

文章编号: 1674—8247(2021)01—0041—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.01.009

川南城际高速铁路路基变形监测设计探讨

司文明

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:在高速铁路的建设及运营管理过程中,路基的安全保障及健康状态的监测非常值得关注。路基变形对高速铁路的行车安全影响大,常规的监测模式不能满足高速铁路运营安全的要求。本文针对川南地区特定的水文地质条件和铁路路基周边复杂的建设影响因素,在铁路设计阶段,对路基变形监测进行了系统地设计,重点探讨了采空区、弱膨胀性红层泥岩区、受既有铁路交叉影响地段等高速铁路路基安全监控系统的设计,可为类似工程建设提供技术参考。

关键词:高速铁路;路基;变形监测系统;采空区;弱膨胀性红层泥岩

中图分类号:U213.1 文献标志码:A

A Study on Design of Subgrade Deformation Monitoring for South Sichuan Intercity High-speed Railway

SI Wenming

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: It is well worth paying attention to the safety guarantee and the monitoring of the health status of subgrade during the construction, operation, and management of the high-speed railway. Subgrade deformation has a great impact on the operation safety of the high-speed railway, and the conventional monitoring mode cannot meet the requirements of the operation safety of the high-speed railway. Based on the specific hydrogeological conditions in South Sichuan and the complex construction impact factors around the railway subgrade, this paper logically designs the deformation monitoring of subgrade during the railway design stage and emphatically discussed the design of the safety monitoring system for the high-speed railway subgrade in areas such as goaf, the area of weakly swelling red-bed mudstone and sections affected by the intersection of existing railways. It can provide technical references for similar engineering construction.

Key words: high-speed railway; subgrade; deformation monitoring system; goaf; weakly swelling red-bed mudstone

高速铁路是国家的关键基础设施,在我国经济社会发展中有至关重要的地位和作用。高速铁路运营列车速度高,行车时间间隔短,路基沉降、上拱等变形严重影响高速铁路行车速度及行车安全。常规的路基变形监测措施不能完全满足高速铁路运营阶段安全监控的需求^[1-7]。基于此,川南城际高速铁路在设计阶段,

针对基工点情况,针对本区域特定的红层泥岩弱膨胀性水文地质条件,针对既有高速铁路交叉影响的特点,着重考虑了路基自动变形监测的系统性措施,用以确定路基稳定状况及其发展趋势,及时做出灾害预测预报,有效防控高速铁路运营期间的安全风险。

川南城际铁路内江至泸州段为时速 250 km 的有

收稿日期:2020-07-27

作者简介:司文明(1986-),男,高级工程师。

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0802210)

引文格式:司文明.川南城际高速铁路路基变形监测设计探讨[J].高速铁路技术,2021,12(1):41-45.

SI Wenming. A Study on Design of Subgrade Deformation Monitoring for South Sichuan Intercity High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(1):41-45.

砟高速铁路,自贡至宜宾段为时速350 km的无砟高速铁路。线路全长约210 km,其中路基长度约占总长度的40%。路基所占比重较大,工点类型较多。川南地区以低山丘陵区、低山区等地貌单元为主,区域内大面积分布侏罗系、白垩系软质红层泥岩。软质红层泥岩具有自身强度低、遇水易软化、膨胀等特点,既有营运铁路在软质红层泥岩深挖方路堑地段发生过局部几毫米至数十毫米的上拱变形问题^[8-9]。

本文针对川南城际铁路代表性的采空区路基、红层泥岩深挖方路基、既有高速铁路交叉影响段路基等特殊工点路基的变形监测系统设计作详细阐述。

1 采空区路基的变形监测系统设计

1.1 工程概况

川南城际铁路横穿螺观山山脉及三叠系上统须家河组含煤地层,沿该山脉分布大小规模不等的煤矿采空区。其中DK 90+480~DK 90+720段路基区间最大填方为17.5 m,位于古佛煤矿采空区范围内。古佛煤矿揭露为单一煤层,厚度约0.5 m,埋深约240 m。为小窑采空区,以人工巷道采掘为主。巷道宽度约为2 m,煤层采高为0.5 m,采厚比大于1:250,属于较安全开采深度,且采空区上覆岩层较完整。

1.2 采空区稳定性判断

采空区路基示意如图1所示。根据《工程地质手册》,采空区顶板岩层保持自然平衡,临界高度 H_0 的计算如公式(1)所示:

$$H_0 = \frac{B\gamma \sqrt{B^2\gamma^2 + 4B\gamma p_0 \tan\varphi \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}}{2\gamma \tan\varphi \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)} \quad (1)$$

式中: B ——巷道宽度(m);

γ ——岩层重度(kN/m^3);

p_0 ——基底附加压力(kPa);

φ ——岩层内摩擦角($^\circ$)。

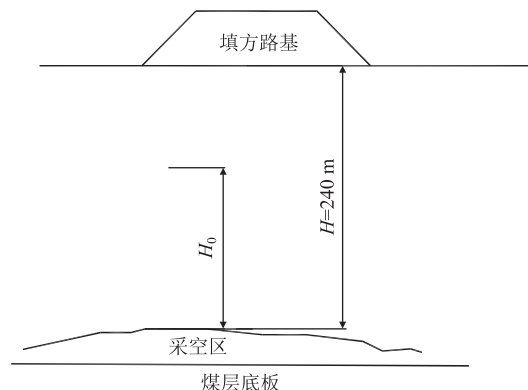


图1 采空区路基示意图

按照公式(1)计算得到临界高度 $H_0 = 13 \text{ m}$ 。

$$H = 240 \text{ m} > 1.5 \times H_0 = 19.5 \text{ m} \quad (2)$$

根据公式(2),按照《工程地质手册》的判断标准,该采空区上部地基稳定。

古佛煤矿关闭时间均较长,根据相关规范,煤矿的沉降变形已基本稳定。地表调查亦未发现线路附近公路路面、房屋建筑等地表构筑物及坡地地表有下沉、开裂变形。故综合判定此处采空区地基稳定,高速铁路线位方案可行。

1.3 监测的必要性

在未处理的采空区范围内修建高速铁路,在国内高铁建设历史上实属罕见。本段线位填方高度为17.5 m,从工程技术经济合理性方面考虑,应设置桥梁工程,但为确保高速铁路更加安全可靠,经各方慎重审查,科学决策,确定本段设置为路基工程。路基采用直接填方的形式,尽量不设置复杂的支挡加固措施。路基工程措施较为简单,若后期发生沉降变形,相对桥梁结构,处理起来也较为简单快捷,影响程度较小。

但路基工程要进行专项设计,且必须设置沉降变形自动监测系统,及时掌控可能发生的潜在沉降变形,在规划设计阶段确保高速铁路百年工程的安全可靠。

路基工程的主要设计措施如下:

(1)路堤拉通铺设高强土工格栅,路基底部设置2层高强土工布,以增强路堤的整体性并减少沉降的不均匀性。路堤边坡坡率放缓一级,增加平台宽度,增加路堤刚度和压实度,减少沉降变形,增强路堤的安全性。

(2)采空区范围内设置自动沉降观测系统,对沉降、水平位移进行自动监测,建立施工及运营期间的沉降变形监测系统,进一步降低铁路运营风险。

1.4 自动监测系统设计

采空区里程范围DK 90+480~DK 90+720设置了地基沉降、路基表层变形、路基坡脚水平位移3项自动监测系统。

自动监测系统由自动监测物位计、基准点安装件、基准点保护箱、定位装载箱、传输总线、工控设备箱组成。自动监测物位计的精度为0.5 mm,灵敏度为0.01 mm。设计选取的自动监测系统相关硬件,具有国家制造计量器具许可证,相关软件系统具有多个高速铁路连续沉降变形自动监测的应用业绩。

在采空区影响范围外侧设置系统基准点,本段系统基准点设置里程为DK 90+430。在施工过程中通过CP I和CP II对系统基准点进行变形数据修正,将观测数据输入软件进行系统修正,修正频次根据实际

情况确定,一般为每月1次。

(1) 地基沉降自动监测系统

DK 90 + 430 设置系统基准点,向大里程每隔约 40 m 布设一个自动监测断面,合计设置 8 个断面。监测断面于路堤基底中心、左右线路肩中心对应地基位置埋设自动监测物位计,在路基坡脚外侧埋设基准点物位计、定位装载箱及工控设备箱。在监测断面基准点上设置基准点修正测点物位计,所有修正物位计与系统基准点相连接,通过系统基准点物位计和基准点修正物位计对各断面进行测量与修正。

(2) 路基表层变形自动监测系统

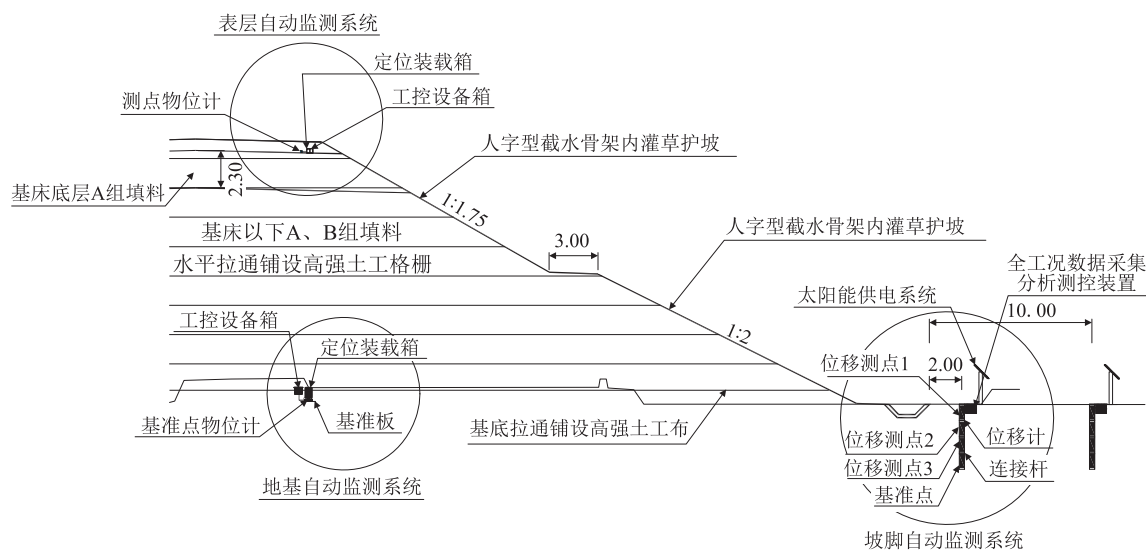


图2 采空区路基自动监测系统布设图(m)

测数据,每 24 h 测量和采集传输一次。通过工控设备箱内的数据传输模组实时无线传送到数据处理平台,通过系统软件实时发布,通过专用的监测软件,访问数据平台的数据库,实时观测本次沉降、累计沉降和沉降速率等数据。

2 红层泥岩路基变形监测系统设计

2.1 工程概况

川南城际铁路 DK 69 + 600 ~ DK 70 + 000 段,长度 400 m,为深挖方路堑,最大挖方高度约 40 m。本工点属丘陵地貌区,地形起伏较大。地表上覆坡残积层粉质黏土,下伏侏罗系下统珍珠冲组泥岩夹砂岩,泥岩为紫红色、红褐色,泥质结构,钙-泥质胶结,具有岩质较软,易风化剥落,具遇水软化崩解、失水收缩开裂等特性。

2.2 监测的必要性

本段路基最大挖方高度约 40 m,地层岩性、挖方

DK 90 + 430 设置系统基准点,向大里程每隔约 20 m 于路肩位置设置一个自动监测断面,合计约 38 个测点。

(3) 坡脚水平位移自动监测系统

DK 90 + 430 设置系统基准点,向大里程每隔约 40 m 于路肩位置设置一个自动监测断面,合计 8 个断面,水平位移监测系统合计 32 套,水平位移计合计 128 个。每个监测断面布设 4 套水平位移自动监测系统,分别位于路基断面两侧坡脚外侧 2 m、10 m 位置。监测系统布设图如图 2 所示。

地基沉降、路基表层变形、坡脚水平位移的自动监

高度十分类似于川南地区既有成渝高速铁路内江北站,其部分段落发生了无砟轨道的上拱病害,最大上拱变形 10 ~ 14 mm。

结合既有运营铁路的经验教训,红层泥岩地区无砟轨道高速铁路一旦发生上拱变形,很难查找并分析出具体原因。且上拱变形监测数据收敛的历时较长,对高速铁路运营带来较大的风险隐患,而运营期间的病害整治代价很高。

本段红层泥岩深挖方路堑需进行专项的变形自动监测系统设计,在工程建设过程中,及时掌控可能发生的潜在上拱变形,才能及早提出相关解决措施,减少高速铁路运营期间的病害整治。

2.3 自动监测系统设计

DK 69 + 600 ~ DK 70 + 000 段,每间隔 50 m 设置一个监测断面,表层测量元件分别布置于线路中心、两侧路肩边缘内 1 m 的位置,基准点设置在坡脚。为保证基准点的稳定,基准点位置向下钻孔,孔深为 15 m,

孔内放置基准杆,基准杆底端锚固长度为2~3 m,孔壁与基准杆之间使用护套管进行隔离,护套管外壁与孔壁之间使用细砂填充,最后将基准点固定在基准杆上。在股道中心位置,分别在地基面、地基下2 m、地基下4 m、地基下6 m、地基下8 m、地基下13 m共6个位置分层监测,布设位置为左右侧线路中心的位置,左侧线路中心位置按沿线路方向深度逐渐递增的方式进行布设,右侧轨道中心位置按沿线路方向逐渐递减的方式进行布设。分层监测钻孔间距为1 m,孔钻至指定深

度后,在孔内安放基准杆,基准杆锚固长度为30~50 cm,基准杆与孔壁之间采用护套管进行隔离,护套管外壁与孔壁之间使用细砂填充。监测系统布设如图3所示。

自动化监测物位计精度为0.5 mm,灵敏度为0.01 mm,每24 h测量和采集传输一次。自动监测系统通过工控设备箱内的数据传输模组实时无线传送到数据处理平台,通过系统软件实时发布,通过专用监测软件,访问数据平台的数据库,实时观测数据。

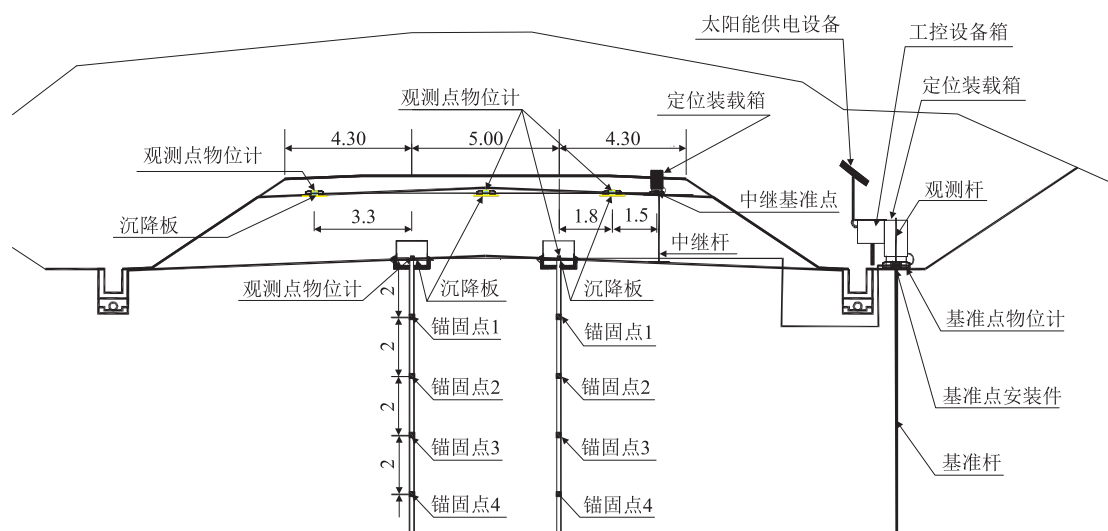


图3 红层泥岩自动监测系统布设图(m)

3 临近既有线路基的自动监测系统设计

3.1 工程概况

川南城际铁路在IDK 6+555~IDK 6+585段以路基形式下穿运营中的成渝高速铁路。其平面和横断面位置关系如图4、图5所示。本工点地面横坡平缓,地表上覆土层为第四系全新统坡残积层硬塑状粉质黏土,下伏基岩为侏罗系中统上沙溪庙组泥岩夹砂岩,泥岩为红褐色,岩质较软,具遇水软化崩解、失水收缩开裂等特性。

交叉位置川南城际铁路为浅填浅挖路基,路基采用桩板式U型槽结构,共2跨。U型槽侧壁及底板厚均为1.0 m,采用C35钢筋混凝土一次性连续立模浇筑。U型槽内表层及底层填料均采用级配碎石掺7%水泥。全段基底设置C35钢筋混凝土圆形挖孔桩,桩直径1.2 m,共18根,桩长7.5~8.5 m,桩基采用非爆破人工+小型机械的方式进行施工。

3.2 监测的必要性

交叉位置成渝高速铁路为32 m简支桥梁,川南城

际铁路U型槽结构距离既有成渝铁路墩台最近距离仅0.33 m。U型槽施工及运营期间是否对正在运营的成渝高速铁路产生不利影响,需要设置沉降变形自动监测系统,对临近的桥梁墩台进行全天候安全监控。自动监测系统可及时掌控桥墩变形情况,及早预警,是施工期间既有线运营行车安全保障的技术措施之一。

3.3 自动监测系统设计

IDK 6+555~IDK 6+585段U型槽工程施工期间,设置沉降变形自动监测系统,对紧邻的成渝高速铁路两处墩台进行实时自动变形监测。自动监测系统的基准点布设在两测量桥墩外侧的临近桥墩,在监测桥墩的四角布设物位计监测点,物位计通过安装件刚性连接在桥墩表面。

桥梁变形自动监测物位计精度为0.2 mm,灵敏度为0.01 mm,每24 h测量和采集传输一次。自动监测数据实时无线传送到数据处理平台,通过系统软件实时发布,通过专用的监测软件,访问数据平台的数据库,通过管理软件实时发布数据、实时预警,以保障施工期间既有线运的行车安全。

