

我国水资源安全影响因素与发展态势研究

孙才志 张 蕾 闫 冬

(辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心 辽宁 大连 116029)

摘要:从 10 个方面探讨水安全的影响因素,分析我国水安全的基本现状,预测未来发展态势。研究表明:“水多”问题对我国水安全的不利影响将逐渐降低;“水少”问题在未来依然严峻;“水脏”问题长期内呈现加剧态势;“水浑”问题将会在 2050 年前有较大的改善;水生态失衡问题到 2050 年可望得到很大的缓解。

关键词:水资源安全;影响因素;发展态势

中图分类号:TV213

文献标识码:A

文章编号:1003-9511(2008)01-0001-04

水安全危机已经成为人类生存、发展最严峻的挑战之一。中国共产党第十六次代表大会提出“全面建设小康社会”的战略目标,此目标对维系人类生存和发展,特别是与国计民生息息相关、对社会经济发展具有“瓶颈影响”的稀缺性自然资源,如石油、土地、水资源等的安全问题提出更高的要求。在这种背景下,研究水资源安全的影响因素与发展态势,对科学地制定区域水资源安全战略决策具有重要意义。

1 水资源安全的概念

水安全问题是 20 世纪末提出的重要概念。基于“全球人类缺乏安全而充足的水资源以满足基本生活需要”和“当前水资源以及提供和支持水资源的相关生态系统正面临着来自污染、非可持续性使用、土地利用变化、气候变化及其他诸方面的威胁”的认识,2000 年 3 月在海牙召开的第二届水论坛部长级会议上通过了《海牙宣言》^[1],该宣言将水安全定义为:“让地球上每个人都能够用上价格上能承受、数量上足够的洁净水,同时自然环境也得到保护和改善。”

2 水资源安全的影响因素

影响水资源安全的主要因素包括自然禀赋条件和社会经济 2 个方面。前者包括水资源条件及其开发利用程度、生态环境状况、全球气候变化、水资源与人口及其他资源的组合状况;后者包括产业结构与生产力水平、社会消费水平、市场条件、科学技术发展水

平^[2]、水资源管理水平、全球化因素等。进入 21 世纪,民族主义、恐怖主义、霸权主义都有抬头的趋势,由于水资源本身特有的脆弱性、与人民生活的息息相关性,很可能成为首先遭受打击、破坏的目标。因此,这些因素对水资源安全的影响也不容忽视。

2.1 水资源条件及开发利用程度

水资源条件是影响水资源安全最重要的因素之一。水资源条件好,对区域的承载能力就大,水资源就安全。如果水资源开发利用程度高,当前阶段的区域承载力高,则水资源安全,但未来安全程度提高的余地不大。水资源开发利用条件是目前所有水资源平衡分析中最容易忽略的问题。某个地区的水资源开发利用条件可以用有效水资源量与水资源总量的比值表示。所谓有效水资源量是指在我国目前社会、经济和技术条件下,可开发利用的水资源量。据估算,我国的有效水资源量为 11 137 亿 m^3 ,仅占我国公认的水资源总量 28 261 亿 m^3 的 39%。关于水资源开发利用程度,应考虑评价对象的用水效率与节水潜力,假如其用水效率已经很高,节水潜力较少,则进一步开发利用的难度较大,水资源安全程度降低,但假如其用水效率较低,节水潜力巨大,则可以通过节流挖潜的方式提高水资源承载力,增强水资源安全能力。

2.2 生态环境状况

在同样水资源条件下,生态环境脆弱地区的生态需水量大,生态需水要占到水资源总量的 1/3 以上,因此,国民经济可利用水量就相对偏少,水资源

安全性降低。例如通过遥感解译的生态要素信息和地面水文观测资料,利用分流域用水量平衡分析方法,可以计算出全国的生态环境需水总量约为 1000 亿~8000 亿 m^3 ,其中西北内陆河流域片的生态环境用水量为 400 亿 m^3 。而根据 2002 年的水资源平衡分析资料,该区域的水资源剩余量为 882.4 亿 m^3 ,生态环境需水几乎占到剩余水资源量的 50%。如果以内陆河流域片的有效水资源量 768 亿 m^3 来进行平衡分析的话,则剩余资源量不足以维持当地的生态环境需水。这正是西北内陆河流域水资源总量丰富,但生态环境依然脆弱,水资源安全程度较低的最直接原因。

2.3 全球气候变化的影响

根据 1950~1997 年近 50 年的降水和气温资料分析,我国近 20 年来呈现北旱南涝的局面。20 世纪 80 年代华北地区持续干旱,京津地区、海滦河流域、山东半岛 10 年平均降水量仅为 10%~15%。进入 20 世纪 90 年代,黄河中上游地区、汉江流域、淮河上游、四川盆地的 8 年平均降水量较少,约为 5%~10%。黄河花园口的天然来水量初步估计约 20%,海滦河和淮河的年径流量也都明显减少。从全国范围看,北方缺水地区持续枯水,以及淮河、黄河、海河与汉江同时遭遇枯水年,加剧了北方水资源供需失衡的矛盾。

2.4 水资源与人口及其他资源的组合状况

我国水资源空间分布极不均衡,并与人口、耕地和矿产资源的空间分布差异较大。如我国北方人口占全国的 2/5,但水资源占全国总量的 1/5;北方的耕地面积占全国的 3/5,单位面积水资源量只有南方的 1/6,北方每 100 亿元潜在价值矿产资源拥有的水资源量为 16 m^3 ,而南方为 94 m^3 。可见,我国水资源与人口、耕地、矿产资源空间组合不匹配已成为影响我国北方水资源安全的重要因素。

2.5 产业结构

自 20 世纪 80 年代以来,我国各行业用水结构变化加剧。在供水量大幅度增加的前提下,农业用水量渐趋于稳定,所占比例呈下降趋势,但农田灌溉用水是农业用水中的大户,约占 92%,节水潜力较大。我国种植业结构优化的目标是“二元结构三元化”,即从以粮食为主兼顾经济作物的二元结构,发展成节水高效的“粮经饲”三元结构。通过农业产业结构的优化,来达到保障粮食安全、水安全的目标。工业将耗水工业配置在水资源丰富地区,在水资源贫乏地区发展低耗水、高附加值工业,以此提高水资源的安全度。

2.6 社会消费水平

在社会生产能力确定的条件下,社会消费水平及结构在一定程度上决定水资源安全程度,因为同样生产力条件下可以承载在较低生活水平下的较多人口,也可以承载在较高生活水平下的较少人口。例如随着人们生活水平的提高,将会消耗更多的肉、蛋、奶,从而消耗更多的饲料粮。该影响因素需要政府规范与引导人们的饮食结构,如变吃猪肉、鸡肉为吃羊肉、牛肉,因为对于生产相同数量的肉类,猪和禽类所消耗的饲料要比牛、羊消耗的多。

2.7 科学技术发展水平

水资源安全在很大程度上依赖于未来科学技术的进步。目前,许多现代高新技术已被应用于资源开发利用领域。如海水淡化技术将使海水真正具有“取之不尽、用之不竭”的特征,沿海地区的水资源安全危机将从根本上得到有效解决。未来的基因工程、信息工程等高新技术也将会对区域产业结构和市场格局产生影响,从而对水资源安全形势产生影响。

2.8 水资源管理水平

水资源管理是对国家水资源实行可持续开发利用的现实目标与未来目标的调控,目前,我国水资源管理体制的滞后、水权的不明晰、水市场运行机制的不健全是造成水安全危机的管理因素^[3]。水利部认为,水资源管理应实现 5 个转变:①从重建轻管向建管并重转变;②从只重视技术管理向既重视技术管理又重视依法管理转变;③从只重视工程安全管理向既重视工程安全管理又重视发挥工程效益最大化转变;④从建管分离向建管合一转变;⑤从传统管理向现代管理转变。这 5 个转变对提高水资源安全度具有划时代的意义。

2.9 全球化因素

随着世界经济的全球化和加入 WTO,我国水资源安全面临着如下严峻的挑战^[1]:①缺乏国际市场的竞争力。目前我国万元 GDP 的耗水量为世界平均水平的 4 倍,水资源耗竭的速度将大大高于世界平均水平。②中国目前的水资源危机将面临国际的巨大压力。Brown 于 1998 年发出“中国的水源短缺将震撼世界的食物安全”的评论为我国敲响了警钟。③面临水资源与环境侵略的危险。加入 WTO 后,耗水量大、水污染严重的企业向我国转移,形成新的转移侵略与污染转嫁。④目前我国正面临着水资源高消费、高污染时期的到来。国际经验证明,人均 GDP 达到 1000~3000 美元正是高污染、高耗水产业兴起的阶段。

2.10 政治因素

水安全问题不仅是资源问题、经济问题,有时甚至是严重的社会问题、政治问题。因水引发的冲突及国际争端屡见不鲜。进入 21 世纪,民族主义、霸权主义、恐怖主义均有复苏抬头的趋势,地区的供水系统一旦遭到恐怖主义的破坏,将会给社会带来动荡。因此,水安全问题应该引起社会的高度重视。

3 我国水资源安全现状及发展态势

我国地势总特征致使旱涝灾害具有集中性,季风气候导致旱涝灾害具有频发性,经济社会承载旱涝灾害损失具有脆弱性,水利基础设施抵御旱涝灾害能力具有偏低性,水环境恶化仍具有持续渐进性,这一系列特点使我国的水安全问题呈现多样性的态势。我国水资源开发利用的主要问题即为“水多、水少、水脏、水浑和水生态失衡”愈演愈烈,这将导致我国水安全形势更加严峻。

3.1 水多问题——防洪能力差,洪涝灾害严重

我国是世界上洪涝灾害最严重的国家之一^[4]。据统计,仅 20 世纪 90 年代以来,洪水灾害造成的直接经济损失超过 10 000 亿元,其中 1998 年的特大洪水,造成直接经济损失 2 550 亿元。由于农业生产受洪涝灾害影响较大,故笔者以我国农业系统 1950~2004 年间的洪灾情况探讨我国的水多问题(图 1)。

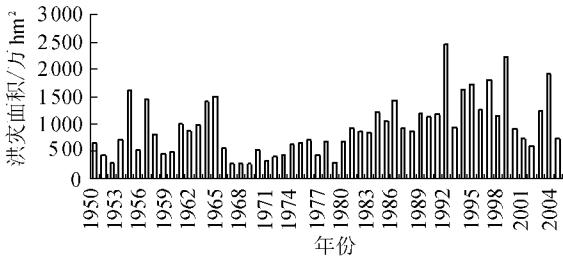


图 1 中国 1950~2004 年洪涝灾害序列

由图 1 可知,1950~2004 年全国平均每年洪灾受灾面积 930.469 万 hm^2 ,约占全国耕地面积的 9.8%,成灾面积 535.49 万 hm^2 ,约占全国耕地面积

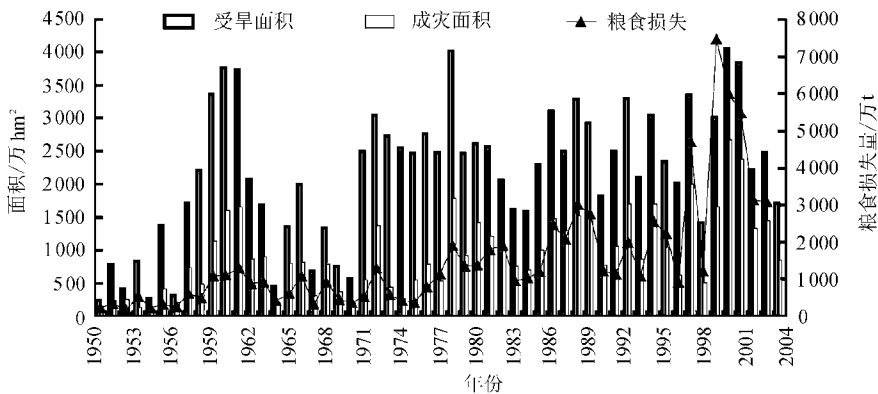


图 2 中国 1950~2004 年干旱灾害及粮食损失序列

的 5.6%。洪涝灾害最轻的时期是 20 世纪 70 年代,受灾面积为多年平均的 65%。洪涝灾害最重的时期是 20 世纪 90 年代,为多年平均的 1.6 倍。随着现代的防洪工程体系的全面建立,预计水多问题对我国水安全的不利影响将逐渐降低^[5]。

3.2 水少问题——干旱缺水严重,水资源供需矛盾达到白热化

水资源短缺是我国水资源安全最主要的表现形式。1993 年国际人口行动报告“持续水-人口和可更新水的供给前景”提出水资源短缺的基本标准^[6]:人均水资源量 3 000 m^3 以下为轻度缺水;2 000 m^3 以下为中度缺水;1 000 m^3 以下为重度缺水;500 m^3 以下为极度缺水。据此标准,可得出我国各省市、自治区的缺水情况,如表 1 所示。

表 1 根据人均水资源指标得到的中国各地区缺水状况

缺水状况	地 区
极度缺水	北京、天津、河北、山西、上海、江苏、山东、河南、宁夏
重度缺水	辽宁
中度缺水	吉林、浙江、安徽、湖北、陕西、甘肃
轻度缺水	内蒙古、黑龙江、湖南、广东、四川、重庆、贵州
不缺水	福建、江西、广西、云南、西藏、青海、新疆、台湾

农业生产最易遭受干旱灾害,故笔者以我国农业系统 1950~2004 年的洪灾情况探讨水少问题(图 2)。由图 2 可知,1950~2004 年全国年均干旱受灾面积 2 160.513 万 hm^2 ,约占全国耕地面积的 22.68%,成灾面积 946.277 万 hm^2 ,约占全国耕地面积的 9.94%。受灾超过多年平均 2 160.513 万 hm^2 的有 30 年,占总年数的 54.55%。旱灾最轻的是 20 世纪 50 年代,受灾面积为多年平均的 39%。然而 2000~2004 年均受灾面积为多年平均值的 1.33 倍。总的来说,旱灾、成灾面积有增加的趋势。

未来水资源供需平衡分析发展趋势表明,水少问题将是制约我国国民经济可持续发展的长期性瓶颈因素,尤其是到 2050 年人均水资源量将下降到 1 760 m^3 ,已经接近用水紧张国家人均水资源量少于 1 700 m^3 的数值,尽管采取开源、节流等一系列综合

措施,水少问题在未来依然严峻^{5]}。

3.3 水脏问题——水质危机逐渐上升到水资源危机的主要矛盾

水资源是量与质的高度统一,有量无质或有质无量都是实现水资源可持续开利用的桎梏。21世纪我国面临水质危机所导致的水资源危机大于水量危机^[7]。

目前,全国约有1/3以上的工业废水和9/10的生活污水未经任何处理就直接排入河湖,从而对水环境造成严重的影响。以河流为例,根据1998~2004年对全国河流进行的评价,符合《地面水环境质量标准》的Ⅰ,Ⅱ类标准只占32.9%,符合Ⅲ类标准的占28.9%,符合Ⅳ,Ⅴ类标准的占20%,劣Ⅴ类的占18.3%。可见我国地表水资源污染形势严峻。我国总体环境质量依然处于“局部改善、整体恶化”的状态。可以说,水质危机危害远超过水量危机,必须引起高度重视。

未来水环境发展趋势表明,我国水环境在2050之前具有污染加剧趋势。应该指出的是持久性有机污染物对水环境安全构成新威胁,在POPs公约禁用的12种POPs中,我国生产过DDT、毒杀酚、六氯苯等5种产品,而且DDT、毒杀酚等4种化学品目前依然有少量生产和使用。这些有毒化学品及农药中间体在未来较长时间内对我国的水环境安全构成新威胁。我国未来水脏问题在长期内具有加剧态势^{5]}。

3.4 水浑问题——水土流失严重

我国是世界上水土流失最为严重的国家之一,根据2001年公布的全国第二次水土流失遥感调查结果,20世纪90年代末全国水土流失面积356万km²,约占国土面积的37%,其中水蚀面积165万km²,以黄河上中游、长江上游地区水土流失最为严重。水土流失使我国每年平均流失耕地6.67万hm²,流失沃土50亿t,导致江河湖库淤积严重,土地贫瘠,生态环境恶化,工程效益衰减,加剧了洪涝干旱和风沙灾害。例如,黄河下游每年要淤积泥沙4亿t,黄河河床每年以8~10cm的速度淤高,严重威胁着黄淮海平原25万km²。目前,全国大中小型蓄水工程累计淤积泥沙已达200亿t,占全国水库兴利库容的10%以上,严重削弱了水利设施的调蓄功能。

根据《全国水土流失公告》、《全国生态环境建设规划》,到2010年将有301万km²的水土流失面积。21世纪前20年,水浑问题仍将保持较高的水平。随着合理的水资源配置方略的实施,水浑问题将在2050年前有较大改善^{5]}。

3.5 水生态严重失衡

水生态失衡是指江河断流、湖泊萎缩、湿地干

涸、土壤沙化、土地荒漠化、海水倒灌、地面沉降等一系列主要由水问题引起的生态蜕变。通常认为,当径流量利用率超过20%时会对水环境产生较大影响,超过50%时会产生严重影响。2004年我国的水资源利用率已达19%,接近世界平均水平的3倍,其中海河、淮河、黄河的利用率分别为88%、58%、50%,而人均水资源量居全国前列的西北地区的利用率也达到了46%。根据吴季松^[8]的分析,水生态失衡主要是由人口压力、生态压力或二者耦合压力导致的缺水造成的,我国人口、生态双重压力地区包括天津、宁夏、河北、山西;生态压力地区包括新疆、甘肃、青海、内蒙古;人口压力地区包括上海、北京、山东、河南、江苏、辽宁。我国每年平均有20个天然湖泊在消亡,50年来已经减少1000个内陆湖泊;中国沿海地区累计已经丧失滨海滩涂湿地面积约119万hm²;土地荒漠化面积已达262.2万km²,占国土面积的27.3%,全国已经出现区域性地下水降落漏斗76个(2004年),漏斗总面积7.2万km²,地面沉陷的城市达50个,环渤海平原区由于海水倒灌影响面积已达1240km²。

水生态失衡是上述4个问题耦合效应的综合体现,根据上述4个问题的分析,可以预计到水生态失衡问题在2030年将达到高峰,然后逐渐好转,该问题到2050年可望得到很大的缓解^{5]}。

4 结 论

a. 水资源安全受到多种因素的影响,这些因素既有定量的,也有定性的;既有确定性的,也有随机性的;既有局部性的,又有全局性的;既有内部的,又有外部的。影响因素的特点无疑会对水资源安全研究尤其是评价工作带来很大的不确定性和困难。

b. 我国水资源安全的基本现状是水资源总量丰富,人均水资源量偏低,我国属于中度缺水国家;水资源自然分布极不理想,水少与水多问题并存;水资源开发程度较高,缺水地区进一步开源余地小;水体污染严重,水质恶化速度减缓但恶化趋势仍在继续;水资源利用效率不高,节水潜力巨大;上述基本现状所导致的水生态失衡问题在持续地蔓延与发展。上述水安全问题已经而且必将继续影响着我国水资源的可持续开发与利用。

c. 我国水资源安全的发展态势是水多问题对我国水安全的不利影响将逐渐降低;水少问题在未来依然严峻;水脏问题在长期内具有加剧态势;水浑问题在2050年前将会有较大的改善;水生态失衡问题到2050年有望得到较大的缓解。

(下转第25页)

表 3 最优方案下各个分项工程施工工期情况

分项工程	计划 施工期 /月	优化 施工期 /月	节省 工期 /月	占比例 /%
主坝工程	60	56.4	3.6	6.00
副坝工程及副坝穿坝建筑物	36	35.8	0.2	0.56
49孔浅孔闸加固改造工程	36	34.7	1.3	3.61
姜唐湖进洪闸工程	21	19.8	1.2	5.71
新建 12 孔深孔闸工程	17	16.1	0.9	5.29
新建 500 级船闸工程	19	17.9	1.1	5.79
城西湖船闸改建工程	9	8.4	0.6	6.67
上下游引河工程	34	28.1	5.9	17.35
主体工程合计	232	217.2	14.8	6.4

4 结 语

遗传算法是一种模拟生物进化的自适应随机搜索方法,由于它对问题本身的限制较少,对问题目标函数和约束条件既不要求可微也不要求连续,仅要求该问题是可计算的,同时,它的搜索始终遍及整个解空间,能找到近乎全局最优解,因而在网络计划优

化方面具有广泛的应用价值。将其应用于资源有限条件下的水利工程施工进度控制优化问题分析中具有一定的优越性。

参考文献:

- [1] 白思俊. 资源有限的网络计划与启发式优化方法及其评价与选择: 启发式优化方法综述[J]. 中国管理科学, 1993, 2(2): 30-38.
- [2] 郑月锋, 黄德才, 刘端阳. 遗传算法在求解时间表问题中的应用研究[J]. 浙江工业大学学报, 2006, 34(4): 162-165.
- [3] 徐哲. 时间和费用不确定的网络计划资源均衡优化[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(10): 2500-2503.
- [4] 林志荣, 朱宏道. 网络计划中的资源均衡优化的研究[J]. 中国管理科学, 2000, 8(3): 39-43.
- [5] 陆绍凯, 武振业. 固定资源约束下的网络计划进度优化方法研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2005, 27(4): 88-92.
- [6] 汪安南. 淮河流域防洪的基础及支撑: 临淮岗洪水控制工程[J]. 治淮, 2000(9): 3-4.

(收稿日期: 2007-06-26 编辑: 徐广生)

(上接第 4 页)

参考文献:

- [1] 闵庆文, 成生魁. 全球化背景下的中国水资源安全与对策[J]. 资源科学, 2002(4): 49-55.
- [2] 王浩, 秦大庸, 王建华, 等. 西北内陆干旱区水资源承载能力研究[J]. 自然资源学报, 2004(2): 151-159.
- [3] 高明, 刘淑荣, 李亚民. 论我国水权制度的调适与创新[J]. 水利经济, 2006, 24(2): 7-11.
- [4] 矫勇, 张国梁. 向现代化迈进的中国水利[M]. 北京: 中国

水利水电出版社, 2004.

- [5] 孙才志, 杨俊, 王会. 面向小康社会的水资源安全保障体系研究[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2007, 7(1): 52-57.
- [6] 吴季松. 水资源及其管理的研究与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.
- [7] 姜文来. 中国 21 世纪水资源安全对策研究[J]. 水科学进展, 2001(1): 66-71.
- [8] 吴季松. 中国可以不缺水[M]. 北京: 北京出版社, 2005.

(收稿日期: 2007-08-28 编辑: 张志琴)

(上接第 11 页)

- [14] 中华人民共和国国家统计局. 2003 中国统计年鉴[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [15] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 等. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 自然资源学报, 2003, 18(4): 443-452.
- [16] 中华人民共和国交通部综合规划司. 2002 年公路水路交通行业发展统计公报[EB/OL]. [2003-05-07]. <http://www.moc.gov.cn>.
- [17] 中国电力年鉴编委会. 2003 中国电力年鉴[Z]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [18] 中华人民共和国水利部. 2003 年水利统计公报[EB/OL]. [2004-08-26]. <http://www.cws.net.cn/>.
- [19] 中华人民共和国水利部. 2002 年水利统计公报[EB/OL]. [2003-06-08]. <http://www.cws.net.cn/>.

- [20] 张淙皎, 张世宝, 冯田华. 桃林口水库工程经济后评价防洪效益计算[J]. 中国农村水利水电, 2002(8): 6-7.
- [21] 中华人民共和国水利部. 2003 年中国河流泥沙公报[EB/OL]. [2005-03-25]. <http://www.hydroinfo.gov.cn/>.
- [22] 李金昌, 姜文来, 靳乐山, 等. 生态价值论[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1999.
- [23] 肖建红, 施国庆, 毛春梅, 等. 水坝对河流生态系统服务功能影响评价[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 526-537.
- [24] 吴玲玲, 陆健健, 童春富. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(5): 411-416.
- [25] 肖建红, 施国庆, 毛春梅, 等. 三峡工程对河流生态系统服务功能影响预评价[J]. 自然资源学报, 2006, 21(3): 424-431.

(收稿日期: 2007-10-09 编辑: 张志琴)