

自动化监测在临近深基坑工程高铁高架桥中的应用

王璟

杭州地方铁路开发有限公司

摘要: 为保证高铁高架桥结构在临近深基坑工程施工过程中的安全运行,需要对高铁高架桥结构进行自动化监测,以了解高铁高架桥结构在临近深基坑工程施工过程中的安全运行状况。而自动化监测可以实时获取临近高铁高架桥梁位置的监测数据,根据实时监测数据判断高铁高架桥结构的安全状况,并对深基坑工程施工提供一定的技术支持。本文以嘉兴市域外配水盾构井基坑临近高铁高架桥工程为背景,研究自动化监测在深基坑临近高铁高架桥梁结构安全监测中的应用。利用自动化监测对盾构井基坑工程施工参数进行调整和优化,并实时掌握高铁高架桥梁结构的安全状况,以此保证盾构井基坑工程施工过程中高铁高架桥的安全运行。

关键词: 自动化监测; 深基坑工程; 安全运行; 高架桥

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2022. 01. 032

一、引言

随着中国经济的快速发展,城市基础设施的建设也在快速地建设中。然而在各个工程项目的建设过程中,可能由于技术条件的不成熟、工程项目管理人员对工程安全的安全意识不够、异常气候等原因造成了不少安全事故。如2005年7月21日中午12:20左右,广州海珠城广场工程基坑发生坍塌,导致3人死亡,8人受伤;2018年12月20日15时许,青岛崂山区的地铁4号线施工工地发生一起生产安全事故,致1人死亡;2020年6月3日17时许,沈阳市沈北新区蒲丰路97号的富力院士廷项目A地块一期园林景观工程施工现场发生一起较大坍塌安全事故,造成4名工人死亡;等等的安全事故不断发生。

因此,本文以嘉兴市域外配水项目盾构井基坑工程临近高铁高架桥梁为背景,开展深基坑工程施工对高铁高架桥梁的安全影响研究。

二、项目概况

嘉兴市域外配水工程项目(杭州方向)取水口为闲林配水井,起点为杭州仁和节点,终点为嘉兴市各受水水厂。输水线路总长为172.2km,其中杭州段长为23.1km,嘉兴段长为148.5km。其中D6盾构井为接收井,D5盾构井为始发井,D5盾构井至D6接收井区间段内掘进线路及周围环境如图2-1所示。D6盾构接收井基坑工程采用2道混凝土支撑+4道钢支撑+2道钢换撑的支撑体系,其中围护结构采用1000mm厚的地下连续墙地下三层矩形结构,结构外包长度为37.5m,宽度为15m,基坑深度约为24.25m。整个区间段内,D6盾构井基坑是距离沪昆高铁桥梁最近的基坑,距离约为78m。D6盾构



图2-1 工程概况平面图

井基坑与沪昆高铁桥梁之间的位置关系如图2-2所示。

盾构井基坑临近沪昆高铁桥梁桥梁参数为桥面宽度为12.6m,桥梁长度为32.6m,下部结构为墩柱结构,上部结构为箱型简支梁桥,箱梁采用C50混凝土,轨道板采用C35混凝土。桥梁结构断面图如图2-3所示。

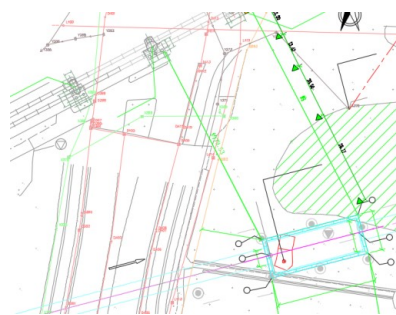


图2-2 D6盾构井基坑与高铁桥梁的位置图

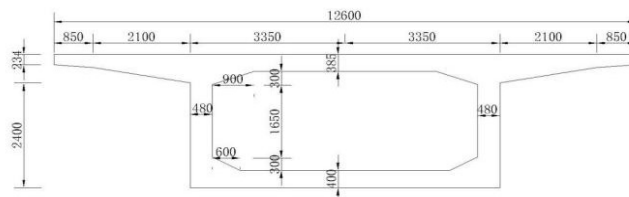


图2-3 桥梁结构断面图

三、监测方案

为了更好地研究盾构井基坑工程施工对高铁高架桥梁的安全状况的影响,对沪昆高铁桥梁开展自动化监测,本次研究的监测方案中桥梁的主要监测项目为桥墩倾斜进行监测,对主梁振动、主梁动挠度进行检测。并通过ANSYS软件对桥梁进行了桥梁模态模拟。

(一) 监测系统架构

铁路桥梁自动化监测系统主要由传感器设备、采集设备、供电系统、通信系统、数据展示平台等组成,桥梁监测系统设备框架如图3-1所示。

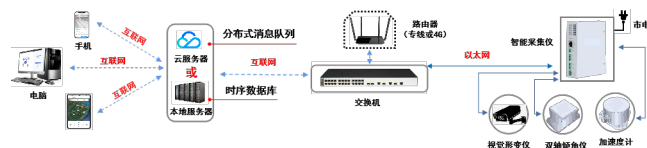


图3-1 监测系统架构图

(二) 预警设计

根据盾构井深基坑工程施工临近高铁桥梁工况及《大跨度桥梁结构健康监测预警阈值标准》

T/CECS529-2018,桥梁主梁挠度预警值、主梁振动加速度预警值、桥墩倾斜预警值设置如表3-1所示。

表3-1 预警等级设置表

监测项目 预警等级	I	II	III	IV
加速度	25%	15%	10%	5%

注：1. 加速度预警值将桥梁25℃一阶频率的百分比作为预警级别参数。2. 桥墩倾斜预警值参考《建筑地基基础设计规范》GB5007-2011中表5.3.4中高耸结构基础基础的倾斜值作为预警值。

(三) 测点布设

1. 测点布设要求

为了保证铁路桥梁在盾构隧道穿越过程中能够安全运行，对所穿越的铁路桥梁的安全监测设备布设应满足桥梁结构响应、荷载作用效应、环境作用效应等方面的监测要求。

2. 设备布设设计

对影响区域内桥梁桥墩倾斜布设2台倾角计进行监测，对桥梁主梁振动布设3台加速度计进行检测，对桥梁主梁动挠度布设3个标靶进行检测。其中测点布设如图3-2所示。

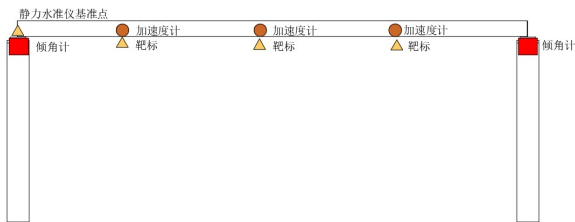


图3-2 测点布设图

(四) 桥梁模型

1. 桥梁参数选取

根据桥梁实际情况，利用ANSYS数值软件对桥梁模态分析，选取桥梁参数如表3-2所示。

表3-2 结构各部件计算参数

部件	密度 (kg/m ³)	弹性模量 (Gpa)	泊松比
钢轨	7830	210	0.3
轨道板	2500	31.5	0.2
箱型梁	2500	34.5	0.2

2. 网格划分

根据桥梁工程状况，对桥梁主梁结构网格划分主要采用三维正四面体实体单元，网格划分如图3-3所示。



图3-3 桥梁模型网格划分图

3. 边界条件

根据桥梁模态分析状况需要，对桥梁的箱梁体局部设置约束条件，以此作为桥梁模态分析的基础。根据以上设置的桥梁参数对桥梁进行模态分析计算。

(五) 监测成果分析

1. 桥墩倾斜监测分析

根据自动化监测情况可知，在D6盾构井基坑工程从开挖至封顶的过程中，高铁高架桥影响的左、右侧桥墩倾斜监测状况如图3-4、图3-5、图3-6、图3-7所示。

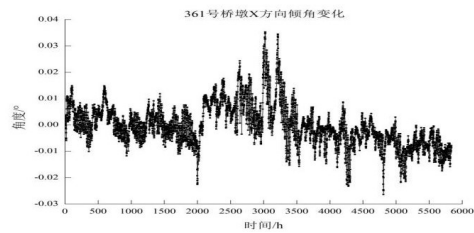


图3-4 桥梁左侧桥墩X轴方向倾角变化图

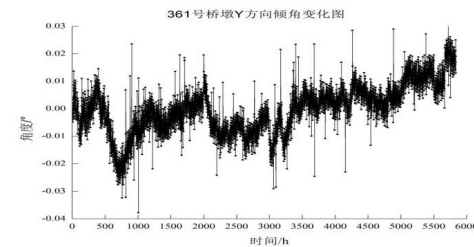


图3-5 桥梁左侧桥墩Y轴方向倾角变化图

根据图3-4、图3-5可知，在盾构井基坑工程开始开挖至基坑顶板封顶，再到2021年4月份的监测过程中，361号桥墩X方向的倾角变化最大值为0.0334°，而Y轴方向上倾角最大值为0.0121°，根据《建筑地基基础设计规范》GB5007-2011中第5.4.3条中表5.4.3关于高耸结构基础的倾斜规定，高度小于20m的结构物，倾斜小于0.008，根据计算可得最大倾斜限值应为0.4585°。因此，361号桥墩X方向与Y方向上的倾角值均小于最大倾斜限制0.4585°。

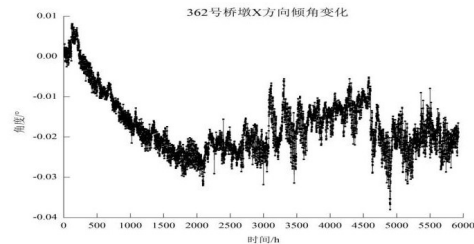


图3-6 桥梁左侧桥墩X轴方向倾角变化图

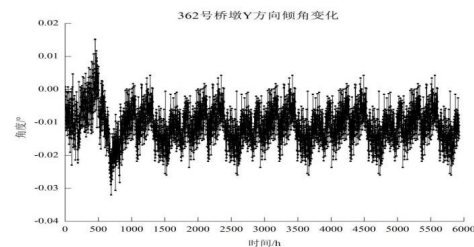


图3-7 桥梁左侧桥墩Y轴方向倾角变化图

同理，图3-6与图3-7可知，在盾构井基坑工程开始开挖至基坑顶板封顶，再到2021年4月份的监测过程中，362号桥墩X轴方向上倾角变化最大值为-0.0363°，而Y轴方向上的倾角变化最大值为-0.0319°，根据《建筑地基基础设计规范》GB5007-2011中第5.4.3条中表5.4.3关于高耸结构基础的倾斜规定，高度小于20m的结构物，倾斜小于0.008，根据计算可得最大倾斜限值应为0.4585°。因此，362号桥墩X方向与Y方向上的倾角值均小于最大倾斜限制0.4585°。

2. 桥梁模态分析结果分析

通过ANSYS数值仿真建立的桥梁结构的振动模态模

型,通过振动模态模型分析得到了桥梁结构在振动状态下的模态分析状况。根据ANSYS有限元分析桥梁模态模型计算结果,高铁高架桥主梁前12阶模态频率的计算结果如表3-3所示。

表3-3 高铁高架桥梁前12阶模态振动频率表

阶次	频率 (Hz)	阶次	频率 (Hz)	阶次	频率 (Hz)	阶次	频率 (Hz)
1	5.625	4	16.356	7	35.326	10	49.839
2	9.904	5	21.532	8	36.364	11	50.234
3	15.816	6	22.357	9	37.22	12	50.635

根据表3-3在ANSYS高铁高架桥主梁结构振型图可知,高架桥结构的一阶模态与二阶模态频率分别为5.625Hz和9.904Hz。

3. 主梁加速度监测结果分析

通过利用加速度计对主梁结构的振动状况进行了现场检测,检测结果如图3-8、图3-9、图3-10、图3-11所示。

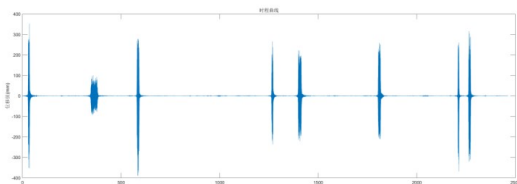


图3-8 四分之一跨加速度时程曲线

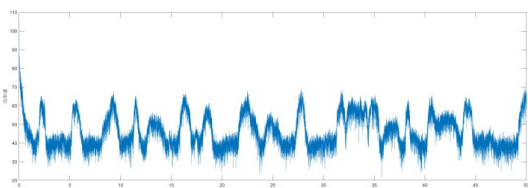


图3-9 四分之一跨加速度功率谱

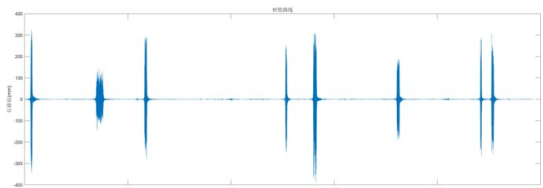


图3-10 二分之一跨加速度时程曲线

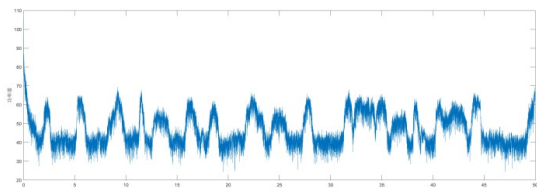


图3-11 二分之一跨加速度功率谱

上述通过ANSYS有限元数值模拟的模态分析可以得到高铁高架桥主梁的前两基频分别为5.6Hz、9.9Hz,观察上图可以发现:基于加速度传感器采集到主梁振动数据并进行频谱分析,可以抓取到主梁的前两基频分别为5.5Hz、9.6Hz,因此,加速度计的检测结果基本与有限元理论值吻合,也表明高铁高架桥主梁结构并未受到邻近深基坑开挖的影响。

4. 视觉形变挠度分析

为了了解高架桥结构安全动挠度,通过利用视觉形变仪对主梁动挠度进行了检测,视觉传感检测结果分别如图3-12、图3-13、图3-14、图3-15所示

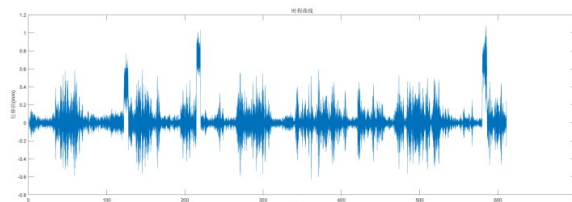


图3-12 四分之一跨主梁振动时程曲线

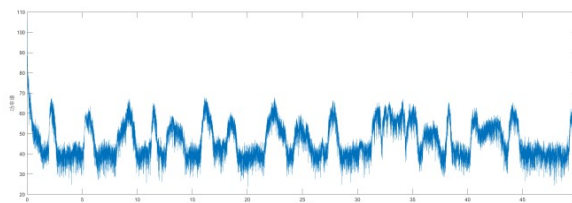


图3-13 四分之一跨主梁振动功率谱

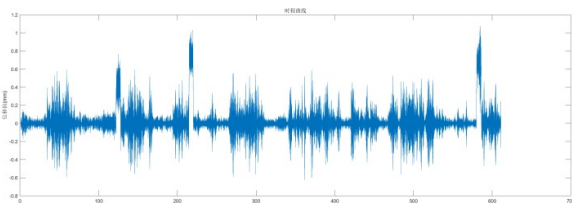


图3-14 二分之一跨主梁振动时程曲线

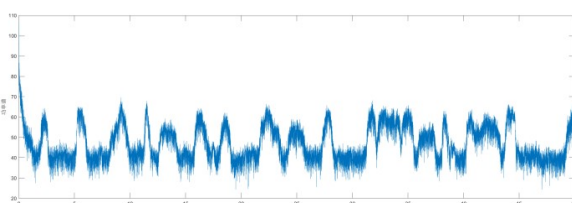


图3-15 二分之一跨主梁振动功率谱

根据视觉传感仪采集的动挠度的数据频域分析得到高铁高架桥梁的基频信息(前两阶5.5Hz、9.2Hz),与有限元ANSYS模态分析的理论值及加速度计采集数据分析所得的主梁基频信息(前两阶5.6Hz、9.6Hz)比较吻合。表明高铁高架桥在临近深基坑工程施工过程中未受安全影响。

四、结语

根据桥梁倾斜监测成果可知,深基坑工程临近高铁高架桥可能影响的桥墩倾斜监测值未超过规范规定的预警值。根据桥梁加速度监测结果与视觉传感监测成果可知,深基坑临近高铁高架桥梁振动主频与桥梁ANSYS模态分析结果相吻合,桥梁主梁安全未受影响。

参考文献

[1] 汪传斌. 广州地铁深基坑信息化施工典型案例解析[J]. 2018, 25(10), 75-77.
 [2] 张旭东, 邵琨. 新华社评青岛地铁接连发生事故: 地下工程, 更需要阳光建设[J]. 2019, 22(08).
 作者简介: 王璟(1984年1月), 女, 汉族, 安徽淮南, 最高学位: 学士。主要从事工作方向: 涉铁工程建设管理。