

绿色工业园区非传统水源利用设计

赵 芳¹, 柴宏祥¹, 罗 勇², 何 强¹, 颜文涛¹

(1. 重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045; 2. 机械工业第三设计研究院, 重庆 400039)

摘要:针对绿色工业园区非传统水源利用的特殊性,结合绿色工业园区水质、水量和空间利用等特点,以提高绿色工业园区非传统水源利用率为目标,介绍了重庆力帆摩托车生产基地绿色工业园区非传统水源利用设计的中水回用系统、雨水利用系统和非传统水源回用系统的总体思路和技术方案,并对该工程的水量平衡和经济技术指标做了详细分析,经核算,该工程的非传统水源利用率为 36.0%,满足《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378-2006)一般项的要求。

关键词:绿色工业园区;非传统水源利用;节水;雨水;中水;水量平衡;经济技术指标

中图分类号:TV212;TU823.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-1683(2012)01-0068-04

A Case Study for Engineering Design Project on the Utilization of Non-traditional Water Resources in Green Industrial Parks

ZHAO Fang¹, CHAI Hong-xiang¹, LUO Yong², HE Qiang¹, YAN Wen-tao¹

(1. Key Laboratory of the Three-Gorge Reservoir's Eco-Environments, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 2. China Ctdi Engineering Corporation, Chongqing 400039, China)

Abstract: Utilization of the non-traditional water resources in the green industrial parks has its particularity. This paper presents a case study for engineering design project on the utilization of the non-traditional water resources in the green industrial parks of Lifan Motorcycle Production Base in Chongqing. The case study takes into account the characteristics of water quality, water quantity, and space usage in the green industrial parks, and the objective of the case study is to improve the utilization rates of the non-traditional water resources in the green industrial parks. In this paper, the general thought and technical scheme of the reusing system of the reclaimed water, the utilization system of rain water, and the reusing system of the non-traditional water resources for the case study are demonstrated. Furthermore, the detailed analysis of the water balance and economic and technical indexes of the project is discussed. The calculated utilization rate of the non-traditional water resources is 36.0% for the project, which meets the general requirements of "Evaluation standard for green building" (GB/T50378-2006).

Key words: green industrial parks; utilization of non-traditional water resources; water conservation; rain water; reclaimed water; water balance; economic and technical indexes

工业园区节水与水资源利用能产生很好的社会和经济价值,逐渐引起政府和公众的重视。针对绿色工业园区水质、水量、空间利用等的特殊性,以提高非传统水源利用率为目标,重庆力帆摩托车生产基地工业园区参考国内外绿色工业园区设计经验^[1-8],大力推行绿色工业园区非传统水源利用设计,为绿色工业园区的非传统水源利用提供了很好的设计范例。

1 工程概况

重庆力帆摩托车生产基地工业园区地处重庆市郊区,市

政给水管网已铺设于厂区西侧市政道路上,规划市政排水管网 5 年后铺设完成。该工业园区规划用地 198 262.2 m²,其中建筑用地 91 982.0 m²,公共绿化用地 35 110.0 m²,道路广场用地 59 315.0 m²;项目总建筑面积 148 784.5 m²;厂区共有工作人员 2 271 人。厂区主要建筑有厂房、办公楼、宿舍和食堂。

2 工程设计

2.1 工艺方案

根据该工程规划资料,工业园区前 5 年市政排水管网未

收稿日期:2012-01-13 修回日期:2012-02-06 网络出版时间:2012-02-26
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20120226.1744.010.html>
基金项目:国家科技支撑计划课题(2011BAJ07B03)
作者简介:赵 芳(1984-),女,山东烟台人,硕士,主要从事绿色建筑节水、雨水资源化利用方面研究。E-mail:zfwater@126.com
通讯作者:柴宏祥(1980-),男,浙江金华人,博士,主要从事绿色建筑节水、污水处理与资源化方面的研究。E-mail:chaihx@126.com

铺设,全部生活污水需处理后达《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准后排放;工程后期市政排水管网已配套建设完成,生活污水可直接排入市政管网。根据该工业园区前后期的差异,非传统水源利用进行了一套设施,两套运行方案的设计。本工程非传统水源利用的工艺流程设计主要包括中水回用系统、雨水利用系统和非传统水源回用系统三部分。

工程前期,全部生活污水需经以两级生物接触氧化为主要处理工艺的污水处理系统处理达《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准后,在满足回用的基础上部分外排,部分经人工湿地进行深度处理,然后调节池消毒,用泵回用至各用水点;建筑和广场雨水经雨水分散式生态处理设施处理后,根据地形收集,部分于前调节池与经污水处理系统处理过的建筑中水汇合,经人工湿地深度处理后回用,部分直接收集到人工湿地处理回用。主要处理工艺流程如图 1 所示。

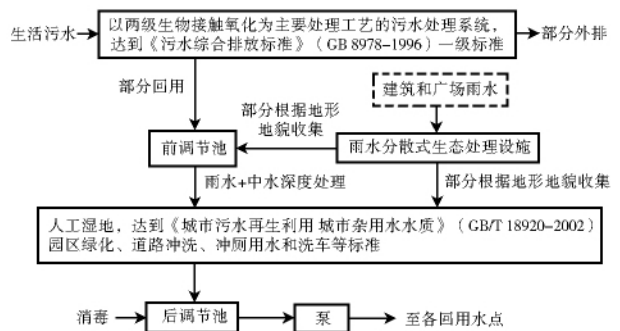


图 1 市政管网未铺设前非传统水源利用工艺流程

Fig. 1 The technical flow diagram of utilization of the non-traditional water resources before laying the municipal pipes

工程后期,雨水利用系统的设施和运行与前期相同;中水回用系统所用处理设施不变,运行方式发生改变,因污水可排入市政管网,只有部分生活污水经污水处理系统处理后,用于补充天然降雨的不足,原两级生物接触氧化处理系统因负荷降低,改变运行方式,减少曝气量以低能耗方式运行。主要处理工艺流程如图 2 所示。

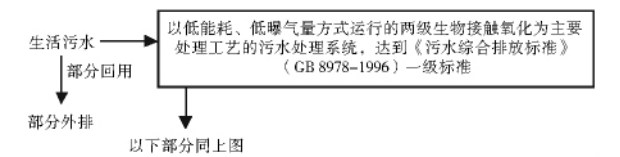


图 2 市政管网接入后非传统水源利用工艺流程图

Fig. 2 The technical flow diagram of utilization of the non-traditional water resources after laying the municipal pipes

2.2 非传统水源的选择

非传统水源的选择应优先选择水量充裕稳定、污染物浓度低、水质处理难度小、安全且居民易接受的水源。根据以上原则和该工程实际情况选择生活污水与建筑和广场雨水做为非传统水源,且优先利用雨水,主要原因有以下几方面:① 该工程前期市政排水管网还未铺设,因此全部生活污水必须经过处理后达《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准,没有必要单独建立优质杂排水的管网和处理设施,

利用处理后达标的建筑中水,水量稳定,水质良好,减少投资;② 该工程建筑和广场占地面积大,且建筑和广场雨水污染物浓度低,在保证水量的前提下,处理难度小;③ 中水和雨水联合作为非传统水源,以雨水优先中水补充为原则^[9-10],利用水质较好的雨水处理成本低,特别是每年 6~8 月丰水期,雨水水量能满足非传统水源回用水量,减少了工程后期中水处理量,这样的利用原则既保证回用水源水质较优,又可以保证水量的稳定,还可以减少运行成本。

2.3 设计进出水水质

本工程进水水质参考同地区、同类型建筑生活污水和雨水水质数据,污水处理站出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准,出水回用水质要求达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002) 园区绿化、道路冲洗、冲厕用水和洗车等标准。工程设计进出水水质见表 1。

表 1 设计进出水水质标准

Table 1 The standards for water quality of inflow and outflow

主要水质指标	mg/L					
	BOD ₅	COD	SS	氨氮	pH	总硬度
设计污水进水	200	400	220	35	6~8	
设计雨水进水	20	80	100	10	6~7	
设计污水处理站出水	30	60	70	1.0	6~9	
设计回用水出水	10	50	5	10	6.5~9.0	450

2.4 主要系统

2.4.1 中水回用系统

建筑内部采用合流制排水,经两极生物接触氧化系统预处理达《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准,再进入人工湿地进行深度处理,达到回用水水质要求后回用。两级生物接触氧化系统由格栅井、调节池、水解酸化池、两级生物接触氧化池和沉淀池组成,设置在污水处理站内,其中两级生物接触氧化池是主要构筑物。该系统按照前期设计,后期校核,前期工程处理全部生活污水,采用高负荷、高曝气方式运行,后期工程处理部分生活污水,采用低负荷、低曝气方式运行。中水回用系统主要流程见图 3。

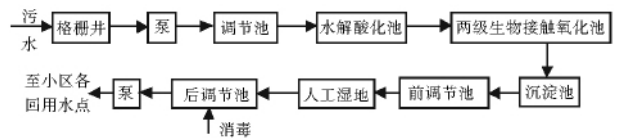


图 3 中水回用系统工艺流程

Fig. 3 The technical flow diagram of the reusing system of the reclaimed water

2.4.2 雨水利用系统

建筑和广场雨水通过分散式生态处理设施处理,根据地形收集,经人工湿地处理后,回用至各回用水点。其中分散式生态处理设施主要是浅草沟和沉砂检查井,深度处理设施为人工湿地,该设施都是利用该工业园区原有景观用地面积大,在原有景观用地基础上进行改造的。其中人工湿地设计流量需根据实际需水量确定,因该工程来水量由中水和雨水两部分组成,且两部分水量都随时间动态变化,不能直接反应,所以实际需水量为园区绿化、道路广场冲洗、厕所冲洗和

洗车用水之和。雨水利用系统主要流程见图 4。

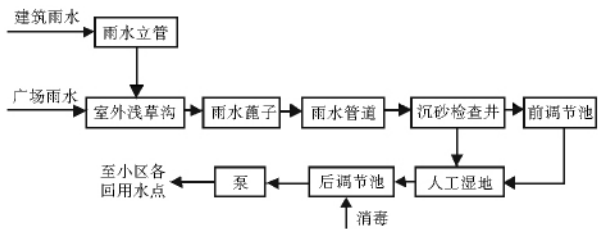


图 4 雨水利用系统工艺流程图

Fig. 4 The technical flow diagram of the utilization system of the rain water

2. 4. 3 非传统水源回用系统

根据技术经济比较,选取非传统水源回用于厂区绿化、道路广场冲洗、厕所冲洗和洗车等,单独铺设非传统水源回用管网于绿地、道路广场和建筑物内。回用水的选择主要原则有三方面:① 用水量大,保证非传统水源利用率;② 管网铺设简单易行,节省投资;③ 居民易于接受。

3 水量平衡

该工业园区根据相关规划资料和工艺方案进行水量预测。可利用的非传统水源为生活污水与建筑和广场雨水,生活污水根据用水量指标和人数确定;建筑和广场雨水根据年降雨量、汇水面积、径流系数、季节折减系数和初期弃流系数求得^[11-12]。根据技术经济比较收集处理的非传统水源主要用于园区绿化、道路广场冲洗、厕所冲洗和洗车等。

非传统水源水量平衡是绿色工业园区非传统水源利用的基础,该工程水量平衡如图 3 所示,设计市政供水量为 212 565.6 m³/a,用于回用的建筑中水水量为 8 797.2 m³/a,建筑和广场雨水水量为 68 306.6 m³/a,能够满足非传统水源利用回用要求,且非传统水源回用率为 36.0%。

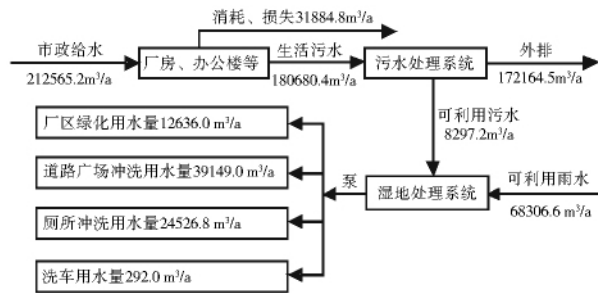


图 5 全年水量平衡分析图

Fig. 5 Diagram showing the full-year water balance

4 经济效益分析

4. 1 增量成本

本工程节水与水资源利用增量成本如表 2 所示,该工程增量成本总投资为 108.9 万元,单位建筑面积成本为 7.3 元/m²。其中中水回用系统利用生活污水出水需达《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准而设的污水处理站,无需增加设备,因此该项增量成本为 0;雨水利用系统大多在原有景观上进行改造,在增加正增量成本的同时,也产生了负增量成本^[7],因此该项增量成本也不高。

4. 2 运行成本

本工程运行成本主要是电耗、人工费和维护费用,其中两级生物接触氧化系统是主要耗电设备,工程前期,全部生活污水经两级生物接触氧化系统处理,电耗量较大,年运行成本为 4.4 万元,去除污水达标排放的年运行成本为 2.1 万元;工程后期,只有部分生活污水经两级生物接触氧化系统处理,电耗量较小,年运行成本为 2.3 万元。

表 2 节水项目增量成本

Table 2 The incremental cost of water conservation projec

项目分项	增量成本 /万元	单位建筑面积增量 成本/(元·m ²)
中水回用系统	0	0
雨水利用系统	85.8	5.8
非传统水源回用系统	23.1	1.5
合 计	108.9	7.3

4. 3 回收期

本工程当地水价为 3.1 元/m³,每年利用非传统水源 76 603.8 m³,每年节约自来水费 23.7 万元,静态回收期为 5 a;绿色工业园区节水与水资源利用的基准收集率为 7.7%,动态回收期为 6.8 a。

5 结语

① 绿色工业园区采用一套设施,两套运行方案的非传统水源利用设计,采用以建筑和广场雨水为主,生活污水为辅的非传统水源。工程前期由于市政管网未接通,采用高负荷、高曝气的两级生物接触氧化池处理全部生活污水达《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准,部分回用;工程后期市政管网已铺设,采用低负荷、低曝气的两级生物接触氧化池处理部分生活污水回用。雨水利用系统利用原有景观地形进行设施改造,采用室外浅草沟、沉砂检查井和人工湿地等的生态化设施处理雨水。

② 绿色工业园区非传统水源利用设计工程实例,设计市政供水量为 212 565.6 m³/a,用于回用的建筑中水水量为 8 797.2 m³/a,建筑和广场雨水水量为 68 306.6 m³/a,能够满足非传统水源利用要求,且非传统水源回用率为 36.0%。

③ 绿色工业园区非传统水源利用设计工程实例,该工程增量成本总投资为 108.9 万元,单位建筑面积成本为 7.3 元/m²。工程前期运行成本为 2.1 万元,工程工期运行成本为 2.3 万元。静态投资回收期为 5 a,动态投资回收期为 6.8 a。

参考文献 (References):

[1] GB 50378-2006, 绿色建筑评价标准[S]. (GB 50378-2006, Evaluation standard for green building[S]. (in Chinese))
[2] 彭世瑾, 蒋兴林, 陈明文, 等. 深圳建科大楼非传统水源利用简介[J]. 给水排水, 2010, 36(10): 70-73. (PENG Shi-jin, JIANG Xing-lin, CHEN Ming-wen, et al. Brief Introduction of Non-traditional Water Resources Utilization in Shenzhen Jianke Building[J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(10): 70-73. (in Chinese))
[3] 师前进, 何强, 柴宏祥, 等. 绿色建筑住宅小区节水与水资源利用设计探讨[J]. 给水排水, 2008, 34(1): 77-79. (SHI Qian-jin,

- HE Qiang, CHAI Hong-xiang, et al. A Discussion on Water Saving and Water Resources Utilization of Green Buildings [J]. Water & Wastewater Engineering, 2008, 34(1): 77-79. (in Chinese))
- [4] 何强, 柴宏祥, 张丽. 绿色建筑中水处理工艺及设施探讨[J]. 给水排水, 2007, 33(7): 90-92. (HE Qiang, CHAI Hong-xiang, ZHANG Li. A Discussion on Modification of Reclaimed-water Pre-treatment of Green Building[J]. Water & Wastewater Engineering 2007, 33(7): 90-92. (in Chinese))
- [5] Cecilia Haskins. A Systems Engineering Framework for Eco-Industrial Park Formation [J]. Systems Engineering, Spring 2007, 10(1): 83-97.
- [6] Lim, Seong-Rin. Interfactory and Intrafactory Water Network System to Remodel a Conventional Industrial Park to a Green Eco-industrial Park [J]. Industrial and Engineering Chemistry Research, 2010, 49(3): 1351-1358.
- [7] C. Block, B. Van Praet, T. Windels, and so on. Toward a Carbon Dioxide Neutral Industrial Park [J]. Journal of Industrial Ecology, 2011, 15(4): 584-596.
- [8] Maes, Tom. Energy management on Industrial Parks in Flanders [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, 15(4): 1988-2005.
- [9] 柴宏祥, 孙永利, 林玲. 绿色建筑供水系统节水技术设计要点[J]. 中国给水排水, 2008, 24(14): 44-46. (CHAI Hong-xiang, SUN Yong-li, LIN Ling. Study on Design of Water-saving Technology in Water Supply System of Green Building [J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(14): 44-46. (in Chinese))
- [10] 何强, 樊明玉, 柴宏祥. 绿色建筑小区非传统水源利用水量动态平衡优化[A]. 2010 年中国城市雨洪控制利用高级研讨会论文集[C]. 2010: 324-329. (HE Qiang, FAN Ming-yu, CHAI Hong-xiang. Water Dynamic Balance Optimization of Non-traditional Water Resources Utilization in Green Residential Districts [J]. Memoir of City Rain Water Control and Utilization in Chain 2010[C]. 2010: 324-329. (in Chinese))
- [11] 车武, 李俊奇, 章北平, 等. 生态住宅小区雨水利用与水景观系统案例分析[J]. 城市环境与城市生态, 2002, 15(5): 34-36. (CHE Wu, LI Jun-qi, ZHANG Bei-ping, et al. Analysis on the System of Rainwater Utilization and Waterscape in an Ecological Residential Area [J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2002, 15(5): 34-36. (in Chinese))
- [12] 吴鹏, 陈少华, 颜昌宙, 等. 基于日水量平衡设计城市小区雨水利用调蓄容量[J]. 中国给水排水, 2008, 24(16): 43-47. (WU Peng, CHEN Shao-hua, YAN Chang-zhou, et al. Design of Storage Volumes for Rainwater Utilization in Urban Residential Areas Based on Daily Water Balance [J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(16): 43-47. (in Chinese))

(上接第 67 页)

- [3] 贺新春, 崔树彬, 严黎. 建设项目取退水影响补偿机制与补偿措施研究[J]. 中国水利, 2009, (2): 27-29. (HE Xin-chun, CUI Shu-bin, YAN Li, et al. Studies on Compensation System and Measure for Abstraction and Return Waters of Construction Project[J]. China Water Resources, 2009, (2): 27-29. (in Chinese))
- [4] 方国华, 潘睿. 影响其它用水户权益补偿方案制定方法初探[J]. 水利科技与经济, 2002, (4): 4-6. (FANG Guo-Hua, PAN Rong. Affect Other Water Users Method of Equity Compensation Program Development[J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2002, (4): 4-6. (in Chinese))
- [5] 水利部水资源管理司. 建设项目水资源论证培训教材[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005. (Ministry of Water Resources Water Management Division. Training Materials for Water-Draw and Utilization in Construction Projects[M]. Beijing: China Water Power Press, 2005. (in Chinese))
- [6] 中国水利水电科学研究院. 首都圈周边地区合理调用水量的经济补偿研究[D]. 北京: 2003. (China Institute of Water Resources and Hydropower. Research Rationalize Amount of Water Around the Metropolitan Area's Economic Compensation [D]. 2003. (in Chinese))
- [7] 陈尉, 刘玉龙, 杨丽. 流域生态补偿特点及对策[J]. 水电能源科学, 2010, 28(8): 121-123. 131. (CHEN Wei, LIU Yu-long, YANG Li. Review of Practice of River Basin Eco-compensation [J]. Water Resources and Power, 2010, 28(8): 121-123. 131. (in Chinese))
- [8] 李粉婵, 孙小平, 赵翠英. 用减产系数法计算排水工程效益[J]. 山西水利科技, 1998, 11(4): 31-33. 48. (LI Fen-chan, SUN Xiao-Ping, ZHAO Cui-ying. Factor Calculated with the Production Efficiency of Drainage Works [J]. Shanxi Water Science and Technology, 1998, 11(4): 31-33. 48. (in Chinese))
- [9] 冉笃奎. 跨流域调水经济补偿机制初探[J]. 人民长江, 2008, (3): 28-30. (RAN Du-kui Mechanism of Inter-basin water transfer economic compensation, Yangtze River, 2008, (3): 28-30. (in Chinese))
- [10] 肖博, 李敏. 丹江口水库综合效益转换分析及补偿制度研究[J]. 水利科技与经济, 2008, (1): 4-6. (XIAO Bo, LI Min. Danjiangkou Reservoir Comprehensive Benefits and Compensation System of Conversion Analysis, Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2008, (1): 4-6. (in Chinese))
- [11] 张文鸽, 何宏谋, 殷会娟. 黄河流域水权转换地区水资源论证特点研究[J]. 中国水利, 2009, (11): 7-9. (ZHAN Wen-ge, HE Hong-mou, YIN Hui-juan. Studies on Water Resources Appraisal Feature in Water Right Transfer Regions of Yellow River Basin [J]. China Water Resources, 2009, (11): 7-9. (in Chinese))