

# 高铁沉降观测方案的设计与实施

贾国峰

太原市自然资源调查中心, 山西太原, 030000;

**摘要:** 结合太焦高速铁路沉降观测任务, 介绍了高铁沉降测量监测网及监测点的布设要求, 并且根据实际情况, 确定了水准测量路线, 并且从监测点的沉降监测、地基分层沉降监测、地下水位的变化监测三个方面介绍了当前高铁沉降观测的内容和要求。通过对获取的监测数据进行处理分析, 获得了监测点的沉降、地基分层沉降、地下水位的当前状态, 满足运行要求, 对今后高铁沉降观测的实践工作应用有一定的指导意义。

**关键词:** 高速铁路; 沉降观测; 数据处理; 实践意义

**DOI:** 10. 64216/3080-1508. 25. 04. 054

## 引言

高速铁路对轨道的平顺性要求很高, 轨道的平顺性取决于路基的稳定性, 所以路基是否发生沉降对高铁有很大的影响。为了严格控制路基的沉降, 特别是在高铁运营后, 需要高精度的沉降观测对其进行数据获取, 并且能够及时处理分析方可得到铁路路基的变形状态。通过精密的测量仪器, 合理的观测过程, 能够对高速铁路的线下基础进行变形监测, 保证高铁线下基础的平稳, 也对整个高铁的安全运行起到保障作用。

因此, 高速铁路从施工到运营都需要一个高精度的控制网, 然后根据需要, 对观测原件进行高频次的沉降监测<sup>[1-2]</sup>, 获取原始数据后, 对其进行处理分析并提出整改意见, 从高铁线下工程各方面数据满足规范要求, 从而保证高速铁路的质量。

对高精度控制网从监测方案、方法、以及评估的标准各方面介绍了高速铁路线下工程的沉降监测, 以及对测量过程的影响因素进行研究探讨, 并对高速铁路沉降观测提出某些建设性的意见。

## 1 项目概况

太焦高速铁路晋中区域沉降段落分布于太焦铁路晋中站至太谷隧道之间 DK26+500~DK50+550 段 (运营

里程 K378+780~K402+830 段), 该段落分布有特大桥 3 座 (晋中特大桥、胡村特大桥、杏林村跨 319 省道特大桥)、大桥 1 座 (杏林村乌马河大桥)、车站 1 座 (太谷站) 以及区间路基 3 段, 区域沉降范围内线路总长度约 25km。路基沉降原因主要有:

(1) 大面积、大体量、大密度抽取地下水, 导致地下水位下降是该区域沉降的主要原因;

(2) 降水及河流补给能够升高地下潜水水位, 表层潜水不是诱发地面沉降的原因, 下层承压水控制该区域沉降;

(3) 区域沉降量的大小与季节性抽水在时间上相关密切, 略有滞后;

(4) 沉降区域的划分与取水量的大小, 即水井的密集程度相关性较大。

本次太焦铁路 DK26~DK50 段区域沉降监测技术服务工作主要包括以下监测项目的点位布设及量测:

(1) 地面控制点沉降监测;

(2) 地基分层沉降监测;

(3) 地下水位变化监测。

## 2 沉降变形监测网建立及技术要求

沉降变形测量按二等的垂直位移监测网的要求执行。见下表 1 所示。

表 1 测量等级及精度要求

Table 1 Measurement Levels and Accuracy Requirements

沉降变形测量等级	垂直位移测量		水平位移观测
	沉降变形点的高程中误差 (mm)	相邻沉降变形点的高程中误差 (mm)	相邻沉降变形点点位中误差 (mm)
二等	±0.5	±0.3	±3.0
三等	±1.0	±0.5	±6.0

### 2.1 基准点布设

根据《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897

-2006) 的要求, 基准点一定不能受到沉降区的影响, 所以必须设置在监测区域外围, 而且因为沉降监测是一个长期工作, 所以必须设置在稳定的, 而且长时间不发生变动的位置。

结合本测区实际情况, 为了进行沉降观测以及定期验证基准点是否发生变动, 利用新建太焦铁路主体结构既有精测网高程控制网监测点位 J12、J23 作为本次地面控制点沉降监测控制网的基准点。

### 2.2 监测点位布设

本次地面控制点沉降监测网布设应利用新建太焦铁路既有精测网高程控制网资料。为获取线路两侧的地表沉降监测数据, 在区域地面沉降严重地段专门增设地面沉降观测水准点。增设水准点位于线路 DK35+000~DK42+000 段 (运营里程 K387+330~K394+330 段) 的中心及两侧, 中心按照 1000m 一个布置, 左右侧按照距线路中心线 500~800m 交错、单侧间距 1000m 一个布置。在原有高程控制网基础上, 新增地面水准点 23 个 (编号为 XZ01~XZ23, 见图 1、图 2); 新增水准点按照普通水准点布设, 且满足 GB 50007 等相关规定要求。



图 1 地面控制点沉降监测点位 图 2 沉降观测点位布设示意图

Figure 1 Ground Control Point Settlement Monitoring Site Figure 2 Schematic diagram of settlement observation point layout

### 2.3 沉降监测

本项目使用 DS05 水准仪, 采用与之配套的钢瓦合金标尺, 水准仪和水准标尺各项技术指标应符合《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897- 2006) 有关规定, 在沉降观测前和沉降观测过程中的规定时间段应对仪器和标尺进行标定<sup>[3-4]</sup>。

垂直位移监测主要技术要求按下表 2 执行。

表 2 垂直位移监测技术标准

Table 2 Technical Standards for Vertical Displacement Monitoring

等级	相邻基准点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差、附合或环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)	使用仪器、观测方法及要求
二等	0.5	0.15	0.3√n	0.4√n	DS05 型仪器, 按《高速铁路工程测量规范》一等水准测量的技术要求实施
三等	1.0	0.3	0.6√n	0.8√n	DS05 或 DS1 型仪器, 按《高速铁路工程测量规范》二等水准测量的技术要求实施

## 3 地基分层沉降监测

### 3.1 监测点位布设

地基分层沉降监测是为了观测不同黏土层因地下水水位下降引发的土体固结沉降, 原则上各主要黏土层均应布设位移计。

为了监测地基土中不同深度位置的沉降变形情况, 根据沉降变形严重程度、地层结构特征、沿线地下水开发利用情况以及工程设置等原则, 在工程沿线典型地段设置了代表性的分层沉降监测孔。第一层地下水监测深

度为 60m, 控制在浅层水位及桥梁桩基底部, 第二层地下水监测深度为 120m, 控制在桥梁深基础底部及中深层地下水下部, 第三层监测水位为 240m, 控制在深层地下水中部。

根据地层分布情况, 每个位置分别埋设 3 个位移计, 考虑到区域地面沉降与地下水位变化密切相关, 对应设置了相应的水位监测孔。沿线区域沉降最严重的 DK35+000~DK42+000 段 (运营里程 K387+330~K394+330 段) 分层沉降监测点位 2 处, 如图 3 所示。

表 3 本次地基分层沉降监测点位详情一览表

Table 3: Detailed List of Monitoring Points for Layered Settlement of the Foundation This Time

序号	钻孔编号	里程位置	钻探孔深 (m)	孔径 (mm)	监测点位编号	元器件安装或埋设深度 (m)
1	F1-1	DK38+000 右 30 米	60	374	F1-1	60
2	F1-2	DK38+000 右 32 米	120	374	F1-2	120
3	F1-3	DK38+000 右 34 米	240	374	F1-3	240

4	F2-1	DK41+500 右 30 米	60	374	F2-1	60
5	F2-2	DK41+500 右 32 米	120	374	F2-2	120
6	F2-3	DK41+500 右 34 米	240	374	F2-3	240

注：（1）DK38+000 右 30 米对应运营里程为 K391+330 左 30 米；

（2）DK41+500 右 30 米对应运营里程为 K387+830 左 30 米；

（3）钻孔位置及偏移量可在现场进行适当调整。



图 3 地基分层沉降、地下水位变化监测点位现场

Figure 3 On site monitoring points for foundation layer settlement and groundwater level changes

#### 4 地下水位变化监测

抽取地下水引起的区域地面沉降与地下水过量开采以及由此导致的地下水位的降低密切相关，在与前述“地基分层沉降监测”部分的代表性的各分层沉降监测孔附近须相对应设置地下水位变化监测孔，以监测各分层地下水水位的变化情况，为分析地面沉降和水位下降之间的相关关系提供实测数据支撑。

基于委托条件及现场实际情况，本次区域沉降段地下水位变化监测元器件与前述“地基分层沉降监测”的元器件均一对一的布设到同一个钻孔里面。

本次地基分层沉降监测和地下水位变化监测现场使用 BGK3427A-2000 型拉线式位移计配套 BGK-GL3-LP 型位移计读数仪直接读取。如图 4 所示。



图 4 地基分层监测位移计及软件

Figure 4: Displacement meter and software for foundation layer monitoring

### 5 数据处理

#### 5.1 监测点沉降量计算

各期地面控制点沉降监测数据经过处理后按下列公式进行沉降量<sup>[5]</sup>的计算：

$$\Delta H_n = H_n - H_{n-1} \tag{1}$$

其中，（1） $\Delta H_n$  为每期的沉降量，单位为 mm；

（2） $H_n$  为每期的高程计算值，单位为 mm。

各期沉降量之和即为该地面控制点监测点位的累计沉降量。

#### 5.2 地基分层计算

各期地基分层沉降监测数据经过处理后按下列公式进行沉降量的计算：

$$U_n = (f_n - f_0) \cdot K + U_0 \tag{2}$$

其中，（1） $U_n$  为每期的开累沉降量，单位为 mm；

（2） $U_0$  为定值，单位为 mm；

（3） $f_n$  为每期的位移计直接读取量值；

（4） $f_0$  为首期的位移计直接读取量值；

（5） $K$  为常数模量系数，单位为 mm。

#### 5.3 地下水位变化量计算

各期地下水位变化监测数据经过处理后按下列公式进行水位变化量的计算：

$$D_{wn} = L_{wn} - D_{h0} \tag{3}$$

其中，（1） $D_{wn}$  为每期分层地下水位距地表深度，单位为 m；

（2） $L_{wn}$  为每期分层地下水位距渗压计的距离，单位为 m；

（3） $D_{h0}$  为布设渗压计的钻孔孔深。

#### 5.4 数据成果

数据处理成果<sup>[6-7]</sup>分别为图 5 检测点累计沉降变化历时发展曲线图和图 6 DK41+500 附近地下水位变化历时曲线图，如图所示。

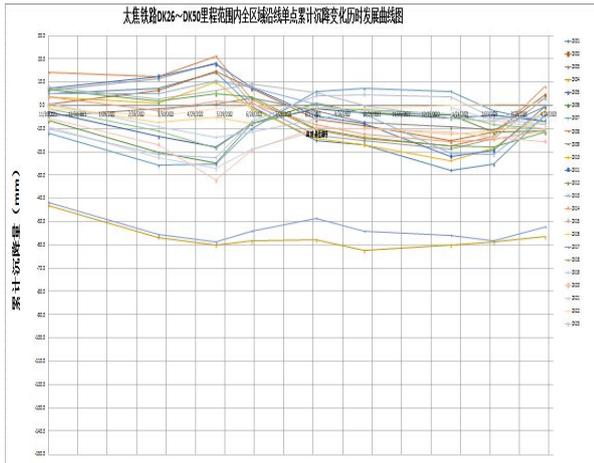


图5 检测点累计沉降变化历时发展曲线图

Figure 5 Cumulative settlement change curve of detection points

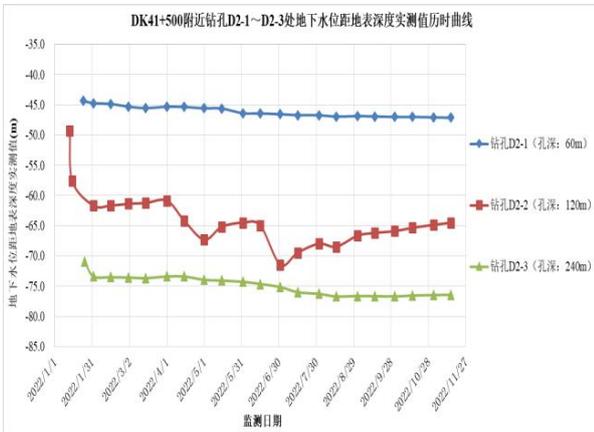


图6 DK41+500 附近地下水位变化历时曲线图

Figure 6 Changes in groundwater level near DK41+500

6 结语

随着高速铁路的发展,高速铁路的沉降变形分析方法具有实际意义。本文以太焦高速铁路某区段为例,介绍了监测网的建立、监测点的布设和监测的具体施测方案,主要包括沉降监测、地基分层沉降监测、地下水位变化监测,通过对数据进行处理分析,监测数据能够体现高速铁路的变形特征,能够满足高铁的沉降监测与预报工作。

参考文献

[1] 蔺爱军. 铁路工程沉降变形观测技术若干问题探讨[J]铁道建筑. 2022. 62(11)

[2] 崔华. 沉降观测技术在高铁无砟轨道中的应用[J] 工程技术与应用. 2021. 16

[3] 罗建华, 方筠. 胶济客运专线无砟轨道路基沉降观测技术[J]. 路基工程, 2008 (4) : 98-99.

[4] 崔建彪, 陈志兰, 牛志宏. 高铁线下工程桥墩沉降观测与分析[J]. 测绘地理信息, 2013, 38 (1) : 43-46

[5] 张笑凡, 张吉怀. 高速铁路隧道沉降变形观测与数据处理[J]测绘与空间地理信息. 2023. 46 (03)

[6] 张申洁. 城际铁路路基沉降观测分析与整治[D]石家庄铁道大学, 2019

[7] 刘广南. 高速铁路线下工程沉降评估与数据分析[D] 吉林大学, 2013

[8] 中国国家标准化管理委员会, 国家一、二等水准测量规范[S], 2006.

[9] 铁建设[2009]196号, 铁路工程测量规范[S]