

# 下穿既有铁路营业线桥涵顶推施工技术

侯志飞

中铁北京工程局集团第五工程有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 山东枣庄市枣矿铁路运输改扩建工程一框架桥设计位于既有铁路营业线下方,采用他位预制配合D24钢便梁架空加固既有线路后顶推施工,施工全过程以框架桥顶推工艺步骤为质量控制要点,落实组织、技术、安全及管理相关措施,顺利完成该工程,为相关下穿顶推施工提供技术借鉴。

**关键词:** 下穿;铁路营业线;框架桥顶推

## 前言

随着国家基建事业持续发展,逐步呈现新建线路与既有运行线路空间交叉现象,面对此类工程一般采用设置互通交叉口顺接或上跨下穿跨越。下穿施工方法中,顶推施工是最为常见的一种。在枣庄矿业铁路运输改扩建工程中尹洼站K9+481.02处下穿1-8米框架桥施工过程中,框架桥位置为附近区域排水集中点和电厂热力管道穿行处,上方为运营铁路线和电厂高压线,地理环境复杂,对施工的干扰大,存在的安全风险高。

## 1 工程概况

枣庄矿业铁路运输改扩建工程新建K9+481.02处1-8.0米框架桥,桥宽9.4米,桥长21.18米,在尹洼站铁路道口处下穿田陈、官柴两条铁路线。施工中采用平改立他位预制顶进施工,基坑位于设计框架桥位置线路北侧,由北向南顶推施工,设计顶推长度28.52米。

## 2 技术特点

较框架桥原位现浇施工工艺,他位预制顶推施工具有如下优势:

2.1 桥涵顶进施工采用他位开挖基坑预制,可以避开原设计位置处复杂的地理周边环境,同时降低汇集周边排水对框架桥基坑造成的风险。

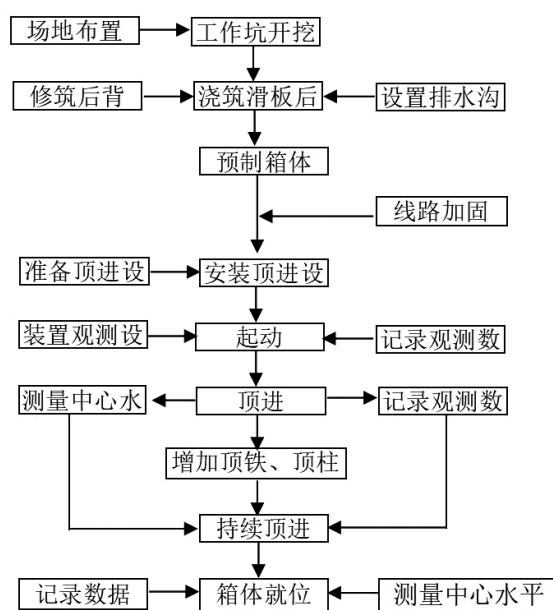
2.2 利用便梁加固架空既有铁路线路,吃土顶进施工,采取列车慢行措施,既保证铁路正常营运,又降低列车行驶安全风险,具有良好的社会效益。

2.3 顶进施工大幅度缩短对铁路营运线的干扰时间,缩短施工工期,减少线路下开挖基坑对既有线路基的影响,避免造成线路路基沉降或坍塌,降低施工安全风险和节约资源投入时间,具有良好的经济效益<sup>[1]</sup>。

## 3 工艺流程及操作要点

### 3.1 施工工艺流程

总体施工工艺流程:



### 3.2 施工操作要点

#### 3.2.1 开挖工作坑

在框架桥设计位置北侧进行工作坑测量放样开挖他位预制工作坑施工。工作坑边坡根据地质放坡开挖,临近铁路路基一侧避开线路安全距离之外以不扰动既有线路路基稳定性为准。工作坑的位置、标高、尺寸根据结构物设计、顶进操作工作面布置操作要求确定。

#### 3.2.2 浇筑滑板后背梁、预埋限位装置

##### (1) 滑板施工

他位预制基坑开挖完成后,将工作坑素土夯实后,浇筑C25底板混凝土,底板上施做2厘米厚1:3水泥砂浆找平压光,砂浆层达到强度后抹2毫米厚机油石蜡,覆盖塑料布做为框架桥底板滑动隔离层。

##### (2) 锚梁及导向装置施工

工作坑底板与原地基接触部分设锚梁防止底板移动,锚梁结构为上宽下窄C30钢筋混凝土结构,间隔3米设置一道。导向装置采用在底板中竖向预埋50型钢轨,

钢轨长1.1米, 外露40厘米, 顺桥向每4米对称设置1组。

### (3) 顶进后背梁施工

顶推后背梁采用50型工字钢后背桩结合钢筋混凝土后背梁结构。后背桩长9米, 间距125毫米, 打入基坑底以下4米, 外露5米, 自然地面至工字钢桩顶设置1:1.5放坡。后背桩前设置高2米、厚1米的C30钢筋混凝土后背梁, 长度不小于框架桥结构物加2米。

### 3.2.3 预制结构物

按照设计要求进行框架桥预制、防水涂层和砂浆保护层施工, 养护至混凝土达到设计强度。严格控制结构物轴线与标高, 并设置预抬以防沉降<sup>[2]</sup>。

### 3.2.4 安装顶进设备

箱体自重为1610t, 顶力为2205.6t, 配置320吨千斤顶8台, 满足要求。

$$P_{\text{中}} = K[N_1f_1 + (N_1+N_2)f_2 + Ef_3 + Ef_4 + RA] = 1.2 \times (0 + 1288 + 400 + 150 + 0) = 2205.6t。$$

$$\text{其中: } N_1f_1 = 0t$$

$$(N_1+N_2)f_2 = (0+1610) \times 0.8 = 1288t$$

$$f_2 \text{取} 0.8,$$

$$Ef_3 = 0.8 \times 499 = 400t$$

$$E = \gamma H^2 B t g^2 (45^\circ - \varphi/2) / 2 = 2 \times 8.4^2 \times 21.18 \times t g^2 (45^\circ - 30^\circ/2) / 2 = 499 (t);$$

$$F_3 \text{取} 0.8,$$

$$Ef_4 = 499 \times 0.3 = 150t$$

$$F_4 \text{取} 0.3,$$

$$RA = 0t$$

(1) 千斤顶: 共配制QYS 320T-1200mm液压千斤顶8台, 千斤顶以框架桥轴线对称设置。为防止框架桥与千斤顶接触部位因集中直接承受顶力而导致混凝土棱角破坏, 在接触部位设置20mm厚的钢板扩散集中顶力。

(2) 液压泵站: 根据8台液压千斤顶需求, 配制BZ50-50L/min液压泵站一套。

### (3) 传力设备:

①顶铁: 顶铁用钢轨和钢板焊接制成, 长度为100cm, 每台千斤顶配备5块。②顶柱: 顶柱采用钢筋加密混凝土管桩, 单根长度为6m, 按每台千斤顶配置4根。③固定横梁: 将两根H55型钢并排用钢板焊接制成, 每增加一排顶柱设置一道固定横梁以保证顶柱受力、传力均匀。

### (4) 框架桥顶进限位装置:

为保证框架桥在启动和顶进过程中不发生方向偏移, 在底板导向装置内侧顺顶进方向对称安装50型钢轨, 约束框架桥顶进过程按照设计轨迹前行。

### (5) 安装顶进设备:

框架桥和后背梁施工完成后, 根据强度选择合适的时间, 按照预定的位置安装千斤顶、液压泵站、传力设备及保护装置, 将液压油泵和千斤顶之间油管、电路按说明书安装联结。

### 3.2.5 吃土顶进施工

#### (1) 准备工作

①调试顶进设备: 检查已连接完毕的顶进设备、油压管路及电力线路, 并进行开机空载试验, 确保液压泵站和所有千斤顶均可正常、均匀工作。②线路加固、检查: 利用D24型施工钢便梁架空加固既有铁路线路, 确保顶进过程中列车运营安全。便梁架设完成后专职安全人员对线路加固情况进行全面的检查, 要求各部件连接牢固可靠, 无松动或脱落, 未侵占列车行车限界, 钢便桥与既有钢轨之间绝缘满足列车运营要求<sup>[3]</sup>。③地下水位: 对顶进开挖区进行降水处理, 确保地下水位在框架桥底面以下0.5-1.0米。④故障处理措施及材料准备: 针对顶推施工中可能出现的各种不良后果, 按照铁路运营管理部门要求制定应急预案和配备应急救援物资, 包括加固软土的木桩、换填用的碎石, 铁路线路补充的道碴、编织袋、枕木、钢轨以及相关的应急救援机械等。⑤安装智能观测仪器: 采用顶进智能控制系统成套设备, 由控制主机、两台激光水准仪、两台激光光斑位置检测仪、两台激光位移传感器、电动节流阀及远程监控系统组成。智能顶进控制系统成套设备实现顶进自动纠偏、四角高程测量和远程监测, 及时调整箱涵走向, 确保箱涵顶进质量。⑥安全防护: 执行相关安全法律法规制度, 制定安全责任制, 与铁路运营单位签订涉营业线安全施工协议, 邀请铁路运营单位工务部门派驻专业安全人员指导现场防护: 施工现场、线路两侧100m处分别设置专职安全防护人员、车站调度室设置专职联络员, 及时通报行车情况。

#### (2) 启动试顶

启动时, 现场由主管施工技术人员专人统一指挥。框架桥启动试顶, 检查顶进设备是否正常工作, 验证顶推力是否能克服框架桥沉降的阻力和摩擦力, 使结构物与底板通过滑板分离。启动后对设备及滑板、后背梁、框架桥进行全面检查, 确保无异常现象。

#### (3) 吃土顶进挖土

①顶进流程: 以小型反铲挖掘机在顶进框架桥前方挖土为主、人工为辅, 自卸汽车外运土。每个顶程土方开挖完成后, 开动油泵送油, 千斤顶作用于后背梁的反作用力, 推动框架桥前进。每次顶推到位后, 回油使千斤顶油缸复原, 在千斤顶前根据长度适当放置顶铁顶柱横梁, 待挖土完成具备顶推条件后继续顶进, 三班连续

作业不间断施工直至框架桥就位。②顶进时边顶边挖,禁止超挖。为确保既有线路安全,顶进时采用少挖多顶的方法,每次开挖顶长度控制在40~80cm之间。开挖面坡度控制在1:0.2左右,外侧面预留5cm吃土顶进,即预留欠挖部分<sup>[4]</sup>。③智能顶进控制系统控制千斤顶加压均匀,顶进过程中,智能顶进控制系统自动对箱涵的高程及方向动态监测,发现问题时立即报警。④根据土方开挖进度及时更换顶铁、顶柱,顶柱由人工配合25T吊车安装,顶柱由人工安装。⑤有列车通过时停止顶进、挖土,作业人员和施工撤离施工现场,待列车通过后恢复作业。

### 3.3 保证措施

#### 3.3.1 组织措施

根据施工任务制定顶推施工工作小组,按照施工需求配备相关安全质量管理人和施工作业人员。施工作业人员进行安全培训交底并考核合格,特殊作业人员持证上岗,机械操作人员持操作证登机作业,大型机械设专人指挥。施工前,与设备管理单位、行车组织单位签订营业线施工安全协议,并获设备管理单位现场安全交底。按规定设置驻站联络员、现场防护员。

#### 3.3.2 管理措施

- (1) 制定落实各项安全生产责任制度。
- (2) 组织专业化作业队伍进行施工。
- (3) 按照顶进施工各工序需求配备相关作业机械。
- (4) 所有机械设备进场前检测验收合格,证件齐全,确保正常使用。实行“一机一人”制度,专人指挥。
- (5) 设备使用过程中做到定人、定机、定岗制度。操作人员在施工前检查机械,确保机械正常运行不带病作业。

#### 3.3.3 技术措施

(1) 安装智能顶进控制系统时,严格按照预定位置安设,确保后续能及时反馈顶进框架桥位置和标高变化。顶进过程中挖掘机与智能顶进控制系统要密切配合,确保顶进顺利进行,以免造成停留时间过长结构物沉降或与土体板结无法顶进现象。根据智能顶进控制系统成套设备实现顶进自动纠偏、四角高程测量和远程监测,及时调整箱涵走向,确保框架桥顶进质量。

(2) 框架桥前方底板面预留高出5-10cm厚度的土层不挖,沿顶进方向设1-2‰的上坡,使底板吃土顶进,避免“扎头”。

(3) 对既有营业线、路基边坡及便梁支点进行监测,确保路基边坡稳定不坍塌,便梁支点无沉降,营业线安全运行<sup>[5]</sup>。

#### 3.3.4 安全措施

(1) 顶进作业全过程,保持基坑降水,确保基底干燥不受浸泡。

(2) 顶推施工期间两端派专职安全防护人员,及时警示列车来临情况。列车运行站调度室设置驻站联络员列车运行情况

(3) 土方开挖机械在线路下方作业时严禁撞击线路加固便梁,设专职机械指挥员,重点观察挖机起臂、回转,在便梁下方设置限高警戒绳带,防碰撞警示标志。

(4) 顶进过程中,专职线路安全员对便梁支座、横向限位装置、横向联结系统、便梁配件进行检查;检查既有路基及线路的水平位移、沉降、开裂等全程监控,一旦发现问题,立即停止施工按照应急预案处理,排除隐患后继续施工。

(5) 每次顶进应检查液压系统、顶柱(铁)安装和后背变化情况等。安装顶铁顶柱完毕后,施工人员撤离顶进设备附近,以防顶进设备受力接触面不稳发生弹起伤人。

(6) 设置施工警戒区域护栏和警示装置,设置专人值守。限制铁路列车通过施工区域的速度,确保施工和列车运营安全。

(7) 顶进结束后,对框架桥两侧三角区及时进行回填,并及时补充箱涵顶部道砟恢复线路。

### 结束语

枣庄矿业铁路运输改扩建工程新建K9+481.02处1-8.0m框架桥,2020年11月12日开始基坑施工,2021年4月15日历经19小时不间断施工,完成框架桥顶推施工。顶推施工全过程大幅度缩短工程影响营业线时间,对既有营业线影响小,能够有效保证既有运营安全,顶推到位后框架桥的标高、中线偏差满足规范设计要求,施工质量可控,具有较好的经济、社会效益,荣获铁运处、业主、项管和监理等诸参建管理单位的好评。

### 参考文献

- [1]游励晖.道路下穿既有铁路箱形框架桥顶进法施工技术[J].铁道标准设计,2004.DOI:CNKI:SUN:TDBS.0.2004-09-021.
- [2]梁红燕.顶进式下穿铁路框架桥设计[J].铁道建筑,2009,(6):25-27.
- [3]郭国棉.框架桥顶进施工时既有铁路架空加固技术[J].国防交通工程与技术,2009,7(1):4.DOI:10.3969/j.issn.1672-3953.2009.01.016.
- [4]王术森.(2020).公路下穿铁路顶进桥施工技术要点.工程建设与设计, No.428(06), 171-172.
- [5]唐文夫.(2019).下穿铁路框构桥顶进施工技术.建材世界,40(2), 4.