

文章编号:1671-6833(2015)02-0067-04

# 某高速铁路车站路基沉降处治

陈远洪

(中铁第四勘察设计院集团有限公司,湖北 武汉 430063)

**摘 要:** 高速铁路对变形要求严格,针对某高速铁路车站路基沉降异常,通过设计及施工质量核查、区域构造引起的路基沉降、地下水开采引起的路基沉降及周边建筑物基坑抽水引起的路基沉降分析,准确查明站前广场基坑工程降水是引起本段发生路基地面沉降的原因,分析并确定基坑抽水影响范围.据此采取针对性的处理措施,通过对线路纵断面拟合调整满足轨道的平顺性,随即停止站前广场基坑降水,控制和限制基坑后续施工抽水,监测显示路基沉降得到快速控制,保障了高速铁路的安全平稳运营.

**关键词:** 高速铁路;路基;基坑抽水;沉降;影响范围

**中图分类号:** TU441.6 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2015.02.015

## 0 引言

2012 年 5 月 2 日进行例行的某高速铁路车站路基沉降观测时发现沉降值出现异常,施工单位立即组织人员对该段水准点及 CPⅢ、轨道几何状态进行复测,发现水准点及 CPⅢ 高程、轨面高程均发生不同程度的沉降,轨面最大沉降量在 K793+891 处为 27.7 mm. 2012 年 5 月 3~6 日,设计单位对该段水准点及 CPⅢ 进行了复测,确认在站内有一个明显的沉降区域.

高速铁路车站设十线三站台,其中两条正线及相临的到发线均采用无砟轨道,线路已铺轨,本段分布于厚度超过 300 m 的第四系松散层,深厚土层易于压缩变形,而无砟轨道对变形极为敏感<sup>[1-2]</sup>,要求路基工后沉降控制在 15 mm 以内,调整轨面高程后的竖曲线半径符合相关要求且沉降均匀地段为 30 mm,过渡段的差异沉降不应大于 5 mm,不均匀沉降造成的折角不应大于 1/1 000<sup>[3-5]</sup>. 为确保即将进行的联调联试和高速铁路开通后的安全运营,必须迅速准确查明引发车站路基沉降的原因,并采取针对性的处理措施.

## 1 沉降原因分析

### 1.1 设计及施工质量核查

未出现沉降异常前本段路基已铺轨稳定近一

年,沉降评估表明地基处理施工满足设计要求.沉降观测资料显示,本段路基结构物与地面同时沉降,沉降趋势和规律一致,表明路基沉降异常由地面沉降引起,路基填料变形已稳定,填料施工合格.通过开展设计质量和施工质量核查,未发现设计、施工质量问题,符合规范和验收要求.

### 1.2 区域构造引起的路基沉降

研究区段铁路位于黄淮冲积平原区,属周口拗陷缓慢下降区,根据区域地质研究及水准测量成果,地壳下降速率在  $-3 \sim -1$  mm/a 之间,表现为区域整体均匀下降<sup>[6]</sup>,对工程影响不大.

### 1.3 地下水开采引起的路基沉降

本车站位于高速公路东侧新城区内,无大规模的地下抽采水,与老城区距离 8 km 以上,老城区由于常年抽水引发的地面沉降对车站路基基本没有影响.

### 1.4 周边建筑物基坑抽水引起的路基沉降

#### 1.4.1 车站附近建筑物调查

经过对车站周围在建建筑物调查,距车站 2 km 以内的建筑物共有 5 处.其中车站航站楼、空港新城小区、广电大厦、抗旱指挥中心等 4 处建筑物距车站 0.5 km 以上,基坑工程采用井点降水,基坑施工在 2011 年 6 月以前均已施工完成,根据同期间车站路基沉降观测结果,沉降基本稳定,可见该 4 处建筑物基坑降水与施工对车站路基沉降

收稿日期:2014-11-06;修订日期:2015-01-17

基金项目:京广铁路客运专线河南有限责任公司专项资助项目(京广合 2013115)

作者简介:陈远洪(1975-),男,湖北洪湖人,中铁第四勘察设计院集团有限公司高级工程师,硕士,主要从事铁路岩土工程勘察设计与研究,E-mail: 823318864@qq.com.

基本无影响. 车站站前广场距线路中心约 70 m, 2011 年 10 月进场, 2012 年 2 月开始基坑降水与开挖, 采用大口径管井降水, 与本段路基 2012 年 2 月发生沉降的时间吻合.

1.4.2 站前广场施工情况调查

车站站前广场市政配套工程于 2011 年 10 月进场, 2012 年 2 月开始市政配套工程地下广场基坑施工. 基坑长 310 m, 宽 131 m, 紧临车站站房, 与站房为无障碍连接, 基坑开挖深度约 8 m, 采用大口径管井进行井点降水, 共布设了 24 口井, 井深 25 m, 每口井设置一个抽水量 8 m<sup>3</sup>/h 的水泵, 均匀分布在站前广场坑壁四周, 站房侧井点距离车站正线路基的横向最近距离约 70 m, 抽出的地下水排入市政雨水管道. 至 2012 年 5 月 2 日, 车站站前广场市政配套的基坑工程已完成外侧施工, 还剩余紧邻车站站房宽 25 m、长 110 m 范围尚未开挖. 由于抽水效果明显, 整个基坑保持干燥状态, 在施工过程中基坑临时边坡采用短锚杆喷素砼支护, 坡率约 1:0.5, 对基坑变形无相应的变形监测措施.

1.4.3 车站站前广场基坑抽水对地面沉降的影响

①地下水变化及沉降原因分析

2008 年 4 月本车站勘察期间测得地下水埋深约为 1.8~3 m. 当前站前广场管井地下水埋深均达 17 m、个别达 19 m. 铁路施工单位于 2010 年 11 月在 K793+990 右侧距车站路基坡脚 15 m 处设有一水井测得的地下水埋深约为 2.5 m, 2012 年 5 月 13 日测得抽水后该井的地下水埋深已降至地面以下 15 m. 2012 年 5 月 9 日铁路施工单位在路基两侧坡脚(离开坡脚约 3~5 m)紧急设置 13 口水位观测井, 并于 2012 年 5 月 12 日测得地下水埋深约为 4~13.4 m, 路基两侧地下水下降约 2~10 m, 其中远离基坑的路基左侧坡脚观测井地下水位普遍下降 2~2.5 m, 靠近基坑的路基右侧坡脚观测井地下水位普遍下降 3~10 m, 地下水下降最大的位置位于基坑中部路基右侧. 前述分析与基坑抽水导致的地下水变化相对应, 本段控制水准点、CPⅢ及轨面均显示发生不同程度的沉降, 表明站前广场基坑抽水是导致车站地面沉降的原因.

②基坑抽水影响范围分析

本段地层主要为粉土, 夹有粉质黏土, 考虑地层不均匀性及结合既有现场经验, 渗透系数取偏大值 1 m/d, 基坑长 310 m, 宽 131 m, 深 8 m, 最大

降深 15 m, 按潜水含水层公式<sup>[7-8]</sup>计算影响半径  $R=2S \sqrt{HK}$  (式中:  $R$  为影响半径, m;  $S$  为降深, m;  $H$  为含水层厚度, m;  $K$  为渗透系数, m/d), 估算抽水影响范围最大仅约 250 m. 水位观测井显示距离基坑中心 640 m 处水位仍有少量下降, 沉降观测数据也显示距离漏斗中心约 700 m 处地面仍有约 5 mm 的沉降, 表明车站粉质土地区抽水影响半径不能简单按理论公式计算, 而应以实测水位及沉降变化为主进行确定, 本站基坑抽水影响范围应以不小于 700 m 控制.

③基坑抽水引起的地面沉降分析

基坑工程大面积降水后, 孔隙水压力降低, 根据太沙基有效应力原理, 地基土体有效应力增加<sup>[9]</sup>, 促使地基发生沉降, 同时降水引起的水位降深差异, 造成了路基侧向变形增加, 也引起了地基的部分沉降变形. 计算时下降每米应力按 10 kPa 考虑, 车站路基因降水引起沉降按分层总和法计算:  $\Delta s = \sum_{i=1}^n \Psi_i H_i \frac{\gamma_w S}{E_{si}}$  (式中:  $\Delta s$  为沉降量, mm;  $\Psi_i$  为沉降计算经验系数;  $H_i$  为压缩土层分层厚度, m;  $E_{si}$  为土层压缩模量, MPa;  $\gamma_w$  为水体容重, kN/m<sup>3</sup>;  $S$  为降深, m), 如表 1 所示.

表 1 地下水不同降深引起的地面预测沉降量

Tab.1 Predicting ground settlement caused by different drawdown of groundwater mm

| 断面       | 地下水位下降深度/m |      |      |       |
|----------|------------|------|------|-------|
|          | 1.0        | 3.0  | 7.0  | 10.0  |
| K792+925 | 4.7        | 23.3 | 65.3 | 93.3  |
| K793+150 | 4.7        | 27.5 | 79.9 | 114.1 |
| K793+360 | 4.7        | 25.3 | 72.1 | 103.1 |
| K793+775 | 4.7        | 25.3 | 72.1 | 103.1 |
| K794+200 | 2.8        | 13.8 | 38.5 | 55.1  |
| K794+625 | 4.7        | 21.6 | 59.1 | 84.5  |

由上表可知, 在地下水随季节正常变化范围约 1 m 左右波动时, 地下水对地面沉降影响甚微, 小于 5 mm. 当抽排水引致地下水位大幅下降时, 地面存在显著沉降的风险. 车站路基在降深 2 m 时、预测沉降为 6.4~11.5 mm; 降深 3 m 时、预测沉降为 13.8~27.5 mm; 降深 4 m 时、预测沉降为 18.4~36.6 mm; 降深 7 m 时、预测沉降为 38.5~79.9 mm; 在降深 10 m 时、预测沉降为 55.1~114.1 mm. 根据地下水位动态监测, 本车站正线路基附近地下水平均下降 3 m 左右, 其实测最大沉降量约为 27.7 mm, 和表 1 中预测结果值较为接近, 从而也证实了基坑工程降水是引起本段发

生地面沉降的原因。

2 应对路基沉降的处理措施

2.1 线路纵断面拟合调整

根据实测轨面高程进行了线路纵断面拟合设计,并按照纵断面拟合设计结果再次进行轨道精调(无砟轨道段轨道调整量均在 10 mm 以内),保证联调联试前轨道和接触网的平顺性满足相关验标要求,如图 1。

2.2 停止基坑抽水

2012 年 5 月 18 日敦促相关部门组织有关专家对车站站前广场基坑抽水对路基的影响进行了分析讨论并形成专家意见,会议确认基坑抽水对高铁的不利影响并随即停止了站前广场基坑降水。

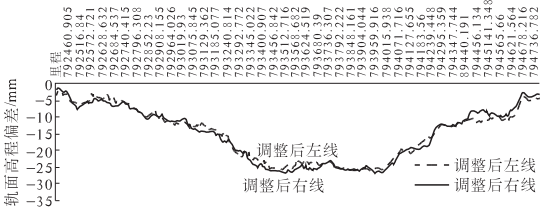


图 1 车站线路拟合调整后轨面高程曲线

Fig.1 The track surface altitude curve after the station linear has been fitted and adjusted

2.3 基坑后续施工措施

站前广场后期还要继续开挖的区块,在开挖之前委托相关设计单位进行专线设计,控制基坑抽水和土方开挖施工对高速铁路的影响,控制每次土方开挖的区块大小和深度,根据工程需要,尽量减少降水深度,增加止水帷幕,预留适当的回灌孔<sup>[10-11]</sup>。严密监控站前广场施工单位按照专家意见立即停止降水,对后续开挖的基坑要采用经专家参与认可防沉降措施的开挖方案;督促站前广场施工单位在基坑施工过程中按照规范要求对基坑、周边环境及结构物进行监测,并对基坑至路基横断面设置观测桩进行位移及沉降观测。

3 效果评价

3.1 水位变化情况

站前广场基坑停止抽水,线路左侧地下水位与前期相比有少量下降,线路右侧地下水位有较大的回升,效果明显,线路两侧的水位变化情况见表 2。

3.2 沉降变化情况

2013 年 5 月至 2013 年 10 月间 CPⅢ 点及水准基点高程测量显示,数据变化不明显,沉降已趋

于稳定。

表 2 线路两侧的水位变化

Tab.2 The change of water level on both sides of the line

| 井点编号 | 位置                     | 日期    |       |      |
|------|------------------------|-------|-------|------|
|      |                        | 5 月   | 5 月   | 6 月  |
|      |                        | 13 日  | 19 日  | 29 日 |
| J01  | K793 + 250 左侧          | 4.50  | 4.65  | 5.20 |
| J03  | K793 + 650 左侧          | 3.70  | 3.65  | 4.22 |
| J04  | K793 + 890 左侧          | 4.00  | 4.00  | 4.58 |
| J05  | K794 + 143 左侧          | 4.50  | 4.45  | 5.00 |
| J06  | K794 + 350 左侧          | 4.20  | 4.25  | 4.78 |
| J07  | K793 + 240 右侧          | 5.30  | 5.30  | 5.55 |
| J08  | K793 + 485 右侧          | 6.00  | 6.10  | 6.10 |
| J09  | K793 + 710 右侧          | 9.00  | 9.20  | 7.80 |
| J10  | K793 + 990 右侧          | 13.10 | 11.40 | 8.95 |
| J11  | K794 + 143 右侧          | 8.10  | 8.10  | 7.67 |
| J12  | K794 + 280 右侧          | 8.00  | 7.20  | 7.38 |
| J13  | K793 + 890 挡墙坡脚右侧 70 m | 12.10 | 11.60 | 8.20 |

3.3 线路平顺性及轨道调整情况

自联调联试以来,主要结合轨道检测车来控制轨道平顺性<sup>[12-13]</sup>,联调联试后本段无一级及以上偏差,无轨向、水平逆向复合不平顺,无车辆动力学超限;无砟轨道 TQI 平均值 2.53,远小于该等级线路管理值,有逐步下降的趋势。利用 CRH2-150C 和 CRH380A-001 动检波形进行对比分析轨道平顺性,通过对联调联试以来波形对比,车站路基段波形基本吻合,轨道平顺性较好,线路轨道质量状态优良且稳定。

4 结论

(1)站前广场基坑降水停止后,CPⅢ 点及水准基点沉降已趋于稳定,高速铁路车站路基沉降得到有效控制,站前广场基坑工程降水是引起本段发生路基地面沉降的原因。

(2)沉降观测数据显示距离漏斗中心约 700 m 处地面仍有约 5 mm 的沉降,理论公式估算抽水影响范围最大仅约 250 m,深厚粉质土地地区抽水影响半径不能简单按理论公式计算,而应以实测水位及沉降变化为主进行确定,本车站基坑抽水影响范围应以不小于 700 m 控制。

(3)通过停止基坑降水稳定地面沉降,拟和调整轨面高程满足平顺性要求,保证了联调联试的顺利进行和高速铁路安全平稳运营,通

车近两年来运营状况良好。

## 参考文献:

- [1] 铁道第三勘察设计院集团有限公司, 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 中国铁道科学研究院. TB 10621—2009 高速铁路设计规范(试行)[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2010.
- [2] 闵永智, 康飞, 党建武, 等. 无砟轨道沉降监测系统光斑中心定位技术研究[J]. 铁道学报, 2014, 36(2): 81—85.
- [3] 铁道科学研究院. 客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
- [4] 王长丹, 周顺华, 王炳龙, 等. 高速铁路桩承式结构路基地基沉降计算方法[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2013, 41(8): 1231—1236.
- [5] 陈善雄, 宋剑, 周全能, 等. 高速铁路沉降变形观测评估理论与实践[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2010.
- [6] 邓帅, 马涛. 华北平原区域沉降分析及对高速铁路的影响[J]. 铁道勘察, 2013(2): 39—42.
- [7] 中国建筑科学研究院. JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [8] 冯虎, 高丹盈, 刘国彬, 等. 软土超深基坑失稳破坏的离心模型试验研究[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2013, 34(5): 1—6.
- [9] 黄文熙. 土的工程性质[M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [10] ABIDIN H Z, DJAJA R, DARMAWAN D, et al. Land subsidence of jakarta (indonesia) and its geodetic monitoring system[J]. Natural Hazards, 2001, 23(2): 365—387.
- [11] 王金龙, 张家发, 崔浩东, 等. 南水北调中线典型渠段施工期降水措施研究[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2012, 32(5): 82—86.
- [12] 中铁十二局集团有限公司. TB 10751—2010 高速铁路路基工程施工质量验收标准[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2011.
- [13] 中国铁道科学研究院. TB 10761—2013 高速铁路工程动态验收技术规范[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.

## Treatment of the Subgrade Settlement on One High-speed Railway Station

CHEN Yuan-hong

(China Railway Fourth Survey and Design Institute Group CO., LTD, Wuhan 430063, China)

**Abstract:** High speed railway is strict with the requirements for deformation, for the subgrade abnormal settlement on one high-speed railway station, through the verification of design and construction quality and the analysis of subgrade settlement caused by the regional structure and the exploitation of groundwater, and the foundation pit dewatering of surrounding buildings, it has been found out that the reason which has caused the the subgrade foundation settlement is the foundation pit dewatering of station square, the influence scope of foundation pit pumping has been analyzed and determined. Therefore, the efficient solution has been adopted, The smoothness of track has been satisfied by fitting and adjusting the vertical section of railway line, the foundation pit dewatering of station square has been immediately called off, the foundation pit dewatering of subsequent construction has been controlled and limited, monitoring has shown that the subgrade settlement of has been controlled rapidly and effectively, it has been ensured that high speed railway operates safely and stably.

**Key words:** high-speed railway; subgrade; foundation pit dewatering; settlement; influence scope