

# 京广高铁郑州段地面沉降监测与防护措施

席新海<sup>1,2</sup>, 姚青<sup>1</sup>, 王喜军<sup>1,2</sup>

(1. 河南省深部探矿工程技术研究中心, 河南 郑州 450003; 2. 河南省地质矿产勘查开发局第二地质环境调查院, 河南 郑州 450003)

**摘要:** 郑东新区经济的高速发展, 城镇化进程的不断加快, 使得该地区资源、环境与发展问题日益突出。特别是黄河沿岸水资源的集中开采, 集中的渔业地下水开采和基坑降水, 已经引发了大面积的地面沉降, 对京广高铁的正常运行带来影响。在全面调查了郑东新区的地质背景、自然地理及京广高铁沿线地下水开采情况基础上, 结合本地区地面沉降发育的基本状况, 详细分析研究了郑东新区地面沉降的形成机制和重要影响因素, 并提出了相应的保护措施。

**关键词:** 京广高铁; 郑东新区; 地面沉降; 监测

**中图分类号:** U416.1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2014)11-0060-03

**Ground Subsidence Monitoring in Zhengzhou Section of Beijing - Guangzhou Railway and Protection Measures/XI Xin-hai<sup>1,2</sup>, YAO Qing<sup>1</sup>, WANG Xi-jun<sup>1,2</sup>** (1. Henan Engineering Research Center of Depth Exploration, Zhengzhou Henan 450003, China; 2. No. 2 Institute of Geo-environment Survey of Henan, Zhengzhou Henan 450003, China)

**Abstract:** Large area of ground subsidence has been caused by groundwater concentrating exploitation in the east of Zhengdong new district, which affects normal transportation of Beijing - Guangzhou high-speed railway. Based on the comprehensive survey on geology background, natural geography in Zhengdong new district and the situation of groundwater exploitation along Beijing - Guangzhou high-speed rail, and combined with the local subsidence development, a detailed analysis on the formation mechanism and the important influence factors of the ground subsidence in Zhengdong new district is made with corresponding protection measures proposed.

**Key words:** Beijing - Guangzhou high-speed rail; Zhengdong new district; ground subsidence; monitoring

## 1 地面沉降监测情况

京广高铁从黄河花园口一带通过, 在北至黄河南至陇海铁路之间, 花园口决口扇形成了大面积欠固结土层, 连霍高速以北有郑州北郊水源地、黄河渔场地下水集中开采区, 以南为城市建设区, 存在众多的基坑排水。为监测此带地面沉降的时空变化规律, 沿京广高铁线布设了地面水准高程点, 进行了长时间连续的系统监测。结果表明(见表1): 从本段线路2010年1月~2012年6月地面水准点高程变化对比可知, 铁路沿线地面沉降呈中间低两端高的漏斗状, 2010年1月与2012年1月相比较, 黄河至陇海铁路之间地面水准点高程大部分测点下沉了30~40 mm, 最大为45.6 mm, 为地面沉降严重区; 而两端测点下沉了2~3 mm, 为地面沉降轻微区。线上构筑物高程测量对比结果, 2012年1月与2010年1月相比较, 石武正线构筑物高程大部分测点下沉了15~50 mm, 最大为50.3 mm, 沉降较大部分位于黄河桥两侧及郑州东站。

表1 京广高铁郑州段地面沉降一览表

公里桩	K665	K673	K678	K686	K697
沉降值/mm	19.0	40.0	41.0	50.3	2.0

## 2 地面沉降的地质环境

地貌属黄河冲积扇平原区, 地貌形成于全新世。黄河冲积扇的形成机制比较复杂, 新老冲积扇相互叠置。由于黄河多次改道及频繁的决口泛滥, 在黄河两岸形成了放射状相间分布的古河道高地、河槽洼地、沙岗高地、泛滥洼地等波状起伏的地形。依据遥感解译及地貌成因和形态的差异将评估区地貌划分为砂土岗地区、冲泛平原区、黄河漫滩区及其亚区。

### 2.1 砂土岗地区

分布于陇海铁路以南、以郑州市圃田乡西营岗、小王庄、东刘庄一线为界。形成于全新世。地势较高, 地面标高在95~116 m, 高出黄河泛流平原区10 m左右。地势西南高东北低, 坡降为2.5‰, 地表岩性为粉细砂, 有后期形成的风成砂丘分布, 砂丘一般高

收稿日期: 2014-08-25; 修回日期: 2014-11-05

作者简介: 席新海(1963-), 男(汉族), 河南商丘人, 河南省深部探矿工程技术研究中心高级工程师、河南省地质矿产勘查开发局第二地质环境调查院院长, 地质测绘专业, 从事地质环境调查和水文水井、地热等技术与管理工作, 河南省郑州市南阳路56号地矿大厦环境二院。

3~5 m。砂丘由松散的黄色细砂、粉细砂组成,砂丘地带有人工种植的槐树林。现砂丘已基本固定。

## 2.2 冲泛平原区

分布于黄河两岸广大地区。形成于全新世晚期,地形平坦,有零星砂丘分布。黄河以南西北高东南低,倾向东南。地面标高在82.2~85.0 m,地面坡降为0.17‰。黄河以北总体地势西南高东北低,倾向东北,地面标高在82.0~70.0 m,地面坡降为0.25‰。地表岩性以粉质粘土、粉土、粉细砂为主。依据微地貌细分为泛流平地、背河洼地2个亚区。

此区为1938年5月19日,蒋介石采取“以水代兵”的办法,下令扒开位于河南省郑州市区北郊17 km处黄河南岸的渡口——花园口,造成人为的黄河决堤改道,形成大片的黄泛区,史称花园口决堤。花园口决堤形成的决口扇,黄河泥沙在此处沉积厚度15~20 m,沉积时间距现在也只有70余年,地层固结时间短,鱼塘遍布,淤泥质土分布较广,地层松软,承载力较小,压缩性高,在自重作用下易造成地面沉降。

## 2.3 黄河漫滩区

分布于黄河南北大堤之间,受黄河大堤控制,黄河泥沙在河道中落淤使河道抬高。近几百年来使黄河形成典型的地上“悬河”。现堤内地面标高在90 m左右,已高出堤外地面5~7 m。

## 3 区域地下水开采情况

本段处在地下水强烈开采地段,为郑州北郊水源地及渔业区,开采井密度大。北郊水源地浅层地下水提交开采量20万 $m^3/d$ ,2000年5月已投入使用,日供水16万 $m^3$ 。中深层地下水规划开采量4万 $m^3/d$ ,日供水2~3万 $m^3$ 。“九五”滩水源地设计日供水7万 $m^3$ ,目前已建成投产。

随着经济的发展,“九五”滩水源地和北郊水源地还将担当南部的航空港区供水,这将意味着“九五”滩水源地和北郊水源地将满负荷供水,两水源地将加大开采量,将分别达到设计10万 $m^3/d$ 、20万 $m^3/d$ 开采量。开采层位主要是350 m以浅的浅层潜水和中深层承压水。

此带农田灌溉及鱼塘用水均以开采地下水为主,鱼塘大面积分布,开采井密度较大,一般井深<70 m。

连霍高速以南为郑东新区城市建设区,建筑物密集,主要为基坑降水、城市工业建设取水井和零星的地热井开采。在郑州东站一带,为郑州地铁1号线,目前正在建设中,从郑州东站下面穿过,在地铁开挖和建设中,大量集中抽降地下水。因城市建设

过程中生产生活的需要,城市工业建设供水井开采在此处也较大。

## 4 沿线地下水开采强度调查及地面沉降情况

### 4.1 黄河至连霍高速区间

本段共调查水井114口,其中距铁路200 m以内有54口,距铁路200~500 m有13口,距铁路500~1000 m有19口,距铁路1000 m以上有28口。北郊水源地主要开采层位是浅层含水层组(潜水-微承压水),部分深井开采层位是中深层含水层组(承压水),开采井主要分布在八堡、凌庄、马头岗一带。本段约有郑州市北郊水源地深层水取水井10眼,浅层水取水井35眼,浅层水取水井取水量为100 $m^3/h$ ,开采时间为24 h开采,合计87.6万 $m^3/(a\cdot眼)$ ;深层水取水井取水量为50 $m^3/h$ ,24 h连续开采,合计43.8万 $m^3/(a\cdot眼)$ 。鱼塘用水均为开采地下水为主,鱼塘大面积分布,开采井密度较大,鱼塘井开采时间为每年4~10月,年开采天数约200天,每天开采4~5 h,每小时抽水50~60 $m^3$ ,开采量约4~6万 $m^3/(a\cdot眼)$ 。

受北郊水源地地下采水及密布的鱼塘生产用地下水井开采,此段地下水开采较强烈,年开采水量>3510万 $m^3$ ,使得地下水位呈持续下降状态,在此带已经形成地下水位降落漏斗,地下水位埋深由开采前的1.5~2.5 m变为现在的10~20 m,最大降深值在20 m左右,地下水下降明显,导致本段产生剧烈沉降变化:地面水准点2010年1月~2012年1月间沉降33.5~42.3 mm;2012年1月~2012年6月间沉降12.3~16.9 mm;沉降速率在抽水高峰期有所增大,由于上半年为鱼塘井抽水高峰期、抽水强度高、沉降速率加快,下半年鱼塘井抽水量大幅减少、抽水强度降低、沉降速率减缓。

### 4.2 连霍高速至郑州东站区间

本段为郑东新区城建区,主要为基坑降水、城市工业建设取水井和零星的地热井开采。本段共调查水井21口,其中距铁路200 m以内有9口,距铁路200~500 m有9口,距铁路1000 m以上有3口。因城市建设过程中生产生活的需要,城市工业建设供水井开采量较大,大于200万 $m^3/a$ ,城建取水井一般深度<70 m、单井抽水量4.1~4.6万 $m^3/a$ ,主要抽采层位是浅层含水层组(潜水-微承压水)。在郑州东站一带,铁路周边高层建筑建设繁忙,地铁1号线横穿车站中心,形成大量基坑开挖抽排地下水。在建和已建的高程建筑密集,基坑深15~20 m,多

采用管井降水,降水量大和降水深,影响范围大。郑州地铁1号线于郑州东站中心处横穿铁路,基坑深约20 m,在地铁开挖建设中,需大量设井进行降排水,大于 $500\text{万 m}^3/\text{a}$ 。

受基坑降水、城市工业建设取水井开采需要,此段地下水开采较强烈,年开采水量 $>700\text{万 m}^3$ ,使得地下水位呈持续下降状态,由原来的埋深2~3 m变为现在的6~10 m,地下水下降明显,导致本段产生剧烈沉降变化:地面水准点2010年1月~2012年1月间沉降37.8~45.6 mm;2012年1月~2012年6月间沉降14~20.3 mm。

#### 4.3 郑州东站以南

本段为郑州市南郊,铁路两侧零星散布城市工业建设取水井及建筑基坑降水,井深40~50 m,单井抽水量 $4.0\sim 4.3\text{万 m}^3/\text{a}$ 。本段共调查水井2口,均距铁路1000 m以上。此段地下水抽采很小,地下水位随开采量变化而略有下降,下降幅度0~2 m,导致本段产生少量沉降变化:地面水准点2010年1月~至2012年1月间沉降0~1.4 mm;2012年1月~2012年6月间沉降0~0.4 mm。

### 5 地面沉降的防护措施

#### 5.1 完善防灾组织管理及强化施工管理

地面沉降是一种具有隐蔽性、累进性等特点的地质灾害,防治的基本原则应该是以监测、预防为主,防治结合,并坚持依法治理地面沉降。从控制地面沉降与差异沉降考虑在工程沿线一定范围内应设立保护区,在保护区范围内进行的各类工程建设活动需经工程建设和运营管理部门的论证、批准。

#### 5.2 沿线抽水井关闭与开采建议

根据前述分析,应对沿线农用井、水源地下水井和常年开采的其他水井、城市建筑物基坑抽水等进行关闭或限采,具体建议如下:

(1)综合考虑农用井集中抽水时间较长和抽水井布置较为密集,建议对线路左右两侧200 m左右范围农用井进行关闭,线路两侧300~500 m范围水井应进行限制开采,新开水井距离线路左右两侧不小于500 m。

(2)对水源地水井、常年开采的其他水井及部分开采浅层地下水的深井,根据大面积沉降预测结果,长期抽水将引起较大的地面沉降,对铁路工程产生较大影响甚至影响铁路安全运营,建议对线路左右两侧1000 m范围常年开采的浅层地下水井进行关闭,考虑长期抽水引起的降深对铁路安全将产生

重大影响,新开水源地水井距离线路左右两侧不小于2000 m。

#### 5.3 沿线附近基坑工程设计建议

沿线附近建筑物基坑工程施工,特别是郑州东站,对位于线路700 m范围内的建筑物基坑降水工程,基坑重要性等级应设定为一级,设计应充分考虑降水施工对高速铁路的影响,并采取有效措施防止地下水位发生较大变化。如:采用轻型井点降水,在实际工程中根据地下水位变化情况,确定轻型井点启动时机;增加止水帷幕,预留适当的回灌井;控制每次土方开挖的区块大小和深度;施工过程中应加强地下水位和变形监测,并加密观测频次。

#### 5.4 建立沿线地面沉降长期监测网络

建立地下水位、地面沉降及高速铁路工程变形的地面沉降灾害综合监测网,加强施工和运营中的沉降与地下水位监测。实时监控地下水位变化、地面高程变化、地表变形情况,铁路工程不均匀变形、纵横向轨道平顺度、变形等指标;通过地面沉降变形监测、地下水位动态监测,进行地面沉降灾害研究。

### 6 结论

根据郑东新区地面沉降与地下水开采强度、地下水位变化的动态相关分析,地下水抽采是地面沉降产生的主要影响因素。郑东新区存在大面积的欠固结土,地下水抽采使得土中的重力水渗出,形成负孔压,根据太沙基的有效应力原理,有效应力增加,导致土体颗粒发生压缩变形,地基产生固结沉降。

地面沉降会影响京广高铁的正常平稳运行,建议对沿线200 m以内的开采井关闭。在200 m以内不产生新的开采井,在2000 m以内不允许建设新的水源地。

#### 参考文献:

- [1] 代洪波. 南京长江隧道到达井基坑降水设计与施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(10): 77-79.
- [2] 马元宏, 王亚军. 密集井点小流量基坑降水技术的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(4): 75-77.
- [3] 刘广海, 邢立亭, 刘元章, 等. 地下水环境容量评价指标[J]. 有色金属, 2010, 62(1).
- [4] 董志高, 蒋小欣, 吴继敏, 等. 基坑工程对周边建筑物影响的数值分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(11): 1-4.
- [5] 姚辉. 回灌法在基坑降水中的应用[J]. 工程勘察, 2010(6): 35-37, 43.
- [6] 王文明, 李芳. 傍河深基坑降水技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(4): 78-80, 84.
- [7] 卢予北. 国家级一孔多层地下水示范监测井钻探技术与研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(3): 5-8.