

苏锡常地区地下水禁采效应分析与保护策略探讨

蒋咏¹, 杨桂莲^{2,3}, 常本春¹, 章树安^{2,3}

(1.江苏省水资源服务中心,江苏 南京 210029;2.水利部水文局,北京 100053;
3.水利部地下水监测中心,北京 100053)

摘要:苏锡常地区是我国地下水超采、引发地质环境问题比较严重的地区之一。回顾了苏锡常地区地下水禁采历程,对禁采后出现的地质环境进行了效应分析,并从不同类型地下水开采和地面沉降的内在联系和客观规律的角度,科学理性地分析了“禁采令”存在的不足,对该区域进一步做好地下水资源可持续开发利用与保护提出了建设性意见。

关键词:苏锡常地区;地下水;禁采效应;保护策略

中图分类号:P641.8

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2013)01-0058-05

地下水是人类赖以生存和发展的基础资源。苏锡常地区长期过量开采地下水产生了较严重的地质灾害,探讨地下水禁止开采后的地质环境效应、掌握不同类型地下水开采和地面沉降的内在联系和客观规律,是科学开发和保护苏锡常地区地质环境的关键和依据,对于苏锡常地区的资源、环境和社会和谐发展具有十分重要的意义。

1 基本情况

苏锡常地下水禁采区系指苏州市、无锡市、常州市所辖行政区域,但宜兴市、金坛市、溧阳市除外(以下称“苏锡常地区”)。该地区北滨长江、南临太湖,总面积12 970 km²,多年平均降水量1 200 mm左右,是著名的江南水乡,区内地势平坦低洼,江、河、湖、荡密布,水域面积达4 896.53 km²,占全区总面积的37.8%。该地区位于我国东部沿海长江三角洲“T”型经济区内,交通十分发达,区位优势明显,是我国人口最稠密、经济最发达、城市化及工业化程度最高的地区之一。据统计,区内常住人口为1 853.9万人,地区生产总值达13 948.9亿元,人均地区生产总值7.5万元。

依据地下水在含水介质中的赋存条件、水理性质及水力特征,苏锡常地区地下水可划分为松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类岩溶裂隙水和基岩构造裂隙水三大类。其中松散岩类孔隙水自上而下可依次划分为潜水

含水层(组)和第 Ⅰ、第 Ⅱ、第 Ⅲ承压含水层(组)。第 Ⅰ承压含水层富水性好、水质优良、分布广泛^[1],是该区地下水的主采层。但该含水层水文地质条件南北迥异。常州~江阴、张家港~常熟~太仓北部沿江带为长江新三角洲平原区。自第四纪以来,一直为长江河床的活动区域,堆积有厚度180~300 m的松散物,岩性以粗颗粒的粉细砂、中粗砂、含砾中粗砂为主,含水砂层极为发育。同时,由于长江部分主泓线直接切割第 Ⅰ承压含水砂层顶板,使沿江带地下水与长江水之间水力联系极为密切,地下水补给条件较好,所蕴藏的地下水资源极为丰富。南部太湖平原区虽含水层厚度、岩性、补给条件总体劣于北部长江新三角洲平原区,但该地区以中更新世长江古河道层积砂层为主体,沉积有厚30~50 m的细砂、含砾中粗砂层,赋存有丰富的地下水资源。

2 地下水禁采历程

2.1 地面沉降发展历史

苏锡常地区地下水具有水质良好、不易被污染、分布广泛以及便于利用的特点,因此地下水也成为该地区重要的供水水源。随着苏锡常地区城乡经济的高速发展,对水资源的需求量大增,加之地表水体污染愈发严重导致的水质型缺水,地表水源供水设施的投资、运行和维护费用逐渐提高,进而长期过量开采地下水,诱发了严重的区域性地面沉降和地裂缝等地质灾害。

苏锡常地区地面沉降经历了缓慢、显著、急剧沉降等几个阶段,与同时期地下水的少量开采、大量开采、超量开采相对应。20世纪60年代初期,苏锡常地区地下水开采量集中在苏州、无锡、常州3个中心城市,且开采量较小,地下水埋深基本处于天然状态。70年代后,深层地下水的开采开始形成规模。最初是三大城区开采井数和开采量急剧上升并迅速进入超采状态(年开采量约 $1.8 \times 10^8 \text{m}^3$),与此相应,城区第一承压水水位大幅下降,至80年代中期,35m水位埋深等值线已将苏锡常三市连在一起,面积达 1500km^2 。80年代中期以后,苏锡常三市地下水开采迅速扩展到外围广大乡镇地区,开采井数和开采量急剧上升(见图1),至1995年达到高峰(累计开采井数达4800多眼,年开采量高达 $4.5 \times 10^8 \text{m}^3$),水位降落漏斗面积达 5500km^2 ,漏斗中

心最大水位埋深达80余m(锡西前洲、洛社一带)。至2000年地下水埋深已接近 $88 \text{m}^{[2]}$ 。

随着地下水开采规模的与日俱增、水位埋深的持续下降,地面沉降的范围和程度也随之扩大,苏锡常地区地面沉降发展变化如图2所示。至2000年累计沉降量大于200mm的区间面积约占苏锡常地区总面积的一半,而500mm等值线面积超过 1500km^2 ,已圈合了苏州、无锡、常州3个中心城市^[3]。同时,因为不均匀沉降。常州东部~无锡西部~江阴南部地区由于不均匀沉降形成了13处地裂缝^[4]。

2.2 地下水禁采政策出台

苏锡常地区地下水超采导致地面沉降等地质灾害的问题引起了社会各界的高度关注,江苏省政府在1995年划定了苏锡常地下水超采区,决定对超采区内的地下水实行限制开采,苏锡常地区地下水开采量终于进入负增长状态,以平均 $3000 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 的速率递减,开采量由1995年的 $4.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 下降到1999年的 $3.36 \times 10^8 \text{m}^3$,水位下降速率趋缓,局部地区水位开始缓慢回升^[5]。

但由于地下水过量开采的滞后效应,地面沉降、地裂缝灾害仍在继续发展,地质灾害未能得到根本控制,对当地经济社会发展和人民群众生活造成不良影响,特别是1999年太湖流域发生的超历史特大洪涝灾害中,地面沉降扩大了洪涝灾害肆虐范围,加剧了洪涝灾害影响程度。这些问题引起了社会各界的广泛关注。2000年8月26日,江苏省人大常委会颁布了《关于在苏锡常地区限期禁止开采地下水的决定》,要求2005

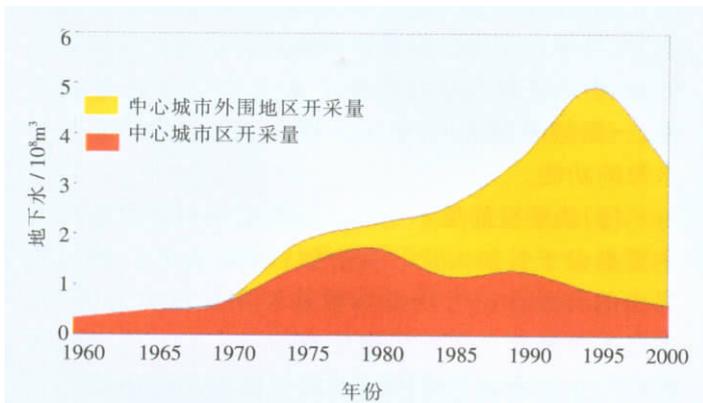


图1 苏锡常地区1960~2000年深层地下水开采过程图
Fig.1 The deep groundwater pumping process in the Suzhou-Wuxi-Changzhou area from 1960 to 2000

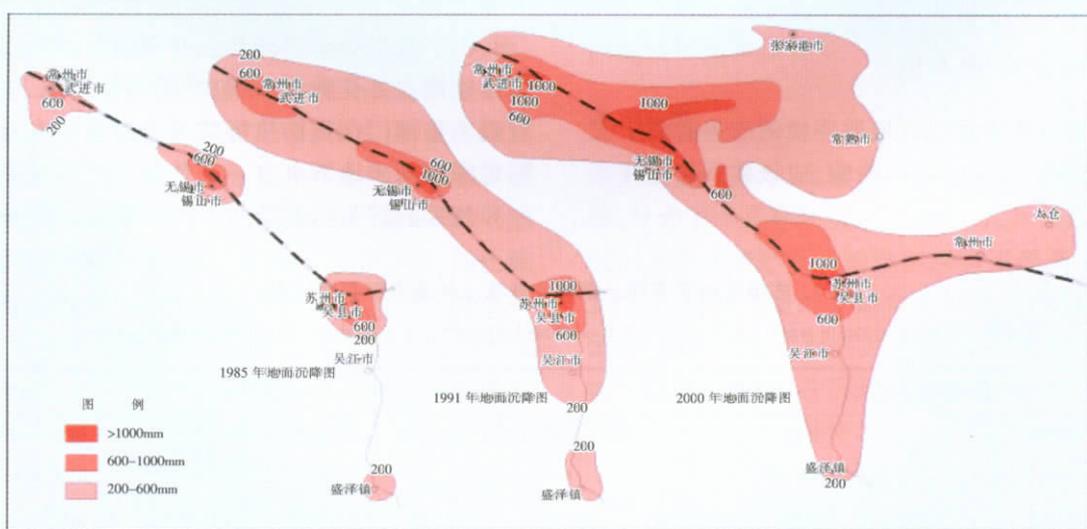


图2 苏锡常地区地面沉降发展变化图
Fig.2 The changes of land-surface subsidence in the Suzhou-Wuxi-Changzhou area

年12月31日前在苏锡常地区全面禁止开采第 承压及其以下含水层的地下水,以地方立法的形式明确了禁采工作的主体责任、实施时间、完成目标和法律责任等。江苏也成为国内通过地方立法手段确定地下水禁采工作目标、程序和要求,实现对地面沉降控制的第一个省份。

经过苏锡常地区各级政府和社会各界5年的努力,地下水禁止开采工作如期完成,至2005年10月底,苏锡常地区4917眼深井,除经省政府批准保留的86眼特殊行业用井外,其余4831眼井全部实施了封填。其中苏州市2798眼、无锡市1100眼、常州市933眼。地下水开采量2000年为 $2.88 \times 10^8 \text{m}^3$,到2005年仅为 $0.26 \times 10^8 \text{m}^3$,目前年开采量不足 $700 \times 10^4 \text{m}^3$,彻底扭转了无序盲目开采的混乱局面。

3 禁采后地质环境效应分析

自2000年地下水禁采以来,苏锡常三市平均水位埋深由46m、58m、50m升至20m、44m、42m,绝大部分地区升幅超过20m。40m水位降落漏斗面积由2000年的近4000 km^2 缩小至2009年的1200 km^2 ,基本实现了地下水水位全面回升的目标。不同时期第 承压水位埋深面积见表1。

地下水禁采明显改善了苏锡常地区地质环境。地面沉降得到有效遏制,地面沉降速率由禁采初期的以10~40 mm/a 为主(局部地区高达80~120 mm/a),减缓至目前的以小于5 mm/a 为主,累计遏制了近900 km^2 的地面沉降。已有地裂缝活动性明显减弱,且未出现新的地裂缝。

4 禁采政策存在的不足

禁采政策为苏锡常地区地质环境的改善起到了关键作用,但经过十余年的实践检验,应该看到它还存在以下不足:

(1)未考虑水文地质差异。从水文地质来看,苏锡常南北水文地质条件迥异。北部沿江为长江新三角洲平原区,南部为太湖平原区。长江新三角洲平原区紧靠长江,水文地质条件得天独厚,为长江古河道沉积地区,含水砂层厚达80~150m,历年来水位埋深多在15m以下。地下水禁采令未考虑这种水文地质条件的差异,采用一刀切的方法不利于沿江带地下水资源的合理开发利用。

(2)未发挥地下水作为应急备用水源的功能。地下水作为具有多年水量丰枯调节能力、上覆松散地层天然渗滤保护等特点。相比地表水,地下水在水质和水量方面具有更好的稳定性和优越性。国外发达国家的普遍做法就是利用地下水的优势,建立地下水应急备用水源地。苏锡常北部沿江为长江古河道沉积地区,水文地质条件得天独厚,赋存的水量极为丰富,具备建立应急供水水源地的客观条件。禁采令的贯彻实施中未考虑到地下水可作为应急备用水源,一概禁采地下水,未能发挥地下水作为补充备用水源的功能。

(3)禁采目的层不明确。苏锡常地面沉降的产生主要是由于长期大量开采松散岩类孔隙水,造成砂层中的孔隙水压力降低导致地层内部压力失衡,含水层本身及其上覆地层被压密而引发的。地面沉降的幅度主要取决于含水层及其顶底板的可压缩性和地下水水位的下降幅度。地裂缝灾害主要由地面的不均匀沉降引起。而深部基岩地下水因埋藏于基岩裂隙中,含水层可压缩性小,开采后引发地面沉降的可能性极小。

由于禁采令未明确禁止开采第 承压以下地下水仅指松散岩类孔隙水,不包括深部基岩地下水,各地水行政主管部门在贯彻执行禁采令过程中本着从严的原则对深部基岩地下水也一并禁采。将深部基岩地下水一并禁采的行为与该禁采令的初衷有一定偏差。

表1 苏锡常地区不同时期第 承压水位埋深面积对比表

Table 1 Comparison of water table-area for confined aquifer in the Suzhou-Wuxi-Changzhou area

年份	<20m		20~40m		40~60m		60~80m		>80m	
	面积 /km ²	比例	面积 /km ²	比例						
2000	1 163	14.2%	3 308	40.4%	2 597	31.7%	895	10.9%	234	2.8%
2005	2 384	29.1%	4 407	53.8%	877	10.7%	473	5.8%	55	0.7%
2009	3 793	46.3%	3 208	39.1%	706	8.6%	489	6.0%	-	-

5 可持续开发利用与保护策略探讨

苏锡常地区地下水禁采是非常时期的非常之举,该举措为实现地面沉降在短时间内的快速“刹车”做出了巨大贡献。然而,在经历“超采~限采~禁采”之后,我们既要深刻认识到地下水资源的有限性—绝不是“取之不尽、用之不竭”,可以无节制地开采和利用;也要充分认识到地下水资源的可再生性—不是一点都不能用,关键是如何把握量和度,从而实现地下水资源可持续利用。从资源环境可持续利用的角度考虑,找到地下水资源开发、地质环境保护和社会发展相协调的优化方案,保持地下水资源环境的生态平衡。在历经多年禁采,地面沉降已明显减缓的今天,继续坚持禁采深层孔隙水的同时,应按地下水资源赋存和分布规律,从以下两个方面进一步加强苏锡常地区地下水资源开发利用与保护。

(1)有序开发深部基岩地热水。地下水既具有环境属性,又具有资源属性。对地质环境有效保护的同时,最大限度地实现其经济价值,才更符合地区社会经济的科学发展。

基岩地热水是清洁、高效、无污染的地下能源和水资源,在自然资源日趋紧缺的今天,开采地热水不仅可以促进经济科学发展,更可以节约资源,造福于民。苏锡常地区中生代和古生代的石灰岩地层分布广泛,其埋藏深度 500~3 000m 不等,上部覆盖有近千米厚的泥岩(红层)或火山岩,区内大部分地区兼备地热水形成的三要素—盖、储、热,存在规模可观的基岩地热水资源。

苏锡常地区地面沉降主要是由于强烈开采地下水,造成地下水水位急剧下降导致含水层内部压力失衡,含水层本身及其上覆地层被压密而引发。地面的不均匀沉降则会进一步诱发地裂缝灾害。可见,地面沉降发生在孔隙承压水开采区,而深部基岩地热水因埋藏于基岩裂隙中,开采后含水层本身压缩的可能性极小。基岩地热水埋藏深度大部分在 1 000m 以下,与上部孔隙水含水层隔有数百乃至上千米厚的泥岩、泥砂岩或火山岩地层,两者之间无水力联系。地热水主要由大气降水从山区补给,径流运动主要在深部的地热含水层内部进行,对其进行有序的科学开采不会影响上覆孔隙水的压力平衡而引起含水砂层压缩变形和粘性土释水压密,故不会引发地面沉降、地裂缝等地质灾害。

(2)切实加强地下水应急备用水源地建设。长江是苏锡常地区沿江市、县唯一饮用地表水源,然而长江水

质影响因素众多,易受突发性水污染事件影响。地下水具有水质好、防污能力强和可调节等优点,加之苏锡常地区高度集中的区域供水方式,深层地下水资源作为应急供水水源的战略地位凸显。2007年,太湖蓝藻大面积爆发,在危急形势下无锡市果断启用 28 口备用深井向附近居民供水,对于缓解水危机起到了重要作用。

苏锡常南北水文地质条件迥异。常州—江阴、张家港—常熟—太仓北部沿江带为长江新三角洲平原区,自第四纪以来一直为长江河床的活动区域,堆积有厚度 180~300m 的松散物,岩性以粗颗粒的粉细砂、中粗砂、含砾中粗砂为主,含水砂层极为发育。同时,由于长江部分主泓线直接切割第 Ⅱ 承压含水砂层顶板,使沿江带地下水与长江水之间水力联系极为密切,地下水补给条件较好,所蕴藏的地下水资源极为丰富。南部太湖平原区虽含水层厚度、岩性、补给条件总体劣于北部长江新三角洲平原区,但在中更新世时期长江古河道流经该区域,沉积有厚 30~50m 的细砂、含砾中粗砂层,赋存有较丰富的地下水资源。苏锡常全区第 Ⅱ 承压地下水年可开采量达 $7\,793 \times 10^4 \text{m}^3$,且大部分水质良好,符合国家生活饮用水标准。

因此,在长江新三角洲平原区建设数个日供水规模在 $10 \sim 30 \times 10^4 \text{m}^3$ 的集中式地下水应急备用水源地,与现有区域供水设施相衔接,在长江水源地受突发性水污染事件影响停止供水时启用,重点保障居民生活用水;在南部太湖平原区有序、分散建设地下水应急备用深井,在太湖水源地受到突发性水污染事件影响停止供水时启用,作为集中式应急备用水源地的补充,从而提高苏锡常地区应对突发性水污染事件的饮用水战略储备能力。

6 结语

20 世纪末,苏锡常地区长期超采深层地下水资源,导致了一系列环境地质问题。尤其是苏、锡、常中心城市地面沉降严重,给该区经济发展造成巨大损失。2000 年以来实施的苏锡常地区地下水禁采措施成效显著,地质环境状况明显好转,地下水位普遍回升,地面沉降逐年减缓。在历经多年禁采、地面沉降已明显减缓的今天,在继续坚持禁采深层孔隙水的同时,应按地下水资源赋存和分布规律,有利、有度地开发利用地热水资源,并将深层地下水资源作为应急供水水源,这对今后科学保护和开发利用苏锡常地区地下水具有重要指导意义。

参考文献:

- [1] 赵文涛,李亮. 苏锡常地区地面沉降机理及防治措施[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2009, (3): 88-93.(ZHAO Wentao, LI Liang. The mechanism of land subsidence and its prevention measures in Suzhou-Wuxi-Changzhou area[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control. 2009,(3):88-93. (in Chinese))
- [2] 张落成,陈振光,吴楚材. 苏南太湖流域的地面沉降问题及其防治对策[J]. 湖泊科学, 2003,(3): 5-8. (ZHANG Luocheng, CHEN Zhenguang, WU Chucai. Land subsidence problem and its control in Taihu basin of south Jiangsu province due to overexploitation of underground water [J]. Journal of Lake Science, 2003, (3): 5-8. (in Chinese))
- [3] 于军,王晓梅,武健强,等. 苏锡常地区地面沉降特征及其防治建议[J]. 高校地质学报, 2006,(2): 179-184.(YU Jun, WANG Xiaomei, WU Jianqiang, et al. Characteristics of land subsidence and its remedial proposal in Suzhou - Wuxi-Changzhou area [J]. Geological Journal of China Universities, 2006,(2): 179-184.(in Chinese))
- [4] 解晓南,许朋柱,秦伯强. 太湖流域苏锡常地区地面沉降若干问题探讨[J]. 长江流域资源与环境,2005,(2): 127-131. (XIE Xiaonan, XU Pengzhu, QIN Boqiang. Analysis on problems and countermeasures of land-surface subsidence in Tailake basin[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005,(2):127-131. (in Chinese))
- [5] 胡建平,隋兆显,陈杰. 苏锡常地区地下水禁采后的地质环境效应研究[J]. 江苏地质, 2006,(4): 261-264.(HU Jianping, SUI Zhaoxian, CHEN Jie. Study on geological environmental effect after banning groundwater pumping in Su-Xi-Chang area [J]. Jiangsu Geology, 2006,(4): 261-264. (in Chinese))

Effect Analysis and Protection Strategy after Banning Groundwater Pumping in Suzhou-Wuxi-Changzhou Area

JIANG Yong¹, YANG Guilian^{2,3}, CHANG Benchun¹, ZHANG Shuan^{2,3}

(1. Water Resources Service Center of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China; 2. Bureau of Hydrology, MWR, Beijing 100053, China; 3. Groundwater Monitoring Center, MWR, Beijing 100053, China)

Abstract: Groundwater over pumping brought some serious geological environmental problems in the Suzhou-Wuxi-Changzhou area. This paper sorted out the banning course and analyzed the effect after banning groundwater pumping. From the relation and internal law of different types of groundwater pumping and land-surface subsidence, rationally scientific and rational analysis on some shortages of banning command was done. Some constructive opinions and strategies were advanced in sustainable utilization and protection of groundwater in the area.

Key words: Suzhou-Wuxi-Changzhou area; groundwater; effect after banning groundwater pumping; protection strategy

《中国防汛抗旱》杂志征订、征稿启事

《中国防汛抗旱》杂志是中国科学技术协会主管、中国水利学会主办、国家防办业务指导的以防汛抗旱减灾为主题的综合类刊物,国内外公开发行,中国核心期刊遴选数据库(万方数据库)、中国期刊全文数据库(同方数据库)、中文科技期刊数据库(维普资讯网)收录本刊。

欢迎全国水利系统、大专院校、科研院所等从事防汛抗旱减灾、水文水资源、水利工程建设与管理等相关工作的社会各界人士订阅和来稿。

栏目设置:特稿、会议专栏、专题研讨、调查研究、灾后反思、减灾技术、经验交流、国外经验、政策研析、信息资讯、减灾动态等。

刊登内容:防汛抗旱理念、方略、机制,防汛抗旱经验、教训、建议,洪水和干旱机理,水旱灾害管理,防

汛抗旱信息动态及防汛抗旱技术开发推广等相关方面具有创新性的学术论文、应用报告、专题综述。

近期征文主题:防办能力建设、中小河流治理、山洪灾害防治非工程措施建设、抗旱规划实施、抗旱服务组织建设、防汛抢险队伍建设、洪水风险图编制、防汛抗旱调度、洪水影响评价条例实施等。

出版发行:每逢双月出版,每册定价10元,全年共60元;由中国防汛抗旱杂志社自办发行。

订阅电话:(010)68532207 (010)68532209

传真:(010)68522446

投稿电话:(010)68781008

投稿邮箱:cfdm2006@126.com

通讯地址:北京市海淀区玉渊潭南路1号D座706室
邮编:100038