

网络出版时间:2013-05-02 10:55

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130502.1055.027.html>

湟水流域降水量长期变化趋势的时空 分布特征及与气温的关系

杨 芳, 刘 倩

(青海大学 农牧学院, 青海 西宁 810016)

【摘 要】 【目的】分析青海湟水流域降水量的时空分布特征及与气温的关系。【方法】以湟水流域 7 个气象站点 1971—2007 年近 37 年的实测降水及气温作为研究资料,分析降水量长期变化趋势的时空分布特征及气温对降水量的影响。【结果】1971—2007 年湟水流域近 37 年平均降水量略有增加,降水主要集中在夏季(6—8 月),而降水量增加主要发生在春季(3—5 月)。降水相对变率在 1971—2000 年明显增加,可靠性降低;2001—2007 年降水相对变率减小,可靠性增加。在降水量丰沛和偏少的地区,降水量增加幅度不明显;而降水量中等地区,降水量增加趋势明显。1971—2007 年湟水流域气温呈增加趋势;气温与降水量间大致呈负相关。【结论】流域内近 37 年平均气温明显增加,降水量略有增加,气温与降水量大致呈负相关,气温低的地区降水相对较多,气温高的地区降水相对较少。气温与降水量变化的关系比较复杂。

【关键词】 湟水流域;降水量;气温;可靠性

【中图分类号】 S161.6⁺1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)05-0201-06

Long-term trend of precipitation for spatial and temporal regularity of distribution and relation with temperature in Huangshui river

YANG Fang, LIU Qian

(Agriculture and Animal Husbandry College, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016, China)

Abstract: 【Objective】 To explore the relationship between of characteristics of spatial and temporal distribution of precipitation variation and temperature. 【Method】 Combining the precipitation and temperature data from 7 climatological stations from 1971 to 2007, analyses the characteristics of spatial and temporal distribution and influence of temperature on precipitation near 37 a in Huangshui river basin area. 【Result】 The results shows that: Huangshui river basin, a slight increase in average annual precipitation; rainfall concentrated in summer (June-August), while the increase occurred mainly in spring (March-May); the relative change rate of precipitation was significantly increased from 1971 to 2000 but relatively poor reliability of precipitation, and the situation is reversed between 2001 and 2007. There is no significant increase mutual 37 a precipitation in abundant and rare region, while relatively low rainfall area the precipitation trends increase is the most obvious. Average temperature shown a slight increase, and had a negative correlation with precipitation. 【Conclusion】 Nearly 37 years the average temperature increased significantly in the basin, the precipitation increases slightly, the temperature was negatively correlated with precipitation, the precipitation is relatively more in the low temperature region, the precipitation is relatively less in the high temperature region. The relationship of temperature and precipitation is complex.

【收稿日期】 2012-08-21

【作者简介】 杨 芳(1960—),女,河南陕县人,教授,主要从事农业气象和水环境研究。E-mail: yangfang8605@126.com

Key words: Huangshui river; precipitation; temperature; reliability

气候变化作为一个全球性问题,受到国际社会的普遍关注。为此,政府间气候变化专门委员会(IPCC)已经发布了 4 次科学评估报告,其内容主要包括气候变化的科学规律、对经济社会的影响以及人们适应与减缓气候变化的对策等^[1]。随着全球平均气温的升高及降水变率空间分布的改变,区域性的气候变化也愈来愈引起人们的关注。中国是一个易受气候变化影响的国家,气候变化对中国的农业、水资源以及自然生态系统等都有很大的影响^[2]。降水量作为反映气候特征最重要的指标之一,其变化的时空分布受气候、纬度等因子的影响,具有明显的年际和年内变化特点,对经济发展、农业生产及生态建设影响突出^[3]。国内不少学者对流域降水量进行了研究,杨萍果等^[4]分析了汾河流域降水量的时空分布规律和长期变化趋势;贾仰文等^[5]研究了海河流域近 50 年气候变化特征及规律。

湟水是黄河上游的一级支流,发源于青海省海晏县达板山南麓,流经湟源、湟中、大通、互助、西宁、平安、乐都、民和,在民和县下川口出省境,省内长 349 km,流域面积 16.474 km²^[6]。湟水流域是青海省经济、文化和交通的中心,也是主要的粮食和工业基地,人口最为集中,流域内人口总数为 296 万人^[7],占青海省人口总数的 53.62%。湟水流域年平均降水量为 430 mm,年平均蒸发在 1 700~2 200 mm^[8];水资源量 20.64 亿 m³,仅占青海省水资源总量的 3.3%,却养活着全省 53.26%的人口^[9],该地区水资源贫乏,属典型的资源型缺水地区。目前湟水流域水资源开发利用程度为 60.5%,超过了世界公认的合理开发利用警戒线(40%),经现状水平年水资源供需平衡分析,多年平均缺水量为 2.41 亿 m³^[10]。随着该区工农业和经济的日益发展以及人口的不断增多,人们对水的需求量越来越大;在经济社会活动中,工业和城镇生活排污致使流域内地表和地下水严重污染^[11]。水资源短缺、利用率低和水质污染,对该区社会经济的可持续发展和流域生态环境安全构成相当大的威胁。

气温的逐步升高,使湟水流域降水复杂化。目前,关于湟水流域降水量长期变化趋势的时空特征还未见报道。本研究以湟水流域 1971—2007 年的降水量和气温系列数据为基础资料,分析该流域年内年际降水量的特点,研究其时空分布特征及变化规律,并分析了气温对降水量的影响,旨在为湟水流

域水资源的规划、开发和利用提供参考。

1 研究资料与方法

1.1 资料来源

数据来源于青海省气象局湟水流域湟源、湟中、西宁、大通、互助、乐都和民和 7 个气象站点,为 1971—2007 年近 37 年的降水量与气温逐月数据。7 个气象站点覆盖了湟水流域内的海晏、湟源、湟中、西宁、大通、互助、平安、乐都和民和共 9 个县市。众所周知,用于研究降水量变化的资料应有足够的精确度,所用资料必须具有均一性、代表性和可比性,本研究选取的资料满足上述要求。以降水量多年平均值、极值分析降水量的变化趋势;按年代分析降水可靠性;以季节变化分析降水量的年内变化特征;从气温、海拔、地形等方面对降水量长期变化的空间分布规律进行分析。

1.2 研究方法

(1)本研究采用趋势倾向率和线性趋势方程分析近 37 年湟水流域内降水量和气温的变化趋势,即:

$$Y = ax + b. \quad (1)$$

式中: x 为年份序列号($x=1,2,\dots,n$); a 、 b 为系数; Y 为趋势倾向率(单位:mm/10 年或℃/10 年),反映水文要素在过去一段时期内的变化特征,其值的大小反映了水文要素变化的平均幅度,当其为正值时,表示要素在计算时段内增加,为负值时,表示要素在计算时段内减少。

(2)降水可靠性采用降水平均相对变率进行分析。降水相对变率用下式计算:

$$Q = (D/R) \times 100\%. \quad (2)$$

式中: Q 为某年的降水相对变率, D 为降水绝对变率, R 为同时段内的年平均降水量。

(3)将 1971—2007 按常规年代划分为:1971—1980 年为 70 年代,1981—1990 年为 80 年代,1991—2000 年为 90 年代,2001—2007 年为 21 世纪;一年季节划分为:春季 3—5 月,夏季 6—8 月,秋季 9—11 月,冬季 12 月—翌年 2 月。

2 结果与分析

2.1 降水量年际变化特征

对湟水流域 1971—2007 年降水量进行统计分析,可知湟水流域近 37 年平均降水量为 432 mm。

2.1.1 降水量的年际变化 由图 1 可知,湟水流域降水量呈波动性变化,变化幅度不大,且有少量增加。拟合得到的降水量线性趋势方程为: $y = 0.743x + 418.08$, 可知降水量的趋势倾向率为 7.43 mm/10 年,是正值,表明湟水流域近 37 年降水量呈增加趋势。20 世纪 70 年代平均降水量比 1971—2007 年平均值低 8 mm, 80 年代、90 年代降水量与

1971—2007 年平均值相近,21 世纪降水量比 1971—2007 年平均值高 12 mm。70 年代降水量略有减少,趋势倾向率为-11.7 mm/10 年;20 世纪 80、90 年代降水量波动性较大,降水量趋势倾向率分别为 4.90 和 0.37 mm/10 年,总趋势略有增加;21 世纪降水变化增加趋势明显,降水量趋势倾向率为13.93 mm/10 年。

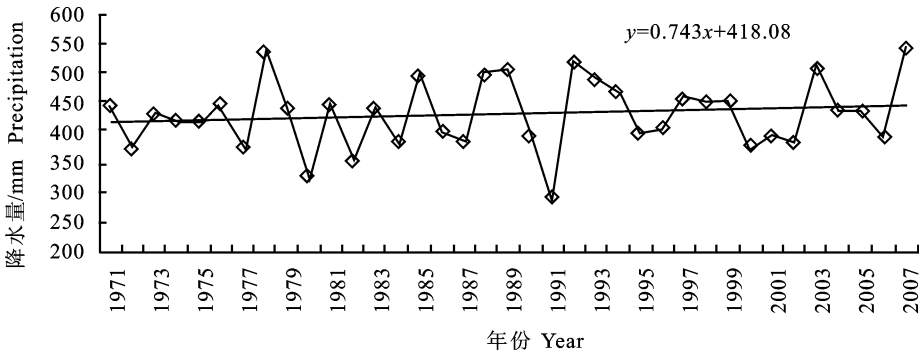


图 1 1971—2007 年湟水流域降水量的年际变化特征

Fig.1 Interannual change characteristics in average precipitation of Huangshui river from 1971 to 2007

2.1.2 降水可靠性 降水相对变率可以反映降水量历年变化情况,降水相对变率大,说明该地区降水量年际间变异大,易造成旱灾或涝灾;降水相对变率小,表示该地降水量比较稳定,变异较小,利用该指标可以衡量某地降水量的可靠程度^[12]。我国的年降水变率在 10%~50%,一般而言,年降水量丰富的区域其年降水相对变率小,年降水量少的区域,年降水相对变率大。湟水流域虽然地处内陆,气候干旱,降水量少,但其 1971—2007 年平均年降水相对变率为 10.54%(表 1),说明流域降水量年际变异小,降水量比较稳定,可靠性好。1971—2007 年降水相对变率随着时间的延长而增大(表 1),即降水变异增加,降水趋于不稳定,降水的可靠性呈降低趋势;2001—2007 年降水相对变率降低,说明降水略有增加。

2.1.3 降水量极值 降水量超过 500 mm 的有 1978, 1988, 1989, 1992, 2003 和 2007 年等 6 个年份,降水量低于 300 mm 的年份仅有 1991 年,大部分年份降水量均在 300~500 mm。降水量极大值出现在 2007 年,为 544 mm,比 1971—2007 年平均值增加 112 mm;降水量极小值出现在 1991 年,为 295 mm,比 1971—2007 年平均值低 137 mm。

由图 1、图 2 可知,降水量少的年份为 1980、1982 和 1991 年,降水距平分别为-103, -8 和-137 mm,其中 1991 年降水量最小,为 295 mm,水资源短缺,易发生严重干旱;降水量丰沛的年份有 1978, 1989, 1992 和 2007 年,降水距平分别为 105, 87 和 112 mm,其中 2007 降水量最大,发生洪涝等极端降水事件的潜在性增大。

2.2 湟水流域降水量的年内变化特征

由图 3 知,湟水流域降水主要分布在夏季,夏季降水量占全年降水总量的 56.66%;春、秋两季降水量相近,分别占全年降水总量的 19.71%, 22.05%;而冬季降水量极少,仅占全年降水总量的 1.58%。1971—2007 年湟水流域近 37 年降水量略有增加,而降水量增加主要是发生在春季。经计算可知,春季的降水量趋势倾向率为 6.698 mm/10 年,在四季中最大;夏季与秋季降水量在各自平均值附近振荡,趋势略有增加;冬季降水量趋势倾向率-0.389 mm/10 年,表明降水量略有减少。由此可以看出,湟水流域春季降水量虽有增加,能够缓解局部春季干

表 1 1971—2007 年湟水流域的降水相对变率及降水量趋势倾向率

Table 1 Relative variability in precipitation and precipitation the change Trend rate of Huangshui river from 1971 to 2007

年 份 Year	相对变率/% Relative variability	与平均值 之差/% Average way below	降水量趋势倾向率/ (mm·10 年 ⁻¹) Precipitation the change trend rate
1971—1980	9.33	-1.21	-1.17
1981—1990	10.77	0.23	4.90
1991—2000	11.59	1.05	0.37
2001—2007	10.42	-0.12	13.93

旱,但由于平均降水量小,所以该流域干旱依旧严重。

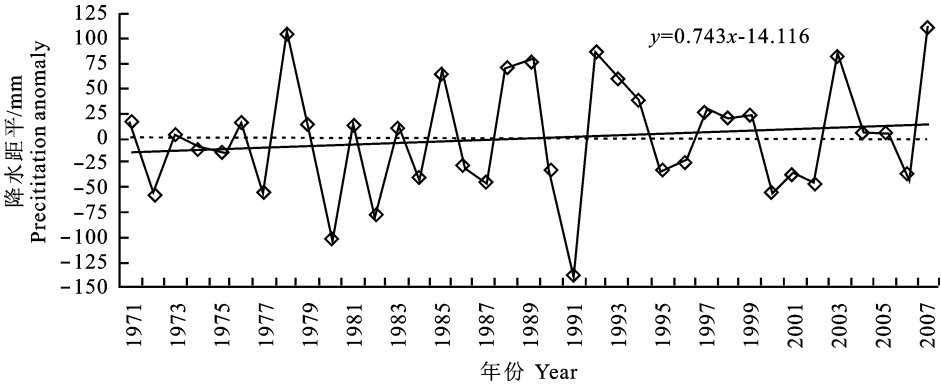


图 2 1971—2007 年湟水流域的降水量距平

Fig. 2 Average distance in precipitation of Huangshui River from 1971 to 2007

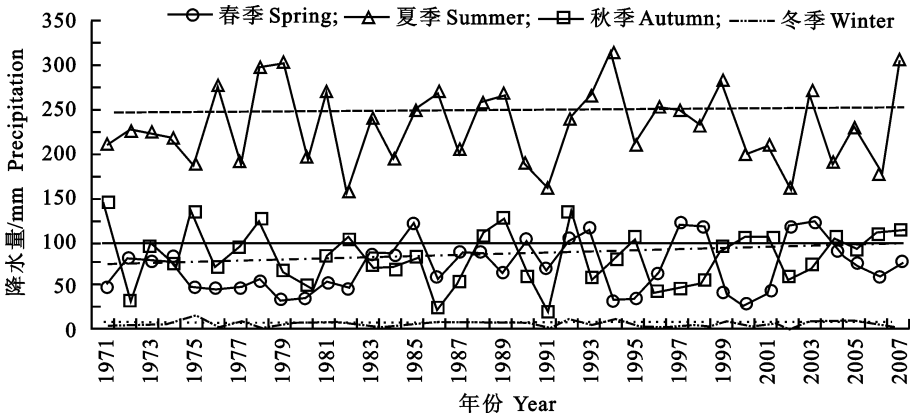


图 3 1971—2007 年湟水流域降水量的年内变化特征

Fig. 3 Years variation characteristics in precipitation distribution of Huangshui River from 1971 to 2007

2.3 降水量的空间分布规律

湟水流域深居内陆腹地,青藏高原的隆升截断了印度洋南来的水气,导致降水量少,是北半球同纬度降水量最少的地区,且时空分布不均,属于干旱半干旱地区^[13]。根据 1971—2007 年的资料可知,湟水流域降水量相对丰沛的地区是湟中、大通、互助,降水量均在 500 mm 以上,其中湟中平均降水量最大,为 539 mm。降水量受很多因素的影响,故地区差异较大。高海拔的脑山地区由于气温低,热量少,蒸发小,植被覆盖度大,降水量多,因此湟中、大通、互助等的高海拔地区降水量比各自的平均值高。互助、平安、乐都、民和等的浅山地区,因为地形复杂破碎,热量高,蒸发大,植被稀疏,降水量最少,均低于各自平均值;西宁、平安等河谷地区由于海拔低,水热条件较好,植被覆盖度大,降水量比较接近湟水流域的降水量平均值,处于中等水平。

本研究从降水量丰沛、中等地区分别选择了湟中和西宁作为代表,对不同地区 1971—2007 年降水量特征进行分析,结果见图 4。由图 4 可知,降水量

相对丰沛的湟中,1971—2007 年降水量增加不明显,仅是略有增加;在降水量中等的西宁,降水量趋势倾向率大,为 27.51 mm/10 年,降水量增加明显;降水偏少的乐都,1971—2007 年降水量变化不明显,波动性最小,趋势倾向率为 0.375 mm/10 年,降水相对变率为 14.86%,降水可靠性较好。由此可知,降水量丰沛和稀缺地区降水量的增加幅度较小,只是略有增加;而降水量中等地区,降水量的增加幅度较大。

2.4 气温对湟水流域降水量的影响

2.4.1 气温的年际变化 对湟水流域 1971—2007 年气温进行统计分析,由图 5 可知,流域近 37 年平均气温为 5.2℃,年平均气温极大值出现在 1998 年和 2006 年,均为 6.4℃,极小值出现在 1976 年,为 4.0℃;湟水流域 1971—2007 年近 37 年气温呈升高趋势,特别是进入 21 世纪后,气温明显升高。气温变化线性趋势方程为 $y=0.0472x+4.2937$,气温趋势倾向率为 0.472℃/10 年。年平均气温与年份的相关系数 $r=0.82$,根据 t 检验可知,这种相关

性在 $\alpha=0.01$ 水平上显著。

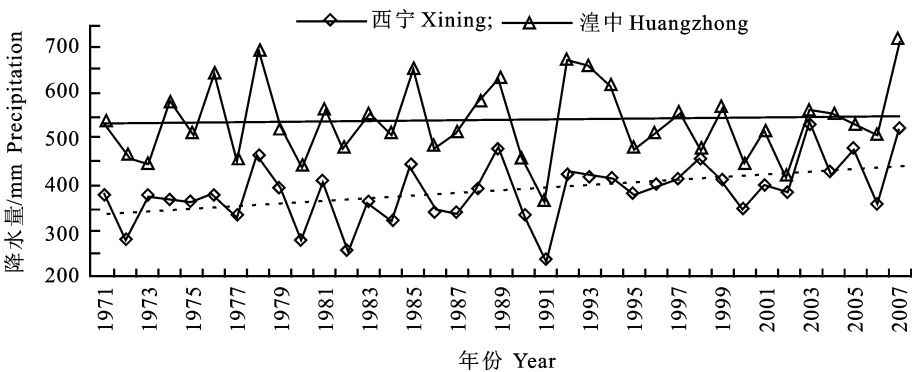


图 4 1971—2007 年湟水流域西宁和湟中降水量变化特征
Fig. 4 Change characteristics in precipitation of Xning, Huangzhong from 1971 to 2007

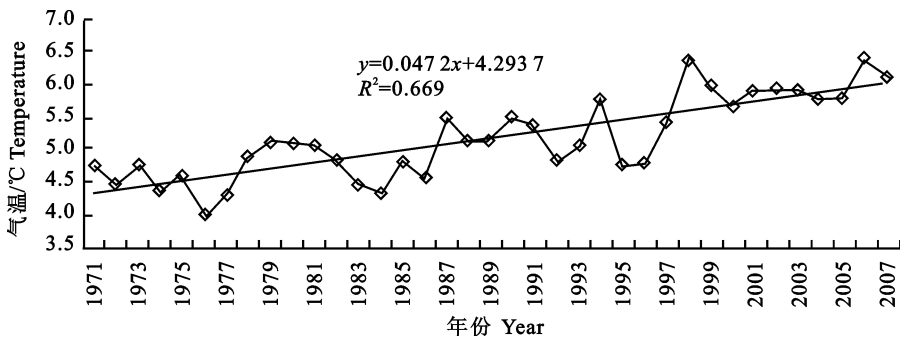


图 5 1971—2007 年湟水流域气温的年际变化特征
Fig. 5 Interannual change characteristics in average temperature of Huangshui river from 1971 to 2007

2.4.2 气温与降水量的关系 降水量和气温作为气候变化的 2 个主要特征参数,其变化具有一定的内在联系。由表 2 可知,1971—2007 年民和、乐都平均气温相对较高,平均降水量较少;西宁平均气温与流域气温平均值相近,降水量也接近于平均值;湟中气温相对较低,降水量最高。可知气温与降水量大致呈负相关,即气温相对较高的地区降水量较少,气温相对较低的地区降水量较多。

由表 2 还可知,气温相对较低的湟中、湟源、大通、互助的降水量趋势倾向率均较小,即降水量增加较少;气温相对较高的乐都、民和地区的降水量趋势倾向率则更小,降水量的波动性不大,比较稳定;气温居中的西宁地区降水量趋势倾向率最大,降水量增加最多。由此可知,气温与降水量增加趋势的关系很复杂,除气温外,降水量还受地理环境、下垫面、海拔等因素的影响。

表 2 1971—2007 年湟水流域各地区的平均降水量及气温
Table 2 Distribution in precipitation and average temperature of Huangshui river from 1971 to 2007

指标 Index	湟源 Huangyuan	湟中 Huangzhong	西宁 Xining	大通 Datong	互助 Huzhu	乐都 Ledu	民和 Minhe
平均降水量/mm Precipitation	409	526	388	516	504	328	340
平均温度/°C Temperature	3.3	3.9	6.1	3.7	3.7	7.5	8.1
降水量趋势倾向率/(mm·10 年 ⁻¹) Precipitation the change trend rate	10.4	4.5	27.5	6.3	1.9	0.38	1.0

3 结论与讨论

本研究结果表明,1971—2007 年随着气温的增加,湟水流域降水量也略有增加,且降水增加主要发生在春季,这对缓解局部旱情,尤其对春季农事活动非常有利。但是湟水流域降水量少,流域内长期干

旱的局面难以逆转,降水可靠性越来越差,致使干旱有可能加剧。流域内降水量略有增加的原因主要是:一方面气温升高,促进水循环加快,蒸发和降水增加;另一方面是该地区政府重视生态建设,大力推进生态建设工程,如植树造林、退耕还林还草、城市绿化等,改善了自然环境,尤其是西宁市加大了绿化

和生态建设,南北山上绿化工程效果显著,植树造林种植的草木越来越多,使得绿化面积增加,林草覆盖率由 11.06% 提高到 54.06%^[14],生态环境得到了明显改观,促使区域水循环良性发展。

1971—2007 年湟水流域近 37 年降水量呈波动性变化,变化幅度不大,且有少量增加,平均降水量为 432 mm;降水主要分布在夏季,而增加主要发生在春季,冬季降水极少;降水变异不大,降水可靠性好,但降水可靠性随着时间越来越低;降水量极大值发生在 2007 年,为 544 mm,比平均值增加 112 mm,降水量极小值发生在 1991 年,为 295 mm,比平均值减少 137 mm;降水量空间分布不均匀,湟中、大通、互助地区降水量最多,西宁降水量增加最多。湟水流域近 37 年年气温明显增加,年平均气温为 5.2 ℃;气温与降水量大致呈负相关,即气温高的地区降水量相对较少,气温低的地区降水量相对丰沛;气温与降水量变化的关系比较复杂。

[参考文献]

- [1] IPCC. Summary for policymakers [M]//IPCC. Climate Change 2007; Mitigation of Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University, 2007.
- [2] 气候变化国家评估报告委员会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
Editor Committee of Evaluation Report on National Climate Change. Evaluation report on national climate change [M]. Beijing: Science Press, 2007. (in Chinese)
- [3] 张 皓, 冯利平. 近 50 年华北地区降水量时空变化特征研究 [J]. 自然资源学报, 2010, 25(2): 271-279.
Zhang H, Feng L P. Characteristics of spatio-temporal variation of precipitation in north china in recent 50 years [J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(2): 270-279. (in Chinese)
- [4] 杨萍果, 郑峰燕. 汾河流域 50 年降水量时空变化特征 [J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(12): 109-111.
Yang P G, Zheng F Y. Spatial and temporal variation of precipitation in fenhe valley for 50 years [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(12): 109-111. (in Chinese)
- [5] 贾仰文, 龚家国, 彭 辉. 海河流域近 50 年气候变化特征及规律分析 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2010, 8(1): 39-51.
Jia Y W, Gong J G, Peng H. Analysis on characteristics and rules of climate change of Haihe river basin in recent 50 years [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydro-power Research, 2010, 8(1): 38-51. (in Chinese)
- [6] 青海省东部黄土高原区水土保持规划编委会. 青海省东部黄土高原区水土保持规划 [R]. 西宁: 青海省水利厅水土保持局, 1987; 32.
Editor Committee of Water and Soil Conservation Project of

the Loess Plateau in Qinghai East Area. Water and soil conservation project of the loess plateau in Qinghai east area [R]. Xining: Qinghai Provincial Water and Soil Conservation Bureau, 1987; 32. (in Chinese)

- [7] 中华人民共和国国家统计局. 2010 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
National Bureau of the People's Republic of China. 2010, China statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 2010. (in Chinese)
- [8] 鲍义志, 杨 芳, 杨元武, 等. 青海东部主要自然灾害状况调查分析报告 [R]. 西宁: 青海省民盟, 青海大学农牧学院, 2009: 59.
Bao Y Z, Yang F, Yang Y W, et al. Investigation report on main natural disasters in Qinghai east area [R]. Xining: Democratic League, Agriculture and Animal Husbandry College of Qinghai University, 2009; 59. (in Chinese)
- [9] 谢有仁. 湟水流域水系组成及分布特征 [J]. 水利科技与经济, 2011, 17(1): 72-73.
Xie Y R. Analysis on water system composition and distribution characteristics of Huangshui watershed [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2011, 17(1): 72-73. (in Chinese)
- [10] 孙 凡, 解建仓, 孔 珂, 等. 湟水河地区水资源优化配置研究 [J]. 西安理工大学学报, 2007, 23(2): 165-167.
Sun F, Xie J C, Kong K, et al. Optimal water resources allocation in Huangshui watershed area [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2007, 23(2): 165-167. (in Chinese)
- [11] 李添萍, 高 瑜, 尹海燕. 西宁市城市发展与水资源关系研究 [J]. 青海科技研究与开发, 2009(3): 25-28.
Li T P, Gao Y, Yi H Y. City development and water resources relations research on Xining [J]. Qinghai Science and Technology, 2009(3): 25-28. (in Chinese)
- [12] 刘 江, 许秀娟. 农业气象学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 98-97.
Liu J, Xu X J. Agrometeorology [M]. Beijing: China's Agriculture Press, 2002: 98-97. (in Chinese)
- [13] 张 文, 寿绍文, 杨金虎, 等. 近 45 年来中国西北汛期降水极值的变化分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(12): 126-132.
Zhang W, Shou S W, Yang J H, et al. Analysis on change of precipitation extreme values in flood season over northwest china in recent 45 years [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(12): 126-132. (in Chinese)
- [14] 杨丽波, 肖南颖, 李 超. 黄河水土保持生态工程湟水流域西宁项目区建设成效与经验 [J]. 中国水土保持, 2009(12): 53-65.
Yang L B, Xiao N Y, Li C. The construction performance and experience on Yellow river water and soil conservation project of Huangshui watershed of Xining [J]. Soil and Water Conservation in China, 2009(12): 53-65. (in Chinese)