DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2013.01.015

青岛世界园艺博览会园区雨水利用可行性分析及对策

刘建华[1],梁 春[1],孟广明[1],岳 峰[2],张俊杰[3]

(1.青岛市城市规划设计研究院,山东 青岛 266071;2.济南市市政工程设计研究院,山东 济南 250101;
3. 中国海洋大学环境科学与工程学院,山东 青岛 266100)

摘要:针对2014青岛世界园艺博览会园区雨水利用体系进行方案设计,将传统的"雨水排放"转变为"雨水生态循环和再利用",实现区域内雨水自然生态化的综合利用。园区总汇水面积约为5.10 km^2,预测展会期间(4—10月)在50%和75%保证率下,雨水可利用量分别约为46.4万m^3和36.7万m^3,主要回用于园区景观水体补充和地下水涵养。雨水利用以绿地自然渗透为主,涵养李村河上游水源地;不能及时入渗的雨水以明渠收集,经生态湿地自然净化后,汇入园区3个天然水库进行调蓄。

关键词:雨水利用;雨水渗透;青岛市

中图分类号:TU991.1 **文献标志码**:A **文章编号**:1004-6933(2013)01-0065-04

Feasibility and measures of rainwater reuse at Qingdao International Horticultural Exposition 2014

LIU Jianhua[1], **LIANG Chun**[1], **MENG Guangming**[1], **YUE Feng**[2], **ZHANG Junjie**[3]

(1. *Qingdao Urban Planning and Design Research Institute*, *Qingdao* 266071, *China*;
2. *Ji' nan Municipal Engineering Design and Research Institute*, *Ji' nan* 250101, *China*;
3. *College of Environmental Science and Engineering*, *Ocean University of China*, *Qingdao* 266100, *China*)

Abstract: Rainwater ecological circulation and reuse will replace traditional stormwater discharge at the site of the Qingdao International Horticultural Exposition 2014 based on the idea of a green and ecological park. The catchment area of the site is about 5.10 km^2. Utilizable rainwater is about $46.4\times10^4 m^3$ and $36.7\times10^4 m^3$ at guarantee rates of 50% and 75%, respectively, during the exhibition (from April to October), and will mainly be used to supplement landscape water and conserve groundwater at the site. Natural rainwater penetration through green land is the main pattern of rainwater reuse to conserve the water source in the upper reaches of the Licun River. The rest of the rainwater that cannot penetrate in time is collected by channels and purified by ecological wetlands naturally, and finally stored and regulated in three natural reservoirs at the site.

Key words: rainwater reuse; rainwater penetration; Qingdao City

雨水是一种经济而宝贵的水资源,已在美国、德国、日本、新加坡等国家和地区得到了很好的资源化利用[1-4],但在我国城市中还未得到有效的普遍利用。青岛市属于严重的缺水型沿海城市,为满足城市用水需求,每年不得不超采地下水和跨流域调水,给区域环境、经济带来了很大损失。与此同时,青岛雨量较为充沛,每年降雨主要集中在7-8月份,虽然正值用水高峰时期,但这些雨水资源却一直未得到有效、合理地利用。

笔者结合青岛实际情况,以2014青岛世界园艺博览会为契机,针对园区雨水利用体系进行方案设计,将传统的"雨水排放"转变为"雨水生态循环和再利用",实现区域内雨水自然生态化的综合利用,试图有效缓解城市水资源短缺的现状。

作者简介:刘建华(1966—),男,高级工程师,从事市政工程规划与设计工作。E-mail:qdghyljh@163.com

1 研究区概况

2014 青岛世界园艺博览会(以下简称世园会),举办地位于李沧区百果山森林公园,占地为 241 hm^2。世园会以“绿色世界的精彩”为主题,涵盖自然生态、低碳减排和可持续发展的全球发展目标。

a. 地貌。世园会选址用地属胶东半岛低山丘陵区,北高南低。最高海拔 250 m,最低海拔约为 64 m。区内分布着山岭、沟壑、溪流、水库、缓坡、山岩、树林等多种复杂多变地貌。

b. 水文。世园会场址汇集了北侧崂山余脉的汇水,是李村河的发源地之一。区内有李村河源头河段两条;分布着毕家上流水库、上流水库和鞍子沟水库,总库容约为 115 万 m^3,水质较好。园区地下水类型为第四系空隙潜水—弱承压水及基岩裂隙水,场地属Ⅱ类环境类型,地下水对混凝土有弱腐蚀性。

c. 降雨。青岛市年平均降水量为 680.5 mm,春、夏、秋、冬四季雨量分别占全年降水量的 17%、57%、21%、5%。根据 GB 50400—2006《建筑与小区雨水利用工程技术规范》,对于年平均降雨量大于 400 mm 的城市,提倡采用雨水收集回用系统[5]。因此,青岛满足城市雨水利用对年降水量的要求。

2 雨水可利用量预测

2.1 雨水体系划分

根据地势和水系特点,将园区划分为五大雨水体系,总汇水面积约为 510 hm^2(图 1)。其中,流域一汇水面积为 143 hm^2,雨水经收集后汇入毕家上流水库;流域二汇水面积为 117 hm^2,雨水经收集后汇入上流水库;流域三汇水面积为 17 hm^2,雨水经收集后汇入鞍子沟水库;流域四、流域五的汇水面积分别为 88 hm^2 和 145 hm^2,雨水经水系收集后,汇入李村河上游河道。

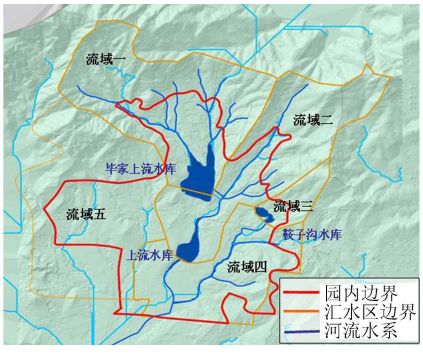

图 1 规划区雨水体系划分

2.2 雨水设计径流总量

雨水设计径流总量是汇水面上在设定的降雨时间段内收集的总径流量[5]。

a. 计算公式。

$$W = 10\psi_c h_y F \quad (1)$$

式中:W 为雨水设计径流总量,m^3;ψ_c 为雨量径流系数;h_y 为设计降雨强度,mm;F 为汇水面积,hm^2。

b. 计算参数确定。①汇水面积 F。规划区汇水面积约为 510 hm^2。②设计降雨强度 h_y。参考青岛市其他区域降雨资料,4—10 月多年平均降雨量约为 607.2 mm;50% 保证率下(平水年),4—10 月平均降雨量约为 547.2 mm;75% 保证率下(干旱年),4—10 月平均降雨量约为 433.7 mm。③雨量径流系数 ψ_c。雨量平均径流系数按下垫面种类加权计算,得到园区内、外汇水面积内的平均径流系数约为 0.34(表 1)。

表 1 不同下垫面面积与雨量径流系数

范围	下垫面种类	F/hm^2	ψ_c	$\psi_{c平均}$
园区内	绿 地	115.77	0.15	0.34
	水 面	16.98	1.00	
	路面、广场	94.74	0.70	
	屋 面	13.71	0.50	
园区外	山 体	269.00	0.25	

c. 计算结果。将以上参数代入公式,计算得到汇水面积内在不同频率下的雨水径流总量(表 2)。数据显示,规划区在展会期间(4—10 月)的多年平均雨水径流总量约为 105.3 万 m^3;在 50% 保证率下,规划区雨水径流总量约为 95.0 万 m^3;在 75% 保证率下,规划区雨水径流总量约为 75.1 万 m^3。

表 2 世园区各流域的雨水径流总量预测

雨水体系	汇水面积/hm^2	雨水径流总量/(万 m^3)		
		多年平均	P=50%	P=75%
流域一	143	29.5	26.6	21.1
流域二	117	24.2	21.8	17.2
流域三	17	3.5	3.2	2.5
流域四	88	18.2	16.4	13.0
流域五	145	29.9	27.0	21.3
合计	510	105.3	95.0	75.1

2.3 雨水可利用量

由于流域四和流域五的雨水主要汇入李村河排往下游河道,因此园区主要收集回用流域一、流域二和流域三的雨水。由表 2 可知,世园会期间(4—10 月),流域一、流域二和流域三的多年平均雨水径流总量约为 57.2 万 m^3;在 50% 保证率下的雨水径流总量约为 51.6 万 m^3;在 75% 保证率下的雨水径流总量约为 40.8 万 m^3。

根据《建筑与小区雨水利用工程技术规范》,雨水可回用量按雨水设计径流总量的 90% 计。据此估算展会期间(4—10 月)多年平均雨水回用量约为 51.5 万 m^3;在 50% 保证率下,园区雨水可回用总量

约为46.4万m^3;在75%保证率下,园区雨水可回用总量约为36.7万m^3。

为保证用水的稳定性,规划区雨水则主要回用于水体、河道的景观补充水及地下水涵养。当雨水量不充足时,园区水系景观用水则依靠再生水进行补充。

3 雨水利用方案

通过对世园会场地情况的调查分析,确定雨水综合利用总体思路:园区雨水以就地自然渗透为主,以明渠或管道收集为辅,充分利用园区内3个天然水库对雨水进行调蓄。

3.1 雨水渗透

雨水渗透是一种传统的雨水收集利用和保护自然雨水资源的方法[6-8]。研究区主要土壤类型主要为棕壤,10~40 cm深度土层的平均孔隙率约为48.5%,平均渗透系数约为2.5×10^{-4} cm/s,基本满足雨水入渗收集对土质的基本要求。因此,园区雨水将优先进行就地渗透,以实现雨水自然生态的循环方式。

3.1.1 自然渗透设施

充分利用主题园区及体验园区内的大面积绿地、花园和树阵,进行雨水就地自然渗透。另外,考虑到园区北部属于山丘区,降雨产流快、流量大,易破坏绿地,因此规划在天水路以南平坦区域,重点在国际园、中华园等区域示范性建设下凹式绿地,可就近接纳周围道路、建筑物等区域产生的雨水径流,具有减少绿化用水、可截留和净化雨水污染物等优点。绿地高程需低于路面高程50~100 mm。雨水口设在绿地内,低于路面高程但高于绿地高程。

3.1.2 人工渗透设施

园区人工雨水渗透-收集系统主要包括渗透铺面、渗透井、渗透管和渗透雨水口。

a. 透水铺面。在天水路以北的飞花区、花艺园、科技园和天水服务区,广场和人行道尽量采用具有渗水性能的材料和具有透水性能的面层铺装,以降低园区路面的雨水径流,促进行雨水下渗。

天水路以北的车行道尽量应用全生态透水沥青路面。雨水先渗入路面之中,然后由路面中的连通空隙向路面边缘排水,最后由路面两侧设计的集雨边沟进行汇集。园区停车场可使用多孔嵌草砖,即美化环境,又可促进雨水下渗。

b. 渗透井/渗透管/渗透雨水口。结合飞花区主题馆周边广场和道路透水面层的设计,示范性配建雨水渗透井、渗透雨水口和渗透管装置,对地面入渗雨水进行二次蓄渗,雨水最终汇入毕家上流水库调蓄。

3.2 雨水集蓄

a. 生态集雨渠。不能及时入渗的雨水则将排入边沟或明渠进一步收集。雨水边沟采用透水砖砌筑,使下渗和排水沟收集的雨水相互渗透,形成完整的雨水利用系统。另外,主题区与体验区的雨水沟渠和李村上游河道采用园林景观设计方式,以更好的融入世园区的生态环境。

b. 雨水调蓄池。区内有毕家上流水库、上流水库和鞍子沟水库,可作为园区雨水的天然调蓄池。根据地形地势特点:毕家上流水库主要收集调蓄流域一内的雨水,上流水库主要收集调蓄流域二的雨水,鞍子沟水库主要收集流域三内的雨水。

3.3 雨水净化

不同下垫面的雨水径流污染程度差异较大。园区内天然降雨和绿地径流雨水的水质较好,经收集后可直接利用;广场、路面雨水径流污染相对较大,需进行一定处理后方可利用。通过工艺比选,世园区雨水主要依靠人工湿地系统和水体自我修复能力进行净化。

3.3.1 水质净化系统

紧密结合景观设计,在园区沟渠、洼地、岸边配植多种水生植物,形成挺水、浮水、沉水植物相结合,乔、灌草相结合,高低错落,层次分明的湿地植物群落,打造以生态湿地为核心,以湖岸生态过滤带、洼地水景为辅助,建立形式多样、空间立体、平面丰富的多层次湿地净化系统,对雨水水质进行净化,减少入湖污染物量。

首先,充分利用园区雨水沟渠和水景小品等形式的表流型人工湿地,通过过滤、吸附、沉淀、离子交换、微生物同化分解和植物吸收等途径,对收集的雨水进行初步水质净化[9-10]。

然后,通过在入库前建设小型生态湿地和水库生态植栽护岸,对入库雨水径流进行二次净化,保证入湖基流水质。

3.3.2 水体自净系统

采用植栽护岸生态带、水生植物系统、深水人工水草系统、水生动物系统、湖体死水区助流系统等综合措施,健全完善水体生物链,促进湖体生态系统平衡,提高中心湖区水质自净能力。通过科学合理的设计,使各种群生物量和密度达到平衡水平,以充分发挥肉食性鱼类—滤食性鱼类—浮游动物—藻类—营养物质的食物链关系所产生的生态学效应,达到削减营养物、净化水质的目的。水生动物、植物种类推荐见表3。

表 3　湿地水生动、植物种类推荐

水生动物	推荐品种	功能
鱼　类	鲤鱼、鲢鱼、鲫鱼、草鱼、鲇鱼,等	摄食水中浮游生物和水底残饵腐殖质,控制水体营养程度,清除水体污染
底栖动物	幼蚌、螺狮,等	滤食水中悬浮藻类及有机碎屑,提高呼水透明度
水　禽	鸭、鹅、鸳鸯,等	调控水草和水生动物的数量,丰富水面景观
浮水植物	睡莲、荷花、中华浮萍草,等	
浮叶根生植物	白睡莲、凤眼莲、野菱、五针金鱼藻,等	
挺水植物	香蒲、芦苇、黄菖蒲、水葱、席草、莎草、旱伞草,等	
沉水植物	狐尾藻、黑草、苦草,等	
沼生植物	玉簪、金鸢尾、大花萱草、红花半支莲,等	

4　雨水回用效果

a. 雨水景观。在展会期间利用雨水打造独特的“点-线-面”雨水景观系统。“点”是指结合园区地势分散建设的雨水景观小品;“线”是指利用李村河和排水沟渠打造的雨水生态河渠;“面”是指利用雨水补充的大型生态水体景观。

b. 地下水涵养。世园区的雨水优先进行地面渗透利用,雨水通过绿地和透水性路面下渗后,补充涵养李村河上游水源地。

5　结　语

2014 青岛世界园艺博览会将采用多种措施对雨水资源的保护和利用,包括屋面雨水的收集、储存和净化后的直接利用,利用各种人工或自然水体、池塘、湿地或低洼地对雨水径流实施调蓄、净化和利用,通过各种人工或自然渗透设施使雨水入渗补充地下水资源。2014 青岛世界园艺博览会雨水综合利用系统的建设实施,将为雨水资源化在青岛市的推广与普及提供示范参考,可对类似沿海缺水城市的地下水环境保护起到良好的示范作用。

参考文献:

[1] 车伍, 吕放放, 李俊奇,等. 发达国家典型雨洪管理体系及启示[J]. 中国给水排水, 2009, 25(20): 12-17. (CHE Wu, LV Fangfang, LI Junqi, et al. Typical stormwater and flood management systems in developed countries and their inspiration [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(20): 12-17. (in Chinese))

[2] 杨芳绒, 潘盼, 李延. 国内外城市雨水资源化利用措施分析[J]. 江西农业学报, 2010, 22(2): 129-132. (YANG Fangrong, PAN Pan, LI Yan. Analysis of measures of urban rainwater utilization in domestic and abroad[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2010, 22(2): 129-132. (in Chinese))

[3] 郑兴, 周孝德, 计冰昕. 德国的雨水管理及其技术措施[J]. 中国给水排水, 2005, 21(2): 104-106. (ZHENG Xing, ZHOU Xiaode, JI Bingxin. Rainwater management and technical measures in Germany[J]. China Water & Wastewater, 2005, 21(2): 104-106. (in Chinese))

[4] 程江, 徐启新, 杨凯,等. 国外城市雨水资源利用管理体系的比较及启示[J]. 中国给水排水, 2007, 23(12): 68-72. (CHENG Jiang, XU Qixin, YANG Kai, et al. Comparison of foreign urban rainwater resource utilization management systems and some inspirations[J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(12): 68-72. (in Chinese))

[5] GB50400—2006　建筑与小区雨水利用工程技术规范[S].

[6] 张伟, 车伍, 王建龙, 等. 利用绿色基础设施控制城市雨水径流[J]. 中国给水排水, 2011, 27(4): 22-27. (ZHANG Wei, CHE Wu, WANG Jianlong, et al. Management of urban stormwater runoff by green infrastructures[J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(4): 22-27. (in Chinese))

[7] 李俊奇,车武,汪慧珍. 城市小区雨水渗透方案设计[J]. 水资源保护,2004, 20(3):13-14. (LI Junqi, CHE Wu, WANG Huizhen. Design of rainwater infiltration in residential region[J]. Water Resources Protection, 2004, 20(3):13-14. (in Chinese))

[8] 赵世明, 赵锂, 王耀堂, 等. 建筑与小区雨水利用工程技术规范实施指南[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2008.

[9] 蒋海涛, 丁丹丹, 韩润平. 城市初期雨水径流治理现状及对策[J]. 水资源保护, 2009, 25(3): 33-36. (JIANG Haitao, DING Dandan, HAN Runping. Countermeasures and present conditions for managing urban initial rainwater runoff [J]. Water Resources Protection, 2009, 25(3): 33-36. (in Chinese))

[10] 赵薇, 张艳桥. 人工湿地在雨水处理与湖泊水质改善中的应用研究[J]. 环境保护科学, 2010, 36(1): 24-27. (ZHAO Wei, ZHANG Yanqiao. Application Study on Constructed Wetland in Rairwater Treatment and Lake Water Quality Improvement[J]. Environmental Protection Science, 2010, 36(1): 24-27. (in Chinese))

(收稿日期:2012-03-05　编辑:高渭文)