

全新世以来太行山前倾斜平原 地下水演化规律*

张光辉

(国土资源部环境地质开放研究实验室,石家庄)

费宇红 聂振龙 李惠娣

(中国地质科学院水文地质工程地质研究所,河北正定)

摘 要 全新世以来太行山前倾斜平原地下水形成、演变与区域水文循环演化的周期性密切相关。在 8.0~3.5 kaB. P. 期间为主要补给期,地下水获取了充足补给,奠定了现今地下水系统的基础。

关键词 全新世 地下水 补给期 水文循环演化 太行山前倾斜平原

地下水是水资源中不可缺少的组成部分。随着社会的发展,人类活动强度日益增强,地下水演化过程明显加快,使区域水资源量分布不断发生变化。新中国成立以来,在太行山前修建了大、中、小型水库 1 000 多座。这些水利工程在增强防洪兴利能力的同时,还不同程度地改变了区域地下水形成条件,并引发了生态地质环境的改变。例如修建黄壁庄水库后,其下游滹沱河沿岸出现了生态环境退化和土地沙化现象。自 20 世纪 60 年代以来,随着人口的增长、城市的扩建和工农业的发展,人们对地下水的开发利用强度不断增大,加剧了区域地下水演化,造成一系列水资源和环境问题,进一步改变了区域水循环过程和在水资源形成、演化的自然规律。

改变不合理开发利用水资源的现状,科学地管理和利用水资源,其前提条件是认识人类活动在水资源形成、演化中的作用。要达到这一目的,首先要了解无重大水利工程影响(天然状态)下的地下水演化规律。本文正是以此目的为出发点,以太行山前倾斜平原典型区为示范区,建立水文循环演化模型,模拟了全新世以来无重大水利工程影响下的地下水演化过程,为进一步深入研究区域地下水天然流场演化规律,提供科学基础和依据。

1 自然地理、水文和地质概况

研究区位于滹沱河冲洪积山前倾斜平原,由以滹沱河大型冲洪积扇为主体,加上太平河等中小型洪积扇群所构成。区内地面标高从西北部的 105 m 到东南部的 60 m。地形起伏不大,坡度西部约 4‰~6‰,其他地区小于 2‰。

* 河海大学博士后基金课题、国土资源部重点基础项目(9501110)和国土资源部百名科技人才基金资助课题

第一作者 张光辉,男,1959 年生,研究员,水文水资源学科博士后,从事区域水循环演化与资源、环境学研究,邮编:

万方数据

研究区属于北温带干旱半干旱大陆季风气候,夏季炎热,冬季寒冷,多年平均气温为 13°C 左右,全年无霜期 $180\sim 210$ 天;多年平均降水量 549.4 mm (指有观测记录以来), $70\%\sim 80\%$ 的降水集中在 $6\sim 8$ 月;多年平均蒸发量 $900\sim 1\ 200\text{ mm}$ 。

滹沱河上游分布有岗南水库和黄壁庄水库,建于 $1958\sim 1960$ 年,1960年开始蓄水。建库前,滹沱河常年有水,是研究区地下水的重要线状补给源。水库拦蓄后,一般仅在汛期过水,平时河床干涸。建库初期,滹沱河年均(1961~1965年)径流量为 $11.6\times 10^9\text{ m}^3/\text{a}$ 。

研究区位于中朝准地台的中间部位,以石家庄山前深断裂为界,西部山区属山西中台隆起,东部平原属冀中凹陷。2.5万年以来,冀中凹陷的总沉积厚度平均 33 m ,平均年沉积速率 0.13 cm 。

区内地下水主要赋存于第四系松散层孔隙中,分布有4个第四系含水岩组,第I组相当于全新统(Q_4),第II组相当于上更新统(Q_3),第III组相当于中更新统(Q_2),第IV组相当于下更新统(Q_1)。在水平方向上,由西向东含水层由厚变薄,层次由少增多,富水性由弱至强;在垂向上,含水层岩性上部和下部粒度较细,厚度小,中部砂层粒度较粗,厚度大。

20世纪60年代初,研究区地下水位埋深在 $2\sim 10\text{ m}$ 左右(图1),有些地区还小于 1 m ,农业用水开采量不大,工业开采量(1961~1965年)平均为 21.23 万 t/d ,开采量是80年代(89.077 万 t/d)的 23.8% ,是90年代(94.58 万 t/d)的 22.4% 。

因此,本研究将1960~1965年期间研究区地下水流场近似为处于天然状态,作为模拟的基准态。

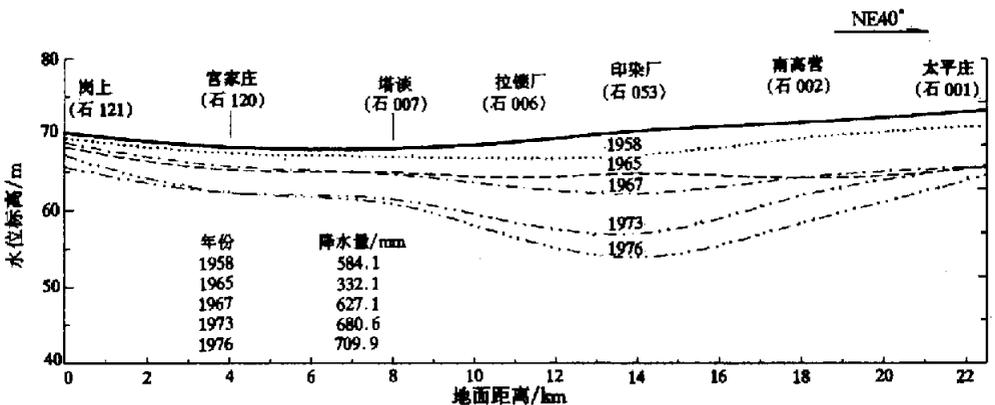


图1 研究区地下水位(1958~1976年)演化剖面

Fig.1 The evolution profile section of groundwater level in piedmont clinoplain of Taihang mountain from 1958 to 1976

2 研究区地下水演化规律

为了研究无重大水利工程影响(近似天然状态)下的地下水形成与演化规律,本文应用前人利用地质历史中有关古水文记录、历史文献等建立的河北平原全新世以来的年均降水

量系列和年均气温系列资料^①，通过反演绎模拟方法，并考虑地质沉积过程，以 1960~1965 年期间研究区地下水流场作为模拟的基准态，建立全新世以来研究区地下水演化过程图(图 2~5)。

全新世以来，研究区地下水处于由低水位向高水位演化的过程，加之渤海海平面的不断上升，造成研究区的地下水蓄水空间不断变小，地下水水力梯度呈减小趋势(图 2)。研究区的地下水流向，在西部山前地带是由西向东径流；在东部，地下水转为由西北向东南径流。

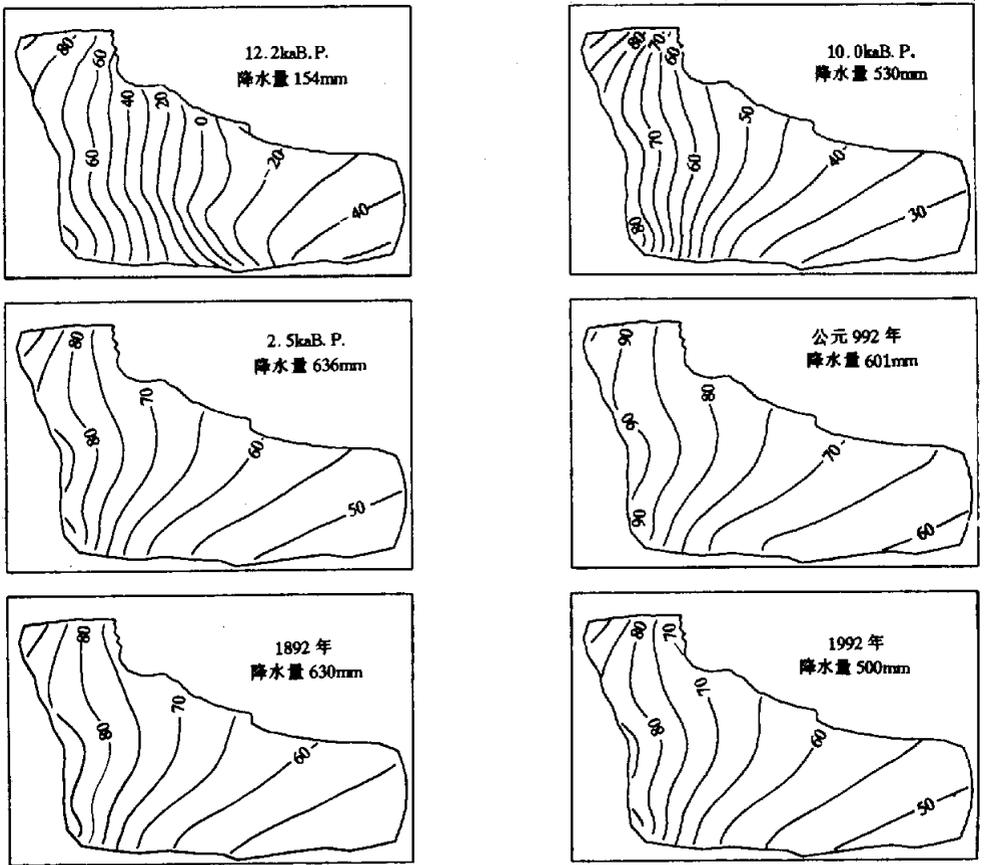


图 2 全新世以来研究区地下水流场演化过程

Fig.2 the evolution process of groundwater contour in piedmont clinoplain of Taihang mountain since Holocene

① “九五”期间国土资源部前沿重点基础计划项目(9501110)第一课题报告《层圈间水循环中区域地下水演化过程》,中国地质科学院水文地质地质工程研究所,1999 25~29

大量研究成果表明¹⁻⁹ 1,2,3,4, 1 万年以来,华北平原水文循环演化经历了3个千年时间尺度的阶段,即11.0~8.0 kaB.P.期间的早全新世,气候由寒冷干燥向温暖湿润方面过渡;8.0~3.2 kaB.P.期间的中全新世,气候温暖湿润;3.2 kaB.P.以来,气候温凉偏干。在此背景下,研究区地下水动态演化过程也经历了3个千年时间尺度阶段(图3和图4):第一

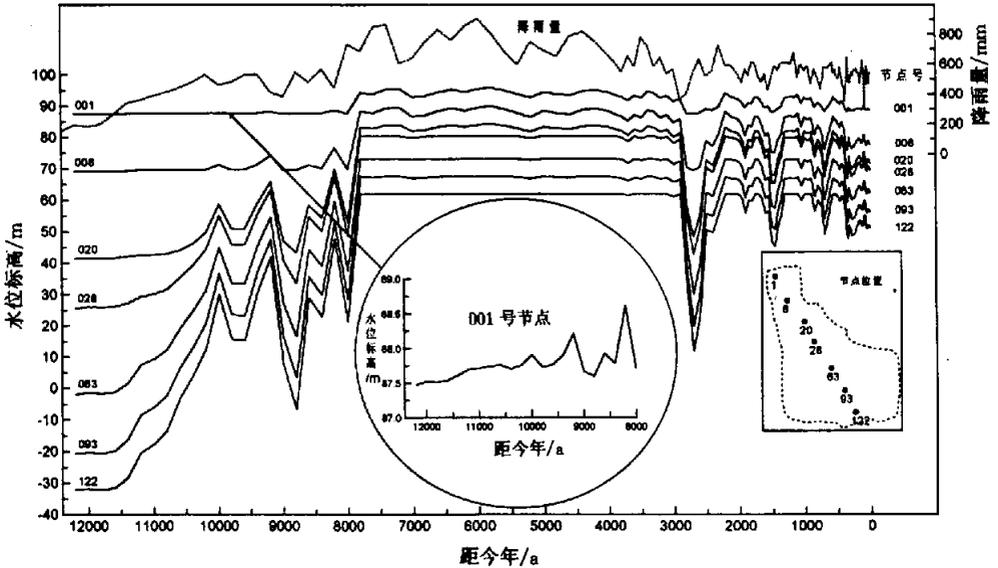


图3 全新世以来研究区NW走向不同节点地下水位演化过程

Fig.3 The evolution process of groundwater level at different point in NW profile of research district since the Holocene

阶段为早全新世,该阶段多年平均降水量低于研究期多年平均值(552.14 mm),浅层地下水水位处于全新世以来最低时期,水力梯度较大。第二阶段为中全新世,降水量高于研究期多年平均值,其中6.0~5.8 kaB.P.期间年均降水量为905 mm,是全新世以来的地下水主要补给期。这一时期,研究区内低洼地带发生沼泽化,甚至积水成塘(图5)。在东部地区,除局部地势较高地带外,均为沼泽带。在山前地带,除今鹿泉市的太平河谷地段外,其他地区未沼泽化。但是,若考虑同期沉积厚度,则除西部山麓地带外,其他地区应为沼泽区。第三阶段为晚全新世,年均降水量在研究期多年均值附近上下波动,丰枯变化频繁,地下水水位高于第一阶段的水平。

从图3和图4中可以看出,在研究区内,不同地段的地下水动态演化特征不尽相同。总的趋势是,从山前到东部地区,地下水水位变幅呈递增趋势。其中,在研究期演化的第一阶

① 岗南黄壁庄水库古洪水研究报告. 河海大学水资源水文系及河北省水利水勘测设计院. 1981.
 ② 河北省地下水动态年鉴(石家庄1960~1980)河北省地质局水文地质工程地质观测总站. 1981.
 ③ 水资源系统分析及其数学模型的研究“六五”国家重点科技攻关项目第38项课题报告. 1988.
 ④ 石家庄市水文地质工程地质环境地质综合评价报告 河北省环境水文地质总站. 1990.

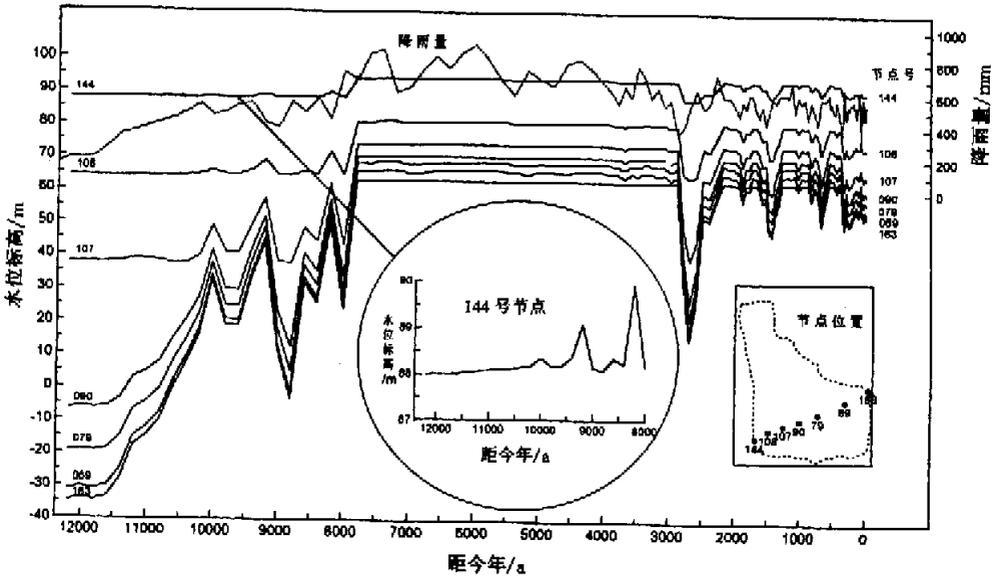


图 4 全新世以来研究区 NE 走向不同节点地下水位演化过程

Fig.4 The evolution process of groundwater level at different point in NE profile of research district since the Holocene

段,山前地带的地下水水位变幅介于 0~2m 之间。例如图 3 中的 001 号节点地下水水位变幅介于 0~1 m 之间,图 4 中的 144 号节点地下水水位变幅在 0~2 m 范围。向东部地区,地下水水位变幅逐渐增大,到研究区东部边界附近,最高水位与最低水位之间的差值可达百米以上(见图 3 中 122 号节点和图 4 中 163 号节点)。第二阶段,由于进入了千年尺度的温暖多雨期,地下水系统获取补给强度的变幅显著增大,所以,山前地带的地下水水位变幅增至为 0~10 m 之间,东部地区地下水水位明显抬高,甚至上升至地面,大部分地区出现湿地或沼泽化(图 5),在地层中留下了许多泥炭层。中全新世,千年和百年时间尺度的地下水水位动态变化不明显,这也表明该时期地下水获得的补给是充分的。第三阶段,山前地带地下水水位变幅比第一阶段增大,但是小于第二阶段,在 0~8 m 范围变化,而东部地区地下水水位变化较第一阶段减小,其中东部边界附近地下水水位变幅介于 0~20 m 之间。

产生上述地下水演化特征差异的主要原因,一是由于 3 个阶段的降水情况不同,早全新世时期,年均降水量较小,而且多为暴雨式降水,易于地表产流,不利于入渗补给地下水,加之地下水处于低水位时期,为地下水水位变化提供了较大空间。中全新世温暖潮湿,雨水充沛,地下水一直获得较为充分的补给。晚全新世,进入了干旱半干旱时期,降水方式与前两个阶段都不相同,比早全新世降水平稳,分布较为均匀,年均降水量略有增大;与中全新世相比,百年以上时间尺度的丰枯变化频率增强,年均降水量减少。二是由于在山前地带,受山区汇流侧向径流补给的强度较大,地下水易于获取补给,所以,引起地下水水位较大的变化。随着远离山区向东部的下游地区,其侧向径流补给强度减小,地下水系统获得的实际补给较

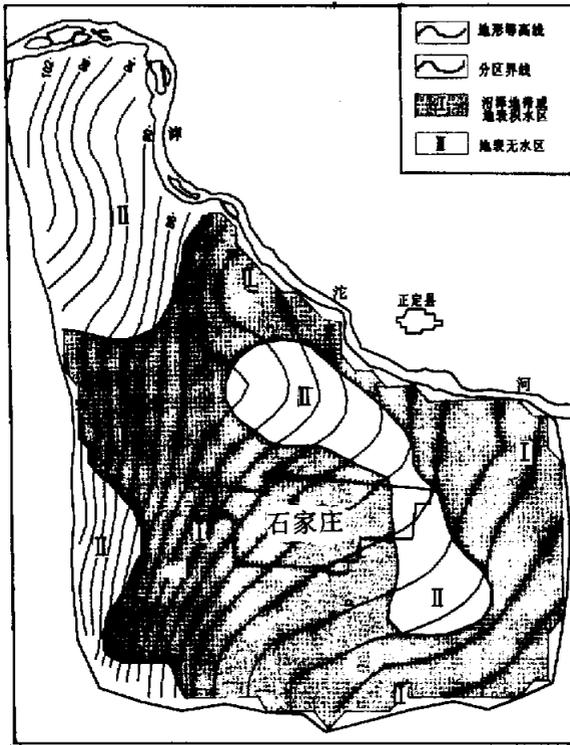


图5 中全新世 5.8 kaB.P. 期间研究区沼泽分布
 Fig. 5 The distribution of swamp on tilt plain of Taihang mountain front at 5.8 kaB.P.

少,同时,由于不同时期地下水埋藏深度的不同,导致地下水直接接受大气降水补给能力的不同,所以就形成了上述各时期的地下水演化特征。

3 演化起因

陆地水系统,包括浅层地下水系统,是一种开放系统,它与大气圈、生物圈和岩石圈之间存在着极为密切的物质和能量交换关系。水循环系统的丰枯周期性变化与地球自转变化、百年尺度和千年尺度的九大行星会聚和地球跟随太阳绕银河系运动的大旋回密切相关^[9]。在一年中存在雨季和旱季;在十年、百年、千年、万年或更长时间尺度上,也存在“雨季”或“旱季”,只是这些“雨季”或“旱季”的时间段和变化幅度因研究时间尺度的不同而存在差异。客观地讲,一个地区发生旱涝或河流发生断流或洪水是区域水文循环周期演变的必然结果。气候的 35~40 年周期与月球轨道交点西移的 18.8 年周期倍数相关(濮培民,1986)。在近 1000 年以来的 140~180 年准周期和 6000 年以来的 1000-1400 年周期性严寒、大旱、大涝、大地震等自然灾害的群发期,与九大行星地心会聚的参数变化存在着相当吻合的演变关系^[9]。在公元 1129 年和 1483 年两次九星地心会聚年间,中国北方分别发生了毁灭性大旱。

在公元前 2000 年、公元前 1000 年和公元 500 年前后及 1637~1641 年间发生九星会聚长周期处冬半年的极小期和次小期^[9],我国中原地区发生了千年尺度特大干旱。

4 结 论

全新世以来,太行山前倾斜平原地下水系统演化,经历了具有周期性变化特点的演化过程,研究区地下水主要补给期介于 8.0~3.5kaB. P. 期间,补给峰期出现在 7.5~5.5kaB. P. 之间。随后,表现为主要补给期与非补给期的交替出现。在 4kaB. P. 前后又有一次规模较大的补给。

浅部地下水资源的形成和演化与气候周期性变化密切相关。若要科学、客观地评价地下水资源再生能力及其未来可持续利用性,必须了解区域地下水演化的过程和现状,以及其与水文循环演化的关联机制。

本文是一项初步探索研究,目的在于思维创新。

参 考 文 献

- 1 陈宗宇,张光辉等.华北地下水古环境意义及古气候变化对地下水形成的影响.地球学报,1998(4)338~345.
- 2 姚汉源.中国水利史纲要.北京:水利电力出版社,1987.
- 3 冯 炎.中国江河防洪丛书(海河卷).北京:水利电力出版社,1993.
- 4 徐纯性主编.河北城市发展史.石家庄:河北教育出版社.
- 5 贾 毅.河北省城市形成发展因素分析.地理学与国土研究,1990(3).
- 6 吴 忱等.华北平原古河道研究论文集.北京:中国科学出版社,1991.
- 7 吴 忱等.古运粮河的形成与石家庄地区地理环境演变.地理学与国土研究,1989(1).
- 8 于凤兰等.海滦河水资源及其开发利用.北京:科学出版社,1994.
- 9 李克让等.华北平原旱涝气候.北京:科学出版社,1990.80~111.

The Evolution Regularity of Groundwater in Piedmont Clinoplain of Taihang Mountains since Holocene

Zhang Guanghui

(Open Laboratory of Environmental Geology, MGMR, Zhengding, Hebei)

Fei Yuhong Nie Zhenlong Li Huidi

(Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, CAGS, Shijiazhuang)

Abstract The formation and the evolution of regional groundwater have been closely related to periodic hydrological cycle in piedmont clinoplain of Taihang mountains since Holocene. The main recharge period of groundwater was 8.0 to 3.5 ka B. P., during which the recharge of groundwater was sufficient. This lay the foundation of present groundwater system.

Key words Holocene groundwater recharge period evolution of hydrologic cycle piedmont 平原数据 of Taihang mountains