

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.11.011

基于 GIS 技术的污水处理厂选址规划研究

王浩程¹, 王琳¹, 卫宝立², 陈刚¹

(1. 中国海洋大学 海洋环境与生态教育部重点实验室, 山东 青岛 266100; 2. 青岛市勘察测绘研究院, 山东 青岛 266011)

摘要: 为解决山东营丘镇区水环境污染和水资源短缺的现状, 镇政府拟建污水处理厂。通过分析研究项目所在地区排水现状, 预测镇区污水排放量和处理量, 确定了污水处理厂的规模和占地面积。运用 GIS 技术, 探索性地将污水处理厂选址与镇区土地利用现状、镇区地形条件和污水管网布局情况相结合, 综合运用“用地类型提取、生态分区、洼地提取和等高线绘制、排水管网分析、确定防护范围、确定污水厂位置”的规划步骤, 使污水处理厂选址更具科学性。

关键词: 污水处理厂; 选址; GIS; 可持续利用

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)11-0063-06

Location Planning of Sewage Treatment Plant Based on GIS Technology

WANG Hao-cheng¹, WANG Lin¹, WEI Bao-li², CHEN Gang¹

(1. Key Laboratory of Marine Environment and Ecology <Ministry of Education>, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Survey and Mapping Institute of Qingdao, Qingdao 266011, China)

Abstract: In order to solve the current situation of water pollution and water shortage in Yingqiu Town of Shandong Province, the local government plans to build a sewage treatment plant. By analyzing the current drainage situation in the area where the project was located, sewage discharge and treatment capacity of the town were predicted, the scale and area of the sewage treatment plant were determined. GIS technology combined with the current situation of land use, terrain conditions and layout of the drainage pipe network were used to determine the location of the sewage treatment plant. The planning steps of “land use type extraction, ecological area, the extraction of the low-lying land and the contour line, analysis of drainage network, the scope of the protection and the location of the sewage treatment plant” were comprehensively applied, which made the location of the sewage treatment plant more scientific.

Key words: sewage treatment plant; location; GIS; sustainable utilization

目前,我国大部分城镇地区市政基础设施相对薄弱,污水收集和处理排放系统不够完善,污水处理水平和效率较低,在造成城镇河、湖、水库严重

污染的同时,还加剧了水资源短缺的矛盾^[1-2],因此城镇污水处理设施建设已迫在眉睫。而污水处理设施选址是污水工程建设可行性研究报告中重点讨论

基金项目: 2015 年住房城乡建设部科学技术项目(2015-R2-026); 2017 年济南市社会民生重大专项(201704315); 国家重点研发计划项目(2018YFC0408000、2018YFC0408004)

的问题,其选址布局是否合理直接关系到污水设施施工建设难易程度和运行效果以及对周边环境、社会经济的影响等问题^[3]。当前我国污水处理厂大多基于传统模式的选址方法,往往受投入资金、建设时序等因素的制约,存在较大无序性和盲目性,个别定量分析方法(如重力法)不能综合考虑影响因素,使得污水厂选址方案不能作为远期目标使用,且关于集中或分散布局是一直以来争论的焦点^[4-5]。

污水处理厂选址需综合考虑研究区域地形特征、风向、土地利用现状等自然因素,以及区域总体规划、土地利用规划、区域远期污水排放量、排水管网走向、污水厂与水体及居住区卫生防护距离等社会经济因素,使得污水厂选址方案更具科学性、远瞻性。ArcGIS 具有强大的空间分析功能,可将区域现实的空间形态数据化,通过具体的缓冲区、高程、坡度分析等,更加准确直观地将结果信息反馈给研究者,为研究者确定更为合理的选址区域提供规划和决策依据,降低选址对建成区或区域未来发展造成的不利影响,使土地资源利用更加集约化^[6-7]。

GIS 技术在设施空间布局、选址方面已有广泛应用,但将其应用于城镇化地区污水处理厂选址方面的研究相对较少。笔者以营丘镇区为研究对象,结合研究区自然现状和总体规划要求,基于 GIS 技术,从空间角度对营丘镇区污水处理厂选址影响因素进行定量分析,针对研究区域探索性地提出了一套更加科学合理的污水处理厂选址方案,旨在为其他具有类似空间结构的城镇化地区污水处理设施建设提供参考。

1 研究区概况

营丘镇区位于镇域中部偏西,冬季以西北风为主,夏季以东南风为主,是全镇人口集聚的中心。根据营丘镇的总体规划文本,预测营丘镇区的近期(2020年)、中期(2025年)、远期(2030年)人口规模分别为2、2.5、3万人,用水量分别为 0.9×10^4 、 1.0×10^4 、 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

营丘镇区水源为深水井地下水,给排水市政公用设施的配套建设相对滞后,镇区污水大部分排入道路两侧的暗沟,少部分先排入排水管道再排入暗沟。营丘镇区污水来源为生活污水和工业废水且无集中的废水处理措施,其中镇区工业废水有较为方便的收集管道,但生活污水、家禽排泄物等仍存在随意排放的问题,对镇区生态环境产生极大破坏,根据

政府基础设施规划,拟在镇区建设污水处理厂,以提升区域环境质量。

2 排水工程规划

2.1 污水量预测

2.1.1 综合生活污水量预测

依照《城市排水工程规划规范》(GB 50318—2017)、《给水排水设计手册》(第2版)、《镇规划标准》(GB 50188—2007)、《昌乐县营丘镇总体规划》(2014年—2030年)和镇区长远发展角度考虑,确定镇区近期、中期、远期每人每日平均污水量定额分别为120、150、150 L/(人·d),生活污水量总变化系数取1.8。结合综合污水量计算公式,得到近期、中期、远期镇区生活污水排放量(平均日)预测值分别为 0.45×10^4 、 0.68×10^4 、 $0.81 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2.1.2 工业废水量预测

镇区工业主要集中布置在镇区中部、营丘街以北,少量分布在镇区西部,以二、三类工业为主。由于缺乏长期的工业企业排水量监测资料,且工业企业具有很大不可预测性,此时需根据单位工业用地面积用水量指标来预测研究区工业用水量。本研究工业区用水指标和规划面积数据均来自《昌乐县营丘镇总体规划》(2014年—2030年),其预测工业废水排放情况见表1。

表1 工业废水排放量预测

Tab. 1 Forecast of industrial wastewater volume

项 目	近期	中期	远期
用水指标/($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)	50	40	40
规划面积/ hm^2	30.55	33.67	42.03
工业用水量/($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	0.16	0.14	0.17
折污系数	0.85	0.85	0.85
合计/($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	0.14	0.12	0.15

2.1.3 污水总量预测

本研究污水总量包括生活污水量和工业废水量,近期、中期、远期总污水排放量预测结果分别为 0.59×10^4 、 0.80×10^4 、 $0.96 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2.2 污水处理厂规模的确定

目前已有太多关于因污水处理厂设计规模不合理而导致污水厂拆除重建的案例,污水处理厂规模设计过大会造成工程投资和土地资源浪费,规模设计过小则不能满足区域污水处理需求,因此确定合理的污水处理厂规模尤为重要。污水处理厂的规模由污水量和污水管网收集率共同决定,所以收集率

也是决定污水厂规模的重要指标。本规划依据营丘镇总体规划文本确定的近期、中期、远期污水收集率分别为0.7、0.8、1.0。

根据污水处理量 = 污水收集率 × 区域污水排放总量,确定本次规划的近期、中期、远期污水处理量分别为 0.41×10^4 、 0.64×10^4 、 0.96×10^4 m^3/d 。考虑营丘镇区长远发展和财力资源有限等方面,本次规划设计该污水处理厂规模为 1.0×10^4 m^3/d 。

2.3 污水处理厂占地面积的确定

一般来说,城镇污水处理厂占地面积通常包括构筑物占地、办公用地、测验和其他辅助构筑物占地,从污水处理工程长期发展角度来看,污水厂占地面积还应包括污水厂扩建预留地^[8-9]。研究发现,污水处理厂占地面积随污水处理厂处理规模的增大而增大。2016年版《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)、《城市生活垃圾处理和给水与污水处理工程项目建设用地指标》(建标[2005]157号)对污水处理厂不同规模和处理程度进行了用地指标划分,如表2所示。

表2 城市污水处理厂规划用地指标

Tab.2 Planning land index of urban sewage treatment plant

建设规模/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	规划用地指标/($\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{m}^{-3}$)	
	二级处理	深度处理
>50	0.30 ~ 0.65	0.10 ~ 0.20
20 ~ 50	0.65 ~ 0.80	0.16 ~ 0.30
10 ~ 20	0.80 ~ 1.00	0.25 ~ 0.30
5 ~ 10	1.00 ~ 1.20	0.30 ~ 0.50
1 ~ 5	1.20 ~ 1.50	0.50 ~ 0.65

此外,城镇污水厂设计可行性研究报告报批时,还需获得环境影响评价、规划、土地等部门的批复。本次规划设计该污水处理厂规模为 1.0×10^4 m^3/d ,结合《昌乐县营丘镇总体规划》(2014年—2030年)和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002),将该污水厂类型确定为深度处理污水处理厂。综合考虑二级处理厂和深度处理厂规划用地指标,保证所设计的污水处理厂占地面积满足其构建所需,采用内插法确定本研究区拟建污水处理厂占地面积为 1.7 hm^2 。

3 选址

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)相关规定,建设污水处理厂需全面考虑研究区域地形特点、自然条件、建设计划等要素,符合城镇总体规划 and 排水工程总体规划要求,并结合以下因素综

合确定:位于研究区水体下游;有良好的建设地质条件,便于施工,降低工程投资;不应处于地震断层、泥石流或洪水淹没区;在夏季最大风频下风向;设管网实用性强,少搬迁;集约用地,尽量多选择边角地,少占用农用地;为减少对周边环境的影响,具有一定的卫生防护距离;考虑未来的发展,污水处理厂应具有扩建的可能性;便于污水、污泥处理后的排放和再利用,具有良好的排水条件;交通、运输、水电条件良好;位于研究区地形较低处,区内污水可通过重力流排入污水处理厂。

3.1 用地类型提取

进行污水处理厂选址,首先需要明确研究区土地利用现状,根据实际情况对适宜建设污水处理厂的地块做出合理判断。尽量选择在未开发利用地等生态敏感性低且受污水处理厂影响程度小的区域进行污水处理设施建设。本研究借助ENVI软件对研究区Landsat遥感影像数据进行处理,提取营丘镇区土地利用类型^[10],得到林地、居住区建筑用地、耕地、水体、绿地、道路和空地7种土地利用类型,如图1所示。

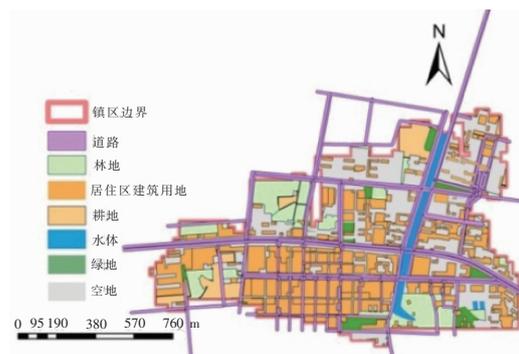


图1 土地利用类型分布

Fig.1 Distribution of land use types

本研究区内适宜建设污水处理厂的土地利用类型包括林地、小面积耕地以及镇区空地;靠近居住区、水域等易受污水厂影响的敏感区域不宜建设污水处理厂。从图1可以看出,居住区建筑用地集中分布在镇区以南,大部分空地、林地、小面积耕地主要分布在镇区北部和西北部。

3.2 生态分区

进行重大设施建设的一个关键步骤便是对区域进行适建性分析,水域等敏感性高的区域生态环境相对脆弱,极易受到人为因素干扰,且破坏后在短时间内难以恢复,此类区域宜重点保护,严禁开发利

用;对于园地、绿地等敏感程度较低或不敏感区域(空地)应根据需要进行适度开发利用。同时,借助镇域尺度分析镇区范围的敏感状况,可使镇区得出的结论更具大局观,且以镇区范围直接进行敏感度分析,又会存在因研究区域过小而导致评价指标难以确定,从而影响评价结果的准确性。在整个研究镇域内,选择高程、坡度、水域、用地类型、道路交通等5个敏感因子,基于层次分析法和GIS软件对该区域完成生态敏感性分区。

本研究根据已完成的营丘镇生态敏感分区提取镇区范围内的保护区、适建区和限建区。通过叠加镇区居住区、道路等图层,得到最终的镇区生态分区,如图2所示。可以看出,限建区用地类型多为水域控制区,宜建设防护绿地,不宜建设污水处理厂;保护区用地类型多为河流和基本农田保护区,根据《基本农田保护条例》,基本农田保护区依法划分后,应避免大型基础设施建设的干扰,亦不适宜建设污水处理厂;适建区用地类型大多为空地、有林地和部分荒地,适宜建设污水处理厂。

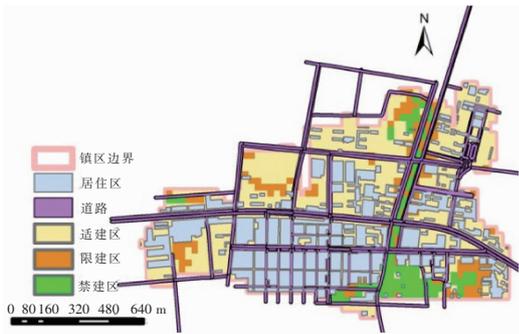


图2 镇区生态分区

Fig. 2 Ecological zoning of Yingqiu Town

3.3 洼地提取和等高线绘制

区域地貌特征是设施建设选址的一个重要参考要素。针对污水处理厂选址,为方便区域污水通过重力流进行收集,需考虑在地势低洼区域进行污水处理厂建设,此方式对减少泵站建设数量,降低工程造价方面有重要参考价值。本研究为方便收集镇区污水,利用 ArcGIS 数据管理工具,输入营丘镇区 DEM 栅格数据,利用 Raster Processing 和 Raster Properties 工具,对数据进行空间处理和属性设置,得到镇区洼地 12 个。利用 GIS 空间分析功能、表面分析工具绘制镇区的等值线图,将二者叠加到镇区生态分区图上,得到镇区地势整体上东高西低、南高

北低(见图3)。因此,从充分利用当地自然地理条件角度出发,镇区西北方向可作为建设污水处理厂的首选区位。

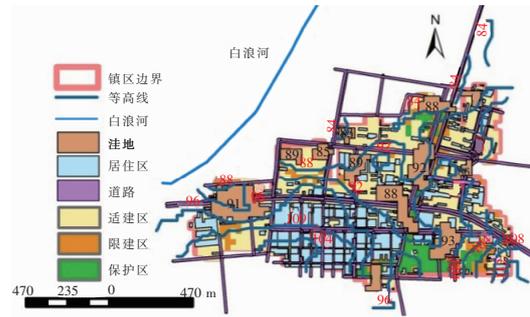


图3 镇区洼地分布

Fig. 3 Distribution of low-lying land in the town

3.4 污水管网分析

根据图3中镇区高程变化情况,可知本研究区地势相对平坦,若要进行污水处理厂选址,还需考虑镇区污水管网布置情况。乡镇财政资源有限,宜尽可能利用镇区现状污水管网收集污水至污水处理厂。结合《营丘镇乡镇大事记》《营丘镇志》等相关文本确定营丘镇区总体污水管网布局情况,如图4所示。污水主干管有两条,分别沿营丘街和康乐街布置,以收集镇区南北两侧的污水,最终向镇区西北方向排放。结合研究区现有污水管网走向确定污水处理厂位置,极大节省了对市政管网改造或对污水管道重新铺设而产生的额外工程投资费用。

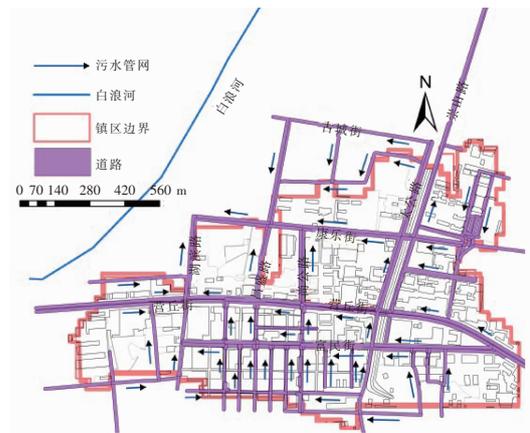


图4 污水管网布局

Fig. 4 Layout of sewage drainage network

3.5 防护范围确定

3.5.1 水体防护范围确定

污水处理厂建设需避开洪涝灾害区。本研究区靠近白浪河,河流作为重要的旅游景观带,要保证其

不受污水处理厂气味的影响。影响污水处理厂臭气浓度的因素主要包括污水处理厂处理工艺和污水处理量,臭气扩散距离主要受区域风力和气候条件等因素影响,对于水体防护距离需考虑的因素过多而难以确定。本研究采用的是污水处理厂至少距离河流150 m的经验值,以此确定水体防护范围。

3.5.2 居住区防护范围确定

污水处理厂气味对居民和游客的生活、娱乐造成严重影响,且随着居民环保和维权意识的提高,已有大量因忽视环境污染问题而引发的民众纠纷案例,如三亚新城进行污水处理厂建设时,将卫生防护距离设定为39.7 m,造成了严重的恶臭扰民事件,引起周边居民集体上访,此工程虽动工但仍被依法叫停。

参考《城市排水工程规划规范》(GB 50318—2017)的相关规定,为符合卫生防疫的要求,污水处理厂宜距离居住区300 m以上。参考关于污水处理厂臭气浓度随扩散距离变化的研究发现,扩散距离越远,污水处理厂臭气浓度越小,扩散距离>100 m时,臭气对环境的影响明显减弱,距离污水处理厂300 m时基本无影响^[11],因此本研究将300 m作为居住区防护距离。

3.6 污水处理厂的确定

综合上述影响因素,利用ArcGIS分析工具中的Buffer功能,进行镇区周围水体和镇区内部居住区的缓冲区分析,筛选出符合污水厂建设要求的区域;然后运用GIS技术将镇区西北部交通便利并且符合污水厂建设要求的区域与镇区洼地按位置距离进行选择;通过分析镇区污水管网布局情况,得知镇区南北、东西方向均沿道路铺设排水管道,其中主干管主要沿营丘街、康乐街东西方向铺设,各自收集镇区南、北两侧污水,最终向镇区西北方向排放;结合图1得知,镇区空地、林地、耕地的主要分布区是镇区北部和西北部,此类用地生态敏感程度较低,适宜作为污水处理厂的规划用地,此区域适宜建设污水处理厂;经过合理筛选最终得到2块满足污水厂建设要求的区域,因此确定污水处理厂拟建位置如图5所示。拟建污水厂位置2相对位置1而言,离路口较近,交通相对便利,且靠近镇区污水汇集区域,方便污水收集;污水处理厂距离白浪河稍远对水体影响更小,虽相比位置1,位置2距离居住区稍近一些,但两选址均位于夏季主导风向向下风向,不会对居

住区产生较大影响,因此从对水体及居住区综合影响角度分析,位置2更适合污水处理厂建设;从生态适建性角度分析,位置1所在的洼地占有大面积林地,同时属于生态限建区,此处建设污水处理厂需对林地进行大面积砍伐,对生态环境破坏较大,位置2所在的洼地面积为0.82 hm²,紧邻此洼地的用地类型为小面积耕地和有林地,且均分布在镇区适建区,面积分别为0.41、1.31 hm²,对比分析,在位置2建设污水处理厂更符合生态优先原则;从环保和节省建设成本角度分析,位置2可用土地资源较多,建设污水处理厂无需对区域大拆大建,且此位置正处于镇区污水管网收集区域,可充分利用镇区现有污水管网,节约投资成本的同时,对于保护镇区资源环境现状具有重要意义。综上,从道路交通是否发达、污水收集是否方便、对水体及居住区的影响程度、适建区域是否有足够建设空间、环境保护和建设投资等方面综合考虑,位置2更适合建设污水处理厂。

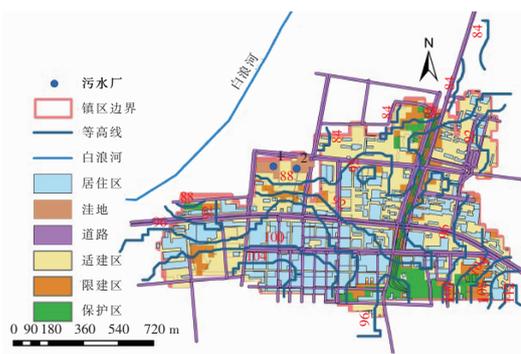


图5 污水处理厂选址

Fig. 5 Site selection of sewage treatment plant

4 结论

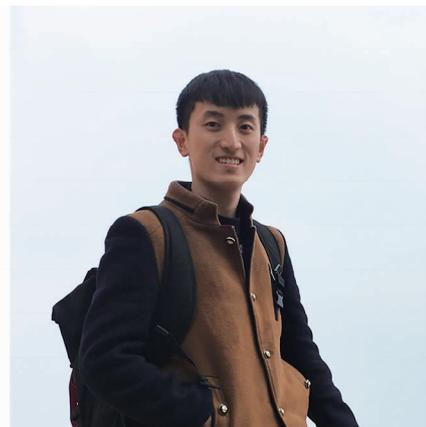
运用GIS软件,针对营丘镇区探索性地提出了一套污水处理厂定址勘察前的初步选址方案,希望能为其他城镇化地区进行污水设施建设提供参考。

选址期间综合考虑镇区长期至远期排污量、污水厂规模和占地面积,同时结合研究区自然地理特征、敏感性分区结果、污水管网分布情况以及污水厂防护范围等影响因素,借助ArcGIS软件中数据管理工具、空间分析工具以及缓冲区分析等具体操作完成对污水处理厂选址的综合确定。在选址过程中运用GIS技术,可以精准把握研究区自然空间地理特征,一方面能够把地上看到的地理空间信息数据化,另一方面还可以把地下看不见的排水管网布局可视化,弥补了传统选址方法在获取和处理区域空间数

据信息方面的局限性,使污水处理厂选址更具科学性和远瞻性。此次选址结果表明,ArcGIS作为污水处理厂初步定址工具有效且可靠。

参考文献:

- [1] 陈伟,姚建杰. 崇明小城镇生活污水收集处理设计[J]. 环境工程,2009,27(s):128-129.
Chen Wei, Yao Jianjie. Design of collecting and treating domestic sewage from Chongming Town [J]. Environmental Engineering, 2009, 27(s): 128-129 (in Chinese).
- [2] 王野,秦志刚,李志云,等. 河南省某医院污水处理设计实例[J]. 河南建材,2013(4):99-100.
Wang Ye, Qin Zhigang, Li Zhiyun, et al. Design example of hospital sewage treatment in Henan [J]. Henan Building Materials, 2013(4): 99-100 (in Chinese).
- [3] 黄淑娟,陈小泉,曾小雪. 基于AHP-因子分析评价模型的小城镇污水处理厂选址研究[J]. 中外建筑,2012(4):93-95.
Huang Shujuan, Chen Xiaoquan, Zeng Xiaoxue. Site selection of sewage treatment plant in small towns based on AHP-factor analysis evaluation model [J]. Chinese and Overseas Architecture, 2012(4): 93-95 (in Chinese).
- [4] 崔建鑫,赵海霞. 城镇污水处理设施空间优化配置研究[J]. 中国环境科学,2016,36(3):943-952.
Cui Jianxin, Zhao Haixia. Method for spatial optimal allocation of urban sewage treatment facilities [J]. China Environmental Science, 2016, 36(3): 943-952 (in Chinese).
- [5] 赵海霞,蒋晓威,董雅文,等. 城市污水处理设施空间格局优化研究——以江苏省淮安市为例[J]. 地球科学进展,2014,29(3):404-411.
Zhao Haixia, Jiang Xiaowei, Dong Yawen, et al. Optimization of spatial pattern of municipal sewage treatment facilities—A case study of Huai'an City, Jiangsu Province [J]. Advances in Earth Science, 2014, 29(3): 404-411 (in Chinese).
- [6] 孔德洋,胡海德,赵岩,等. 运用GIS技术优化医疗设施布局——以长春市综合性医院为例[J]. 四川建材,2017,43(12):55-56.
Kong Deyang, Hu Haide, Zhao Yan, et al. Optimizing the layout of medical facilities by using GIS technology: A case study of Changchun General Hospital [J]. Sichuan Building Materials, 2017, 43(12): 55-56 (in Chinese).
- [7] 孙雪卉. 3S技术在污水处理厂选址规划中的应用[J]. 中国科技纵横,2015(1):21-22.
Sun Xuehui. Application of 3S technology in site selection planning of sewage treatment plant [J]. China Science & Technology, 2015(1): 21-22 (in Chinese).
- [8] 刘杰,郑西来,高超,等. 城镇污水处理厂用地、运行及建设费用研究[J]. 环境工程学报,2010,4(11):2522-2526.
Liu Jie, Zheng Xilai, Gao Chao, et al. Study on area, operating and construction costs of urban wastewater treatment plant [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2010, 4(11): 2522-2526 (in Chinese).
- [9] 罗丁. 北京乡镇污水处理厂项目设计的几点思考[J]. 市政技术,2016,34(2):111-113,185.
Luo Ding. Design review of Beijing township sewage treatment plant projects [J]. Municipal Engineering Technology, 2016, 34(2): 111-113, 185 (in Chinese).
- [10] 胡潭高,朱文泉,阳小琼,等. 高分辨率遥感图像耕地地块提取方法研究[J]. 光谱学与光谱分析,2009,29(10):2703-2707.
Hu Tangao, Zhu Wenquan, Yang Xiaoqiong, et al. Farmland parcel extraction based on high resolution remote sensing image [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2009, 29(10): 2703-2707 (in Chinese).
- [11] 郭静,梁娟,匡颖,等. 污水处理厂恶臭污染状况分析与评价[J]. 中国给水排水,2002,18(2):41-42.
Guo Jing, Liang Juan, Kuang Ying, et al. Analysis and appraisal on offensive odor situation occurring in wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2002, 18(2): 41-42 (in Chinese).



作者简介:王浩程(1994-),男,河北石家庄人,硕士研究生,研究方向为水资源利用与水污染控制、环境规划与管理。

E-mail:191089658@qq.com

收稿日期:2019-12-15