

廊坊市地下水位下降漏斗的成因

刘伯华¹, 陈宝江¹, 宫进忠², 马秀玲³, 彭九慧³, 张旭东⁴

(1. 河北省廊坊市气象局, 河北 廊坊 065000; 2. 河北省地球物理勘查院, 河北 廊坊 065000;
3. 河北省承德市气象局, 河北 承德 067000; 4. 河北省地勘局测绘院, 河北 廊坊 065000)

摘要:通过对廊坊市地下水漏斗演化过程与逐年降水的相关分析, 揭示了地下水位下降漏斗的气象干旱响应模式, 即气象干旱促使人类过度开采地下水资源, 从而进一步加剧水文干旱、地下水位下降漏斗及地面沉降灾害。在时间序列上, 气象干旱呈波浪起伏状特征, 而地下水位下降漏斗及地面沉降则表现为缓变性、积累性和不可逆性, 气象干旱的阶段性终止并不能阻止地下水位下降漏斗及地面沉降的继续发展与蔓延。同时提出了合理开采地下水、大力开展水循环利用、发展节水农业等对策。

关键词:地下水位; 气象干旱; 相关分析; 对策建议

中图分类号: P641. 11

文献标识码: A

引言

干旱是我国最严重的自然灾害之一。20 世纪 90 年代以来, 与干旱相关的自然灾害的直接经济损失每年都在千亿元以上, 严重影响社会经济的可持续发展^[1]。环渤海地区是中国东部降水年际变率最高的区域, 在过去的 50 a 内, 华北地区降水量呈明显减少趋势, 特别是自 20 世纪 90 年代中期以来, 降水量偏少的趋势尤其显著。地下水常年超量开采, 河北平原已形成中国最大的地下水位下降漏斗和地面沉降地区^[2]。

值得注意的是, 从千年或更长尺度的气候来看, 华北近 20 a 的干旱似乎不是最异常的气候事件, 该地区过去曾经发生过更为严重的长期干旱, 如 18 世纪中期的北京地区干旱少雨比近 20 a 严重^[2]。但此前的干旱气候并未伴随着地下水位下降和地面沉降灾害的记载, 这说明人类活动在气象灾害的环境效应方面发挥着重要的影响作用。

深入研究气候变化对地下水动态的影响机理, 科学评价干旱对水资源、环境及生态系统的影响, 并在此基础上提出应对战略和技术措施, 是十分必要的^[3]。

廊坊市位于环渤海经济圈的核心地带, 素有“京津走廊上的明珠”之称。位于 116°31' ~ 116°48'

E, 39°27' ~ 39°37' N, 总面积约 355 km², 随着人口大量增加和经济社会的不断发展, 环境问题已被社会广泛关注, 因此廊坊市有关部门开展了对环境地质的调查研究。本文就是在这些研究的基础上对廊坊市地下水位与年降水量的关系进行分析, 讨论在人类活动作用下, 气象干旱对地下水位下降漏斗的影响机理。

1 地下水位漏斗现状

1.1 资料来源

自 20 世纪 60 年代起, 地质矿产系统及当地政府职能部门在廊坊市规划区范围内先后开展了水文地质调查工作, 所取得的主要成果有: 1976 年河北省水文地质大队编写的 1: 100 000 廊坊地区南部农田供水水文地质勘探报告; 1973 ~ 2000 年, 河北省地质环境勘查院廊坊分院每 5 a 完成 1 份《廊坊市地质环境监测报告》; 2001 年, 廊坊市水利局、水文水资源勘测局完成了《廊坊市水资源保护规划》; 2004 年, 河北省区域地质矿产调查研究所完成了《廊坊市规划区工程地质调查报告》; 2005 年, 河北省地球物理勘查院完成该区环境地质调查报告, 进行了系统的水位埋深观测及环境地质填图。降水量数据来源于廊坊市气象局国家气象观测站地面气象

收稿日期: 2008 - 03 - 05; 改回日期: 2008 - 05 - 19

基金项目: 河北省国土资源厅专项资金项目 (冀国土资勘便字 [2004] 137 号) 资助

作者简介: 刘伯华, 女, 河北廊坊人, 工程师, 主要研究方向为大气科学专业。E-mail: lfqxjlbh@tom.com

观测资料。

1.2 地下水位下降漏斗现状

固安、霸州浅层漏斗区为农业开采型漏斗,开采深度 100 m,分布于霸州市西部、永清南部、固安中南部,向西扩展到保定境内。漏斗中心位于霸州市的武庄或临津和固安马庄。该漏斗 1983年开始形成,至 1987年漏斗面积达 1 272.6 km²,中心水位埋深最大 25.64 m,1999年漏斗面积 486.4 km²,中心位于固安马庄,中心水位埋深 17.20 m。

廊坊深层地下水漏斗为城市工业、生活开采型漏斗,开采深度 200~500 m,是廊坊供水区主要的深层地下水水位降落漏斗之一,位于廊坊市城区及其外围。该漏斗形成于 1978年,随着城市迅速发展,深层地下水开采量逐年增加,水位持续下降,漏斗不断加深和扩大,至 1999年漏斗面积扩大到 352 km²,中心水位埋深 77.40 m。2005年底,漏斗面积 302 km²,中心水位埋深 73.65 m。

大城深层地下水漏斗为农业开采型漏斗,开采深度 100~350 m,是廊坊供水区主要深层地下水水位降落漏斗之一,主要位于大城境内,还包括文安的部分地区。该漏斗形成于 1974年,漏斗面积 196.0 km²,中心水位埋深 17.89 m,1980年漏斗面积扩大到 740 km²,中心水位埋深下降至 33.32 m,至 1999年漏斗面积达 1 950.0 km²,中心水位埋深达 76.73 m。2005年底,漏斗面积 595 km²,中心水位埋深 74.30 m。

2 漏斗区地下水位与干旱的影响

2.1 廊坊市的浅层地下水水位变化

浅层漏斗区年内水位的变化规律:年初至 3月为相对稳定期,此期开采量不大,地下水水位升幅很小;4~6月为水位下降期,农业灌溉集中开采,造成浅层地下水区域性水位下降,下降幅度因开采强度不同而异;6月中旬以后,由于降水量增加,开采量锐减,7月份以后浅层地下水水位开始大幅度回升;11月后进入秋冬开采水位下降期,农业开采量相对较小,但仍使地下水水位再度下降,11月底秋冬采停止,地下水水位回升,进入相对稳定期(图 1)。

图 2给出了廊坊市年降水量及浅层漏斗区地下水埋深年际变化情况。不难看出,廊坊市浅层地下水水位的年际变化与干旱年份有着很强的相关性,其相关系数为 0.976^[4]。20世纪 80年代,由于连续多年降水量偏少,地下水连年超采,地下水水位进入一个

下降期,至 1987年出现一个低值。1988~1996年平均降水量为 636 mm(常年平均为 543 mm),只有 1989、1992和 1993年降水量 <500 mm,其它年份均在 560 mm以上,此期间浅层地下水开采量不大,地下水埋深也没有大的变化。1997~2006年,廊坊市出现多年连续降水量偏少现象,造成浅层地下水开采量大幅度增加,浅层地下水水位急剧下降。

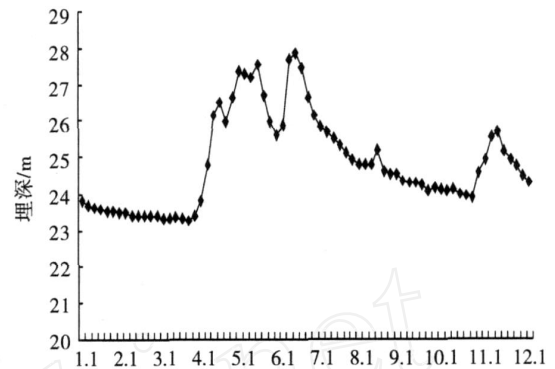


图1 廊坊市浅层漏斗区地下水埋深年内变化

Fig.1 Interannual change of groundwater depth in the shallow layer funnel area in Langfang

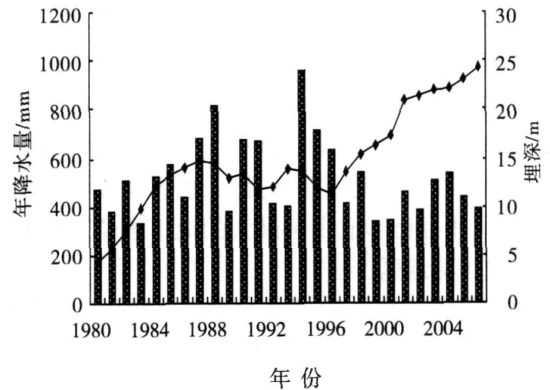


图2 廊坊市年降水量及浅层漏斗区地下水埋深年际变化(柱状为年降水量,折线为地下水埋深年际变化)

Fig.2 Annual precipitation and groundwater depth change in the shallow layer funnel area in Langfang (Columnar for yearly precipitation, broken line for annual groundwater depth)

浅层地下水水位年内和年际的动态变化主要是受气候和开采影响,年内降水补给情况与季节性开采造成了水位的波动起伏,年际间区域性气象干旱导致超采地下水,造成水位持续下降。

2.2 廊坊市深层地下水水位变化

深层地下水漏斗区年内水位变化规律:一般年

初至 2、3 月份水位呈上升状态,出现自然年最高水位,3 月中旬以后由于农业灌溉集中开采进入春采强度增强期,一般 5 月中旬至 6 月中旬出现年最低水位。进入雨季,开采量减少,水位回升,此期间水位上升并非因降水补给所致,而是侧向径流补给和春采后局部水位调整引起的。9 月下旬以后进入秋冬低采期,至 11 月下旬水位缓慢回升进入相对稳定期。

深层地下水漏斗区年际水位变化规律:生活及工业开采型漏斗,主要分布在廊坊漏斗区,水位动态曲线年际间有小的起伏,但总的趋势成波状型下降,图 3 为廊坊市城区地下水开采强度曲线及深层地下水埋深曲线,不难看出,廊坊地下水的开采强度变化和漏斗发展趋势基本吻合。廊坊市规划区范围

内日常生活及工业用水主要开采 300 ~ 500 m 的 ~ 含水组,由于深层地下水开采量由 1985 年的 $2.383.34 \times 10^4 \text{ m}^3$ 增加到 1998 年的 $5.500 \times 10^4 \text{ m}^3$,平均递增速度为 $311.7 \times 10^4 \text{ m}^3 / \text{a}$,其中 1997 ~ 2000 年的开采量处于高值区域,而深层地下水漏斗加速发展,到 2000 年出现最大值。此后,由于城区 2 个耗水大户第一、第二化肥厂相继停产,城市节水力度加大,近期新打机井向 600 ~ 800 m 延伸,严格限制 200 ~ 500 m 采水段,位于白家务的大古营新水源地开始启用供应市区等因素,降低和分散了原来过于集中于城区的采水强度,使城区的开采量下降,地下水储量消耗相应减少,市区水位缓慢回升,原漏斗中心水位埋深升到 69.06 m,直到 2005 年深层水位比较稳定。

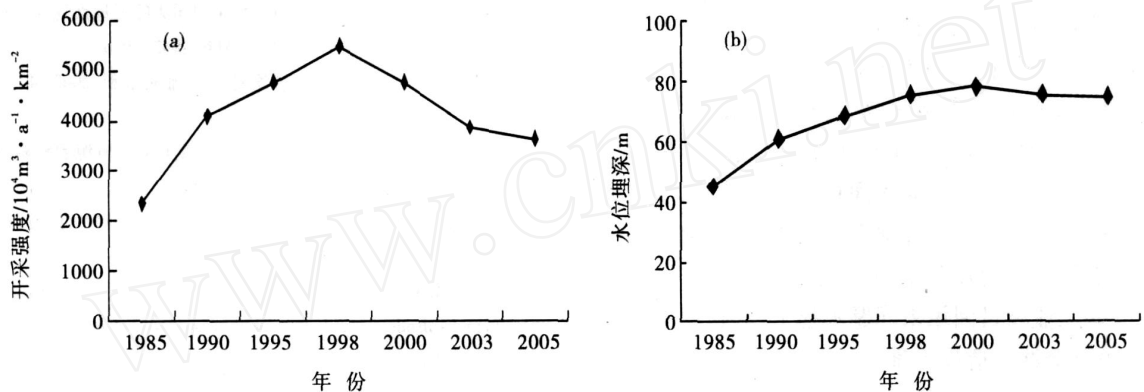


图 3 廊坊市城区地下水开采强度曲线 (a) 和深层地下水埋深曲线 (b)

Fig 3 The groundwater mining intensity curve (a) and deep - level groundwater depth change (b) in Langfang

农业开采型漏斗,主要与农业开采量关系密切,而农业开采量又受大气降水制约,所以在干旱年份,深层地下水开采量增加,水位变化曲线年内峰谷明显,年际间呈波状下降;在丰水年份,深层地下水开采量减少,水位变化曲线相对比较平稳,年际间呈平稳上升或缓慢下降趋势。此类型主要分布于大城漏斗区和南部 6 县的广大非漏斗区。

2.3 气象干旱对地下水水位的影响

大气降水是浅层地下水补给的重要来源之一,气象干旱导致工农业生产和人民生活用水紧张,在没有其它水源补充的情况下,必然导致开采地下水,从而使地下水位下降,因此干旱对浅层地下水漏斗的形成和发展起到了正反馈作用。对于深层地下水而言,虽然大气降水不能直接补给,但降水量偏少,干旱频发,也导致人们大量开采地下水,促使深层地下水位下降漏斗形成和发展,所以气象干旱也对深

层地下水位下降起到正反馈作用。例如从图 2 和廊坊市 1985 ~ 2000 年的 16 a 降水资料统计分析得出,有 50% 的年份为偏旱以上程度的干旱年,由此造成过量开采,加之开采源地集中,使地下水位下降漏斗加速发展,特别是 1997 年开始出现的连续 6 a 的历史罕见的干旱,对应 1998 年的地下水位漏斗深度和面积也达到历史最高值。

综合以上分析,无论是浅层地下水漏斗还是深层地下水漏斗,无论是生活及工业开采型漏斗还是农业开采型漏斗,都是人类过量开采所致,而导致过量开采的主要原因是气象干旱,气象干旱导致地下水开采在地域上、层位上、时间上的过于集中,促使廊坊水位降落漏斗形成和发展。

3 地下水位下降对生态环境的影响

由于地下水位下降导致地面沉降是漏斗区主要

的环境地质问题之一,因其影响范围广,沉降速率小,不易察觉而被忽视^[5]。据国家地震局第一地形形变监测中心对天津及其临近地区地面沉降监测资料,自20世纪60年代中期廊坊供水区开始出现地面沉降,沉降面积和沉降速率逐渐增大,且地面沉降中心与深层地下水水位漏斗基本吻合。这充分说明深层地下水严重超采是造成地面沉降的主要原因。廊坊漏斗区地面沉降造成的地质灾害主要表现在地面标高降低,出现钻孔井管抬生现象,地面沉降使城市供排水系统受到严重影响,也使河道降低了泄洪能力,20世纪80年代大清河千里堤文安段和中亭河中亭堤霸州段出现裂缝和沉降即是由地面沉降引起的。

另外由于地下水漏斗区水位持续下降,造成机井单井出水量减少,甚至无水可抽造成机井报废。20世纪70年代至今,农用机井从离心泵更换成30~50 m扬程的深井泵或潜水泵,后又改配60~80 m继而90~100 m扬程潜水泵,耗资以亿元计^[6]。

由于长期大面积开采地下水,造成地下漏斗急剧扩展,浅层地下水形成大面积含水层疏干,深层地下水埋深急剧下降,水源地产量急剧减少,致使工业用水、农田灌溉用水紧缺,造成工业停产、农作物减产,一些工业项目因用水问题不能上马,也给部分地区居民群众饮水造成困难。

地下水漏斗区水位不断下降,还造成海水入侵、

淡水咸化、地下水污染等一系列的生态问题,使得本来就很脆弱的生态环境进一步恶化。

4 对策建议

由于过度开采地下水引发了地下水下降漏斗的形成与发展,对生存环境造成不可弥补的损失。应面对干旱采取综合措施,将深层地下水作为不可再生性资源,合理开发、有序利用。大力提倡中水回用,提高水资源重复利用率;发展节水农业,合理计划和开采地下水;开展人工增雨,增加大气有效降水以减轻地下水的开采压力。

参考文献:

- [1] 符凉斌,安芷生,郭维栋.我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究[J].地球科学进展,2005,11(11):1157-1167.
- [2] 任国玉,郭军,徐铭志,等.五十年来中国大陆近地面气候变化的基本特征[J].气象学报,2005,63(6):942-956.
- [3] 陈志恺.持续干旱与华北水危机[J].海河水利,2002(4):9-12.
- [4] 郭立平,畅金元,张素云.廊坊市气候变化对水资源的影响[J].水科学与工程技术,2006,增刊:36-38.
- [5] 邢忠信,李和学,张熟,等.沧州市地面沉降及防治对策研究[J].地质调查与研究,2004,27(3):157-163.
- [6] GONG Jingzhong, LI Weidong, SHI Shujuan, et al. Survey of ground subsidence and its control measures in Langfang city. http://old.cgs.gov.cn/zt_more/34/34-main.htm

Cause Analysis of Groundwater Funnel in Langfang of Hebei Province

LU Bohua¹, CHEN Baojiang¹, GONG Jinzhong², MA Xiuling³, PENG Jiuhi³, ZHANG Xudong⁴

(1. Langfang Meteorological Bureau of Hebei Province, Langfang 065000, China; 2. Geophysical Exploration Institute of Hebei Province, Langfang 065000, China; 3. Chengde Meteorological Bureau of Hebei Province, Chengde 067000, China; 4. Survey and Mapping Institute of Hebei Province, Langfang 065000, China)

Abstract: The correlation between groundwater funnel and annual precipitation in Langfang, Hebei Province was analyzed in this article. Results show that overexploitation of groundwater triggered by meteorological drought further aggravated hydrological drought, the groundwater funnel and land subsidence disasters. In the time series, the meteorological drought presents the wavelike characteristic, while the groundwater funnel and the surface subsidence display the slow developing, cumulative and irreversibility characteristics, thus temporal termination of meteorological drought cannot prevent the groundwater funnel and the surface subsidence development and spread. At the same time, some countermeasures such as reasonable exploitation of groundwater, re-use of water resource, development of water-saving agriculture are proposed.

Key words: groundwater table; meteorological drought; correlation analysis; countermeasure suggestion