

气候变化下的黄河流域极端水文现象特征分析

赵兰兰, 刘志雨, 王金星

(水利部水文局, 北京 100053)

摘要:利用黄河流域近 50 年气象水文资料,开展了黄河流域气候变化和极端水文现象特征研究,研究结果表明:20 世纪 80 年代以来黄河流域的气温显著升高,年降水量呈不明显下降趋势,暴雨、洪水、干旱等极端水文现象更加突出,研究成果为科学规划和水资源优化调度提供了有力依据。

关键词:气候变化;黄河流域;极端水文事件;降水;径流

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)05-0078-04

1 引言

气候变化问题是 21 世纪各国可持续发展面临的重大课题,IPCC 第 4 次评估报告表明,全球性气候变暖特征日益显著^[1]。气候异常变化背景下,洪旱等极端水文事件频繁发生,灾害损失逐年上升^[2],2012 年 5 月 10 日甘肃岷县发生了特大冰雹山洪泥石流灾害,造成了 49 人遇难,直接经济损失超过 68 亿元。黄河流域是中华民族最主要的发源地,气候变化对社会经济及自然环境影响巨大,研究气候变化下黄河流域极端水文现象特征对黄河流域水资源影响及预测具有十分重要的意义。国内外学者针对气候变化下黄河流域水文气象特征发展趋势开展了大量研究,刘吉峰^[3]等人以及刘绿柳等人^[4]分别研究了 20 世纪 80 年代以来和 21 世纪以来黄河流域气候变化趋势,杨涛、陆桂华等人^[5]基于统计降尺度和降雨径流模型对水文极端事件预估研究进展进行了系统分析,卢秀娟等人^[6]对 1955~1990 年黄河上中游代表站径流量和降水量变化趋势进行了深入研究,王国庆等人^[7]开展了黄河上中游径流对气候变化的敏感性分析。目前大量研究表明,黄河流域气温总体呈上升趋势,降水呈减少趋势,但与气候变化和水资源相关的研究,还仅仅集中在气候变化造成的平均水文变化上,缺少气候变化对极端水文事件影响方面的研究,因此,本文针对典型暴雨、洪水以及枯水等极端水文现象特征开展了分析研究。

2 流域概况

黄河发源于青海省巴颜喀拉山,全长 5 464 km,流域面积 795 000 km²,流域处于中纬度地带,多年平均年降水量 451 mm,多年平均径流量 580×10⁸ m³。受大气环流和季风环流影响,流域内不同地区气候差异显著,气候要素的年、季变化大。黄河流域主要呈现光照充足,太阳辐射较强,季节差别大、温差悬殊,降水集中,分布不均、年际变化大,湿度小、蒸发大,无霜期短等气候特征。黄河上中游干流修建了龙羊峡、刘家峡、万家寨、三门峡、小浪底等 10 余座大型水库,近年来,受气候变化和人类活动共同影响,黄河流域气温、年降水量、年径流量等气候特征发生了明显的变化。

3 历史洪水干旱分析

历史上黄河发生过多次大洪水,对两岸造成了严重影响。黄河暴雨洪水以上中游来水为主,尤其是中游洪水对下游河道安全影响最大,黄河中游是黄河流域的主要暴雨区和黄河下游洪水的主要来源区,黄河下游地区是洪水的主要泛滥区,下游大洪水和特大洪水以黄河中游来水为主。据文献记载及历史资料统计,1949 年以来黄河中下游花园口水文站发生了 10 次洪峰流量超 10 000 m³/s 的大洪水(见表 1),其中 1958 年 7 月 18 日出现了 22 300 m³/s 的洪峰流量,为 1919 年黄河有实测水文资料以来的最大洪水,严重威

收稿日期:2014-06-28

作者简介:赵兰兰(1987-),女,河南信阳人,工程师,主要从事水文学及水资源研究与管理。E-mail:zhaolanlan@mwr.gov.cn

表1 花园口站历史洪水摘录表

Table1 The historical floods at the Huayuankou station

| 年/月 | 最大流量 /m ³ ·s ⁻¹ | 水位/m | 年/月 | 最大流量 /m ³ ·s ⁻¹ | 水位/m |
|--|--|-------|--------|--|-------|
| 1949-7 | 11 700 | 92.83 | 1957-7 | 13 000 | 93.45 |
| 1949-9 | 12 300 | 92.84 | 1958-7 | 22 300 | 94.42 |
| 1953-8 | 10 700 | 92.53 | 1958-8 | 10 700 | 92.98 |
| 1954-8 | 15 000 | 93.42 | 1977-8 | 10 800 | 93.19 |
| 1954-9 | 12 300 | 93.36 | 1982-8 | 15 300 | 93.97 |
| 近年:1996.8洪水最大流量7 860m ³ /s,最高水位94.73m | | | | | |

胁了沿岸人民的生命财产安全,据不完全统计,山东、河南两省的黄河滩区和东平湖湖区,有1 708个村庄被淹,74.08万人受灾,淹没耕地304万亩,倒塌房屋30万间。

据黄河下游干流控制站利津水文站历史资料分析,黄河在1972~1999年的28年间出现了22次断流,断流总天数达到了1 092d,特别是在1997年,断流天数达到了226d,断流范围上至开封,断流河长达704km,多次断流几乎导致了黄河成为季节性河流,断流造成了严重的经济损失,严重制约了黄河下游的经济发展。

4 黄河流域气候变化特征

黄河流域自然灾害包含干旱、洪水、凌汛等。目前,与气候变化和水资源相关的研究,还仅仅集中在气候变化造成的平均水文变化上,缺少气候变化对极端水文情况影响方面的研究。利用黄河流域1951~2006年气温资料和1961~2011年年降水量、不同地区汛期降水量、年径流量资料,采用Mann-Kendall趋势检验方法分析黄河流域气温趋势变化,10年滑动平均值分析流域气候变化趋势。见图1。

观测数据分析显示,黄河流域的气温从20世纪80年代开始显著升高,不同区域气候变暖现象突出,平均每10a上升了0.267℃,其中20世纪80年代和90年代上升幅度最大,特别是90年代比80年代温度升高了0.7℃。

1961~2011年黄河流域的多年平均降水量为464mm,降水量自东南向西北递减,年降水量呈减小趋势,其中20世纪90年代的降水量最小,进入21世纪后略有增加。分析近60年来汛期降水量,也呈现轻微的下趋势,21世纪后呈增加趋势。

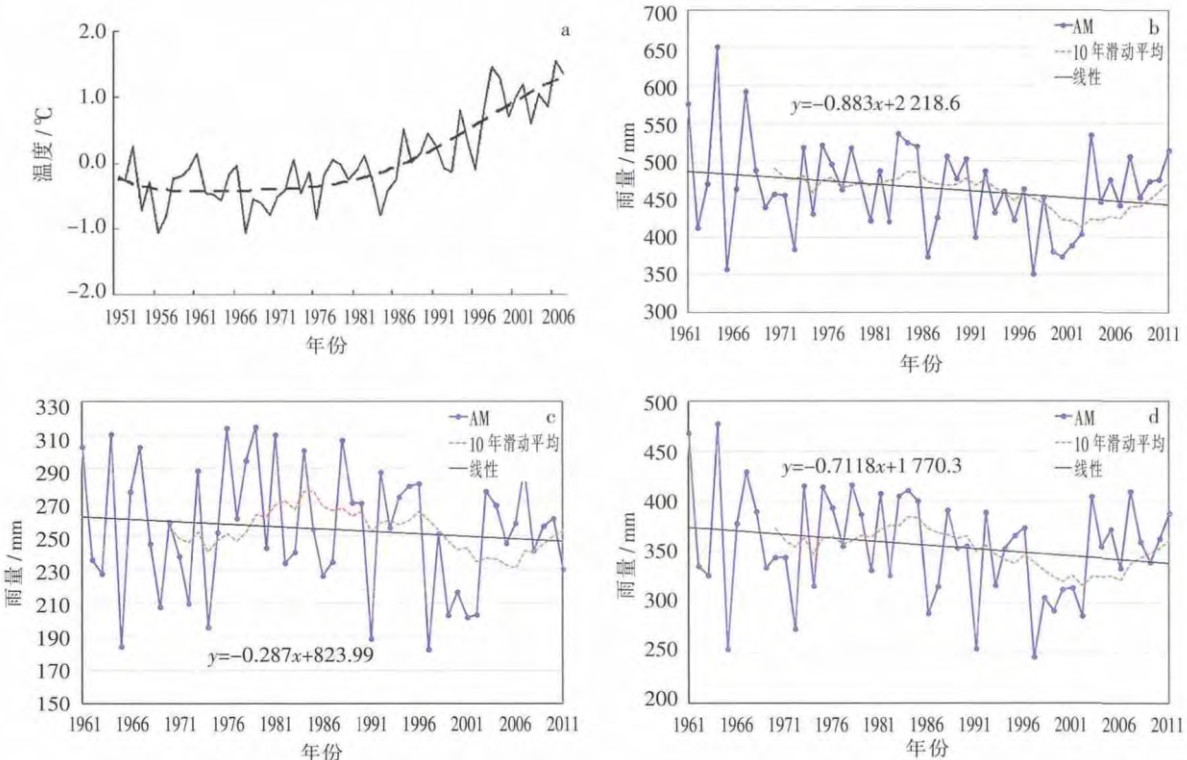


图1 黄河流域气温和不同时期降水量趋势变化图

(a.气温变化趋势图;b.年降水量趋势变化图;c.夏季降水量变化图;d.汛期降水量变化图)

Fig.1 The temperature and precipitation trend variation of the Yellow River basin in the different periods

(a. temperature; b. annual precipitation; c. summer precipitation; d. flood season precipitation)

据近 60 年实测和天然的径流量资料分析,实测和天然径流量均呈减少趋势,且径流量减少的程度大于降水量减少的程度。其中 20 世纪 90 年代黄河流域径流量为 $176 \times 10^8 \text{m}^3$,比多年平均径流量减少了 15%。

5 黄河流域极端水文现象特征

对全国 1 741 个站点暴雨雨量进行线性趋势检验,结果表明:其中 305 个站点呈线性变化,占总数的 17.5%,呈线性变化的站点中 246 个呈线性上升趋势,剩余的 59 个呈线性下降趋势;对 1 649 个站点暴雨量进行突变检验,结果表明:178 个站点出现了突变,出现突变站点中 78 个呈上升突变,其中突变点为 1985 年。

分析黄河流域上中游近 60 年的洪量资料,其中上游以唐乃亥和兰州水文站为代表站,中游以龙门和花园口水文站为代表站,采用不同的趋势检验方法对洪量变化趋势进行检验,结果表明,自从 20 世纪 90 年代以来,黄河上中游洪量呈减少趋势,其中代表站兰州站和花园口站洪量均显著减小。但由于黄河河水含沙量较大,河床淤积严重,近年来,发生了多次漫滩洪水。见图 2。

分别对黄河上游唐乃亥、兰州水文站,中游龙门、花园口 4 个水文站近 60 年年最小流量趋势变化进行综合分析,总体来说,年最小流量的变化程度小于洪水变化,上游兰州站出现了显著的增加,而头道拐站出现了显著减少趋势;自从 20 世纪 90 年代,黄河流域中游地区年最小流量呈现变小趋势,但是由于进行了水资源综合管理,黄河自从 20 世纪 90 年代末期以来就没有再发生过断流现象。见图 3。

6 结论和建议

分析了近 60 年来黄河流域重要控制站气温、降水量和径流量等观测资料,采用 Mann-Kendall 趋势检验方法和 10a 滑动平均等方法分析了黄河流域气候特征值变化趋势。分析结果表明:

(1)20 世纪 80 年代以来黄河流域的气温有了显著升高,最大变幅出现在 20 世纪 80 年代和 90 年代,90 年代的气温比 80 年代升高了 0.7°C 。

(2)年降水量呈现下降的线性趋势,但不明显。20 世纪 90 年代的降水量最小,但进入 21 世纪后,有轻微的增加。出现明显的趋势性和跳跃性的站点有明显的地区分布特征,特别是在中国中部和北部。

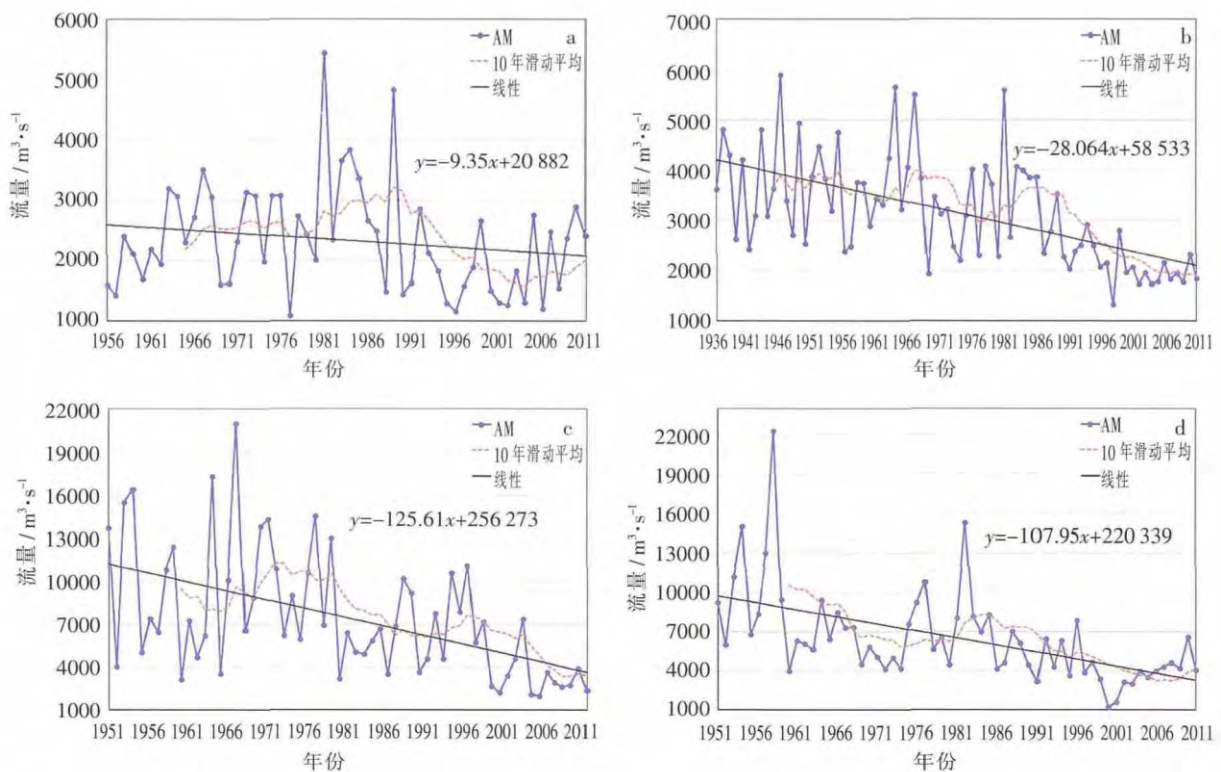


图 2 黄河流域上中游代表站历年最大流量变化趋势检验(a.唐乃亥站;b.兰州站;c.龙门站;d.花园口站.)

Fig.2 The maximum flows at the representative stations in the upper and middle reaches of the Yellow River basin in various years

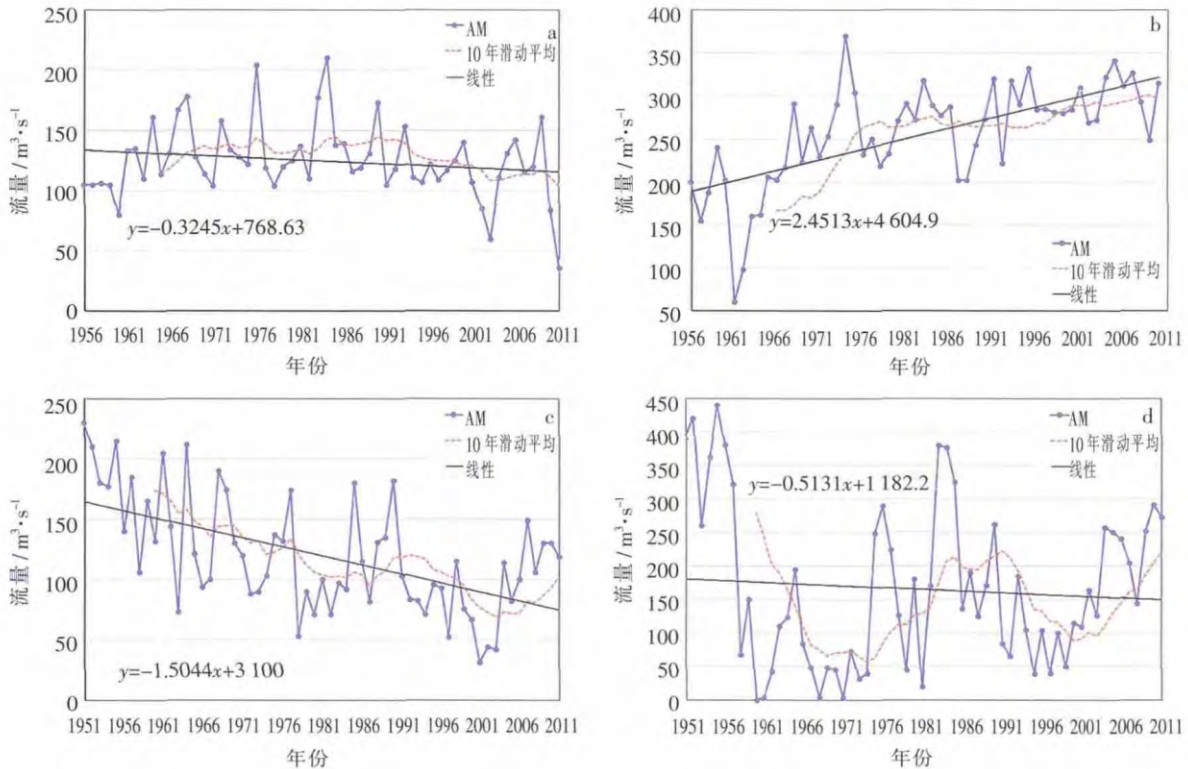


图3 黄河上中游代表站历年最小流量变化趋势检验(a.唐乃亥站;b.兰州站;c.龙门站;d.花园口站)

Fig.3 The minimum flows in the upper and middle reaches of the Yellow River basin in various years

(3)黄河流域的暴雨的频率和雨量以及洪水的频率和水量都呈下降趋势,与此同时,干旱也变的更严重。进入21世纪以来,洪水和干旱都在逐步缓解。

(4)极端水文现象(主要是洪水、低水)的变化,可能是由于降水量时间、空间的变化和水利工程的使用引起的。在当前的气候背景下,很有必要加强气候变化对水沙调节系统、水量统一调度、水土保持生态环境规划、社会经济发展等方面影响的研究。

参考文献:

[1] Solomon S, Qin Dahe, Manning M, et al. Climate Change 2007: the Physical Science Basis [M].Cambridge and New York: Cambridge University Press,2007: 117-118.

[2] 国家防汛抗旱总指挥部. 中国水旱灾害公报 (2010-04-02)[EB/OL]. <http://fxkh.mwr.gov.cn>. (Office of State Flood Control and Drought Relief Headquarters. Bulletin of Flood and Drought Disaster in China (2010-04-02)[EB/OL]. <http://fxkh.mwr.gov.cn>.(in Chinese))

[3] 刘吉峰,王金花,焦敏辉,等. 全球气候变化背景下中国黄河流域的响应[J]. 干旱区研究, 2011,28(5):860-865. (LIU Jifeng, WANG Jinhua, JIAO Minhui, et al. Response of water resources in the Yellow

low River basin to global climate change [J]. Arid Zone Research, 2011,28(5):860-865. (in Chinese))

[4] 刘绿柳,刘兆飞,徐宗学. 21世纪黄河流域上中游地区气候变化趋势分析[J]. 气候变化研究进展, 2008,4(3):167-172. (LIU Luliu, LIU Zhaofei, XU Zongxue. Trends of climate change for the upper-middle reaches of the Yellow River in the 21st century [J]. Advances in Climate Change Research, 2008,4(3):167-172. (in Chinese))

[5] 杨涛,陆桂华,李会会,等. 气候变化下水文极端事件变化预测研究进展[J]. 水科学进展, 2011,22(2):279-286. (YANG Tao, LU Guihua, LI Huihui, et al. Advances in the study of projection of climate change impacts on hydrological extremes [J]. Advances in Water Science, 2011,22(2):279-286. (in Chinese))

[6] 卢秀娟,张耀存,王国刚. 黄河流域代表水文站径流和降水量变化的初步分析[J]. 气象科学, 2003,23(2):192-198. (LU Xiujuan, ZHANG Yaocun, WANG Guogang. Analysis of runoff and precipitation at representative hydrographic stations along the Yellow River [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2003,23(2):192-198. (in Chinese))

[7] 王国庆,王云璋,康玲玲. 黄河上中游径流对气候变化的敏感性分析[J]. 应用气象学报, 2002,13(1):117-121. (WANG Guoqing, WANG Yunzhang, KANG Lingling. Analysis on the sensitivity of runoff in Yellow River to climate change[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2002,13(1):117-121. (in Chinese))

(下转第90页)

- 技术研究与应用[M]. 北京:水利水电出版社, 2010. (WANG Jun, GUO Shenglian. Research and Application of Key Technology Analysis of River Hydrology and Water Resources in Water Source Area of Middle Line of South to North Water Diversion Project [M]. Beijing: China Water Power Press, 2010. (in Chinese))
- [10] 陈华,郭生练,郭海晋,等. 汉江流域 1951~2003 年降水气温时空变化趋势分析[J]. 长江流域资源与环境, 2006,15(3):340-345. (CHEN Hua, GUO Shenglian, GUO Haijin, et al. Temporal and spatial trend in the precipitation and temperature from 1951 to 2003 in the Hanjiang basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006,15(3):340-345. (in Chinese))
- [11] 水利部长江水利委员会. 汉江干流综合规划报告 [R]. 武汉: 长江水利委员会, 2006. (Changjiang Water Resources Commission. Comprehensive Planning of Hanjiang River[R].Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, 2006. (in Chinese))
- [12] 肖婵,谢平,唐涛,等. 南水北调中线工程对汉江中下游水质的影响[J]. 安全与环境学报, 2009,(1):46-48. (XIAO Chan, XIE Ping, TANG Tao, et al. Influence of the middle route of south to north water diversion project on the water quality in the middle and lower reaches of Hanjiang River [J]. Journal of Safety and Environment, 2009,(1):46-48. (in Chinese))
- [13] 张九红,敖良桂. 汉江中下游水质现状及污染趋势分析[J]. 水资源保护, 2004,(3):46-48. (ZHANG Jiuhong, AO Liangui. Analysis of current situation and trend of pollution of the water quality in the middle and lower reaches of Hanjiang River [J]. Journal of Water Resources Protection, 2004,(3):46-48. (in Chinese))

Characteristics and Change Trend of Water Quantity and Quality in Middle and Lower Reaches of Hanjiang River before South-to-North Water Diversion Running

LI Yu¹, WANG Xue², ZHOU Bo¹, YUAN Dezhong¹, CHEN Jinfeng¹

(1. Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China;

2. Management Center, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: In order to evaluate the characteristics and change trend of the water quantity and quality in the middle and lower reaches of the Hanjiang River before the running of the middle route of the south-to-north water diversion project (MR-SNWDP), 6 hydrometry stations and 4 water quality monitoring sections were selected, and mathematical statistics, Mann-Kendall test and Spearman test were used for the analysis. The results are follows: (1) 1999~2013 are in the dry season in the middle and lower reaches of the Hanjiang River based on a comparative analysis of the long term observed flow data; (2) The flow in this area indicate a considerable inter-annual variation with a proportion (maximum/minimum) between 2.7 and 3.3. The variation of annual flow in this area is also noticeable. Runoff during the flood season is accounting for 63 percent to 66 percent of the total runoff of the year, and runoff during the dry season is accounting for 34%~37% of the total runoff in the whole year. (3) The change trend of the flow-time series in this area is not noticeable. However, it experienced two periods: the wet seasons (from 1980 to 1990) and the dry seasons (from 1990 to 2013). (4) The water quality in this area is good according to the analysis of the water quality monitoring data, which can attain the standards of grade III in the most years, and the change trend of water quality in this area is also not noticeable.

Key words: south-to-north water diversion project; the middle and lower reaches of the Hanjiang River; water quantity characteristics; water quality characteristics; change trend

(上接第 81 页)

Analysis of Extreme Hydrological Events Characteristics of Yellow River Basin under Climate Change

ZHAO Lanlan, LIU Zhiyu, WANG Jinxing

(Bureau of Hydrology, MWR, Beijing 100053, China)

Abstract: In this paper, nearly 50 years meteorological and hydrological data of the Yellow River Basin were used to research the characteristics of climatic variation and extreme hydrological events. The results show that temperature of the Yellow River Basin in the 1980s rose significantly, and the trend of annual rainfall decrease, storm, flood, drought and other extreme hydrological events were more prominent. This research provides great support for scientific planning and water resources optimization scheduling.

Key words: climate change; Yellow River Basin; extreme hydrological events; precipitation; runoff