

公路下穿铁路架空顶进施工中的体系转换及变形监控

蒋树健

中铁十四局集团第二工程有限公司

摘要：交通线路越来越密集，出现了越来越多的新建线路下穿既有线路的情况。同时新建线路标准越来越高，下穿项目呈现出跨度大、距离长、功能多、环境复杂、安全风险高的趋势。这给下穿施工带来巨大的挑战，施工方案的合理选择尤为关键。箱桥顶进是指在铁路外侧开挖基坑对箱桥进行预制，对铁路线路架空加固后，利用顶镐将箱桥顶进至铁路下方就位的一种施工方法。

关键词：架空；顶进；体系转换

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.17.041

引言

随着经济的快速发展，道路的建设需求也随之增长，道路建设及改建工程下穿既有交通设施的情况越来越多，如何对下穿既有交通设施工程进行施工控制是许多道路工程建设需要考虑的重要问题。我国众多学者对公路下穿铁路交通设施工程进行了大量研究。本文以石家庄某道路改建工程下穿铁路高架桥为背景，进行施工要点研究，为同类工程提供参考。

一、桩基施工

桩基施工主要的控制措施有：①对于钻孔灌注桩，钻机钻进过程中应密切关注地质条件情况，对钻渣进行分析并核查是否与地质勘察资料相符，若发现实际地质条件与勘察资料不一致，则应立即报告。钻进完成以及清理孔内沉渣后均需进行质量方面的检查，确保已成型的桩孔质量满足相关规范的要求；②铁路两侧桩基钻孔应遵循从铁路内侧往外侧顺序进行的原则；③钢筋笼应逐段起吊并依次对接，待钢筋笼整体吊放并固定在桩孔内后才能浇筑混凝土，钢筋笼起吊、对接和投放各环节必须做好吊装稳固措施，以免钢筋笼出现局部或整体变形；钢筋笼放置孔内后若短时间不能进行混凝土浇筑，则应将钢筋笼提升至孔外放置，再次投放钢筋笼前，需复核成孔质量，满足要求方可二次投放；④灌注混凝土时，为避免钢筋笼因混凝土冲击力出现上浮，钢筋笼放置就位后就应对其进行固定处理，辅助支撑系统应对称设置且中心与钢筋笼中心重合，避免笼身发生倾斜；⑤钢筋笼应分段进行加工并在投放过程中对接，每段长度应根据设计孔深、吊具以及现场实际条件确定，但必

须确保吊装时笼身不出现变形，对接时对接相邻接头错开；钢筋笼外侧应设置保护层垫块，环向应对称布置且至少为4个垫块，轴向间距宜按2m布置；⑥桩身混凝土灌注前，应仔细检查桩底沉渣厚度，其沉渣厚度按不大于15cm控制，不得采用加深孔底深度的方法代替清孔；⑦混凝土浇筑时应连续进行，否则可能影响桩身夹层质量，导管提升时需控制好时间与插入混凝土内深度，不得过早或过迟，过早可能会导致断桩或桩身夹层情况出现，过迟可能会使导管提升困难甚至提升时导管被拔断。

二、架空防护措施

（一）架空便梁系统设计

框架桥下穿处位于铁路站场咽喉区，线路股道多，列车行车密度大，站场内铁路设备复杂，为确保施工期间铁路运输安全，合理的线路架空设计是本项目成功的关键，而在咽喉区道岔范围进行针对各股道的实际情况，选择合适的架空便梁系统是本工程的重点、难点。经现场调查，针对道岔区线路情况，模仿下承式钢梁的受力特点，架空结构采用纵挑横抬方式，对道岔区股道进行加固。架空系统纵向主梁采用I100型钢结构，根据承受单线及双线荷载情况，由单片或双片工字钢组成。主梁沿股道间纵向布置，为改善主梁受力状况，减少下挠变形，经验算分析主梁最大跨度控制在11米，并将主梁首尾相连拼接成连续梁结构。根据主梁间距及荷载受力情况计算确定工字钢横梁的型号，在主梁间距最大的位置（中心距9.5米），为保证架空系统上的2股道能同时行车，采用了I64a型工字钢作为横梁。横梁的设置方向与框架桥中心线方向一致。位于尖轨区的横梁需工厂特制，在对应尖轨位置的钢横梁顶面加焊一块特制的滑床台板，台板顶部和尖轨底部间隔2mm左右，以便于尖轨横向滑动；在轮载作用下，尖轨底部可以直接作用在滑床台板上，以避免悬空。由于道岔区的轨道方向各不相同，横梁不能与所有枕木方向一致，为保证枕木上的荷载传递至横梁上，在枕木与横梁之间设置了由I12型钢拼成的短纵梁，短纵梁沿轨道方向布置，纵梁与枕木之间空隙用硬木填塞，用螺栓、上板将两者连接牢固。最后在主梁与横梁、横梁与轨下短纵梁、短纵梁与轨道枕木之间采用吊杆、横担、U型螺栓、螺母等构件进行

连接，使架空便梁系统形成一个稳固的整体。

（二）便梁支墩设计

根据地质勘查显示，框架桥下穿铁路位置处下伏厚约2米的饱和流塑状淤泥质粉质黏土及厚约4~6米的饱和中密中砂层。地下水位位于路肩下约3米位置。经前期挖探核对，工点处施工条件恶劣，如采用人工挖孔桩施工有较大的风险。经比选采用钢筋混凝土条形基础作为便梁支墩，条形基础下设高压旋喷桩加固土体，形成复合地基承载上部荷载。由于道岔区架空系统受力相对复杂，根据单线加载或双线加载的不同加载工况，通过检算确定旋喷桩加固深度。高压旋喷桩采用单重管，桩径60cm，间距50cm布置，桩长15m，密排布置，在旋喷桩初凝前内插28mm钢筋与上方的条形基础连接。主要施工流程如下：先施工左右两侧小混凝土支墩，采用便梁加固线路，然后开挖股道下的基坑（基坑深度需要满足旋喷桩钻机最小工作高度的要求）为旋喷桩施工开辟作业空间，高压旋喷桩一次性施工完成后，在复合地基上浇筑钢筋混凝土条形基础作为架空便梁系统的支墩。

（三）铁路轨道道床整治及路桥过渡段处理

本项目框架桥为低覆土顶进框架桥，为实现框架桥刚体到路基弹性土体之间的平顺过渡，减少成桥后过渡段路基土体的病害，框架桥主体顶进就位后需要对铁路轨道道床进行整治，并加固受到施工影响的邻近路基。主要措施如下：顶进就位后，在框架桥顶部回填中粗砂（厚35cm），再夯填花岗岩道碴；对框架桥边墙和路基土体之间的空隙，采用5%的水泥稳定碎石回填并注浆密实；对两侧路桥过渡段的土体开裂区域采用花管注浆的方式进行密实；对框体桥两侧线路加固影响范围内受污染的道碴进行更换和回填；在恢复损坏的铁路路基边沟和边坡绿化后拆除架空系统。

三、主要施工流程

开挖工作坑；滑板、后背墙施工；预制框架桥主体。现场调查迁改受影响的既有铁路管线；注浆加固影响范围内的接触网立柱；对线路轨道进行无缝线路应力放散作业。架空股道，开挖轨道下基坑，旋喷桩加固地基，施工条形基础支墩。方正枕木、穿插横抬梁、安装纵梁、连接纵横梁各构件，完成左幅框架桥线路架空系统的安装顶进左幅框架桥，就位后采用混凝土切割工艺，沿既有交通涵轴线方向，分段拆除旧涵洞。拆除左幅框架桥线路架空系统，安装右幅框架桥线路架空系统。顶进右幅框架桥，就位后拆除顶进设备，完成框架桥翼墙、连接段施工。对铁路轨道道床整治、路桥过渡段处理后，拆除线路架空系统，对线路进行第2次应

力放散作业。

四、既有铁路架空施工注意事项

铁路路基及坡脚两侧一般都埋设有各种管线，桥涵顶进施工和架空便梁支墩开挖过程中，稍有疏忽就会损坏光电缆，严重影响列车正常运营。本工程位于铁路站场区域，铁路设备、管线情况相对区间段更为复杂。施工前联系铁路工务、电务、通号等管线相关管理部门，对现场进行详细踏勘、测量，收集管线路径、埋深等台账资料，组织人工挖探，摸清地下管线状况。受施工影响的管线挖探出来后，在产权单位指导下采取措施进行防护。在框架桥施工完成后，恢复砌筑电缆槽，及时将管线路缆移入槽内，并做好与产权单位的验收交接工作。

本工程框架桥穿越处位于铁路自动闭塞区间内，在对铁路股道进行架空施工搭设便梁时，要避免发生两钢轨间串电，形成轨道电路短路（“红光带”）。便梁架空施工穿入（抽出）横梁钢轨时，如横梁上方没有垫好木板，同时接触钢轨底部，或者装卸螺栓扣件同一横梁两钢轨同时作业时，扳手接触都极易造成短路。绝缘材料磨损、架空系统各构件受杂物污染也是造成事故发生的常见原因。施工前需编制好传电的施工作业指导书，明确施工工序、作业流程及预防措施。对绝缘垫片等器材经常检测，同时保持便梁架空系统的清洁，防止污染。

便梁支墩施工铁路架空便梁系统的稳固是确保铁路行车安全和顶进施工顺利的关键，必须根据现场的工程地质、线路股道、顶进方案等因素合理地选择支墩形式。不管采用何种形式的支墩，都必须检算支墩的基底应力。本工程采用条形基础作为支墩，下设高压旋喷桩加固土体。轨道下施工前，需要在邻近地段进行试桩试验，取得合理的配合比、注浆压力等工艺参数，在轨道下旋喷桩施工期间，注意压力的控制，避免出现轨道路基冒浆，起拱情况。本工程为双孔分次顶进框架桥，在框架桥顶进过程中需要将前期支墩凿除。凿除作业时应严格按照施组计划顺序施工，避免盲目单侧过快、过量开挖，以免造成支墩向挖土侧倾倒而造成线路变形。

施工监测既有铁路下框架桥顶进施工是不中断铁路行车的施工方法，施工过程容易受工程条件、水文地质、自然灾害等影响，具有很多不确定因素，施工安全风险较大。铁路路基边坡坍塌，架空便梁支墩沉降、箱身顶进偏差超限等现象很容易导致施工事故的发生。在顶进施工期间，必须加强对施工监测工作，根据监测结果指导施工。

应特别要强如下监测内容：顶进施工影响范围内路基边坡沉降、位移监测；顶进施工影响范围内线路轨距、方向、水平的监测。既有铁路股道架空便梁支墩的沉降与位移监测。邻近的铁路信号机、转辙机、接触网电气化立柱沉降位移监测。

上部结构混凝土施工采用以下的质量控制措施：①各工序需严格按规范及获批的方案组织施工；②箱梁浇筑混凝土前，需全面检查各部位的预埋件有无遗漏、位置和尺寸是否正确、安装是否牢固，施工时不得碰撞或损坏预埋件，③主线桥、南线桥箱内模板异形部位较多，各齿块分布密集，上部、下部及腹板内预应力管道布置间隙小，施工时需通过加强振捣等方式确保成品质量；④箱梁的顶板、底板及腹板较薄，应选用集配良好的骨料，并根据试验选择最佳配合比；梁端2m范围内及锚下混凝土局部区域，应力较集中且钢筋分布较密，浇筑时应充分、全面振捣，确保混凝土密实度，保证实体质量；⑤旧结构面在新浇混凝土前，必须对旧结构面进行凿毛，混凝土初凝前应对箱梁顶板顶面进行拉毛；⑥箱梁混凝土入模温度不低于5℃，不得超过26℃，若入模温度不能满足要求，则应根据实际情况对拌和料进行升温或降温处理。浇筑后的梁体桥面板应有足够的平整度，其偏差不得超过±7mm，表层应洁净，不得出现油渍及浮浆，达到设计强度50%后方可允许上人作业。箱梁顶面应进行凿毛处理，以确保其与桥面找平层有效结合，施工缝部位施工前需进行充分凿毛及清洗，以保证新老混凝土的结合强度，并应注意混凝土的养护，应采取必要措施减少混凝土水化热现象。

五、预应力施工

(1) 预应力管道质量：预应力管道应按照设计要求精确定位安装，同时使用定位钢筋固定牢固，定位钢筋应采用点焊方式与梁腹板钢筋连接，若管道位置与钢筋位置存在冲突，应适当对钢筋进行局部调整以确保管道位置准确。浇筑混凝土前对波纹管及管道各接头部位密封情况进行复查，以防混凝土渗入管内造成堵塞。定位钢筋的位置需严格控制，对于预应力管道定位筋间距要求，直线段各钢筋布置间距应控制在50cm以内，曲线段布置间距应控制在25cm以内。实际施工过程中，排气孔、压浆嘴设置位置可结合具体情形进行调整，但需经监理单位同意，待通过监理单位验收后开展后续工序施工。(2) 预应力钢绞线：现场钢绞线应在室内存放并采取防锈措施，钢绞线下料应使用圆盘锯进行冷割作业，禁止采用电焊熔断或者氧弧切割方式截取，切割后

的断面需整齐、平整。钢绞线需弯折的，弯折处应设置成圆弧，管道应保持圆顺。(3) 锚具：本项目使用的预应力锚具选择的是成套产品，每套锚具包括锚垫板、夹片、锚圈，加强螺旋筋等部件。锚具进场后应及时进行抽检，经试验检测各性能满足质量要求后方可允许使用。箱梁浇筑时可能会有少量水泥浆渗入管道内，因此，随着逐层、逐段浇筑进程，应有专门的人员不时将浇筑范围内钢绞线进行轻微摆动，避免钢绞线与渗入的水泥浆固结在一起，影响张拉效果。正式张拉前应对锚具与钢绞线组件系统进行张拉检测，检测方式采用静载试验。伸缩缝、支座及桥面系施工主要采取以下质量控制措施：①为确保新、旧混凝土能够有效结合整体受力，铺装桥面前需将梁顶面的杂物、油渍、浮浆等进行充分清理，桥面施工时应严格控制其厚度及平整度；②桥面防水材料选择三徐FYT-1改进型桥面专用防水层，防水材料铺筑前需确保其防水性实验检测结果合格，严格按产品技术要求操作；③桥面伸缩装置采用RBKF8型伸缩缝、RBKF160型伸缩缝，埋设预埋件时须跟厂家进行确认，安装时宜有厂家技术人员现场指导；④支座垫石位置和高度控制要求准确，垫石顶面应保证平整，支座应按设计图纸及生产厂家的要求安装；⑤支座标高必须严格控制，其顶面平整度偏差不得超过1mm；⑥各类预埋件应提前做好预埋与复核，并加强保护与防护工作，包括泄水孔、通气孔、护栏预埋筋、伸缩缝预埋筋等。根据《公路工程地质勘察规范》(JTG C20—2011)，本工程沿线属于II类环境。对于混凝土结构，从环境类型考虑分析，地下水对其造成微腐蚀，通过分析土体岩层渗透能力，地下水同样对其造成微腐蚀；对于钢筋混凝土结构，若其长时间处于地下水浸润环境中，结构中的钢筋将会受到微腐蚀，若其所处环境属于干燥和湿润状态交替发生变化情形，结构中的钢筋仍会受到微腐蚀。

结语

对顶进框架桥下穿铁路站场咽喉区道岔股道架空防护的设计及施工进行探索，详细分析需要解决的技术难题，通过采用纵挑横抬钢便梁的线路加固方法，确保了框架桥施工期间列车运行的安全，为类似工程积累了经验。

参考文献

- [1] 国家铁路局. 铁路桥涵设计规范. TB10002-2017. [S]北京: 中国铁道出版社, 2017.