严重。若将管网淤积风险级别划分为3级,风险最高级别为严重淤积管段,中级为易淤积管段,风险最低级别为极少淤积管段。则P33管段应处于风险最高级别,而P51管段应处于风险最低级别,P11、P23、P46管段应处于中级。确定管道的淤积风险级别有利于在管道清淤过程中分清主次,为确定管道清淤方案提供了理论依据,避免了资金的浪费。

6 结论

流速和充满度是影响污水管网淤积状况的重要因素。流速越小,充满度越大,管道淤积状况就越严重。对于排水管网中的流速小且充满

度大的管段,需格外关注。通过对所建模型的运行结果数据进行分析,可预测城市排水管网中易发生淤积及淤积严重管段。这对保证排水管网的输水能力、增加管网的使用寿命、维持排水系统的良好运行等均具有重要意义。

参考文献

- [1] 秦小光,高新华.秦皇岛市海港区城市排水设施建设与水体保护[J].中国环境管理干部学院学报,2005,15(3):66-69.
- [2] 文碧岚,李树,沈继龙,等.排水管道淤积状况模拟分析[J].给水排水,2015,51(7):151-157.
- [3] 陈晓燕,张娜,吴芳芳,等.雨洪管理模型SWMM的原理、参数和应用[J].中国给水排水,2013,29(4):4-7.
- [4] 罗靖.深圳市白石洲城中村排水系统模型构建及其应用[D].北京:清华大学,2014.
- [5] 刘兴坡,周玉文,甘一萍.污水管网模拟模型节点平均流量的估算方法[J].给水排水,2004,30(10):102-106.
- [6] 桑浪涛,石炬,张彤,等.城市污水管网中污染物冲刷与沉积规律[J].环境科学,2017,38(5):1965-1971.

(编辑:程俊)