

技术方法

# 水准测量网监测在德州市地面沉降中的应用

何国荣<sup>1</sup>,冯在敏<sup>2</sup>,冯克印<sup>2</sup>,任翠爱<sup>2</sup>,商婷婷<sup>2</sup>,谭现锋<sup>3</sup>

(1. 浙江有色测绘院,浙江 绍兴 312000;2. 山东省地质环境监测总站,山东 济南 250014;3. 山东省鲁北地质工程勘察院,山东 德州 253015)

**摘要:**山东地面沉降灾害以鲁北平原最为严重,在德州地区的地面沉降已对当地人民的正常生产和生活构成了威胁,并制约了当地经济的可持续发展。通过建立水准测量网络及监测运行,查明了德州市地面沉降的规模和范围,研究成果表明工作区均存在地面沉降现象,截至2010年,德城区由于地下水开采强度大,地面沉降幅度最大,目前地面累计沉降量为-1186.9~-636.9 mm,多年平均沉降速率为59.35 mm/a,形成了以市区西北部为中心的地面沉降盆地。超量开采深层地下水是造成大规模地面沉降的重要因素。

**关键词:**地面沉降;降落漏斗;地下水位;水准测量;德州市

**中图分类号:**P227      **文献标识码:**B

## 0 引言

20世纪80年代,随着德州深层地下水开采量的增加,地下水降落漏斗的形成和发展,区内产生了不同程度的地面沉降,沉降范围包括德州市的德城区、武城县、平原县、陵县、宁津县部分地区。自此德州市建立起了地面沉降监测网络,该网络由地面沉降监测水准网、地面沉降监测GPS监测网、地面沉降监测地下水(水量)动态监测网组成,其中水准网、地下水动态监测网已建成,且运行较好,GPS监测网初步建成。

水准测量网的主要监测目的是查明德州市地面沉降的规模和范围,为研究德州市地面沉降提供相应数据资料。1989年在德州深层地下水降落漏斗外的禹城市张庄镇设立测量原点,对德州深层地下水降落漏斗区首次开展精密水准测量,至1992年完成第一轮地面沉降测量工作,共取得4次地面测量资料。2000年7月进行了第二轮地面沉降测量<sup>[1]</sup>。2005年因德州深层地下水降落漏斗扩展至禹城市张庄镇附近,为避免测量原点本身的沉降影响测量精度,同年9月在济南市历城区黄河北侧鹊山上建立了由3块岩层水准标石组成的原点组,同时利用

原有监测网标石开展了一期沉降测量<sup>①</sup>。2006—2007年,以济南鹊山为测量起点又进行了两轮精密水准测量,测量成果更加准确可靠。2010年地面沉降测量是前期测量工作的延续,测量起点为济南鹊山。

## 1 水准测量路线组成

为了保证成果资料的可靠性和起算点的稳固性,该工程利用埋在济南市历城区黄河北侧鹊山上的原点组,由原点组以一等水准精度向北沿104国道引测至临邑县城南15 km处(路线长度47.2 km),再沿乡村公路向西以一等水准精度测至张庄(路线长37.2 km),之后,由张庄沿省道S101线向西北以二等水准精度引测至德州市区(路线长度60.0 km),再经市区点向东二等水准精度测量的路线长度为40.1 km,经市区点向西二等水准精度测量的路线长度为24.6 km,向北测量的路线长度为12.3 km,全网联测各类水准点60点,沿途联测临时固定点13个。

## 2 水准测量方法

水准观测时,应在标尺分划线呈象清晰而稳定

\* 收稿日期:2012-03-13;修订日期:2012-06-04;编辑:孟舞平

作者简介:何国荣(1958—),男,浙江绍兴人,助理工程师,主要从事工程测量工作;E-mail:13906405719@126.com。

①山东省地质环境监测总站,任翠爱、王宁等,山东(德州市)地面沉降调查与监测报告,2008年。

时进行,根据天气情况,选择最佳时段测量。水准测量采用光学测微法,进行往返观测,进行水准观测时,在两基本标石之间的区段内,先连续进行所有测段的往测(或返测),再连续进行该区段的另一单程观测,每测段各单程的测站数均应为偶数,水准观测中在同一测站上不得两次调焦,使用同一型号仪器和同一类转点尺,沿同一道路进行,尽量做到“三固定”。每测段各单程的测站数均应为偶数。观测至2条水准路线交叉时,须详细记录接测情况。

### 3 水准测量平差计算

水准测量按等级进行平差计算,先计算一等,后计算二等,平差计算前对水准路线及每千米水准测量往返测高差中数的偶然中误差均进行验算,各项测量误差符合要求后,进行平差计算,平差计算所采用的高差均加入了水准标尺1 m间隔真长的改正及正高改正,平差计算采取2人对算,其一使用武汉测绘科技大学编写的《科傻地面控制测量数据处理系统 COSA》在微机上进行数据处理,其二使用清华山维测量技术开发公司编制的《工程测量控制网微机平差系统》进行数据处理,两者计算结果相同,计算数据正确、可靠。

### 4 取得的研究成果

根据水准测量成果,整个工作区均存在地面沉降现象,截至2010年,德城区由于地下水开采强度大,地面沉降幅度最大,目前地面累计沉降量在 $-1\ 186.9\sim-636.9\text{ mm}$ 之间,形成了以市区西北部为中心的地面沉降盆地,沉降中心位于德城区国棉一厂院内(D62),累计沉降量(1991—2010年)为 $1\ 186.9\text{ mm}$ ,多年平均沉降速率为 $59.35\text{ mm/a}$ 。2005—2006年沉降量 $-56\text{ mm}$ ;2006—2007年沉降量 $-89.0\text{ mm}$ ;2007—2010年地面平均沉降量 $93.2\text{ mm}$ ,年平均沉降量为 $31.1\text{ mm}$ ;1991—2010年地面平均沉降量为 $-900.8\text{ mm}$ ,年均沉降量为 $-47.4\text{ mm}$ 。整个德城区均被 $-500\text{ mm}$ 地面沉降等值线所包围;在德城到陵县刘洋、禹城张庄南附近沉降量渐变到 $-300\text{ mm}$ ,平均沉降速率为 $16.09\sim16.13\text{ mm/a}$ ;另外以平原县城为中心形成了一个小的地面沉降中心, $-400\text{ mm}$ 圈闭,累计地面沉降量 $-480.8\sim-398.1\text{ mm}$ ,多年平均沉降量 $-24.04\sim$

$-19.91\text{ mm/a}$ ;其他地区的地面沉降量较小,累计地面沉降量在 $-565\sim-282\text{ mm}$ 之间,多年平均沉降量 $-39.4\sim-17.6\text{ mm/a}$ 。

根据水准测量剖面图(图1,图2)可看出城区外围累计沉降量明显小于市区沉降量。德城区西部和北部,由于受德城区深层地下水降落漏斗、沧州漏斗、衡水漏斗共同影响<sup>①</sup>,地面沉降量相对较大。

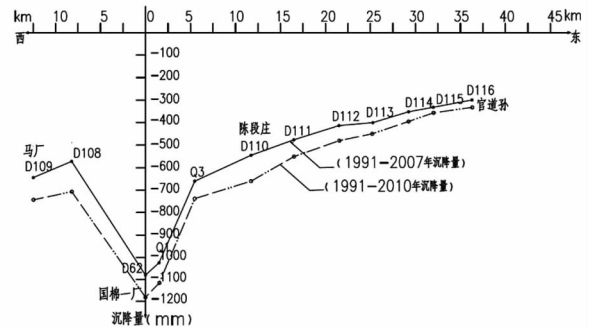


图1 东西线沉降量剖面图

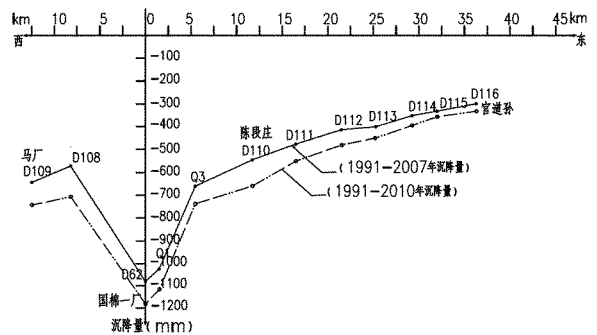


图2 南北线沉降量剖面图

### 5 德州地面沉降成因

地面沉降的形成是在特定的地质环境条件下由诱发因素触发而产生的。诱发因素有多种多样,不同因素诱发的地面沉降的范围、速率及持续时间不尽相同。其中人类活动因素是造成大规模地面沉降的重要诱发因素(超量开采地下水)。德州地面沉降与深层地下水位密切相关<sup>[2]</sup><sup>②</sup>,随着地下水位的持续降低,地面沉降量随之加大。区内自20世纪60年代开始开采深层地下水以来,地下水位埋深不断

① 中国地质科学院,杨丽芝,德州深层地下水位降落漏斗演变机制与可调控性研,2009年。

② 吉林大学,蔡文晓,德州市深层地下水开采与地面沉降关系研究,2009年。

下降,水头不断降低,深层地下水一直处于超采状态。深层地下水降落漏斗中心与地面沉降中心位置一致,均处于德城区国棉厂一带,且漏斗形态和扩展范围形状也基本相似。漏斗中心水位标高与地面标高随时间的变化曲线也基本相似。两者之间存在高度的相关性,即深层地下水位标高的不断降低,地面沉降量也随之增大,可见地下水水位下降与地面沉降关系密切。

## 6 结语

通过多年的水准测量网监测,初步查明了德州市地面沉降的规模、范围及沉降速率,但目前监测手段仍以人工监测为主,不能实现全天候的适时监测预警功能,同时也存在人为误差,建议引进自动化监

测和网络传输技术,建立地面沉降监测信息系统<sup>[3]</sup>,逐步建成以基准站、基岩标、分层标、GPS 和地下水动态监测为主要手段的山东鲁北平原区域地面沉降监测网,进而实现山东鲁北平原地面沉降的有效适时监测,综合研究地面沉降机理与发展趋势,提出山东鲁北平原地面沉降防控对策建议,为区域经济社会发展可持续发展提供基础地质依据。

## 参考文献:

- [1] 宋波. 德州地面沉降监测[J]. 地矿测绘, 2001, 17(3): 23 - 27.
- [2] 王小刚, 陈松, 王秀, 等. 德州市地面沉降成因及防治对策浅析[J]. 地质灾害与环境保护, 2006, 17(3): 62 - 66.
- [3] 金江军, 潘懋. 我国地面沉降灾害现状与防灾减灾对策[J]. 灾害学, 2007, 22(1): 118 - 119.

# The Monitoring of Land Subsidence Based on The Leveling Surveying Network in Dezhou City

HE Guorong<sup>1</sup>, FENG Zaimin<sup>2</sup>, FENG Keyin<sup>2</sup>, REN Cui'ai<sup>2</sup>, SHANG Tingting<sup>2</sup>, TAN Xianfeng<sup>3</sup>

(1. Zhejiang Nonferrous Surveying and Mapping Center, Zhejiang Shaoxing 312000, China; 2. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 3. Lubei Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China)

**Abstract:** Land subsidence is the most serious disasters in northern Shandong plain. It has threatened production and living in Dezhou region, and restricted the sustainable development of local economy. Through establishment and running of the leveling surveying and monitoring network, scale and scope of land subsidence in Dezhou city has been identified. It is showed that there still occurred land subsidence in study areas. By the end of 2010, due to over exploitation of groundwater in Decheng district, land subsidence is the most in this area, accumulated settlement amount is - 1186.9 ~ - 636.9mm, and annual average sedimentation rate is 59.35mm/a. Thus, a settlement basin has been formed, which center is in the northwest part of the district. Over exploitation of deep groundwater is an important factor to cause large - scale land subsidence.

**Key words:** Land subsidence; cone of depression; underground water level; levelling; Dezhou city