

鄱阳湖湖区三站点水质评价及其变化特征研究

莫明浩^{1,2}, 方少文², 宋月君², 涂安国²

(1. 江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 江西省水土保持科学研究所, 江西 南昌 330029)

摘要: 应用模糊综合定量评价法对鄱阳湖星子站、都昌站、棠荫站区域的水质进行了评价,以3个指标(氨氮、高锰酸盐指数、总磷)作为评价因子,建立评价矩阵,计算出因子权重,得出特征指数,最后评价出水质级别,该方法能够得到其它方法难以达到的客观性和综合性。水质监测数据和评价结果表明:2003-2008年鄱阳湖3站点水质状况尚属良好,大部分时期在Ⅱ、Ⅲ类水平,但也有部分时段超标;在劣于Ⅱ类水的情况下,3个站点所在区域枯水期水质均比丰水期和平水期差。

关键词: 水质评价; 模糊综合定量评价法; 变化特征; 鄱阳湖

中图分类号:TV213.3; X824

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)04-0090-05

Water quality assessment and its changing characteristics research for the three stations in Poyang Lake

MO Minghao^{1,2}, FANG Shaowen², SONG Yuejun², TU Anguo²

(1. Jiangxi Provincial Institute of Water Science, Nanchang 330029, China;

2. Jiangxi Provincial Research Institute for Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China)

Abstract: The water quality assessment of Xingzi, Duchang and Tangyin stations in Poyang Lake has been evaluated by using the fuzzy comprehensive evaluation method. The three evaluation factors as ammonia nitrogen, permanganate and total phosphorus were selected for the evaluating indicators. The paper also set up the assessing matrix, calculated the weights of factors and obtained the characteristics index and finally evaluated the grades of water quality. This method can achieved objectivity and comprehensiveness that other methods can't. Water quality monitoring data and evaluation results showed that water quality of three stations in Poyang Lake was still good from 2003 to 2008. Most of time the water quality was in class Ⅱ, Ⅲ level, but there were excessive in part times. In the case of worse than class Ⅱ, the water quality of three stations was worse during the dry water period than the rich water period and average water period.

Key words: water quality assessment; fuzzy comprehensive quantitative evaluation; change characteristics; Poyang Lake

1 研究背景

鄱阳湖位于江西省北部,长江中游南岸,承纳赣江、抚河、信江、饶河、修水等五大水系(简称“五河”)来水,经调蓄后由湖口注入长江,是一个过水性、吞吐型和季节性湖泊^[1]。湖面以松门山为界分为南(东)、北(西)两部分,南部湖面宽阔,为一主湖区,北部湖面狭长,为湖水入江水道区^[2]。鄱阳湖是我国第一大淡水湖,是长江干流重要的调蓄性湖泊,在长江流域中发挥着巨大的调蓄洪水和保护生物多样性等特殊生态功

能,近年来,鄱阳湖水质呈现恶化趋势,维护鄱阳湖“一湖清水”受到党中央、国务院的高度重视。

目前鄱阳湖水质评价多采用单因子评价法,但是在所依托的水质评价标准不断修正情况下,单因子评价结果很难进行比较,多因子评价已经成为更准确的水质评价方法,包括综合指数法、灰色聚类法、灰色模式识别法、模糊综合评判法、模糊模式识别法等。水体是一个具有不确定性因素、变化复杂的环境,水体污染物成分和数量具有时间和空间变异性,使得水质级别、分类标准都存在着模糊性,表

收稿日期:2012-04-23; 修回日期:2012-05-23

基金项目:水利部公益性行业科研专项经费项目(201001055);江西省博士后科研择优资助项目;江西省水利厅课题(KT201011、KT201009)

作者简介:莫明浩(1981-),男,江西抚州人,博士,工程师,主要从事水环境和水土保持研究工作。

通讯作者:方少文(1967-),男,江西彭泽人,教授级高级工程师,主要研究方向为水土保持。

明水环境系统是一个有着随机性、模糊性和灰色性的不确定的系统^[3]。本文采用模糊综合定量评价法对鄱阳湖湖区水质进行评价,分析其变化趋势,为“一湖清水”提供理论依据。

本文采用模糊综合定量评价法这种新的水质评价方法对鄱阳湖湖区三个水质监测点近年来水质进行评价,以分析其变化趋势,为“一湖清水”提供理论依据。

2 模糊综合定量评价法

2.1 原理

模糊集合理论方法,是一种研究和处理模糊现象的新型数学方法。模糊评价方法可利用其隶属函数来有效地解决模糊界限的识别问题,因而,与其它方法相比模糊法灵敏度更高。在模糊评价方法中,模糊综合评价法应用广泛,自20世纪90年代它就已经被研究应用于环境质量的评价,都是利用最大隶属原则进行评价。对于多级污染状态的识别与综合评价来说,这种方法得出的评价结论可能失真,如水体同时隶属于两个极端类别,则不能应用最大隶属原则进行评价。

在本文的研究中,引进了一种有效的新方法即:模糊综合定量评价法,这种方法将模糊综合评价法与定量法相结合。不同于传统的模糊综合评价法利用最大隶属度原则进行评价,这种新方法是通过对计算级别特征指数 $smid$ 进行评价的。本文所提出的方法充分利用了全部隶属度信息,使评价结果不仅能科学准确的反映水体环境质量等级,而且还可以反映同一质量等级之间的变化。

2.2 步骤

2.2.1 建立水质隶属函数 国家地表水环境质量标准(GB3838-2002)将水质划分为五类,因此,首先要建立水质隶属函数。设水质隶属函数是线性函数,隶属于第一类水质的隶属函数为^[4]:

$$f(x) = \begin{cases} (x - x_2)/(x_1 - x_2) & x_1 < x < x_2 \\ 0 & x \geq x_2 \\ 1 & x \leq x_1 \end{cases} \quad (1)$$

隶属于第一类与最后一类之间的 i 类($i = 2, 3, 4$)水质的隶属函数为:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < x_{i-1} \text{ or } x \geq x_{i+1} \\ (x - x_{i-1})/(x_i - x_{i-1}) & x_{i-1} < x < x_i \\ (x - x_{i+1})/(x_i - x_{i+1}) & x_i < x < x_{i+1} \end{cases} \quad (2)$$

隶属于最后一类水质的隶属函数为:

$$f(x) = \begin{cases} (x - x_4)/(x_5 - x_4) & x_4 < x < x_5 \\ 0 & x \leq x_4 \\ 1 & x \geq x_5 \end{cases} \quad (3)$$

式中: x 为某污染物的实际浓度值,带有下标的 x_i 为下标所对应的水质分类标准值,如 x_2 表示 II 类某水质参数对应的标准值。选用的水质参数为氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})和总磷(TP),由3个监测指标和5类水质建立一个 5×3 的隶属度矩阵 R 。

2.1.2 计算各项目参数的权重 权重采用计算既考虑污染物的实际浓度值,也考虑标准值的计算方法^[4]。其计算公式为:

$$W_i = \frac{x_i/s_i}{\sum_{i=1}^n x_i/s_i} \quad \sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (4)$$

式中: W 为参数的权重值; s_i 为第 i 种参数五个类别标准的平均值; x_i 为参数 i 的实际浓度值。可得到一个 1×5 的权重矩阵 W 。

2.1.3 进行模糊综合评价 通过模糊矩阵复合运算作综合评价,将上面得到的权重矩阵 W 和模糊矩阵 R 进行模糊复合运算,即:

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_m) = W \circ R \\ = (w_1, w_2, \dots, w_n) \circ$$

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中: $\circ$ 是模糊矩阵的复合运算符号,采用普通矩阵的算法进行复合运算。

2.1.4 计算并量化模糊综合指数 对评语集 B 进行定量化处理,对各个评语按百分制记分的办法,评语的分数向量为: $C(c_1, c_2, \dots, c_n)$ 。

$$S = \sum_{i=1}^n b_i c_{(i)} / \sum_{i=1}^n b_i \quad (6)$$

由于各评语的得分是一个区间,所以一般计算三个有代表性的得分:

$$S_{\text{high}} = \sum_{i=1}^n b_i c_{\text{high}(i)} / \sum_{i=1}^n b_i, S_{\text{low}} = \sum_{i=1}^n b_i c_{\text{low}(i)} / \sum_{i=1}^n b_i,$$

$$S_{\text{mid}} = \sum_{i=1}^n b_i c_{\text{mid}(i)} / \sum_{i=1}^n b_i$$

式中: c_{high} 为各元素取区间的上限组成的评语分数向量; c_{low} 为各元素取区间的下限组成的评语分数向量; c_{mid} 为各元素取区间的中间值组成的评语分

数向量。对评语进行定量化处理,计算出得分后,就可以根据得分进行评价。为了简化计算程序,本文仅计算 S_{mid} 进行水质评价,则 $c_{mid(i)} = (55, 65, 75, 85, 95)^{[5-6]}$ 。所用水质分级和评分标准如表 1 所示。

表 1 水环境质量分级和评分标准^[5-6]

标准等级	分数范围	功 能
I 类	$50 \leq c_1 \leq 59$	适用于源头水、国家自然保护区
II 类	$60 \leq c_2 \leq 69$	适用于集中式生活饮用水一级保护区、珍惜水生生物栖息地、鱼虾产卵场地
III 类	$70 \leq c_3 \leq 79$	适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区
IV 类	$80 \leq c_4 \leq 89$	适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区
V 类	$90 \leq c_5 \leq 100$	适用于农业用水区及一般景观要求水域

2.3 鄱阳湖水水质评价应用

本文选取江西省水文部门在鄱阳湖的常规监测点进行湖区的水质评价,选择松门山以北的星子站,松门山附近的都昌站和松门山以南的棠荫站三个水文和水质监测站点(图 1)2003 年-2008 年水质监测数据,监测时间分别为 3、7 月和 11 月,即鄱阳湖的平水期、丰水期和枯水期。

以 2008 年的都昌站水质监测数据为例(表 2)进行模糊综合定量评价,以 $\{NH_3-N, COD_{Mn}, TP\}$ 建立因子集。根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)(表 3)建立评价集,评价等级分为 5 个等级。

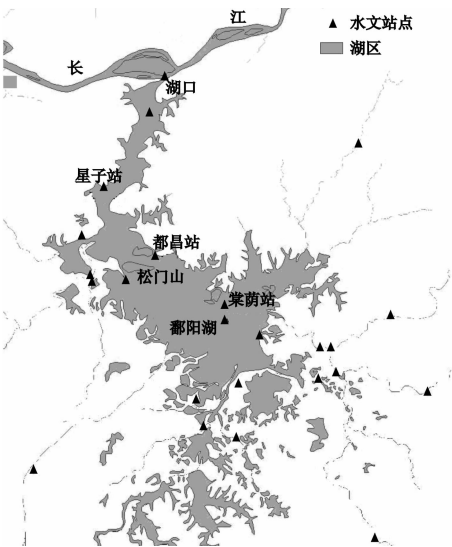


图 1 鄱阳湖三个水文站点位置图

表 2 鄱阳湖都昌站 2008 年三次水质监测数据 mg/L

监测时间	NH_3-N	COD_{Mn}	TP
2008-03	0.71	2.6	0.082
2008-07	0.42	2.4	0.026
2008-11	0.21	2.4	0.035

表 3 地表水环境质量标准(GB3838-2002) mg/L

评价指标	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
$COD_{Mn} \leq$	2	4	6	10	15
$TP \leq$	0.01	0.025	0.05	0.1	0.2
$NH_3-N \leq$	0.15	0.5	1	1.5	2

以都昌站 2008 年 3 月数据为例,首先,根据各个评价因子的隶属函数及其实测值,求出各评价因子对于各级水的隶属度^[7],并组成模糊矩阵 R_1 :

隶属矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.58 & 0.42 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.36 & 0.64 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} NH_3-N \\ COD_{Mn} \\ TP \end{matrix}$$

数值类别 I II III IV V
根据公式(4) 计算各评价因子的权重,得出权重矩阵 $W = (0.327 \ 0.167 \ 0.506)$

然后,根据模糊数学原理,进行模糊综合评价:

$$B = W \circ R = (0.327 \ 0.167 \ 0.506) \circ$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0.58 & 0.42 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.36 & 0.64 & 0 \end{bmatrix}$$

最后根据公式(6) 计算得出模糊综合指数 $S = 74$,对照表 1 可知,其水质等级为 III 类,若按单因子评价法则判定为 IV 类,而实际水体中 NH_3-N 在 III 类水水平, COD_{Mn} 在 II 类水水平,仅 TP 超标,所以采用模糊综合定量评价法更为合理。采用此方法对鄱阳湖都昌站水域 2008 年的水质评价结果如表 4 所示,从评价结果的评语分可以看出此方法评价结果比单因子评价法提高一个类别,而且可知 7 月水质最好, 3 月水质最差。因水体污染本身就是一个模糊概念,作为评价污染程度的分类标准也具有模糊的概念^[4],单因子评价方法在进行评价时不尽合理,而模糊数学方法更能反映客观实际。

表 4 鄱阳湖都昌站 2008 年三次水质监测的模糊综合定量评价结果

时间	评语分	评价等级	单因子评价法
2008-03	74	Ⅲ类	Ⅳ类
2008-07	62	Ⅱ类	Ⅲ类
2008-11	63	Ⅱ类	Ⅲ类

3 鄱阳湖水质状况及其变化特征分析

3.1 水质状况总体分析

采用上述方法对 2003 - 2008 年鄱阳湖星子站、

都昌站和棠荫站区域进行水质评价,结果见表 5。从三个水质监测站点的水质模糊综合定量评价结果来看,鄱阳湖的水质状况尚属良好,大部分时期在Ⅱ、Ⅲ类水平,因三站点分别在鄱阳湖的北部、中部和南部,具有典型性,因此,就这三个站点而言,可以说鄱阳湖水环境质量在我国淡水湖泊中总体是较好的。从各单项指标看,2003 - 2008 年各年三站点的均值高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 在 2. 389 ~ 3. 178 mg/L,氨氮 (NH₃-N) 在 0. 104 ~ 0. 403 mg/L,在Ⅱ类水标准以上,总磷 (TP) 在 0. 027 ~ 0. 044 mg/L,符合Ⅲ类水标准。

表 5 鄱阳湖星子站、都昌站和棠荫站 2003 - 2008 年水质监测评价结果

站点	时间	2003 年		2004 年		2005 年		2006 年		2007 年		2008 年	
		等级	评语分	等级	评语分	等级	评语分	等级	评语分	等级	评语分	等级	评语分
星子站	枯水期	Ⅱ	62	Ⅱ	62	Ⅳ	80	Ⅱ	63	Ⅲ	72	Ⅱ	62
	平水期	Ⅱ	63	Ⅱ	62	Ⅱ	62	Ⅱ	66	Ⅱ	69	Ⅱ	69
	丰水期	Ⅱ	65	Ⅱ	67	Ⅱ	61	Ⅲ	73	Ⅱ	63	Ⅱ	65
都昌站	枯水期	Ⅱ	63	Ⅱ	67	Ⅲ	71	Ⅳ	82	Ⅲ	72	Ⅱ	63
	平水期	Ⅱ	64	Ⅱ	68	Ⅱ	67	Ⅲ	73	Ⅰ	59	Ⅲ	74
	丰水期	Ⅱ	61	Ⅱ	62	Ⅲ	77	Ⅲ	76	Ⅲ	79	Ⅱ	62
棠荫站	枯水期	Ⅰ	58	Ⅱ	67	Ⅳ	81	Ⅱ	64	Ⅲ	71	Ⅱ	65
	平水期	Ⅰ	57	Ⅲ	75	Ⅱ	64	Ⅲ	73	Ⅱ	62	Ⅲ	78
	丰水期	Ⅱ	61	Ⅱ	60	Ⅱ	63	Ⅰ	58	Ⅲ	74	Ⅱ	64

从全年平均而言,都昌站区域与其他两个区域相比水质较差,除 2003 年外,星子站区域水质较棠荫站更好。水质状况除与污染物排放有关外,还与湖流有很大关系,一般由于北湖湖流速较南湖快,综合衰减系数受水体紊动影响较大,高流速必然引起综合衰减系数的升高,从而加强环境水体稀释能力^[8],这与本文评价所得结论相吻合。

3.2 水质年内变化

鄱阳湖水位受注入的“五河”和长江干流来水双重影响,每年 4 - 6 月份湖区水位随“五河”来水增多而抬升,7 - 9 月份因长江干流洪水顶托或倒灌而壅高,10 月后稳定退水,逐渐进入枯水期^[1]。从表 5 可以看出,在劣于Ⅱ类水的情况下,三个站点所在区域枯水期水质均比丰水期和平水期差。

根据 2008 年三站点全年的监测数据 (见图 2) 可以看出,鄱阳湖水质表现出一定的变化特征,但并不明显。由于氨氮主要来源于农药化肥、畜禽养殖和水土流失等引起的非点源污染,与季节密切相关,所以年内呈现逐渐减小的特征,同时由于 11、12 月水位偏低,使得湖泊底泥上涌,释放营养盐进入水体,导致氨氮变大、水质变差^[8]。高锰酸盐指数全

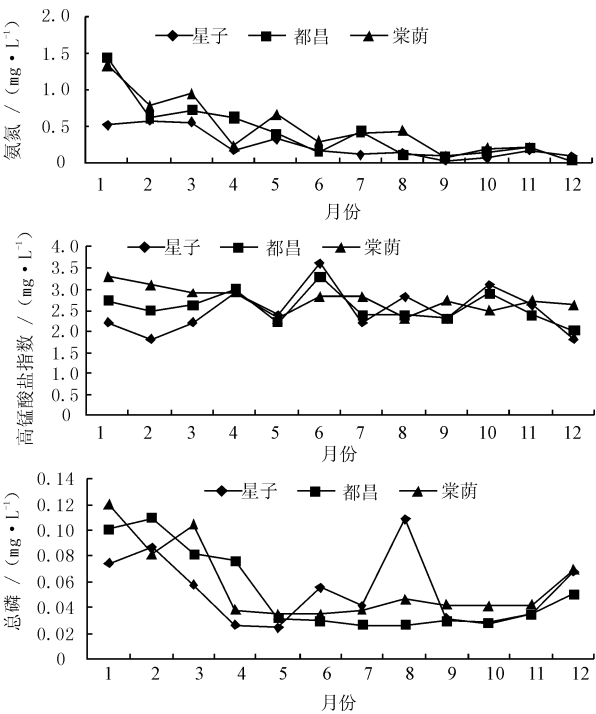


图 2 鄱阳湖星子站、都昌站和棠荫站 2008 年水质年内变化

年较为稳定,变化不大,均未超标,说明鄱阳湖区内直接入湖的点源污染得到有效控制。总磷受水位影响(除星子站 8 月外),7 - 9 月丰水期浓度明显低于

枯水期和平水期。总体而言,1 月份的水质最差,丰水期优于枯水期,低水位水质较差。

3.3 水质年际变化

从表 5 可以看出,在部分区域已经受到不同程度的污染,且污染程度有加深的趋势。在 2007 和 2008 年这三个区域的水质状况有所好转,这可能和鄱阳湖水水质逐年下降引起中央高度重视有关,国务院总理温家宝 2007 年作出批示要求“维护鄱阳湖一湖清水”,水利部要求把“确保鄱阳湖一湖清水下泄”作为江西水利工作的战略制高点,而后工业废水的排放得到控制,因而水质略有好转。由于鄱阳湖区域内外生态环境的改变,近年来鄱阳湖枯水期延长,连续多年出现历史罕见低水位,使得湖体水质受水位影响较大,保护“一湖清水”的压力增加。

4 结 语

(1)模糊综合定量评价法不仅能很好地反映水质级别的模糊性与连续性,而且能够通过特征指数比较同一级别的水质状况,克服了传统综合评价法的缺点,能够得到其它方法难以达到的客观性和综合性。

(2)2003 - 2008 年鄱阳湖星子站、都昌站和棠荫站区域水质状况尚属良好,大部分时期在Ⅱ、Ⅲ类水平,但也有部分时段超标;在劣于Ⅱ类水的情况下,三个站点所在区域枯水期水质均比丰水期和平水期差。

(上接第 89 页)

3 结 语

根据灌区的综合效益确定灌区的重要性,进而确定其供水优先序,最后确定各灌区的罚值大小,最终实现极端枯水年的水资源合理化配置。由于玛河流域并不缺水,所以二十年一遇的枯水年和百年一遇的枯水缺水程度不明显,本文通过对极端枯水年的水资源配置研究,证明本文设置的罚值系统有效,该模型应用于枯水年的水资源配置效果显著,对其他地区枯水年的水资源管理和配置有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 姜卉芳. 塔里木河干流流域水资源规划管理模型研究报告[R]. 新疆:新疆农业大学水资源科技服务中心, 2001.
- [2] 布海力且木阿不都卡地尔,姜卉芳. WRMM 模型在乌鲁

(3)本文水质评价仅采用了氨氮、高锰酸盐指数和总磷三个水质指标,不能够全面地反映水质状况,但是本文的方法在多个水质指标监测数据支持下同样可以适用;水质监测站点只选择了鄱阳湖的北、中、南面的三个站,虽在湖区内具有典型性但不能代表全湖的水质状况,尤其是“五河”入湖口的水质。

(4)随着鄱阳湖区域内外环境的改变,湖区水质污染程度有加深的趋势,尚需加强鄱阳湖水生态水环境定位监测、鄱阳湖流域水土保持和生态环境保护。

参考文献:

- [1] 胡春宏,阮本清. 鄱阳湖水利枢纽工程的作用及其影响研究[J]. 水利水电技术,2011,42(1):1 - 6 + 20
- [2] 万金保,蒋胜韬. 鄱阳湖水环境分析及综合治理[J]. 水资源保护,2006,22(3):24 - 27.
- [3] 李祚泳,丁 晶,彭荔红. 环境质量评价原理与方法[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [4] 王鸿杰,尤 宾,上官宗光. 模糊数学分析方法在水环境评价中的应用[J]. 水文,2005,25(6):30 - 32.
- [5] 王新洲,史文中,王树良. 模糊空间信息处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003.
- [6] 彭文启,张祥伟. 现代水环境质量评价理论与方法[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [7] 万金保,李缓缓. 模糊综合评价法在鄱阳湖水水质评价中的应用[J]. 上海环境科学,2007,26(5):215 - 218.
- [8] 顾 平,万金保. 鄱阳湖水文特征及其对水质的影响研究[J]. 环境污染与防治,2011,33(3):15 - 19.

木齐河流域水资源管中的应用[J]. 新疆农业大学学报, 2005,28(1):77 - 80.

- [3] 何 英,姜卉芳,耿曙萍. WRMM 模型与地下水利用模型耦合研究及其应用[J]. 人民黄河,2008,30(12):78 - 80.
- [4] 李 芳,姜卉芳,何英. WRMM 模型在玛纳斯河灌区的应用[J]. 水资源与水工程学报,2011,22(5):84 - 87.
- [5] 何 英. WRMM 模型及其改进在乌鲁木齐市水资源规划中的应用[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2007.
- [6] 龚伟华,王彦国,赵成义,等. 阿克苏河枯水年水文特征及其对塔里木河干流生态环境的影响[J]. 冰川冻土, 2010,32(3):602 - 607.
- [7] 黄学超,史安娜,石莎莎,等. 丰枯水年的沂沭河流域水资源优化配置分析[J]. 长江科技学院院报,2009,26(1):12 - 16.
- [8] GB/T50095 - 98,水文基本术语和符号标准[S]:155 - 156.
- [9] 温 川,殷战阳. 格尔木河格尔木站年径流特征及丰平枯水年划分[J]. 科技信息,2011(13):447 - 450.