

浅谈城市污水提质增效中的排水管网改造思路

——以A市a区为例

闫帅成 解彪 曹翰林

济南市市政工程设计研究院(集团)有限责任公司

摘要:本研究以A市a区为例,在剖析现状问题的基础上,借鉴国内其他地区相关经验,结合提质增效相关要求,提出城市污水处理提质增效中排水管网建设改造思路。

关键词:提质增效;排水系统;排水管网

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.20.111

一、引言

鉴于我国城镇污水收集处理系统普遍存在进水浓度不高、效能偏低,部分城市水体长期黑臭、雨污合流等突出问题。住房和城乡建设部、生态环境部、发展改革委联合印发了《关于印发城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)的通知》。各省、市、区(县)等都积极响应,加快补齐城镇污水收集和处理设施短板,尽快实现污水管网全覆盖、全收集、全处理。

A市水务局等相关部门针对加快排水管网建设改造,提高城市污水处理能力,推进排水设施精细化管理、完善保障措施等方面提出了具体的工作内容。本研究以A市a区为例,剖析小区及污水厂的现状问题,并结合国内外其他地区相关经验,提出了城市污水处理提质增效实施中关于排水管网建设的改造思路及部分建议。

二、研究对象概况

A市位于温带季风气候区,年平均降雨量647mm,每年6~8月为雨季。a区,建成于1996年,小区位于南辛庄西路以东、青龙山北路以南,共有17栋楼,1785户,常住人口约4000人。小区东南侧即为青龙山,整体地势南高北低、东高西低,南北地势坡度约为0.02,东西地势坡度约为0.005。整体排放出路为青龙山北路。a区地势分析图如图1所示:

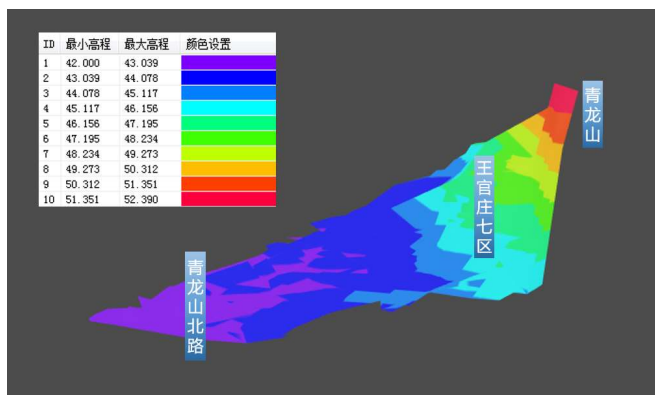


图1 a区地势分析图

三、现状存在问题

(一) 小区污水管线现状问题

a区位于A市中心城区兴济河污水分区内,最终转

输至A市水质净化二厂进行处理。小区建成年代较早,最初小区内仅敷设d200~d300污水管线,管线长度约2.7km。污水排入青龙山北路d300污水管。污水管道均为陶土管且运行时间较长,建成之后没有进行较好的维护与更换,部分管段已出现断裂、堵塞情况,排水不畅。

(二) 小区雨水排放现状问题

a区雨水的排放出路为青龙山北路,最终汇入兴济河。青龙山北路道路北侧绿化带下存在2.0x1.0m雨水沟,但由于小区内无雨水管线、无截流措施,上游径流雨水均顺地势流入青龙山北路,但青龙山北路的道路纵坡仅为0.002,并且地面雨水收水设施有限,造成a区北侧道路及青龙山北路地面积水严重。受建设时序影响,后期仅在小区积水严重处增设了雨水收水口,并将雨水管接入小区内污水管线,随缓解了道路积水,但造成了雨污混接。

(三) 水质净化厂水质水量波动问题

包括本小区在内的,水质净化二厂服务范围内的部分小区、道路未进行彻底的雨污分流,导致其在旱季、雨季时进水水量、进水COD浓度、进水BOD浓度、进水总氮浓度波动均较大。水质净化二厂2019年1月至12月进水量与进水COD浓度、进水BOD浓度的变化如图2所示。进水量与进水总氮浓度变化如图3所示。

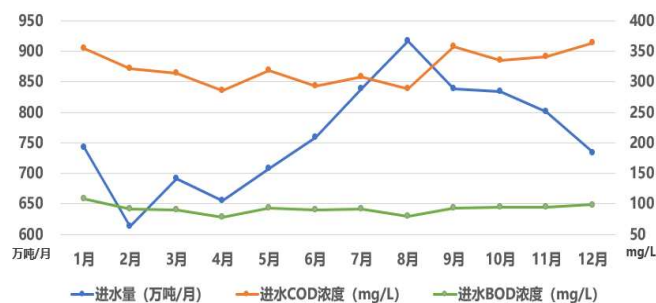


图2 水质净化二厂进水量与进水COD、进水BOD的浓度变化曲线

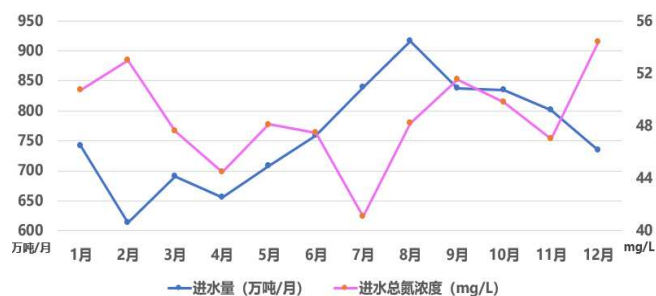


图3 水质净化二厂进水量与进水总氮浓度变化

结合唐建国等^[1]、孙永利等^[2]的研究，雨污混接、施工降水等成为很多城镇污水处理厂最大的“清水”来源，不仅稀释了污水处理厂进水浓度，而且增加了处理水量压力。同时戴永康等^[3]的研究表明，部分城市污水管网中存在大量混接、错接情况，实际运营中，特别是在雨季污水厂进水量和进水浓度与理论设计值均不匹配，导致运营难度增大和成本增加。

因此可以得出，各污水处理厂的进水量与降雨量呈负相关，而进水COD浓度、进水氨氮浓度，均与降雨量呈负相关。进水水质水量在雨季、旱季波动性较大的重要原因是雨污混接，既雨水混入污水系统，最终进入污水处理厂。这与水厂稳定运行的要求不符，进水指标大幅度波动也一定程度影响了污水处理厂的正常运行。

四、解决方案

(一) 深入调研

a区建设年代较早，小区地貌比建设初期有较大变化，不可能在短期内进行污水管道整体更换。因此需抓

住主要矛盾、突出问题，在全面进行排水管网普查的基础上，对地下管线有重点的勘测，必要时可利用CCTV内窥、红外、超声等管网检测技术，发现管线破损、雨污混接、脱节、地下水入侵等管道病害及严重程度。同时深入小区走访调研，向常驻居民及居委会工作人员充分了解情况。

(二) 改造方案

1. 污水工程

(1) 排水量的预测

①参考相关规划指标预测

根据A市相关规划，a区生活污水比流量采用0.77升/秒·公顷。

污水管道水力计算采用公式：

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \omega$$

污水管段设计流量=生活污水比流量×街坊面积×K_Z

整个小区的污水管道流量如下所示：

项目	生活污水量 Q1						设计流量
	本段流量			转输流量	合计平均流量	总变化系数	
	本段面积	比流量q0	流量q1	q2			
(ha)	(L/s. ha)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	KZ	(L/s)	
a区	5.3	0.77	4.08	0	4.08	2.3	9.39

水力计算表如下所示：

项目	设计流量 (L/S)	校核流量 (L/S)	管径 (mm)	坡度	流速 (m/s)	充满度
a区	9.39	12.9	400	0.005	0.72	0.2

②居民生活用水量指标法预测

a区在现状及规划中均为住宅用地，A市属于二区特大城市，其最高日居民生活用水定额为100~180 (L/ (人·d))，结合a区居住人群的用水需求及实际用

水量，确定取本小区的最高日居民生活用水定额为150 (L/ (人·d))。污水收集率取95%。

整个小区的污水管道流量如下所示：

项目	生活污水量 Q1				设计流量
	本段流量q1	转输流量q2	合计平均流量	总变化系数	
	(L/s)	(L/s)	(L/s)	KZ	
a区	6.60	0	6.6	2.19	14.47

水力计算表如下所示：

项目	设计流量 (L/S)	校核流量 (L/S)	管径 (mm)	坡度	流速 (m/s)	充满度
a区	14.47	15.63	400	0.005	0.76	0.22

鉴于小区居住人口较为密集，建议采用指标法计算其污水量。确定a区的污水主管管径为d400mm，各胡同及支路管径为d300mm。

(2) 污水主要工程量

拟针对小区内存在污水管线破损、雨污混接、脱节、堵塞严重的管段进行更换，并对下游堵塞严重的青龙山北路d400mm污水管进行更换，保证排水通畅。工程拟新建d300~d400雨水管线长度总计430m。

2. 雨水工程

(1) 重现期的选取

结合A市相关规划及排水设计规范，确定a区的设计降雨重现期P为两年一遇。

(2) 雨水流量计算

雨水设计流量按下列公式计算：

$$Q = q \psi F$$

式中：

q-设计暴雨强度，L/ (s·hm²)；采用A市暴雨强度公式计算流量，公式如下：

$$q = \frac{1421.481(1+0.932lgP)}{(T+7.347)^{0.617}} \quad L/(s \cdot hm^2)$$

ψ -径流系数；现状小区硬化率较高较小，但考虑后期老旧小区改造、雨水海绵设施建设等，取综合径流系数为0.65。

F-汇水面积， hm^2 ；a区总汇水面积约为 $5.3 \text{ } hm^2$ 。

计算a区雨水设计流量为 $1018L/s$ ，所需雨水最大管径为 $d800$ ，坡度为 0.006 ，流速为 $2.0m/s$ 。

(3) 雨水主要工程量

拟通过沿三条小区主路敷设雨水收水口、敷设 $d400 \sim d800$ 雨水管线实现对雨水的收集，并将雨水通过 $d800$ 雨水管接入现状青龙山北路 $2.0 \times 1.0m$ 雨水沟。本工程拟新建 $d400 \sim d800$ 雨水管长度总计 $760m$ 。

(三) 效果分析

改造后可基本实现小区的雨污分流，在下游雨水排放通畅的情况下，可以达到小雨不积水、大雨不内涝的目标。通过污水管线的改造，可减少污水管网中地下水渗入量，保证排水通畅。后期结合小区下凹式绿地、植草沟、蓄水模块、透水铺装等海绵设施建设，进一步减低径流总量，进一步减少雨水汇入污水管网的量。通过新建雨污水管线及后期海绵设施建设，可以保证雨水的收集。改造后，仅本小区每年即可减少约 $16500m^3$ 的雨水汇入污水管网。

若对市区内的小区、厂房、学校、商业等雨污混接情况逐一排查改造，解决排水管网不健全、不完善、管网质量差、运行不规范等问题，从而提高污水处理厂污染物进水浓度，减少雨水及地下水渗入量，保障污水处理的提质增效。

五、案例借鉴

(1) 上海市。城市发展较快、排水管道建成年代较早，部分管道年代久远，加上早期设计标准偏低，导致管网错接、脱节、渗漏、破损、河水倒灌等问题突出。但近年来，通过全面的管网检测，及时发现上述问题类别和严重程度。通过进一步优化排水管网周期性检测制度，建立了管网动态GIS数据库^[4]。

(2) 广州市。广州市以往的治水思路主要采取末端截污、末端补水、沿线截污等方式。但近年来提出，按照“控（源）、截（污）、清（淤）、补（水）、管（理）”的5字方针。通过综合施策、系统治理，推动了城市生态功能的系统性修复。

(3) 南京市。2010年南京以“一河（金川河）一湖（玄武湖）”作为重点实施雨污分流改造工程。现在探索“调查在先谋定后动、聚民心吸民智”模式，近期会实施完成 211 平方公里、 4200 多个片区的雨污分流，力争把管网改造工程建成民生工程、民心工程。

(4) 其他国家。20世纪中期，部分国家提倡将原有合流制排水系统改为分流制，力争在解决合流制溢流污染问题的同时优化污水处理厂的运行。但自20世纪80年代以后，美国、德国、日本等国家改变了“合改分”的思路，提出了城市雨洪管理理念，如“低影响开

发”和“绿色雨水基础设施”，即从雨水方面做好控源截污以及收集利用^[5]。

六、相关建议

(1) 全面详细的普查

以城镇排水系统建设改造为提质增效侧重点，应优先考虑对现状污水管网进行查漏补缺，同时工程建设前应进行地下各类管线、居民需求等方面的全面普查。确定排水管线、水、汽、热等其他管线位置及运行情况。同时也要与片区居民、街道办等积极对接，核实改造区域排水系统的建设和运行情况，深入探究雨污混接情况、片区积水原因等，为管网系统的完善、黑臭水体的治理、提质增效的实施创造有利条件。

(2) 重要节点管控

在雨污水重要节点、转输管、干管等处增设节点控制，远期结合智慧水务建设，形成以水量监控、水质监控为基础的智慧水务应用平台及用户使用平台。更精确的判断管道错接、断裂、地下水渗入处的位置及影响。才能更有针对性的进行管道修复、雨污分流等措施，进而才能更有效提高污水处理厂污染物处理负荷率，提升现有排水设施效能。

(3) 雨污分流改造

优化新城区雨污水管网建设模式、逐步完善旧城区雨污分流建设，可以解决排水管网不健全、不完善、管网质量差、运行不规范等问题，进而提高污水处理厂的进水浓度，减少雨水、地下水渗入量。充分考虑片区后期发展、排水量增加的问题，可适当做大雨污水管径。也可尝试推行“厂网一体化”概念，发展“厂网一体化”运维模式，充分优化排水系统功能，调整各厂运行负荷，保障污水处理提质增效，实现经济效益最大化。

(4) 雨水径流控制

由于我国部分小区建筑密度大、地下管线复杂交错，雨污分流改造空间有限，提质增效中对雨水汇入污水管的问题可考虑参考其他国家做法，在源头对雨水进行控制。在我国也可与海绵城市、老旧小区改造等工程结合实施。特别是在小区内无法按雨水设计标准进行建设、下游雨水管线管径不足时，结合相关工程进行小区透水铺装改造，建设下凹绿地、雨水花园、蓄水模块等雨水源头控制措施，既可以增加雨水渗入量，改善小区生态环境，又减轻了区域雨洪负荷以及污水处理厂的进水量，进而保证了城市污水处理提质增效的实现。

参考文献

[1]唐建国,张悦,梅晓洁.城镇排水系统提质增效的方法与措施[J].给水排水,2019,45(4).
 [2]孙永利.城镇污水处理提质增效的内涵与思路[J].中国给水排水,2020,36(2).
 [3]戴永康,罗锋,温巧贤.东莞市城镇污水处理提质增效潜力分析[J].中国给水排水,2020,36(4).
 [4]肖艳.提质增效背景下对上海排水高质量发展的思考[J].净水技术,2020,39.
 [5]关天胜.海绵城市理念下高密度城区污水提质增效策略研究[J].给水排水,2019,45(12).