

中国2001年—2010年水资源量变化及其影响分析

陈华鑫¹, 许新宜¹, 汪党献², 王红瑞¹

(1. 北京师范大学水科学研究院, 北京 100875; 2. 水利部水利水电规划设计总院, 北京 100011)

摘要: 根据2001年—2010年《中国水资源公报》的水资源量与第二次水资源调查评价的45年系列成果, 分析了我国近10年水资源的变化情况, 认为: 通过论证全国一级区的45年的天然径流量及其延长系列, 表明45年系列成果仍具有一定的代表性; 从全国水资源一级区上看, 大部分区域偏枯, 仅有淮河区 and 西北诸河区偏丰, 地表水资源量的丰枯分布情况决定了水资源总量的丰枯分布; 近10年, 气候变化和人类活动使北方地区水资源情势进一步恶化, 枯水时段进一步延长, 北少南多的水资源分布格局进一步加剧。

关键词: 地表水资源; 水资源总量; 二级区; 气候变化

中图分类号: TV213.4; P426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)06-0001-04

Variation of Water Resources Quantity and Its Impacts in China from 2001 to 2010

CHEN Huaxin¹, XU Xin yi¹, WANG Dang xian², WANG Hong rui¹

(1. College of Water Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. General Institute for Water Resources and Hydropower Planning and Design, Beijing 100011, China)

Abstract: Based on the comparative analysis of water resources quantities obtained from China Water Resource Bulletin between 2001 and 2010 and determined by the 45 year results of the second water resources investigation and evaluation, the variation of water resources quantity was analyzed in the last ten years of China. The results suggested that (1) the 45 year results are still representative according to the demonstration of the 45 year natural runoff and its extended results in the first grade region of water resources; (2) as for the first grade region of water resources, most area has less water except for Huaihe River Region and Northwestern River Region. The distribution of surface water resources determines the distribution of total water resources; and (3) in the last ten years, climate change and human activities worsen the water resources situation in the north, resulting in an extended low flow period. The water resources distribution of less water in the north and much water in the south aggravates.

Key words: surface water resources; total water resources; second grade region; climatic change

水资源短缺和时空分布不均是我国的基本水情: 全国的多年平均水资源总量为2.77万亿 m^3 (不包括港澳台地区), 其中地表水资源量为2.67万亿 m^3 , 地下水资源量为8.07万亿 m^3 。按第六次人口普查统计结果计算, 我国人均水资源量已经不足2100 m^3 , 亩均水资源量约为1400 m^3 , 均低于世界平均水平, 而且时空分布不平衡^[1-3]。因此, 本文根据《中国水资源公报》和第二次水资源调查评价成果(表1), 分析近10年来我国水资源量的变化情势, 对于最严格水资源管理制度的实行、水资源合理配置及水资源开发利用等有着现实意义。

1 代表性论证

目前大部分规划采用全国第二次水资源调查评价的1956年—2000年的45年系列成果作为其代表年, 但是对于近10年的水资源变化情况, 45年系列成果是否具有代表性^[4], 尚需论证。如果45年系列成果与延长系列资料的结果基本一致或相差不大, 则说明具有代表性。

1.1 计算方法

根据现有水资源分区, 选择10个水资源一级区进行分析比较。将研究单元的二次评价成果的45年资料系列

收稿日期: 2013-04-19 修回日期: 2013-09-22 网络出版时间: 2013-10-10
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20131010.1025.001.html>
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51279006)
作者简介: 陈华鑫(1988-), 男, 江苏如皋人, 硕士研究生, 主要从事水资源规划研究。E-mail: chxinstar@sina.com
通讯作者: 王红瑞(1963-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水文学及水资源、环境规划与评价研究。E-mail: henrywang@bnu.edu.cn

表 1 近 10 年中国水资源量

Table 1 The water resources quantity in the last ten years of China

万亿 m³

| 年份 | 地表水资源量 | 水资源总量 |
|--------|--------|-------|
| 2001 | 2.59 | 2.69 |
| 2002 | 2.72 | 2.83 |
| 2003 | 2.62 | 2.74 |
| 2004 | 2.31 | 2.41 |
| 2005 | 2.70 | 2.81 |
| 2006 | 2.44 | 2.53 |
| 2007 | 2.42 | 2.53 |
| 2008 | 2.64 | 2.74 |
| 2009 | 2.31 | 2.42 |
| 2010 | 2.98 | 3.09 |
| 10 年平均 | 2.57 | 2.68 |
| 45 年平均 | 2.67 | 2.77 |

注: 本表 2001 年-2010 年及 10 年平均均值均来自《中国水资源公报》, 45 年平均指标来自《中国水资源及其开发利用调查评价》。

(1956 年-2000 年) 全部延长到 2010 年, 形成 55 年资料系

表 2 二次评价与延长系列特征比较

Table 2 Comparative analysis of water resources quantity between the second water resources investigation and the extended series

| 序号 | 一级区 | 延长系列 均值 H_2 | 45 年系列 均值 H_1 | 差值 $H_2 - H_1$ | 相对差 (%) | 延长系列 $C_{v长}$ | 45 年系列 $C_{v二}$ | 绝对差 $C_{v长} - C_{v二}$ |
|----|------|------------------|--------------------|-------------------|------------|------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 | 松花江 | 1 253.1 | 1 295.7 | - 42.6 | - 3.3 | 0.28 | 0.28 | 0.00 |
| 2 | 辽河 | 395.3 | 408.0 | - 12.7 | - 3.1 | 0.37 | 0.36 | 0.01 |
| 3 | 海河 | 197.4 | 216.1 | - 18.7 | - 8.6 | 0.51 | 0.47 | 0.04 |
| 4 | 黄河 | 580.9 | 594.4 | - 13.5 | - 2.3 | 0.22 | 0.21 | 0.00 |
| 5 | 淮河 | 694.1 | 676.9 | 17.3 | 2.6 | 0.42 | 0.40 | 0.01 |
| 6 | 长江 | 9 769.0 | 9 857.4 | - 88.5 | - 0.9 | 0.12 | 0.12 | 0.00 |
| 7 | 东南诸河 | 1 980.5 | 1 985.8 | - 5.2 | - 0.3 | 0.22 | 0.21 | 0.00 |
| 8 | 珠江 | 4 699.4 | 4 708.2 | - 8.8 | - 0.2 | 0.16 | 0.16 | 0.00 |
| 9 | 西南诸河 | 5 749.2 | 5 775.0 | - 25.9 | - 0.4 | 0.11 | 0.12 | - 0.01 |
| 10 | 西北诸河 | 1 198.7 | 1 173.9 | 24.8 | 2.1 | 0.10 | 0.09 | 0.01 |

综上所述, 二次评价成果的 45 年系列仍具有一定的代表性, 仍能反映全国水资源状况, 可用来分析近 10 年的水资源变化情势。

2 我国近 10 年来水资源量变化情势

2.1 一级区水资源量变化

对比近 10 年水资源量与二次评价 45 年系列的成果, 全国近 10 年平均地表水资源量偏枯 3.6%, 主要原因是降水量减少; 地下水资源的偏枯程度较小, 仅偏枯 0.8%; 与多年平均相比, 水资源总量减少 931 亿 m³, 其偏枯为 3.4%。为了较好地分析区域水资源的变化趋势, 将 1956 年-2000 年与 2001 年-2010 年两时段一级区水资源评价成果进行对比, 见表 3。

表 3 显示, 大部分水资源一级区的降雨深、地表水资源量、地下水资源和水资源总量均呈现出同丰同枯; 近 10 年大部分一级区地表水资源量偏枯, 最枯的海河区为 47.5%, 唯有淮河区 and 西北诸河区偏丰为 14% 和 11.6%。总体而言, 地下水资源量对水资源总量的影响程度较小, 水资源总量的丰枯趋势取决于地表水资源量, 而西北诸河区水资源偏丰^[8]的主要原因是气温升高导致冰雪融量增大, 可见冰川

列, 采用其天然径流量进行分析计算。

1.2 二次评价成果与长系列比较结果

将 10 个单元的 1956 年-2000 年系列与 1956 年-2010 年天然径流量的均值比较, 二次评价与延长系列特征比较见表 2。

从表 2 可知, 除海河区外, 全国其他各区的延长系列均值与 45 年系列均值相对差仅在 ±3.3% 以内; 北方六区中的海河区、松花江区、辽河区和淮河区的相对差分别为 -8.6%、-3.3%、-3.1% 和 -2.3%; 唯有淮河区和西北诸河区的相对差为正值, 分别为 2.6% 和 2.1%; 南方四区的相对差较小, 均介于 -1%~0 之间。因此整体来看, 二次评价成果的 45 年系列和延长系列的天然径流量相差较小。对比延长系列与原系列的变差系数 C_v , 发现, 系列变化前后的 C_v 值变化幅度不大, 变化范围均在 -0.01~0.04 之间, 其中仅海河区离散程度变化达到 0.04, 其余区域几乎无变化, 主要原因是海河区近 10 年水资源量严重偏枯。

变化对中国西部区域水循环及水资源有重要的影响。

从南北差异来看, 北方六区(松花江区、辽河区、海河区、黄河区、淮河区 and 西北诸河区)的地表水资源量偏枯 6.0%, 但地下水资源量偏丰 2.4%, 水资源总量则偏枯 4.6%; 而南方四区的地表、地下水资源和水资源总量均偏枯, 但偏枯的程度小于北方六区。可见, 近 10 年的水资源量对多年平均水资源的影响程度不大, 我国北少南多的水资源分布格局进一步加剧。

2.2 二级区水资源量变化

将研究单元细化到水资源二级区, 以便较好地反映水资源量在空间上的变化情况。由于其中塔里木河干流、塔里木盆地荒漠区和古尔班通古特荒漠区为无人区汇总荒漠区, 其水资源量较小, 若以亿 m³ 为单位, 则趋于 0, 无研究意义, 而台澎金马诸河则缺少研究资料, 故排除这 4 个二级区, 计算单元共计 76 个。

比较近 10 年的均值与二次评价 45 年的均值作距平分析, 距平值设为 ±10% 内, 按 5% 的划分为 4 个等级, -30%~-10% 和 10%~30% 内的按 10% 划分, ±30% 以外分为 2 个级别, 共 10 个等级, 全国地表水资源量和水资源总量二级区距平图见图 1、图 2。

表 3 近 10 年与第二次全国水资源评价成果比较

Table 3 Comparative analysis of water resources quantity between the last 10 years and the second water resources investigation

| 一级区 | 第二次评价成果(1956年- 2000年) | | | | 近 10 年成果(2001 年- 2010 年) | | | | 近 10 年与第二次评价比较(%) | | | |
|-------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| | 降水深 /mm | 地表水资源量 /亿 m ³ | 地下水资源量 /亿 m ³ | 水资源总量 /亿 m ³ | 降水深 /mm | 地表水资源量 /亿 m ³ | 地下水资源量 /亿 m ³ | 水资源总量 /亿 m ³ | 降水深 | 地表水资源量 | 地下水资源量 | 水资源总量 |
| 全国 | 649.8 | 26 706 | 8 066 | 27 719 | 631.7 | 25 744 | 7 998 | 26 788 | - 2.8 | - 3.6 | - 0.8 | - 3.4 |
| 松花江区 | 504.8 | 1 296 | 478 | 1 492 | 463.5 | 1 061 | 446 | 1 263 | - 8.2 | - 18.1 | - 6.7 | - 15.4 |
| 辽河区 | 545.2 | 408 | 203 | 498 | 508.0 | 338 | 172 | 420 | - 6.8 | - 17.1 | - 15.5 | - 15.7 |
| 海河区 | 534.8 | 216 | 235 | 370 | 491.1 | 113 | 213 | 260 | - 8.2 | - 47.5 | - 9.5 | - 29.7 |
| 黄河区 | 445.8 | 607 | 376 | 719 | 443.0 | 520 | 372 | 631 | - 0.6 | - 14.4 | - 1.1 | - 12.2 |
| 淮河区 | 838.5 | 677 | 397 | 911 | 887.0 | 772 | 426 | 1 035 | 5.8 | 14.0 | 7.4 | 13.7 |
| 长江区 | 1 086.6 | 9 856 | 2 492 | 9 958 | 1 054.9 | 9 371 | 2 407 | 9 479 | - 2.9 | - 4.9 | - 3.4 | - 4.8 |
| 东南诸河区 | 1 787.5 | 1 988 | 517 | 1 996 | 1 663.8 | 1 957 | 501 | 1 968 | - 6.9 | - 1.6 | - 3.2 | - 1.4 |
| 珠江区 | 1 549.7 | 4 709 | 1 160 | 4 723 | 1 536.5 | 4 668 | 1 110 | 4 684 | - 0.9 | - 0.9 | 4.3 | 0.8 |
| 西南诸河区 | 1 088.2 | 5 775 | 1 440 | 5 775 | 1 071.0 | 5 633 | 1 462 | 5 633 | - 1.6 | - 2.5 | 1.5 | - 2.5 |
| 西北诸河区 | 161.2 | 1 174 | 770 | 1 276 | 172.1 | 1 310 | 891 | 1 415 | 6.8 | 11.6 | 15.7 | 10.9 |
| 北方地区 | 328.2 | 4 378 | 2 459 | 5 266 | 325.9 | 4 115 | 2 519 | 5 025 | - 0.7 | - 6.0 | 2.4 | - 4.6 |
| 南方地区 | 1 214.4 | 22 328 | 5 607 | 22 453 | 1 182.9 | 21 629 | 5 479 | 21 763 | - 2.6 | - 3.1 | - 2.3 | - 3.1 |

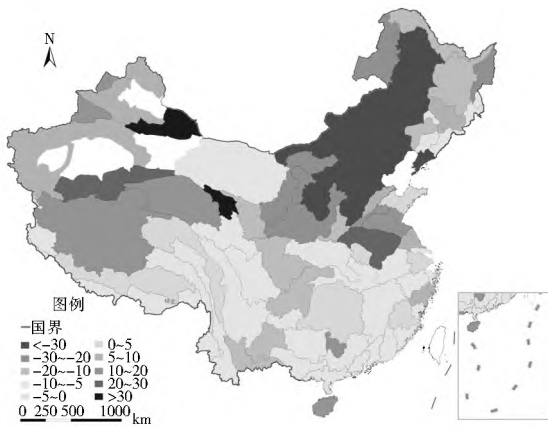


图 1 全国地表水资源距平分布

Fig. 1 The anomaly distribution of surface water resources in China

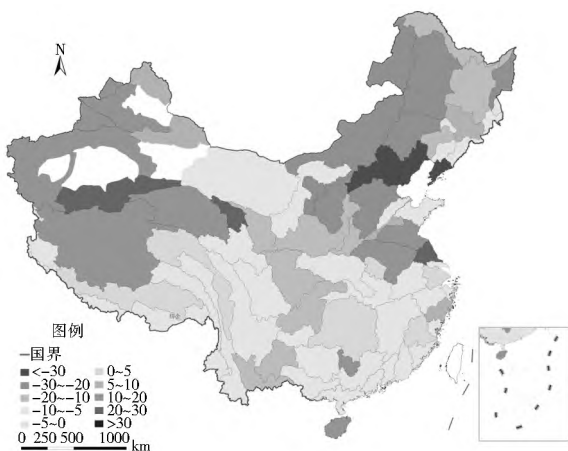


图 2 全国水资源总量距平分布

Fig. 2 The anomaly distribution of total water resources in China

分析图 1、图 2 可知,近 10 年严重偏枯的二级区为海河区的滦河及冀东沿海、海河北系、海河南系、内蒙古内陆河区,地表水资源分别偏枯 58.3%、51.8%、47.3% 和 52.9%,水资源总量分别偏枯 41.9%、35.8%、29.0% 和 28.7%;偏

丰的二级区为淮河中游、吐哈盆地小河、昆仑山北麓小河,地表水水资源分别偏丰 23.8%、36.4% 和 22.8%,水资源总量分别偏丰 20%、9.2% 和 24.9%;地表水资源量的丰枯分布情况决定了水资源总量的丰枯分布。

从时间序列分析:近 10 年的水资源量部分地区偏枯,接长了这些分区的枯水段;从南北差异看:近 10 年北方偏枯,南方偏平、丰;从东西差异看:西部偏丰,中部偏枯,东部沿海偏平、丰。

2.3 较枯区资源量分析

通过以上分析可见,近 10 年水资源量的延长系列对 45 年均值的影响较小,但接长了枯水段,以辽河区和海河区最为严重。对这两个区的 1956 年- 2010 年的水资源量与 45 年均值比较进行模比系数差值累计计算,进一步分析其水资源的变化情势。

$$k_i = \sum \left(\frac{W_i}{\bar{W}} - 1 \right) \quad (1)$$

式中: k_i 为第 i 年的水资源量的模比系数差值累计值; W_i 为第 i 年的水资源量; \bar{W} 为 45 年的多年平均水资源量。

差值累计曲线图中,曲线上升部分为某一年的水资源量大于 45 年多年平均值,则认为该年的水资源量为偏丰;曲线下降部分为某一年的水资源量小于 45 年多年平均值,则认为该年的水资源量为偏枯。辽河区和海河区的水资源差值累计曲线分别见图 3、图 4。

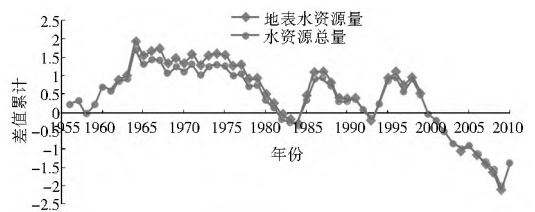


图 3 辽河区水资源量差值累计曲线

Fig. 3 The cumulative curve of water resources difference values in Liaohhe

由图 3 可知,继 1976 年出现的连续 9 年枯水段后,辽河区再次出现较长的 11 年(1999 年-2009 年)的枯水段,其水资源总量均值仅为 45 年均值的 60% 多,2010 年的水资源为偏丰。辽河区近 10 年的水资源量分布不均且呈衰减趋势,供水工程供水量衰减严重,供水保证率降低,进一步加剧了辽河区的供需矛盾^[9-10]。

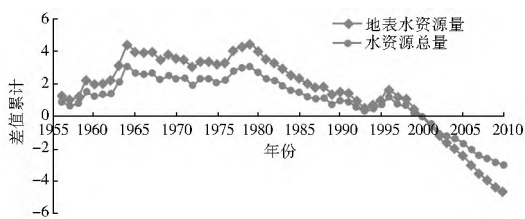


图 4 海河区水资源量差值累计曲线

Fig. 4 The cumulative curve of water resources difference values in Haihe

由图 4 可知,1997 年开始的枯水段持续至 2010 年,地表水资源量平均值仅为 45 年多年平均值的一半多。加上从 1980 年到 1993 年长达 14 年的枯水段,从 1980 年到 2010 年累计亏损的地表水资源量达 1 550 亿 m^3 之多。海河区近 10 年的水资源量状况加剧了资源性缺水矛盾,尤其干旱年份区域水资源供需矛盾尤其突出,使得水环境、水生态恶化严重,水体严重退化^[11-12]。

从较枯区分析得,随着经济社会发展对供水保证率要求的不断提高,需要对较长的枯水段引起足够的重视,在相应的规划和供水工程设计中,枯水时段水资源量应作为重要依据。

3 水资源变化的影响因素

3.1 气候变化

近 10 年来,由于全球气候升温加剧的影响,导致我国不少地区极端水旱灾害事件发生频繁,强度加大,危害加深,不少地区连续出现大面积干旱。如 2004 年,我国南方遭受 53 年来罕见干旱;2007 年,22 个省发生旱情;尤其 2010 年的西南大旱,部分省份遭 80 年乃至百年一遇的特大旱情,且旱情超过 5 个月之久。

近 10 年极端的气候变化引起降雨、蒸发、径流等水循环的变化,导致我国水资源在时间和空间上的重新分配^[13],如西北诸河区和淮河区的水资源量偏丰,其他区偏枯,和全国水资源数量的减少,进一步影响生态环境和人类经济社会,加剧了水资源量的供需矛盾。另外,由于水资源系统的变化及其对人类社会经济等方面的影响,反过来又会对局地的气候产生影响,从而导致局地的气候变化,在某种程度上又加剧气候变化。

3.2 人类活动的影响

近 10 年,随着我国经济社会的迅速发展,人类活动对水资源的影响也在逐步加剧,主要表现在以下两个方面。

(1) 空间影响。由于经济社会的发展对水资源的需求不断增加,而地表水资源的开发无法满足供水需求,因此平原区的浅层地下水处于严重超采的状态,导致平原区浅层地下水水位不断下降,尤以海河区最为严重,其近年来平原区地

下水开发利用系数达到 140% 以上,其局部地下水水位下降至 50 m 以上。另一方面,由于人类活动使得地面硬化,降雨产流量不断减少,然而近些年极端气候使蒸发量不断加强,致使土壤经常处于水分亏缺状态,大片河流湖泊的水面不断萎缩,尾间湖泊面积缩小,甚至干涸,如鄱阳湖、呼伦湖、青海湖。

(2) 时间影响。人类活动通过影响气候、地表植被变化来影响降水时间。近些年在追求经济社会发展的同时,自然资源遭到过度开采,生态环境被严重破坏,大气受到各种有害物质污染;过量的 CO_2 导致温室效应,使得大气温度升高,大气的持水能力增强^[14-15],因此许多流域降水量可能增加,但同时蒸发量也增加。这些因素使气候的变率增加,极端天气现象频发,水循环加速,从而影响降雨时间、时长、雨强等。

4 结论

(1) 通过论证全国一级区 45 年的天然径流量及其延长系列,表明 45 年系列成果仍具有一定的代表性。

(2) 从近 10 年水资源变化情况看,全国大部分区域偏枯,仅有淮河区 and 西北部诸河区偏丰,特别是北方地区水资源供需形势更趋紧张,对经济社会发展和生态环境产生了重大影响,北少南多的水资源分布格局进一步加剧。

(3) 地表水资源量的丰枯分布情况决定了水资源总量的丰枯分布。近 10 年来,北方偏枯,南方偏平、丰;西部偏丰,中部偏枯,东部沿海偏平、丰;部分地区枯水时段进一步延长。

(4) 气候变化和大规模人类经济社会活动,使得我国许多地区的产水规律发生了一定的变化,从而影响区域水资源量。

参考文献(References):

- [1] 王瑗,盛连喜,李科,等.中国水资源现状分析与可持续发展对策研究[J].水资源与水工程学报,2008,19(3):10-14. (WANG Yuan, SHENG Liar xi, LI Ke, et al. Analysis of Present Situation of Water Resources and Counter Measures for Sustainable Development in China [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2008, 19(3): 10-14. (in Chinese))
- [2] 张利平,夏军,胡志芳.中国水资源状况与水资源安全问题分析[J].长江流域资源与环境,2009,(2):116-120. (ZHANG Li ping, XIA Jun, HU Zhifang. Situation and Problem Analysis of Water Resource Security in China [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2009, (2): 116-120. (in Chinese))
- [3] 武学毅,谢新民,张海涛,等.我国规划水资源论证工作现状与发展对策[J].水电能源科学,2013,31(3):124-126. (WU Xue yi, XIE Xin min, ZHANG Hai tao, et al. Status and Development Countermeasure of Chinese Water Resources Justification for Planning [J]. Water Resources and Power, 2013, 31(3): 124-126. (in Chinese))
- [4] 张立.珠江流域片水资源变化状况及代表年选择的研究[J].水利规划,1996,(1). (ZHANG Li. Various and Representative of Water Resource in the Pearl Basin [J]. Water Resources Planning, 1996, (1). (in Chinese))
- [5] 石代军.降水资料系列代表性分析[J].吉林水利,2004,(12):1-3. (SHI Dai jun. Representativeness Analysis for Precipitation Data Series [J]. Jilin Water Resources, 2004, (12): 1-3. (in Chinese))

(下转第 29 页)

- [5] 王小平, 曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002. (WANG Xiaoping, CAO Liming. Theory, Application and Software of Genetic Algorithm [M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2002. (in Chinese)).
- [6] 刘卫林, 董增川, 王德智. 混合智能算法及其在供水水库群优化调度中的应用[J]. 水利学报, 2007, 38, (12): 1437-1443. (LIU Weilin, DONG Zengchuan, WANG Dezhi. Hybrid Intelligent Algorithm and its Application in Dispatch Optimization for Water Supply Reservoir Group[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2007, 38(12): 1437-1443. (in Chinese))
- [7] 戴力, 钟平安, 万新宇, 等. 流域防洪体系联合调度整体模拟系统开发及应用[J]. 水电能源科学, 2012, 30(7): 54-57. (DAI Li, ZHONG Ping'an, WAN Xin'yu, et al. Developing and Application of Simulation System of Joint Operation of River Basin Flood Control System[J]. Water Resources and Power, 2012, 30(7): 54-57. (in Chinese))
- [8] Maja Schluter, Andre G. Savitsky, Daene C. McKinney, Helmut Lieth. Optimizing Long term Water Allocation in the Amudarya River Delta: A Water Management Model for Ecological Impact Assessment [J]. Environmental Modelling & Software, 2005, (20): 529-545.
- [9] 冯尚友. 水资源持续利用与管理导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000. (FENG Shangyou. Water Resources Management [M]. Beijing: Science Press, 2000. (in Chinese)).
- [10] Singh V P. The use of Entropy in Hydrology and Water Resources [J]. Hydrological Processes, 1997, (11): 587-626.
- [11] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998. (CHEN Shouyu. Fuzzy Sets Theory and Application [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1998. (in Chinese))
- [12] 游进军, 王忠静, 甘泓, 等. 国内跨流域调水配置方法研究现状与展望[J]. 南水北调与水利科技, 2008, 6(3): F4. (YOU Jijun, WANG Zhongjing, GAN Hong, et al. Current Status and Prospect of Study in China on Water Allocation of Inter Basin Diversion Projects [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2008, 6(3): F4. (in Chinese))
- [14] 刘攀, 郭生练, 李玮, 等. 遗传算法在水库调度中的应用综述[J]. 水利水电科技进展, 2006, (4): 931-948. (LIU Pan, GUO Shenglian, LI Wei. Application of Genetic Algorithm to Reservoir Operation [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2006, (4): 931-948. (in Chinese))
- [15] 金菊良, 丁晶. 水资源系统工程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2002. (JIN Jiliang, DING Jing. Water Resources System [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 2002. (in Chinese))

(上接第4页)

- [6] 邹连文, 陈干琴, 王娟, 等. 山东省年降水量系列代表性及多年变化的初步分析[J]. 水文, 2005, (6): 58-61. (ZOU Lianwen, CHEN Ganqin, WANG Jun, et al. Representative and Annual Precipitation Series in Shandong Province for Years to Change a Preliminary Analysis [J]. Hydrology, 2005, (6): 58-61. (in Chinese))
- [7] 丁爱中, 赵银军, 郝弟, 等. 永定河流域径流变化特征及影响因素分析[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(2): 17-22. (DING Aizhong, ZHAO Yijun, HAO Di, et al. Analysis of Variation Characteristics of Runoff and Their Influencing Factors in the Yongding River Basin [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013, 11(2): 17-22. (in Chinese))
- [8] 梁文章, 孙玉华, 孙宝杰. 辽西北地区水资源量趋势分析[J]. 东北水利水电, 2011, (2): 37-38. (LIANG Weizhang, SUN Yuhua, SUN Baojie. Trend Analysis of Water Resource in Liaoning Northwest [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China, 2011, (2): 37-38. (in Chinese))
- [9] 郭志辉. 松辽流域水资源综合评价及水资源演变规律研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2011. (GUO Zhihui. Comprehensive Evaluation and Evolution Trend of Water Resource in Songliao Basin [D]. Handan: Hebei University of Engineering, 2011. (in Chinese))
- [10] 徐凤琴. 沈阳地区水资源总量及用水情况分析[J]. 东北水利水电, 2002, (7): 36. (XU Fengqin. Analysis of Water Resources and Water Use in Shenyang [J]. Water Resource & Hydropower of Northeast China, 2002, (7): 36. (in Chinese))
- [11] 罗新正, 郭献军. 人类干扰与海河流域水环境衰退[J]. 中国人口·资源与环境, 2004, (5): 14-18. (LUO Xinzheng, GUO Xianjun. Man's Disturbance and Contabescence of Water Environment in Haihe Valley [J]. China Population, Resources and Environment, 2004, (5): 14-18. (in Chinese))
- [12] 贾德序. 海河流域山区的地貌土壤和植被[J]. 海河水利, 1992, (4): 58-62. (JIA Dexu. Mountainous Topography and Vegetation Soil in Haihe Basin [J]. Haihe Water Resources, 1992, (4): 58-62. (in Chinese))
- [13] 郑永路, 钟平安, 万新宇, 等. 淮河流域主汛期极端降水时空特征变异分析[J]. 南水北调与水利科技, 2004, 2(5): 14-18. (ZHENG Yonglu, ZHONG Ping'an, WANG Xin'yu, et al. Analysis of Spatial and Temporal Variations of Extreme Precipitation in Huaihe River Basin during the Main Flood Season [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2004, 2(5): 14-18. (in Chinese))
- [14] 仕玉治. 气候变化及人类活动对流域水资源的影响及实例研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2011. (SHI Yuzhi. The Influence of Climate Change and Human Activites on Basin Water Resources and Cass Study [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2011. (in Chinese))
- [15] 刘昌明, 刘小莽, 郑红星. 气候变化对水文水资源影响问题的探讨[J]. 科学对社会的影响, 2008, (2): 21-27. (LIU Changming, LIU Xiaomang, ZHENG Hongxing. The Discuss of the Impact Issues in Climate Change on Hydrology and Water Resources [J]. Impact of Science on Society, 2008, (5): 21-27. (in Chinese))