

开采浅层地下水对地面沉降影响的探讨

王彩会, 陈杰, 朱锦旗

(江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018)

摘要: 苏锡常地区由于长期过量开采深层地下水, 已诱发了严重的地面沉降灾害。为此, 江苏省政府下达了在2005年全面禁采深层地下水的文件。为解决用水问题, 许多专家、学者建议开采利用浅层地下水。在苏锡常地区开采浅层地下水是否会同样诱发严重的地面沉降问题, 是目前争议的焦点。文章详述了苏锡常地区水文地质条件及地面沉降现状, 确定了地面沉降的各种影响因素, 分析对比了浅层地下水与深层地下水在开采条件下所能引起的地面沉降量, 说明采用合理的开采工艺开发利用浅层地下水不会诱发严重的地面沉降。

关键词: 浅层地下水; 开发利用; 地面沉降; 苏锡常地区; 水文地质条件

文章编号: 1003-8035 (2004) 04-0079-03

中图分类号: P642.26 P641.8

文献标识码: A

引言

苏锡常地区长期以来一直以质优、量大的深层地下水(主要指顶板埋深为80~110m的第Ⅱ承压水)作为主要开采水源。长期的过量开采诱发了大面积的地面沉降, 使得浅层地下水水位相对上升, 农田渍化严重, 造成区内生态、建设环境不断恶化, 严重影响到国民经济建设的可持续发展。为缓解和控制区内地质灾害的继续发生、发展, 江苏省政府下达苏锡常地区地下水禁采令, 要求在2005年底全面禁采深层地下水。禁采后, 为解决供水管网不能覆盖到的偏僻农村及一些特殊行业的需要, 许多专家、学者提出在苏锡常地区开发利用浅层地下水。

1 问题的提出

在超采深层地下水诱发严重地面沉降的情况下, 人们对于浅层地下水的开采也存在很多忧虑。一些人认为浅层地下水含水层岩性较细, 松散、径流条件比较差, 区域流场调济能力弱, 开采浅层水会导致砂层压密固结, 产生更为严重的地面沉降问题; 另外一些人的观点则相反, 认为浅层地下水埋藏较浅, 在地表水资源丰富的苏锡常地区易于得到补给, 是可恢复资源。开采浅层地下水不仅不会诱发严重的地面沉降问题, 还能降低地下水水位, 使苏锡常地区严重的渍害问题得到解决。

针对以上两种观点, 本文结合苏锡常地区水文地质条件(主要为Ⅱ承压含水层及浅层地下水含水层), 分析影响地面沉降量的因素, 通过对浅层地下

水引起地面沉降量的计算, 说明浅层地下水开采的可行性。

2 水文地质条件

2.1 浅层地下水

由于以往对浅层地下水的研究较少, 目前对于浅层地下水的定义还未统一^[1], 根据本区的水文地质情况, 确定50m以浅的含水层为浅层地下水含水层。

含水层岩性为亚粘土、粘土和粉细砂, 上部粘土层厚度6~10m, 透水性较差; 下部粉砂和粉砂夹亚粘土薄层组成浅层地下水含水砂层, 其中20m以浅含水层岩性多为粉细砂, 厚度为5~15m左右, 分布稳定, 为浅层地下水的主要开采层位, 但其用水规模比土井利用量要小得多。

浅层地下水的单井涌水量远远小于深层地下水, 多为3~20m³/d。但由于水井数量较多, 统计其总出水量较为可观, 且又直接接受上部地表水、大气降水补给。多年来浅层地下水水位埋深基本保持不变, 一般0.5~4.5m。

2.2 深层地下水

第Ⅱ承压含水层为苏锡常地区主采层, 以下对深层地下水的讨论均是Ⅱ承压含水层。

收稿日期: 2003-10-28; **修回日期:** 2004-03-05

作者简介: 王彩会(1973—), 女, 硕士, 毕业于河海大学, 地质工程专业, 主要从事水文、工程、环境地质方面的工作。

顶板埋深 80~110m, 厚度为 10~60m 不等, 含水砂层主要由 1~2 层粉细砂、中粗砂组成, 砂层厚度在古河床地带可达 30~50m, 在边缘地带 10~25m。

开采初期(20 世纪 70 年代以前)水位埋深 10m 以浅, 单井涌水量一般 2000m³/d。之后地下水开采总量迅速增长, 长期以来, 开采量远远大于补给量, 造成含水层水位持续下降。目前单井涌水量一般在 1000~1200m³/d, 50m 水位埋深等值线已包括全区, 中心水位埋深达 80 多 m。

3 地面沉降现状及影响因素分析

3.1 地面沉降现状

苏锡常长期大量超采深层地下水诱发大面积的地面沉降。据 1999 年水准测量及 GPS 测量资料, 苏锡常地区累计地面沉降量在 200mm 以上的面积已达 5000km², 范围涉及沿沪宁线中心城市带以及江阴南部、张家港南部、常熟西部及昆山、太仓等地; 沉降量大于 1000mm 的面积达 351km²。因此在锡西、武进东部、江阴南部形成大面积的沉降洼地。近年来, 各地沉降速率在 10~120mm/a。预计在今后几年, 随着禁采计划的逐步实施, 地面沉降速率将逐步减小。

3.2 地面沉降的影响因素

开采地下水在一个地区是否会发生地面沉降, 会产生多大的沉降量, 主要取决于两大因素: ①开采地下水引起的孔隙水压力降低; ②易压缩土层的存在。其中地下水水位持续下降是产生地面沉降的外在动力, 而易压缩土层是产生地面沉降的内在基础。

根据土力学原理, 粘性土(层)最终沉降量计算公式为:

$$S = \frac{a}{1 + e_1} \Delta h \cdot \gamma_w \cdot H \quad (1)$$

$$\text{砂层的沉降量为: } S = \Delta h \cdot \gamma_w H / E_s \quad (2)$$

式中: e_1 ——土的孔隙比;

a ——土的压缩系数 (MPa⁻¹);

γ_w ——水的重度 (kN/m³);

E_s ——砂层的弹性模量 (MPa);

H ——砂(粘性土)层的厚度 (m);

Δh 为水位降 (m)。

由 (1)、(2) 式可以看出: 水位降、粘性土厚

度及其压缩系数、含水砂层厚度及其弹性模量是影响地面沉降的主要因素。

4 地面沉降分析对比

从分层标监测数据可以看出, 地面沉降量主要来自含水层顶板自身的固结压缩。浅层地下水含水层底板为粉质粘土, 厚度较大, 渗透系数较小, 可视为较好的隔水层。因此本次计算仅考虑含水层顶板及含水砂层的沉降量。

4.1 含水层顶板沉降量对比

浅层地下水: 顶板即为潜水含水层, 厚度 5~10m, 其压缩系数为 0.24~0.33MPa⁻¹。由于其垂向(大气降水、灌溉用水、地表水)补给资源量较为丰富, 多年来水位基本保持不变, 由此引发的地面沉降量基本可忽略不计。

深层地下水: 顶板厚度 10~60m, 其压缩系数为 0.07~0.23MPa⁻¹, 为低、中压缩性土。由于含水层水位降多为 40~50m, 造成地面沉降量也较大。

4.2 含水砂层沉降量对比

由于常州市清凉山分层标测量的地面沉降资料及各土层力学性质参数较为齐全。本文通过常州国棉一厂(K33 孔)地层为例, 据砂层的土力学参数, 对浅层地下水与深层地下水开采所诱发的砂层沉降量进行计算对比(表 1)。其中考虑到浅层地下水未进行大规模开采, 到目前水位埋深基本不变, 计算时考虑了开采井的开采工艺^[2,3](子母井和串联井), 将水位埋深控制在含水层顶板进行计算。

表 1 含水砂层参数及其沉降量计算结果

Tab. 1 The calculated results of land subsidence

	水位降 (m)	砂层厚度 (m)	弹性模量 (MPa)	砂层沉降量 (mm)
浅层地下水	6.6	10.6	11	63.6
第Ⅱ承压水含水层	53	37.9	33	609

5 计算结果分析

由计算结果可知: 虽然浅层地下水含水砂层岩性细, 弹性模量较小, 顶板粘性土压缩系数小, 但由于其垂向补给资源量(地表水、大气降水、灌溉用水)较为丰富, 同时采用合理的开采方式(子母井^[2]、串联井), 既能提高单井涌水量, 又不会引起过大的水位降(控制到含水层顶板), 有效地控制地面沉降的发生。而深层地下水含水砂层厚度大, 弹

性模量大, 由于单井涌水量较大, 长期过度开采, 水位降很大, 由此诱发的地面沉降量较大。

需要指出的是: 由于浅层地下水的开发利用示范工作在苏锡常地区刚刚开展, 无实测资料可供参考, 仅在理论上对于开采浅层是否诱发地面沉降问题进行探讨。另外, 也想通过本文起到抛砖引玉的作用, 对开采浅层地下水与地面沉降的关系问题进行深入、多方面的探讨。

参考文献:

- [1] 田宁宁, 王凯军. 大有利用前景的水资源——浅层地下水 [J]. 环境保护, 2001, (7): 45-46.
- [2] 顾阿明, 王彩会, 朱锦旗. 苏锡常地区浅层地下水开发利用前景分析 [J]. 水文地质工程地质, 2003, 30(4): 90-92.
- [3] 王彩会, 顾阿明, 等. 苏锡常地区浅层地下水资源保护和合理开发利用试验研究报告 [R]. 南京: 江苏省地质调查研究院, 2002.

Inquiring into the influence of shallow groundwater exploitation on land subsidence in Suzhou, Wuxi and Changzhou area

WANG Cai-hui, CHEN Jie, ZHU Jin-qi

(Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210049, China)

Abstract: In Suzhou, Wuxi and Changzhou area, the land subsidence caused by the excess extraction of deep groundwater has become a serious hazard. Therefore the provincial government has made a decision that the extraction of deep groundwater in this area is completely prohibited from 2000 to 2005. In order to supply adequate water resources, many experts and scholars have suggested exploiting the shallow groundwater. However, the focus of the present dispute is whether the shallow groundwater exploitation will cause the same land subsidence problem as the deep groundwater did. In this paper, the hydro-geological condition, present situation of the land subsidence and the influence factors of the land subsidence are discussed in detail. The paper also analyzes and compares the differences of the descent volume of shallow groundwater and deep groundwater in the process of the extraction. It is concluded that the reasonable extraction of shallow groundwater can't cause the serious problem of the land subsidence.

Key words: shallow groundwater; development and exploitation; land subsidence; Suzhou-Wuxi-Changzhou area; hydro-geological condition

(上接第72页)

structure's safety. The variation of surrounding rock pressure is a major cause which makes the lining cracked besides the temperature change, the water disaster, the lacking strenght, the deficient thickness and the reducing of concrete wear. The paper calculates and analyzes the cavities behind the lining with 2D elasto-plastic FEM method based on inspection results of the railway tunnel's disaster. The analysis educes a systematic cognition on the effect to lining's safety factor by different positions, different size cavities and cavity groups, and put forward sharply that the gapping between lining and surrounding rock is the important cause which worsens the lining's stress and looses the surrounding rock. The paper also compares the different effect on the straight-wall lining and the bent-wall lining, and considers that the bent-wall lining can transfer the load to the sidewall better, thereby reduces the influence of the back cavities. And then, this paper gives reasonable explanations to problems of the inspection.

Key words: fracturing failures of tunnel lining; back cavity; safety factor; contact relation between lining and surrounding rockmass