

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2014.S1.004

# 后勤工程学院绿色建筑水资源综合利用系统设计实践

薛明<sup>1</sup>, 蔡昭雄<sup>2</sup>, 沈晓东<sup>1</sup>, 李蒙<sup>1</sup>, 胡望社<sup>1</sup>, 戴通涌<sup>1</sup>

(1. 后勤工程学院 建筑规划与环境工程系, 重庆 401311; 2. 北京禹辉水处理技术有限公司, 北京 100036)

**摘要:**根据绿色建筑充分利用水资源、节水的设计需求,从项目设计到实施详细介绍了后勤工程学院绿色建筑示范楼在中水回用、雨水收集利用等水资源综合利用方面的设计实践,为绿色建筑在节水与水资源利用方面提供示范和借鉴。

**关键词:**绿色建筑 中水回用 雨水利用

**中图分类号:**TU20 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2014)S1-0012-04

## Water Resources Comprehensive Utilization System Design of Green Building: Green Building Demonstration Project of Logistical Engineering University of PLA

Xue Ming<sup>1</sup>, Chai Shaoxiong<sup>2</sup>, Shen Xiaodong<sup>1</sup>, Li Meng<sup>1</sup>, Hu Wangshe<sup>1</sup>, Dai Tongyong<sup>1</sup>

(1. Department of Architecture Planning and Environmental Engineering, Logistical Engineering University of PLA, Chongqing 401311;

2. Water Treatment Technology Co., Ltd. Beijing Yu Hui, Beijing 100036)

**Abstract:** According to design requirement of green building about saving and making full use of water resources, this article exhaustively introduce reclaimed water reuse, rainwater collection and reuse, artificial wetlands, ecological pond and the water saving measures of the demonstration green building of logistical engineering university, hoping to provide an example and reference of green building on the saving and utilization of water resources.

**Key words:** green building; reclaimed water reuse; rainwater reuse

当前,绿色建筑在中国已进入快速发展时期。2012年7月,国家住建部发布了《“十二五”建筑节能专项规划》,首次将绿色建筑作为约束性条件纳入区域总体规划。2013年1月,国务院办公厅转发发改委、住建部绿色建筑行动方案通知,明确提出了大力促进城镇绿色建筑发展,一些大型公共建筑自2014年起全面执行绿色建筑标准<sup>[1-4]</sup>。绿色建筑的大力发展,势必需要大量的绿色建筑相关技术和设计作为支撑,而节水与水资源利用是绿色建筑规划、设计、施工和运营不可缺少的组成部分,关系到绿色建筑节约资源、保护环境、实现在较低环境冲击下的可持续发展。立足项目,综合应用多种水资源利用与节水技术是实现绿色建筑功能的关键因素之一。因此,本文以获得“国家绿色建筑示范工程”称号的后勤工程学院绿色建筑示范楼为例,根据项目用水特点,当地水资源条件等,详细介绍中水回用、雨水收集利用等水资源综合利用系统技术在项目中的集成应用,以及项目所采取的节水技术措施,以期绿色建筑在节水与水资源利用方面提供示范和借鉴,推动本地区绿色建筑的大力发展。

### 1 工程概况

后勤工程学院绿色建筑示范楼位于重庆市沙坪坝区大学城,占地2 490 m<sup>2</sup>,总建筑面积为11 609 m<sup>2</sup>,地上5层,地

下1层,主体结构为钢筋砼框架结构,是一栋集住宿、餐饮、教学、办公、会议等功能于一体的综合体建筑。建筑平面采用“T”字形布局,内部分区明确,外部建筑造型富有变化与周围环境协调统一(如图1)。项目集成创新应用了20多项绿色建筑技术,实现了绿色建筑“四节”一环保、舒适的功能需求,彰显建筑与自然环境的和谐共生,荣获国家三星级绿色建筑设计标识,国家绿色建筑创新奖及军队优秀工程设计一等奖<sup>[5-6]</sup>。



图1 后勤工程学院绿色建筑示范楼正、背面鸟瞰图

### 2 节水与水资源综合利用系统技术方案

项目在学院寒暑假期间使用人员较少,宾馆入住人数波动较大,用水量不稳定。用水类型主要包括办公、住宿、餐饮、消防、绿化、水景、道路冲洗等。根据建筑用水特点采用

收稿日期:2014-05-20

作者简介:薛明(1983-),讲师,主要从事环境工程方向研究,(Email)snowlight6969@163.com。

胡望社(通信作者),硕士生导师,主要从事建筑学专业方向研究。

非传统水源综合系统技术:设置中水处理回用系统,将建筑内产生的生活污水(洗漱、餐饮、大小便冲洗)作为中水水源进行处理后部分回用于冲厕、绿化、洗车,部分经人工湿地、生态塘净化后,补入景观湖。收集建筑屋面及场地内雨水,对中水水源进行补给(因中水来源量不稳定)。该系统通过对生活污水和雨水的共同处理,既使雨水得到了充分利用,又稳定满足了中水回用量的需求,并补偿了场地内的水生态景观环境,在节水的同时,创造了建筑场地宜人的水生态环境,经济环境效益显著。

### 2.1 中水处理系统

#### 2.1.1 工艺流程

中水处理系统主要是将建筑内产生的生活污水和收

集的雨水送入中水站处理。生活污水经化粪池和收集的雨水进入集水井,集水井内设置 2 台提升泵,提升泵将污水提升后经过格栅沉砂池除去较大的漂浮物及杂物后进入调节池,进行水量和水质的调节,同时调节池底部设置曝气管,对污水进行充氧,以防止颗粒物沉淀并改善污水水质,提高生化处理效果。调节池内污水经过提升泵进入配水池均匀配水后进入流离生化池,在流离生化池内充分利用微生物的分解作用,污染物被降解。流离生化池出水经过收集池收集并用计量泵投加消毒剂次氯酸钠达标后进入中水池。中水池一部分水经过回用泵提升后回用于洗车、冲厕、绿化,另一部分经过回灌泵回灌于潜流湿地和生态塘,经处理后补入景观水池。项目非传统水源综合利用流程图及示意图如图 2 所示。

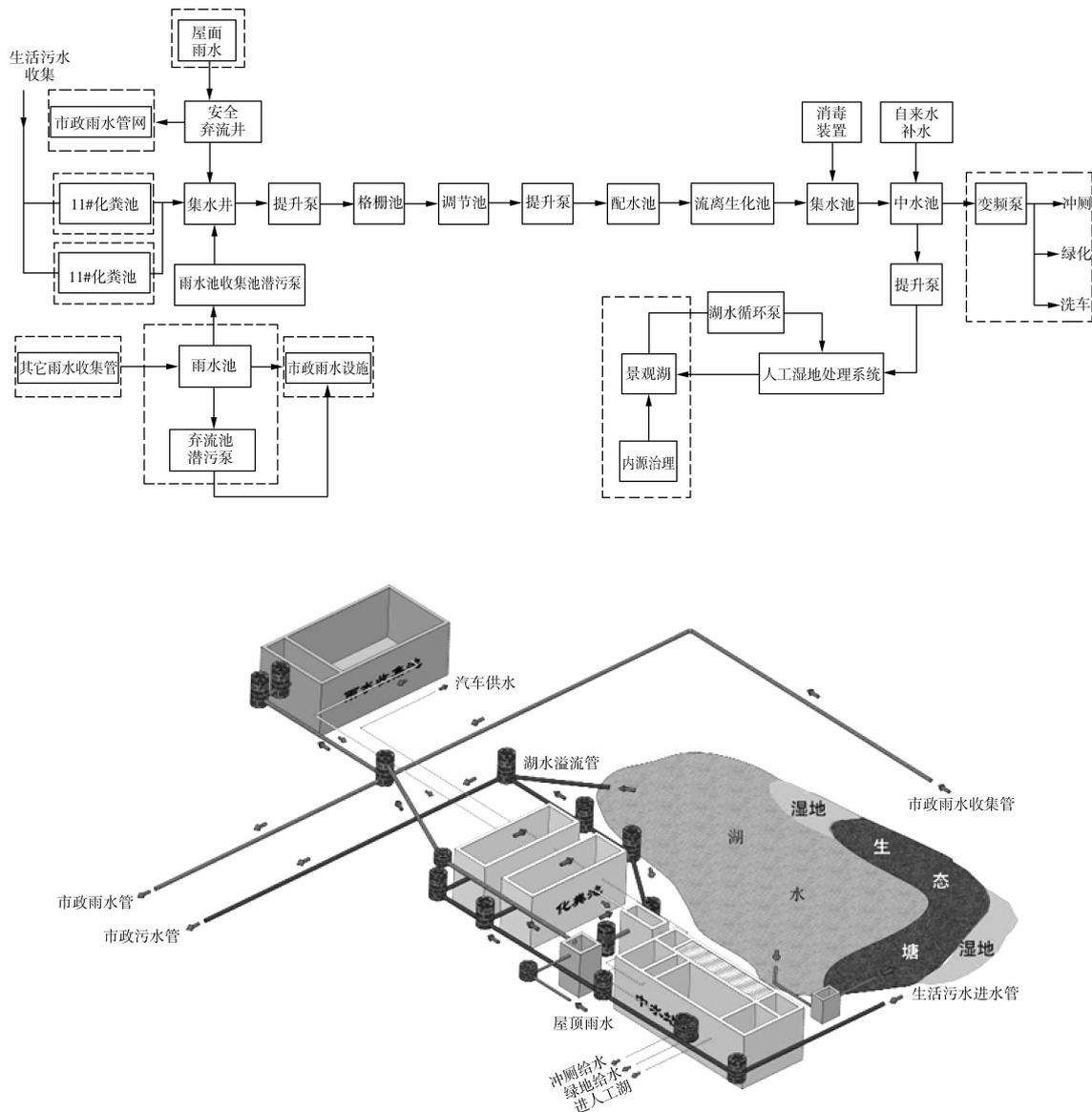


图 2 非传统水源综合利用流程图及示意图

本工艺流程简单,采用 PLC 自动控制系统,自动化程度高、操作简便,对污水处理过程全面控制;选用的流离生化工艺为核心的中水处理技术,占地少、无污泥产生、运行费用低、操作简单。

#### 2.1.2 中水系统布局

根据建筑、景观布局,设置中水系统集中布设,位于建筑场地西北角,该处地势低洼,污水管、雨水管比较集中,适宜建设中水处理站。中水处理站整个工艺设施采用全地理方式,地上覆以绿化植被,可有效提高土地利用率,降低环境噪音,美观又节地(图 3)。

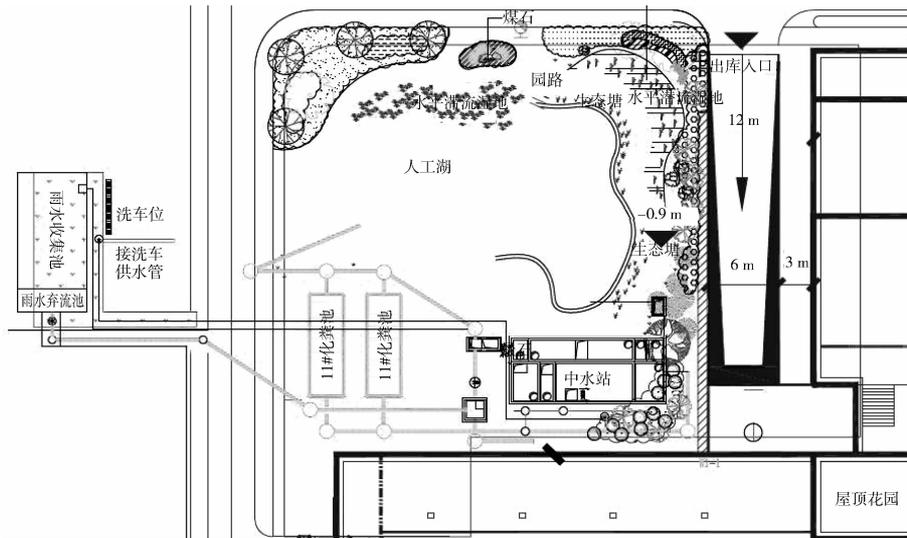


图 3 中水系统在建筑场区内布局图

### 2.1.3 中水系统水量平衡分析

项目设计使用人数 400 人,最高日生活用水定额 250 L/(人·d),总绿化面积约为 3 000 m<sup>2</sup>,设定日洗车辆数为 25 辆(车辆类型为小轿车、吉普车、小面包车),根据《建筑中水设计规范》(GB50336-2002)、《建筑给水排水设计手册》及项目相关使用参数,中水原水量为 57 m<sup>3</sup>/d,故中水站设计容量 Q 为 80 m<sup>3</sup>/d,为避免人员流动导致中水原水量不足,且充分利用设计容量,设计从雨水池补充原水 23 m<sup>3</sup>/d。

中水主要回用于冲厕、绿化和洗车,经计算其所需水量

分别为:冲厕  $Q_{cc}$  为 41.4 m<sup>3</sup>/d,绿化用水量  $Q_{lh}$  为 9 m<sup>3</sup>/d,日冲洗车辆回用水量  $Q_{xc}$  为 7.5 m<sup>3</sup>/d,总回用量为 57.9 m<sup>3</sup>/d。

剩余中水回灌于人工湿地经处理后用于景观补水,根据水量平衡,进入人工湿地的水量  $Q_{sd} = Q - Q_{cc} - Q_{lh} - Q_{xc} = 80 - 41.4 - 9 - 7.5 = 22.1$  m<sup>3</sup>/d。

### 2.1.4 中水运行效果

项目于 2010 年 12 月开工,2011 年 8 月运营调试,调试完成后请重庆沙坪坝区环境保护监测站对处理后的中水进行检测,结果见表 1。

表 1 后勤工程绿色建筑示范楼中水水质检测结果

项目	PH	色度/倍	总大肠菌群/MPN/L	阴离子表面活性剂/(mg·L <sup>-1</sup> )	TDS/(mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	DO/(mg·L <sup>-1</sup> )	总余氯/(mg·L <sup>-1</sup> )	铁/(mg·L <sup>-1</sup> )	锰/(mg·L <sup>-1</sup> )
结果	7.85	2	<30	0.05L	304	5.6	0.2L	8.43	0.03L	0.13	0.01L

注:带“L”的数据为未检出,监测结果以检出限加“L”表示。

监测结果表明中水处理站出水水质满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)<sup>[7]</sup>。

## 2.2 雨水收集技术

雨水在经过屋面或地面汇集后,受流经表面污染影响,初期雨水径流中含有大量的污染物,COD、悬浮物含量甚至超过污水,回收利用处理难度大,若直接排入雨水排水系统,会严重影响环境水质<sup>[8]</sup>。因此,项目根据雨水流经途径的不同,设置雨水收集系统:屋面雨水经过雨水收集管道进入初期雨水弃流渗流井,当弃流井存满初期雨水后,雨水收集电动阀自动打开,优质雨水由渗流井上部进入集水井。当集水井内雨水水位达到超高液位时雨水收集电动阀自动关闭,多余雨水通过溢流进入雨水外排网。雨水渗流井底部设置渗流层,初期雨水通过渗透层渗入地下。溢流井内杂质人工定期清理。其它雨水经过收集管后进入雨水池中的弃流池,弃流池存满初期雨水后,雨水自流进入雨水收集池,经提升泵至集水井进行后续处理。多余雨水溢流至市政雨水管网。弃流池中的初期弃流雨水经过雨水弃流提升泵至市政雨水管网。

重庆地处西南山区,属夏热冬冷地区,年均降雨量 1 000~1 450 mm,春夏之交夜雨尤甚,有“巴山夜雨”之说,年均雨量

充沛。项目雨水收集面积为 7 280 m<sup>2</sup>,年平均雨水收集量 15 183.3 m<sup>3</sup>/a,月均量为 1 317.78 m<sup>3</sup>/月。基本能满足中水站每日补入雨水量 23 m<sup>3</sup>/d,月补入雨水量为 690 m<sup>3</sup>/月。为确保中水站 10 d 的补水量,设计雨水收集池容积为 230 m<sup>3</sup>。

### 2.3 人工湿地及生态塘

为提高水资源的利用率,将多余的中水补入景观湖,由于处理后的中水达不到景观水质的标准,项目结合建筑周边环境,设置了总面积 165 m<sup>2</sup> 的人工湿地与生态塘对中水进行二级处理,达标后补入景观湖。同时,景观湖内设置循环泵提升湖水至人工湿地,实现湖水的循环,使湖水的水质保持良好。人工湿地和生态塘不仅使水资源得以充分利用,使建筑场地内生态环境及景观更加优美(见图 4)。



图 4 人工湿地、景观湖和生态塘实景图

### 3 节水技术措施

项目在给水排水设计上采用了各项节水技术措施:选取优质管材、管道附件及设备防止水的渗漏,保证水质健康;建筑内选用节水型器具,如红外感应龙头、节水型座便器、无水小便器,淋浴恒温控制阀,节水型水龙头等;节水绿化浇灌方式:项目选取适合重庆气候的乡土植物,并采用乔、灌木的复层绿化,采用自动滴灌和微喷灌,既节省了人力又节约用水,且浇灌质量和效率较高。

### 4 结 语

绿色建筑将成为人类寻求与自然和谐相处的理想建筑,随着科学技术和相关产品的不断发展,绿色建筑将成为未来建筑的主流。节水和水资源利用作为绿色建筑的核心之一,是节能环保的重要体现。后勤工程学院绿色建筑示范楼项目于2013年获得国家绿色建筑创新奖,结合建筑特点,其水资源综合利用系统作为创新点之一为国内外绿色建筑的建设提供示范和借鉴。项目以自身建设实践不断向社会宣传

着绿色建筑理念及其集成技术,一定程度上推动着绿色建筑的发展。

#### 参考文献:

- [1] 岳可义,岳凌云. 绿色建筑在浙江的探索与实践[J]. 经济纵横,2013,4:47-48.
- [2] 赵红,路秋兰. 浅谈绿色建筑技术在商业建筑中的应用[J]. 价值工程,2012(16):69-70.
- [3] 中华人民共和国建设部,科学技术部. 绿色建筑技术导则[Z]. 建科[2005]199号.
- [4] GB 50378—2006 绿色建筑评价标准[S].
- [5] 胡望社,姜利勇,薛明. 校园可持续建筑实践[J]. 后勤工程学院学报,2010,26(1):1-4.
- [6] 胡望社,邓旋子,李蒙. 超低能耗建筑的实践探索[J]. 后勤工程学院学报,2013,29(5):7-12.
- [7] GB/T18920—2002 城市污水再生利用城市杂用水水质[S].
- [8] 李长在. 雨水回收利用系统在建筑中的应用[J]. 施工技术,2013,42:493-495.

(编辑 薛婧媛)

(上接第11页)

由抗震性能设计方案的综合评价价值  $D_z(\omega)$ 、 $D_b(\omega)$  可知:

1) 抗震性能设计方案综合评价价值的大小顺序是:墩顶主梁位移 > 墩底(顶)截面剪力 > 墩顶主梁弯矩。墩顶主梁位移评价价值最大,因此我国桥梁抗震规范首先提出针对不同烈度地区的多种防止落梁的构造措施。

2) 墩顶主梁剪力和墩底截面剪力的评价价值是 0.973 2、0.978 2 和 0.976 1、0.977 9,这说明在进行连续刚构桥抗震设计时,墩顶主梁剪力和墩底截面剪力应是首先应考虑的,因为剪力过大,连续刚构桥桥梁容易发生剪切破坏,剪切破坏是连续刚构桥遭受致命破坏的最重要的原因。

3) 墩顶主梁弯矩方案的评价价值是 0.048 8、0.443 2,在地震作用下,容易造成弯曲破坏,弯曲破坏由于发生塑性变形吸收地震能量和刚度下降能够减轻地震荷载的强度,是延性破坏。

### 3 结 论

1) 通过权重极差计算分析,箱梁跨中高跨比、高低墩及桥墩截面对连续刚构桥抗震性能影响最为显著。

2) 从抗震性能设计方案综合评价价值来看,墩顶主梁剪力和墩底截面剪力应优先满足抗震性能要求。

3) 基于离差最大化是一种比较客观的计算的权重的一种有效方法。然而,该方法在评价设计方案时,没有考虑到设计方案影响因素的相互关联的影响。

#### 参考文献:

- [1] 范立础. 桥梁抗震[M]. 上海:同济大学出版社,1997.
- [2] JTG/TB02-01-2008 公路桥梁抗震设计细则[S]. 北京:人民交通出版社,2008.
- [3] 马宝林. 高墩大跨连续刚构桥[M]. 北京:人民交通出版社.
- [4] 邬晓光,等. 刚架桥[M]. 北京:人民交通出版社.
- [5] 谢旭. 桥梁结构地震响应分析与抗震设计[M]. 北京:人民交通出版社.
- [6] 周勇军. 高墩大跨曲线连续刚构桥地震响应的设计参数研究[D]. 西安:长安大学,2006.
- [7] 牛俊武. 桥跨结构设计参数对高墩连续刚构桥抗震性能影响的分析[D]. 西安:长安大学,2004.
- [8] Li Y L, Chen N, Zhao K, et al. Seismic response analysis of vehicle-bridge system for continuous rigid frame bridge with high piers [J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2012, 11(4):593-602.
- [9] 靳启文. 连续刚构桥抗震性能关键参数研究[D]. 西安:长安大学,2012.
- [10] 张会玲,秦建国. 预应力混凝土连续梁桥设计参数抗震性能研究[J]. 公路,2013,2(2):113-117.
- [11] 王应明. 运用离差最大化方法进行多指标决策与排序[J]. 系统工程与电子技术,1998,20(7):24-26.

(编辑 郭 飞)