

我国城镇污水厂特征分析及发展趋势

盛守祥^{1,2}, 汪翠萍³, 王莹³, 吴昌敏^{1,2}, 林艳霞^{1,2}, 陈瑜^{1,2}, 陆勇^{1,2}

(1. 中持依迪亚(北京)环境研究所有限公司, 北京 100192; 2. 中持(北京)环保发展有限公司, 北京 100192; 3. 清华大学环境学院, 北京 100084)

摘要 随着我国政府不断加大对环境保护的力度, 我国城镇污水处理厂数量呈现逐年增加的趋势, 2008 年之后增长迅速。我国污水处理厂工艺使用最多的主要有氧化沟、A/A/O 以及活性污泥工艺, 市场占比分别为 30.50%、16.20% 和 9.50%, 工艺分布具有明显的地域性。城镇污水处理厂中, 设计规模为 1 万~5 万 t/d 的占 50% 以上, 小规模化将是未来发展趋势之一。随着污水厂数量逐渐增多并达饱和后, 势必要在提高出水水质上做出努力, 同时伴随而生的污泥问题也日益严峻。因此, 需结合提升污染物排放限值的手段和污泥处理处置技术, 将污水、污泥处理处置共同推进。

关键词 城镇污水厂; 时空分布特征; 工艺选型; 污染分析; 发展趋势

中图分类号 S273.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)10-04564-03

Characteristics and Development Trend of Urban Wastewater Treatment Plants in China

SHENG Shou-xiang et al (CSD IDEA (Beijing) Institute of Environmental Innovation, Beijing 100192)

Abstract With strengthening environmental protection by Chinese government, number of urban sewage treatment plants have shown a rising trend, and they grow rapidly after 2008. It was found that the most used processes of sewage treatment plants are oxidation ditch, the A/A/O and activated sludge process with the market share of 30.50%, 16.2% and 9.50% separately. The processes have obvious regional characteristics. Design scale of 1×10^4 to 5×10^4 t/d occupies more than 50%, which speculates that small scale of urban wastewater plant will be one of development trends in the future. As the gradual increase in the number of wastewater treatment plants, it is bound to make efforts to improve water quality. At the same time, sludge problem accompanied is increasingly serious. Therefore, enhancing emission limits of pollutants and using sludge treatment and disposal technology can promote the treatment of wastewater and sludge.

Key words Urban wastewater treatment plant; Spatial-temporal distribution characteristics; Process selection; Pollution analysis; Development trends

我国自 20 世纪七八十年代开始逐步兴建污水处理基础设施, 30 年来污水处理基础设施的规模不断扩大, 已经具备了相当的基础和覆盖面。环境状况的不断恶化、城市化进程的加快、经济水平的快速提高以及国家环保政策的约束等因素, 共同推动了我国污水处理基础设施行业的快速发展。尤其是近 15 年来, 随着我国政府不断加大对环境保护的力度, 在全国新建、扩建污水厂及污水提标改造的条件下, 我国在城镇污水处理处置方面取得了巨大进步。污水处理量由 1999 年的 114 亿 m^3 增至 2011 年的 496 亿 m^3 , 而污水处理率也由 1999 年的 31.9% 升至 2011 年的 80.5%^[1]。我国城镇污水处理厂目前及未来的发展道路值得去探讨。

1 我国城镇污水处理厂发展态势分析

1.1 时空分布特征分析

1.1.1 年际变化。由图 1 可知, 1999 年全国运营的城镇污水处理厂只有 402 座, 截至 2008 年污水处理厂年均增长速率为 17%, 增长较慢; 2008 年之后, 城镇污水处理厂数量增长迅速, 年增长速率高达 69%; 截至 2011 年底, 全国设市城市、县累计建成城镇污水处理厂达 3 135 座, 污水处理能力高达 1.36 亿 m^3/d 。目前, 全国正在建设的城镇污水处理项目达 1 360 个, 总设计能力约 2 900 万 m^3/d ^[1]。

1.1.2 空间分布。随着我国污水处理量的增大和城市化进程的加快, 我国城镇污水处理厂已由大中城市逐步向县镇等中小城市发展。为了探讨我国城镇污水处理厂的地域分布特征, 对中国污水处理工程网^[2]2011 年全国 2 716 座城镇污

水处理厂统计数据进行分析, 发现城镇污水处理厂已分布在全国 30 个省、市、区(图 2)。目前, 全国已有 20 个省、自治区、直辖市实现了辖区内“每个县(市)建有污水处理厂”。广东、山东、江苏、浙江 4 省城镇污水厂数量占 34.3%, 而青海、甘肃、宁夏、贵州、陕西、云南 6 省污水处理厂数量只占 7.9%。污水处理厂的密集程度和当地的经济存在一定关系, 主要集中在经济较发达的省份, 而经济欠发达地区相对比重较小, 从而形成了我国目前区域发展不平衡、城乡差距明显的分布特征。到目前为止, 全国仍有 106 个设市城市还没有建成投运的污水处理厂, 主要分布在东北和中西部的省份。由图 2 可知, 各省份平均处理水量与处理厂数量基本处于同一水平, 除了上海和广东的污水处理厂数量及污水处理量存在较大差异。其中, 上海污水处理厂数量虽然只占全国的 1.4%, 但废水处理量占全国的 5.4%; 广东 8.4% 的污水厂处理了全国 12.1% 的废水。

1.1.3 设计规模分布。为了更好地说明我国污水处理厂的特征, 对 2 716 座城镇污水处理厂的处理规模进行分析。我国已运营的城镇污水处理厂中, 设计规模为 1 万~5 万 t/d 的最多, 占比达 58.9%; 处理规模在 0.5 万~1 万 t/d 和 5 万~10 万 t/d 的数量相当, 分布占比为 12.1% 和 12.6%; 而设计规模为 10 万 t/d 以上和 0.5 万 t/d 以下的污水厂数量分布占为 6.7% 和 9.2%, 相对较少。其中, 10 万 t/d 以上的处理厂主要集中在大型城市, 而 0.5 万 t/d 以下的超小规模处理厂主要分布在乡镇、县城等地区。对于超过 50 万 t/d 及以上的特大型污水处理厂, 其数量非常有限, 仅占到 0.5%, 这主要是由于排水管网设施不健全、难以对大型城市进行大面积的污水收集。

作者简介 盛守祥(1985-), 男, 安徽安庆人, 工程师, 硕士, 从事固体废物处理和污水生物处理, E-mail: xyz4718@163.com。

收稿日期 2013-03-09

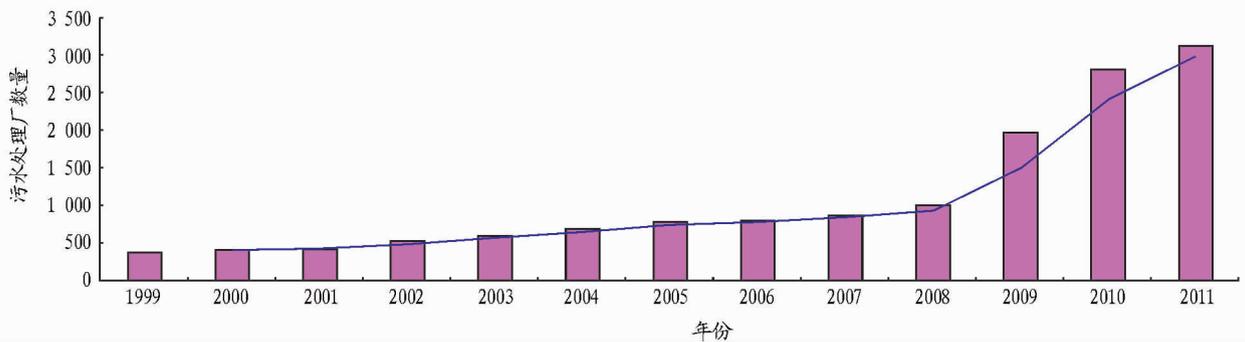


图1 1999~2011年全国运营污水处理厂数量变化趋势

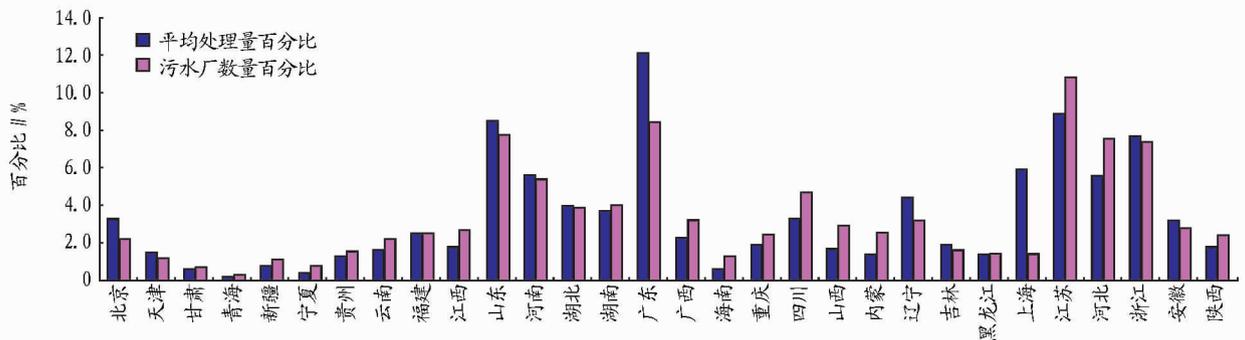
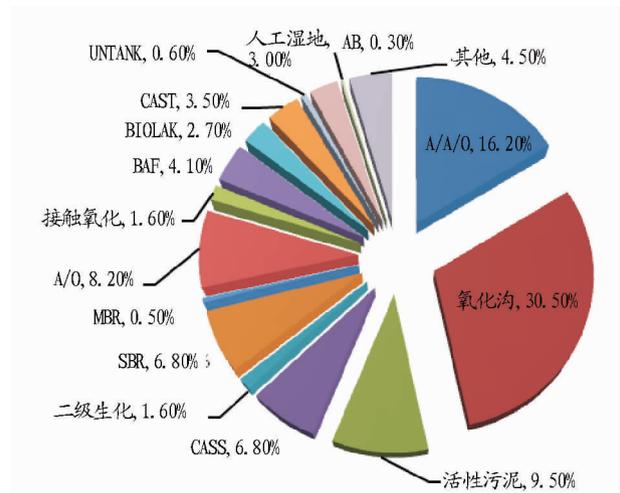


图2 全国各省份污水处理厂分布

1.2 处理工艺选用特征 随着科学技术的进步,在传统活性污泥法的基础上涌现了各种新型污水处理工艺,如强化脱氮除磷的A/A/O工艺,减少投资成本的BIOLAK工艺等。由于我国各省份生活及饮食习惯的差异,导致全国各区域的污水水质存在较大的差异,因此在工艺选择上也存在百花齐放的特点。对我国投运的2716座城镇污水处理厂所用工艺进行统计分析,发现目前我国城市污水处理厂设计采用的工艺基本上涵盖了世界各国的先进工艺,工艺技术水平与国外同类技术水平比较接近,基本满足我国不同地区不同水平的需求(图3)。污水处理厂涉及的工艺主要有传统活性污泥工艺、CAST工艺、BIOLAK工艺、A/O和A/A/O工艺、氧化沟工艺、SBR及其他改进工艺等。其中,应用最多的工艺为氧化沟法,占30.50%;其次是A/A/O,占16.20%;然后是活性污泥工艺,占9.50%。

城镇污水处理厂的工艺在全国的分布也显示了一定的地区差异性,A/A/O工艺主要集中在华东和华中地区;氧化沟工艺在福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、江苏、河北、安徽等10省共574座,占全国总城镇污水厂的21%,占该工艺的69%。其他工艺分布也有鲜明的地区特点,如采用水解+AICS的共有9座,全部分布在吉林省;采用AB工艺的共9座,山东出现4座;悬挂链曝气工艺河北省占其中的69%;由于受冬季气候影响,人工湿地主要集中在华南地区;14座使用MBR工艺的污水处理厂北京有6座,近几年从国外传到国内的BIOLAK工艺主要集中在山东和内蒙等等。进入21世纪以来,水环境质量恶化趋势加剧,水体富营养化问题日益突出,国家和各级政府不断加大城镇污水处理厂建设和改造的投入,一些新型的脱氮除磷工



艺备受青睐^[3]。城镇污水处理进入快速增长阶段,2012~2015年全国拟建污水处理厂11518座,在工艺上,除了传统的污水处理工艺外,一些新的处理工艺,如水解-好氧工艺、生物接触氧化工艺、稳定塘、土地处理等也有一定规模的应用。

2 行业排污现状分析

城镇污水处理厂污染物主要有废水、废气和污泥3种形态。污水厂产生的废气量较少;废水主要是国标中要求控制的化学需氧量(COD)、氨氮等污染物;而污泥作为污水处理厂的必然产物,里面含有各种重金属、菌类,处理不当会对生活、生产造成极大的危害。

2.1 水污染物分析 截至2011年底,全国城镇污水处理厂全年累计处理污水393.13亿m³,同比增加45.72亿m³,增长

13.12% ;平均运行负荷率达到 79.45% ,同比提高 0.5% ;全年累计削减化学需氧量(COD)总量 1 017.75 万 t,首次突破 1 000 万 t,同比增加 88.48 万 t,增长 9.52% ;削减氨氮总量 84.53 万 t^[1]。按照一般预测,我国人口要在 2020 ~ 2025 年达到顶峰,污水量也将在 2020 年左右达到最高峰,因此我国污水处理厂污染物消减任重道远。

2.2 污泥污染分析 根据 2011 年统计,全国污水处理厂数量达 3 000 多座,污水处理率达 80% ,相应产生的污泥量约为 1 000 万 t/a。而当前在全国现有污水处理设施中,有污泥稳定处理设施的还不到 1/4,处理工艺和配套设备较为完善的还不到 1/10,能够正常运行的为数不多,污水污泥如不加以合理处理、处置和利用,将会造成严重的环境问题。目前,国内外常用的成熟的污泥稳定工艺有厌氧消化、好氧消化、焚烧^[4]、加热干化和加碱稳定、干化/焚烧^[5]、热解等;常用的污泥处置方式是土地利用、焚烧、卫生填埋、堆肥、投海、建筑材料等。而这些处理方式都存在着难以克服的困难,其局限性也日益突显,限制了污泥处理技术的应用和推广。由于我国现阶段污泥最终处置技术路线不明确、投资运行不到位、监管体系不完善等原因,加上受技术和经济制约,我国现阶段的全国城镇污水处理厂污泥只有小部分进行卫生填埋、土地利用、焚烧和建材利用等,而大部分未进行规范化的处理处置。因此,伴随污水处理产生的污泥处理处置问题,已成为目前及今后需要关注的关键问题。由于我国污泥泥质与国外发达国家污泥泥质存在较大差异,完全照搬国外的技术并不适合我国现状,因此开发及研究适合我国污泥性质的切实可行的处理处置技术和工艺,已成为解决我国污水处理厂污泥问题的有效途径。

(上接第 4563 页)

经计算,水源地运营 10 年时,咸水运移至边界所用时间为:自 300 m 埋深等值线运移至水源地东边界大约需要 140 年;自 350 m 埋深等值线运移至水源地东边界大约需要 164 年。通过对沿海部分钻孔地层结构分析,300 m 深度内粘性土占 80% ,砂层为 20% ,砂层多为不连续的透镜体。为此,东部咸水体在水源地开采条件下运移曲折缓慢,据概略计算,东部咸水运移到水源地东部边界,大约需要百年以上的时间。

3.3.2.3 海水入侵。 沧州沿海为泥质海岸,含水层颗粒较细,且淡水含水层之上普遍为多层粘性土,海水不易入侵。根据沧州多年水质动态监测资料,沿海供水井开采 20 年水质未见明显变化,说明目前未发现海水入侵迹象。未来水源地运营过程中,尽管水位降低数十米,但因 300 m 以上地层粘性土占 76% ~ 87% ,砂层较少,粘性土连续厚度达 131 m,海水很难与地下中深层淡水发生水力联系。

4 结论与建议

(1)沿海地区地下 300 ~ 700 m 存在两个矿化度不大于 2 g/L 的地下水开采段,每个开采段涌水量约 40 m³/h。

3 结论

通过以上对我国污水处理厂分布及工艺特征分析,以及对污水处理过程伴随的污染物排放及污泥问题的分析,根据我国技术、经济发展状况及政府规划,作出以下趋势分析:

(1)经过多年的大型化建设,我国城镇污水处理厂未来将向村镇发展,向着小型化发展,这与社会、经济发展的趋势相符合。

(2)应按照不同流域水环境质量需求,基于总量控制目标,因地制宜地制订水污染物排放标准。对于排入城镇污水处理系统的工业废水,应制订更加严格的纳管标准,以此为基础建立起目标明确、系统全面、标准严格的预处理体系,真正实现源头控制。

(3)再生水利用方面,高水质是再生水水质安全的前提,是迅速扩大再生水用量的根本,因此大幅度提高再生水水质将是未来污水处理发展方向之一。

(4)随着城镇污水厂的建立,污泥的产量逐年增加,而我国污泥处置率不高,从而严重影响了环境,今后要加大污泥的处理处置与利用方面的研究。

参考文献

- [1] 住房和城乡建设部关于全国城镇污水处理设施 2012 年第四季度建设和运行情况的通报[EB/OL]. http://www.mohurd.gov.cn/zcfg/jsbjw-0/jsbjwjsjs/201303/t20130301_213010.html.
- [2] 中国污水处理工程网,污水处理企业数据库[DB/OL]. <http://www.dowater.com/>.
- [3] 陈中颖,刘爱萍,刘永,等. 中国城镇污水处理厂运行状况调查分析[J]. 环境污染与防治,2009,31(9):99-102.
- [4] 秦翠娟,李红军,钟学进. 我国污泥焚烧技术的比较分析[J]. 能源与环境,2011(1):52-57.
- [5] 王凯军,俞金海,俞其林. 城市污水污泥新型干化-焚烧示范工程研究[J/OL]. <http://www.doc88.com/p-99439748742.html>.

(2)深层地下水距补给区较远,地下水径流缓慢,主要排泄方式为人工开采,天然地下水流向已被改变,适宜建设应急水源地。

(3)在概化面积 52 km² 的范围内建立 1.7 × 10⁴ m³/d 的水源地,地面沉降、咸水运移及海水入侵问题在 10 年内不会影响水源地的正常运营。

(4)仅利用现有水质、水位动态资料对环境地质问题进行初步分析与概略预测,其结果可供参考,但地面沉降、咸水运移及海水入侵是复杂的环境地质问题,有待进一步研究。

参考文献

- [1] 孙晓明,吴安定,肖国强,等. 环渤海地区地下水资源与环境地质若干问题探讨[J]. 地质调查与研究,2006,29(1):47-56.
- [2] 李小倩,周爱国,刘存富,等. 河北平原地下水硫酸盐³⁴S 和¹⁸O 同位素演化特征[J]. 地球学报,2008,29(6):745-751.
- [3] 赵同科,张成军,杜连凤,等. 环渤海七省(市)地下水硝酸盐含量调查[J]. 农业环境科学学报,2007,26(2):779-783.
- [4] 叶萍,金勤胜,周爱国,等. 河北平原地下水锶同位素形成机理[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2008,33(1):137-144.
- [5] 王欣亚,尚琳群,李玉. 环渤海河北地区地下水环境演化研究[J]. 地质调查与研究,2004,27(3):149-156.
- [6] 毛绪美,梁杏,王凤林,等. 多源 4 He 及其积累年龄揭示的深层地下水更新能力——以保定-沧州剖面为例[J]. 地球科学进展 2011,6(4):417-425.