

成果与方法

东营市城区地面沉降影响因素

王小刚,邹祖光,王秀芹,王成明,季春来

(山东省鲁北地质工程勘察院,山东 德州 253015)

摘要:通过对东营市城区地面沉降监测数据的分析,得出东营市城区地面沉降的主要影响因素是长期开采石油、天然气、深层地下水,使地层应力增加产生压缩;新构造运动、全球海平面上升、欠固结土自然沉降以及地面荷载是地面沉降的次要影响因素。

关键词:地面沉降;影响因素;东营市城区

中图分类号: P642.26

文献标识码: A

地面沉降多发生于平原或内陆盆地工业发达城市及油气开采区。据统计,迄今全世界已有60多个国家或地区发生了地面沉降,我国有90多座城市或地区发现程度不同的地面沉降,地面沉降问题越来越受到全球的密切关注^[1]。东营市位于山东省北部,濒临渤海,地势低平,坡降很小,通过监测,发现已产生不同程度的地面沉降(主要指东营市城区,以下简称东营市)。

1 地面沉降现状

1985年,国家地震局地球物理研究所和山东省地震局,进行了东营—垦利现代形变测量,地面沉降量最大为80 mm。2000年,对东营市部分高程点进行了高程复测,地面沉降量为248~397 mm。

2002年10月—2003年2月,经过4个月的沉降观测,发现区内43个地面沉降观测点的沉降量为9~38 mm。区内普遍存在地面沉降,且西部比东部沉降量大。各观测点平均沉降量为21 mm。西城—六户—牛庄以西地区,沉降量均大于20 mm,东部沿海地区小于10 mm(图1)。经统计分析,该区地面沉降速率为15.1~23.3 mm/a,累计沉降量为272~397 mm。

2 地面沉降地质背景

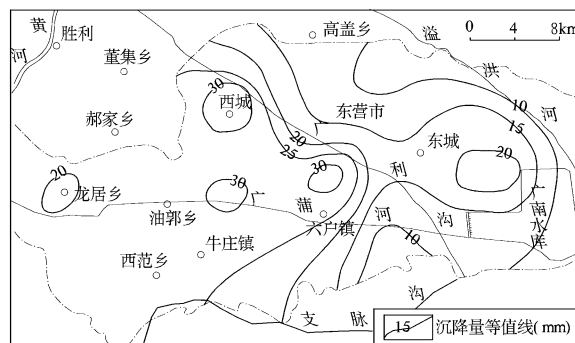


图1 东营市地面沉降等值线图

2.1 水文地质条件

东营市地下水含水层(组)可分为0~60 m 浅层潜水—微承压水含水层(组)、100~400 m 中层咸水承压含水层(组)、400~800 m 深层淡水—咸水承压含水层(组)、1000~1800 m 深层地热水承压含水层(组)、2000~3000 m 深层卤水承压水含水层(组)。深层淡水—咸水承压含水层(组):含水层顶板埋深400~500 m,底板埋深800~1000 m。深层淡水分布于史口北—东营电厂—广北水库一线以南的地区。含水砂层累计厚度20~40 m,单层厚度2~5 m,单井涌水量500~1000 m³/d,矿化度一般小于1 g/L,水化学类型主要为重碳酸氯化物—钠型、重碳酸硫酸氯化物—钠型水。

收稿日期:2005-09-08;修订日期:2006-05-16;编辑:孟舞平

作者简介:王小刚(1974-),男,山东济阳人,助理工程师,主要从事水工环地质工作。

邹祖光、戴政华、李学春等,山东省东营市城区地区沉降监测与评价报告,2004年。

区内深层地下水的水位动态影响因素主要为人工开采,在开采条件下,表现出地下水呈持续下降趋势。深层地下水动态监测孔位于东营区六户镇农开院一场,自 1991 年的平均水位高程 - 11.4 m,到 1997 年 6 月已下降为 - 31.9 m,平均每年下降 3.15 m(图 2),2002 年 5 月已下降为 - 45.9 m。

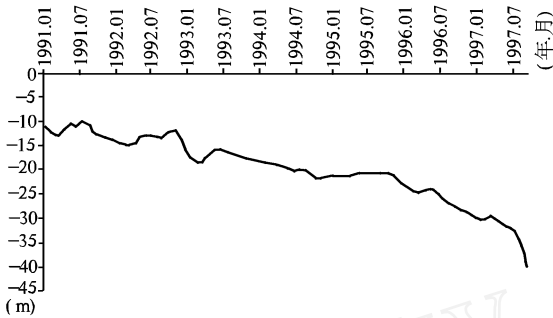


图 2 东营市深层地下水动态曲线图

根据东营市水文地质条件,在周边地区条件不变的情况下,开采年限 20 年内,该区地下水可采量为 $415 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。该区自 20 世纪 70 年代开始开采地下水,已有 30 多年历史。目前共有开采井 30

口,其中牛庄 17 口,六户 6 口,石化总厂 2 口,其他地区 5 口。主要用于城乡居民生活用水和工业用水,总开采量为 $576 \text{ m}^3/\text{a}$,属超采区。

2.2 工程地质条件

东营市地处华北沉降带,新近纪以来,地壳缓慢下沉。该区地面下 150 m 的沉积物为第四纪冲积海积物,多为土黄—灰黄—灰黑色粉土、淤泥质粉质粘土及粉细沙。天然含水量、孔隙比、压缩性均较大;150 m 以下多为新近系冲湖积冲海积物,多为粘土、粉质粘土与中细砂互层。其天然含水量、孔隙比、压缩性均相对较小。这些沉积物多为淤泥质粘土,含水量大、孔隙比大、强度低、压缩性强、易发生塑性流变。

按不同埋藏深度地层的成因类型,沉积年代、土的物理力学性质、水理性质、特别是土层变形和强度特征等因素综合考虑,该区可划分为 8 个工程地质层(表 1),为易发生地面沉降的砂层、粘土层互层的松散土层结构。

表 1 东营市工程地质层划分

地层时代			层深埋深(m)	厚度(m)	工程地质层	岩性
第四系	全新统 Q ₄	Q ₄ ¹	2.0~4.0	2.0~4.0	表土层	粉土、粉质粘土
		Q ₄ ²	18.4~28.8	15.7~23.6	第一压缩层	淤泥质粘土、粉质粘土
		Q ₄ ³	25.2~31.8	2.0~10.3	第一含水层	细砂
	上更新统 Q ₃	Q ₃ ²	60.0~70.8	31.8~39.0	第二压缩层	粉质粘土
		Q ₃ ³	110~117.8	47.0~59.4	第二含水层	粉细砂
	中更新统 Q ₂	Q ₂	150~160	38.0~45.0	第三压缩层	粉质粘土夹砂层
新近系	上新统 Nm	Q ₁	300~330	145~170		粉土、粉质粘土夹砂层
		Nm ³	400~460	105~150		粉质粘土夹砂层
		Nm ²	600~650	180~220	第三含水层	中细砂与粘土互层
		Nm ¹	900~1000	280~380	第四压缩层	粘土夹中细砂

3 地面沉降影响因素分析

能够引起地面沉降的因素可分为自然因素和人为因素 2 大类。自然因素主要包括新构造运动的影响、全球海平面上升、欠固结土自然沉降等;人为因素主要包括过量抽取地下流体、地面荷载等。

3.1 新构造运动的影响

东营市地处西太平洋构造带西缘,第四纪以来

的新构造运动和数百年来现今构造活动非常强烈,属地壳持续下降区,构造沉降增大了地面沉降值。

从天津市的统计数据得知,自 1910—1953 年北炮台(位于塘沽北侧)验潮站反映大沽原点趋势性下沉速率为 5.6 mm/a。他们同时根据 1931 年天津市区内某水准标志计算市区下沉速率为 4 mm/a。这些数据反映了天津市大量开采地下水之前的状况。有的地质学家认为天津市构造沉降速率为 2~4

mm/a,而该市控沉办测量人员通过水准测量认为,30 年来天津市地壳以 1~3 mm/a 的速率在稳定地沉降。由此可推知,东营市受新构造运动影响造成的地面沉降量应小于 3 mm/a。由于新构造运动引起的升降差异,地区变化较小,对地面沉降的时空变化规律影响较小。

3.2 全球海平面上升

气候变暖导致的全球性海平面上升,造成地面的相对下降,使地面沉降问题更加突出。任美铨研究给出现代黄河三角洲(东营)1956—1985 年海平面上升率为 1.5 mm/a^[2],采用 IPCC(政论间气候变化委员会)最佳估计 2030 年的理论海平面上升率为 4.5 mm/a。据国家海洋局 2000 年的海平面公报,中国沿海海平面上升速率已达 3 mm/a。由于海平面上升仅是毫米级,因此这一影响因素也是次要的。

3.3 欠固结土自然沉降的影响

东营市地处黄河三角洲,区内 0~30 m 深度内的地层多为第四纪全新世地层,其沉积环境受黄河和海洋交互或共同影响,形成了以细颗粒为主的地层。所表现出的岩性以粉土最为广泛,其次为粉质粘土、粉砂、粘土,局部含淤泥质。土的先期固结压力较低,超固结比为 0.5 左右,为欠固结土。在自重压力下,仍要固结压密,必然会自然沉降。这种自然沉降与开采地下流体导致的地面沉降无关,是常量,也是次要的,但在微量沉降条件下,自然沉降量也不可忽视。

3.4 抽取地下流体

东营市地处黄河三角洲,油气资源丰富,油气层主要赋存于古近纪沙河街组中。自 20 世纪 60 年代开采以来,使沙河街组地下流体形成了巨大的降落漏斗。同时也使地层产生压缩,导致地面沉降的产生,区内主要油气开采区多在沉降漏斗区内,如广利油田沉降漏斗(图 3)。

该区淡水资源极为缺乏且分布不均,黄河水受季节性影响,经常断流供给不足。自 20 世纪 70 年代以来,开始开采深层地下水,开采初期深层地下水均为自流,自流高度一般 3~10 m,最大 20 m。经过长期超量开采,现在已形成了地下水位降落漏斗。深层地下水开采集中于牛庄、六户、史口、电厂以南地区,漏斗中心地下水位埋深 50~60 m,下降速率 2

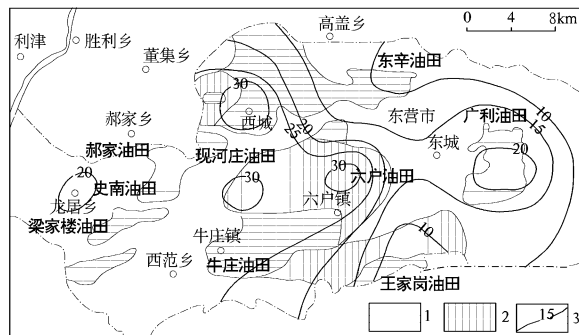


图 3 东营市地面沉降与油气开采图

1—油田;2—气田;3—沉降量等值线(mm)

~3 mm/a。目前,该区的地面沉降漏斗中心与地下水位降落漏斗的地区分布基本相符(图 4)。

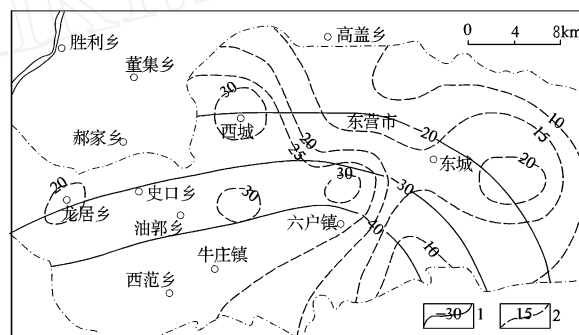


图 4 东营市地面沉降与地下水开采图

1—地下水位标高等值线(m);2—沉降量等值线(mm)

已发生严重地面沉降的城市如上海市、山东省德州市、天津市,地面沉降的主要原因均为长期过量抽取地下水。通过对该区多种因素综合研究并参考其他发生地面沉降城市的经验,东营市地面沉降的主要原因是长期开采石油、天然气、深层地下水,形成了深层地下水降落漏斗,使地层应力增加产生压缩,形成地面沉降。

3.5 地面荷载的影响

地面荷载包括城市建设施工、大面积堆积。地面荷载造成的地面沉降是局部的,有时是不可逆的。

城市建设施工造成地面沉降以高层建筑工程最具代表性。引起地面沉降较为明显的施工措施基坑开挖、降水。开挖过程中遇到饱和砂层或饱和淤泥质软土,如基坑深度和面积较大时,有可能造成结构失衡,从而引起基坑周边地区地面沉降。降水引起

天津市控制地面沉降办公室,加强控制地面沉降工作,保证我市国民经济持续、快速、健康发展,1997 年。

地面沉降与抽取地下水引起沉降的成因机理是一致的。建筑物施工后,对其下部地层持续加载,局部沉降持续很长时间,且很难恢复到初始地面标高。

该区地处黄河三角洲,分布有大面积的软土,利用黄河放淤需在洼地上大面积堆载。在堆载荷重的作用下,软土产生一维压缩固结,可形成区域性的地面沉降。地面荷载也是该区地面沉降的次要因素。

4 结语

东营市地处黄河三角洲,油气资源丰富,为我国第二大产区,油气资源的开采与地下水超采,造成了地面沉降的发生。地面沉降是一种缓变性的地质灾害,不易被察觉,但是,一旦酿成严重后果将难以补救。东营市濒临渤海,地面沉降会引起海水倒灌、咸水入侵、城市排水不畅、防洪能力降低、建筑物受

损等灾害的发生,给工农业生产、交通运输、城市建设和人民生活造成危害和严重经济损失。

加强地下水动态和地面沉降监测,根据可采资源量合理开采地下水,实施人工回灌地下水工程,是保护地质环境,预防和控制地面沉降的重要措施。必须制定长期规划,合理开发利用地下水资源,控制地面沉降的进一步发展,才能实现人与自然的协调以及地方经济的可持续发展。

参考文献:

- [1] 阎世骏,刘长礼.城市地面沉降研究现状与展望[J].地学前缘,1996,3(1):93-97.
- [2] 任美镔.黄河长江珠江三角洲近 30 年海平面上升趋势及 2030 年上升量预测[J].地理学报,1993,48(5):385-393.

Analysis on Effected Factors of Land Subsidence in Dongying District

WANG Xiao - gang , ZOU Zu - guang , WANG Xiu - qin , WANG Cheng - ming , JI Chun - lai
(Lubei Geo - engineering Exploration Institute , Shandong Dezhou 253015 , China)

Abstract : Through analysis on monitoring datas of land subsidence thoroughly in Dongying district , it is concluded that the main factors caused the land subsidence are oil and gas exploration and ground water extraction in long time which caused depression of reservoir stress ; while other factors , such as Cenozoic tectonic movement , rising elevation of the sea water , natural compaction of the unconsolidated soil and ground - loadings also play an important role .

Key words : Land subsidence ; influenced factors ; Dongying district

全省国土资源系统“十五”科技工作先进集体名单(24 个)

济南市国土资源局

青岛市国土资源和房屋管理局

淄博市国土资源局

东营市国土资源局

烟台市国土资源局

潍坊市国土资源局

济宁市国土资源局

泰安市国土资源局

威海市国土资源局

日照市国土资源局

枣庄市国土资源局薛城分局

莱芜市国土资源局莱城分局

临沂市国土资源局土地整理中心

德州市齐河县国土资源局

聊城市国土资源评估中心

滨州市邹平县国土资源局

菏泽市东明县国土资源局

山东省国土测绘院

山东省地质调查院

山东省地质环境监测总站

山东省地质科学实验研究院

山东省国土资源土地整理中心

山东省遥感技术应用中心

山东省土地勘测规划院