

华北平原地下水位动态变化影响因素分析

费宇红¹ ,张兆吉² ,张凤娥² ,陈京生² ,陈宗宇² ,王 昭²

(1.河海大学水资源环境学院 ,江苏 南京 210098 ; 2.中国地质科学院水文地质环境地质研究所 ,河北 石家庄 050061)

摘要 通过对华北平原降水、地表径流、地下水流场变化、地下水资源的系列变化分析 ,认为 除降水量减少等自然因素外 ,人类治水工程和开采地下水等因素是造成华北平原区水资源减少的重要条件 .
关键词 华北平原 地下水位动态 ;人类活动 ;水资源
中图分类号 :TV211.1 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2005)05-0538-04

华北平原包括北京市、天津市和河北省平原区 ,以及山东省和河南省黄河以北平原 .海河、滦河两大水系位于该区 .按成因和形态特征华北平原可分为山前冲洪积倾斜平原 ,中部冲积平原和东部滨海冲积、海积平原 .按埋藏条件和水文地质特征华北平原的地下水可分为浅层地下水和深层地下水 .山前平原地下储水介质具有强渗透能力 ,是区域地下水的主要入渗补给区 ,60% 以上的地下水资源储存于此 .中部平原分布有连续的弱透水层 ,厚度较大 ,导致其地下水具有承压特征 ,接受大气降水能力较差 .滨海平原透水、储水和给水能力都不如山前平原和中部平原 ,水循环缓慢 .本文针对华北平原突出的水资源问题 ,分析了影响地下水位动态变化的因素 .

1 突出的水资源问题

华北平原在地下水开采、地表水利工程、降水、蒸发等一系列因素的影响下 ,地下水位下降、地表水干枯、水资源供给不足等问题越来越突出 .

1.1 地下水是主要水源

随着地下水开采能力增强和开采量增大 ,地下水已成为华北平原的主要供水水源 .山前平原主要开采浅层地下水 ,中东部平原主要开采深层地下水 .如 ,2000 年河北平原总供水量 165.6 亿 m³ ,其中地下水开采量 139.9 亿 m³ ,占总供水量的 84.48% .

1.2 地下水位急剧下降

20 世纪 60 年代初 ,山前平原区浅层地下水埋深在 1 ~ 10 m 之间 ,地下水动力场基本保持天然状态 .1984 年 ,山前平原区浅层地下水位普遍下降 5 ~ 20 m .2001 年 ,山前平原区浅层地下水埋深已达 40 m ,中部和东部平原水位也有所下降(表 1) .

1.3 地表产流减少

从降水和径流的关系发现 ,20 世纪 80 年代之后相同的降水产生的径流量减少 .如“ 63.8 ”大水时 ,华北平原区径流系数为 0.48 ,而“ 96.8 ”大水的径流系数为 0.25^① .

表 1 浅层地下水位变化过程统计

Table 1 Change process about shallow groundwater level m						
地 区	20 世纪 60 年代初期		1984 年		2001 年	
	水位	埋深	水位	埋深	水位	埋深
山前平原区	25 ~ 80	1 ~ 10	20 ~ 60	4 ~ 18	10 ~ 55	4 ~ 40
中部平原区	5 ~ 25	0 ~ 5	0 ~ 20	2 ~ 4	5 ~ 10	2 ~ 15
东部及滨海平原区	0 ~ 5	1 ~ 5	0 ~ 5	0 ~ 2	0 ~ 5	0 ~ 2

收稿日期 2005-01-31
基金项目 河北省自然科学基金资助项目(403614) ;国土资源大调查资助项目(20023064) ;国土资源大调查资助项目(1212010430351)
作者简介 费宇红(1960—) ,女 ,上海人 ,研究员 ,博士研究生 ,主要从事水资源研究 .
① 河北省水文水资源局 .“ 63.8 ”暴雨在近期重演后果研究 ,1998 .

2 自然因素分析

2.1 降水

气候因素是制约水循环最主要的因素,分为直接和间接两种.直接影响主要来自大气环流变化引起的降水时空分布、强度和总量的变化,间接影响主要来自陆面过程^[1].海河流域陆面水循环的气候特征(径流量/降水量,蒸发量/降水量)与各流域相比,海河为 0.16 和 0.84,黄河为 0.18 和 0.82,长江为 0.49 和 0.51^[2],相比之下,海河流域地面产流最少,陆面蒸发量最大.

华北平原多年平均降水量 556.1 mm.降水除年内分布不均匀外,还有易发生连续丰水或连续枯水的特点, $K_{枯}$ 最大值为 0.70, $K_{丰}$ ^①最大值为 1.99.

根据近 50 年的降水观测,降水量有下降的变化趋势.如石家庄市(图 1)平均降水量 531.4 mm,20 世纪 50 年代为 580.6 mm,距平值高约 9.4%;60 年代为 581.2 mm,距平值高约 9.4%;70 年代为 500.6 mm,距平值低约 5.8%;80 年代为 501.1 mm,距平值低约 5.7%;90 年代为 549.3 mm,距平值高约 3.4%.

2.2 气温

华北平原多年平均气温有上升的趋势,如 1949~2001 年,天津市年平均气温升高了 1℃;石家庄市平均气温升高了 1.3℃.

图 2 是石家庄市气温变化过程及趋势.1956~2002 年多年平均气温为 13.3℃,其中 20 世纪 50 年代为 12.64℃,60 年代为 12.93℃,70 年代为 12.96℃,80 年代为 13.18℃,90 年代为 14.03℃.20 世纪 80 年代前平均气温大多低于多年平均值,90 年代都高于平均值.1980~2002 年平均气温为 13.7℃.

3 人为因素分析

人类活动对水循环的影响,反映在两个方面,一方面是由于人类生产和社会经济发展,使大气化学成分发生变化,引起气温升高;另一方面是人类活动,如水资源开发利用等,作用于流域下垫面,虽然是局部的,但其强度往往很大^[2].

3.1 地表水利工程

大型水库的兴建,拦蓄了山区大量洪水,减少了平原的灾害.1963 年大洪水,海河南系的 8 座大型水库削减洪峰流量 30% 以上,最大达到 89%.1988 年大清河、滹沱河出现了 1963 年后又一次较大的洪水,洪水量为 41.47 亿 m³,所在河流的大型水库拦蓄了 10.83 亿 m³,占洪水总量的 26%,削减洪峰 60% 以上(表 2)^[1].

3.2 地下水开采

浅层地下水系统与地表水系统和大气降水系统连通性好,人类活动和气候变化在浅层地下水系统反映敏感.据统计^②,20 世纪 50 年代河北平原地下水开采量只有 30 多亿 m³,1991~2000 年华北平原浅层地下水开采量 179.19 亿 m³/a,

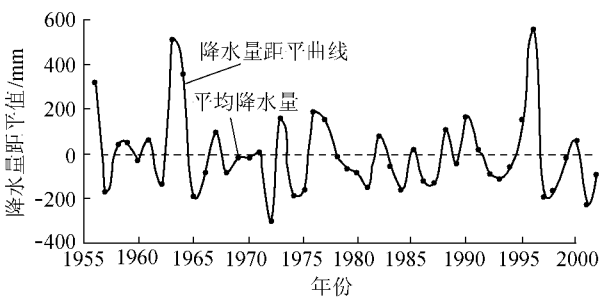


图 1 石家庄市降水量距平曲线

Fig.1 Anomaly contour for rainfall of Shijiazhuang City

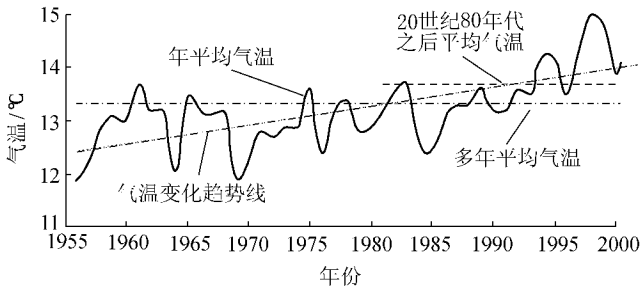


图 2 石家庄市平均气温过程及变化趋势

Fig.2 Average air temperature and its variation for Shijiazhuang City

表 2 1988 年海河流域主要水库削峰量

Table 2 Flood cut at main reservoirs in Haihe River Basin in 1988			
水库	入库水量/ (m ³ ·s ⁻¹)	出库水量/ (m ³ ·s ⁻¹)	削减量 /%
王 快	2 370	752	68
西大洋	804	341	58
横山岭	543	135	75
安各庄	544	200	63

① $K_{枯}$ 和 $K_{丰}$ 是连枯、连丰期的年平均降水量与多年平均降水量的比值。
② 中国地质科学院水文地质环境地质研究所.华北地下水可持续开发利用前景. 2003.

浅层地下水总补给量为 234.89 亿 m^3/a ,总排泄量为 257.51 亿 m^3/a ,补排差 - 22.62 亿 m^3/a ,总体处于超采状态. 开采强度为 14 万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$.

4 影响后果

气候因素与人类活动因素之间相互作用 ,其综合反映的结果是水资源量减少 .

4.1 地表水

4.1.1 地表径流

由于受到出山口水库的拦蓄 ,山区径流几乎不排入平原河道 ,绝大部分河流已成为季节性河流或常年干涸 .受人类活动影响 ,径流量比降水量年际变化幅度更大 .

不同系列地表水资源量分别为 264 亿 m^3 (1956 ~ 1984 年) 、220 亿 m^3 (1956 ~ 1998 年) ,二系列相比 ,全流域地表水资源量减少了 16.6%^① .

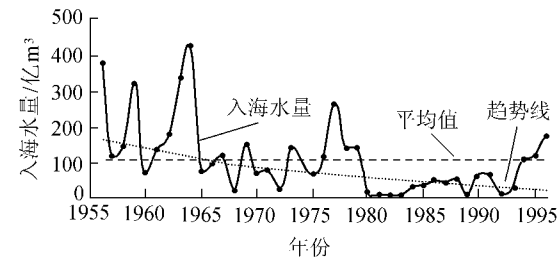


图3 海河流域入海水量过程

Fig.3 Curve of ocean inflow for Haihe River Basin

4.1.2 入海水量

华北平原多年平均入海水量为 107 亿 m^3 ,其中 ,20 世纪 80 年代之后仅 1996 年高于均值 ,其余除 1994 年和 1995 年与均值持平外 ,都低于均值(图 3) .

4.2 河道渗漏

河流长期断流导致平原区沿河道线状补给地下水量明显减少 .如 1963 年大清河水系平原地下水补给量 40.1 亿 m^3/a ,其中河道渗漏补给量占 24.81%^② .1956 ~ 1980 年海河流域山前平原多年平均地下水补给量

66.2 亿 m^3/a ,其中河道渗漏补给量占 7.29% .1980 ~ 2000 年 ,河道渗漏补给地下水的资源量减少至不足 3% .

4.3 地下水位降落漏斗

在浅层地下水位下降的同时 ,开采地下水集中的山前沿线城市区也出现了规模不等的地下水位降落漏斗 ,如北京漏斗 ,高阳—蠡县—清苑漏斗、石家庄漏斗、宁晋—柏乡—隆尧漏斗等 .

图 4 反映了石家庄地下水降落漏斗的发展过程 .该漏斗形成于 1965 年 ,至 2001 年 ,漏斗中心水位埋深由 7.57 m 增加到 43.89 m ,平均每年增加 1.2 m .其中 1965 ~ 1975 年 0.76 m/a ;1975 ~ 1985 年 1.60 m/a ;1985 ~ 1995 年 1.22 m/a ,2001 年 6 月漏斗面积积达 348 km^2 .

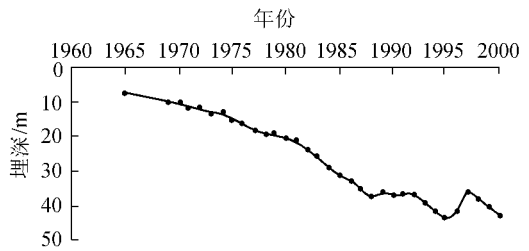


图4 石家庄市漏斗中心地下水埋深变化

Fig.4 Variation of groundwater level at funnel center of Shijiazhuang City

5 影响趋势

地下水资源的变化有自然因素也有人为因素 .一般来说 ,自然因素影响较为缓慢 ,人为因素影响较为迅速 .然而 ,通过分析石家庄市降水量和气温等自然因素 ,发现降水量在大趋势下降条件下有个别突变 ,气温总体呈上升趋势 ,这除了会产生城市热岛效应外 ,更主要的是将导致水资源量减少 .

有研究认为 ,海河平原的地下水资源减少量 (ΔQ) 与年降水衰减量 (ΔP) 之间存在正相关关系 ,可用相关公式表示为^[4]

$$\Delta Q = 1.16\Delta P - 3.64$$

即若将海河平原全区作为一个整体来考虑 ,以 1956 ~ 1984 年多年平均地下水资源量和降水量作为基数 ,当海河平原平均降水量减少 1% 时 ,将导致地下水资源量减少 4.8% ,约 12.81 亿 m^3/a .当降水量不变时 ,在人

① 水利部海河水利委员会.海河流域水资源规划,2000.39,72—73.
② 河北省水文水资源局.“63.8”暴雨在近期重演后果研究,1998.78—83.

类活动影响下 ,地下水资源量将减少 3.64% ,约 9.72 亿 m³/a. 华北平原的主体是海河平原 ,因此 ,也有以上的变化趋势 .

6 结 语

水资源量紧缺已成为华北平原经济发展的瓶颈 .分析表明 ,大尺度下的局部气候变化是华北平原水资源变化的一个诱因 ,然而 ,在一定时空尺度上能够直接改变或影响人类生存环境的是具有一定规模的人类活动^[5] ,这是产生水资源变化的一个非常重要的因素 .

参考文献 :

[1] 海河志编纂委员会 .海河志 [M]. 北京 :中国水利水电出版社 ,1997. 12—14.
[2] 刘春蓁 . 气候变异与气候变化对水循环影响研究综述 [J]. 水文 , 2003 , 23 (4) :1—7.
[3] RESEARCH TEAM OF CHINA CLIMATE CHANGE COUNTRY STUDY. China climate chang country study [M]. Beijing :Tsinghua University Press ,1999. 159—161.
[4] 张光辉 ,费宇红 ,王金哲 .300 年以来太行山前平原地下水补给演化特征与趋势 [J]. 地球学报 , 2003 , 24 (3) :261—266.
[5] 叶笃正 ,符淙斌 ,季劲钧 ,等 .有序人类活动与生存环境 [J]. 地球科学进展 , 2001 , 16 (4) :453—460.

Factors affecting dynamic variation of groundwater level in North China Plain

FEI Yu-hong¹ , ZHANG Zhao-ji² , ZHANG Feng-e² , CHEN Jing-sheng² , CHEN Zong-yu² , WANG Zhao²
(1. College of Water Resources and Environment , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;
2. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology , CAGS , Shijiazhuang 050061 , China)

Abstract :Based on an analysis of the variation of precipitation , surface runoff , groundwater flow field , and groundwater resources , it is concluded that , in addition to some natural factors , such as the decrease of precipitation , some other factors , including the construction of water conservancy projects and overmining of groundwater , are main causes of the reduction of water resources in the North China Plain.

Key words :North China Plain ; trend of groundwater level ; human activity ; water resources