

青海湖流域降水量变化趋势分析

裴生山¹, 张顺桂², 张思芳³, 许德基¹

(1. 青海省水文水资源勘测局, 青海 西宁 810000; 2. 青海省土地统征整理中心, 青海 西宁 810008; 3. 青海省湟中县水务局, 青海 湟中 811600)

摘要: 降水是地球上陆地各种水体的直接或间接补给源。根据青海湖流域降水量资料采用 Kendall 秩次检验、Spearman 秩次检验及线性趋势回归检验 3 种方法对流域内降水量变化趋势进行了分析计算, 得出了降水量增加趋势比较明显的结论, 说明青海湖水位近十几年下降趋势变缓是由于降水量的增加引起的。研究结果为该流域降水和水资源预测提供参考。

关键词: 降水量; 变化趋势; 青海湖

中图分类号: P333.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2013)04-0217-03

Analysis of change trend of precipitation in Qinghai Lake basin

PEI Shengshan¹, ZHANG Shungui², ZHANG Sifang³, XU Deji¹

(1. Hydrology Water Resources Survey Bureau of Qinghai Province, Xining 810000, China; 2. Qinghai Province Land EC Levy Center, Xining 810008, China; 3. Huangzhongxian Municipal Bureau of Qinghai Province, Huangzhong 811600, China)

Abstract: Precipitation is the direct or indirect supply source of various water body in land. According to Qinghai lake basin precipitation data and using the three methods of Kendall rank time, Spearman rank time and linear trend regression test, the paper calculated and analyzed the variation trend of precipitation in the basin, and got the conclusion that the increase trend of precipitation is obvious, the decline of water level in Qinghai lake for ten years become slow because of the increase of precipitation. The result can provide reference for the prediction basin rainfall and water resources.

Key words: precipitation; change trend; Qinghai Lake

青海湖是我国最大的内陆咸水湖, 是维系青藏高原北部生态安全的重要水体, 青海湖流域四周高耸的山地、湖区巨大的水体、环湖繁茂的植被, 对抗拒西部荒漠化向东侵袭起到了天然屏障作用。青海湖流域具有丰富、特有的生物资源, 流域内的野生动植物资源极为丰富^[1]。青海湖湿地是我国首批列入国际湿地的 7 大湿地之一。然而自 1956 - 2010 年湖水位共下降了 3.91 m, 平均每年下降 0.07 m。

青海湖独特的自然资源以及脆弱的生态环境受到了各级政府的高度重视, 1975 年, 青海省建立了青海湖保护区, 1997 年国务院批准为国家级自然保护区。分析和研究青海湖流域降水量变化趋势, 对该流域经济社会可持续发展和青海湖自身生态系统的良性维持具有重要意义。

1 基本情况

1.1 流域概况

青海湖流域位于青藏高原的东北隅^[2], 祁连褶

皱带的南缘, 是喜马拉雅晚期新构造运动产生的一个断陷、封闭的内陆流域, 四周被阿木尼尼库山、大通山、日月山和青海南山所环绕, 其地理位置介于北纬 36°15' ~ 38°20', 东经 97°50' ~ 101°20' 之间, 流域面积 2.97 万 km²。全流域地势由西北向东南倾斜, 四周山岭大部分在海拔 4 000 m 以上, 北部大通山西段岗格尔肖合力海拔 5291m, 是流域的最高点。青海湖位于本流域东南部, 湖面海拔约 3 193 m, 为流域的最低点。青海湖东西长约 106 km, 南北宽约 63 km, 周长约 360 km。

流入青海湖的河流有 50 余条, 主要有布哈河、沙柳河、哈尔盖河、乌哈阿兰河和黑马河等, 其中以布哈河最大。流域内地貌类型复杂多样, 以高山滨湖平原为主, 从高山到湖面分别为极高山、高山山前河谷平原、冲积平原、湖积平原。在青海湖北部河漫滩、三角洲及河流堆积阶地发育; 东北部分布有大面积风沙堆积地貌, 沙丘多为固定或半固定型, 山地类型以近湖中低山为主; 远湖高山区仅分布于北部。

现代冰川主要分布在布哈河上游的阳康曲和希格尔曲的源头一带。

1.2 气候特征

青海湖流域位于北温带高原大陆性季风气候区,属于高原半干旱高寒气候,寒冷季长,温凉期短,没有明显的四季之分,干旱少雨。

青海湖流域的水汽主要来源于孟加拉湾及东南沿海的暖湿气流,因流域深处内陆高原,远来的暖湿气流,沿途受到山脉的阻扰,截留,进入青海湖区,水汽所剩无几,故降水不甚充沛,但是巨大的青海湖水体本身是一个水汽辐射中心,因而湖周的降水量,较其毗邻的内陆流域为丰。湖区年平均降水量为 300~550 mm,年平均气温为-1.4~1.0℃,年日照时数 2 430~3 330 h,年日照百分率为 56%~76%。

2 降水资料

2.1 资料来源

青海湖流域水文、气象站点非常稀疏,且大部分

站点系列很短。具有 50 年及以上实测降水资料的观测站点共有 4 处,其中水文站 3 处,分别为布哈河口水文站、下社水文站、刚察水文站;气象站 1 处,为天峻县气象站。

2.2 资料的可靠性分析

降水主要选自水文、气象部门资料,虽然水文、气象部门的资料观测规范,可靠性较高,但仍对选用的资料进行了合理性检查,对发现的错误进行了改正。

2.3 资料的代表性分析

根据测站资料情况,选取 1956~2007 年(52 年)、1963~2007 年(45 年)、1968~2007 年(40 年)、1973~2007 年(35 年)、1978~2007 年(30 年)、1983~2007 年(25 年)、1988~2007 年(20 年)、1993~2007 年(15 年)、1998~2007 年(10 年)、2003~2007 年(5 年)10 个系列,采用矩法对不同长度年降水系列进行统计参数分析计算^[3],并与 1956~2007(52 年)同步长系列统计参数对比(表 1)。

表 1 年降水量长短系列统计参数(矩法计算值)比较表											mm
起讫年份	年数	站名	$\bar{P}$	C_V	K_p	ΔC_V	站名	$\bar{P}$	C_V	K_p	ΔC_V
2003-2007	5	天峻 气象站	382.3	0.204	1.12	-0.022	布哈河口 水文站	429.3	0.124	1.14	-0.082
1998-2007	10		361.8	0.213	1.06	-0.013		414.6	0.160	1.10	-0.046
1993-2007	15		360.4	0.189	1.06	-0.037		398.0	0.159	1.05	-0.047
1988-2007	20		360.3	0.221	1.06	-0.005		394.9	0.185	1.04	-0.021
1983-2007	25		357.0	0.209	1.05	-0.017		393.4	0.167	1.04	-0.039
1978-2007	30		347.2	0.224	1.02	-0.002		393.0	0.161	1.04	-0.045
1973-2007	35		345.8	0.217	1.02	-0.009		389.3	0.159	1.03	-0.047
1968-2007	40	下社 水文站	343.1	0.218	1.01	-0.008	刚察 水文站	381.8	0.170	1.01	-0.036
1963-2007	45		346.3	0.223	1.02	-0.003		384.7	0.188	1.02	-0.018
1956-2007	52		340.2	0.226				377.9	0.206		
2003-2007	5		426.4	0.163	1.13	-0.017		452.0	0.102	1.13	-0.065
1998-2007	10		419.8	0.129	1.10	-0.051		427.0	0.129	1.07	-0.038
1993-2007	15		425.3	0.110	1.12	-0.070		418.1	0.114	1.05	-0.053
1988-2007	20		410.7	0.156	1.07	-0.024		407.1	0.165	1.02	-0.002
1983-2007	25		411.3	0.151	1.08	-0.029		406.1	0.155	1.02	-0.012
1978-2007	30		400.1	0.164	1.05	-0.016		395.2	0.167	0.99	0
1973-2007	35		391.6	0.169	1.03	-0.011		392.4	0.169	0.98	0.0020
1968-2007	40		383.2	0.176	1.01	-0.004		392.0	0.161	0.98	-0.006
1963-2007	45		385.5	0.179	1.01	-0.001		398.1	0.162	1.00	-0.005
1958-2007	50		380.1	0.180				398.6	0.167		

注: $K_p = P \text{ 短} / P \text{ 长}$, $\Delta C_V = C_V \text{ 短} - C_V \text{ 长}$ 。

经分析,随着系列长度的增加,均值、 C_V 值变幅逐渐减小。当短系列均值与相应长系列的均值、 C_V 值的偏差在 ± 0.05 以内时,则认为该短系列已稳

定。长短系列统计参数比较表明,青海湖流域代表站点 20 年以上的系列,其统计参数已与 52 年系列基本接近,间接表明 52 年系列具有较好的代表性。

3 年降水序列趋势性统计检验和分析

3.1 Kendall 秩次检验法

在序列 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 中, 计算检验的统计量

$$U = \frac{\tau}{[V_{ar}(\tau)]^{1/2}} \tag{1}$$

$$\tau = \frac{4p}{n(n-1)} - 1 \tag{2}$$

$$V_{ar}(\tau) = \frac{2(2n+9)}{9n(n-1)} \tag{3}$$

式中: p 为序列所有的对偶观测值 $(x_i, x_j, i < j)$ 中 $x_i < x_j$ 出现的次数; n 为系列长度。原假设为序列无趋势, 当给定显著水平 α 后, 在正态分布表中查出临界值 $U_{\alpha/2}$, 当 $|U| < U_{\alpha/2}$ 时, 接受原假设, 即趋势不显著; 当 $|U| > U_{\alpha/2}$ 时, 拒绝原假设, 即趋势显著。检验结果见表 2。

3.2 Spearman 秩次检验法

分析序列 $x_1, x_2, \dots, x_i$ 与时序 i 的相关关系, 在运算时 x_i 用其秩次 R_i 代表, 秩次相关系数为:

$$r = 1 - 6 \sum_{i=1}^n d_i^2 / (n^3 - n) \tag{4}$$

式中: n 为序列长度; $d_i = R_i - i$ 。如果秩次 R_i 与时序 i 相近, 则 d_i 较小, 秩次相关系数较大, 趋势性显著。

相关系数 r 是否异于零, 可采用 t 检验法。统计量 T 服从自由度为 $(n-2)$ 的 t 分布。

$$T = r \sqrt{(n-4)/(1-r^2)} \tag{5}$$

原假设为序列无趋势。检验时, 给定显著水平 α

后, 在 t 分布表中查出临界值 $t_{\alpha/2}$, 当 $|T| > t_{\alpha/2}$ 时, 拒绝原假设, 说明序列随时间有相依关系, 从而推断序列趋势显著; 当 $|T| < t_{\alpha/2}$ 时, 接受原假设, 即趋势不显著。检验结果见表 2。

3.3 线性趋势回归检验法

判断变化趋势的程度是否显著, 必须对相关系数进行显著性检验, 多应用最简便的 t 检验法。统计量 T 服从自由度为 $(n-2)$ 的 t 分布。

$$T = r \sqrt{(n-2)/(1-r^2)} \tag{6}$$

原假设为序列无趋势。检验时, 给定显著水平 α 后, 在 t 分布表中查出临界值 $t_{\alpha/2}$, 当 $|T| > t_{\alpha/2}$ 时, 拒绝原假设, 说明序列随时间有相依关系, 从而推断序列趋势显著; 当 $|T| < t_{\alpha/2}$ 时, 接受原假设, 即趋势不显著。3 种趋势检验方法的检验结果见表 2。

当给定显著性水平 $\alpha = 0.05$ 时, 下社水文站的降水呈显著的上升趋势; 布哈河口水文站采用 Kendall 秩次检验法有显著上升趋势, 其余两种方法显示趋势不显著; 其余代表站的变化趋势不明显; 而当给定显著性水平 $\alpha = 0.1$ 时, 天峻气象站采用 Kendall 秩次检验法有显著的上升趋势, 其余两种方法无显著趋势, 布哈河口水文站采用 Kendall 秩次检验法和线性趋势回归检验分析法有显著的上升趋势, 采用 Spearman 秩次检验法无显著变化趋势, 下社水文站采用三种检验方法, 取显著性水平 $\alpha = 0.1$ 和 0.05 均有显著的上升趋势, 刚察水文站则均无显著的变化趋势。

表 2 降水量代表站趋势分析

站 名	Kendall			Spearman			线性趋势回归检验		
	U	显著水平	显著水平	T	显著水平	显著水平	T	显著水平	显著水平
		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.1$		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.1$		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.1$
		$U_{\alpha/2} = 1.96$	$U_{\alpha/2} = 1.65$		$t_{\alpha/2} = 2.009$	$t_{\alpha/2} = 1.68$		$t_{1/2} = 2.009$	$t_{1/2} = 1.68$
天峻气象站	1.70	不显著	显著	1.6173	不显著	不显著	1.58	不显著	不显著
布哈河口水文站	2.16	显著	显著	2.0030	不显著	不显著	1.798	不显著	显著
下社水文站	3.12	显著	显著	3.1790	显著	显著	3.111	显著	显著
刚察水文站	0.41	不显著	不显著	0.3140	不显著	不显著	0.486	不显著	不显著

4 降水倾向率分析

为能定量反映降水的长期变化趋势, 对青海湖流域雨量代表站全年及四季(春季 3-5 月、夏季 6-8 月、秋季 9-11 月、冬季 12 月至翌年 2 月)的降水倾向率进行分析, 得出该变化趋势的季节性分布。通常降水等气候要素的趋势拟合可以用二次方程表

示, 即:

$$\hat{x}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \tag{7}$$

$t = 1, 2, \dots, n$ (年份序号)。

而线性趋势变化只需选用一次方程, 即:

$$\hat{x}_t = a_0 + a_1 t \tag{8}$$

一次回归系数为: $a_1 = \frac{d\hat{x}_t}{dt}$ 。这里, 将 $a_1 \times 10$ 称

3 结 语

在无实测径流资料或实测径流资料很少不能作为水文分析计算的地区,主要通过集水面积缩放的方法来推求设计断面的各设计水文特征值。参证站的选择直接影响径流成果的合理性,根据上述实例分析选择参证站的过程中,总结出了参证流域的选择主要可以从以下几个方面来具体分析考虑:

(1)从流域水系网上查找与设计流域自然地理和水文气象特征相近的流域,主要是查找其邻近流域,通过资料查询其邻近流域上的水文测站资料情况,初步选定几个站作对比选择。

(2)从参证站与项目区各河沟的补给来源分析,查看所选参证流域与设计流域径流组成特征是否一致。

(3)根据水文资料情况,查看参证站是否有较长的设计径流资料系列,并且控制面积不得和设计流域相差太远,规范规定一般不超过 50%,从现有资料条件看这一要求比较高,应视具体情况而定,必要的时候可以使用降雨量或者径流系数进行修正,使得结果更为合理。同时还要对水文资料进行三性

审查,即资料的可靠性、一致性、代表性是否满足计算要求。

(4)参证站与项目区不在同一流域,气象条件中降水在年内分配方面存在较大差异的情况下,为准确估算项目区多年平均径流量(含雨洪量的径流量),需要进一步分析参证站的降水及径流与项目区的雨洪之间的相关关系。

参考文献:

[1] 柴晓玲,郭生练,周 芬,等. 无资料地区径流分析计算方法研究[J]. 中国农村水利水电,2005(5):20-22+26.
[2] 吴红燕,姜 芸,吾尔也提,等. 新疆北塔山乌伦布拉克等五条泉水河及泉眼地表径流量调查计算[R]. 昌吉市:新疆维吾尔自治区昌吉水文水资源勘测局,2012.
[3] 汤亚林,哈丽丹. 利用河道短期资料推求设计年径流的分析计算[J]. 中国农村水利水电,2005(8):44-45+47.
[4] 孔莉莉,张展羽,孟佳佳. 若干农田降雨地表径流计算方法述评[J]. 水利水电科技进展,2010,30(2):82-86.
[5] 周浩澜,李 兰,赵英虎,等. 基于 BP 神经网络的雨雪混合径流预报模型[J]. 中国农村水利水电,2008(2):45-47.



(上接第 219 页)

为降水倾向率(b),即每 10 年的降水变化(mm)。正值表示增加量,负值表示减少量。

天峻气象站、布哈河口水文站、下社水文站十年的降水增加量可达到 10 mm 以上,刚察水文站增加量很小,仅为 3 mm,见表 3。可见青海湖流域年降水量增加趋势比较明显。

表 3 青海湖流域年、四季和降水倾向率 b mm/10a

站 名	多年 平均	春季	夏季	秋季	冬季
天峻气象站	11.05	-1.25	10.58	1.59	0.12
布哈河口水文站	12.66	2.65	8.00	1.77	0.23
下社水文站	18.22	5.08	12.01	-0.77	0.61
刚察水文站	3.01	-1.23	4.95	-1.25	0.50

从季节上分析,降水的增加主要集中夏季,春季、秋季和冬季增加的很少,天峻气象站、刚察水文站春季以及下社水文站、刚察水文站秋季的降水甚至呈现微弱的减少趋势。这意味着在全球变暖的背景下,该区降水在季节分配上发生了变化,表现为暖

季降水有逐步增加的趋势,而冷季和过渡季节的降水增加则比较缓慢。

5 结 语

通过对青海湖流域降水代表站年降水序列,趋势性统计检验和分析及降水倾向率分析,得出了青海湖流域降水量增加趋势明显的结论。

根据青海湖下社水文站观测资料显示,近十几年来青海湖水位下降幅度有所变缓且自 2005 年又有缓慢上升,从另一方面证明了该结论的合理性。

参考文献:

[1] 陈桂琛. 青海湖流域生态环境保护与修复[M]. 西宁:青海人民出版社,2008
[2] 青海省水利志编委会. 青海湖志[M]. 西宁:青海人民出版社,1998.
[3] 刘光文. 水文分析与计算[M]. 北京:水利电力出版社,1989.