

文章编号:1671-4814(2015)04-306-05

浙江温黄平原地下水控采后地面沉降效应分析^{*}

黎 伟,陈远法,沈慧珍,吴孟杰,诸 烨

(浙江省地质环境监测院,杭州 310007)

摘要:通过收集整理相关检测数据,分析浙江温黄平原地下水控采后的地面沉降特征及发展趋势。结果表明,随地下水大幅减采,地下水位回升明显,地面沉降同步快速减缓,由区域性沉降转变为局部工程性沉降,认为工程性沉降监测防治是今后温黄平原地面沉降防治工作的重点。

关键词:温黄平原;地下水控采;地面沉降效应

中图分类号:X143

文献标识码:A

温黄平原地处浙江省中部台州市境内,是台州市经济最发达的区域。该区地面沉降始于上世纪 80 年代,经历了沉降形成—扩展—急剧发展三个阶段,先后出现路桥城区、金鹏集团、温岭市淋川—东浦、横峰街道等四大沉降中心,金鹏集团、横峰街道等沉降中心累计沉降量均达 1 m 以上。自 2006 年以来该区大力推进地下水控采措施,地下水水位稳步回升,地面沉降同步减缓,地下水引起的地面沉降基本得到控制,地面沉降防治成效显著。

以往关于温黄平原地面沉降的研究主要集中在地下水大幅度开采条件下地面沉降现状、发展趋势及防治措施等方面^[1-4],对地下水控采后的地面沉降效应分析较少。本文通过收集整理大量监测数据,分析温黄平原地下水控采后地下水开采量、地下水水位及地面沉降效应等,总结温黄平原地面沉降的发展规律,为后续温黄平原地面沉降防控提供参考。

1 区域水文地质特征

温黄平原主要分布两个孔隙承压含水组(Ⅰ组、Ⅱ组),含水组岩性主要由上、中更新统砂砾石层或砂砾石含粘性土组成。第Ⅰ承压含水组顶板埋深 65~85 m,厚 5~25 m,富水性在古河道中心地段单井涌水量 1000~3 000 m³/d,局部地段达 5000 m³/d,水质在北部、洪家、金清以北及黄岩大部分地

区为咸水或微咸水,其它地区为淡水。第Ⅱ承压含水组顶板埋深 100~140 m,厚 5~40 m,含水组富水性在古河道中心地段单井涌水量 1000~2500 m³/d,平原区北部、黄岩区及洪家、金清一带有(微)咸水分布,其它地区为淡水^[1]

2 地下水控采概况

温黄平原地下水开采经历了大幅增采、基本稳定、缓慢减采至大幅度减采四个阶段。自 1985 年的 49 眼开采井增至 1998 年的 160 眼,1999 年~2010 年大致维持在 100~130 眼,2011 年地下水控采力度加大,开采井减少至 68 眼,2012 年和 2013 年分别减至 17 眼和 9 眼。地下水开采量从 1985 年的 500×10⁴ m³ 增加到 1995 年的 2695×10⁴ m³,至 2010 年一直维持在(1450~2000)×10⁴ m³,2011 年减采至 769×10⁴ m³,至 2013 年为 72×10⁴ m³^[1-5](图 1)。

3 地下水控采后的地面沉降效应

3.1 漏斗中心水位整体回升

温黄平原因不断开采地下水导致自 1985 年开始先后形成了以路桥、温岭为中心的地下水位漏斗,自 2006 年开始地下水控采后,漏斗中心水位整体逐步回升。如路桥城区漏斗中心Ⅰ组水位从 1985 年的

^{*} 收稿日期:2015-01-23 改回日期:2015-04-15 责任编辑:汪建宁
基金项目:部省合作项目“浙江海洋经济发展示范区地质环境调查评价”(项目编号:121201122000)。
第一作者简介:黎伟,1981 年生,男,高级工程师,水文地质工程地质专业,主要从事水文地质、环境地质调查评价工作。

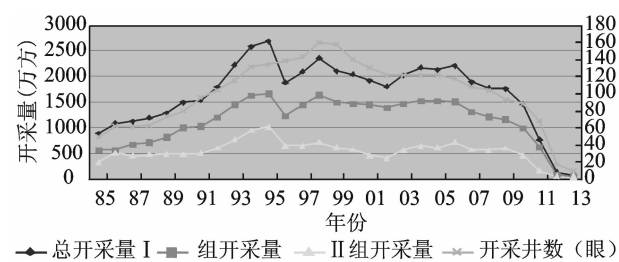


图 1 温黄平原地下水开采年份与开采量统计曲线图

Fig. 1 Curves showing relationships between years and quantities of groundwater exploitation in Wenhuang Plain

表 1 温黄平原漏斗中心(路桥城区)水位动态

Tab. 1 Dynamic levels of groundwater of funnel center in the Wenhuang Plain										
漏斗中心 位置	漏斗 名称	漏斗中心平均水位(m)								
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
路桥 城区	I	-48.05	-48.05	-48.05	-49.16	-49.13	-45.57	-36.58	-33.12	-27.97
	II	-44.38	-43.37	-43.53	-43.01	-43.3	-42.91	-40.89	-36.91	-38.18

年温黄平原大部分地区沉降速率 ≥ 10 mm/a, 路桥东部金清一带沉降速率 30~40 mm/a, 甚至超过 40 mm/a, 2010 年沉降速率 >30 mm/a 和 >10 mm/a 的面积分别为 237 km² 和 523 km²(图 3)。自 2011 年大幅减采后为 2011~2012 年沉降速率 ≥ 30 mm/a 沉降闭合圈已消失, 路桥城区出现小幅回弹, 回弹量为 0~5 mm, 总体上温黄平原地面沉降减缓趋势显著。

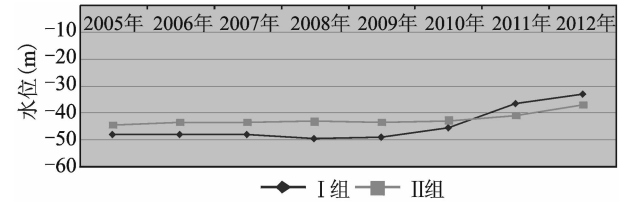


图 2 温黄平原漏斗中心(路桥城区)水位动态曲线图

Fig. 2 Dynamic curves of groundwater levels of funnel center in the Wenhuang Plain

4 地面沉降状况与地下水开采、地下水水位动态密切相关

4.1 沉降中心累计沉降量与地下水累计开采量呈正相关性

通过对路桥城区沉降中心 2008~2013 年地面累计沉降量和地下水累计开采量进行分析(表 2), 认为随着地下水累计开采量不断增加, 累计沉降量同步增大(图 4), 当累计开采量不变(年开采量为零)时, 累计沉降量逐年减小(出现回弹现象), 两者基本同步, 统计分析得出两者相关系数为 0.932^[6]。

-26.09 m 降至 2005 年 -48.05 m, 至 2013 年回升至 -27.97 m, 2013 年较 2005 年水位回升 20.08 m; II 组水位从 1985 年的 -26.09 m 下降到 2005 年的 -42.36 m, 2013 年水位为 -38.18 m, 较 2005 年回升 4.18 m^[3-5](表 1、图 2)。区域地下水位(I、II 组)降落漏斗日趋平缓, 且明显收窄, 较地下水控采之前均有不同程度回升。

3.2 地面沉降范围和速率同步减小

温黄平原地面沉降水准监测始于 2002 年, 随后 2008 年开始每年监测。监测数据^[2]显示, 2008~2010

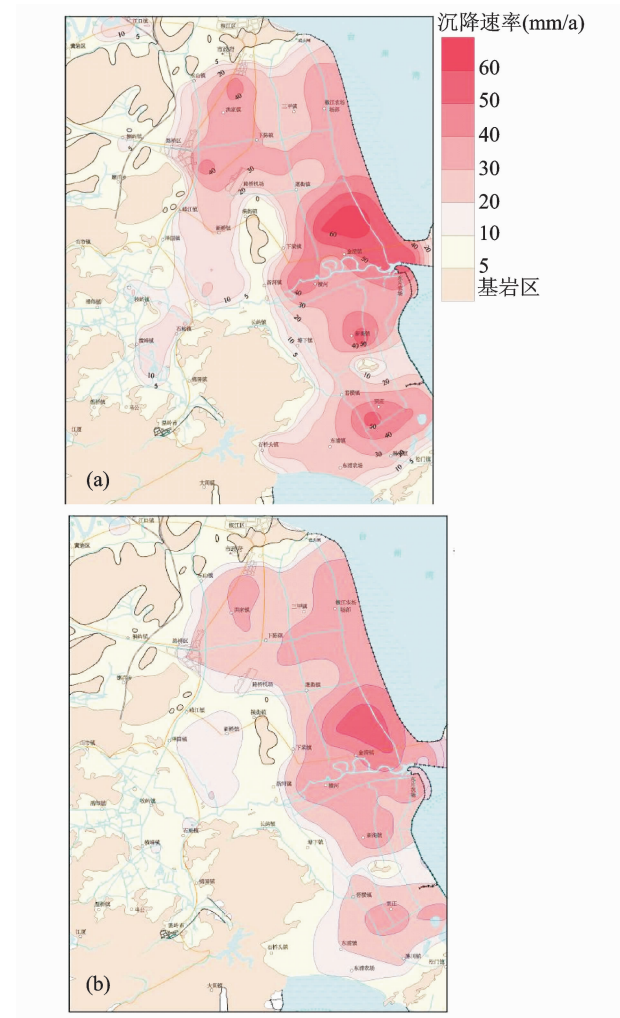


图 3 温黄平原地面沉降速率等值线图(a-2002~2008 年;b-2010 年)

Fig. 3 Contour line of ground subsidence rate in the Wenhuang Plain (a:2002~2008; b:2010)

4.2 沉降中心沉降速率与地下水水位密切相关

通过对路桥城区沉降中心沉降速率与水位监测分析(表 3),随地下水水位回升,沉降速率同步减缓,尤其是当 2009 年地下水水位快速回升时,沉降中心出现小幅回弹现象(图 5)。总体趋势上水位回升前期沉降减缓趋势较后期更加明显,主要是含水砂层弹性变形在水位恢复初期恢复量较大、后期恢复量较小,而粘性土层变形几乎不能恢复^[6]。

表 2 路桥城区沉降中心累计沉降量与累计开采量关系一览表
Tab.2 Relationship between cumulative subsidence and accumulative exploitation in the Luqiao urban area

年份	2002~2008	2002~2009	2002~2010	2002~2011	2002~2012	2002~2013
累计开采量/ 10^4 m^3	2418.09	2761.84	2993.69	3145.74	3145.74	3145.74
累计沉降量/mm	162	192	211	210	206	202

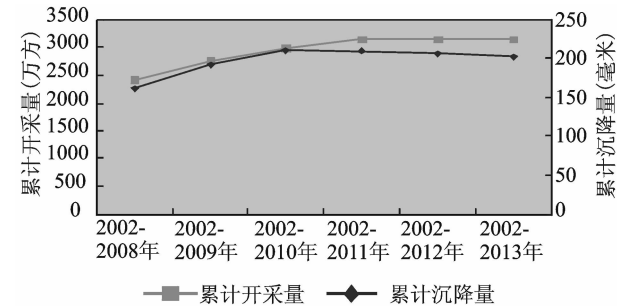


图 4 路桥城区累计沉降量与累计开采量关系图
Fig. 4 Relationship between cumulative subsidence and accumulative exploitation in Luqiao urban area

表 3 地面沉降速率与漏斗中心地下水水位关系一览表
Tab.3 Relationship of ground subsidence rate and groundwater levels in funnel centers

漏斗中心位置	漏斗名称	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
路桥城区沉降中心	I 组水位 /m	-49.16	-49.13	-45.57	-36.58	-33.12	-27.97
	II 组水位 /m	-43.01	-43.3	-42.91	-40.89	-36.91	-38.18
	沉降速率 /mm	30	19	-1	-4	-4	-1

表 4 地面沉降现状与漏斗中心地下水水位关系一览表
Tab.4 Relationship between ground subsidence status and groundwater levels in funnel centers

年份	温黄平原			路桥区东部		温岭市南部	
	年开采量/ 10^4 m^3	>30 mm/a 的面积	>10 mm/a 的面积	I 组(229) 水位/m	II 组(TZ01) 水位/m	I 组(329) 水位/m	II 组(330) 水位/m
2008	1775	237	523	-38.63			-35.31
2009	1760	43	318	-38.82			-35.96
2010	1449	36	340	-38.25		-35.61	-35.59
2011	769	0	65	-35.17	-35.94	-24.39	-38.47
2012	131	0	1	-29.96	-30.86	-29.45	-29.07
2013	72	32	188	-25.14	-26.02	-25.35	-25.38

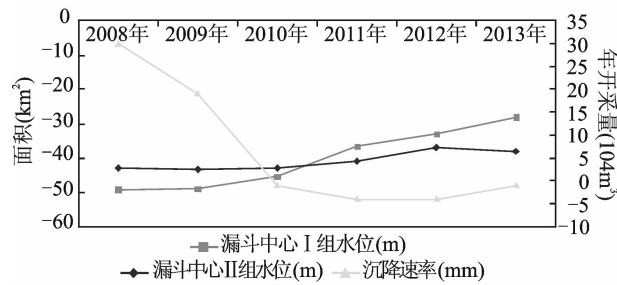


图 5 路桥城区沉降中心沉降速率与地下水水位关系图
Fig. 5 Relationship between subsidence rate and groundwater levels in subsiding center in Luqiao urban area

5 区域地面沉降受地下水开采、地质环境条件及工程建设强度制约

5.1 区域地面沉降状况受地下水开采制约

随着区域开采量从 2008 年的 $1775 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 骤减至 2012 年的 $132 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 和 2013 年的 $72 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,沉降速率 $>30 \text{ mm}$ 及 $>10 \text{ mm}$ 面积呈同步减小趋势,尤其当 2011 年大幅减采后,区域沉降速率 $>30 \text{ mm}$ 闭合圈消失,沉降速率 $>10 \text{ mm}$ 面积也从 2010 年的 340 km^2 减少至 2011 年的 65 km^2 和 2012 年的 1 km^2 ,分别减少 80.88%和 99.70%,区域地面沉降减缓趋势显著(表 4、图 6)。

5.2 区域地面沉降状况受地质环境条件和工程建设强度制约

在 2011 年和 2012 年地下水大幅减采后,2013 年地下水开采量进一步减少,沉降速率 $>10 \text{ mm/a}$ 和 $>30 \text{ mm/a}$ 的面积分别为 188 km^2 和 32 km^2 ,较 2012 年分别增加 187 km^2 和 32 km^2 ,主要分布在路桥区东部、温岭市东北部及南部的局部地区,区域地面沉降出现局部加剧趋势(图 7)。

根据水位监测数据分析(表 4),一方面上述沉降区域地下水(I 组、II 组)水位较 2012 年均有大幅回升,由此推断其局部沉降加剧并非地下水开采引

起。另一方面,从区域地质环境条件和人类工程建设强度角度考虑,上述地区连续软土厚度达 50 mm 以上,且滨海地区为近十年围垦区域,同时上述区域均位于台州市循环产业集聚区内,大规模工厂、道路及其它工程建设力度的加大,致使软土自然固结和上部荷载的共同作用导致局部地区工程性沉降呈加剧趋势。

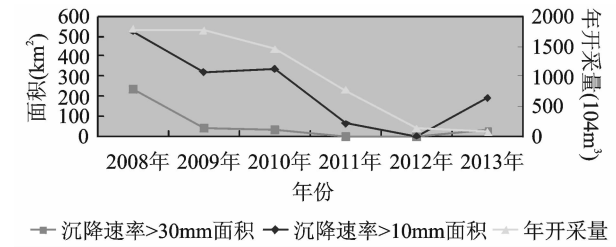


图 6 开采量与地面沉降现状关系曲线图
Fig. 6 Relationship between exploitation quantity and ground subsidence status

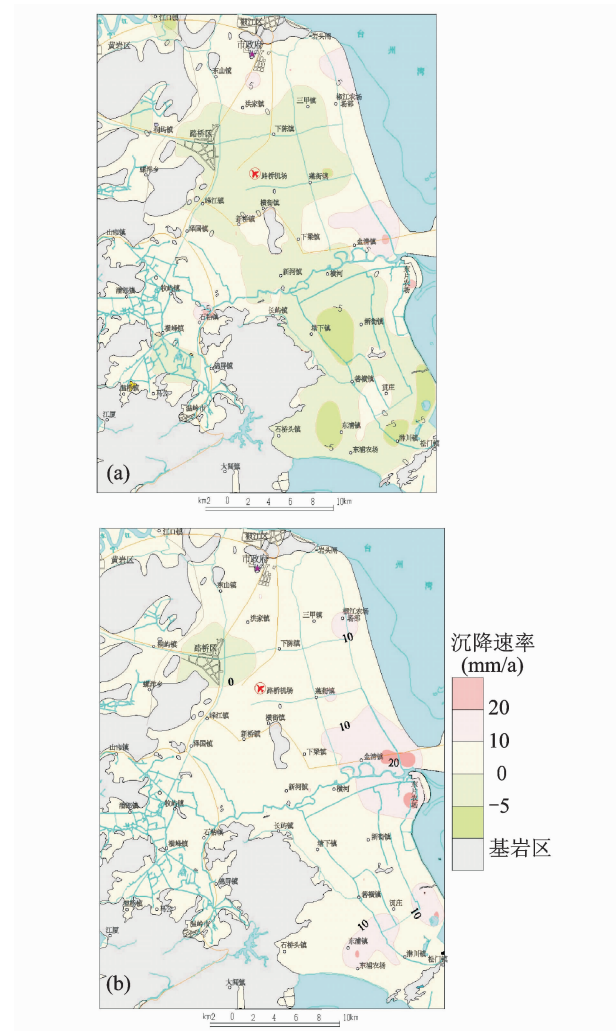


图 7 温黄平原地面沉降速率等值线图(a-2012 年;b-2013 年度)
Fig. 7 Contour map of ground subsidence rate in the Wenhuang Plain (a-2012; b-2013)

6 结论与建议

经多年地下水控采,温黄平原大部分地区地面沉降呈现减缓趋势,局部地区出现回弹,地下水控采效果显著。沉降中心地面沉降状况与地下水开采和地下水水位动态密切相关。沉降中心累计沉降量随开采量的不断增加而增加,当地下水停采后,累计沉降量呈减少趋势。区域沉降中心沉降速率与漏斗中心水位随着水位的回升而同步减缓,且水位回升前期较后期沉降速率减缓幅度更大。区域地面沉降状况受地下水开采、地质环境条件和工程建设强度影响,当地下水控采后,城市建设密集区或工程建设密集区的工程性沉降将日益突出。

随着地下水控采工作的推进,温黄平原地面沉降防治重点将由因地下水开采引起的地面沉降向以工程性沉降为主转变。在现有地面沉降监测网基础上,建立健全工程性地面沉降监测网,加强工程性沉降成因规律及防治研究,是今后温黄平原乃至整个沿海平原地面沉降监测研究的重点之一。

参考文献

[1] 浙江省地质环境监测总站.台州市环境地质调查评价报告[R].杭州:浙江省地质环境监测总站,2009

[2] 浙江省地质环境监测总站.浙江省温黄平原环境地质调查评价报告[R].杭州:浙江省地质环境监测总站,2004.

[3] 浙江省地质环境监测院.浙江省“十一五”地质环境监测成果报告[R].杭州:浙江省地质环境监测院,2011.

[4] 浙江省地质环境监测院.温黄平原地面沉降监测报告(2012年)[R].杭州:浙江省地质环境监测院,2013.

[5] 浙江省地质环境监测院.温黄平原地面沉降监测报告(2013年)[R].杭州:浙江省地质环境监测院,2014.

[6] 刘思秀,沈慧珍,赵建康,等.浙江沿海平原地下水控采后的地质环境效应[J].地质灾害与环境保护,2013,24(2):37-44.

[7] 赵建康,吴孟杰,刘思秀,等.浙江省滨海平原地面沉降及监测网络研究[J].地质灾害与环境保护,2004,15(1):16-19.

[8] 沈慧珍,吴孟杰,黎伟,等.浙江省“十一五”地面沉降防治工作主要成就回顾[J].浙江国土资源,2011,(4):56-57.

[9] 周岚,苏胜利.嘉兴市深层地下水开采与地面沉降的分析[J].浙江水利科技,2005,(3):23-25.

[10] 沈慧珍,赵建康,刘思秀,等.杭嘉湖平原地面沉降防治效应分析[J].上海国土资源,2013,35(4):114-117.

Ground subsidence effects since groundwater exploitation restriction in Wenhuang plain

LI Wei, CHEN Yuan-fa, SHEN Hui-zhen, WU Meng-jie, ZHU Ye

(Zhejiang Institute of Geo-Environmental Monitoring, Hangzhou 310007, China)

Abstract:Based on the collection and analysis of some relevant data, we discuss the ground subsidence characteristics and development trends, ever since the measures of groundwater exploitation restriction had been carried out in the Wenhuang plain, Zhejiang Province. The result shows that underground water levels has gone above significantly along with groundwater exploitation significantly reduced, and ground subsidence has turned regional subsidence into local engineering subsidence. It is concluded that engineering subsidence monitoring is important in controlling ground subsidence in the Wenhuang plain from now on.

Key words:the Wenhuang plain; groundwater exploitation restriction; ground subsidence effects

