

水环境容量在规划环评中的应用——以普洱工业园区规划环评为例

俞婕, 唐小伟, 常有锋, 唐杰 (长安大学, 旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室, 陕西西安 710061)

摘要 水环境容量是污染物总量控制的理论基础,也是进行水环境规划的工作基础。阐述了水环境容量的概念以及规划环评中水环境容量的计算方法,并以普洱工业园区规划环评为例,采用控制断面法进行了应用分析,并提出总量控制建议。结果表明,控制断面法对提高该园区水环境质量有指导作用,并能达到保护区域环境质量的目标。

关键词 水环境容量;规划环评;工业园区

中图分类号 S271;O6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)08-03575-04

Application of Water Environmental Capacity in Planning EIA——Taking Pu'er Industrial Park Planning EIA for Example

YU Jie et al (Chang'an University, Key Laboratory of Subsurface Hydrology and Ecological Effect in Arid Region of Ministry of Education, Xi'an, Shaanxi 710061)

Abstract Water environmental capacity is the theoretical basis of the total pollutant control, and is also the basis for the work of the water environment planning. The concept of water environmental capacity and calculation method of the water environment capacity in planning EIA was elaborated. At the same time, taking Pu'er industrial park planning EIA for example, the control section method was used for application analysis, as well as total amount control suggestions were put forward. The results showed that the control section method has guiding effect on improving the quality of the park water environment, and can achieve the goal of protection of regional environmental quality.

Key words Water environmental capacity; Planning EIA; Industrial park

规划环评作为一项预测性和参与性的环境管理手段已被广泛接受^[1]。分析规划中对环境资源的需求,根据环境资源对规划实施过程中的实际支撑能力提出相应措施,是其中的一个重要内容。而一个地区的水环境容量也是该地区水资源是否丰富的重要标志之一^[2]。将水环境容量应用于规划环评中的研究并不多见,李雪菲等以我国科技城绵阳金家林总部经济试验区为例,探讨了水环境总量控制指标作为典型的开发区规划环评指标的可能性^[3]。为了更深入地了解水环境容量在规划环评中的重要性,笔者结合普洱工业园区的实际情况进行了研究。

1 水环境容量简介

1.1 水环境容量的概念 1938年,比利时数学家、生物学家弗胡斯特(P. E. Forest)根据马尔萨斯《人口论》最早提出了环境容量的概念。之后日本卫生工学小组提出《1975年环境容量计量化调查研究》报告,环境容量的应用逐渐推广,成为污染物总量控制的理论基础^[4]。水环境容量作为水生态环境与社会经济活动密切相关的度量尺度,是一个复杂、含糊的概念,学术界至今还未达成共识。学者大多从自己的研究侧重点进行阐述,但本质均强调环境水质目标、一定水体(域)、纳污能力(最大允许污染物负荷)^[5]。我国《排放水污染总量控制技术规范》中对水环境容量作如下定义:将给定水域和水文、水力学条件,给定排污口位置,满足水域某一水质标准的排污口最大排放量,叫做该水域在上述条件下所能容纳污染物质的总量,通称水域允许纳污量或水环境容量^[6]。国内研究者也有如下定义:水环境容量是一定水体在规定环境目标下所能容纳污染物的量,其容量大小与水体特征、水质目标及污染物特性有关^[7]。

1.2 水环境容量在规划环评中的作用与意义 水环境容量对于规划环评具有重要作用,理论上是环境的自然规律参数和社会效益参数的多变量函数,反映污染物在水体中迁移、转化的规律,也满足特定功能条件下对污染物的承受能力;实际上是环境管理目标的基本依据,是水环境规划的主要环境约束条件,也是污染物总量控制的关键参数。

水环境容量是制定地方性、专业性水域排放标准的依据之一,环境管理部门还利用它确定在固定水域允许排入污染物的量。它不仅反映流域的自然属性(水文特性),也反映人类对环境的需求(水质目标),它的研究是进行水环境规划的工作基础。只有弄清了污染物的水环境容量,才能使所制定的水环境规划真正地体现出生态环境效益和经济效益,才能对总体水环境质量进行有效控制。

目前,在工业园区规划环评中尚未对水环境容量做出具体要求。笔者认为,随着工业园区规划环评的愈加重要,水环境容量分析将成为规划环评的一种方法,在区域环评中贯穿水环境容量的理念、合理提出总量控制方案将成为工业园区环境影响评价的核心^[8]。

2 规划环评中水环境容量的计算方法

通常将水体中污染物分为易降解有机物和难降解有机物两类。相应的,水环境容量的计算模型也包括两类,结合普洱工业园区水环境,此处仅针对易降解有机物作讨论,其动力化学反应式采用一级反应式;模型有5种^[9]。

模型一:环境容量分为3个部分,稀释容量、自净容量以及该区间来水附加迁移容量。该方法计算的实为理想水环境容量。该模型为较常用的解析解法,模型假设环境容量资源均匀分布于水体中,不受时间、空间限制,排污口沿河岸均匀分布,排污方式为连续排放,排放强度一致。但是实际想要完全利用环境容量资源是不可能的,它受制于利用方式、技术、资源分布情况以及其他因素,所以该方法计算的实为理想水环境容量^[10]。模型二:水环境容量等于允许排

基金项目 陕西省交通科技项目(09-31K)。

作者简介 俞婕(1988-),女,陕西西安人,硕士研究生,研究方向:水处理, E-mail: 38912719@qq.com。

收稿日期 2013-03-14

污量。这个模型只能适用于河流水质标准不变的情况,即整个河流为同一功能区划,使用同一水质标准。模型三:环境容量分为两个部分,稀释容量(差值容量)和自净容量(同化容量)。模型四:根据物料衡算方法,假设进出某一封闭河段的物质总量保持一致。该模型在上下段水质发生变化、排污口较多时应用比较方便。模型五:控制断面法。该方法的实质是控制功能区段最终断面,而不考虑段内水质变化是否超标。

3 普洱工业园区规划简介

我国大部分城市建设之初并未进行过科学、系统的城市规划,因此存在较多的工业区、居住区混杂,没有明确的功能区定位等问题^[11]。该工业园区位于普洱市思茅区主城区外,以城区老工业基地为基础,固其具有多元化的特征。规划环评这个概念的提出是一个重大的战略措施。目前国内关于工业园区规划环评的研究主要包括低碳理念的应用^[12]、生态适宜性分析^[13]、规划环评指标体系^[14-15]、公众参与^[16]、环境承载力分析^[17]、水资源承载力在工业园区规划环评中的应用等方面^[18]。



3.1 规划区地理位置 普洱市位于云南省南部,处于北回归线附近。境内群山起伏,全区山地面积占 98.3%。普洱市总人口数为 237 万,其中少数民族人口达 144 万,占 61%。全区少数民族有 36 个,世代居住在这里的有 14 个。

3.2 规划区产业定位 总体规划的范围主要是《普洱市城市总体规划》中确定的工业用地范围,即木乃河、整碗、曼歇坝、莲花等 4 个片区,规划面积约 21 km²。产业总体定位为以工业生产为龙头,配套发展商业、仓储、服务、行政、交通、居住等设施,力求形成功能相对完善的复合型社区。园区采用“工业园区-工业片区”两级结构体系,即由木乃河、整碗、曼歇坝和莲花 4 个工业片区组成普洱工业园区,各工业片区由 1~2 个主导产业作为支撑。产业空间布局计划在木乃河建设以食品、茶叶、生物制药等为主的木乃河片区;以整碗为中心,建设以林产品加工和新型建材为主的整碗片区;以曼歇坝为中心,建设普洱工业园区物流和少量加工业型工业的曼歇坝片区;以莲花为中心,建设以冶金、建材、林业为主的莲花片区。该规划区的地理位置见图 1 所示。

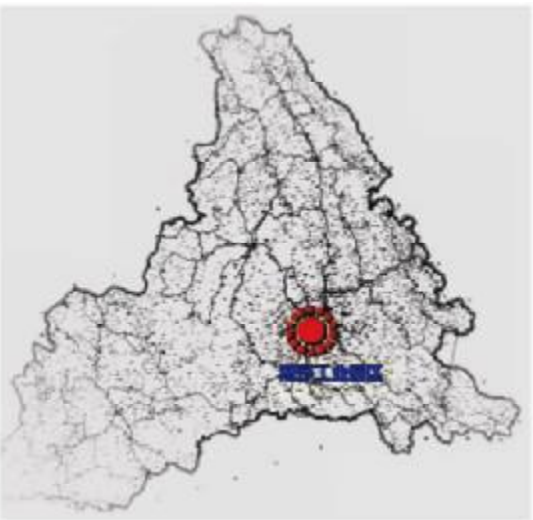


图 1 规划区地理位置

4 规划区水环境容量的计算

在对普洱工业园区进行规划环评时,将水环境容量定义为在满足规划区域内 IV 类水域 IV 类水质标准的前提下,污染物允许排放的最大容量。

4.1 环境功能区划及环境质量控制目标 涉及规划区有 3 条河流,一条是流经莲花区的思茅河,一条是流经整碗片区的整碗小河,另一条是发源于木乃河村的木乃河,流经木乃河片区,木乃河下游称为曼歇河,流经曼歇坝片区。工业园区规划范围内的地表水体主要是曼歇河(包括上游木乃河、木栗河)、整碗小河、思茅河等河流进规划区边界上游 500 m 及规划拟建污水处理厂排污口至下游 3 km。木乃河、曼歇河、整碗小河、思茅河属 IV 类水体,应执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的 IV 类水质标准计算。《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)IV 类水体基本项目标准限值: pH 6~9, DO ≥3 mg/L, 高锰酸盐指数 ≤10 mg/L, BOD₅ ≤6

mg/L, COD ≤30 mg/L, 氨氮 ≤1.5 mg/L, 石油 ≤0.5 mg/L, TP ≤0.3 mg/L, 粪大肠杆菌 ≤20 000 个/L。

表 1 水环境背景值 mg/L

河流	COD	氨氮
木乃河	10.95	0.152 5
整碗河	20.85	0.148 5
思茅河	15.40	1.886 5
曼歇河	12.60	0.169 5

4.2 采用模型及计算方法 采用模型一的方法计算普洱工业园区水环境容量。在该模型中,如不考虑水体本身的自净容量,环境容量可分为稀释容量和来水附加迁移容量两个部分,即: $E = E_1 + E_2 = Q(C_s - C_0) + qC_s$ 。式中, E 为环境容量(t/a); E_1 为稀释容量,即第 k 种污染物年允许排放总量限值(t/a); E_2 为区间来水附加迁移容量(t/a); Q 为河流设计流量(m³/a), q 为污染物平均排放量(m³/a); C_s 为水环境质

量标准限值(t/m^3); C_0 为水环境质量背景值(t/m^3)。

4.3 参数确定 木乃河流量为 $0.24 \text{ m}^3/\text{s}$, 整碗小河流量为 $1.11 \text{ m}^3/\text{s}$, 思茅河流量为 $5.20 \text{ m}^3/\text{s}$, 曼歇河流量为 $1.59 \text{ m}^3/\text{s}$ 。废水量按各片区排水量计算, 即木乃河片区污水量 $14\,548 \text{ m}^3/\text{d}$, 整碗片区污水量 $20\,131 \text{ m}^3/\text{d}$, 莲花片区思茅河污水量 $7\,844 \text{ m}^3/\text{d}$, 曼歇坝片区污水量 $15\,125 \text{ m}^3/\text{d}$ 。选取各拟建污水处理厂排水口上游 500 m 为背景断面, 各断面环境背景值见表 1。

4.4 污染物实际排放量 按照完全混合模式对 COD、氨氮的污染物含量进行预测, 即: $C = (C_p q + C_h Q) / (q + Q)$ 。式中, C_h 为河流上游污染物浓度(mg/L), C_p 为污染物排放浓度(mg/L)。不考虑工艺条件, 假设污水收集率为 100% , 全部经城市生活污水处理厂达 GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准, COD、氨氮排放量见表 2。

表 2 各片区 COD、氨氮排放量

片区	容纳水体	项目	污水量	污染物	污染物
			t/a	浓度// mg/L	量// t/a
木乃河片区	木乃河	COD	5 310 020	60	318.60
		氨氮	5 310 020	8	42.48
整碗河片区	整碗河	COD	7 347 815	60	440.87
		氨氮	7 347 815	8	58.78
思茅河片区	思茅河	COD	5 520 625	60	331.24
		氨氮	5 520 625	8	44.17
曼歇河片区	曼歇河	COD	2 863 060	60	171.78
		氨氮	2 863 060	8	22.90

4.5 水环境容量计算结果 稀释容量 E_1 、区间来水附加迁移容量 E_2 以及环境容量 E 的计算结果见表 3。

表 3 规划区水环境容量计算结果 t/a

项目		木乃河	整碗河	思茅河	曼歇河
COD	E_1	144.18	320.30	2 394.21	872.47
	E_2	159.32	220.44	85.90	165.66
	E	303.50	540.74	2 480.11	1 038.13
氨氮	E_1	10.20	47.31	/	66.71
	E_2	32.36	11.02	4.30	8.28
	E	42.56	58.33	4.30	74.99

5 结果与分析

5.1 水环境承载力分析 计算结果主要包括 6 个部分, 分别是 COD 环境容量、COD 剩余环境容量、COD 消减量、氨氮环境容量、氨氮剩余环境容量、氨氮消减量, 具体结果见表 4。

表 4 规划区水环境容量比较分析 t/a

项目		木乃河	整碗河	思茅河	曼歇河
COD	环境容量	303.50	540.74	2 480.11	1 038.13
	实际排放量	318.60	440.87	331.24	171.78
	剩余环境容量	0	99.87	2 148.87	866.35
	削减量	15.10	0	0	0
氨氮	环境容量	42.56	58.33	4.30	74.99
	实际排放量	42.48	58.78	44.17	22.90
	剩余环境容量	0.08	0	0	52.09
	削减量	0	0.45	39.87	0

(1) 从多年平均状况分析更能直观地反映水环境容量的真实状况。对主要水体的水环境容量进行分析比较, 结果如下: COD 水环境容量按照从大到小的顺序排列依次为思茅河 $2\,480.11 \text{ t}/\text{a}$ 、曼歇河 $1\,038.13 \text{ t}/\text{a}$ 、整碗小河 $540.74 \text{ t}/\text{a}$ 、木乃河 $303.50 \text{ t}/\text{a}$ 。氨氮水环境容量按照从大到小的顺序排列依次为曼歇河 $74.99 \text{ t}/\text{a}$ 、整碗小河 $58.33 \text{ t}/\text{a}$ 、木乃河 $42.56 \text{ t}/\text{a}$ 、思茅河 $4.30 \text{ t}/\text{a}$ 。对主要水体的剩余水环境容量和污染物消减量进行分析比较, 结果如下: 木乃河水体污染严重, COD 已经没有任何的剩余水环境容量, 氨氮剩余环境容量只有 $0.08 \text{ t}/\text{a}$ 。要想保持水体健康状态, 就必须依照水环境质量标准对其进行污染物的消减, 减少排入其中的污染量。水环境容量计算结果显示, COD 消减量为 $15.10 \text{ t}/\text{a}$ 。考虑到木乃河片区产业以茶叶和食品加工为主, 有机污染物排放量较大, 木乃河的水环境容量不容乐观。整碗小河及思茅河均受到轻微污染, 整碗小河 COD 剩余环境容量为 $99.87 \text{ t}/\text{a}$, 氨氮虽然没有剩余容量, 但其消减量只要控制在 $0.45 \text{ t}/\text{a}$ 即可; 思茅河 COD 剩余环境容量充足, 为 $2\,148.87 \text{ t}/\text{a}$, 氨氮也没有剩余容量, 需保证 $39.87 \text{ t}/\text{a}$ 的消减量。曼歇河水环境保持良好状态, COD 和氨氮均保持较大比重的剩余容量。曼歇河 COD 剩余容量为 $866.35 \text{ t}/\text{a}$, 氨氮剩余容量为 $52.09 \text{ t}/\text{a}$ 。

(2) 参与评价的 4 个水体水环境容量存在较大差别。综合考虑 COD 和氨氮的容量数值来看, 曼歇河水环境容量最大, 然后依次是整碗小河、思茅河、木乃河。这种排序与水体水量的大小及水体自净能力有较大联系。就剩余水环境容量来看, 除曼歇河有较大比例的剩余水环境容量外, 整碗小河、思茅河、木乃河均有 1 项为零。剩余水环境容量为零的现实很好地反映了普洱工业园区所面临的迫切水环境污染问题, 这需要做好各种工作从根本上减轻规划区水环境污染, 消减进入水体的污染量。

(3) 曼歇河的 COD、氨氮都还有一定容量, 基本可以满足规划区发展的需要; 另外 3 条河流污染物排放量超出本身环境容量较多, 建议今后的环境治理工作应重点控制木乃河的 COD 排放量, 整碗小河、思茅河氨氮污染物排放量, 同时进行河道的治理和整治, 完善排水管网的建设, 从源头上削减污染物排放量。可见, 采用控制断面法进行计算不仅简单方便, 也能详细表明园区水环境现状, 进而更好地从根本上改善其水环境质量。

5.2 总量控制建议 从环境容量计算结果来看, 水环境质量不容乐观。实际允许排放总量应以《思茅生态建设与环境保护“十一五”规划》制定的总量控制目标为控制基线: COD 排放量保持在 2005 年水平, 即 COD 排放量工业 1.4 万 t , 生活 0.9 万 t ; 氨氮排放量保持在 2005 年水平, 即氨氮排放量工业 178 t , 生活 894 t 。同时兼顾其他工业、企业的排放要求, 在普洱大区域内来调节总量控制指标。

6 结论

一个地区的水环境容量大小也是该地区水资源是否丰富的重要标志之一。分析地区水环境容量对区域人口和工业规模的支撑能力能够为地方规划发展和经济建设决策提

供理论支持。在普洱工业园区的水环境容量计算中,不考虑水体本身的自净容量,采用控制断面法进行了应用分析,提出了总量控制建议,并得出以下结论:

(1)作为工业园区的纳污水体,在涉及规划区的思茅河、整碗小河、木乃河及曼歇河 4 条河流中,木乃河水体污染严重,整碗小河及思茅河均受到轻微污染,由于河流流量小,且上游大量生活污水的排入,减少了河流的环境容量。

(2)从多年平均状况分析,按Ⅳ类水质评价,木乃河 COD 已经没有剩余水环境容量,氨氮剩余环境容量仅为 0.08 t/a;整碗小河 COD 剩余环境容量为 99.87 t/a,氨氮需削减 0.45 t/a;思茅河 COD 剩余环境容量充足,为 2 148.87 t/a,氨氮需保证 39.87 t/a 的削减量才能保证水体的正常纳污能力。

(3)通过对该案例的研究分析可知,该方法简单适用,可以达到保护区域环境质量的目标,并通过对规划的指导促进社会、经济、环境的和谐发展^[19]。

参考文献

- [1] XIONG H B, WANG P, JIN X, et al. Discussion and application of planning EIA index system in the industrial development region based on low carbon economy[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(12): 86-90.
- [2] OU M L, ZHOU W B, HU C H. Variation characteristics of water environmental capacity in Poyang Lake under the scheduling of three gorges reservoir[J]. Meteorological and Environmental Research, 2011, 2(3): 46-48, 52.
- [3] 李雪菲, 付永胜, 张乐嫣. 规划环评中水环境容量分析(以中国科技城绵阳金家林总部经济试验区为例)[J]. 中国科技博览, 2012(7): 62-

(上接第 3535 页)

降水强度 1984 年以来为增加趋势,突变时间为 1984 年,六盘山从 1978 年至今为减小趋势。

(5)宁夏极端降水事件的变化存在空间差异,这可能是气候、地形和误差等多种因素共同作用导致的。气候和地形可能是导致极端降水事件出现南北差异的主要原因,也可能是受人类活动干扰特别强烈导致的。由于 M-K 法不涉及气候人为影响及天然降水系列受气候周期振荡等方面,无法揭示未来的趋势特征,因此,该研究的结果仅是近 50 年来的极端降水变化趋势,宁夏降水的未来趋势如何变化,仍需进一步分析。

参考文献

- [1] WANG Z, WANG Y. Analysis of the spatial and temporal characteristics of extreme precipitation events in Liaoning Province[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(10): 39-42.
- [2] XUE D Q, WANG X T. The variation of extreme temperature and precipitation in Shandong Province during 1961-2008[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(5): 51-57.
- [3] EASTERLING D R, EVANS J L, GROISMAN P Y, et al. Observed variability and trends in extreme climate event[J]. Bull Am Met Soc, 2000, 81: 417-425.
- [4] HOUGHTON J T, DING Y, GRIGGS D J, et al. Climate Change 2001: The Scientific Basis[M]. Cambridge: The Press Syndicate of Cambridge University, 2001.
- [5] ZHAI P M, ZHANG X B, WAN H, et al. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China[J]. Journal of

63.

- [4] 唐献力, 郭宗楼. 水环境容量价值及其影响因素研究[J]. 农机化研究, 2006(10): 45-48.
- [5] 付意成, 徐文新, 付敏. 我国水环境容量现状研究[J]. 中国水利, 2010(1): 26-31.
- [6] 夏青. 流域水污染物总量控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [7] 张永良. 水环境容量综合手册[M]. 北京: 清华出版社, 1991.
- [8] 杨长喆, 陈超, 薛宝永. 论清洁生产和循环经济在工业园区规划环评中的应用[C]//2010 年中国环境科学学会学术年会论文集. 北京: 中国环境科学出版社, 2010: 1602.
- [9] 谭娜. 好溪给云段水环境容量研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [10] 张永良, 洪继华, 夏青, 等. 我国水环境容量研究与展望[J]. 环境科学研究, 1998, 2(1): 73-81.
- [11] 孙殿武, 袁宝成. 我国工业区布局与城市规划建设间存在矛盾的分析[J]. 环境保护科学, 2008, 34(2): 121-123.
- [12] 谢华生, 赵翌晨, 包景岭, 等. 低碳理念在工业园区规划环评中的应用[J]. 中国环保产业, 2010(8): 26-27.
- [13] 李钟汶, 徐忆红, 郭宇红, 等. 工业园区规划环评中的生态适宜性分析(以庄河临港工业区规划环评为例)[C]//2010 年中国环境科学学会学术年会论文集. 北京: 中国环境科学出版社, 2010: 1651.
- [14] 高建斌, 桂国庆, 黄秋如. 工业园区可持续发展的指标体系研究[J]. 江西社会科学, 2006(6): 150-153.
- [15] 孙荪, 庄怡琳. 化学工业园区规划环评指标体系初探[J]. 四川环境, 2007, 26(5): 65-69.
- [16] 陈静, 杨智, 李军. 规划环评中的公众参与[C]//2009 年中国环境科学学会学术年会论文集. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009: 2055.
- [17] 刘文博. 环境承载力分析法在工业园区规划环评影响评价中的应用研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2012.
- [18] 王燕云, 刘花台. 水资源承载力在规划环评中的应用(以永定工业区规划环评为例)[C]//2009 年中国环境科学学会学术年会论文集. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009: 715.
- [19] 赵志远. 工业园区规划环评制约因素确定及案例分析[J]. 黑龙江科技信息, 2010(26): 307-308.

Chmme, 2005, 18: 1096-1108.

- [6] 刘学华, 季致建, 吴洪宝, 等. 中国近 40 年极端气温和降水的分布特征及年代际差异[J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 618-624.
- [7] 王志福, 钱永甫. 中国极端降水事件的频数和强度特征[J]. 水科学进展, 2009, 20(1): 1-9.
- [8] 陈晓光, 苏占胜, 郑广芬, 等. 宁夏气候变化的事实分析[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(6): 43-47.
- [9] 陈晓光, DECLAN CONWAY, 陈晓娟, 等. 1961-2005 年宁夏极端降水事件变化趋势分析[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(3): 156-160.
- [10] 陈晓光, 郑广芬, 陈晓娟, 等. 气候变暖背景下宁夏暴雨日数的变化[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(2): 85-90.
- [11] 郑广芬, 陈晓光, 孙银川, 等. 宁夏气温、降水、蒸发的变化及其对气候变暖的响应[J]. 气象科学, 2006, 26(4): 412-421.
- [12] KARL T R, KUKLA G, RAZUVAYEV V N, et al. Global warming evidence for asymmetric diurnal temperature change[J]. Geophys Res. Lett, 1991, 18: 2253-2256.
- [13] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(9): 1-10.
- [14] 江志红, 丁裕国, 屠其璞. 中国近 50 年冬夏季极端气温场的年代际空间型态及其演变特征研究[J]. 应用气象学报, 1998, 10(S1): 97-103.
- [15] 严中伟, 杨赤. 近几十年中国极端气候变化格局[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(3): 267-272.
- [16] HIPEL K W, MCLEOD A I. Time series modelling of water resources and environmental systems[M]. New York: Elsevier, 1994: 864.
- [17] 王晓霞, 徐宗学, 阮本清. 天津市降水量变化趋势的时空分布特征[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(9): 92-96.
- [18] 宋令勇, 宋进喜, 张文静. 西安地区降水时空分布及变化规律分析[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(1): 85-89.
- [19] 杨晓丹, 翟盘茂. 我国西北地区降水强度、频率和总量变化[J]. 科技导报, 2005, 23(6): 24-26.