

城市雨水利用在区域规划环评中的可行性分析

常春芝^{1,2}

(1. 辽宁省环境科学研究院, 辽宁 沈阳 110031; 2. 辽宁省流域污染控制重点实验室, 辽宁 沈阳 110031)

摘要:我国目前正处于城市化快速发展阶段,随之而来的城市雨水资源的大量流失和污染严重的雨水径流及由此引起的城市洪灾和生态环境破坏等问题引起了人们的高度关注。对开发区雨水利用可行性分析结果表明:开发区雨水收集量可占总用水量的2.5%—8.0%,可节约用水费用12%—20%;与污水回用相比,在污水量小于5 000 m³/d时,采用雨水收集利用更加经济可行。因此,提出在区域规划层次上,应提高对城市雨水利用对策的重视,充分发挥区域规划环境影响评价宏观控制、协调的作用。

关键词:城市雨水利用;区域规划;环境影响评价

中图分类号:X143 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2008)03-0024-05

1 引言

雨水作为一种极有价值的水资源,早已引起世界各国的关注,雨水利用发展较快的是德国和日本等国家。我国城市雨水利用的研究与应用自20世纪80年代开始,并于90年代发展起来,基本处于探索与研究阶段。随着人口剧增和经济高速发展,水的供求矛盾已成为制约城市发展的瓶颈,将雨水作为重要水资源加以收集、处理、利用,已经成为节约水资源的重要的课题。

中国平均水资源总量为28 100亿m³,人平均水资源量为2 200 m³,排在世界第88位,人平均水资源仅为世界人平均的1/4^[1]。根据“国际人口行动”对我国水资源进行的总体评价,预计到21世纪中叶我国人口将达到16亿高峰时,每人平均水资源量将下降到1 760 m³,全国将接近用水紧张国家的边缘^[2]。根据国家水利局统计资料,全国600多个城市中有400多个存在资源性或水质性缺水问题,正常年份全国城市缺水已达60亿m³,2000年已有100多个县级以上的城市被迫限量供水^[3]。

城市发展中不透水面积的增加,导致雨水流失量增加和水循环系统的平衡遭到破坏,我国许多城市水资源严重不足,而大量雨水资源却白白流失,雨水利用率不到10%^[4]。城市化发展导致雨水径流污染程度加重,沥青油毡屋面、沥青混凝土道路和磨损的轮胎及融雪剂、农药、杀虫剂的使用等均会使径流雨水中含有大量污染物,道路雨水径流的初期雨水的污染程度通常超过城市污水。城市雨污合流制管

系的溢流污染导致城区部分河道和湖泊仍然发生水质恶化、藻类大量繁殖。城市化的进程增加了城市的不透水面积,致使雨(雪)水无法直接渗入地下,洼地蓄水大量减少。土地利用情况的改变造成从降水到产流的时间大大缩短,产流速度和径流量均大大增加,原有管线可能不会满足要求,造成城市洪灾。

一方面是水资源的严重短缺,另一方面也反映出由于城市雨水资源得不到收集利用,特别是汛期,容易造成城市洪涝灾害,引发危害并威胁人们健康。

2006年国家建设部发布《建筑与小区雨水利用技术工程规范》。鉴于此,本文通过对开发区内雨水利用可行性分析,在区域规划层次上,提出对城市雨水利用对策的重视,建议充分发挥区域规划环境影响评价宏观控制、协调的作用。

2 城市雨水利用概念

2.1 定义

城市雨水利用有狭义和广义之分^[5],狭义的城市雨水利用主要指对城市汇水面产生的径流进行收集、储存和净化后利用;广义的城市雨水利用是指在城市范围内,有目的地采用各种措施对雨水资源的保护和利用,主要包括收集、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,改善城市水环境和生态环境;通过各种人工或自然渗透设施使雨水渗入地下,补充地下水资源。

2.2 应用范围

城市雨水利用是一种新型的多目标综合性技

收稿日期:2007-10-25;修订日期:2008-01-30。

基金项目:辽宁省科学技术厅“辽宁省沿海经济带建设与城乡区域环境协调发展战略研究(2006401006)”资助。

作者简介:常春芝,女,1967年生,高级工程师,主要从事规划环境影响评价工作,E-mail:cczhwx@hotmail.com。

术,主要应用在节水、水资源涵养与保护、控制城市水土流失和水涝、减少水污染和改善城市生态环境等方面。目前主要应用有以下几方面。

2.2.1 屋面雨水集蓄利用

利用屋顶做集雨面的雨水集蓄利用系统主要用于家庭、公共和工业等方面的非饮用水,如浇灌、冲厕、洗衣和冷却循环等中水系统。可产生节约饮用水,减轻城市排水和处理系统的负荷,减少污染物排放量和改善生态环境等多种效益。

2.2.2 屋顶绿化雨水利用

屋顶绿化是一种削减径流量、减轻污染和城市热岛效应、调节建筑温度和美化城市环境新的生态技术,也可作为雨水集蓄利用和渗透的预处理措施。既可用于平屋顶,也可用于坡屋顶。

2.2.3 园区雨水集蓄利用

在新建生活小区、公园或类似的环境条件较好的城市园区,可将区内屋面、绿地和路面的雨水径流收集利用,达到显著削减城市暴雨径流量和非点源污染物排放量、优化小区水系统、减少水涝和改善环境等效果。

2.2.4 雨水渗透

采用各种雨水渗透设施,让雨水回灌地下,补充涵养地下水资源,是一种间接的雨水利用技术。还可产生缓解地面沉降、减少水涝和海水倒灌等多种效益。

2.3 城市雨水利用的进展

2.3.1 国外城市雨水利用

由于城市水资源面临严重不足,以及雨水资源大量流失对城市水域污染和城市洪灾的影响,使得城市雨水利用越来越受到重视。1989年成立的国际雨水收集利用协会(IRCSA)每2a召开一次国际雨水利用大会,促进世界范围雨水利用的广泛交流。其中,起步早发展较快的是德国和日本等国家。

德国制订了一系列有关雨水利用的法律法规,对雨水利用给予支持。德国政府规定在新建小区之前,无论是工业、商业还是居民小区,均要设计雨水利用设施,若无雨水利用措施,政府将征收雨水排放设施费和雨水排放费等。德国的城市雨水利用方式有3种:一是屋面雨水集蓄系统,集下来的雨水主要用于家庭、公共场所和企业的非饮用水;二是雨水截污与渗透系统。道路雨水通过下水道排入沿途大型蓄水池或通过渗透补充地下水;三是生态小区雨水利用系统^[6]。德国现已进入将雨水利用设备化和标准化的发展时期,并颁布了《屋面雨水利用设施标准》,德国雨水利用技术已经从第二代向第三代过

渡,其“第三代”雨水利用技术的特征就是设备的集成化,各项雨水利用技术已达到了世界领先水平。

日本于1963年开始兴建滞洪和储蓄雨水的蓄洪池,渗井、渗沟和渗池等雨水入渗设施在日本也得到迅速发展。日本于1992年颁布了“第二代城市下水总体规划”,正式将雨水渗沟、渗塘及透水地面作为城市总体规划的组成部分。日本“降雨蓄存及渗滤技术协会”经模拟试验得出:在使用合流制雨水管道系统的地区,合理配置各种入渗设施的设置密度,强化雨水入渗,使降雨以5mm/h的速率入渗地下,可使该地区每年排出的BOD总量减少50%^[7]。

2.3.2 国内城市雨水利用

我国城市雨水利用自20世纪80年代开始,并于90年代发展起来。我国大中城市的雨水利用基本处于探索与研究阶段,如北京、上海、大连、哈尔滨和西安等许多城市相继开展了研究,已显示出良好的发展势头。中国北京市水利局和德国埃森大学于2000年启动了示范小区雨水利用合作项目;北京市政设计院开始立项编制雨水利用设计指南;北京市政府也明确要求建设市区的雨水利用工程等。2003年3月北京市规划委员会和水利局联合发布经市政府同意的“关于加强建设工程用地内雨水资源利用的暂行规定”。北京市已经提出将雨水作为城市的第二水源。自2005年1月开始,北京城市园林绿化、道路冲洒、建筑降尘、景观等用水不得使用自来水,必须使用中水或河水,鼓励建设雨水利用设施,启动替代水源工程^[8]。2007年4月国家建设部发布了《建筑与小区雨水利用技术工程规范》作为国家标准正式执行。

3 城市雨水利用评价可行性

随着雨水利用技术的不断成熟,以及《建筑与小区雨水利用技术工程规范》标准的出台,在雨水利用方面,为区域总体规划的编制提供了技术标准支撑。传统的城市发展对雨水问题多采取排放的做法,对雨水资源化和污染控制考虑不够,亦即对自然的生态平衡、城市水系统整体环境等未作细致分析。事实上,在区域规划时,从宏观上把握区域发展的同时,合理对雨水问题加以分析论证,根据区域情况将土地利用规划与雨水利用、径流污染控制相结合,从基础设施建设到有效利用雨水资源,社会、经济、环境效益将会明显提高。

3.1 城市雨水的收集

3.1.1 城市雨水收集技术

成熟的雨水利用技术从屋面雨水的收集、截污、

储存、过滤、渗透、提升和回用到控制都有一系列的定型产品和组装式成套设备。屋顶雨水集中引入绿地、透水路面,或引入储水设施蓄存;硬化的地面雨水如庭院、广场和人行道等,首先选用透水材料铺装或建设汇流设施,将雨水引入透水区域或储水设施中;城市主干道雨水收集应结合沿线绿化灌溉建设雨水利用设施;居民小区安装雨水收集和利用设施,收集雨水经过滤处理,用来建设观赏水景、浇灌区域内绿地、冲刷路面。

3.1.2 雨水收集量评价

雨水利用系统设计收集量为区域内1 a 1遇外排降雨洪峰径流量和外排日降雨径流总量。洪峰径流量按式(1)计算,日降雨径流总量按式(2)计算:

$$Q = m q F \quad (1)$$

$$W = 10^{-6} c h_y F \quad (2)$$

式(1)一式(2)中, Q 为洪峰径流量($L \cdot s^{-1}$); m 为暴雨流量径流系数; q 为设计降雨强度 [$L \cdot (s \cdot hm^2)^{-1}$]; F 为汇水面积(hm^2); W 为降雨径流总量(m^3); c 为暴雨量径流系数; h_y 为设计日降雨量(mm)。

暴雨强度可按式(3)计算:

$$q = 167 A (1 + c \lg P) / (t + b)^n \quad (3)$$

表1 实例园区雨水收集量评价

园区名称	总面积 / km^2	年用水量 / $万 m^3$	年平均降水量 / mm	年雨水收集量 / $万 m^3$		雨水收集量占用水量的百分比	
				按20%总面积计算	按40%总面积计算	按20%总面积计算	按40%总面积计算
鞍山达道湾工业园区	23.6	3 825	707	150	300	3.9	7.8
辽阳经济开发区	4.7	1 051	733	31	62	2.9	5.9
盘锦船舶制造园区	26.8	3 796	630	152	304	4.0	8.0
抚顺高新技术开发区	42.8	12 045	780	300	600	2.5	5.0

由表1可知,不同开发区,按硬质地面面积收集雨水量,收集的雨水量可占开发区用水量的2.5%—8.0%。随着开发区工业循环水利用率的提高以及中水回用和分质供水等技术的应用,开发区的新鲜水用量将会降低,届时可利用的雨水收集量占总用水量的百分比可提高到10%以上^[9]。因此,开发区收集雨水利用,对缓解区域水资源紧张作用明显。

3.2 弥补污水回用存在的不足

为解决城市水资源短缺问题,跨区域引水、海水淡化、污水回用^[10]等措施被广泛应用。跨区域引水和海水淡化工程受区域条件制约,污水回用是各地区普遍应用的节水有效措施。污水回用虽然比远距离引水便宜,比海水淡化经济,但是小规模运行时仍然存在运行费用高的问题。按现行用水价格计算,回用水量为 $100 m^3/d$ 时,成本为4.28元/t;回用水

式(3)中, q 为降雨强度 [$L \cdot (s \cdot hm^2)^{-1}$]; P 为设计重现期(a),不小于 $1-2 a$; t 为降雨历时(min); A 、 b 、 c 和 n 为当地降雨参数。

初期雨水弃流量计算:

$$W_i = 10^{-6} c h_y F \quad (4)$$

式(4)中, W_i 为设计初期雨水弃流量(m^3); c 为初期雨水弃流厚度(mm),屋面初期雨水弃流厚度取2—3 mm,地面水面初期雨水弃流厚度取5—7 mm。

3.1.3 开发区雨水收集量实例分析

雨水收集主要是指收集屋顶及道路、广场、庭院等硬质地面的雨水。根据《城市用地分类与规划建设用地标准》GB J137-90,区域规划建设用地中居住用地与道路广场用地占区域总规划面积的28.0%—47.0%,可收集雨水的屋面与路面面积为其40.0%,即占区域总规划面积的11.2%—18.8%;工业用地面积为15.0%—25.0%,可收集雨水的屋面与路面面积为6.0%—10.0%。因此,区域雨水收集面积按区域总规划面积的17.2%—28.8%计算。在目前的居住小区建筑规划中,屋面与路面面积之和约占用地面积的40.0%。选取区域雨水收集面积按总面积的20.0%和40.0%进行收集雨水量的计算,见表1。

量为 $50 000 m^3/d$ 时,成本仅为0.91元/t。见表2。

开发区雨水收集量按表1统计,平均占开发区用水量的5%;开发区污水回用量按污水量的60%(污水量取用水量的80%)计算,开发区雨水收集量将占开发区污水回用量的10%。

表2 污水回用投资及成本估算

水量 / $(m^3 \cdot d^{-1})$	回用水成本 / $(元 \cdot t^{-1})$	水量 / $(m^3 \cdot d^{-1})$	回用水成本 / $(元 \cdot t^{-1})$
100	4.28	5 000	1.48
500	2.46	10 000	1.22
1 000	2.40	20 000	1.07
2 000	1.86	50 000	0.91

由于城市雨水利用运行费用低廉,一般为0.1—1.2元/ m^3 ,正好弥补污水回用在小规模运行成本高的缺陷。因此,在开发区污水回用量小于

5 000 m³/d的情况下,采用雨水收集利用解决城市水资源短缺问题,比建设污水回用工程更加经济可行。

3.3 经济效益评价

3.3.1 直接经济效益

将城市雨水利用设施纳入园区基础设施投资

中,仅就开发区的新鲜水费用及污水处理费用核算雨水利用经济效益。在此对4个开发区的雨水利用量均按抚顺地区价格标准^[11]计算,新鲜水价格为1.45元/t,雨水回用水处理费用按1.20元/t,工业污水处理费用按3.20元/t计算。见表3。

由表3可以看出,雨水利用将降低开发区新鲜

表3 实例园区雨水回收利用直接经济效益分析

园区名称	年用水量/ 万 m ³	年雨水收集量/ 万 m ³	新鲜水费用/ (万元 a ⁻¹)	节约费用/ (万元 a ⁻¹)	节约费用占新鲜 水费用的百分比
鞍山达道湾工业园区	3 825	300	5 546.3	1 035.0	18.7
辽阳经济开发区	1 051	62	1 524.0	215.3	14.1
盘锦船舶制造园区	3 796	304	5 504.2	1 048.8	19.1
抚顺高新技术开发区	12 045	600	17 465.3	2 070.0	11.9

水费用的11.9%以上,最高可达19.1%,经济效益明显。

3.3.2 间接效益

城市雨水利用作为公益事业,不仅具有环境生态效益和社会效益,还有潜在的间接经济效益^[12]。

(1)节省市政投资。雨水收集利用,节省市政收集污水管线和扩建排洪设施的部分资金,降低城市洪水压力和节省封闭路面下的排水管网负荷。

(2)为用水单位和个人节省开支。使用1 m³的自来水费用(含污水处理费)约为3.00元,投入收集1 m³雨水的年运行费用不超过1.20元,这样可以大大减少用水单位和个人的开支。

(3)有良好的产业前景,能形成新的经济增长点。未来若干年内,雨水与中水利用设备产业可以形成一个吸引民间资本的新产业。这项产业在减少政府财政支出、缓解水资源紧张、促进经济可持续增长、吸纳就业和促进城镇建设等方面都会发挥积极作用。

4 结论与讨论

我国是一个水资源相对贫乏、时空分布又极不均匀的国家。雨水作为一种极有价值的水资源,城市雨水集中收集、处理和利用势在必行。通过开发区实例分析,得出如下结论及建议。

(1)开发区雨水收集量可占总用水量的2.5%—8.0%,节约用水费用12%—20%。

(2)与污水回用相比,在污水量小于5 000 m³/d时,采用雨水收集利用更加经济可行。

(3)区域规划,在宏观上把握区域发展的同时,合理对雨水问题加以分析论证,将污水回用与雨水利用等节水措施统筹考虑,形成规划区域的经济可

行节水减排方案。

(4)在规划环评中提高对城市雨水利用对策的重视,充分发挥区域规划环境影响评价宏观控制、协调的作用。

参考文献

- [1] 《中华人民共和国可持续发展国家报告》编写组. 中华人民共和国可持续发展国家报告[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002:21.
- [2] 石辉,彭可珊. 我国的水资源问题与持续利用[J]. 中国人口资源与环境,2002,12(6):23-25.
- [3] 车武. 我国缺水城市雨水利用技术的探讨[J]. 中国给水排水,1999,14(3):23-24.
- [4] 车武,刘红,孟光辉,等. 雨水利用与城市环境[J]. 北京节能,1999(3):13-14.
- [5] 陈卫,孙全文,孙慧,等. 城市雨水资源利用途径及其生态保护[J]. 中国给水排水,2000,15(6):26-27.
- [6] 丁跃元. 德国的雨水利用技术[J]. 北京水利,2002(6):23-25.
- [7] 尉永平,张国祥. 国内外雨水利用情况综述[J]. 山西水利科技,1997(2):51-54.
- [8] 车武,李俊奇. 从第十届国际雨水利用大会看城市雨水利用的现状与趋势[J]. 给水排水,2002,28(3):16-18.
- [9] 常春芝. 环境承载力分析在规划环境影响评价中的应用[J]. 气象与环境学报,2007,23(2):38-41.
- [10] 周彤. 污水回用决策与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2002:38-44.
- [11] 常春芝. 石化行业污水回用途径的可行性分析[J]. 中外能源,2007,12(2):100-102.
- [12] 靳君. 辽宁能源水资源与环境问题探讨[J]. 气象与环境学报,2006,22(5):50-52.

Application of urban rain water utilization in regional environmental impact assessment

CHANG Chur-zhi^{1,2}

(1. Liaoning Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110031, China; 2. Liaoning Key Laboratory of Basin Pollution Control, Shenyang 110031, China)

Abstract : The urban rainwater resources loss, seriously contaminative rainwater flow, urban flood disaster and ecological environmental degradation have drawn more and more attention with the development of fast urbanization in China. The application of rainwater utilization in economic development regions and industrial regions was analyzed. The results indicate that the rainfall recharge amount accounts for 2.5%—8.0% of the total water consumption. And the water cost could reduce 12%—20%. Compared with the wastewater reuse, the rainwater utilization is more economic if the output of wastewater is less than 5000 m³/d. Therefore, the countermeasures to improve the urban rainwater utilization should be emphasized mainly in the regional planning. The macro-control and coordination actions of regional environmental impact assessment should be carefully considered.

Key words : Urban rainwater utilization; Regional planning; Environmental impact assessment