

北方地区地下水系统退化的气候干旱化效应

周爱国 徐恒力 陈 刚

(中国地质大学工程学院, 武汉 430074)

摘要: 北方气候干旱化趋势越来越强烈, 对生态环境产生了巨大影响. 在分析气候干旱化研究现状基础上, 讨论了地下水系统在地球表层系统中的地位、对地球表层系统的调节作用以及对北方干旱化趋势研究的意义, 分析了地下水系统的退化对北方气候干旱化的作用. 研究表明其已经产生了不可忽视的环境效应, 具体表现在地下水的过量开采使区域地下水系统退化, 导致地球浅表水、热、CO₂ 转换模式的改变, 造成水热失调, 加快局域气候干旱化. 认为应该研究地下水系统演化规律, 揭示其时相变化对干旱化形成和发展的作用机理, 评估、预测未来地下水开发的相关环境效应, 提出防止干旱化的地下水开发调控模式, 从而为北方干旱化地区实施可持续发展提供科学依据.

关键词: 气候干旱化; 地下水系统; 调节作用.

中图分类号: P641.2; P461⁺.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2000)05-0510-04

作者简介: 周爱国, 男, 副教授, 1966 年生, 1995 年毕业于中国地质大学研究生院, 获硕士学位, 现从事水文地质工程地质、环境地质的教学和科研工作.

1 北方气候干旱化发展趋势

干旱化(沙漠化)是人类生存面临的一个重大的环境问题, 据联合国教科文组织公布的资料, 世界上约有 1/3 国家位于干旱和半干旱地区, 约一半国家受到干旱缺水问题的困扰(UNESCO, 1977, 1979). 降雨稀少, 蒸发强烈, 水资源贫乏, 生态环境脆弱是这些地区的共同特点, 并成为这些地区资源开发、经济发展、生态环境保护乃至人类生存的关键因素. 近 30 年来, 我国北方随着经济发展和人口增长带来的水资源和环境压力越来越大, 气温升高, 年降水减少, 径流量减少, 导致植被退化, 使得干旱化的趋势越来越强烈, 沙漠化的速度也在加快^[1,2].

2 气候干旱化的研究现状

许多研究机构、政府、非政府组织对气候干旱化问题付诸极大关注, 早在 1980 年, IUCN(International Union for Conservation of Nature & Natural

Resources)就提出了人类赖以生存的基本支持系统——土地、空气和水, 以及相应的“环境可持续原则”^[3]. 由于水资源开发利用和土地利用模式与局部区域环境质量具有不可分割的联系, 研究表明, 即使是中等程度的植被改变, 特别是在蒸发强烈的气候区, 对水的分布将产生不可忽略的永久性的影响(Szesztay, 1994), 超量开采地下水意味着相当数量的额外的 CO₂ 排放(据文献[4]). 考虑到包括社会经济发展和代际关系在内的各种利益关系, 水资源的可持续开发利用必须建立在不产生环境退化的前提下^[5]. 因此“土地利用与土地植被变化”也成为当前全球环境变化研究的四大主题之一, 水土的环境生态效应得到极大的重视^[6~8].

区域性的干旱化发展的趋势是其陆表过程(land-surface processes)诸因素相互作用相互影响的结果, 其复杂的动力学机制及其对未来影响的预测研究还很薄弱, 是水科学研究近十年来的难点和科学前沿. 对此问题, 20 世纪 80 年代中期以前的研究主要集中在两个层面: 一是从大气环流模型(GC-MS, general cycle models)为出发点的大尺度研究, 如 20 世纪 80 年代由世界气候研究计划(WCRP)组织的全球能源与水循环试验(GEWEX, global

energy & water cycle experiment)、国际卫星陆表气候学计划(ISLSCP, international satellite land-surface climatology project)等^[9,10],但由于其参数确定的困难,在特定条件下的应用存在不可逾越的障碍;二是所谓“田间尺度”的研究,主要集中在某一小范围(从单个点到数千米的空間尺度,从植物叶面到浅表植物根系)研究其水(岩)土变化的物理化学机制,但其结论很难应用到具中长期决策意义的尺度范围。基于这种认识,近年来水科学界将研究的视角转向一些具有独立的和长期决策意义的中等尺度(区域尺度或盆地尺度)的研究,典型的有:20世纪80年代中后期在德国西南部实施的 HAPEX-MOBILHY (hydrological-atmospheric pilot experiment, Modélisation du Bilan Hydrique),研究 GCM-MS 模型参数化和升尺度(Up scaling)问题^[11,12];在美国 Kansas 的 FIFE 计划(first ISLSCP field experiment)研究应用遥感技术评价陆表过程的技术方法^[10];在西班牙 La Mancha 的 EFEDA 计划(European field experiment in desertification threatened area)对沙漠化过程的研究与预测^[12];以及20世纪90年代在尼日尔的 HAPEX-Sahel 计划(hydrological-atmosphere pilot experiment)^[13]中,研究者将注意力集中在气候具强烈空间变异性的地区,通过野外试验测量分析从叶面到100 km 不同尺度下的陆表过程的物理化学机制。

国内的研究目前主要还是结合生产实际的田间尺度(井片或小型灌区)的研究,如河南商丘、河北王瞳、山西大同等,还没有盆地尺度的基础性研究计划。我国在西北干旱、半干旱地区也开展了一些与此相关的包气带均衡试验工作,先后在内蒙的包头、甘肃的民勤和沙坡头、新疆昌吉等地建立了均衡试验场。这些工作主要还是研究地下水系统自身的演化和发展,即地下水系统对于干旱化气候的单向的适应与响应,而几乎不讨论地下水系统的变化对于干旱化趋势的影响和效应。

3 北方地区地下水系统退化的气候干旱化效应

3.1 地下水在地球表层系统中的地位

地球表层系统是指地球上大气圈、水圈、岩石圈、生物圈四大圈层相互重叠的地球表层部分,是人

类生存环境的主体,也是地球上水、土(岩)、气、生诸要素相互作用最活跃及水分、热量聚集、交汇及传输最积极的空间。在这个空间范围内,赋存于地表之下岩土中,并不断运动着的地下水,除了被视为水资源的一种存在形式外,还因其参与各种地质作用而被视为一种地质营力和信息载体。事实上,地下水作为地球内部的物(溶质和水分)、能(机械能和热能)和信息(地球内部与外部)载体,在地球表层系统中,它的重要性远远超过了地质营力和自然资源两方面。尚未被人们充分重视和认识的是:地下水对局域气候、土地质量的重要作用。

3.2 地下水对地球表层系统的调节作用

由地下水和含水介质组成的地下水系统,位于包括耕植层在内的包气带之下,它是维系地球浅表水分、热量、盐分均衡和保持生物多样性的不可或缺的调节器。这是因为:第一,地下水的热容量大于岩土,导热系数较小,它不仅在白天和夏季吸收地表土层的热量,同时在地表温度下降时散热,以保持一定的地温梯度。因此,不难理解为什么变温极大的地表气温的多年均值恰好与基本恒温的浅层地下水(一般位于常温带)的温度十分接近,甚至相同。第二,地下水含水层一方面接受来自地表的水分入渗,另一方面又可以释出水分,调节包气带、土壤的湿度,通过土壤的水汽通量和感热适应过程影响大气(地表)的温度、水汽和CO₂的含量。大气动力学的研究表明,越靠近地面气象要素的铅直梯度越大,在近地面10~100 m 的大气近地表层,通过湍流运动方式与上层大气进行着热量、水汽交换,它的动量铅直通量和水汽的铅直通量不随高度变化,并等于下垫面的蒸发速度。因此,在陆表上肯定存在一个水分集中且热储稳定的层位,而同时具备这两个条件的只能是地下含水层。第三,地下水具有带走或补充土壤盐分的作用。正因为地下水系统的耗散结构特性,才维系了地表的生态平衡、土壤的资源属性和局域气候的相对性,这一点对于地下水广泛分布的我国北方地区来讲,尤为重要。

3.3 地下水对北方干旱化趋势研究的意义

包含土、岩、水三要素的地下水系统,在环境演变研究中有其他环境系统无法比拟的优越性,主要表现在:地下水的更新周期长,系统中保留着大时间跨度(1 a~数万 a)的水,有反映水文循环特征的各种现象(水量、水位、水质的动态规律等);它记录了既能够清晰地反映出大时间跨度(地质时期)气候、

水文、地形、生态等自然环境条件的变迁或变异情况、具有历史演化进程记忆的特征参数,又记录了人类出现以来,不同时间尺度生存环境演变过程的许多细节;既有可再生资源的部分,又有不可再生资源的部分。因此,地下水为我国北方干旱化与生存环境的演变趋势研究提供了难得的条件。

3.4 北方地区地下水系统退化的气候干旱化效应

自人类出现之前直到今天的漫长岁月中,青藏高原的持续隆升,形成西风流在我国的分支格局,决定了我国北方的气候特点和干旱化的总体趋势,即处于半湿润—半干旱—干旱气候条件下,降水少,蒸发强度大,解决用水需求问题大部分只能依赖地下水。随着人口增长、经济发展,地下水过量开采几乎已经成为北方地区的普遍现象,许多地区地下水水位已下降了数十 m,包气带的大大增厚,不仅削弱了地下水对土壤和地表面的水分调节功能,也使得常温带下移,引起热传导过程的失稳。

除人为破坏天然植被外,天然植被的退化和物种的减少在很大程度上与局域地下水位的持续下降有着密切的联系。地下水水位下降不仅使土壤水分含量降低,还使其保持高水分的时间缩短,植被生存环境条件恶化,导致植被退化,进而又引起大气与地表界面的水、热传输失稳,导致地表温差变大,土壤含水量进一步减少,降水入渗补给量减少,地下水资源量变小,地下水的开采力度进一步加大,使干旱化问题由纯气候问题演变为水资源短缺和气候干旱进一步快速发展的正反馈过程。因此,地下水系统的退化对北方气候干旱化产生了不可忽视的环境效应。

4 结论与建议

干旱化(沙漠化)是人类生存面临的一个重大的环境问题。我国北方地区干旱化的趋势越来越强烈,沙漠化(包括土壤沙化和沙漠区向南向东的推进)的速度也在加快,对此进行深入研究具有重要意义。

在地球表层系统中,地下水的重要性远远超过了地质营力和自然资源两方面。它既是水资源的一种存在形式,还是一种地质营力和信息载体,更为关键的是地下水系统的耗散结构特性及其对局域气候的调节作用。同时地下水为北方干旱化与生存环境的演变趋势研究提供了难得的条件。

地下水系统的退化对北方气候干旱化产生了不可忽视的环境效应,应该用地球系统科学的基本理

论和观点,分层次揭示北方地区地下水系统的演变模式及其动力学机制,建立饱水带、包气带、土壤、近地表大气层水、热通量时相转换机理及其动力学耦合模型,确定地下水与局域气候之间相互作用的动力学结构框架,建立未来地下水开发对北方干旱化趋势的影响预测模型,提出防止北方干旱化的地下水开发调控模式和防治对策。

参考文献:

- [1] 武选民. 干旱、半干旱地区水文地质研究现状[J]. 水文地质工程地质, 1999, (4): 41~46.
- [2] 延军平. 中国内陆自然环境的干旱化与未来趋势[J]. 灾害学, 1999, 14(2): 28~32.
- [3] IUCN. World conservation strategy: living resource conservation for sustainable development [M]. Switzerland: IUCN, 1980.
- [4] 张宗祜, 施德鸿, 沈照理, 等. 人类活动影响下华北平原地下水环境的演化与发展[J]. 地球学报, 1997, 8(4): 337~344.
- [5] Plate E J. Sustainable development of water resources: a challenge to science and engineering [J]. Water International, 1993, 18: 84~94.
- [6] Fyfe W S. 地球科学新的优先考虑的问题: 自然科学、工程学、经济学的联合和知识发展的必要性[J]. 地学前缘, 1996, 3(1): 17~33.
- [7] 张丽军, 贾跃明, 刘明辉. 国外环境地质研究和工作的主要态势[J]. 水文地质工程地质, 1999, (6): 1~5.
- [8] 张宗祜, 袁道先. 我国跨世纪的重大地质问题——环境地质学发展前景[J]. 地矿工作研究, 1995, 10(414): 1~11.
- [9] WCRP (World Climate Research Programme). Land-surface processes and climate [A]. Third Session of the JSC Working Group, WCRP 8, WMO/TD 232 [C]. Geneva: [s. n.], 1988.
- [10] Sellers P, Hall F G. An overview of the first international satellite land surface climatology project (ISLSCP) field experiment (FIFE) [J]. J of Geophys Res, 1992, 97(17): 18345~18371.
- [11] André J C, Goutorbe J P. HAPEX-MOBILHY: first result from the special observing period [J]. Ann Geophys, 1988, 6: 477~492.
- [12] André J C. HAPEX-Sahel: De la naissance à l'âge adulte, from birth to adulthood [J]. J of Hydro, 1997, 188~189: 1~3.
- [13] Goutorbe J P, Lebel A J, Dolman J H C, et al. An overview of HAPEX-Sahel: a study in climate and de-

sertification [J]. J of Hydro, 1997, 188~189: 4~17.

**LOCAL CLIMATE DRYING EFFECT FROM GROUNDWATER SYSTEM
DEGRADATION IN NORTHERN CHINA**

Zhou Aiguo Xu Hengli Chen Gang

(*Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*)

Abstract: The more and more severe arid trend in the climate of the northern China has produced a great effect on the local ecological environment. On the basis of the present research into the arid climate, this paper touches upon the role of the groundwater system in the earth's surface system, the regulating effect of the groundwater system in the earth's surface system, and the significance of the research into the arid trend of the northern China. Then this paper analyzes the effect of the groundwater system degradation on the climate arid in the northern China, indicating that such an effect has already produced some environmental effects that can not be neglected. For example, the excessive extraction of the local groundwater has resulted in the degradation of the regional groundwater system, in the change in the transformation patterns of the surface water, heat and CO₂, in the imbalance between the water and heat, and finally in the arid of the local climate. Therefore, the evolution pattern of the groundwater system should be studied in order to reveal the effect of time-space change on the formation and development of the climate arid, to evaluate and forecast the environmental effects related to the future groundwater exploitation and to present the regulating model of groundwater exploitation free of climate arid, providing a scientific basis for the sustained development in the climate arid area in the northern China.

Key words: climate arid; groundwater system; regulating function.