

济南市水安全问题成因分析及防治对策

冯凤玲, 成杰民, 杨圣军

(山东师范大学人口资源与环境学院, 济南 250014)

摘要:水安全问题是城市安全问题的重要组成部分。以水资源匮乏、水污染严重、水土流失加剧、洪涝灾害加重等为特征的城市水安全问题,成为制约城市社会、经济、生态可持续发展的重要因素之一。为此,以济南市为例,探讨了城市发展过程中存在的主要水安全问题,分析了产生这些问题的原因,提出了解决这些问题的对策。

关键词:城市水安全;济南市;水资源

中图分类号: X143

文献标识码: A

文章编号: 100523409(2006)04005204

Analysis on the Causes of Water Safety in Jinan and the Preventive and Control Measures

FENG Feng - ling, CHENG Jie - min, YANG Sheng - jun

(College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: Water safety is an important component of the safeties in the city. The problems such as water resource deficiency, water seriously polluted, soil erosion, aggravated flood and drought as urban water safety of characteristic become one of the important limit factors of urban society, economic, ecological sustainable development. For this reason, takes Jinan as an example, the authors probed into the water safety problems existing in the urban development, analysed the reason producing these questions, and proposed the preventive and control measures of these problems.

Key words: urban water safety; Jinan; water resource

据世界卫生组织和联合国儿童基金会估计,目前全球缺少饮用水安全的人口已高达 11 亿^[1],水安全问题已经被公认为是造成食物短缺、用水纷争、疾病蔓延、畜牧业和农业停滞等一系列问题的罪魁祸首。2020 年,世界上将有 60% 的城市人口面临用水安全问题。联合国曾在 1999 年曾发出警告,“如果不采取有效措施,到 2025 年,世界上将有近 1/3 的人口(23 亿)无法获得安全的饮用水”。因此,城市水安全问题逐渐得到世界各国的广泛关注,纷纷制定了国家水资源安全的战略目标,并从资金上和制度上直接推动水安全研究的广泛开展,使水安全研究不断走向深入。

1995 年末,我国城市达 640 个,居住人口 3.475 2 亿人,占全国人口 28.85%^[2]。但作为全国防洪重点的 600 多座城市,70% 的城市防洪标准低于国家规定的标准,其中 70 多座城市没有任何防洪工程^[3]。因此在以后发生的洪灾中,我们为此付出了惨重的代价。随着城市化进程的加快,城市人口迅猛增长,城市排污量日益增多,水环境的破坏严重威胁着人们的健康。因此,在我国开展城市水安全问题研究显得更为重要。

济南市位于华北平原南端,山东省中部,全市总面积 8 177 km²,辖六区、三县、一市,2001 年末全市总人口达 569.00 万人,国内生产总值达 1 066.2 亿元。作为山东的省会城市,不仅是山东的政治、文化、经济中心,而且是名誉中外的泉水城市,属有“泉城”的美称。然而,济南市的特殊气候条件和地形地貌,以及城市社会、经济发展进程中引起的

一系列的资源短缺、水环境质量下降等水安全问题,已成为限制济南市经济和社会进一步可持续发展的主要因素之一。本文就济南市的水安全问题现状及其成因进行了探讨,并针对现存的城市水安全问题提出防治对策。为济南市社会、经济、生态可持续发展提供科学的依据。

1 城市水安全的概念及内涵

所谓“安全”就是个体或系统不受到侵害和破坏^[4]。水安全问题在人类文明的早期主要表现为干旱、洪涝和河流改道等自然灾害问题。但随着人类文明的进步与社会经济的不断发展,水安全的内涵也随之得到了丰富和延伸。本文是指由于人类社会经济的发展和不合理地开发利用水资源,使得水量减少,污染加剧,不仅改变了水量平衡,降低了水质,使得水体的使用功能正在逐步弱化,甚至丧失,而且也不能维持其基本的社会价值与经济价值,从而引发人类对水的基本需求危机,影响人类社会经济的可持续发展。它既包括由于干旱、洪涝和河流改道等原因引起的自然性水安全问题,也包括由于人为活动而造成的人为性水安全问题。

城市水生态系统的水安全体系主要包括城市防洪排涝、供水、生态用水及最大安全纳污量 4 个方面的安全保障体系^[5]。城市防洪排涝安全体系是保障水生态系统维护和良性循环的基础,是在城市规划 and 建设中必须考虑的重要因素之一,在建设防洪排涝安全体系时要充分考虑城市排水体系

* 收稿日期: 20060621

作者简介: 冯凤玲(1981),女,山东聊城人,主要从事生态环境污染治理研究。

和内河排洪体系的耦合作用,并根据城市的地形充分发挥洼陷结构在蓄洪调峰中的作用,以提高城市防洪排涝体系的安全性。城市供水安全体系是从城市居民的生产和生活用水安全角度出发来考虑城市水生态系统稳定性的或供需平衡程度,主要包括居民生活用水安全、工业用水安全、城市公共事业用水安全等。用水安全用两方面的内涵:一是保障城市的用水量,包括各个系统的水量节约及子系统间的水资源优化配置;二是供水水源的水质保障,即各种用水系统供水水源的水质保障^[6]。生态用水安全体系是对城市水生态系统安全体系的季节性补充,它主要考虑水生态系统的^{最小生态需水量}^[7]、内河水系需要的最低生态流速等,以保证枯水期城市的水生态系统也能维持良性循环。最大安全纳污量是从水质安全角度论述城市水生态系统安全,以保证水系统的水环境质量安全^[6],确保城市居民的身体健康和工业用水、城市公共事业用水的正常进行,但是,特定水域安全纳污量不是一成不变的,它随着系统的外部条件改变而改变。以上这四个方面的体系构成了城市水安全体系。

2 济南市水安全问题

2.1 城市水资源短缺问题

济南市是全国重点缺水城之一。全市人均占有水资源量仅有 354 m³, 低于全省人均水平。市区缺水尤为严重。据有关资料, 市区在保证率 50% 时, 缺水量为 6. 962 @ 10⁷ m³, 缺水程度为 10. 32%; 在保证率 75% 时, 缺水量 12. 252@10⁷ m³, 缺水程度为 17. 17%; 在保证率 95% 时, 缺水量为 16. 578 @10⁷ m³, 缺水程度为 23. 24%^[8]。

由于水资源不足, 以前居民的饮用水的大部分都是靠开采地下水, 在 2001 年, 地下水开采量为 10. 63 @10⁸ m³, 占总用水量的 59. 58%, 其中开采深层地下水 4. 02 @10² m³, 占总用水量的 22. 53%。地下水的开采量已占多年平均地下水资源量的 91. 3%^[9], 而这种过度开采地下水的现象导致地下水位大幅度下降, 引起了地面塌陷、泉水断流、地下水污染等一系列的环境问题。

2.2 城市洪涝灾害隐患问题

由于历史等客观原因, 我国大多数城市均傍水而建, 两河地区是我国文明的发源地, 一方面充分享受了水给人们带来的种种便利, 另一方面也深受洪水灾害给人们带来的苦难。例如在 1998 年夏秋季节, 长江、嫩江、松花江等三江洪水泛滥, 给我国造成了巨大的经济损失。

济南也是沿河城市之一, 它地形特殊, 南面是山, 北临黄河, 而黄河又是地上悬河, 地势比济南市要高得多, 城市的地势较低, 当面临洪水灾害时, 排水系统受阻, 使洪水无法顺利排出。特别是如果黄河出现决口或其他险情时, 后果将不敢设想。

2.3 城市排水不畅问题

由于城市的发展, 城市范围在不断扩展, 使原来设计的河道排洪断面逐渐偏小, 不能适应新的排洪要求; 加之人口的增加及上游的水土流失, 城市河道淤积严重, 河流排洪断面减小, 而部分旧桥桥孔排泄能力小, 使得每逢暴雨洪水来临, 就易出现河道阻水, 排水不畅, 造成河水迅速涨溢, 形成水灾。例如在 2004 年夏天的一次大暴雨中, 由于排水不畅, 积水过多, 一辆接送孩子的公交车被洪水淹没, 险些造成人员伤亡的情况。

2.4 城市水污染问题严重

20 世纪 90 年代以来, 由于经济的迅速发展, 济南市水污染问题日趋突出。据 2001 年的资料显示, / 两湖0/ 两库0

/ 三河0 水质均有不同程度超标。其中, 徒骇河和小清河水质为劣Ⅴ类。小清河基本丧失了自净能力, 成为一条城市的排污沟; 大明湖水体富营养化严重, 主要污染物 COD、总氮和总磷分别超标 60%、3. 1 倍和 1. 9 倍, 为劣Ⅴ类水体, 白云湖水质也出现超标; 黄河为Ⅱ类水体; 卧虎山和锦绣川水库水体呈富营养化。

生活污水已成为水污染的主流: 2000 年, 济南市生活污水排放量为 1. 3 亿 t, 占全市废水排放量的 65. 1%, COD 排放量占全市的 75. 6%。但城市污水处理厂建设严重滞后于城市发展。济南市水质净化一厂污水管网不配套, 仅完成管网建设计划的 36%, 运行负荷仅为 40%, 近 90% 的城市污水未经处理直接排入小清河。平阴县、长清县和历城区仲宫镇的污水未经处理直排黄河和卧虎山水库。

3 济南市水安全问题成因分析

3.1 自然因素

3.1.1 地处温带大陆季风区, 夏季集中降水, 易引起季节性缺水和洪涝灾害隐患

济南属温带大陆季风区, 降水大部分集中在夏季, 多年平均降水量 685 mm。市区水资源主要来源于大气降水, 而这种气候条件容易带来季节性缺水问题, 济南的春天一般都比较干旱。而这种旱灾在全年中也时有发生, 例如在 1968 年、1977 年、1989 年、1992 年、1999 年分别出现了罕见的干旱灾情, 全年降水量也分别只有 396. 1, 586. 5, 364. 4, 486. 5, 448. 3 mm。这种缺水问题带来的就是泉水断流, 例如在 1989 年、2000 年趵突泉全年断流, 历史上趵突泉 1999 年 3 月 2 日至 2001 年 9 月 17 日断流 926 d, 是历史上断流时间最长的一次。

在水资源短缺的同时, 由于夏季降雨多, 常常引起城市暴雨水灾(表 1)。市区遭受短历时、高强度暴雨(日降水量大于或等于 50 mm) 的日数每年平均为 1. 7~ 2. 4 d^[10], 特大暴雨(日降水量大于 200 mm) 的发生重现期大约为 26 年^[11], 据有关资料记载, 济南的最大日降水量达 298. 4 mm, 在市区的局部地段甚至达 340 mm。这种由于气候条件而引起的水安全问题是难于避免的。

3.1.2 城市南依群山, 北靠黄河, 南高北低的地势, 易造成城市积水

表 1 ^[14] 济南市大暴雨一览表(1921~ 1992)			
时间	降水量/mm	时间	降水/mm
1921- 07- 18	118. 5	1963- 06- 08	118. 8
1926- 07- 14	100. 9	1963- 07- 22	111. 9
1928- 08- 27	109. 7	1963- 08- 29	127. 9
1930- 08- 05	124. 6	1964- 09- 12	103. 3
1931- 08- 07	100. 4	1972- 07- 07	169. 8
1936- 07- 09	127. 0	1973- 07- 15	108. 3
1942- 07- 15	146. 9	1978- 07- 25	105. 6
1961- 07- 13	109. 8	1980- 06- 29	132. 6
1962- 07- 13	298. 4	1987- 08- 27	182. 6
1962- 08- 13	120. 5	1992- 08- 11	117. 2

济南市的地貌格局及地势特点是影响济南市水安全的另外一个重要自然因素。一般来说, 处于山前地带的城市都有暴雨过境的问题, 济南市恰好具有这样的地貌特点: 城市南依群山, 北靠黄河, 地势南高北低, 小清河诸支流大部分呈梳齿状排列于南部山区, 由于山区缺乏拦洪、截洪、分洪设施, 因此遇到大的降水时可很快形成山洪, 经过这些沟道向

北穿过市区,所有的暴雨径流最终都汇至市区低洼地。但是黄河又是地上悬河,黄河大堤即为黄河与小清河的分水岭,故汇来的洪水径流只有通过小清河排出。而小清河比降低,泄洪能力低,在特大暴雨时则无法承担有效的泄洪能力,因此常常会造成市区积水。例如在 1987 年/8# 260 暴雨中,仅山区河道洪水流量就达 $500\text{ m}^3/\text{s}^{[11]}$,而当时小清河干流黄台桥段的泄洪能力 $100\text{ m}^3/\text{s}$ 。

3.2 人为因素

3.2.1 城市化进程加快,水资源短加剧

济南市为资源性缺水地区,是全国重点缺水城市之一。市区多年平均水资源总量为 5.87 亿 m^3 ,人均占有水资源量为 225 m^3 ,仅占全国人均水资源量的 $1/10$ 。济南市水资源具有总量不足、年际变化大、年内分配不一和地域分布不均等特点,持续供给能力较低。济南水资源主要来自于大气降水,但降水的年际和年内变化较大。近 15 年来最大降水量达到 845 mm ,而最小降水量仅为 448 mm 。降水具有明显的季节性,7~8 月的降水量占全年的 50%。降水空间分布不均,从东南向西北递减,而市内蒸发强度由东南向西北呈递增趋势^[18]。

表 2 济南市年度用水量的变化

年份	生活用水		市内年内非农业人口		工业用水	
	水量/ 万 m^3	增长率/%	人数/万人	增长率/%	水量/ 万 m^3	增长率/%
1980	5774)))	100.88)))	16233)))
1981	6677	15.64	104.22	3.31	16245	0.07
1982	5651	-15.37	106.95	2.62	15110	-6.97
1983	5917	5.34	110.93	3.72	14995	-1.03
1984	5961	0.74	115.21	3.86	15682	4.86
1985	6464	8.44	120.15	4.29	16894	7.73
1986	7431	14.96	122.70	2.12	17187	1.73
1987	7084	-0.74	126.05	2.73	16396	-4.60
1988	7962	12.39	132.60	5.20	18587	13.36
1989	8229	3.35	134.70	1.58	17767	-4.41
1990	7448	-9.49	141.07)))	17588	-1.01
1991	7776	4.40	143.07	1.42	18311	4.11
1992	8389	7.88	147.74	3.26	19254	5.15
1993	9005	7.34	147.99	0.17	20232	5.08
1994	8985	0.22	153.26	3.56	20376	0.71
1995	9229	2.71	158.19	3.22	20820	2.53
1996	9704	5.15	162.50	2.72	20490	-1.59
1997	10569	6.85	169.35	4.22	19016	-7.19
1998	10878	4.91	169.20	-0.09	18034	-5.16
1999			171.81	1.54		
2000			176.04	2.46		
2001			185.00	5.09		
2002			234.60	26.81		
2003			243.29	3.70		

(* 市区年内非农业人口: 1990 年以前的数据不包括长清区)

3.2.2 城市工业高速发展,水环境污染加重

水体污染、水质恶化是导致水安全问题的一个直接原因。随着城市的发展,城市人口剧增,城市的排污量也不断增加。三废物质的排放,严重影响了水体的质量与可利用量。2001 年全市工业废水排放量达到了 $6\,293.74\text{ 万 t}$,其中 93.20% 达标排放。工业废水虽然达标率特别高,但由于工

业废水未达标排放绝对量仍高达 427.69 万 t ,对地表水污染危害不容忽视。而生活污水处理率极低,仅为 34.89%,是济南市地表水的重要污染源,大量污染物排入河道,造成水质严重恶化^[9]。水环境恶化,一方面降低了水资源的质量,对人们身体健康和工农业用水带来了不利影响;另一方面,由于水资源被污染,使原本可以被利用的水资源失去了利用的价值,造成污染型缺水或水质性缺水^[12],加剧了水资源短缺的矛盾。城市水体污染造成的环境恶化,已成为制约城市化快速发展的重要原因之一。

3.2.3 城市规模不断扩大,排水压力增加

由于济南市规模的扩大,建成区不断向外扩展,使原来老城区的外部排水形式变为内部排水形式,洪水过境问题开始突出起来。济南古城区面积仅为 3 km^2 左右,排水系统由护城河、小清河等构成,城内泉水、雨水经护城河排入小清河,城外八里洼、羊头峪等处的几条冲沟入东、西护城河,洪水不从城中通过。因此,虽遭暴雨洪灾,但是市区淹水的次数不多,城区扩大后,原来的城外的泄水沟都辖市区内,城区所占山洪沟长度增加(图 1)。原来的那种外部排水形式变为既要排出市区积水又要担负山洪排泄的内部形式,集水面积成倍增加,城市排水压力增加。

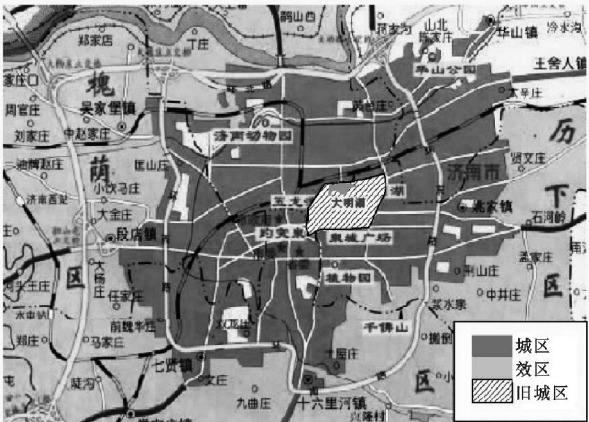


图 1 济南市城区图

3.2.4 城市地面封闭,阻断水汽循环,干旱及城市洪涝加剧

对城市地表水循环影响最大的是地面封闭导致的城市缺水、区域性干旱及城市洪涝^[3]。城市地面封闭是指人为构造物使地表处于阻断水汽循环、破坏生态环境的状态。城市化进程中,由于建筑物和地面衬砌的影响,不透水面积增加,大量地面从植被或土壤覆盖变为不透水的水泥或石板路面、屋顶面,这种改变的产生的影响有二:一是加剧了城市暴雨洪灾的发生。一般情况下,降水达到地表后会向土壤中渗透,雨强大于渗透速率时,便产生地表径流。由于地面封闭,城市降水的渗透系数非常小,由此增加了城市汇流能力,使暴雨在城市中产流、汇流成洪水的速度加快^[9],洪水给人绝大多数降水只能以地表径流的形式通过城市排水系统外排,当排水不畅的情况下即引起城市暴雨洪灾。二是大量城市水面消失并造成了城市缺水,而且这种改变也直接减少了蒸发量。在大量地面被建筑物、路面占据的情况下,城区实际蒸发量减小又使得区域气候趋于干化,以致曾有人将城市与沙漠类比。

4 对策和建议

4.1 加大投入,提高城市防御洪水和涝渍的能力

在城市的建设中,加大基础设施的投入,采用多方引资

来提高城市的防御洪水和涝渍灾害的能力,采取预防措施避免灾害的发生,将损失降到最低。对此,政府必须给予极大地重视,投入大量资金,建设和加强防洪工程系统,对各重点堤防、河道及水库进行整治和修建,并建立由专人负责制的防汛抗旱组织体系,实现了防汛信息的快速有效地传递,制定防洪预案和若干防洪条例与政策法规,从而增强了城市的防洪御洪能力。

4.2 提高用水效率,减少用水过程中的水损失

用水效率和水资源利用率是两个不同的概念,它偏重于单位水资源所获得的效益。我国的水资源开发利用率较高,但是水资源利用效率低下,导致宝贵的水资源浪费十分严重。工业和城市用水浪费现象也很严重,除北京、天津、大连、青岛等城市水重复利用率可达 70% 以外,大批城市水资源的重复利用率仅有 30% ~ 50%, 济南地表水的利用率只有 37%^[8]。水资源重复利用率低,在一定程度上制约着我们水资源的可持续发展。因此,我们必须掀起一场在城市中提高用水效率的革命,如提高水利产业中科技含量,工业要采用先进技术和工艺,提高循环用水的次数,生活用水设施采用先进节水措施等。

4.3 加强对水资源的统一管理,实现水资源管理一体化

水资源在济南作为一种自然资源,缺乏统一的管理体制,水资源管理机制不合理,虽然有一些条例、法规,如水法,但因缺乏监督管理,滥排滥放现象相当严重,对水资源造成污染者又未严格追究。为此,在行政上协调有关部门水资源管理工作,从而统一水资源的管理;在法律上建立水资源统一管理体制,完善法律、法规体系;严格依法监督,加大宣传力度,实行科学管理,提高市民保护和珍惜水资源的意识;加大对水污染事故者的民事和刑事法律责任追究,用有效的强有力的法律对水资源进行统一管理。

4.4 完善水土保持措施,加强污水治理工作,减少水污染源

大力植树造林,禁止乱砍树林,退坡还林,必要时退耕还林,千方百计地以最快的速度增加森林覆盖面积,特别是在

济南这个特殊地区,南部山区是涵养水源、保持水土的重要之地,而且作为地下水的补给区更是维系泉城景观的生命线,保护好南部山区的森林及植被就尤为重要。另外还要清理河道,完善水土保持措施,这既能解决水资源问题,减少洪涝灾害的发生,又可以提高水资源的水质,改善大自然生态环境。

加大对污水治理工作的经费投入,尽量选用高效率的新技术新工艺处理好城市污水和工业废水,发展城市的中水回收利用系统,对技术含量低、污染严重的企业应坚决予以取缔、关闭,努力提高污水的处理效率和达标率,这是对水资源保护的主要措施。

4.5 发展水处理产业,贯彻循环经济、清洁生产的思路节约水资源

济南市的年排污水量在 6 000 万 t 以上,这是巨大的水资源浪费。大力开发先进、高效的水处理技术,如膜分离技术、生物工程技术等,将大量处理后的废水用于农业和工业乃至生活之中,既减少了水体污染,又开辟了新水源,将循环经济、清洁生产的思路贯穿于每个企业乃至整个城市之中。另外,改善工艺生产技术,推广节水工艺,减少污水的排放量;进行技术革新,如改造水龙头、安装节水器、改持续性水流为间歇式水流等,从源头上、用水过程中和废水处理后的重复利用等方面来节约水资源。

4.6 制定合理水资源价格,利用市场经济机制保护水资源

长期以来,淡水是一种不花钱的取之不尽的资源⁰的错误观点,成了严重阻碍济南市尽早采取有效措施的重要因素。由于水价过低,消费者对污水的处理不需要承担经济责任或仅承担有限的责任,使对水资源的保护和水的节约失去了经济动力,这也是造成水资源浪费的又一重要原因。因此,将水商品市场化,增加消费者对用水和排水的经济责任,实行排污权收费制度,针对不同的水源,不同的季节,制定两部制水价、季节性水价等,可用水量 and 排污量大减,从而减少了污水对水资源的污染,保护和节约水资源并举是解决 21 世纪城市水安全问题的根本方法。

参考文献:

- [1] 成建国, 杨小柳, 魏传江, 等. 水安全[J]. 中国水利, 2004, (1): 21- 23.
- [2] 吴良镛, 毛其智, 张杰. 面向 21 世纪)) 中国特大城市地区持续发展的未来[J]. 城市规划, 1996, (4): 22- 27.
- [3] 刘仲佳. 中国南方洪灾害与防灾减灾[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1996.
- [4] 叶文虎, 孔青春. 环境安全: 21 世纪人类面临的根本问题[J]. 中国人口# 资源与环境, 2001, 11(3): 42- 44.
- [5] 王沛芳, 王超, 冯骞, 等. 城市水生态系统建设模式研究进展[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2003, 31(5): 485- 489.
- [6] 王超, 王沛芳. 城市水生态系统建设与管理[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [7] 丰华丽, 王超, 李剑超. 河流生态与环境用水研究进展[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2002, 30(3): 19- 23.
- [8] 韩美, 张丽娜. 城市水价研究的理论与实践) 以济南市自来水价研究为例[J]. 自然资源学报, 2002, 4(17): 457- 462.
- [9] 郑昭佩, 宋德香, 韩芳. 济南市水资源可持续利用研究[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2004, 19(3): 48- 50.
- [10] 济南市史志编纂委员会. 济南史志[M]. [s. l.]: 中华书局出版社, 1997.
- [11] 张志华. 城市化对水文特性的影响[J]. 城市道桥与防洪, 2000, 6(2): 28- 30.
- [12] 宋全香, 左其亭, 杨峰. 城市化建设带来的水问题及解决措施[J]. 水资源与水工程学报, 2004, 15(1): 56- 58.
- [13] 李养龙, 赵凯, 金林, 等. 城市化发展面临的水文问题[J]. 山西水利科技, 2001(4): 86- 88.
- [14] 刘秋锋. 济南市城市地貌演变及其对排水防洪的影响研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2002.
- [15] 梁玉华. 贵阳市水灾成因研究及防御措施)) 以市中心区为例[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2002, 20(2): 78 - 83.
- [16] 姜文来. 21 世纪中国水资源持续利用对策探讨[J]. 国土经济, 2000, (2): 10- 11.
- [17] 姜文来. 中国 21 世纪水资源安全对策研究[J]. 水科学进展, 2001, 12(1): 66- 71.
- [18] 王成新, 姚士谋, 王格芳. 21 世纪初中国大城市的发展与水资源对策)) 以泉城济南为例[J]. 资源开发与市场, 2003, 19(3): 139- 141.