

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.06.016

青岛高新区生态水系补水方案

于函平¹, 孙琳², 薛松³

(1. 青岛理工大学环境与市政工程学院, 山东 青岛 266033; 2. 青岛市水利勘测设计研究院有限公司, 山东 青岛 266071;
3. 青岛保税港区管委会建设局, 山东 青岛 266555)

摘要:在对区域内自然环境现状进行调查的基础上,结合生态环境需水量以及周边水源在水质、水量方面的对比,展开了对青岛高新区远期生态水系补水方案的研究。通过方案比选,提出了该区远期生态水系补水的推荐方案:在优先利用高新区汇水面积范围内雨水径流的基础上,利用上马污水处理厂和出口加工区污水处理厂的再生水作为补水水源的方案。同时,为防止污水处理厂出现出水水质不稳定的情况,将大沽河南庄橡胶坝水源作为应急补水方案。

关键词:生态水系;再生水;补水方案;青岛高新区

中图分类号:X171.1 文献标志码:B 文章编号:1004-6933(2014)06-0075-05

Water supplement solution for ecological system in Qingdao High-Tech Zone

YU Hanping¹, SUN Lin², XUE Song³

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China;
2. Qingdao Water Conservancy Survey Design Institute Co., Ltd., Qingdao 266071, China;
3. Qingdao Free Trade Port Area Management Committee Construction Bureau, Qingdao 266555, China)

Abstract:Based on investigation of the regional natural environment, and according to eco-environmental water demand and the comparison of water quality and quantity in surrounding water sources, we conducted a study of the long-term water supplement solution for the ecological system in the Qingdao High-Tech Zone. With comparison of various solutions, we propose the best solution: giving priority to the utilization of rainfall in the catchment area of the high-tech zone, and using the reclaimed water from the Shangma Sewage Treatment Plant and the export processing zone sewage treatment plant as the water supplement sources. At the same time, to avoid the instability of the reclaimed water quality, we put forward an emergency solution: using the water source of the rubber dam on the Dagu River as the water supplement source.

Key words: ecological water system; reclaimed water; water supplement solution; Qingdao High-Tech Zone

20 世纪 90 年代,在 Rashin 等提出了水资源可持续利用的思想后,兴起了大量关于生态需水的研究,随后 Baird 等人针对各类型生态系统的基本结构和功能,较详细地分析了植物和水文过程的相互关系,再次强调了水作为环境因子对自然保护和恢复的作用^[1]。为维持地表水的生态环境,实现水资源可持续利用,生态补水又是维持生态水系最有效可行的方法。青岛高新区总体规划对区域内的现有河道和排水体系进行整治,以求实现水系的合理利用,并塑造高品质特色景观环境。笔者在对青岛高

新区生态水系进行研究的基础上,对其维持生态需水的补水方案进行了研究。

1 研究区域现状

青岛高新区位于胶州湾底部红岛北侧,总规划面积约 63.44 km²,濒临黄海,地处北温带季风气候区,气候受海洋和大陆的影响,区域多年平均降水量为 676.2 mm(1952—2008 年),降雨年内变幅大,时空分布极为不均,汛期(6—9 月)4 个月降水量占全年降水量的 72.2%。

作者简介:于函平(1989—),女,硕士研究生,研究方向为污水处理与回用。E-mail:yuhanping1989@163.com

根据青岛高新区总体规划,对现有河道和规划排水体系进行水系改造、水质维护。近期生态水系建设主要包括:羊毛沟及其支沟、葫芦巷(包括中央泻湖)、市北工业园排水沟(包括咸水湖)等,汇流面积 75.76 km²,根据《青岛高新技术产业新城生态水系景观规划》,将高新区建设成为以水生态为核心的滨海湿地水乡特色宜居城市新区,其生态水系蓄水位为 2.0 m,区内在此蓄水位下形成水面面积 3.618 km²,总蓄水量 720.94 万 m³。远期(2020 年)高新区全部区域生态水系建成,总汇流面积 125.39 km²,蓄水位 2.0 m 下形成总水面面积 6.082 km²,总蓄水量 1 188.75 万 m³。青岛高新区现状水系分布如图 1 所示。



图 1 青岛高新区现状水系分布

2 生态水系补水方案

根据青岛高新区现状水资源的调查分析^[2],对远期高新区生态水系的水量平衡进行计算,合理分析不同发展时段内利用区域内水资源、客水资源及再生水资源进行生态水系补水的可行性,对补水方案进行设计比选,并推荐经济、合理、可行的补水方案。

2.1 生态环境总需水量的计算

生态环境需水量是指生态系统达到某种生态水平或者维持某种生态系统平衡所必须消耗和储存的最小水量,主要用以维持水体内水生动植物的正常生长、满足蒸发渗漏、污染自净和入渗补给等方面的要求^[3]。生态环境需水包括水量和水质两个方面的要求:首先,水量要满足水生态系统的需求;其次,在满足水量要求的基础上,水质应确保水生态系统处于健康状态。生态需水量通常包括消耗性需水量和非消耗性需水量两部分:其中消耗性需水量主要包括渗漏需水量与水面蒸发量,非消耗性需水量主要指为维持水体的生态环境功能而需要预留的水量。生态需水量的计算,最终目的是应用于补水方案的规划与设计,为其提供科学依据^[4]。

a. 水面蒸发量计算。

$$W_v = 0.1AE_w$$

式中: W_v 为水面蒸发需水量,万 m³; A 为水面面积, km²,在满足景观要求蓄水位 2.0 m 的要求时,相应水面面积 6.082 km²; E_w 为水面蒸发量, mm。

b. 水面降雨量计算。

$$Q_r = 0.1Ap$$

式中: Q_r 为水面降雨量,万 m³; p 为单位面积降雨量, mm。

c. 渗透需水量计算。

$$W_g = ktA'$$

式中: W_g 为渗漏需水量,万 m³; k 为渗漏系数, m/s; t 为渗漏时间, s; A' 为渗透面积, m²,高新区内生态水系库底面积为 4.932 km²。

d. 水体净化循环水量计算。为维持水体生态功能,必须对水体内蓄水进行一定的循环,结合北京市六海生态净化水量换水系数^[5]、胶州市城区河道水系整治工程实际,本次高新区内生态水系净化循环时间确定为每年的 10 月、11 月、3 月、4 月、5 月和 6 月,每月循环水量确定为总蓄水量 20%。

e. 生态环境总需水量计算。由于青岛高新区进行高标准的生态水系建设,因此,对生态水系的水量保证提出了较高的要求,确定高新区生态水系降水保证率为 75%。根据《河道内生态需水评估导则(试行)》^[6]中关于湖泊生态需水的计算方法,汇总各河流需水量计算成果,得到高新区生态水系在 $P=75\%$ 降水保证率下总需水量。计算结果如表 1 所示。

2.2 补水方案的比对

根据青岛高新区生态水系需水量的计算,并结合区域内、外可利用水源的水量和水质现状的调查发现,因地制宜提出了以下几种补水方案:即雨水蓄积利用(方案一)、洪江河客水资源利用(方案二)、桃源河客水资源利用(方案三)、墨水河客水资源利用(方案四)、大沽河客水资源利用(方案五)、再生水利用(方案六),以及地下水资源利用(方案七)。以下分别对上述方案的水量和水质进行分析。

2.2.1 水量分析

由上述需水量计算可知,远期高新区生态水系在 $P=75\%$ 降水保证率下,总需水量为 1 632.3 万 m³/a。通过现状调查,方案二中的洪江河橡胶坝引水量约为 242 万 m³,为中部和东部片区生态水系需水量的 14.8%,在需水量最多的 4 月、5 月份,洪江河橡胶坝蓄水只能提供需水量的 10%、13.3%,并不能满足需水要求;方案三中的桃源河大涧挡潮闸蓄水引水量约为 432 万 m³,是整个高新区生态水系需水量的 26.5%,在需水量最多的 4 月、5 月份,大涧挡潮闸蓄水只能提供需水量的 15.6%、27.1%,也不能

表 1 水量平衡计算 (P=75%)										万 m ³
月份	羊毛沟来水量	区域降水产流	水面降水量	来水量	水面蒸发量	库底渗漏量	循环水量	耗水量	需补水量	弃水
1	5	0.0	0.67	5.67	16.60	13.21	0.00	29.81	24.14	0.00
2	4	2.0	4.68	10.68	20.62	11.93	0.00	32.55	21.87	0.00
3	7	5.8	4.80	17.60	42.39	13.21	237.75	293.35	275.75	0.00
4	14	18.1	3.35	35.45	67.02	12.78	237.75	317.56	282.11	0.00
5	19	23.2	5.35	47.55	84.17	13.21	237.75	335.13	287.58	0.00
6	19	82.5	42.33	143.83	83.02	12.78	237.75	333.55	189.72	0.00
7	17	76.1	144.51	237.61	64.17	13.21	0.00	77.37	0.00	160.23
8	17	110.7	62.46	190.16	60.15	13.21	0.00	73.36	0.00	116.80
9	128	25.5	5.23	158.73	50.42	12.78	0.00	63.20	0.00	95.53
10	9	8.1	14.48	31.58	42.39	13.21	237.75	293.35	261.78	0.00
11	0	0.0	0.00	0.00	25.79	12.78	237.75	276.32	276.32	0.00
12	0	0.0	16.24	16.24	16.06	13.21	0.00	29.27	13.03	0.00
合计	239	352.0	304.10	895.10	572.80	155.54	1426.50	2154.84	1632.30	372.56

满足需水要求;方案四中的墨水河橡胶坝蓄水引水量约为 477.03 万 m³,是中部和东部片区生态水系需水量的 47.6%,在需水量最多的 4 月、5 月份,墨水河橡胶坝蓄水只能提供需水量的 40.4%、53.6%,不能完全满足需水要求;方案五中的大沽河南庄橡胶坝的蓄水,除 90%降水保证率下不能满足高新区生态水系补水要求外,其他各频率均能提供可靠的水源保证;方案六中的出口加工区污水处理厂和上马污水处理厂远期再生水处理达到设计规模(出口加工区再生水厂生产的再生水 4 万 t/d,上马污水再生水厂生产的再生水 4.9 万 t/d),再生水出水已考虑景观用水量,可以作为远期高新区生态水系的补水水源,具有水量稳定的特性,不间断的再生水补水水源使水系具有流动性,与单独采用客水水源补水不同,无须再考虑循环净化用水水量。

2.2.2 水质分析

从水质上看,经过调查分析得知,方案二中,洪江河上游污染较为严重,来水水质不能满足高新区内景观水水质要求,若作为补水水源需进行水质改善处理;方案三中,桃源河水质为劣 V 类,来水水质不能满足高新区内景观水水质要求,若作为补水水源需进行水质改善处理;方案四中,虽然沿墨水河主河道截污管道工程已部分实施,但现状墨水河水质仍然较差,近期如计划直接引用墨水河水源仍需对引水水质进行改善处理;方案五中,大沽河来水水质较好且稳定,从大沽河直接引水不需要经过水质净化处理,基本可以满足高新区生态水系水质要求,但今后需要进一步加强大沽河上游点源、面源污染的治理问题;方案六中,若对出口加工区污水处理厂和上马污水处理厂的出水进行有针对性的再生深度处理后,再生水水质完全可以满足生态水系水质要求;由于高新区内地下水资源主要分布在区域东南部,水质受海水影响为咸水,如大量抽取地下水,将导致

海水入侵,因此,研究不推荐将地下水利用的方案七作为补水水源。

通过对以上各补水水源水量和水质的比较可以看出(表 2),高新区区域及周边可以利用的补水水源中,污水处理厂再生水是作为高新区内生态水系中较好的补水水源。

表 2 各种补水方案比较

补水方案	补充水源		能否利用
	水量	水质	
方案一	优先利用	初期雨水水质较差 羊毛沟上游来水水质差	能
方案二	为中东部补水 14.8%	劣 V 类	否
方案三	为全区补水 26.5%	劣 V 类	否
方案四	为中东部补水 29.2%	劣 V 类	否
方案五	可以满足	Ⅲ ~Ⅳ类	能
方案六	可以满足	城市污水再生利用 景观环境用水水质	能
方案七	764.24 万 m ³	咸水	否

3 生态水系补水推荐方案

将上述研究对比分析可知,为满足远期高新区生态水系对补水水源的要求,推荐高新区生态水系补水方案为:①上马和出口加工区两处污水处理厂再生水作为补水水源;②大沽河南庄橡胶坝水源作为应急补水水源。

3.1 再生水补水可行性分析

城市污水回用技术在国外已实施很久。美国^[7]、以色列^[8]、日本^[9]等国是世界上较早利用再生水的国家。国内由于近几年来城市缺水较为严重,为解决缺水问题,在山东、内蒙古、天津和北京等地方建立了再生水厂,主要回用于农业牧业、工业及城市景观环境方面^[10]。因此有必要通过综合规划和合理分配,提高再生水系统的功能。

3.1.1 补水规模

补水方案拟采用上马污水处理厂再生水补充中

部和东部片区水系,出口加工区污水处理厂补充西部片区水系。笔者将水系需补水量中最大月需水量与再生水利用规模进行对比,研究再生水利用规模是否满足生态水系补水要求。分片区在 $P=75\%$ 降水保证率下的逐月需水量如表 3 所示。

表 3 各片区逐月需水量 ($P=75\%$)

月份	逐月需水量/万 m ³	
	中部和东部片区	西部片区
1	12. 71	11. 43
2	12. 32	9. 55
3	21. 86	16. 14
4	26. 46	17. 90
5	29. 22	20. 61
6	0. 00	0. 00
7	0. 00	0. 00
8	0. 00	0. 00
9	0. 00	0. 00
10	13. 43	10. 60
11	23. 31	15. 26
12	8. 12	4. 91
合计	147. 43	106. 40

由表 3 可知,其中 5 月份需水量最大,中部和东部片区为 29. 22 万 m³,约合 0. 94 万 t/d,小于上马污水处理厂 4. 9 万 t/d 的处理能力;西部片区为 20. 61 万 m³,约合 0. 66 万 t/d,小于出口加工区污水处理厂 4 万 t/d 的处理能力。因此,高新区总体规划中确定的两处污水厂处理规模完全可以满足各分区生态水系补水水量要求。

3.1.2 水质指标对比

高新区生态水系的水质直接关系到水系能否达到景观功能和公众健康的要求,将城市污水回用于景观用水不仅要求水量稳定,对水质也有严格要求。

目前,我国将城市污水回用于景观环境用水的现行相关标准为 GB/T 18921—2002《城市污水再生利用 景观环境用水水质》。根据总体规划,上马污水处理厂出水水质执行 GB18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准,出口加工区污水处理厂出水水质执 GB18918—2002 行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准。为确定再生水作为景观水体补给水源的可行性,对污水处理厂出水典型水质指标与 GB/T 18921—2002 进行了对照,如表 4 所示。

从上面所选择的典型指标对比结果可以看出:污水处理厂出水达到一级 A 标准后,除 COD 指标外,其余指标基本能满足再生水水质要求;对于污水出水一级标准 B,COD、BOD、NH₃-N、石油类及阴离子表面活性剂都难以满足水质要求,因此,对于不同

表 4 再生水与景观用水典型水质指标对比 mg/L

指 标	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{BOD}_5)$	$\rho(\text{SS})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ (以 N 计)	$\rho(\text{TP})$ (以 P 计)	阴离子 表面活性剂 $\rho(\text{石油类})$	
一级标准 A	50	10	10	5(8)	0. 5	0. 5	1
一级标准 B	60	20	20	8(15)	1	1	3
景观水质标准 (观赏性河道)		10	20	5	1	0. 5	1

注:①括号外数值为水温>120℃时的控制指标,括号内数值为水温≤120℃时的控制指标。②色度均为 30。

的出水应当选择不同的深度处理工艺,当出水水质达到景观用水标准后,作社会用水和生态景观水体的水源补充,避免或减少调用清洁水源,实现了经济效益和环境效益的协调。

通过以上分析,青岛高新区内两处污水处理厂的出水再经过一定的深度处理后,完全可以满足景观回用的要求。因此,从水质与水量角度出发,利用再生水作为远期高新区生态水系的补水水源是可行的。

3.2 应急补水方案

高新区生态水系采用再生水作为补水水源,是一个连续引水的补水措施,不仅可以有效地补充由于蒸发、渗漏造成的水系水量消耗,还可以形成不间断的水量循环过程。但由于污水厂收纳的污水(尤其是工业废水)具有水质变化大的特点,容易对污水厂生物处理群落造成影响,从而降低出水水质和再生水水质,致使再生水无法为生态水系提供有效补充。一旦不达标再生水进入生态水系循环系统,将对水系已有的生态系统和景观效果造成严重影响,此时,应该及时考虑关闭再生水补水系统,待深度处理达标后再进行补水;若长时间监测再生水出水不达标或已造成水系较大污染的,可考虑采用大沽河南庄橡胶坝引水进行补水,尽量稀释污染物浓度,同时考虑水系内部自身净化系统的调节,尽快恢复景观水质。

4 结 语

通过对青岛高新区区域及周边水源的调查研究分析可知,在优先利用高新区汇水面积范围内雨水径流的基础上,不论从水质还是水量的角度出发,再生水都是持续可靠的补水水源,既有助于解决生态水系水量短缺、水质较差的问题,又美化了城市环境,并且以大沽河南庄橡胶坝水源作为应急补水水源,更是从水质方面增强了方案的可靠性。因此,高新区再生水达到设计规模后,作为生态水系的补水水源是可行的,将有助于高新区逐渐发展成为环境友好型生态城市创新区。

参考文献:

[1] 杨柳,马克明,白雪,等. 洪河国家级自然保护区最小生

态需水量与补水分析[J]. 生态学报,2008, 28(9): 4501-4507. (YANG Liu, MA Keming, BAI Xue, et al. The least ecological water demand and water supplement for wetland in Honghe National Nature Reserve[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(9): 4501-4507. (in Chinese))

[2] 薛松. 某高新区生态环境需水量及区域水源调查分析研究[D]. 青岛:青岛理工大学,2013.

[3] 马乐宽,李天宏. 关于生态环境需水概念与定义的探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(5):168-173. (MA Lekuan, LI Tianhong. On the concept and definition of eco-environmental water requirement[J]. China Population,Resources and Environment, 2008, 18(5): 168-173. (in Chinese))

[4] 关代宇,贾海瀛. 天津泰达再生水景观水体构建技术及工程示范[J]. 中国给排水, 2013, 29(3): 33-37. (GUAN Daiyu, JIA Haiying. Construction technology and project demonstration of reclaimed landscape water body in TEDA[J]. China Water & Wastewater,2013, 29(3): 33-37. (in Chinese))

[5] 肖芳,刘静玲,杨志峰. 城市湖泊生态环境需水量计算:以北京市六海为例[J]. 水科学进展, 2004, 15(6): 781-786. (XIAO Fang, LIU Jingling, YANG Zhifeng. Case study: calculation of eco-environmental water demand of urban lake for Six Lakes of Beijing[J]. Advances in Water Science, 2004, 15(6): 781-786. (in Chinese))

[6] 中国水利水电科学研究院. 河道内生态需水评估导则(试行)[R]. 北京:中国水利水电科学研究院,2008.

[7] 李春光. 美国污水再生利用的借鉴[J]. 城市公用事业, 2009, 23(2):25-28. (LI Chunguang. Reference of America's sewage recycling[J]. Public Utilities,2009, 23(2): 25-28. (in Chinese))

[8] 刘俊良. 城市节制用水规划原理与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003:125-128.

[9] 宋晓红,李振海. 日本污水处理及回收再利用实例分析[J]. 电力环境保护, 2006, 22(1): 37-39. (SONG Xiaohong, LI Zhenhai. Example introduction on wastewater treatment and reuse in Japan[J]. Electric Power Technology and Environmental Protection, 2006, 22(1): 37-39. (in Chinese))

[10] 郭宇杰,王学超,周振民. 我国城市污水处理回用调查研究[J]. 环境科学,2012, 33(11):3881-3884. (GUO Yujie, WANG Xuechao, ZHOU Zhenmin. National survey of urban sewage reuse in China[J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2012,33(11): 3881-3884. (in Chinese))

(收稿日期:2014-01-15 编辑:高渭文)

欢迎订阅《水资源保护》杂志

中国科技核心期刊 RCCSE 核心期刊
ISSN 1004-6933 CN 32-1356/TV

《水资源保护》是由河海大学和中国水利学会环境水利专业委员会主办的科技期刊。该期刊针对我国水资源短缺、用水效率不高、水污染严重等突出问题,探讨水资源保护工作中的基础研究、防治技术、宏观管理及水环境治理问题,重点关注水环境、水资源和大江大湖的环境生态问题和可持续发展问题。主要栏目有科学研究、应用技术、综合述评、管理研究等。

《水资源保护》是中国学术期刊综合评价数据库来源期刊、中国核心期刊(遴选)数据库统计源期刊,已被美国化学文摘(CA)数据库、美国《剑桥科学文摘》(CSA)数据库、波兰哥白尼索引(IC)数据库、中国期刊网、中国数字化期刊群、水信息网、北极星网、中华期刊网、中文科技期刊数据库(VIP)、中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)等收录和引用,长期以来一直都是水利界和环保部门备受关注的重点期刊,2012年、2014年连续被教育部科技司授予“中国高校特色科技期刊”称号。

《水资源保护》主要读者对象为全国从事与水资源保护工作有关的工程技术人员、科研人员、管理人员以及大专院校师生,邮发代号:28-298,双月刊,96页,12元/期,全年共计72元,每逢单月20日出版。可向当地邮局订阅,若无法从邮局订阅,亦可在本刊网站下载征订单。

编辑部地址:南京市西康路1号 河海大学《水资源保护》编辑部
邮政编码:210098 电话/传真:(025)83786642
E-mail:bh1985@vip.163.com; bh@hhu.edu.cn
http://kkb.hhu.edu.cn/web/indexbh.asp? d_id=37