

# 框架桥下穿既有铁路的顶进施工偏差监测与预警分析

徐强<sup>1</sup> 巨龙飞<sup>1</sup> 梁柱<sup>2</sup> 李荣建<sup>2\*</sup>

1 中铁一局集团铁路建设有限公司, 陕西 咸阳 712046; 2 西安理工大学, 岩土工程研究所, 陕西 西安 710048

**摘要:** 新建框架桥顶进下穿既有铁路施工中“抬头”、“扎头”及横向偏差监测及实时预警播报和纠偏, 成为新建工程中亟待解决的关键问题之一。本研究选取咸阳某市政道路下穿既有陇海铁路的施工为背景, 搭建了智能监测预警平台。通过在框架桥上布设监测点, 智能监测预警平台的数据分析模块, 自动采集分析顶进施工中监测点的实时监测数据, 分析结果提交给智能监测预警平台的预警模块。预警模块基于设定的框架桥下穿既有铁路顶进施工偏差值和监测预警值, 自动判定中线偏差情况和高程误差, 并显示判定预警结果。研究成果可为推动城市交通建设的智能化发展提供借鉴。

**关键词:** 框架桥; 顶进施工; 偏差控制; 监测预警

## Deviation Monitoring and Early Warning Analysis of Jacking Construction for Frame Bridges Passing under Existing Railways

Xu,Qiang<sup>1</sup> Ju,Longfei<sup>1</sup> Liang,Zhu<sup>2</sup> Li,Rongjian<sup>2\*</sup>

1Railway Construction Co., Ltd, China Railway First Bureau Group, Xianyang, Shaanxi, 712046, China

2Institute of Geotechnical Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi, 710048, China

**Abstract:** In the jacking construction of new frame bridges passing under existing railways, monitoring and real-time early warning reporting of “lifting”, “diving”, and lateral deviations, as well as deviation correction, have become one of the key issues to be urgently solved in new construction projects. This study takes the construction of a municipal road in Xianyang passing under the existing Longhai Railway as the background and builds an intelligent monitoring and early warning platform. By arranging monitoring points on the frame bridge, the data analysis module of the intelligent monitoring and early warning platform automatically collects and analyzes the real-time monitoring data of the monitoring points during the jacking construction, and submits the analysis results to the early warning module of the intelligent monitoring and early warning platform. Based on the set deviation values and monitoring early warning values for the jacking construction of frame bridges passing under existing railways, the early warning module automatically determines the central line deviation and elevation error and displays the determination and early warning results. The research results can provide reference for promoting the intelligent development of urban traffic construction.

**Keywords:** Frame bridge; Jacking construction; Deviation control; Monitoring and early warning

DOI: 10.62639/sspis24.20250207

### 引言

随着我国社会经济的发展, 现代化城市道路交通网的不断发展和完善, 部分新建道路必须下穿既有公路、铁路才能完成现代化、智能化的城市道路网的整体规划和建设<sup>[1]</sup>。由于新建框架桥下穿既有铁路施工建设环境复杂, 可能产生“抬头”、“扎头”现象及横向偏差, 影响框架桥下穿既有铁路正常施工作业。因此, 新建框架桥顶进下穿既有铁路施工中如何快速精准监测及实时偏差预警播报和纠偏, 已成为目前新建工程中亟待解决的关键问题之一。

但框架桥顶进施工过程中箱身方向偏位及“

扎头”和“抬头”病害的预防和处理方法<sup>[2]</sup>需要投入大量时间和人力<sup>[3-5]</sup>; 例如, 辽阳市新华街下穿既有沈大铁路立交框架桥顶进施工对主体结构的启动、就位、方向和高程等四种状态控制方法<sup>[6]</sup>。该方法基于理论经验公式计算和阶段性人工校核, 不但工作量极大, 而且精度有限, 导致箱涵偏差动态响应滞后, 不能及时进行预测顶进偏差。

本文以咸阳某市政道路下穿既有陇海铁路的施工为背景, 基于实时算法搭建箱涵顶进偏差实时监测预警平台, 开展框架桥下穿既有铁路顶进偏差监测与预警分析研究。

(稿件编号: IS-25-7-1030)

**作者简介:** 徐强 (1979-), 男, 汉, 四川省广元市人, 大专, 助理工程师, 主要研究方向: 土木工程建造与管理。

巨龙飞 (1995-), 男, 汉, 陕西省西安市人, 大专, 工程师, 主要研究方向: 土木工程建造与管理。

梁柱 (1999-), 男, 汉, 陕西省榆林市人, 硕士在读, 主要研究方向: 岩土力学与数值分析。

**通讯作者:** 李荣建 (1969-), 男, 汉, 河南省南阳市, 博士, 教授, 主要研究方向: 黄土力学、隧道工程、边坡工程及其加固。

**基金项目:** 陕西省重点研发计划项目: “面向智慧建造互联网的地铁盾构施工安全与质量风险评价与控制” (基金号: 2020ZDLGY07-03)。

### 一、工程概况

咸阳某市政道路框架桥下穿陇海铁路(K1099+558.5)、徐兰高铁(K1095+824)工程项目,采用南北对顶下穿施工,下穿平面布置示意图如下图1所示。下穿段全长835m,道路红线宽度18m,下穿陇海铁路地道敞开段道路拓宽至22m。与陇海铁路和徐兰高铁交叉交角90.6°,铁路大体东西走向,交叉处二厂路采用3孔(7m+12.6m+7m)框架下穿陇海铁路和徐兰高铁。

框架桥孔径由机动车道框架桥和非机动车道框架桥组成。机动车道框架桥单孔宽14.8m,高9.2m,垂直铁路方向顶进箱身长14m,徐兰高铁下穿顶进箱身长度18m。顶板厚1m,边墙厚1.1m,底板厚1.2m;采用C35钢筋混凝土。非机动车道框架桥为两孔,宽8.4m,高8.55m,垂直铁路方向顶进箱身长度为14m,徐兰高铁下穿顶进箱身长度18m。顶板厚0.7m,边墙厚0.7m,底板厚0.75m,采用C35钢筋混凝土。

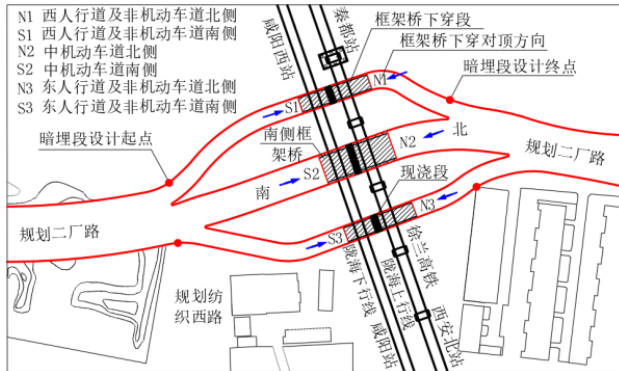


图1 框架桥顶进平面布置图

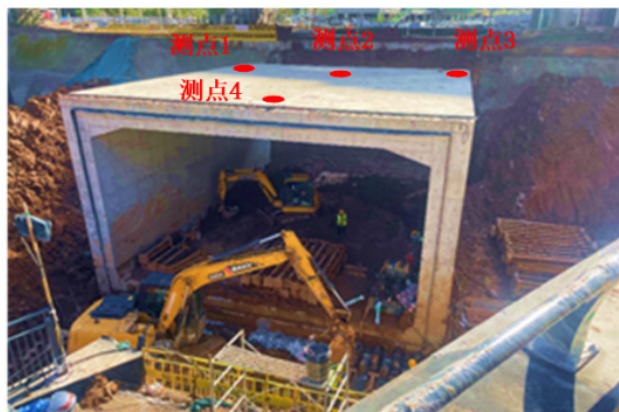


图2 箱涵监测点布设位置图

### 二、监测预警平台构建及功能

#### (一) 智能监测平台构建

监测预警平台的开发环境包括硬件环境和软件环境。硬件环境包括1台Web服务器;软件环境采用Java、Vue等语言和MYSQL8.0数据库储存数据搭建一个Springboot开发框架从而构成

Web服务器操作系统。用户界面系统涵盖PC端、移动端和Web端三大平台,集成数据展示与维护、交互式输入与查询等功能模块,该系统支持数据的快速录入、实时显示和高效管理,能够自动生成监测数据的可视化图表。二厂路框架桥架空顶进智能监控平台由数据采集分析模块和预警模块组成,是一个集实时监控、数据分析、预警管理及用户访问交互于一体的综合平台。

#### (二) 智能监测平台功能

智能监测平台的预警模块通过数据采集分析模块提交的框架桥下穿既有铁路顶进施工各测点异常数据,自动完成计算框架桥顶进施工中线路位置与控制中线位置的偏差值,比对偏差值与预设允许偏差预警值之间的偏差大小关系。当预警模块分析结果显示各测点偏差值超过预设允许偏差预警值时,系统会自动触发预警机制。预警模块自动记录偏差数据并立即触发预警机制发出预警警报等级信息,且并将预警信息发送给工程师,帮助工程师控制顶进施工过程中框架桥的“抬头”、“扎头”现象及横向偏差。

在框架桥上设置监测点,如图2所示,通过数据采集分析模块能够自动接收监测设备传输的坐标、高程、角度等原始数据。通过算法自动完成实时监测数据滤波、校验和优化。数据采集分析模块通过智能自动识别实时监测数据的异常值,并将异常数据标记为高风险点,然后自动提交给预警模块进行预警分析处理。

### 三、顶进偏差监测与预警分析

#### (一) 允许偏差预警值

根据《邻近铁路营业线施工安全监测技术规范》(TB 10314-2021)、《城镇地道桥顶进施工及验收标准》(CJJ/T 74-2020)的相关要求,结合现场的实际情况,规定了框架桥顶进偏差预警指标如表1所示。

表1 框架桥两端顶进偏差监测预警值(单位mm)

监测项目	预警值		
	III 警戒级	II 警戒级	I 警戒级
中线偏差	±60	±80	±100
高程偏差	±90	±120	±150

#### (二) 顶进偏差监测

咸阳市二厂路框架桥顶进下穿既有铁路工程项目采用对顶下穿,每次相互对顶推进1m,总顶程32m,智能监测平台针对中线偏差和高程偏差每生成一次顶推数据,并自动完成监测数据与设定允许偏差预警值判定分析。判定分析结果如表2所示。由表2可知,框架桥顶进下穿顶进施工预警阈值超过60mm,则启动预警及纠偏,满足框架桥下穿顶进施工要求。

表2 系统监测主线数据分析表(单位mm)

顶进步序	中机动车道中线累计偏差		中机动车道高程累计偏差	
	南侧	北侧	南侧	北侧

1	2.50	-1.00	66.10	75.00
2	6.50	1.50	65.10	55.20
3	2.10	4.00	67.00	91.00
4	4.50	14.50	68.00	95.50
5	-12.00	20.00	34.50	75.00
6	3.00	45.50	34.50	80.00
7	12.50	30.00	34.50	86.00
8	29.00	2.85	32.00	96.00
9	32.50	3.00	31.00	19.50
10	15.50	0.00	12.50	141.00
11	6.00	-3.50	26.00	136.00
12	7.00	7.50	28.00	133.50
13	2.50	2.00	30.00	13.50
14	2.50	7.00	29.00	118.00
15	19.50	-1.50	31.50	133.00
16	9.50	10.00	34.00	119.50
17	14.00	43.00	31.00	36.00
18	1.00	14.50	53.50	-87.50
19	-8.00	15.00	60.00	-60.00
20	1.00	24.00	51.00	-25.00
21	89.00	33.50	45.00	12.00
22	7.00	20.50	59.00	28.00
23	4.00	17.00	59.00	12.00
24	6.00	21.50	60.00	50.00
25	4.50	25.00	58.00	85.00
26	4.00	-3.00	59.50	146.00
27	2.50	-2.00	61.50	159.00
28	3.50	-4.00	66.00	120.00
29	6.50	-5.00	65.50	85.00
30	2.00	-3.00	70.00	65.00
31	1.50	-2.50	75.00	70.00
32	1.30	-2.20	52.00	50.00

注释:表中高程数据正为偏高,负为偏低;中线偏差数据正为偏东,负为偏西。

### (三)顶进偏差预警

南侧框架桥顶进下穿至K0+464.27位置,智能监测预警平台的数据分析结果显示框架桥顶进下穿中线水平向东偏移达89mm,监测预警平台判定为Ⅱ级预警,并触发Ⅱ级预警开关,将预警发送给工程师。工程师接到预警后,立即通知框架桥下穿既有铁路顶进施工工作人员,通过减小箱涵西侧的千斤顶顶进速度,直至中线偏差至框架桥顶进下穿中线与中线严格控制在 $\pm 60\text{mm}$ 范围内,恢复框架桥下穿既有铁路顶进施工正常作业。

北侧框架桥顶进至K0+477.76位置时,监测预警平台的数据采集分析结果显示中线高程偏高159mm,监测预警平台判定为Ⅰ级预警,并触发Ⅰ级预警开关,将预警发送给工程师。工程师接到预警后,立即通知框架桥下穿既有铁路顶进施工工作人员,通过挖除前端部分土体并减速顶进,直至中线偏差至北侧框架桥顶进下穿中线与中线严格控制在 $\pm 90\text{mm}$ 范围内,恢复框架桥下穿既有铁路顶进施工正常作业。

坚持“四不挖”制度,即列车通过时不挖土,机械设备发生故障时不挖土,较长时间不顶进时不挖土,交接班前不挖土,有效控制了框架下穿施工的风险。

## 四、结论

(一)基于框架桥下穿既有铁路顶进施工偏差值和监测预警值,搭建了智能监测预警平台。通过在框架桥上设置监测点,运用搭建的监测预警平台的数据分析模块自动分析顶进施工过程中监测点的实时监测数据。

(二)预警模块基于设定的框架桥下穿既有铁路顶进施工允许施工偏差值和监测预警值,自动分析判定中线的偏差情况和高程误差,并给出预警结果,实现了框架桥下穿既有铁路顶进施工中“抬头”、“扎头”现象及横向偏差信息快速、及时发布和预警处置,有效控制了框架下穿施工的风险。

### 参考文献:

- [1] 林宇. 下穿铁路框架箱涵顶进施工技术应用[J]. 价值工程, 2020, 39(16): 102-103.
- [2] 张云琪. 框架桥顶进施工中主体结构状态控制措施[J]. 国防交通工程与技术, 2014, 12(01): 61-63.
- [3] 夏智华, 戴军强, 胡世松, 等. 既有铁路下穿施工箱涵顶进姿态监测系统及应用[J]. 数字技术与应用, 2024, 42(06): 151-154.
- [4] 许俊伟, 刘永胜, 吴达, 等. 隧道与地下工程监控量测技术的发展与展望[J]. 测绘地理信息, 2023, 48(03): 7-13.
- [5] 侯政宇. 框架式通道涵顶进下穿既有铁路施工技术研究[J]. 建筑技术开发, 2024, 51(09): 119-121.
- [6] 邹春棋, 郝朝东, 邓帅. 大跨度箱涵下穿铁路的顶力智能控制研究[J]. 铁道建筑技术, 2019(10): 82-87.