

穿铁路排水箱涵架空顶进施工方案分析

赵永刚 杨钧博 胡 滨

西安市三河一山生态管护中心 陕西 西安 710016

摘要:以西安市皂河的一级支流太平河综合整治工程为例,按照孔桩开挖—线路架空—立交桥顶进—更换桥枕,护轮轨安装—路基注浆加固—接长段施工等流程,详细介绍了下穿铁路排水箱涵架空顶进施工方案和技术要求。

关键词:箱涵;线路架空;顶进;注浆

引言

随着城市发展与扩张,下穿城市公路、铁路等工程项目屡见不鲜^[1]。箱涵作为一种地下工程措施,广泛应用于解决老旧建筑物之间的交叉问题^[2]。箱涵一般由钢筋混凝土或圬工制成,断面形式为方形或矩形,是水利与建筑工程中广泛应用的一种纽带工程^[3-4]。为此,本文依托工程实例,对穿铁路排水箱涵架空顶进施工方案与技术要求作详细介绍,为箱涵施工提供实践基础。

1 工程背景

西安市太平河是皂河的一级支流,位于陕西省西安市西部,是西安市城市排水系统中皂河排水系统的重要组成部分。近年来,西安市城市建设规模的不断扩大,太平河排水区域已成为城市建设区,由于受于洪水的威胁,严重影响了该区域的经济发展和社会稳定。2008年西安市启动了太平河综合治理工程,而太平河贯穿的城际铁路是河道整治过程中考虑的焦点之一。太平河与陇海铁路下行线相交位置处河道里程为K16+744.18。太平河主要是接纳西安市高新区、沣东新城部分地区的雨洪水,水文分析依据《室外排水工程设计规范》(GB50014-2006)(2016年版)和《西安市排水规划》(2020年)计算其设计流量,其设计标准按照市政排水标准,暴雨重现期 $P=3$ 年,经计算,太平河设计流量为 $42\sim 92\text{m}^3/\text{s}$ 。

经地质勘察与综合设计,采用下穿铁路排水箱涵,涵址处铁路中心里程为陇海下行线K1088+724.4,处于陇海铁路直线段。该处有两股道,包括陇海铁路上、下行线。排水箱涵与铁路线正交。设计垂直于铁路全长为16米的箱涵,由于该桥两端铁路范围外排水设计采用暗涵通过,为方便连接,箱涵两端出入口均采用 $2.0\sim 6.0$ 米的箱涵连接,箱涵宽为 13.0m ,高为 4.6m ,长约 26.3m 。框架结构采用C35钢筋混凝土,钢材采用Ⅰ级钢和Ⅱ级钢

筋。框架顶部做TQF-I型防水层,并在上面设置 8cm 横向排水坡的C20细石混凝土保护层。

2 施工方案与技术要求

总体施工方案:首先施工顶进段箱涵,顶进段顶进就位后施工两侧接长段;两线间架空采用2孔16米100#异型工字梁架设。横向用51#工字钢及钢枕连接组成架空体系。架空支墩采用混凝土挖孔桩。上行线左侧距离立交边缘 2.66m 位置有一处区间信号机。由于距离开挖面较近,在信号机靠近开挖面设置一根直径 1.2m 钢筋混凝土挖孔桩,桩长 10m ,深入箱涵底板以下 4.8m ,桩顶浇筑钢筋混凝土,对信号机杆进行加固。

施工流程图如下:

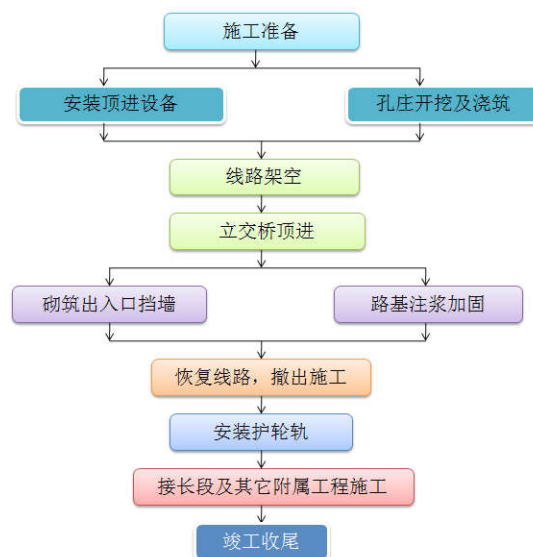


图1 施工流程图

2.1 供电和通讯设备迁改

在箱涵施工过程中,涉及电、通讯等影响周边居民正常使用的设备,需对接触网杆进行迁改。根据现场情况与设备管理单位联系沟通,首先开挖接触网杆不受影响的挖孔桩,后将影响施工的接触网杆进行迁改,接触网杆基础采用混凝土基础。

作者简介: 赵永刚,男,1984.10,工程师,水利工程管理

杨钧博,男,1982.2,工程师,水利工程管理

胡 滨,男,1984.6,高级工程师,水利工程管理

在陇海线K1088+733.85处线路右侧有一处信号机,为了确保信号机完全,施工前先对信号机进行加工处理。施工需获得铁路部门的许可,根据现场情况及时与相关部门沟通,人工探明地下电缆数量,采用套管防护,线路架空期间临时悬挂在支撑桩上,待箱涵顶进完成后,电缆移至箱涵上部进行敷设。信号机加固时在信号机西南侧布设1根 $\phi 100\text{cm}$ 挖孔桩,挖孔桩与信号机净距50cm,挖孔桩深度低于涵底2.0米,桩长为8.0米。相邻两个挖孔桩上部设厚度为50cm的C25钢筋混凝土承台,承台尺寸为40cm*40cm,将信号机迁移至承台上部。

2.2 架空支墩、防护桩施工

桩基施工在铁路限速45km/h区段实施时,需严格执行双重防护制度,即同步配置驻站安全员与现场监护人员。本工程采用的支撑结构桩体包含直径1.2米及1.5米两种规格,均采用C20强度等级的混凝土浇筑,桩体尺寸与深度依据专项架空方案进行精确控制。桩端设置扩大基础,开挖作业全程采用人工掘进方式。施工期间遇铁路封锁时段,优先选用混凝土挡墙实施围护。桩孔护壁结构采用分段式混凝土井圈工艺,单段护壁高度设计为20厘米,壁厚保持10厘米标准。根据实际地质条件动态调整井圈下放深度,实施随挖随沉、逐节接长的作业流程。钢筋笼制作采取孔内原位绑扎工艺,单根钢筋长度控制在4米以内,吊装过程须确保与接触网设备保持2米以上电气安全距离。针对C20混凝土桩体浇筑作业,采用机械化输送配合人工振捣的综合工法。

为了减小因两端延长段的施工对运输的影响,尽早恢复列车通行,在立交顶进就位后,可及时拆除线路架空设备,在立交端头两侧布设2个120cm的C20钢筋混凝土防护桩(与架空支墩同步施工)。

2.3 线路架空

在铁路运营限速45km/h管控期间,天窗时段内实施100型工字梁装卸作业,其他附属工序(含钢枕穿设等)在非天窗时段执行。架空体系采用双孔16米跨径工字钢梁作为主承重结构,各梁段间通过定制连接板实现刚性连接,并配合51型钢实施横向支撑。横向支撑体系共设置5组跨中节点,前支撑体系设置于1.2米桩基顶部的45型钢承台上,后支撑体系则依托立交结构顶板构建。特别注意的是,架空纵梁西侧7.9米处存在既有桥台结构,纵梁需嵌入既有桥台胸墙1.33米。

(1) 关键工序实施流程

①主梁安装阶段:利用轨道运输设备在天窗时段将主梁精准定位,经调平校准后实施加固。钢枕安装前需完成物料预置,道砟槽开挖后立即穿设钢枕,采用8组M24高强

度螺栓连接,作业期间轨道下方需铺设加厚绝缘防护垫。

②顶进作业阶段:箱涵推进过程中,在预定位置人工开凿导槽穿设51型横向支撑梁。前支点采用枕木垛支撑体系,后支点配置滚动滑移装置。随着顶进进程逐步前移支撑体系,最终在桥面搭建枕木垛实现荷载转换后撤出支撑构件。

③体系转换阶段:完成荷载转移后,使用卷扬设备沿桥面撤出横向支撑梁,恢复区域钢枕配置。

(2) 质量控制与安全措施

①结构连接控制:所有连接部件须按规范力矩完成紧固,重点监控高强螺栓的预紧状态。

②支点布置原则:临时支撑点需对称分布于线路中心轴,确保受力均衡及线路几何形态稳定。

③绝缘防护要求:轨道下方采用特制加厚绝缘垫层,其物理性能需符合TB标准,建立动态检查机制预防绝缘失效。

④行车安全保障:建立列车通过前"三检制度"(支点结构、绝缘状态、限界安全),架空区段前后50米范围实施2小时巡检制,重点监测轨距、水平及联结部件状态。

⑤动态监控体系:设置专职监护岗,实时监测支点沉降及结构变形数据。

2.4 箱涵推进施工控制要点

(1) 预顶进准备阶段

在启动土方开挖前,需在设备产权单位监督下实施地下管线普查,采用人工探测方式精确定位轨旁光电缆走向并实施物理防护。涉及管线迁改时需提前完成切割作业,确保结构推进路径无障碍。顶进过程实施三维空间定位控制,具体工艺要求如下:

(2) 核心工艺参数与设备配置

①推进系统设计参数:总推进距离24.23m,混凝土结构体量324.8m³,理论最大顶推力1218吨(配置8组320吨级液压顶推装置),顶推设备采用移动式钢制承载平台,随推进进程同步滑移。

②建立动态监测机制:配置专业测量组实施全程三维坐标监测(平面位置+高程),在顶推反力墙后方10m处设置固定观测站,配置全站仪与电子水准仪各1台建立顶程-偏差对应数据库,推进每完成0.5m行程即实施轴线复测。

③开挖作业技术准则:正常地质条件下单循环进尺 $\leq 2\text{m}$,不良地质段按顶推行程实施动态开挖(即顶推行程=开挖深度);工作面倾斜角 $\leq 60^\circ$,严格实施分级放坡工艺;参照《岩土工程顶推施工规范》要求,当位移速率 $> 3\text{mm/h}$ 时启动应急支护。

④横向位移防控技术:在顶板后浇带预埋4组 $\Phi 32$ 锚

固环,采用10吨级手拉葫芦连接锚固环与纵梁结构,建立力值反馈调节机制。

2.5 轨枕更新与护轨布设施工规程

(1) 作业时段管理

①轨枕置换作业模式:

架空区段:利用非天窗时段实施轨枕更换

非架空区段:在铁路封闭窗口期执行作业

②护轨系统安装要求:

上下行线各需3个独立天窗时段

施工前完成运输调度系统备案审批流程

(2) 专项施工技术标准

①免拆卸式轨枕安装标准

采用Ⅲ型永久性轨枕,标准间距600mm(± 5 mm公差)

螺纹紧固件实施防锈油脂涂覆处理

作业完成后立即复紧扣件,同步检测轨距(1435mm基准值)、水平度(± 2 mm公差)及纵坡平顺度

②防护轨系统技术参数

几何定位标准:

轨头内侧间距:500mm(允许偏差+10/-5mm)

高程控制:防护轨顶面与主轨高差范围[-25mm,+5mm]

配件完整性要求:

紧固装置安装率达100%

定位误差 ≤ 3 mm

(3) 安全控制体系

施工许可制度:护轨安装须取得行车调度命令,实施三级防护体系(远端防护员、现场监护、驻站联络)

行车条件管理:架空区段在限速45km/h条件下施工,非架空区段在线路全封闭作业

工后验收标准:线路几何参数达标率100%,扣件扭矩矩值符合TB/T 3320规范要求

2.6 路基稳定层加固工艺

(1) 作业阶段划分

过渡段处理:箱涵顶进后对接段实施压力灌浆

架空期施工:非天窗时段执行注浆作业

架空拆除后:天窗时段实施补充注浆

(2) 核心施工流程

①孔位布设与成孔作业

定位控制:孔位坐标按设计图纸实施全站仪放样,孔距偏差 ≤ 10 cm(参照TB 10202规范)

钻孔防护:协同电务、通信等单位开展地下设施交底,设置电磁探测预警系统(防护半径2m),实施钻孔过程影像记录制度

②复合浆液制备

二元复合浆材(水泥-水玻璃体系),水灰比1:1(PO42.5级硅酸盐水泥),凝胶时间调节范围为30s-120s(根据地质雷达数据动态调整)

(3) 注浆施工控制标准

①压力灌浆工艺

施工顺序:

实施分序注浆工艺:首轮外围封闭→次轮中间填充垂直-斜孔组合注浆(垂直孔先行施工)

参数控制:

注浆压力 ≤ 0.3 MPa(设置自动泄压装置)

扩散半径监测:每50cm设置压力感应片

特殊区域处理:

箱涵接合部按1:10坡度实施梯度注浆

轨道路基面设置沉降观测点(精度0.1mm)

(4) 质量保障措施

过程监控:

建立注浆量-压力双控曲线(异常波动值 $\pm 15\%$ 预警)

采用探地雷达实施三维加固效果检测

安全控制:

设置液压自动稳压系统预防路基隆起

列车通过前2小时停止注浆作业

2.7 两端接长段施工

顶进段施工完成后,恢复线路两侧防护网,在封闭网外进行接长段施工,接长段施工完成后恢复桥面封闭网。接长段采用C35混凝土,分3次浇筑。第一次浇筑主体结构底板,第二次浇筑边墙,第三次浇筑完顶板。浇筑完成后达到设计强度后回填两侧路基边坡和既有边坡顺接。

结束语

本文通过对穿铁路排水箱涵顶进方案分析,分别详细介绍了孔桩开挖—线路架空—交桥顶进立—更换桥枕,护轮轨安装—路基注浆加固—接长段施工等施工要点及技术要求。在各阶段施工过程中,施工人员需缜密分析施工现场,加强沟通,密切配合,一定要对工程中经常出现的问题采取有效的措施,尽量减少不良状况的出现,保证开挖面不发生坍塌是顶进施工中的重要环节。

参考文献

- [1]宋文泽.下穿铁路站场超大长细比框构桥施工技术[J].石家庄铁路职业技术学院学报,2016,15,60(1):42-47.
- [2]王成.拆除铁路既有盖板箱涵原位顶进框构桥施工技术[J].中国科技纵横,2012,(8):167.
- [3]张焯.矩形顶管近距离下穿大断面排水箱涵施工技术[J].山西建筑,43(30):83-85.