

·生活污水处理·

我国南北农村生活污水处理模式研究 *

龚园园¹ 张照韩¹ 于艳玲¹ 王欣²

(1 哈尔滨工业大学市政环境工程学院 黑龙江 哈尔滨 150090 2 清华大学环境科学与工程系 北京 100084)

摘要 随着农村经济的发展,农村生活污水的排放及污染日益严重。因此,研发适合于农村生活污水特点的水处理技术势在必行。本文对比介绍了四种适合农村生活污水的处理技术,并将各处理技术根据其特点进行组合,将组合的工艺进行模式分类,总结了各模式的适用情况。此外,本文还从我国南北农村的地理、聚落、气候等多样性入手,结合我国南北农村生活污水处理的现行技术,因地制宜地总结出了适合南方和北方农村生活污水的处理模式。

关键词 农村生活污水 治理模式 南北方处理技术

中图分类号 X52 **文献分类号** Z **文章编号** :1673-6273 (2012) 01-132-05

Research on the Model of Sewage Treatment in China's North and South Rural Areas*

GONG Yuan-yuan¹, ZHANG Zhao-han¹, YU Yan-ling¹, WANG Xin²

(1 Municipal and Environmental Engineering college, Harbin Institute of Technology, Harbin, 150090;

2 Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084)

ABSTRACT: With the development of rural economy, rural sewage discharge and pollution is getting worse. Therefore, it is imperative to research and develop the processing technology right for the characteristics of rural sewage. This paper described and compared four rural sewage treatment technologies, and the processing techniques were combined according to their characteristics, then, used these combined process for pattern classification, summarized the application of the models. In addition, this article based on the differences between China's North and South rural geography, settlement, climate, etc, combined the existing sewage treatment technologies in China's north and south rural areas, summed up the right sewage treatment mode for local conditions of the North and South areas.

Key words: Rural sewage; Governance model; Processing technology in North and South rural area

Chinese Library Classification: X52 **Document code:** Z

Article ID:1673-6273(2012)01-132-05

前言

我国作为农业大国,在党中央及各级政府积极推进 " 三农建设 " 的过程中,广大农村的经济得到了长远而深入的发展,农民的物质生活和精神生活也发生了翻天覆地的变化。但经济快速发展的同时,也给农村的环境带来了较大的压力,农村生活污水对水环境的污染就是很重要的一个方面。因此,我们要充分重视农村生活污水的处理,在对处理技术及工艺模式进行选择时必须谨慎,需要充分权衡技术的经济性、实用性、可靠性,且考虑到我国地形地貌丰富,南北气候差异明显,南北农村聚居方式迥异等特点,又必须因地制宜地选择出适合于我国南北方农村生活污水的处理模式,才能合理地利用现有的水处理技术,经济、高效地解决农村的生活污水污染问题。

1 我国农村生活污水特点与处理现状

1.1 农村生活的污水特点

据全国第六次人口普查:居住在农村的人口约为 6.74 亿

人,农村生活污水人均产量按城市的 2/5 计算,人均排放量为 21.74L/d^[1],因此,我国农村每天排放 146.5 万吨的生活污水,其主要由冲刷污水、炊饮污水、洗澡洗衣污水、家禽废水组成。

农村生活污水主要污染物为 COD、SS、氮、磷以及致病微生物^[2]。由于衣物洗涤水在农村污水中含量比重高,因此,农村污水氮磷浓度要高于一般城镇污水^[3]。COD 的差异随养殖家禽而改变,TN 整体分布较均匀,TP 随四季变化。相对于北方而言,南方水系发达,农村用水量大,污染物浓度普遍低于北方农村生活污水,而污水量高于北方。

大量农村生活污水未经处理直接排入水体,不仅加重了我国的面源污染问题,而且会直接威胁到农村的饮用水水源安全,因此,农村生活污水需要处理排放。

1.2 农村生活污水的处理现状

由于我国农村居住分散、污水水质水量变化系数大、地基高低不平等因素,使得生活污水收集、处理系统投资运行费用高,因此,目前我国只有小于 10% 的农村污水进行了收集处理^[4]。

我国南方农村多为分散性村落,现行的南方农村生活污水

* 基金项目 " 十一五 " 国家科技支撑计划重大项目 (2008BAJ08B13)

作者简介 龚园园,女,硕士,E-mail: gyy2006624@163.com

(收稿日期 2011-09-02 接受日期 2011-09-28)

的处理并不广泛,在重庆、江浙、四川、广东等地区有一些农村生活污水的实验性处理工程。目前,南方农村地区将生活污水随意收集于化粪池发酵后灌溉菜地农田,该过程没有正确的科学引导,使得大部分的生活污水没有处理直接排入水体。北方农村虽多为聚居,但由于资金短缺,以及没有过多的处理设施,目前北方农村的生活污水大部分为原位排放。

近年来,众多专家学者对农村生活污水的处理越来越关注,处理技术也逐渐成熟,并呈现出多样性的发展趋势。在众多的处理技术中,只有因地制宜选择最合理的处理模式才能让我

国农村生活污水得到有效处理。

2 农村生活污水处理模式研究

2.1 农村生活污水处理技术分类

近年来,对农村生活污水的处理国内外学者有大量研究,并提出了一些成熟的处理技术。与城镇生活污水相比,农村生活污水处理可运用多种多样的处理技术,将这些技术进行分类见表 1。

表 1 农村生活污水主要处理技术分类

Table 1 The main sewage treatment technology classification in rural				
分类	基本原理	主要技术	适用性	优缺点
好氧生物处理	好氧微生物为主要工作菌种降解有机物	氧化沟、AB、接触氧化、滴滤池、生物膜法	农村地区考虑跌水曝气,无动力消耗,好氧生物技术有一定的适用区域 李海明 ^[6] 认为 8m ³ 的沼气池可处理一户 3-5 人和 3 头猪的农村生活污水	若机械曝气,经费高 但可节约占地
厌氧生物处理	厌氧微生物为主要工作菌种降解有机物	UASB、BF、沼气池、厌氧生物膜、生态厕所等	技术已经成熟 ^[6] ,对发展中国家农村污水处理是最有前途的处理工艺 ^[7] 试验表明 ^[9] 高效藻类塘 COD、NH ₃ -N、TP 的平均去除率为 70%、90%、50%	投资少、运行简单,并有能源回收
人工生态处理	利用植物、基质和微生物三者协同作用实现水质的	净化 人工湿地、人工生态床、人工水草生态技术		效果好,能脱氮 ^[8] 占地大
稳定塘处理	具有围堤和防渗层的自然水体自净污水塘	高效藻类塘、水生植物塘、多级串联塘等		水生植物回收作肥料 需要有稳定塘

2.2 农村生活污水组合处理模式分类

针对农村生活污水,单个技术的处理出水难以达到排放要求,因而许多研究者将污水处理技术进行组合,以强化降解能力,增加脱氮除磷效果,从而适应农村地区污水水质水量变化及满足处理效能。

2.2.1 厌氧 - 厌氧处理模式 该模式根据实际污水水质变化结合厌氧活性污泥法、厌氧生物膜法、厌氧沼气池等形成组合厌氧

氧工艺。该组合工艺包括 M.A.Lopez Zavala^[10]等人的生态厕所技术,挪威^[11]开发的 Uponor、BioTrap 和 Biovac 等污水净化装置也属于集成式的小型厌氧处理模式。上海市政工程设计研究总院^[12]利用厌氧处理组合工艺模式针对上海农村生活污水所开发的复合厌氧反应器处理效果良好。沈东升^[13]等人研究的地埋式污水处理装置也属于该模式,其运行结果如表 2 所示。

表 2 地埋式无动力装置处理农村生活污水

Table 2 Underground non-power plant wastewater treatment in rural areas			
	CODCr	BOD5	SS
平均去除率	66.1%~68.3%	70.8%~76.8%	80.5%~90.2%
	TN	TP	大肠菌群
平均去除率	18.26%~23.0%	33.9%~35.2%	95.8%~99.8%

该厌氧 - 厌氧模式的脱氮除磷效果差,建设费、管理费用高,过程繁杂,但由于该模式具有占地小、对外界环境要求低等优势,目前,该技术可用于有机物含量高、经济条件好的地区,如一些旅游风景区可以采用该技术进行生活污水的处理。

2.2.2 厌氧 - 好氧处理模式 该模式组合厌氧技术(厌氧沼气池、接触厌氧生物滤池等)与好氧技术(接触氧化、生物滤池、滴

滤池等)形成厌氧 - 好氧组合工艺。该模式与厌氧 - 厌氧模式相比,具有良好的厌氧反硝化和好氧硝化能力。冉全^[14]等人在该模式下通过厌氧发酵与接触氧化联用的方法提高了农村生活污水的处理能力。王然等^[15]结合厌氧滤床和接触氧化净化槽技术进行了试验研究,结果如表 3 所示。

表 3 厌氧滤床 - 接触氧化净化槽处理农村生活污水

Table 3 Anaerobic filter bed - contact oxidation tank cleaning treatment in rural sewage			
	COD	BOD5	SS
去除率 >	86.9 %	97.4 %	97.7%

该模式的主要优势为占地小,能适应农村生活污水的水质水量变化,抗冲击负荷能力强,有脱氮除磷能力。但由于其建设费以及运行管理费用高昂,例如净化槽投资费约为 1 万元 / 人,且过程控制复杂,因此,目前该模式用于经济条件好、养殖业发达的农村,在土地资源贫瘠气候环境恶劣的农村适合运用此技术,但需要考虑其经济承受能力。

2.2.3 厌氧 - 生态处理模式 该模式结合厌氧技术 (净化沼气池、厌氧紊动床、厌氧净化槽等) 和生态技术 (生态浮床、人工湿地、稳定塘等) 形成复合厌氧生态处理工艺。该模式生态部分可

以去除低浓度的 N、P 营养物质。若结合稳定塘技术,能提高该模式的脱氮除磷效果。刘超翔^[16]等人的研究表明,利用芦苇等植物较强输氧能力和茭白等植物对氮、磷的强吸收能力能增强稳定塘的处理效果。扬州大学季俊杰^[17]等人在该模式下根据农村生活污水的特点,开发出了降流式厌氧紊动床(DASB 短时厌氧)结合波流潜流人工湿地(W-SFCW 人工湿地)的组合工艺。张增胜^[18]等人在该模式下针对崇明农村生活污水进行了厌氧净化槽 - 生态浮床的研究,结果如表 4 所示。

表 4 厌氧净化 - 生态浮床处理农村生活污水

Table 4 Anaerobic septic tank - Ecological Floating Bed treatment in rural sewage

	BOD5 (mg·L ⁻¹)	TN (mg·L ⁻¹)	TP (mg·L ⁻¹)	SS (mg·L ⁻¹)
出水 <	10	15	1.0	30

该模式的农村净化沼气池为地埋式砖混和钢筋混凝土结构,可以单户或几户修建,管理简单,出水水质好。该模式生态浮床有低负荷氮磷去除能力,占地面积较大。农村人均年收入低,不能对生活污水的治理进行长期的资金投入。该模式构建简单,无机械动力消耗,运行简单无需投入,满足农村地区的经济条件。土地资源丰富以及气候适宜的农村可以得到有效利用,南方农村生活污水氮磷含量低于北方,因而该模式适用于

南方农村。

2.2.4 厌氧 - 好氧 - 生态处理模式 该模式结合了厌氧技术 (复合厌氧、厌氧滤池等)、好氧技术 (接触氧化、生物滤池等) 及生态技术 (人工湿地、土壤渗滤等) 形成复合工艺。与厌氧 - 生态模式相比,该技术增加了好氧部分强化有机物的降解及硝化能力。吴磊^[19]等人的组合工艺小试结果如表 5 所示。

表 5 厌氧沼气池 - 跌水充氧接触池 - 人工湿地处理农村生活污水

Table 5 Anaerobic digesters - oxygenation contact tank - wetland wastewater treatment in rural sewage

	COD	TN	TP
平均去除率	81%	83%	82%

该模式具有出水水质好,可直接用于农田回用,进水负荷高,运行管理简单方便等优势,可应用于养殖废水的处理,但占地面积较大。相比于厌氧 - 生态模式,该模式增加了好氧工艺,此工艺一般采用机械曝气,但采用机械曝气的运行成本较高,大部分的农村可能难以承受。因此在一些有特殊地理优势的农村,可以考虑采用其它曝气的方式,比如在具备丘陵地形的农村,可以充分利用地形落差进行跌水曝气,可以大大节约成本。

3 我国南北农村生活污水处理模式的选择

我国地形地貌丰富,南北气候差异明显,南北农村聚居方式不同,根据这些差异为南北农村选择合理的水处理模式,可以促进生活污水经济高效的处理。

3.1 我国的地形地貌和气候差异

我国地形山地占 33%、高原占 26%、盆地占 19%、平原占 12%以及丘陵占 10%^[20],山地、高原、丘陵属于山区,面积广大约占全国面积的 2/3。横贯东西的秦岭 - 淮河一线是中国南北方的自然分界线,北方地形平坦,南方多山地、丘陵。因而大部分南方农村都处于山区地区。

我国的气温分布的特点是北冷南热。年平均气温由南向北逐渐降低,从南海的 25℃到黑龙江省北部约 -5℃,南北相差达 30℃以上。黑龙江省最北部,1 月气温低于 -30℃,海南岛南部

则在 20℃以上。我国各地四季分配长短不一,大体是北方冬长夏短,南方冬短夏长^[21]。本文介绍的处理技术由微生物和植物作为处理主体,微生物与植物都有其适宜的生长温度,温度过低影响微生物与植物的正常代谢与生长,从而影响污水处理效果。

3.2 我国南北村落聚居差异

我国农村聚居差异明显,主要按照农村布局形式、规模大小进行区分。将我国乡村划分成北方聚落系统、南方聚落系统。它们之间的基本差异为规模不同。北方多为大型农村、居住集中,南方多以中小型农村,居住分散。

总体而言北方乡村聚落规模大,相对距离远。而南方多为分散性村落。根据这个特点因地制宜地选择适合于南北方农村生活污水的处理模式可以有效地改善农村生活污水的治理问题。

3.3 适用于南方的处理模式

我国南方水系发达,人们在生活过程中的节水意识不强,因而污水水量大,水中污染物浓度低于北方农村生活污水。关于南方农村的生活污水处理技术对于南方农村生活污水的处理,不少学者做过针对性的研究并提出了相应的观点,当前南方农村生活污水已经成熟应用了许多处理方法。

郑伟^[22]等在对重庆市农村生活污水处理技术的经济性与

适用性进行研究后认为:高效藻类塘、复合型人工湿地和净化沼气池-人工湿地技术是最适合于重庆周边农村生活污水的三种水处理技术。

徐锋^[23]等在对奉化市农村生活污水治理技术研究中,充分肯定了萧王庙镇滕头村的人工生态湿地技术、奉化市大堰村的厌氧-好氧生物接触氧化技术、奉化市莼湖镇廖家村的人工生态绿地技术、江口东江家园西坞街道金峨村和溪口镇新建村的无动力厌氧治理技术等五种处理技术在当地的实用性和经济性。

周正伟^[24]等对江浙一带农村生活污水处理技术进行了充分的调研,重点推荐了适合南方农村生活污水处理技术的五个样板,其中包括南京江宁区采用厌氧滤池-氧化塘-生态渠技术、宜兴大浦镇采用厌氧-跌水充氧接触氧化-人工湿地技术、无锡惠山区采用厌氧-跌水充氧接触氧化-人工湿地技术、无锡惠山区采用的厌氧-滴滤-人工湿地技术以及无锡太湖地区采用的净化槽技术。

此外,白磊磊^[25]等详细总结了四川省农村生活污水处理技术,认为人工湿地与景观集成处理技术与工艺、厌氧-人工湿地强化处理技术与工艺、生物滤池-人工湿地复合处理技术与工艺、沼气池处理技术与工艺等四种生活污水处理技术适合在四川农村地区推广。

综上所述,结合南方农村分散聚居及其地理气候环境等特点,人工生态技术能发挥比较好的处理效果,该技术在重庆、四川、广东、江苏等地已经发挥了优良的处理效果。笔者总结多数研究者观点,结论是南方农村比较适合厌氧-生态强化天然处理模式处理农村生活污水。

3.4 适用于北方的处理模式

北方农村的水循环利用方式多,因而北方农村生活污水水量小而浓度高。因而不同于南方,北方农村的生活污水处理技术拥有自己的特点,众多学者均对此做过针对性的研究并提出了相应的观点。

赵芳^[26]等认为:采用地埋式厌氧与好氧接触氧化结合的A/O组合处理工艺对山东省农村生活污水具有较好的处理效果,对于村庄财政力量好的地区,建议采用A/O工艺,对财政一般地区建议采用氧化塘-人工湿地技术。张书武^[27]等采用毛细管润湿式土地处理法处理青岛崂山区某村污水,并将处理水回用于农地果园,达到了环境治理与中水回用的双赢效果。

刘锦^[28]等在河北省乐亭县示范基地内采用升流式曝气生物滤池(UZBAF)装置处理农村生活污水,取得了良好的处理效果。焦珍^[29]等采用垂直流人工湿地工艺对河北省承德市某农村生活污水进行处理,效果显著。

结合国外村镇污水处理技术的发展,申颖洁^[30]等建议采用人工湿地/土地渗滤等自然生物处理技术和投资费用较低的厌氧生物处理技术相结合的方式,作为北方农村生活污水处理途径。而在水源保护区、经济状况较好、排水水质标准较高的村镇地区,建议选择MBR及一些高效组合工艺。

综上所述,总结北方农村团状聚居、土地平坦以及气候寒冷的特点,人工湿地的运用在寒冷时候需要保温,其保温工程复杂,耗费巨大,不适合用于大范围的推广使用。根据笔者对以上研究的总结,北方农村适合运用地埋式和净化槽技术,净化槽技术由于安装地点灵活、简单,污水处理效果较好,有其发展

空间,经济承受能力强的村庄,可以采用MBR、SBR等高效组合工艺。北方最适宜采用厌氧-厌氧处理模式、厌氧-好氧处理模式处理农村生活污水,人工生态技术需要气候条件的支持。

4 总结

(1) 国内外研究者对农村生活污水的处理提出了多种技术,选择工程投资低、运行简单、维护方便、效果好、无二次污染的生物与生态技术对农村生活污水的处理有广泛的发展前景。

(2) 在经济发达、人口密集、气候环境差的地区,可以采用占地较少的处理模式,如厌氧-厌氧模式和厌氧-好氧模式,包括净化槽和地下微动力氧化沟等;而在土地资源相对充足、气候适宜的地区,可以采用厌氧好氧与人工湿地处理组合的工艺。

(3) 中国幅员辽阔,在农村选择适宜的处理模式时应因地制宜,综合考虑当地的地形地貌、水文、气候条件以及经济发展水平等因素。根据我国南北农村地区地理、自然、经济和社会情况的不同,总结南方农村最适宜采用人工生态-厌氧沼气强化天然处理的模式处理农村生活污水,北方最适宜采用厌氧-厌氧模式、厌氧-好氧模式处理农村生活污水。

参考文献(References)

- [1] 孙瑞敏. 我国农村生活污水排水现状分析[J]. 能源与环境, 2010(5): 33-34
Sun Rui-min. China's rural sewage drainage Analysis [J]. Energy and Environment, 2010(5):33-34
- [2] Mark Wang, Michael Webber, Brian Finlayson Jon Barnett. Rural industries and water pollution in China [J]. Journal of Environmental Management, 2008,86(4): 648-659
- [3] 王云龙, 张微晨, 陶琪, 等. 四种农村生活污水处理工艺比较 [J]. 水处理技术, 2011,37(7):133-136
Wang Yun-long, Zhang Zhi-sheng, Tao Qi, et al. Comparison of four kinds of rural domestic wastewater treatment[J]. Technology of Water Treatment, 2011,37(7):133-136
- [4] 王晓峰, 陈鹏飞. 社会主义新农村污水处理设施的选择探讨 [J]. 小城镇建设, 2009(4):56-58
Wang Xiao-feng, Chen Peng-fei. Selection of sewage treatment facilities in new socialist countryside [J]. New Countryside Development, 2009(4):56-58
- [5] 李海明. 农村生活污水分散式处理系统与实用技术研究[J]. 环境科学与技术, 2009,32(9):177-181
Li Hai-ming. Distributed rural sewage treatment system and practical technology [J]. Environmental Science & Technology, 2009,32(9): 177-181
- [6] YEFX, LIY. Enhancement of nitrogen removal in towery hybrid constructed wetland to treat domestic wastewater for small rural communities[J]. Ecological Engineering, 2009,35:1043-1050
- [7] KIVAIISI A K. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review [J]. Ecological Engineering, 2001,16: 540-546
- [8] Huang J, Reneau J R, Hagedom C. Nitrogen removal in constructed wetlands employed to treat domestic wastewater [J]. Water Research, 2000,34(9):2582-2588
- [9] 黄翔峰, 闻岳, 何少林, 等. 高效藻类塘对农村生活污水的处理及氮的迁移转化[J]. 环境科学, 2008, 29(8): 2219-2226

- Huang Xiang-feng, Wen Yue, He Shao-lin, et al. Migration and transformation of nitrogen in a HRAP treating domestic wastewater in rural area[J]. Environmenal Science, 2008,29(8):2219-2226
- [10] Lopez Zavala MA, Naoyuki Funamizu. Design and operation of the bio-toilet system [A]. Future of Urban Wastewater System-Decentralization and Reuse [C]. Xi'an: China Architecture & Building Press, 2005
- [11] Hellstromed, Jonssonl. Evaluation of small wastewater treatment systems[J]. Water Science and Technology, 2003, 48(11/12):61-68
- [12] 谭学军, 张惠锋, 张辰. 农村生活污水收集与处理技术现状及进展[J]. 净水技术, 2011,30(2):5-9,13
- Tan Xue-jun, Zhang Hui-feng, Zhang Chen. Current situation and development progress of domestic sewage collection and treatment technological processes in rural areas[J]. Water Purification Technology, 2011,30(2):5-9,13
- [13] 沈东升, 贺永华, 冯华军, 等. 农村生活污水埋地式无动力厌氧处理技术研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 111-115
- Shen Dong-sheng, He Yong-hua, Feng Hua-jun, et al. Underground unpowered anaerobic reactor for rural domestic sewage treatment[J]. Transactions of the CSA E, 2005,21(7):111-115
- [14] 冉全, 吕锡武. 组合工艺处理农村生活污水[J]. 广西轻工业, 2007, 1(1):101-102
- Ran Quan, Lv Xi-wu. Combination of rural sewage treatment process [J]. Guanxi Jouranl Of Light Industry, 2007, 1(1):101-102
- [15] 王然, 王昶, 杜晓雪, 等. 高效自流式家庭生活污水净化槽的研究[J]. 环境工程, 2007,25(5):21-24
- Wang Ran, Wang Chang, Du Xiao-xue, et al. Study on compact household sewage purifying tank with natural flowing process[J]. Environmental Engineering, 2007, 25(5):21-24
- [16] 刘超翔, 胡洪营, 张健, 等. 人工复合生态床处理低浓度农村污水[J]. 中国给水排水, 2002,18(7):1-4
- Liu Chao-xiang, Hu Hong-ying, Zhang Jian, et al. Use of new type constructed wetland for treatment of low strength rural sewage [J]. China Water & Wastewater, 2002,18(7):1-4
- [17] 季俊杰, 何成达, 葛丽英, 等. 分散式生活污水处理工艺:DASB+W-SFCW 联合工艺[J]. 水资源保护, 2006, 22(3):56-59
- Ji Jun-jie, He Cheng-da, Ge Li-ying, et al. A decentralized sewage treatment process: Combined technology of DASB & W-SFCW [J]. Water Resources Protection, 2006,22(3):56-59
- [18] 张增胜, 徐功娣, 陈季华. 厌氧净化槽-生态浮床组合工艺处理崇明农村生活污水的可行性研究. 农村污水处理及资源化利用学术研讨会论文集, 2008(10):6-9
- Zhang Zeng-sheng, Xu Gong-di, Chen Ji-hua. Feasibility study of the technology combined with anaerobic purification tank and ecological floating raft treatment for rural domestic sewage in chongming island. Rural sewage treatment and resource utilization Conference Proceedings, 2008(10):6-9
- [19] 吴磊, 吕锡武, 李先宁, 等. 厌氧/跌水充氧接触氧化/人工湿地处理农村污水[J]. 中国给水排水, 2007,23(3):57-59
- Wu Lei, Lv Xi-wu, Li Xian-ning, et al. Combined process of anaerobic /waterfall aeration contact oxidation /constructed wetland for rural sewage treatment[J]. China Water & Wastewater, 2007,23(3):57-59
- [20] 黄寿波. 我国地形小气候研究概况与展望[J]. 地理研究, 1986,5(2): 90-100
- Huang Shou-bo. Advance in the investigation of the topographical microclimate in china(sum up)[J]. Geographical Research, 1986,5(2): 90-100
- [21] 竺可桢. 论我国气候的主要特点及其与粮食生产的主要关系[J]. 地理学报, 1964,30(1):1-12
- Zhu Ke-zhen. Some characteristic features of chinese climate and their effects on crop production[J]. Acta Grogprphical Sinica, 1964,30 (1):1-12
- [22] 郑伟, 邓晓莉, 翟俊, 等. 重庆市农村生活污水处理经济适用技术探讨[J]. 三峡环境与生态, 2011,33(2):43-46
- Zheng Wei, Deng Xiao-li, Zhai Jun, et al. Review on economic feasibility of rural domestic sewage treatment technology in Chongqing municipality [J]. Environment and Ecology in the Three Gorges, 2011,33(2):43-46
- [23] 徐锋, 郑晓华. 奉化市农村生活污水治理情况的调查研究[J]. 资源与环境科学, 2011,22(1):14-16
- Xu Feng, Zheng Xiao-hua. Fenghua rural sewage treatment case studies[J]. Resources and Environmental Sciences, 2011,22(1):14-16
- [24] 周正伟, 吴军, 夏金雨, 等. 我国南方农村生活污水处理技术的研发现状[J]. 山东建筑大学学报, 2009,24(3):261-266
- Zhou Zheng-we I, Wu Jun, X ia Jin-yu, et al. A research on sewage disposal technology in rural south China [J]. Journal of Shandong Jianzhu University, 2009,24(3):261-266
- [25] 白磊磊, 李星, 郝灿泉, 等. 四川省农村生活污水实用处理技术调查及研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(7): 4116-4117, 4120
- Bai Lei-lei, Li Xing, Mao Chan-quan, et al. Investigation and research of rural domestic sewage pratical treatment technology for Sichuan Province [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(7): 4116-4117,4120
- [26] 赵芳. 山东省农村生活污水处理现状及前景展望 [J]. 临沂师范学院学报, 2010,32(6):100-103
- Zhao Fang. Current status and prospect of the rural domestic sewage treatment in Shandong [J]. Journal of Linyi Normal University, 2010,32(6):100-103
- [27] 刘锦, 南国英, 杨天学. UZBAF 处理农村生活污水工艺参数优化研究[J]. 环境工程技术学报, 2011, 1(2): 118-122
- Liu Jin, Nan Guo-ying, Yang Tian-xue. Optimization the parameters of UZBAF for treatment of rural sewage[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2011,1(2):118-122
- [28] 张书武, 王军. 毛细管润湿式污水自然净化法的中试研究[J]. 青岛理工大学学报, 2006,27(1):110-113
- Zhang Shu-wu, Wang Jun. Pilot study of sewage self-purification system of capillary moistening [J]. Journal of Qingdao Technological University, 2006,27(1):110-113
- [29] 焦珍, 张素珍, 胥俊杰. 垂直流人工湿地处理北方农村生活污水工程实例[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 545-546
- Jiao Zhen, Zhang Su-zhen, Xu Jun-jie. Vertical-flow constructed wetland wastewater treatment in rural North Project [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2011, 39(3): 545-546
- [30] 申颖洁, 廖日红, 黄赞芳, 等. 京郊生活污水处理技术实例分析与适宜性评价[J]. 中国给水排水, 2009, 25(18): 20-26
- Shen Ying-jie , Liao Ri-hong, Huang Yun-fang, et al. Case analysis and evaluation of suitability for treatment technologies of rural domestic sewage[J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(18):20-26