

地下水对地面沉降的影响关系浅析

赵青霞 黄鹏飞 杨了然 赵学君 王度斐

(河北省地矿局第四水文工程地质大队 河北 沧州 061000)

[摘要]沧州市位于华北平原东部,处于九河下嘴的滨海平原,地质条件比较脆弱,地表水和浅层淡水资源相对匮乏。自20世纪六十年代末开始开采深层淡水,至七十年代、八十年代、九十年代、本世纪初的不断、大量开采深层地下水,引发了地下水位降落漏斗。随着深层地下水的长期超量开采,地下水位持续下降,地下水位降落漏斗面积逐年扩大,产生了地面沉降等环境地质问题。沧州已经成为华北地区地面沉降比较严重的地区之一。

[关键词]沧州;地面沉降;地下水

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.06.773

自20世纪70年代初期开始,沧州市开始开采深层地下水,随着社会经济的不断发展,开采量迅速增加,主要用于农业、工业和城市居民生活,年均开采量超过10亿立方,由于地下水不能得到及时、有效的补给,造成了地下水位不断下降,并逐步形成了以沧州市为中心的区域地下水位降落漏斗,致使地下含水层孔隙水压力减小,黏土层失水,孔隙被压密而导致地面沉降。

目前沧州已经成为华北平原乃至全国地面沉降比较严重的地区之一,在华北地区地面沉降监测网络建设的基础上,沧州建成了集分层标组监测、水准监测、地下水位动态监测、InSAR监测为一体的全方位、多层次、立体化、技术体系完备的综合性监测网络系统。

1 地质环境概况

1.1 地质构造

沧州市大地构造属于中朝准地台的华北平原沉降带,在中生代末至早第三纪初期处于隆起状态。从始新世开始下沉,由于受到北东向断裂带的影响,形成了一系列相互分割的地堑、地垒。自晚第三纪开始普遍下沉,早第三纪形成的地垒、地堑被掩埋。自新第三纪以来,本区有多次火山活动,火山岩多呈不连续分布,地表仅在海兴县小山有出露。

1.2 第四系

根据2001《中国地层指南》中的规定,采用258万年做为第四纪下限年代,为早更新世开始年代;以78万年的布容~松山极性界限,为中更新世开始年代;以12.8万年为晚更新世开始年代;以1万年为全新世开始年代。

由于第四系松散沉积物的沉积过程所处环境不同,工作区区域层厚350—550m,局部厚达550—600m。依据其分层标志、成因类型标志、岩性特征、空间分布等进行综合分析来确定地层时代的划分,将沧州市内第四纪地层自上而下划分为:

(1)全新统(Q_n):底界埋深20—40m,岩性主要为灰黄、黄灰、灰褐色粉质黏土及粉土,局部地区含粉砂,为海陆交互沉积地层。

(2)上更新统(Q_p^3):底界埋深120—170m,岩性主要为灰黄、灰及少量灰绿、浅棕黄色粉质黏土、粉土与粉砂、细砂层,有似黄土状及淋溶淀积层。局部有薄层淤泥质黏土,海相化石层。

(3)中更新统(Q_p^2):底界埋深250—350m,岩性主要为棕黄、黄棕、灰绿色黏土与细砂、中砂、粉细砂,砂层较发育,淋溶淀积层较发育,具有明显的混粒结构,属河湖相沉积。

(4)下更新统(Q_p^1):底界埋深350—550m,岩性主要为棕红、黄棕、灰绿色厚层黏土、粉质黏土及锈黄色细砂层,普遍有铁锰质结核,局部黏土可见风化长石砂粒,具不明显的混

粒结构,属湖相为主的河湖相沉积。

1.3 地下水位降落漏斗

本区漏斗形成于1969年,最早出现在市区,随着开采量的不断增加,先后出现了青县、任丘、黄骅漏斗,各漏斗区不断扩展,最终各漏斗区连接在一起演变为一个典型的区域复合型大漏斗,并不断发展。根据漏斗中心水位埋深与市区开采量的多年资料显示,漏斗中心的纵向发展过程至今基本可划分为以下七个阶段,1970—1979年为快速发展阶段、至1988年为稳定阶段、至1994年为较快发展阶段、至2006年为缓慢下降阶段、至2010年为逐渐回升阶段、至今为不稳定下降阶段。

2 地面沉降成因

引起地面沉降的原因一般分为自然因素和人为因素。自然因素中,包括构造活动、土层的自重压密固结、海平面上升,人为因素中,包括过量开采地下水、地表荷载加重等。

2.1 自然因素

①构造活动

华北平原沿海地区全新世晚期以来一直处于强烈的构造下沉运动之中,沉降速率约为1—5mm/a,而沧州地区沉降速率为1—2mm/a。

②土层的自重压密固结

物质经过搬运、沉积后,在各种因素的综合作用下,地层将逐渐排水、固结、压密。地层在地质历史上所承受的最大垂直有效应力称为地层前期固结压力 P_c ,根据 P_c 和 P_o (自重应力)的相对大小,可将土层分为欠固结、正常固结和超固结三种固结状态。

欠固结地层: $P_c/P_o=OCR<1$

正常固结: $P_c/P_o=OCR=1$

超固结: $P_c/P_o=OCR>1$

地层的自重压密,是指地层中的欠固结土层在上覆载体的作用下,土体发生排水、固结和压密,最终导致地面沉降。当土层压密到一定程度即自重作用 $P_o=P_c$ 时,土层达到正常固结状态,地层内应力达到平衡状态,就不会再产生地面沉降(未考虑地下流体开采的影响)。

沧州分布有巨厚的第四系松散沉积层,固结程度较低,尤其在沧州沿海地区,地层形成时间较短,而地层中的欠固结土层以软弱土层为主,包括淤泥、淤泥质土和部分冲填土、杂填土及其他高压缩性土。欠固结地层在自身重力作用下会产生自然压缩变形,从而形成地面沉降。地层的自重压密固结引起的地面沉降量大小取决于OCR值,OCR值越小,欠固结程度越高,地面沉降速率越大,随着OCR值的逐渐增大,沉降速率会逐渐减缓。若不考虑人为因素和地质构造等因素,当OCR值=1时,地面沉降就会停止。

③海平面上升

海平面对地面沉降的影响主要表现在相对差异沉降方面。近几十年来渤海湾的海面变化不大,但总体趋势为上升趋势。因此,全球性海面上升,就渤海这一局部来说并未构成严重威胁。近几十年来表现出来的沿海地区防潮能力降低,入海不畅等现象以及渤海风暴潮的侵袭等等,其直接原因是过量开采地下水造成的地面沉降。其对策也应主要是控制地面沉降。

2. 2人为因素

①超采地下水

长期大量超采地下水,首先会引起地下水系统水动力条件的变化,然后从局部水位下降到区域性水位下降,从形成单井水位降落漏斗发展到区域性水位降落漏斗,导致松散地层大量释水,使地层压缩、固结,是形成地面沉降的主要原因。

沧州地面沉降形成于20世纪70年代初,1975年之前,地面沉降仅发生在深层地下水漏斗的中心地带,沉降速率一般小于10mm/a;1975~1985年随着深层地下水的大规模开采,出现了大面积深层地下水降落漏斗,含水层释水压缩,地层岩土力学平衡遭到破坏,黏性土层被压密,地面沉降的范围不断扩展,沉降速率不断增大,沉降速率达到20~100mm/a;1986年之后,地面沉降继续发展,速度加快,影响范围进一步扩大,出现了多个地面沉降漏斗;到2007年,沧州市关停市区自备井,其余地区也进行相应的限采、压采措施,地面沉降才有所缓和。

②地表荷载

伴随着社会经济的持续发展,沧州市在“三年大变样”活动开展和沧州新城区建设过程中,中心城市功能得到大幅度提升,沧州体育馆、国际会展中心、狮城公园等一批标志性建筑投入使用,新建星级酒店2家,28平方公里的沧州新城已现雏形。同时,市区内老旧小区改造,棚户区安居工程等陆续动工,全市处于大规模开发建设过程中,与之相关的基坑开挖,建筑物工后沉降等地表活动出现,是主城区当前地面沉降的主要贡献因素。与区域性地面沉降影响不同,由基坑开挖等引发的沉降分布范围小,幅度大,进而引起的变形梯度大,对地表构建筑的影响甚至破坏显著。

3 沧州地下水与地面沉降的关系

3.1区域

将沧州市地下水水位(浅层、深层)与地面沉降速率图进行对比分析可知:沧州市西部的肃宁地区浅层水位,与该地区地面沉降速率相吻合,因此肃宁一带受浅层地下水开采的影响较大;沧州市中部的青县、沧县、南皮、泊头、东光、吴桥沉降带的沉降速率与深层地下水水位变化趋势较相似,地面沉降主要发生在水位埋深大于50m的区域,这些地区主要开采深层,地面沉降受深层地下水开采影响较大;沧州市东部沉降带浅层、深层地下水水位较为稳定,其地面沉降速率也相对平缓。

地面沉降主要发生在水位埋深大于40m的区域,整体上地面沉降成与地下水开采成正相关,开采量大,地面沉降速率也较大:深层地下水水位埋深大于65m,地下开采强度大,深层地下水下降幅度大,地面沉降速率一般大于50mm/年;深层地下水埋深55~65m,地下水开采强度中等,深层地下水水位变化不大,地面沉降速率一般为30~50mm/年;深层地下水埋深小于55m,地下水开采强度较小,深层地下水水位埋深略有回升,地面沉降速率一般小于30mm/年。

3.2典型监测点

以分层标站的数据为例:由于沧州市区的地面沉降成因主要为深层的开采我们采用F4-F5标段,该标段监测层位为

250~350m,对应的水位资料采用D4的水位,该孔监测层位为270~370m。该分层标孔的监测曲线及水位孔的监测曲线详见图3-1、3-2。

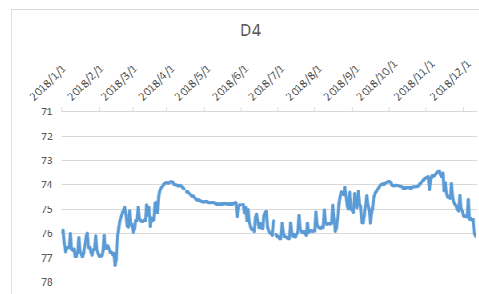


图3-1 D4水位孔监测曲线

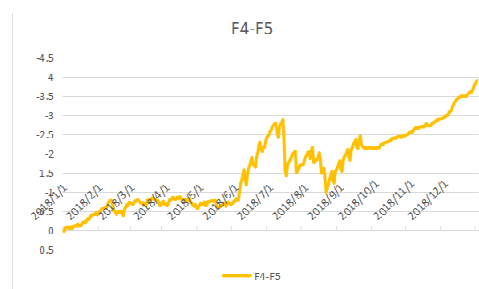


图3-2 分层标监测曲线

根据2018年水位监测数据分析可知,水位埋深从2月14日的76.83m急剧大幅回升直到4月1日的73.89m,为本年度最小值,幅度为2.94m;而后埋深增加到7月13日的76.17m,幅度为2.28m;而后开始缓慢回升到11月9日的73.44m,为本年度埋深最小值,幅度为2.73m;而后埋深逐渐增大到76.12m。本年度该层水位埋深变差为0.71m。

根据分层标监测数据分析,分层标与水位的上升及下降趋势一致,但存在时间上的滞后性。从开始到6月5日都是缓慢回弹的,回弹量为0.997mm;而后开始急剧大幅回弹,至7月13日的2.879mm回弹到最大值,回升幅度为1.882mm;而后至8月20日的1.01mm回弹减小,幅度为1.869mm;而后开始急剧大幅度回弹到9月19日的2.459mm,幅度为1.449mm,而后到12月底持续缓慢增大。整体回弹量为3.91mm。

4 结语

沧州地面沉降主要发生在深层水位大于50m的区域,整体上地面沉降成与地下水开采成正相关,开采量大,地面沉降速率也较大,深层地下水水位埋深大于65m,地面沉降速率一般大于50mm/年;深层地下水埋深55~65m,地面沉降速率一般为30~50mm/年;深层地下水埋深小于55m,地面沉降速率一般小于30mm/年。在西部肃宁一带,地面沉降与浅层的水位呈正相关,主要由于肃宁一带的地下水开采主要为浅层。由此可见,沧州区域的地面沉降成因主要为地下水的开采,且地下水开采对地面沉降的影响存在滞后性,分层标同组显示滞后约两个月。

参考文献

- [1] 邢一飞. 沧州地面沉降影响因素分析及预测评价研究[D]. 中国矿业大学(北京), 2017.
- [2] 环渤海地区(河北部分)地下水资源与环境地质调查评价. 河北省, 河北省地质调查院, 2009-01-01.
- [3] 骆祖江, 胡颖, 陈卓, 田小伟. 地下水压缩开采对沧州市地面沉降的控制效果预测[J]. 工程勘察, 2018, 46(05): 31-38+78.