

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2018. 04. 02

“红旗河”调水方案的制约因素与 中国西北干旱治理对策

张洪泉

(塔尔萨大学工程与自然科学学院,美国 塔尔萨 74104)

摘要:回顾“红旗河”调水方案提出的背景以及方案构想,认为“红旗河”调水方案有几个制约因素:旱区引水灌溉导致土壤盐渍化、旱区大量水蒸发加强下风半干旱地区侵蚀降雨和水土流失、远距离悬河与干旱区明渠引水的泄漏和蒸耗,并提出治理我国西北干旱的对策:找出西北干旱的起源点——罗布泊,将罗布泊及其周围地区作为扭转西北干旱生态的关键点,采用改进的古老旱区引水技术,将水经地下引到罗布泊及其周围,筑起一道强大的水幕屏障,同时改善盆地内的地下水水质。
关键词:调水工程;红旗河;干旱治理;生态修复;土壤盐渍化;坎儿井;罗布泊
中图分类号:TV213. 4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933 (2018) 04 - 0008 - 04

Potential pitfalls in “Hongqi River” water transfer proposal and drought management in Northwest China

ZHANG Hongquan

(College of Engineering and Natural Science , University of Tulsa , Tulsa 74104 , USA)

Abstract: The “Hongqi River” water transfer proposal and its background are reviewed. Several potential pitfalls in this proposal are discussed, including soil salinization by irrigation in arid areas, hazard rainfall and soil erosion caused by significant water evaporation in upwind arid area, and water leakage and evaporation losses due to long distance transfer through a man-made hanging river. This paper attributes the desertification in Northwest China to the Lop Nur dry up. As a remediation, water must be brought back to the Lop Nur and its surrounding areas. Underground canals (similar as karez) can be used to transfer water from west Tarim Basin to Lop Nur so that the normal atmospheric humidity distribution can be restored. At the same time, the quality of the underground water in the basin will be improved.

Key words: water transfer project; Hongqi River; drought management; ecological restoration; soil salinization; karez; Lop Nur

1 “红旗河”调水方案提出的背景

1.1 水是西北发展重要制约因素

中国人口分布极不均衡,著名的胡焕庸线把中国分成两部分,东南部不到一半的国土上生活着 94% 的人口,而西北部超过一半的国土上只有 6% 的人口在那里居住。若进一步把中国分成南方地

区、北方地区、青藏地区和西北地区,则会看到绝大部分人口集中在南方地区和北方地区,很少人口生活在西北地区和青藏地区。青藏地区人口稀少的原因是高海拔,氧气稀薄,气候寒冷,而西北地区不缺土壤、阳光,海拔适中,温度适宜,重要制约因素是缺水。大西北地区处于西风带上,大气环流所携带的水分大部分被帕米尔高原和青藏高原截留,产生的

雨影效应造成西北地区干旱。有研究指出,自河西到河套地区,3 000 年来干旱沙漠化是一个空间发展过程,与罗布泊的萎缩同步对应^[1]。

1.2 “红旗河”调水方案构想

2017 年末,一个超级调水方案“红旗河”调水工程进入大众的视野,这是由 6 位院士、12 位教授和几十位博士共同提出的构想。“红旗河”调水工程主干线长 6 188 km(接近长江的长度),拦腰绕过青藏高原周长的 2/3,计划引水量 600 亿 m³/a(大于黄河径流量)。这一工程着眼大生态、大格局、大战略的全新思路,旨在解决中国南北水资源分布总体不均的问题。工程计划让水沿青藏高原边缘全程自流进入新疆,以保障调水的低成本运行和持续、稳定的发挥作用,并且避开生态脆弱区,为避免扬水、高水坝和超长隧洞提供了条件,同时低海拔取水可截取更丰沛的水源。该方案还设计了 3 条主要支线——红延河、漠北河和春风河。这 3 条支线均基于相关区域地理特点,在保证坡降的前提下全程自流,将水送往更多的干旱区域(图 1)。

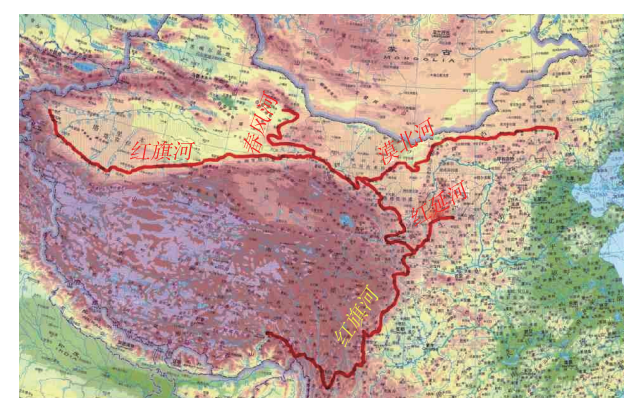


图 1 “红旗河”调水方案线路

“红旗河”调水方案的设计者认为,该方案设计巧妙,切实可行,没有太大技术障碍,能在西北增加 1 300 多万 hm²高标准灌溉农田,可大幅缓解中国人多地少的矛盾,提供 1.5 亿国民的发展空间。方案甚至设想建造一条里程超过京杭大运河 1 倍的人工航道,形成一条物流大通道和沿线经济带,以释放西北大地的潜力。“红旗河”调水工程意在串联中国西南诸河、长江流域、黄河流域和西北诸河,形成统一的大水网格局,辐射影响 70% 以上的国土面积,有效解决中华大地的干旱问题,工程粗略预算 4 万亿人民币。

“红旗河”调水方案设想宏大,振奋人心,然而这样一个超级巨无霸工程,攸关国运,涉及国际水系,跨过成千上万的自然河流和沟壑溪渠,穿越横断山脉等地震活跃地带,工程量浩繁,花费巨大,史无前例,所以应从多学科的角度,对其可行性做缜密深

入的研究论证,绝不能“摸着石头过河”。笔者谨提出几个看起来还没有引起重视但却是制约性的问题,以期抛砖引玉。

2 “红旗河”调水方案的制约因素

2.1 干旱区灌溉土壤盐渍化问题

“红旗河”调水方案的主要目的是灌溉,在沙漠造绿洲,但对水的使用效率过于乐观。中东的两河(幼发拉底河和底格里斯河,两者流量加起来大于黄河流量)流域和尼罗河(接近黄河流量的两倍)经过的埃及^[2],为什么造不出一二百千米宽的绿洲带,甚至附近的沙漠几乎都没有得到有效的改造呢?在健康生态中,降水量大于蒸发量,形成自然河流,将土壤中的盐分带到海洋,从而使耕田的盐碱度维持在健康的平衡状态;相反,在干旱沙漠地区降水量小于蒸发量,灌溉水蒸发后被大气带走,把盐分留在土壤里。

世界上几乎所有靠灌溉维持的耕地,包括中国西北和新疆的灌溉农业区、美国科罗拉多河沿线和加州的许多灌溉农田^[3-6],都深受盐碱化的困扰。古埃及文明和中东美索不达米亚文明是人类四大文明中的两个,这两个文明最先与干旱作斗争,拥有先进的引水灌溉技术。但几千年过去了,这些靠近大河的地方,都没有变好,反而更加荒凉,主要制约因素就是土壤盐渍化^[7-9]。“红旗河”的引水如果分散使用,而不能使当地干旱生态发生根本性的反转,也必然导致日益严重的土壤盐渍化。

2.2 沙漠干旱区的大量水蒸发问题

凡蒸散升到空中的水分都要重新降到地面,整个大气中所保有的水分年均值基本不变。“红旗河”调水工程引入干旱沙漠地区后的大量水,蒸发后进入大气之中,升到云端,最终再降回地面,但因中国大西北和北方地区处在大气环流的西风带上,蒸发的水汽将被带向下风的东部地区。黄土高原东部现在已变成半干旱区,那里降水少,但特别集中,一年当中 70% 以上的降水集中在夏天一两个月中的两三次暴雨过程中^[10-11],2017 年 7 月的榆林洪水是典型的体现。西北半干旱区暴雨是一种自然现象,因为其上风沙漠地区地面附近的空气相对湿度很低,云飘到那里也不容易形成降雨,但地面上的水却蒸发上升进入云层被大气带走,当这些水分飘到下风相对湿润的半干旱地区(即东部)时,与夏季风相结合,只要触发降雨,地面上的相对湿度骤然增加,大气中过多的水分就会一倾而下,形成暴雨。有时沙漠的水汽输出也会随着大气环流的涡旋飘到南部较湿润的地方,加重那里夏季的涝灾。

黄土高原上的半干旱地区,由于植被稀疏,加上集中的暴雨冲蚀,造成严重的水土流失,形成千沟万壑的特有地貌^[12-16]。著名历史地理学家史念海^[17]收集了很多证据,说明黄土高原上大部分的沟壑是近五六百年才形成的。古代的黄土高原被森林、湖泊和草原覆盖,年降水量大,地面附近的湿度较高,所以降水过程也更加舒缓。史念海^[17]发现年代越久远,黄土高原上的原面越大越完整。试想“红旗河”每年 600 亿 m³ 的巨量引水,假设大部分在干旱沙漠地区蒸发,相当于一条黄河升上了天,这些水蒸发必然通过大气溢出,在其下风地区(陕北、山西、河北等地区)与夏季风相遇形成暴雨,暴雨强度和频率将比现在显著提高。

2.3 万里悬河的泄漏问题

自然河道都是长久冲蚀而成的,其周围的地下水经过数百年甚至百万年的渗透,形成了一个平衡状态。“红旗河”调水工程位于半山腰上,河道虽然走隧洞或山前平原,但因整条“红旗河”调水工程主干线路都是绕青藏高原东、北侧面,而不是在河谷,它实际上就是一条悬河。只要河道周围不远的地方有低于河道的地面,就必然有水渗出来,而渗出的快慢,则取决于岩土层的致密度和有无裂缝。

“红旗河”调水工程横穿成千上万个不同流域和自然河道,经过众多断层和不同性质的岩石和土壤,水的渗入和渗出在所难免,所经之处,必然会打破已有的地下水平衡。要避免对沿途的影响,除非造一条密封不漏的河。而要做到密封,对于较短和细的引水渠还有可能,但对于“红旗河”调水工程这样的庞然大物,密不漏水绝无可能。即使整条河道用钢筋水泥做成,由于热胀冷缩、地层应力、地震活动等因素,日久天长必然会形成很多裂缝。穿山的隧道抗震性能固然好,一般不会坍塌,但裂缝泄露却无法避免。

当“红旗河”调水工程进入西北干旱区之后,其蒸发量就会大大增加,尤其是塔克拉玛干段、“春风河”和“漠北河”支线(图 1),都深入沙漠腹地,沙漠内的水蒸发是正常生态环境的数倍,这样长距离穿过沙漠干旱区的明渠输送,沿途的蒸发损失一定可观。明渠水渗漏损失也不容忽视,渗出的水不但不会改善周围生态,相反会损害周围的生态,因为它会抬升当地的地下水水位,增加水蒸发,使当地土壤中的盐分越来越多,最后成为不毛之地。

3 西北干旱根治对策探讨

3.1 找出西北干旱起源点

“红旗河”调水方案的支线中,有一条“漠北

河”,这条支线所经过的地方在古代属漠南地区。大漠位于蒙古境内。大漠的形成是北天山、阿尔泰山和杭爱山雨影效应的结果,已经有几百万年的历史,接近塔克拉玛干沙漠生成的时间。在周代之前,漠南大部分地区都是富饶的农耕区或草原,森林湖泊密布,是华夏九州之一的雍州。雍州处于比阿尔泰山更高的青藏高原和帕米尔高原的背风面,在西周之前没有因雨影效应而成为沙漠,反而非常湿润。到了唐代后,这里干旱才愈加严重,沙漠扩张加剧。跨越三四千年,是什么原因使这片富饶的雍州变成了如今沙漠密布的荒凉之地?西北治旱,必须先要知道干旱的起源点在哪里。从历史资料和考古发现都可以看出中国西北自古至今的干旱沙漠化是一个自西向东的空间发展进程,并且现在仍然持续着,其起点就是被人们忽视的罗布泊^[1]。

3.2 找到扭转西北干旱生态的关键点

“红旗河”调水方案仍然停留在传统引水灌溉的层次上,即注重地面上看得见的引水线路,而很少考虑水蒸发后去了何方,怎样影响整个大气和地表水循环过程。干旱沙漠地区的主要特点是强蒸发,蒸发量每年 2000 ~ 3000 mm,强蒸发又加剧盐渍化,盐渍化又限制植被生长,没有植被就会降低当地的相对湿度,从而维持强蒸发,这样把生态固锁在一个恶性循环之中,所以“红旗河”引水在干旱沙漠地区分散使用,正是犯了“四面出击”的“兵家大忌”,因为这些水分散开来后,犹如“天女散花”,对于干燥的戈壁沙漠犹如杯水车薪,水资源使用效率非常低。笔者认为应把大量的引水集中使用,形成规模,使当地的空气湿度增加,水的蒸发凝结又可调节昼夜温差和冬夏温差,使当地的温度降低。空气湿度的增加和温度的降低使当地的相对湿度大大增加,增加降水概率,同时使水蒸发率下降,水资源使用效率大大提高,从而使当地及其下风地区生态恶性循环转变为生态良性循环。

一个健康的生态系统和一个干旱的生态系统相比较,根本的区别在于,它们水循环的方向正好相反。健康的生态系统中,水是从天上降下来,蒸发量小于降水量,有富余的水通过地面上的河流输出去,带走土壤中盐分。而在干旱沙漠生态中,水是从地面输入,但蒸发量大于降水量,水从地上飘走,留住盐分在土壤中。如果能把水循环的方向复原,生态就恢复了。一个生态系统中的健康水循环取决于两个因素,一是天上的降雨云,二是地上的潮湿度。西北戈壁沙漠处于西风带上,如果“红旗河”引水集中使用在上风一个关键区域,就可满足以上两个条件,将西北生态彻底扭转,而这个关键节点正是罗布泊

及其周围地区^[1]。

3.3 采用并改进古老的旱区引水技术

对应于大禹的年代(大约4 000年前),根据帕米尔(青藏)高原的抬升过程,估计流入罗布泊及周围的水量为300亿~350亿m³,罗布泊的水面积大于2万km²(是青海湖面积的4~5倍)^[1]。也就是说,“红旗河”调水工程计划引水的50%~60%,若集中在罗布泊及周围使用蒸发,就可扭转高原雨影效应,使中国西北和北方的生态恢复到大禹时代。

“红旗河”调水工程这样一个浩大的设想,必然要花几十年的时间论证、设计和建设(如果可行的话)。笔者认为有一个简捷的办法可以很快扭转西北干旱沙漠化,这就是采用古老的旱区引水技术坎儿井,经过一定改进,发扬光大,就可在基本不影响塔里木盆地现有人口分布和用水需求的条件下,把大约一半的水(约每年200亿m³)省下来,引到罗布泊及其周围,筑起一道强大的水幕屏障,同时改善盆地内的地下水水质。

4 结 语

即使不考虑万里悬河巨量引水的技术挑战和国际关系,干旱沙漠地区引水灌溉还有两个主要的副作用:土壤盐渍化和下风地区暴雨灾害。若要避免这两个问题,就要超越传统引水灌溉的模式,以“红旗河”调水工程这样的引水量,不应分散水资源限于治标,即哪里缺水往哪里引,而应聚以治本,即发挥拳头效应,在合适的节点一举恢复生态。处在西风带上的西北地区,其生态恢复的最佳节点在罗布泊,如果把水引到这里使用和蒸发,就可使西北生态逐步恢复到华夏文明诞生之时的盛景,这将是引水模式的一大飞跃。

参考文献:

[1] 张洪泉. 于无声处:华夏云泉罗布泊[M]. 北京:光明日报出版社,2017.

[2] KOTB T H S, WATANABE T, OGINO Y, et al. Soil salinization in the Nile Delta and related policy issues in Egypt[J]. Agriculture Water Management, 2000, 43: 239-261.

[3] KNAPP K C, BAERENKLAU K A. Ground water quantity and quality management: agricultural production and aquifer salinization over long time scales[J]. Journal of Agricultural and Resource Economics, 2006, 31(3): 616-641.

[4] LETEY J. Soil salinity poses challenges for sustainable agriculture and wildlife[J]. California Agriculture, 2000, 3: 43-48.

[5] SCHOUPS G, HOPMANS J W, YOUNG C A, et al.

Sustainability of irrigated agriculture in the San Joaquin Valley, California [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2005, 102 (43): 15352.

[6] 李建国,濮励杰,朱明,等. 土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J]. 地理学报, 2012, 67 (9): 1233-1245. (LI Jianguo, PU Lijie, ZHU Ming, et al. The present situation and hot issues in the salt-affected soil research [J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67 (9): 1233-1245. (in Chinese))

[7] 吴明洲,王锦国,陈舟. 沿海滩涂淤泥质黏土水盐迁移试验分析[J]. 水资源保护, 2016, 32(3): 137-142. (WU Mingzhou, WANG Jinguo, CHEN Zhou. Experimental analysis on soil water and salt migration of mucky clay in coastal shoal [J]. Water Resources Protection, 2016, 32 (3): 137-142. (in Chinese))

[8] 王水献,周金龙. 新疆平原区水资源开发利用对生态环境的影响[J]. 水资源保护, 2005, 21 (6): 90-92. (WANG Shuixian, ZHOU Jinlong. Effect of water resources exploitation and utilization on ecological environment of Xinjiang plain region [J]. Water Resources Protection, 2005, 21 (6): 90-92. (in Chinese))

[9] 余美,芮孝芳. 防治土壤盐碱化地表水地下水联合管理模型[J]. 水资源保护, 2007, 23 (4): 6-9. (YU Mei, RUI Xiaofang. Study on intergrated management model of groundwater and surface water for prevention of soil salinization [J]. Water Resources Protection, 2007, 23 (4): 6-9. (in Chinese))

[10] 张汉雄. 黄土高原上的暴雨特性和分布规律[J]. 地理学报, 1983, 38 (4): 416-425. (ZHANG Hanxiong. The characteristics of hard rain and its distribution over the Loess Plateau [J]. Acta Geographica Sinica, 1983, 38 (4): 416-425. (in Chinese))

[11] 王占礼,邵明安,常庆瑞. 黄土高原降雨因素对土壤侵蚀的影响[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26 (4): 101-105. (WANG Zhanli, SHAO Ming'an, CHANG Qingrui. Effects of rainfall factors on soil erosion in Loess Plateau [J]. Acta Univ Agric Boreali-occidentalis, 1998, 26 (4): 101-105. (in Chinese))

[12] 信忠保,许炯心,马元旭. 近 50 年黄土高原侵蚀性降水的时空变化特征[J]. 地理科学, 2009, 29 (1): 98-104. (XIN Zhongbao, XU Jiongxin, MA Yuanxu. Spatio-temporal variation of erosive precipitation in Loess Plateau during past 50 years [J]. Scientia Geographica Sinica, 2009, 29 (1): 98-104. (in Chinese))

[13] 刘宪锋,任志远,张翀,等. 1959—2008 年黄土高原地区年内降水集中度和集中期时空变化特征[J]. 地理科学进展, 2012, 31 (9): 1157-1163. (LIU Xianfeng, REN Zhiyuan, ZHANG Chong, et al. Inhomogeneity characteristics of intra-annual precipitation on the Loess Plateau during 1959-2008 [J]. Progress in Geography, 2012, 31 (9): 1157-1163. (in Chinese))

research on arsenic adsorption by modified ceramic granule[J]. Water Resources Protection, 2012, 28(2): 72-76. (in Chinese))

- [35] 邓天天,李晗晟,胡烨,等. 覆铁石英砂对 As 的固化机理及影响因素[J]. 水资源保护,2017,33(6):102-108. (DENG Tiantian, LI Hansheng, HU Ye, et al. Study on curing mechanisms and influence factors of arsenic by iron oxide coated sand[J]. Water Resources Protection,2017, 33(6):102-108. (in Chinese))
- [36] 卢金锁,程云,郑琴,等. 西安市暴雨强度公式的推求研究[J]. 中国给水排水,2010,26(17):83-84. (LU Jinsuo, CHENG Yun, ZHENG Qin, et al. Inference for storm intensity formula in Xi'an [J]. China Water and Wastewater,2010,26(17):83-84. (in Chinese))
- [37] 刘增超,李家科,蒋春博,等. 生物滞留槽快速设计方法及实例研究[J]. 西安理工大学学报,2017,33(2):145-151. (LIU Zengchao, LI Jiak, JIANG Chunbo, et al.

(上接第 11 页)

- [14] 谭红兵,金犇,王若安,等.平凉黄土土地带气候变化、人类活动与水资源问题[J].水资源保护,2015,31(6):45-51. (TAN Hongbing, JIN Ben, WANG Ruolan, et al. Climate change, human activity and water resources issues in loess hilly areas in Pingliang [J]. Water Resources Protection, 2015, 31(6): 45-51. (in Chinese))
- [15] 袁瑞强,王亚楠,王鹏,等.降水集中度的变化特征及影响因素分析:以山西为例[J].气候变化研究进展,2018,14(1):11-20. (YAUN Ruiqiang, WANG Yanan, WANG Peng, et al. An analysis of precipitation concentration variation characteristics and influential

(上接第41页)

- [11] 叶磊,周建中,曾小凡,等.水文多变量趋势分析的应用研究[J].水文,2014,(6):33-39.(YE Lei,ZHOU Jianzhong,ZENG Xiaofan,et al. Application of hydrological multivariate trend analysis[J]. Journal of China Hydrology,2014,(6):33-39.(in Chinese)).
- [12] 汤洁,王宪泽,李青山,等.第二松花江流域1956—2006年降水量时空变化特征分析[J].水资源保护,2011,27(6):14-18.(TANG Jie,WANG Xianze,LI Qingshan,et al. Temporal and spatial characteristics of precipitation over second tributary of Songhua River Basin from 1956 to 2006[J]. Water Resources Protection,2011,27(6):14-18.(in Chinese))
- [13] KUMAR P,FOUFOULA-GEORGIOU E. A multicomponent decomposition of spatial rainfall fields:1. segregation of large-and small-scale features using wavelet transforms[J]. Water Resources Research,1993,29(8):2515-2532.
- [14] 桑燕芳,王中根,刘昌明.小波分析方法在水文学研究

Rapid design of bioretention tank and examples [J].
Journal of Xi'an University of Technology, 2017, 33 (2):
145-151. (in Chinese))

- [38] 袁宏林,陈海清,林原,等. 西安市降雨水质变化规律分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版),2011,43(3):391-395. (YUAN Honglin, CHEN Haiqing, LIN Yuan, et al. Analysis on the changing law of rainfall quality in Xi'an [J]. Journal of Xi'an University of Architecture and Technology (Natural Science Edition), 2011,43(3):391-395. (in Chinese))
- [39] 陈莹,赵剑强,胡博,等. 西安市城市主干道路面径流污染负荷研究[J]. 安全与环境学报,2011,11(4):129-132. (CHEN Ying, ZHAO Jianqiang, HU Bo, et al. Study on runoff pollution load of urban main road in Xi'an [J]. Journal of Safety and Environment, 2011, 11(4):129-132. (in Chinese))

(收稿日期:2018-01-16 编辑:彭桃英)

factors in Shanxi Province, China[J]. Advances in Climate Change Research, 2018, 14(1): 11-20. (in Chinese))

- [16] 吕振豫,穆建新. 基于 Copula 函数的流域内降雨丰枯遭遇研究[J]. 水资源保护, 2016, 32(6): 62-69. (LYU Zhenyu, MU Jianxin. Study on wetness-dryness encountering probability of basin precipitation based on Copula function[J]. Water Resources Protection, 2016, 32(6): 62-69. (in Chinese))
- [17] 史念海. 黄土高原历史地理研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.

(收稿日期:2018-03-30 编辑:彭桃英)

中的应用现状及展望[J]. 地理科学进展, 2013(9): 1413-1422. (SANG Yanfang, WANG Zhonggen, LIU Changming. Applications of wavelet analysis to hydrology: status and prospects[J]. Progress in Geography, 2013(9): 1413-1422. (in Chinese)).

- [15] 刘健,林琳,陈学群,等. 黄河三角洲地区降水时序变化特征研究[J]. 水资源保护,2012,28(1):22-28. (LIU Jian, LIN Lin, CHEN Xuequn, et al. Characteristics of variation of precipitation time series in Yellow River Delta [J]. Water Resources Protection, 2012, 28(1): 22-28. (in Chinese))
- [16] 左其亭,纪璞芯,韩春辉,等. 基于 GIS 分析的水资源分布空间均衡计算方法及应用[J]. 水电能源科学,2018, 36(6):33-36. (ZUO Qiting, JI Yingxin, HAN Chunhui, et al. The spatial equilibrium calculation method and application in regional water resource distribution based on GIS analysis [J]. Water Resources and Power, 2018, 36(6):33-36. (in Chinese))

(收稿日期:2018-02-28 编辑:王 芳)