

# 城市道路下穿铁路工程监测技术与管理

高立全

上海华东铁路建设监理有限公司 安徽 合肥 230000

**摘要:** 在城市道路建设过程中,与既有铁路发生相交的情形越来越多。城市道路下穿既有铁路,能够在很大程度上减少对既有铁路行车安全的影响,所以在实际施工中得到了广泛的应用。研究城市道路下穿既有铁路的监测技术方案,可以有效解决当前城市道路下穿既有铁路工程的施工安全问题,使工程建设的安全技术水平可以得到进一步的提升。

**关键词:** 道路下穿铁路;监测技术;管理;措施

**引言:** 施工安全与否关乎着工程项目的成败。尽管道路下穿既有铁路项目的施工安全管理已受到了有关主管部门和施工单位的充分关注,但由于施工技术以及地质条件的复杂性,在具体实施过程中还存在着诸多技术难题和安全隐患。

下面,我就以合肥市固镇路下穿桃花店站、合福高铁立交工程为例,介绍一下施工监测技术与管理方法。

## 1 工程概况

本工程在铁路东西两侧共有两个工作坑,基坑四周采用钻孔灌注桩支护,每个工作坑预制2孔框架箱涵,采用先预制后顶进就位的方法施工,每端2孔框架箱涵从铁路两端相对顶进。合福高铁桥下采用U型槽连接,有两个施工基坑,基坑采用人工挖孔桩防护。

## 2 监测项目

(1) 铁路路基沉降、水平位移监测;

(2) 轨道几何尺寸偏差,包括铁路轨道轨距、轨向、高低、水平、三角坑;

(3) 接触网立柱沉降、倾斜监测(路基影响范围内的接触网立柱);

(4) 便梁及支墩沉降监测;

(5) 基坑桩顶沉降及水平位移监测;

(6) 基坑桩身深层水平位移监测;

(7) 基坑支撑轴力监测(合福高铁桥下基坑);

(8) 桥墩水平及沉降位移监测(合福高铁141#-144#墩);

(9) 地下水位监测。

## 3 监测预、报警值设置

根据设计文件和相关规范要求,基坑及支护结构监测变形控制值为:

表3.1 基坑及支护结构监测变形控制值

监测项目	工程监测等级一级	
	累计值(mm)	变化速率(mm/d)
支护桩顶竖向位移	20	3
支护桩顶水平位移	30	3
支护桩身深层水平位移	45	3
地下水位	1000	500
支撑轴力	80%f	

注:1、取控制值的80%作为预警值。

铁路路基、桥墩及相关设备监测变形控制值为:

表3.2 铁路相关监测变形控制值

序号	监测项目	监测报警值	
		累计值(mm)	变化速率(mm/d)
1	铁路路基沉降监测	10	2
2	铁路路基水平位移监测	10	2
3	接触网柱沉降	10	2

续表:

序号	监测项目	监测报警值	
		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
4	接触网柱倾斜监测	2‰	
5	便梁监测	20	4
6	铁路桥墩水平位移监测	2	1
7	铁路桥墩沉降监测	2	1

注:取控制值的80%作为预警值。

根据《工务维修规则》等相关规范的要求,本项目轨道几何尺寸偏差主要控制指标如表3.3所示,

表3.3 监测累计位移控制值

项目	控制指标(mm)
轨距	(-4, 7)
水平	(-6, 6)
高低	(-6, 6)
轨向	(-6, 6)
三角坑(直线和圆曲线)	6

注:取控制值的80%作为预警值。

在综合评估的风险工程超过预警值时,实施快报。报送内容主要包括时间、风险概述、原因综合分析以及发展趋势、问题解决意见等;同时提供修正性设计参数和专家论证所需要的有关监测资料,并跟踪预警事务处理情况。

#### 4 基准点埋设

土质地表标高控制点和工作基础均采取了人工挖掘的方法进行了埋设,主要埋设方法包括:(1)土质地表采用洛阳铲开挖上部直径约30cm,下部直径40厘米;(2)夯实孔洞底部;(3)清理建筑渣土,向裂缝内灌注少许清水保护;(4)浇注标号不小于C20的水泥,并通过震动设备将其浇注密实,水泥顶部距地表距离保证在20cm以内;(5)在孔中心置入标钉;(6)在上部安装保护罩。

建(构)筑物上布设的基准点采用钻具成孔方式进行埋设,埋设步骤如下:(1)使用电动钻具在选定建筑物部位钻直径30mm,深度约60mm孔洞;(2)在清理孔中土料,并加入少许的预制水泥养护;(3)向孔洞内注入适量搅拌均匀的锚固剂;(4)放入观测点标志;(5)将锚固长度物回填并标记于小孔间的缝隙。<sup>[1]</sup>

#### 5 监测点布设

##### 1) 基坑桩顶沉降及水平位移监测

水平与竖向位置监控点宜为共用控制点,监测点宜布置在冠柱顶面。

围护工程桩平面和竖向移动监控点的长度在20m以内按工程规定进行,原则上有测斜口的要增加平面和竖向移动监控点,局部关键的适当增加。直接用冲击钻在冠

梁上钻眼,然后用植筋胶将监测点埋入钻眼内即可。

##### 2) 支撑内力监测

支护内力监测应选取在地基中央、阳角部位、深度变化部分、支撑结构的受力条件较复杂部位,或在支护系统中在起着控制作用的支撑,支护内力监测系统应沿竖向布置监控断面,各个阶段支护系统都应当布置监控点,各个阶段的支护系统监控数量不少于百分之十,且不少于三根。

使用轴力检测时,监控点应当布置在支座的末端;使用钢筋计或应变计监测时,可布置在支柱中间或二点之间的一/3部位,当支柱直径很大时也可布置在一/4节点处,并远离节点部位。

##### 3) 基坑桩身深层水平位移监测

桩身深层水平位移监测采用测斜管埋设在围护桩体内,测斜管长度不宜小于围护桩的长度,一般应选用PVC塑料管或铝合金管,直径一般为45~90mm,管内有二个彼此垂直的纵向管道。

##### 4) 桥墩监测点的布设

分别在墩身顶部及下部合适位置采用植筋胶粘方式各设置一个沉降、倾斜(位移)监测点。

##### 5) 路基监测点布设

路基水平位移、沉降监测使用小棱镜通过螺栓与L型支架连接并将L型支架通过螺栓安装在不小于1m的钢钎上,布点时先人工在路肩与砟脚相交处挖一40cm\*40cm深度为100cm的方坑,之后将钢钎打入,套入直径100mm的PVC管,现场用混凝土浇筑,漏出地面10~20cm,用来安装棱镜,水平监测与沉降监测共点。施工区域的既有铁路路基每20m布设一个监测断面。<sup>[2]</sup>

##### 6) 轨道监测点的布设

铁路轨道几何形态监测包括轨道轨距、轨向、高低、水平以及三角坑监测。轨道几何形态监测点布设在铁轨上,每10m设置一个监测断面,监测范围为便梁两侧各30m,每侧共设置4个监测断面。采用万向节式扣件实现棱镜与铁轨的紧密相连。此万向节式铁轨扣件在轨头下侧,具有不会影响铁路行车安全、尽量避免线上工人作业时对监测点的碰动、实现观测棱镜各个方向转动,

从而保证更好观测角度等优点。

#### 7) 接触网立柱沉降、倾斜监测点的布设

对顶进影响范围内的接触网立柱进行监测, 每个接触网立柱设置两个沉降监测点, 监测点布设高度为1m~2m左右, 按实际情况进行布设。采用粘贴的形式在接触网立柱上设置监测点。

#### 8) 便梁监测点的布设

便梁监测点可设置在便梁两端, 通过植筋胶粘黏的方式固定L型棱镜, 安装过程中可通过调整棱镜方向保证棱镜面垂直观测视线, 主要用于监测便梁的沉降位移。

#### 9) 地下水位监测点布设

在既有路基东西两侧基坑四周分别布设1个地下水位监测点。合福高铁桥下侧基坑的地下水位监测, 沿基坑边南北侧每侧设监测点1个。具体监测点布设根据现场具体情况而定。监测点布设方法为:

采用钻进成孔法施工: 钻头的直径为 $\Phi 60$ , 沿铅直方向钻进。钻孔达到设计深度后停钻;

井管工艺: 井管的主要原料是内径 $\phi 50$ 、管壁厚为二点五的PVC管。为提高PVC管的透水性, 在PVC管下部0~4m范围内加工了蜂窝状 $\phi 6$ 的流通孔, 小孔的环向间隔为十二mm, 轴流式间隔为十二mm, 并包土工布滤网;

井管的安放方法: 土中成孔后, 经校验和孔深检测无误后吊放经过处理和校验符合要求的内径 $\phi 50$ 的PVC井管, 使其从滤水口端向下; 水位检测孔高度应高于距离地面零点一m, 在孔内放置固定检查点位置, 并用保护套固定。

### 6 监测方法和技术要求

#### 1) 基坑桩顶沉降及水平位移监测

基坑桩顶水平位移监测建立独立坐标系统, 建立平面位移基准网时, 对基坑桩顶沉降及水平位移监测采用全站仪全测回方法进行外业测量。

2) 铁路路基沉降及水平位移监测、轨道几何尺寸偏差监测、接触网立柱沉降监测、便梁监测、桥墩水平位移监测、桥墩沉降监测

对本工程路基沉降及水平位移监测、轨道几何尺寸偏差监测、接触网立柱沉降监测、便梁监测以及合福高铁桥墩水平、沉降位移监测等采用全站仪测量机器人进行自动化监测, 满足项目精度要求。对个别无法进行自动化监测的监测点, 可采用人工监测方法进行补充。

#### 3) 基坑桩身深层水平位移监测

基坑桩身深层水平位移的监测宜采用在支护桩中预埋测斜管, 采用测斜仪测量预埋在围护结构内的测斜管中形状变化来反应桩体变形情况。本工程测斜仪按一级基坑执行, 即系统精度为0.1mm/m, 分辨率为

0.02mm/500mm。

#### 4) 基坑支撑轴力监测

本工程支撑为钢筋混凝土支撑, 采用钢筋应力计、混凝土应变计进行监测;

结构应力检测传感器安装时要做好标记与编号, 安装后电缆应引至便于检测设备位置, 电线的末端要作好保护措施。钢筋应力计及应变计的量程应小于原设计数值的2倍, 精度不宜低于0.25%F·S。

通过振弦式频率读数仪, 对轴力计进行读数。支承结构轴力量测时应注意尽量减少高温下应力的作用, 尽量避免在日光中直接曝晒支承结构下的测量工作, 对同一支承结构尽量在同样的时刻或环境温度下进行量测, 每个读数都要有的测定数据。<sup>[3]</sup>

#### 5) 地下水位监测

地下水位检测主要采用钻孔和水位检测管, 并通过测量绳、水位计等设备进行测量。水位检测管安装稳定时应测量孔口位置以及测量水位高度。对人工监测地下水位的检测精度不得低于20mm, 仪器观测精度不宜低于0.5%F·S。

水位观测管的安装应符合下列规定:

- 1) 水位观测管的导管段要顺直, 内部要平滑无阻, 连接处宜以外箍连接;
- 2) 观测孔孔底宜设置沉淀管;
- 3) 观测钻孔结束后要及时清理, 检测钻孔的水平要与地面水平相符, 并连通好。

水位监测管宜必须于工程开始降水之前一星期埋设, 并宜逐日持续观察水位并达到稳定初始值。监测方法如下:

将钢尺水位计探头自上而下慢慢往下放, 由于水是零点五导体, 当测头直接接触到水中后, 报警器产生了报警信号, 此时读出与测头直接接触的标尺刻度, 并将孔的位置以及将探头与地面之间的相应距离, 换算出由地面算出的水平埋深和水平高度。

### 7 监测周期与频率

#### 1) 监测周期

本工程监测周期以施工准备期间始至工程主体完成(路基为框架涵顶进完成、合福高铁桥下基坑为底板浇筑完成)延后3个月。如监测结束时工程形变仍未收敛, 则相应延长监测期继续监测直至工程形变收敛。

#### 2) 监测频率

根据设计条件和检测内容, 本项目的检测频率在下表显示。随着现场状况的改变, 按照实际状况进行检测频次的加密或降低。

表7.1 施工监测频率表

监测项目	监测频率	施工阶段	备注
基准点测量	初始值	≥ 3次	工程施工前
	复测	1次/月	至项目结束
地表沉降监测、基坑桩顶沉降及水平位移监测、基坑桩身深层水平位移监测、基坑支撑轴力监测、地下水位监测	初始值	≥ 3次	工程施工前
	施工中	1次/天	基坑开挖至底板浇筑7天内
		2-3次/周	底板浇筑7天至1个月
1次/周	底板浇筑1个月至施工结束		
铁路路基沉降及水平位移监测、轨道几何尺寸偏差监测、接触网立柱沉降监测、便梁监测、桥墩水平位移监测、桥墩沉降监测及相邻桥墩差异沉降监测	初始值	≥ 3次	工程施工前
	施工中	1次/2小时	框架涵顶进及合蚌客专下侧基坑施工
工后监测（工程主体施工完成、对既有铁路影响较小时即可进行工后监测）	1次/2天~1次/（15-30天）	施工结束后三个月	如三个月工后监测结束现场形变未收敛则相应延长工后监测期；工后监测时，监测数据趋于稳定后，监测数据读取频率为1次/（15d ~ 30d）

注：① 现场观察须采取固定观察和跟踪观察相结合的方式；  
 ② 第一次测量原始数据（初始值）和平面布置图必须书面向监理、建设单位报备，同时通知土建施工单位并最好保护工作和配合工作。  
 ③ 当出现下列情况之一时，应调整监测频率，并及时向相关单位报告监测结果：  
 1) 监测期间如遇异常情况，应适当增加监测频率；  
 2) 当施工中途停工，视情况适当调整监测频率；  
 3) 监测频率应根据各个产权单位及设计要求有所变动；  
 4) 各监测项目的开展、监测范围的扩展，随施工进度不断推进；  
 5) 暴雨、冻融等自然灾害后应加强观测；  
 6) 监测数据变动量很大或者速度加快时，适当提高检测频次；  
 7) 在检测阶段，主要检测区域应增加检测频次，变化较小的区域应减少检测次数。  
 8) 为保证监测频率，在监测期间需充分考虑天气因素的影响。

表7.2 不同施工工序时监测内容详表

施工工序	监测对象	监测频率	初始值获取时间
既有路基东西两侧基坑开挖-底板浇筑7天内	临近基坑侧路基沉降及水平位移监测	1次/2小时	基坑开挖前
	地表沉降监测、基坑桩顶沉降及水平位移监测、地下水位监测	1次/天	
既有路基东西两侧基坑底板浇筑7天至1个月	临近基坑侧路基沉降及水平位移监测	1次/2小时	
	地表沉降监测、基坑桩顶沉降及水平位移监测、地下水位监测	2-3次/周	
既有路基东西两侧基坑底板浇筑1个月至基坑顶进施工结束	临近基坑侧路基沉降及水平位移监测	1次/2小时	
	地表沉降监测、基坑桩顶沉降及水平位移监测、地下水位监测	1次/周	
既有路基东西两侧基坑涵洞顶进施工结束进入基坑工后监测	地表沉降监测、基坑桩顶沉降及水平位移监测、地下水位监测	1次/2天 ~ 1次/（15-30天）	
铁路架设便梁后，设条基支墩、涵洞顶进至顶进完成且路基完成回填	铁路路基沉降及水平位移监测、轨道几何尺寸偏差监测、接触网立柱沉降监测、便梁监测	1次/2小时	路基开挖前
路基回填完成进入路基工后监测	铁路路基沉降及水平位移监测、轨道几何尺寸偏差监测（便梁拆除后停止）、接触网立柱沉降监测、便梁监测	4次/天（30天内）~ 1次/（15-30天）	
合福高铁桥下侧基坑开挖至底板浇筑完成7天内	临近基坑侧路基沉降及水平位移监测、桥墩水平位移监测、桥墩沉降监测	1次/2小时	基坑开挖前
	基坑桩顶沉降及水平位移监测、基坑桩身深层水平位移监测、基坑支撑轴力监测、地下水位监测	1次/天	

续表:

施工工序	监测对象	监测频率	初始值获取时间
合福高铁桥下侧底板浇筑完成即可进入工后监测	临近基坑侧路基沉降及水平位移监测、桥墩水平位移监测、桥墩沉降监测及相邻桥墩差异沉降监测	4次/天(15天内)-1次/15天	
	地表沉降监测、基坑桩顶沉降及水平位移监测、基坑桩身深层水平位移监测、基坑支撑轴力监测、地下水位监测	1次/2天~1次/(15-30天)	

## 8 监测管理

### 1) 监测预警、报警及消警概念

预警是指工程监测项目数值虽未达到相关规范、设计文件中的控制值,但数值达到或超过预警值,需要发出预警信号引起参建各方重视,积极采取有效措施防止风险进一步扩大。

报警是指监测项目数值达到或超过相关规范、设计文件中的控制值,需要发出报警信号引起参建各方重视,积极采取具体应对措施,确保工程本体及周边环境安全。

消警是指采取措施后,报警部位风险得到控制,主

要监测指标数据稳定,对工程报警状态予以解除。

### 2) 预警流程

监测警报的等级,根据危险情况或事件出现的紧迫程度、发展趋势,以及可能产生的危险程度从大到小分成红色报警、黄色警报,以红色报警为最高,当达到该报警值时,立即停止作业并汇报工务段调度,并申请封锁线路,工务段调度通知车间、工区进行临时上道检查;原因查明前,未采取有效措施前、变形未稳定前和未经设备管理单位许可前不得继续施工。警情等级划分、报告与处置要求如下:

表8.1 预警级别划分、报告及处置

警情等级	状态描述	报送范围	报送时限	报送方式	处置
黄色预警	实测位移(或沉降)达到预警值时	1.施工、建设、监理 2.业主项目部项目负责人、业主代表及监测主管人员 3.安质部安全工程师	即刻	电话+短信	监理组织各方分析、处置
红色报警	实测位移(或沉降)达到报警值时,“突发安全隐患”(见下注1)出现	1.施工、建设、监理、设计等单位 2.本公司副总、总工 3.业主代表、铁路管理单位	即刻	电话+短信	通知现场立即停工、业主组织现场分析、处置

注1:突发安全隐患:

(1) 监测数据突然超过红色报警阈值,且有进一步扩展下去的倾向;

(2) 桥墩或者周边地表的位移值突然明显增大现象;

(3) 在邻近建筑物的主体构造部分或周边存在较严重的突发裂纹,或危害结构的变形开裂;

(4) 出现其它必须进行突发安全隐患报警的情况。

### 3) 消警流程

消警由施工单位填报消警申报表,监理单位初审,业主代表复审。业主代表主持召开消警会议,各方同意消警后,方可对警情予以解除。监理单位撰写会议纪要,并报业主单位备案。

### 结束语

本工程通过监测单位认真监测、监理单位严格管理,施工过程中出了两次预警,均及时进行了处理,消

除了安全隐患,为铁路行车安全提供了坚实的保证。综上所述,监测单位要加强施工过程中对监测点、基准点、测量设备等进行检查及维护,监理单位要规范过程管理和现场监控,确保监测数据的真实有效,保证铁路下穿工程安全管理的有效实施,避免发生铁路行车、基坑安全事故,保障铁路行车及施工人身安全。

### 参考文献

[1]汪青葆,王晓靖.地铁下穿施工对既有铁路沉降及列车运行安全影响研究[J].现代城市轨道交通.2013,(4).

[2]王加明.下穿高铁施工对既有结构物沉降影响研究[J].四川建材,2016,(8).

[3]俞尚宇.基于城际铁路隧道下穿城市主干道施工相关沉降问题的研究[J].中国高新技术企业,2012,(25).