

生态工业园区水资源循环利用模式构建

贺亮¹, 王伯锋¹, 邹宁² (1. 西北大学环境科学系, 陕西西安 710127; 2. 西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054)

摘要 从工业用水现状和生态工业园区建设的角度出发, 探讨生态工业园区水资源循环利用的理论和技術, 认为水循环利用的基本思路是实现资源化、减量化。通过社会区域、园区企业之间和企业内部 3 个层面构建水循环的区域载体, 利用中水回用、水梯级利用和雨水资源化等技术实现水循环模式的构建, 同时以西安某高科技工业园区为例, 提出了水循环系统建设的具体途径和措施。

关键词 生态工业园区; 水循环; 中水回用; 水梯级利用; 雨水资源化

中图分类号 X703 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)23-11092-03

Construction of Water Recycling Use Model in Eco-industrial Park

HE Liang et al (Department of Environment Science, Northwest University, Xian, Shaanxi 710127)

Abstract From the status of industrial water use and eco-industrial park construction, the theories and methods of eco-industrial park water recycling use were explored and the basic idea of water recycling use was resource recovery and reduction. Through the social area, between enterprises and enterprises in the park and enterprise internal to build the water cycle, through the technology of reclaimed water reuse, cascade water use and rainwater resources to build the water cycle mode, taking a high-tech industrial parks in Xi'an for example, a specific ways of the construction of water recycling system and measures was proposed.

Key words Eco-industrial park; Water cycle; Reclaimed water reuse; Cascade water use; Rainwater resources

传统意义的城市水循环模式强调水资源的供给管理, 其主要任务是通过建设供水设施, 扩大供给能力以满足不断增长的用水量需求^[1], 这与我国淡水资源稀缺的现状极不相称。对于工业园区的用水问题, 国家已做出明确规定, 国家鼓励各类产业园区的企业进行水的分类利用和循环使用, 而企业应当积极发展串联用水系统和循环用水系统, 以提高水的重复利用率^[2]。生态工业园区作为以物质循环再生为基础的工业园区, 其定义在于: 为了有效地共享资源(信息、物资、水、能源、基础设施和天然生境)而彼此合作且与地方社区合作的产业共同体, 寻求能源和原材料消耗的最小化、废物产生的最小化^[3]。因此, 为了实现上述目标, 可以利用“减量化、水再使用、水再生利用、水再循环、水资源管理”的水循环经济模式^[4], 使生态工业园区成为水资源循环系统的有效平台, 增加水资源在社会循环中的停留时间, 使水资源得到充分利用, 为削减工业用水量、提高用水效率和减少废水排放量等问题的解决提供解决新的思路。为此, 笔者以西安某高科技工业园区为例, 探索构建高科技工业园区的水循环利用模式, 并将其作为生态工业园区水资源循环利用的一种实践。

1 理论与技术 与自然生态系统中食物链关系相类似, 在生态工业园区水系统中, 系统各部分之间进行交换和流动的“物质和能量”是水, 各种未经处理的自然水源(包括江河湖海以及雨水)和自来水厂可分别视为一、二级生产者; 按照对水质要求的不同, 不同的用户可分别视为一、二、三级消费者; 对废水进行处理的污水处理厂以及河湖系统的自然纳污可分别视为一、二级分解者。

1.1 水循环利用的区域载体 水循环模式的建立以生态工业园为基础, 寻求企业间用水的共生关系, 但生态工业园区往往建立在城市社会区域内部, 属于城市系统的一部分, 与整个城市存在物质和能量交换。同时, 生态工业园区用水以区内企业为主体, 企业是用水的源头和“生态链”的节点, 因

此, 应将水循环区域载体分成城市社会区域循环, 园区企业间循环和企业内部循环 3 个层面。

1.2 水循环利用的基本思路 水循环利用的基本思路是资源化和减量化, 这可在工业和社会生活 2 个方面实现。通过清洁生产和集成水系统的建立, 实现用水的减量化; 通过水资源的梯级利用和中水回用实现用水的资源化, 根据区内企业用水性质不同, 可将水资源分成超纯和极纯水、去离子水、饮用水、清洗用水、灌溉用水等, 同时采用蒸汽冷凝回用、间接冷却水循环利用和封闭水循环等技术^[5], 在区内建立中水回用系统和再生水厂, 使不同企业分别成为上游生产者和下游消费者。对于高科技工业园区, 由于上游企业对水质的要求较高, 这种梯级作用更加明显, 因此对水循环的利用更加有效。

1.3 水循环利用的技术手段 主要包括: 城市雨水收集利用技术、中水再生回用技术、人工河湖与湿地系统、海水淡化技术、土壤与地下水修复技术、河流湖泊生态修复技术、节水技术和节水器具等。通过对以上技术的综合运用, 使生态工业园区的雨污水实现资源化利用, 从而起到保障用水水质、增加水生生态效果等作用。

2 实例研究

西安市某高科技工业园区规划面积为 23.04 km², 计划建成以航天科技、电子信息、新能源新材料、创意文化和现代服务业等五大产业为主, 集航天科技产业、创意产业和休闲康居为一体的航天科技新城。2015 年将达到生态工业园区要求。

2.1 大循环——区域水循环网络系统 在整个生态工业园区所在的社会区域内, 将水循环系统分成自然生态系统和社会经济系统 2 个基本单元。自然生态系统水循环包括人工河湖系统和雨水收集系统, 以人工河湖系统为核心, 以截污截流、循环、生态修复、自然净化和自然排放为技术手段进行综合设计, 实现人工河湖水质保障、雨污水资源综合利用、排洪防涝和景观效果等多个目标; 社会经济系统包括污水处理系统和再生水厂。

人工河湖系统由人工湖、人工河道和人工湿地组成。河

作者简介 贺亮(1984-), 男, 辽宁鞍山人, 硕士研究生, 研究方向: 环境影响评价与环境规划。

收稿日期 2009-04-22

湖系统设计总长度 18 km, 水系总水面面积为 32.43 hm², 水系总需水量为 3.87 × 10⁵ m³; 人工湖 3 座, 总水面面积 8.5 hm², 总需水量为 1.65 × 10⁵ m³, 人工河道长度 18 km, 水面面积 7.93 hm²; 人工湿地 2 座, 总水面面积 16 hm²。水系水源以污水再生水为主, 外来水源用作调剂和补充。人工湿地主要用于对污水处理厂出水的深度处理, 以及用于对初期雨水收集处理后的深度处理, 同时起到景观效果。

雨水收集系统由集流区、输水系统、截污净化系统、储存系统以及配水系统等组成。雨水收集采用蓄水池、人工河湖和生态绿地联合收集。园区雨水汇水总面积 23 km², 全年雨水资源总量为 1 052 × 10⁴ m³, 初期雨水蓄水池设计总规模 1.2 × 10⁴ m³。蓄水池主要收集前期污染较重的雨水径流; 人工河湖系统主要收集中后期较洁净的雨水径流; 生态绿地主要收集自然降水。雨水截污净化采用“高效澄清-人工湿地”工艺, 通过高效固液分离、多介质过滤及封闭 UV 消毒设

备等, 再经过人工湿地的深度净化, 进而达到水质要求。

污水处理系统的建设规模为 9.0 × 10⁴ m³/d, 采用常规“AO 工艺+膜生物反应器”为主体配合湿地再生利用技术, 使该系统设计的出水指标达 COD ≤ 10 mg/L, BOD₅ ≤ 8 mg/L, NH₃-N ≤ 5 mg/L。

工业和城市生活产生的污水经污水处理系统处理后, 一部分排入园区污水处理系统进行处理后, 可用于工业生态系统的工业用水、工业冷却水以及城市生活系统的清洗用水等; 一部分经由污水处理系统和再生水厂排入人工湿地进行深度处理后可用于补充人工湖景观用水; 初期雨水收集后进入蓄水池, 经中心公园湿地净化后进入人工湖作为景观用水, 并进入绿地进行灌溉; 后期雨水水质较好, 收集后部分直接进入河湖系统, 其余通过雨水管道进入皂河。人工河湖退水采用自然排放的方式排入园区以西的皂河。

区域水循环系统模式如图 1 所示。

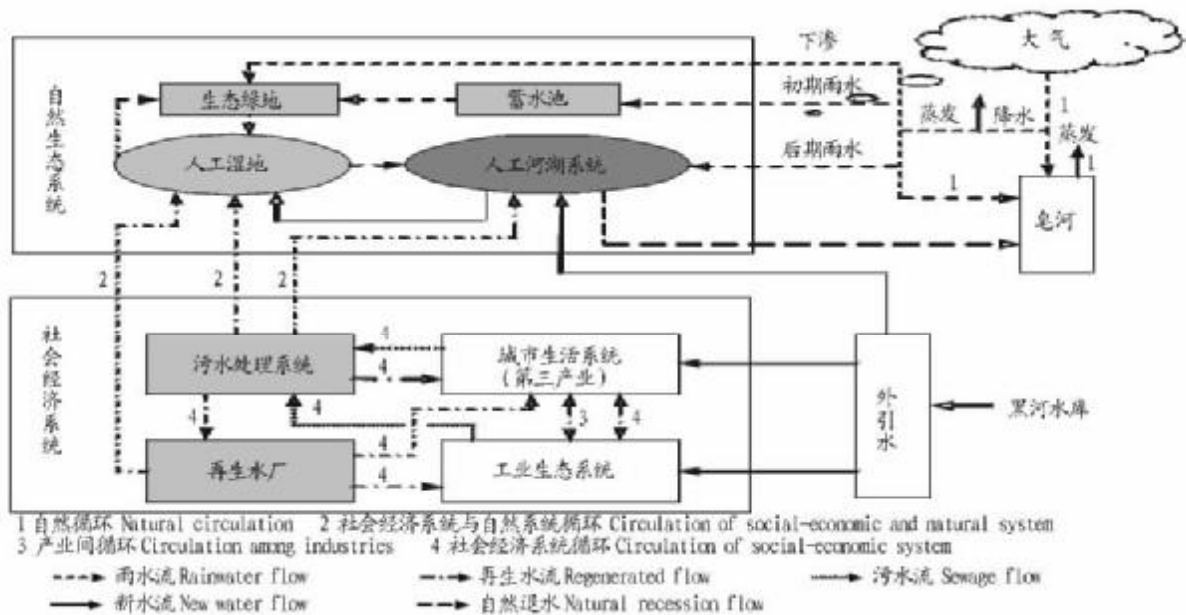


图 1 区域水循环系统模式

Fig. 1 The model of regional water circulatory system

2.2 中循环——工业生态经济水循环链 根据西安市某高科技园区产业集群的特点, 按水资源的用途不同分成航天产业、电子信息产业、食品工业、生物技术与制药、装备制造、现代服务业与社会生活等 5 个相互独立而共生的社会经济生态群落, 它们之间相互通过用新鲜水、污废水、再生水流动连接, 而每个独立生态产业链系统内的闭合循环箭头(图 2), 表明了同行业内水资源的最大循环使用。

构建的水资源循环链包括: ①黑河水库—自来水—航天产业、电子信息产业和装备制造的重金属废水—园区污水处理系统—资源回收再生加工; ②黑河水库—自来水—生物技术与制药工业和食品工业的有机废水—园区污水处理系统—再生水厂; ③再生水厂—再生水—航天产业、电子信息产业和装备制造的重金属废水—园区污水处理系统—资源回收再生加工; ④再生水厂—再生水—生物技术与制药工业的有机废水—园区污水处理系统—再生水厂; ⑤再生水厂—再生水—现代服务业与社会生活的生活污水—园区污

水处理系统; ⑥园区污水处理系统—冷却水—热电公司。构建的工业生态经济水循环链见图 2。

2.3 小循环——企业原位水处理应用 企业内部水循环是从企业自身考虑出发对水资源的有效利用, 主要通过清洁生产审核与中水回用措施实现减量化和资源化。工业废水、厂区生活污水以及小区生活污水作为污水回用系统的原水, 进行原位处理后满足工业用水或生活杂用水要求, 在园区内部选择具有代表性的企业作为清洁生产重点审核对象, 通过对企业各用水环节的具体分析, 制定实现水量削减以及提高水资源利用效率的清洁生产方案。

3 水循环系统建设的途径与措施

3.1 水循环管理体制的建立 包括制定与现行水法相配套的生态工业园区水循环法律制度和相关政策标准, 如制定具体的循环水开发利用的税收、财政和补贴政策, 鼓励公共基础设施和企业进行内部循环水利用等^[6]; 从“水源、供水、用水、排水”4 个环节确定供水量和排污量, 实现“以供定需”的

管理模式;同时有针对性的选择入区企业,并加强园区管委 会对区内水资源管理的执法力度。

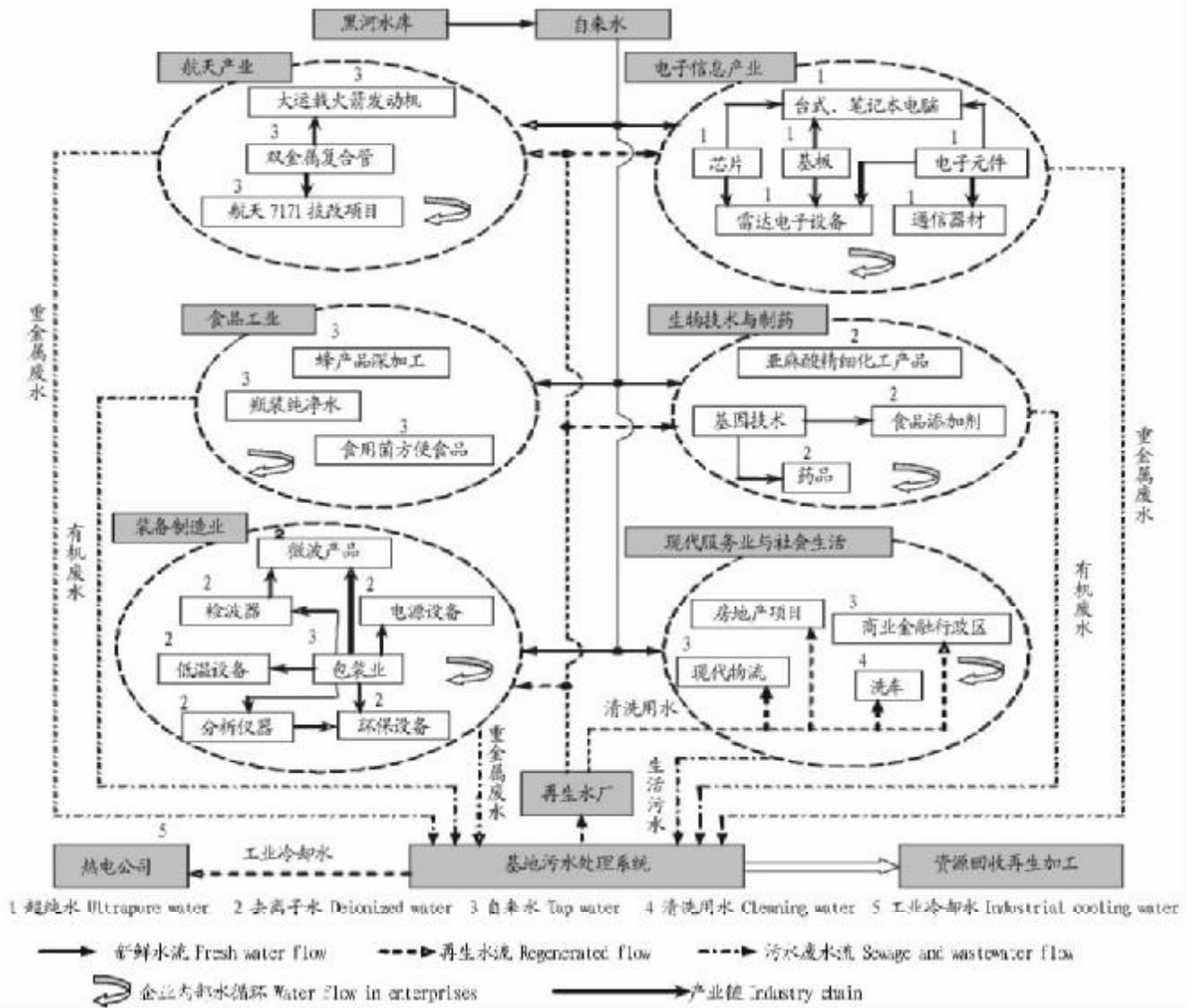


图2 工业生态经济水循环链

Fig.2 Industrial eco-economic water cycle chain

3.2 水循环经济运行模式的建立 对于进驻生态工业园区的企业,因其用水规模和效益不同,所以必须加强用水定额管理,对每创造万元产值所需的水量进行限定,以合理配置水资源。同时要促进水价市场和水权市场的建立,制定详细的饮用水和循环水成本和价格方案,通过市场运行机制,扩大自来水与再生水的价格差异以刺激入区企业使用再生水,这样既可保障园区企业的用水利益,又可给区内企业带来经济效益。

3.3 水循环技术保障体系的建立 生态工业园区应为入区企业在管网铺设、水重复利用、污水处理、水质监测和信息一

体化方面提供技术服务。

参考文献

[1] 马忠玉, 蒋洪强. 我国水循环经济若干理论问题及其发展对策[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2006 (3): 21 - 27.
 [2] 全国人民代表大会常务委员会. 循环经济促进法[Z]. 北京: 中华人民共和国主席令第4号, 2008.
 [3] CAPE CHARLES. Eco-industrial park workshop proceedings [M]. October: Cape Charles Virginia, 1996.
 [4] 张兴文. 城市水循环经济模式与技术支持系统 [D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
 [5] 国家环境保护部. 生态规划示范区规划指南 (试行) [Z]. 2003.
 [6] 陆静超, 袁一星, 王晨, 等. 循环经济下的城市水循环[J]. 给水排水, 2007, 33 (7): 44 - 45.