

⑤ 18-21 中国的主要水问题及水文学的机遇

芮孝芳

(河海大学水文水资源及环境学院 南京 210098)

P33
p426.616

摘要 从水资源开发利用与保护、水旱灾害防治等方面论述中国当前存在的主要水问题:水危机和水浪费同时存在、水污染日趋严重、防洪减灾任重道远、生态环境破坏严重、全球气候变暖产生不利影响;进而论述水文学研究面临的新课题:水文现象的不确定性、人类活动对水文的影响、水位频率计算、水资源开发利用的最佳效应、水资源供需分析、农业节水灌溉机理及水旱灾害的防治,并指出必须加强对这些新课题的研究。

关键词 水资源; 水旱灾害; 水环境; 水文学

与地球上其它资源相比较,水是一种不可替代、总量有限但可循环利用的资源,也是一种清洁能源。但水却极易受到污染,并且是污染物的载体,能导致污染物的扩散与蔓延。水量不足碍于人类的生存与发展,水量过于集中又会酿成洪涝灾害,危及人类生命与财产安全。水的这些基本属性或特点,决定了水资源的合理开发利用和水旱灾害的防治是经济社会可持续发展必须解决的重大问题。

我国水资源相对比较贫乏,且地区分布很不均匀,南方水多、北方水少、东部湿润,西部干旱,与人口、土地、矿产资源的分布不相适应;我国水资源的年内和年际变化也很大,是世界上水旱灾害频发的国家之一。经过近半个世纪的努力,我国在合理开发利用水资源和防治减轻水旱灾害方面取得了巨大成就。但对照可持续发展的科学原则,我国还存在一些令人担忧的水问题。本文试图论述这些问题,并探讨水文学发展的新机遇。

1 水危机与水浪费同时存在

我国农村供水的突出问题是农田灌溉供水不足,当前一些城市挤占农业用水又加剧了农村供水的紧张形势。我国是一个有 12 亿人口的大国,人均耕地不足 0.1 hm^2 ,后备耕地也十分有限。因此,欲使我国粮食产量长期稳定地增长,解决我国的粮食问题,发展农田灌溉是关键之一。目前全国农田灌溉平均每年缺水达 300 多亿 m^3 ,受旱耕地 0.2 亿多 hm^2 ,这无疑是我国农业生产发展的重要障碍之一。

我国城市缺水现象始于 70 年代末,首先从北方

和沿海的少数城市开始,以后逐步蔓延,到 1995 年,全国 620 多个城市中有近 300 个城市缺水,年缺水量约 58 亿 m^3 ,其中严重缺水的城市有 110 多个。我国城市大体上有资源型、污染型和工程型三种类型的缺水。城市严重缺水,不仅影响城市居民生活和造成每年大约 2000 亿元的经济损失,而且还制约了城市的发展和环境的美化。

我国一些干旱山区、牧区、微咸水区和海岛地区,水资源贫乏,经济落后,居民生活贫困,至今仍有 6500 多万人和几千万头牲畜饮水困难,迫切需要早日解决。

目前我国农田灌溉用水约占全国总用水量的 70%,农田灌溉是名符其实的用水大户,但我国农田灌溉水的利用系数只有 0.40 左右,仅为灌溉先进国家的一半,节水灌溉面积所占的比重也很小,许多先进的节水增产灌溉技术,如滴灌、喷灌、渗灌、微灌等没有得到大力推广应用。我国许多工业设备陈旧,工艺技术落后,工业用水重复利用率只有 40%,远远低于工业发达国家的水平。

严重的浪费水资源现象,反过来也说明我国在节约用水方面有相当大的潜力。据分析,1980~1993 年,海河流域总用水量仅增加 6.7%,而工业总产值却提高了 7.8 倍;工业万元产值耗水量由 1980 年的 620 m^3 降至 1993 年的 106 m^3 。1980~1993 年,我国人口平均年增长率约 1.4%,而实际用水量增长率为 1.3%,低于人口增长率。可见,节约用水的潜力在我国明显地存在。

应当把节约用水作为解决我国水资源供需矛盾日益尖锐的最重要的措施。应当采用法律、科技和行

政管理等手段有效地促进农业、工业和生活用水的节约。

2 水污染日趋严重

目前,我国工业企业的废污水排放量很大,据1993年统计,全国工业废污水排放总量达356亿 m^3 (不包括县以下乡镇企业的排放量),其中80%以上未经处理就直接排入江河湖库等水体,是主要的水污染源,已使得不少支流小河变成了排污沟,有的大江大河出现了岸边污染带。我国七大江河中,污染最严重的是太湖流域、淮河流域和海河流域,其次是黄河流域和辽河流域。根据1994年对全国35个江河段水域的调查和分析,有14个江河段共检出197种有机化合物,对其中68种进行定量分析表明,有18种超过水体最高允许浓度,其中17种具有致癌作用、超标500倍以上的就有7种。对全国131个主要湖泊和39座大中型水库的调查分析表明,我国湖泊、水库的富营养化问题十分严重,已达富营养化的湖泊有67个,占调查总数的51.2%,已达富营养化的水库有12座,占调查总数的30.8%。城市和农村的面源污染也十分令人担忧。

水污染的日趋严重,既带来了严重的生态与环境问题,例如在我国5万 km 长的重要河道中已有4万 km 不符合渔业水质标准,鱼虾绝迹的河长已达2400 km ,初步估计,我国淡水渔业由此而造成的产量损失每年约8万 t ;也加剧了一些缺水地区和缺水城市的缺水严重程度,有些地区和城市甚至出现了缺乏安全饮用水的危机,例如,1990年7月,太湖因富营养化导致水藻暴发,湖面被油漆状粘稠的黄绿色飘浮生物体所覆盖,藻类厚达0.5 m ,腥臭味刺鼻,致使无锡市梅园水厂由日产20万 t 减少到5万 t ,严重时无水可取,造成46家企业停产,直接经济损失1.3亿元。

3 防洪减灾任重道远

据研究,全球自然灾害的分布有一定地带性,即存在着两大自然灾害带,其一为环太平洋灾害带,其二为北纬 $20^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 灾害带,在这两个灾害带中,拥有全球火山的95%、地震的95%、海啸的70%,是台风、风暴潮最为严重的地带,也是暴雨、洪涝、干旱等灾害的集中区和频发地。我国大部分地区位于这两个灾害带内。据世界气象组织(WMO)的路德(Rodda)的研究报告称,在世界范围造成经济损失最大的自然灾害是洪水,其次是干旱;造成对人类生活影响面最大的是干旱,其次是洪水;造成死亡人数最多的也是洪水。我国每年因洪水灾害造成的损失占各种自然灾害总损失的比例,估计在60%以上,高于世

界平均比例。

史料记载,从公元前206年至公元1949年的2155年间,我国共发生旱灾1056次,水灾1092次,几乎每两年就要发生一次水灾。仅本世纪以来,我国发生的特大洪水灾害就有:1915年的珠江大水、1931年的江淮大水、1933年的黄河大水、1954年的江淮大水、1957年的松花江大水、1963年的海河大水、1975年淮河支流洪汝河大水、1991年的江淮大水、1994年的珠江大水、1995年的辽河、浑河、第二松花江的大水、1996年的西江、洞庭湖大水、1998年长江中下游和嫩江、松花江大水等。这些特大洪水的发生,都使人民生命财产遭到严重损失。

目前我国七大江河的防洪标准普遍不高,一般都达不到50年一遇;我国受洪水严重威胁的230座大中城市中,防洪标准达到50年一遇以上者仅占23.9%;我国现有的1.1万 km 海堤,能达到20年一遇防台风暴潮标准的也不足1/3;我国目前已建成的8.4万余座水库中,由于达不到规定的防洪标准或存在工程质量问题而成为病险水库的,大型水库占20%,中型水库占30%,小型水库更高达40%。

60年代中期以来,我国大洪水和特大洪水的出现有如下值得注意的倾向:一是长江、淮河及其以南地区和松辽河流域,大洪水和特大洪水发生频次增加,而黄河和海河已分别有35年和50年没有发生特大洪水。二是“小流量高水位”的现象时有发生。如1996年黄河花园口仅出现7600 m^3/s 的常遇洪峰流量,但相应的水位竟达94.73 m ,比1982年相应于洪峰流量15300 m^3/s 的水位93.99 m 还要高出0.74 m ;又如1998年长江城陵矶最大流量只有36800 m^3/s ,相应水位竟达35.94 m ,比1954年相应于最大流量44500 m^3/s 的水位34.45 m 高出1.49 m 。三是同样的降雨量和过程,有些地方的洪水比过去更大,如太湖流域1991年特大洪水,降雨量虽未达到1954年的量级,但太湖水位比1954年高出0.16 m 。

4 若干生态环境问题

a. 地下水的过量开采,出现了区域性地下水漏斗,引发了地面沉降和海水入侵等灾害。以华北地区为例,该地区浅层地下水漏斗面积达到2万 km^2 ,漏斗中心水位下降最大达40 m ;深层地下水漏斗面积也有2.2万 km^2 ,漏斗中心最大埋深达75.7 m 。地下水漏斗的形成,使大量机井报废,单井出水量减少,泉水枯竭。华北地区地面沉降主要发生在天津、北京、沧州、太原等地。例如天津全市都发生了地面沉降,最大沉降已达到2.59 m ,沉降超过2 m 的范围已有10 km^2 。海水入侵也在华北一些地方发生,例如秦

皇岛枣园水源地就因海水入侵而导致水厂报废。

b. 对森林的乱砍滥伐,不合理的耕作制度,盲目的开发区热和城市化,致使水土流失严重。我国是世界上水土流失严重的国家之一。据1990年调查,全国水土流失面积达367万 km^2 ,占国土总面积的38.2%,其中水力侵蚀面积和风力侵蚀面积分别为179万 km^2 和188万 km^2 。目前,我国每年流失的土壤超过50亿t,严重的地区每年流失土层约1cm。每年因水土流失新增沙化面积2100 km^2 。全国有1500km的公路和铁路经常受到水土流失的危害,造成交通中断。全国6500多万绝对贫困的人口,有90%以上集中在水土流失严重的山区。

c. 严重的泥沙淤积和人为围垦,减少了水体的调蓄能力和输水能力,降低了江河防洪标准和工程效益。40多年来,全国各类水库、山塘的库容,因泥沙淤积已损失200多亿 m^3 ;全国内河航运里程已从15.77万km减少到7万km。黄河下游由于泥沙淤积,河床每年平均抬高8~10cm,目前已高出两岸地面4~10m,成为地上“悬河”,黄河洪水严重威胁着黄淮海平原25万 km^2 、1亿多人口的安全。据分析,长江荆江河段近20年来,因泥沙淤积已使河床平均抬高0.43m。长江中下游的湖泊洼地面积,因围垦和淤积已从1.7万 km^2 减少到0.66万 km^2 ,减少了61%,这种人与水争地的问题在1998年长江中下游特大洪水中得到充分暴露。

d. 一些流域的治理开发出现了一些令人担忧的问题。例如海河流域,据1984年统计,流域内已建成大中小型水库1900余座,总库容达265亿 m^3 ,其中大型水库30座,总库容222亿 m^3 。这些水库控制了山区流域面积的83%,造成了入海水量明显减少,平均入海水量已由60年代的162亿 m^3 减少到70年代的116亿 m^3 。1980~1984年五年平均入海水量仅14.7亿 m^3 。入海水量的减少,造成了中下游河道淤积萎缩,防洪能力不断降低和沿海生态环境恶化。又如新疆塔里木河,在上游修建水库之前水量达到150亿 m^3 ,两岸乔、灌木林面积达63.3万 hm^2 。上游修建水库后,由于大量引水灌溉,该河水量已减少到目前的45~50亿 m^3 ,河长缩短了300km,两岸乔、灌木林面积已减少到目前的26.8万 hm^2 ,尤其是下游河段,乔、灌木林已由原来的5.4万 hm^2 减少到目前的1.6万 hm^2 ,减少了70%。再如黄河下游河道1972年开始出现断流现象,至1995年,共断流20次,其中70年代断流6次,平均断流7d,断流河段长130km,80年代断流7次,平均断流7.4d,断流河段长150km;90年代初至1995年的6年中断流8次,平均断流53d,断流河段长500km。1996年,断流

达136d,断流河段长579km;1997年,断流达226d,断流河段长700km。真是“愈演愈烈”。这主要是由于降雨径流偏少,沿河引黄灌溉水量增加和时间加长造成的。由此可能产生的两岸地下水位下降、土地干旱、河道萎缩、河口海岸湿地缩小、生物多样性减少等负面影响是不可等闲视之的。

5 全球气候变暖的不利影响

由于人类活动向大气大量排放二氧化碳等温室气体,导致“温室效应”加剧,全球变暖,从而反过来对人类社会和经济发生影响,其中对我国水资源、洪水与干旱的影响主要体现在以下两个方面:

a. 已使我国一些地区的降水量减少,例如长江汉口站105年实测资料显示,自70年代开始,年径流量的20年滑动平均值一直呈下降趋势。又如山西汾河流域的多年平均降水量已由50年代的558mm减少到80年代的449mm,减少了近20%。

b. 引起了海平面上升。据分析,近百年来,我国海平面平均年上升率为0.14cm,百年平均上升量为14cm,其中渤海海面上升5cm,东海上升19cm,南海上升20cm。上升量超过20cm的省市有天津、江苏、上海和广东。我国近百年的海平面变化情况显然与全球基本相同。根据预测,如果海平面升高与全球气温上升之间的关系不变,则由于未来100年全球气温可能升高1℃~3℃,海平面可能上升20~90cm,最可能的上升量为60cm。海平面的升高,将引起盐水入侵,沿海平原洼地沦为苍海,感潮河段水位抬高,防洪标准减低。例如,如果今后100年吴淞海平面上升60cm,则位于长江感潮河段的南京下关水位可能抬高20cm。全球气候变暖对我国水资源、洪水与干旱的影响还有待深入研究。

6 水文学的新机遇

上述这些问题也为水文学的发展提供了新的机遇。

a. 要加强对水文现象不确定性的理论研究。人们对自然现象的认识表明,自然界有两类基本现象,一是确定性现象,其基本特点是已知其初始状态,即可确知其未来状态;二是不确定性现象,其基本特点是已知其初始状态,不能确知其未来状态。许多水文现象属于不确定现象应当无疑,但不确定性是一个大的范畴,就目前所知,随机性、模糊性、灰性、混沌性都属于不确定性。随机性的特点是,现象具有一个精确的概率分布函数,只要能给出这个概率分布函数,人们就可以对现象的未来出现情况作出概率预估。模糊性是精确性的反面,凡是不能精确表达的现象都具有模糊性。描述模糊性的是隶属函数,根据现

象的隶属函数就可对其未来出现的情况作出隶属度预估.灰性的特点是,现象虽有一个确知的变化范围,但对其未来出现的具体数值不能确切地预知.混沌性的特点是现象为无周期的有序态,具有无限层次的相似结构,混沌是由内随机性引起的.对于描述自然界十分复杂的水文现象的诸多水文要素来说,哪些具有随机性?哪些具有模糊性?哪些具有灰性?哪些具有混沌性?随机性、模糊性、灰性和混沌性四者之间有什么关系?这些都是应当深入研究的.

b. 要加强人类活动对水文影响的研究.现行一直沿用水文要素的年际变化具有随机性的假设,并用数理统计方法寻求其概率分布函数,但这必须有一个基本前提,即被研究的水文要素系列应当来自同一总体,也就是这个系列必须是在同一条件下获得的.许多事实已充分证明,人类活动可以在一个不太长的时期内改变一些水文要素的形成条件,因此,对于这样的水文要素系列,在实施某种人类活动前后将不能认为是来自同一总体的.这样就产生了两个需要解决的问题:其一是如何对该水文要素系列进行还原,以便使整个系列属于同一总体;其二是如何确定不同类型和不同程度人类活动影响下的水文要素概率分布函数.在这里,具有物理基础的流域水文模型可能是一个重要的研究工具.

c. 要加强水位频率计算的研究.平原水网、感潮河段、冲淤变化河道、水库回水影响区河道等,由于水位流量关系变化复杂,水位和流量一般并非同频率,因此防洪计算对水文计算提出的要求是直接给出水位概率分布函数.但影响水位的因素十分复杂,除了与流量和比降有关外,河道断面的形态、河道上的人工控制及运用方式、回水顶托、冲淤变化、河道疏竣等均对水位的形成产生影响,因此寻求水位的概率分布函数比较困难,这就需要水文学下力气来研究这个问题.

d. 要加强水资源开发利用最佳效应的研究.治理一个流域的洪水灾害,并不是蓄水工程造得越多越好、越大越好,事实上,蓄水工程量的增长率与洪峰削减率并非线性关系,当蓄水工程量增加到一定程度时,洪峰削减率将增加缓慢.这里就有一个防洪工程建设最佳效应问题.当蓄水工程量超过一定限度时还会出现另外一个问题,即由于下游河道行洪机会的大大减少,河道将会萎缩,从而造成防洪上的隐患.对河流的利用也应考虑到对生态的影响.例如沿河发展地表水灌溉是不是越多越好呢?当然不是,因为这不仅会造成河流水质恶化,而且河道中流量减少过多也会导致河道的萎缩.这里也有一个最佳效应问题.

e. 要加强水资源供需分析的研究.通过对一定区域的水资源供求关系的分析,可揭示出该区域水资源的供需矛盾,并提出解决矛盾的措施.这是编制国土整治规划,流域或地区水利规划,城镇供水和工农业发展规划的主要内容.水资源供需分析是在流域或地区水资源评价及对各种需水量作出预测的基础上进行的,同时还应考虑各种工程措施的调节作用.可以预见,系统分析和优化理论将会在水资源供需分析中发挥重要作用.

f. 要加强农业节水灌溉机理的研究.水、肥的投入是农业生产的重要因素.我国水资源并不富裕,有些地区还十分紧缺,因此解决农业缺水的主要出路是发展节水灌溉技术.这就要求深入研究农作物的耗水机理、非充分灌溉理论、作物水分响应模型和作物水分生产函数,以及雨水和劣质水开发和利用等.

g. 要加强水旱灾害的研究.从本质上说,重大水旱的发生是由于某些自然因素发生突变而导致全球或局部地区水文循环发生变异.这种突变主要取决于宇宙的力量,其中包括宇宙(尤其是太阳系)对地球的作用和地球系统的变化.可见,重大水旱灾害的发生是不以人们意志为转移的,但其对人类生活和生存的影响程度则与经济社会发展模式和人们的抗灾能力有关,不适当或过度地向自然环境索取有可能导致水旱灾害的加剧.因此,在防治水旱灾害方面,应着重探讨水旱灾害的发生规律和预测技术,人类活动与水旱灾害的关系,水旱灾害损失的评估,资源、环境、水旱灾害之间的最佳或合理协调,以及防治水旱灾害的工程标准等.此外,重大水旱灾害往往会使流域与地区的水文条件发生较大变化,从而对水文资源系列产生一定影响,对此,在进行水文研究时也要予以重视,并探讨相应的对策.

参考文献

- 1 中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书.北京:中国环境科学出版社,1994
- 2 中国科学院地学部.海平面上升对中国三角洲地区的影响及对策.北京:科学出版社,1994
- 3 芮孝芳.长江下游感潮河段大洪水和特大洪水的形成及趋势.水科学进展,1996,7(3):221~225
- 4 陈家琦.全球变化和水资源的可持续开发.水科学进展,1996,7(3):187~192
- 5 安德鲁·古迪.人类影响——在环境变化中的人的作用.北京:中国环境科学出版社,1989
- 6 马斯特斯 G M.环境科学技术导论.北京:科学出版社,1985
- 7 芮孝芳.论人类活动对水资源的影响.河海科技进展,1991,11(3):52~57 (收稿日期:1998-10-23 编辑:熊水斌)