

西安市城市污水处理调查及可利用量分析

白乐, 何宏谋, 蔡大应, 李恩宽

黄河水利科学研究院, 河南 郑州

Email: 76916968@qq.com

收稿日期: 2021年4月13日; 录用日期: 2021年8月2日; 发布日期: 2021年8月9日

摘要

根据西安市污水处理厂与北石桥污水处理厂可比拟性分析。结合北石桥污水处理厂实测日运行资料, 计算按日最大处理水量整十百分比供水时, 所需调蓄池容积和年余(缺)水量, 据此判定可利用水量, 并验证该方法的可行性。最后将该结果和西安市现状利用率对比。结果表明: 在考虑中水充分利用、供水保证率较高和修建最大日处理水量4~8倍容积的调蓄池情况下, 可利用量为最大日处理水量的70%~80%。这一结果明显高于西安市污水开发利用率, 西安市污水资源化利用潜力较大。

关键词

城市污水, 污水处理厂, 调查评价, 可利用量

The Investigation on Municipal Wastewater Treatment and the Analysis of Available Quantity in Xi'an

Le Bai, Hongmou He, Daying Cai, Enkuan Li

Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou Henan

Email: 76916968@qq.com

Received: Apr. 13th, 2021; accepted: Aug. 2nd, 2021; published: Aug. 9th, 2021

Abstract

According to the Xi'an sewage treatment plant and Beishi Bridge sewage treatment plant comparability analysis. Combined with the measured daily operation data of Beishi Bridge Sewage Treatment Plant, the required storage pond volume and annual surplus (lack) water quantity were calculated when the daily maximum treated water quantity was 10 percent, and the available water

quantity was determined accordingly, and the feasibility of the method was verified. Finally, the results are compared with the current utilization rate of Xi'an. The results show that the available amount is 70%~80% of the maximum daily treated water under the condition of the full utilization of reclaimed water, the high water supply guarantee rate and the construction of the storage pond with 4~8 times the maximum daily treated water volume. This result is obviously higher than the utilization rate of sewage development in Xi'an city, and the potential of sewage resource utilization in Xi'an city is great.

Keywords

Urban Sewage, Sewage Treatment Plant, Investigation and Evaluation, Availability

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国西部大开发战略的实施,黄河流域各省区经济社会的快速发展,各省区耗用黄河水量快速增加,按照“丰增枯减”原则,部分省区耗用黄河水量指标已接近或超过国务院批准的黄河可供水量分配指标。要支持流域经济社会可持续发展,节水和开辟新水源是当务之急。城市污水作为非常规水资源的重要组成部分[1],具有数量大,易收集处理,出水稳定、水质好的优点。开辟这种非常规水源,实现资源化利用,是解决城市缺水问题的必经之路。纵观世界,早在1875年,英国伦敦建立了世界第一个污水处理厂,自此污水处理问题便成为市政管理的重要问题之一[2],城市污水处理系统的建设在发达国家已有较为成熟的经验,比如:美国、德国、英国、荷兰、日本等在上世纪70年代就已得到高速发展[3][4][5][6][7],当前我国污水处理行业存在着城市污水处理基础设施资金和资源投入不足、城市污水处理深加工能力不足、城市污水处理系统的运行能力不足等问题[8];目前,我国已建设完成的中大型城市污水处理厂就有5000余座,其中不含乡镇污水处理厂,污水处理能力达 $2.1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$ 。随着城市化进程的不不断提高,污水处理问题所呈现的矛盾也越来越多,污水处理的现状仍旧不乐观[9];众多学者分别从污水处理现状,面临的问题,污水回用的特点、作用、意义、途径、方法,污水资源化现状、效益、对策等方面进行了详细的论述[10]-[17]。但如何在利用污水处理厂实际运行资料,定量计算可开发利用量。这成为提高水资源利用率,避免水污染,缓解供水不足的局面过程中必须重视的问题。因此,本次结合黄河流域非常规水资源调查及开发利用分析项目,以黄河流域典型城市——西安市为例,开展城市污水处理调查及可利用量分析,以期为促进区域水资源优化配置和用水结构的调整,实现水资源高效利用提供技术支持。

2. 资料来源和调查内容

本次调查的内容与数据涵盖了黄河流域西安市多个污水处理厂数据资料[17],是在对2009年或2015年黄河流域西安市社会经济和污水处理厂调查的基础上,以2015年各地水资源公报、统计年鉴和第一次全国水利普查数据等为基础,系统调查汇总了2015年西安城市污水处理、运行、回用等资料。调查内容主要包括两个部分:

(1) 西安市污水处理厂调查:城市供水量、污水排放量、设计污水处理能力、实际处理量,管网收集率,出水水质、再生水处理设施等。

(2) 典型污水处理厂调查：工程位置、规模、集污范围、服务人口、处理工艺、污水管网收集率、现状出水水质等。

3. 西安市污水处理调查评价

在对 2015 年西安市用供水比例分析的基础上，重点对已投入运行的 14 座污水处理厂 [18]，根据调查内容(1)进行调查，并以供水率、污水处理率、污水排放系数、污水开发利用率等指标作为评价因子，对西安市污水处理厂处理设施及开发利用能力进行评价，并与西北和全国水平进行比较，详见表 1、图 1。

(1) 供水量：2015 年西安市总供水量 15.5518 亿 m^3 [19]，其中地表水 5.9484 亿 m^3 ，地下水 9.0211 亿 m^3 ，其他水源(主要为污水处理回用供水) 0.5823 亿 m^3 。地表水、地下水水源、中水回用量分别占 38.25%，58.01%，3.74%。中水供水比例高于西北地区的 2.95%，低于全国的 5.48%。

(2) 污水排放量：2015 年西安市主城区用水量为 158.80 万 m^3/d [20]，污水排放量平均约为 130.01 万 m^3/d [21]，污水排放系数约为 0.82。比全国高 29.27%，比西北地区低 10.87%。

(3) 污水处理量及收集率：2015 年西安市已投入运行的污水处理厂污水处理能力达到 121.6 万 m^3/d ，实际污水处理量 88.93 万 m^3/d [22]，现状年实际污水处理率 73.13%，高于全国的 63.74%，低于全国的 43.1%；2015 年西安市污水管网收集率为 61.97%。

(4) 水质：现状年已投入运行污水处理厂，均采用二级生化处理工艺，出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标准。

(5) 再生水处理设施：2015 年西安市已建成再生水处理设施共 4 座 [23]，处理能力为 18.0 万 m^3/d ，日供水量约为 2.1 万 m^3/d ，主要用于工业冷却水及补充水、绿化、洗车、路面喷洒、景观生态用水及市政建设用水。

(6) 污水开发利用率：将 2015 年西安市污水回用量与实际污水处理量的比值作为污水的开发利用率，则西安市为 17.94%，高于全国和西北地区。

Table 1. A comparison of development and utilization index of sewage treatment plant in Xi'an City

表 1. 西安市污水处理厂开发利用指标对比表

名称	供水率	排污系数	污水处理率	污水开发利用率
西安市	3.74%	0.82	73.13%	17.94%
西北地区	2.95%	0.92	43.1%	13.80%
全国	5.48%	0.58	63.74%	7.99%

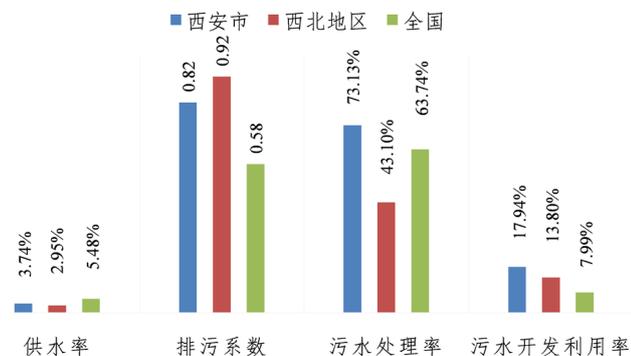


Figure 1. Development and utilization index level comparison chart of Xi'an Sewage Treatment Plant

图 1. 西安市污水处理厂开发利用指标水平对比图

4. 北石桥污水处理厂开发利用量分析

4.1. 北石桥污水处理厂调查评价

北石桥污水处理厂坐落于西安市西南郊[14], 主要处理西安南郊、西南郊的工业废水和生活污水。原规划服务面积 63.94 km², 第四轮西安市排水规划时, 总服务范围增至 87 km², 且基本均为建成区。污水厂分两期建设, 一期工程日处理污水 15 万 m³, 于 1998 年 5 月建成投入运行。

2015 年服务区面积 63.94 km², 污水排放量 26.8 万 m³/d, 污水收集量为 16.1 万 m³/d, 实际污水处理量 11.4567 万 m³/d。污水处理工艺为 DE 型氧化沟工艺, 出水水质 5 项主要指标全部达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级 B 标准。排污系数、管网收集率、污水处理率等指标, 详见表 2。

Table 2. A comparison of development and utilization index in Beishi Bridge sewage treatment plant

表 2. 北石桥污水处理厂开发利用指标对比表

名称	排污系数	管网收集率	污水处理率
西安市污水处理厂	0.82	61.97%	73.13%
北石桥污水处理厂	0.7	60%	71.60%

由表 2 可知: 北石桥污水处理厂开发利用指标, 虽然低于西安市平均污水处理开发利用指标, 与平均值比较相近, 具备类比条件。因此, 选择北石桥污水处理厂实测运行资料进行可利用量分析, 基本能反映西安市污水可利用量实际。为西安市开发利用率和计算可利用量对比分析奠定基础。

4.2. 中水可利用量分析计算

4.2.1. 研究方法

根据调查城市现状年污水处理厂实测日处理量, 选取最大日处理量和最小日处理量, 从最小值占最大值的整十百分比算起, 按 10% 依次递增, 算到 100% (即如果最小值占最大值的 52%, 则取最大值的 60%、70%、80%、90%、100%), 用日处理水量分别减去该值, 然后从年初开始逐日累加差值, 并作现状年日差积曲线。最后通过分析差积曲线变化, 初步判定城市污水处理厂可利用水量。

4.2.2. 结果分析

根据北石桥污水处理厂生产部门提供的逐日运行数据: 2015 年共处理污水量 4181.691 万 m³, 日最大处理量为 14.5352 万 m³/d, 最小处理量为 6.4722 万 m³/d, 日平均处理水量为 11.4567 万 m³/d。最大出水量为 14.5618 万 m³/d, 最小出水量为 6.1499 万 m³/d, 日平均出水量为 11.1748 万 m³/d。北石桥污水处理厂 2015 年全年运行情况较为稳定, 处理水量没有大的变化, 再生水出水率达到 97.5%, 详见图 2。

现状年北石桥污水处理厂最小日处理处理水量占最大日处理水量的 44.53%, 最大日处理水量的 50%、60%、70%、80%、90% 和 100% 分别为 7.2676 万 m³、8.7211 万 m³、10.1746 万 m³、11.6282 万 m³、13.0817 万 m³ 和 14.5352 万 m³; 按现状年最大日处理水量不同比例稳定供水时平衡分析见表 3, 现状年不同比例逐日差积曲线见图 3。

由表 3 可知, 在供水量为最大日处理水量 50%、60%、70% 时, 通过建适当规模的调蓄池, 在保证稳定供水的同时, 还有一定量的弃水, 年最大弃水为 1529.0170 万 m³; 在供水量为最大日处理水量 80%、90%、100% 时, 即使建适当规模的调蓄池, 也不能保证稳定供水, 年最小缺水 62.5872 万 m³。

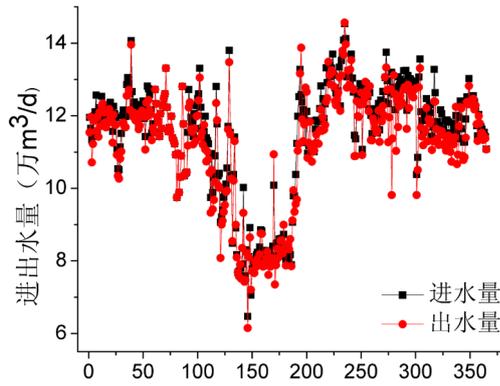


Figure 2. Water output and inflow change in Beishi Bridge sewage treatment plant

图 2. 北石桥污水处理厂日进水量表

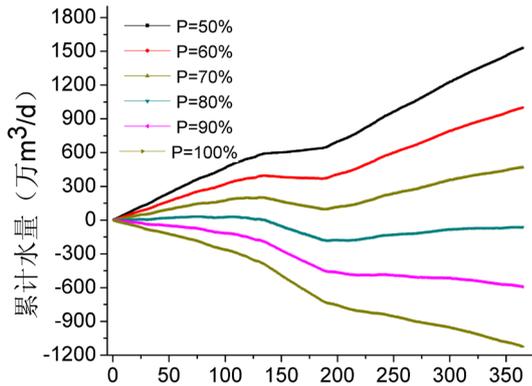


Figure 3. Beishi Bridge sewage treatment plant water supply difference curve which is in accordance with the different proportions of the daily maximum treating amount

图 3. 北石桥污水厂按最大日处理水量不同比例供水时差积曲线

Table 3. Balance analysis between supply and demand which is in accordance with the different proportions of the daily maximum treating amount of Beishi Bridge sewage treatment plant

表 3. 北石桥污水厂按最大日处理水量不同比例供水时平衡分析

比例	P = 50%	P = 60%	P = 70%	P = 80%	P = 90%	P = 100%
日均供水量(万 m ³)	7.2676	8.7211	10.1746	11.6282	13.0817	14.5352
需调蓄池容积(万 m ³)	0.7954	26.9475	101.0770	119.3208	5.1676	0
调蓄池容积与最大日处理量比值	0.0547	1.8539	6.9539	8.2091	0.3555	0
余(缺)水量(万 m ³)	1529.017	998.4824	467.9476	-62.5872	-593.122	-1123.66

注: 余(缺)水量为正时, 调蓄池容积为日连续缺水累计最大值; 余(缺)水量为负时, 调蓄池容积为日连续余水量累计最大值。

由图 3 可知, 在供水量为最大日处理水量 50%、60%、70%时, 年供水量有富余, 在供水量为最大日处理水量 80%、90%、100%时, 不能保证稳定供水。

因此, 在考虑中水充分利用和供水保证率较高的情况下, 通过修建最大日处理水量 4~8 倍容积的调蓄池, 污水处理厂提供最大日处理水量 70%~80%的供水量是比较可靠的, 且一般不需补充和备用水源。

因此, 可认为城市污水处理厂中水可利用量为其最大日处理水量的 70%~80%。

4.2.3. 结果验证

在北石桥污水处理厂资源化工程建成运行, 且可完全接纳北石桥污水处理厂日均出水量 11.1748 万 m^3 的再生水的情况下。若以现状出水量作为来水, 中水深度处理损失按 10% 计算, 则北石桥污水处理厂污水资源化工程可供中水量为 10.0573 万 m^3/d 。本文在修建调蓄水池的前提下, 得出的可利用水量为 10.0573~11.62816 万 m^3/d , 说明该计算方法是可行的。与西安市污水开发利用率 17.94% 相比, 西安市污水开发利用率较低, 开发利用潜力较大。

5. 结论

(1) 北石桥污水处理厂开发利用指标基本与西安市已运行污水处理基本接近, 具备了类比条件。

(2) 通过实测资料验证, 在修建调蓄水池情况下, 通过差积曲线方法判断, 得到的城市污水可利用水量的计算方法是可行的, 也是符合实际情况的。

(3) 2015 年西安市污水开发利用率为 17.94%, 而通过计算按日最大处理水量整十百分比供水时, 所需调蓄池容积和年余(缺)水量, 确定的中水可利用量明显高于现状开发利用率, 说明西安市污水资源化利用空间较大。

参考文献

- [1] 水利部水资源管理中心. “节水型社会建设”项目专题研究成果: 非常规水源利用管理的建议[R]. 2010.
- [2] 徐强. 污泥处置技术及装置[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 1.
- [3] Fleury, M.A. (2002) Unearthing Montreal's Municipal Water System Amalgamating and Harmonizing Urban Water Services. Faculty of Environmental Studies, York University, Toronto, 13-18.
- [4] Matson, J.V. (1981) Industrial Waste-Water Reuse by Selective Silica Removal over Activated Alumina. US: US 4276180 A.
- [5] Vincent, J.D. (1994) Industrial Waste Water Reclamation Process. *Environment International*, **20**, 2. [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(94\)90082-5](https://doi.org/10.1016/0160-4120(94)90082-5)
- [6] El-Gamal, I.M. and Abd-El-Shafy, H. (1991) Environmental Evaluation of the Reuse of Industrial Waste-Water. *Bulletin of the National Research Centre*, No. 3, 103-108.
- [7] Bixio, D., Thoeye, C., Koning, J.D., et al. (2006) Wastewater Reuse in Europe. *Desalination*, **187**, 89-101. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.04.070>
- [8] 刘克. 我国城市污水处理现状及发展对策研究[J]. 中国新技术新产品, 2019(6): 128-129.
- [9] 冯云凤. 我国城市污水处理回用现状与发展趋势[J]. 环境与发展, 2020, 32(4): 63-65.
- [10] 陈亚萍, 康永祥, 韩东锋, 等. 西北地区废水资源化探讨[J]. 水资源与水工程学报, 2004, 15(2): 66-68.
- [11] 南忠仁, 程国栋, 王文瑞, 等. 废水资源化与西部大开发及对策[J]. 干旱区研, 2002, 19(1): 12-17.
- [12] 乔华, 王社平, 黄宁俊, 王军. 国内外城市污水回用的现状及发展水平[J]. 陕西给排水, 2001(2): 75-78.
- [13] 周彤. 污水回用是解决城市缺水的根本途径[J]. 给水排水, 2001, 27(11): 1-6.
- [14] 王军, 王社平, 丁元林. 西安市城市污水资源化的现状及发展[J]. 工程建设与设计, 2002, 5(11): 60-62.
- [15] 冯起, 曲耀光, 程国栋. 西北干旱区水资源现状、问题及对策[J]. 地球科学进展, 1997, 12(1): 66-73.
- [16] Song, X.T. (1989) The Role of Water Conservation and Its Prospects for the Development of Urban Water Supply in China. *JWSRT-Aqua*, **38**, 236-239.
- [17] 荣四海, 周振民. 全国城市污水处理回用调查评价与发展对策研究[J]. 灌溉排水学报, 2012, 31(2): 51-54.
- [18] 陕西省水利厅. 《陕西省水利统计年鉴》(2001-20105 年) [R]. 西安: 陕西省水利厅, 2015.
- [19] 《西安市水资源公报》(2010 年) [Z].
- [20] 西安市污水处理设施建设“十二五”规划[Z]. 西安市水务局, 2011.

- [21] 西安市再生水利用“十二五”规划[Z]. 西安市水务局, 2011.
- [22] 西安市西南郊污水处理厂工程初步设计[Z]. 西安市市政设计研究院, 中国市政工程西北设计研究院有限公司, 2008.
- [23] 吴小红, 徐晓妮. 西安市再生水利用展望[J]. 水工业市场, 2016(6): 78-80.