

# Safety technology for road reconstruction projects passing under existing railway lines

Changjun Yu<sup>1,2</sup>

1. CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300461, China

2. CCCC Second Highway Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shannxi, 710065, China

## Abstract

The road from the passenger transport hub in the south of Yulin City to the industrial park in the north of Luchuan County passes under the existing railway line from Yiyang City to Zhanjiang City. Due to the increase in urban traffic volume, the original 2-4.5m frame box culvert needs to be removed and replaced with a 2-8m frame bridge as the right half of the urban road. At the same time, a new frame bridge with a jacking height of 2 to 8 meters is built 300 meters away from the original road as the left half of the urban road. Based on this engineering example, this paper summarizes the safety guarantee technologies for the demolition and replacement of old frame box culverts and the construction of new frame Bridges without interrupting the safe operation of existing railway lines, covering aspects such as the establishment of safety institutions, monitoring and surveillance, stress relief, line reinforcement and demolition, construction train operation, anti-track circuit connection, on-site safety management, and process control of procedures.

## Keywords

Reconstruction and expansion; railway frame bridge; jacking; replacement; safety

# 道路改建工程下穿既有线铁路安全技术研究

余常俊<sup>1,2</sup>

1. 中交第一航务工程局有限公司, 中国·天津 300461

2. 中交第二公路工程局有限公司, 中国·陕西 西安 710065

## 摘 要

玉林南客运枢纽至陆川北工业园区道路下穿既有线益阳至湛江铁路, 因城市交通量增长, 需要将原有的2-4.5m框架箱涵拆除后置换成2-8m框架桥, 作为道路的右半幅, 同时距原道路300m顶进2-8m框架桥作为城市道路的左半幅。结合该工程实例, 从安全机构建立、监控监测、应力放散、线路加固与拆除、施工行车、防轨道电路联电、现场安全管理、工序过程控制等环节, 总结了在不中断既有线铁路安全运营前提下, 从事旧框架箱涵拆除与置换及新建框架桥的安全保障技术。

## 关键词

改扩建; 铁路框架桥; 顶进; 置换; 安全

## 1 工程概况

玉林南客运枢纽至陆川北工业园区道路下穿既有线益阳至湛江铁路, 因城市交通量增长, 需要将原 24.5m 宽的道路拓宽为 60m 城市主干道, 并以分离式路线下穿既有线益湛铁路。须将原有 2-4.5m 框架箱涵拆除并置换成 2-8m 框架桥, 同时距原道路 300m 顶进 2-8m 框架桥作为道路的左幅。框架桥沿公路走向长均为 17m, 纵轴线与益湛 A、B 线交角均为 91°。垂直于线路外侧均采用 80cm 钢筋混凝土板加固<sup>[1]</sup>, 全挖空顶进法施工。以 19 根灌注桩为支撑桩, 其

中 2\*2m 方桩 7 根,  $\phi 1.5\text{m}$  12 根, 桩长 9 ~ 14m。左幅框架桥施工完毕, 将原下穿既有线益湛铁路框架箱涵的交通流诱导至左幅, 拆除既有框架箱涵后顶进 2-8m 框架桥满足右幅拓宽要求。待拆除的框架箱涵为 2-4.5m 钢筋混凝土结构: 长 16m、宽 11m、高 3.8m; 顶板厚 50cm、中墙厚 80cm、边墙厚 50cm, 两端八字墙均长 3m, 有 1m 高的混凝土护栏和防护网<sup>[1]</sup>。

按铁路有关部门要求, 新建框架桥顶进与既有框架桥拆除置换期间, 不得中断铁路安全运营, 施工干扰大, 风险高, 务必精心组织、规范施工, 采取切实可行的安全防护技术。下面是几个重要阶段的安全技术:

(1) 施工区域安全防护技术; (2) 施工行车安全技术; (3) 支撑桩施工安全技术; (4) 应力放散安全技术; (5) 线路加固安全技术; (6) 防轨道电路联电安全技术; (7)

【作者简介】余常俊(1964-), 男, 中国湖北红安人, 本科, 教授级高级工程师, 从事公路、铁路与市政工程施工技术管理研究。

管线迁移的安全技术；（8）框架桥拆除安全技术；（9）基坑开挖安全技术；（10）框架桥顶进安全技术；（11）路桥过渡段施工安全技术。

## 2 准备工作

### 2.1 发布信息、宣示施工

开工前以专题会议、新闻报道、通告等形式，发布道路施工信息及交通改道通告，并沿框架箱涵上下游各 300 m 市政道路边设置蓝底白字的公示牌、警示牌，提醒过往行人及车辆绕行施工区。

### 2.2 成立组织机构，落实安全责任

参建单位务必贯彻执行“安全第一，预防为主”的方针<sup>[2]</sup>，成立安全管理机构，完善岗位责任制，成立各级应急救援管理小组，实行领导带班制度。施工负责人、安全总监深入现场加强领导，做好安全管理工作。

道路改建工程指挥部成立安全管理委员会；项目部成立安全小组，安全组长负责施工中主要问题的决策及协调，项目部安全总监对施工全过程安全行为进行监督、检查；施工负责人认真贯彻安全协调会精神，落实安全技术；驻站联络员将列车运行情况及时通知工地防护员并保持与铁路管理部门的联系；工地防护员负责施工期间的安全防护检查工作，及时向施工负责人通报列车运行情况、封闭和开通时间；现场安全员负责施工管段的安全检查，杜绝违章。现场工程师及时解决施工中的技术问题；其他相关人听从指挥，各守其职。

### 2.3 安全培训与安全交底

驻站联络员、防护员、专职安全员和工班长由正式员工担任，参加铁路有限公司业务培训，经考试合格持证上岗；业主方组织监理、施工方学习铁路线施工的相关规定，贯彻业主有关文件，制定各分项工程实施的的安全管理办法、应急技术，经考试合格持证上岗；项目部全体参建人员须经岗前三级安全培训，考试合格才能上岗；特殊工种作业人员须经专业培训考试合格后持证上岗<sup>[2]</sup>。

各分项工程及重要工序开工前，除书面交底外还应班前交底。项目经理部通过安全讲座、技术交底、班前交底、安全检查等形式，提高参建人员的综合素质<sup>[3]</sup>。

### 2.4 安全协调会、签订安全协议

工程建设指挥部针对施工各工序环节组织由铁路主管单位、业主、设计、监理、施工方、交通局、所属城镇等有关人员参加的安全生产协调会，提前协调好各方关系。

开工前，业主方与监理、施工单位分别签订《安全生产协议书》<sup>[2]</sup>；项目经理部与作业队签订《安全生产协议书》；业主和施工单位分别与工务段、电务段、供电段、车务段、通信段等相关设备管理单位和行车组织单位签订《施工安全协议书》<sup>[4]</sup>，明确各自责任与义务，明确安全防范内容、技

术及分工协作、应急事故的处置办法等。

## 2.5 技术准备

### 2.5.1 线路踏勘，制定方案

为确保顶进框架桥和既有框架桥置换有序进行，在铁路管理部门的相关人员陪同下，业主利用“天窗”时间，组织施工、监理单位相关人员依据施工图设计文件现场调查和施工测量，了解施工区线路设备及管线分布现状，逐一登记，制定施工方案。

### 2.5.2 上报方案，办理施工许可证

施工单位认真研究施工图设计文件及有关涉铁施工的法律法规，编写施工组织设计、专项方案，组织有关设计、监理、施工及铁道局有关专家对专项施工方案进行论证，将施组、专项方案、施工计划上报监理、业主及所属铁路局有关部门逐级审批，主动联系本段铁路管理部门，按规定办理营业线施工许可证<sup>[3]</sup>。

### 2.5.3 申报天窗

根据总体施工计划与实际进度申报月施工计划，在月底计划中明确“天窗”计划<sup>[3]</sup>；根据施工计划申报某日施工所需“天窗”点、封锁计划和慢行 45km/h 计划。

## 2.6 监控监测

### 2.6.1 既有线铁路监控

在待加固线路两端 20m 铁路路基上布设沉降观测点，每个便梁支墩钢轨桩上以及盖梁上设 1 个沉降位移观测点；在线路路肩处间距 5m 设置路基沉降位移观测点，路基观测桩采用  $\phi 20\text{mm}$  螺纹钢制作，埋深 2m。用全站仪及水准仪进行坐标及高程监测，施工期间观测频次不少于 2h/次，施工结束，继续观测时间不少于 3d，每 12h 观测一次并形成记录，发现路基沉降或隆起应及时汇报<sup>[5]</sup>。

框架桥顶进与置换期间，每趟列车通行后应立即测出线路平、纵、横的变形量，便梁基础沉降观测每天不少于 4 次，若线路几何尺寸发生变化应立即上报整修。

### 2.6.2 基坑监测

临近铁路营业线施工，专人负责基坑监控监测。在基坑四周坡顶及受基坑影响范围的线路路肩，按 5m 间距以  $\Phi 20\text{mm}$  钢筋桩为沉降观测桩，打入深度 2m，对桩编号并测量原始数据。在支护基坑的桩板墙上设置观测点，观测水平位移、沉降，基坑开挖、挡墙、后背墙、框架桥预制与顶进等施工环节，观测频率为每天 2 ~ 3 次，将观测值与原始值比较，如超过规定值应停止施工，速与监理和设备管理单位分析原因，制定补救技术，同时做好地下水监测工作。

### 2.6.3 桥梁监控

在相邻上跨铁路的立交桥桥墩上作出明显的观测标志<sup>[1]</sup>，施工期间每天对桥墩进行沉降观测、水平位移观测、倾斜观测不少于 2 次，发现异常立即停止施工，启动应急预案并向监理、业主单位、铁路主管部门汇报情况。

### 3 几个重要的安全技术

#### 3.1 施工区安全防护

##### 3.1.1 地方道路安全防护

新建框架桥施工期间,用高1.8m、厚2mm的蓝色镀锌波形钢板作围栏将工区隔离,外侧标明施工内容并设标识牌,围挡上设安全警示灯,专人24h值班。左幅施工完毕具备开放交通条件后,安放诱导标志将右幅交通诱导至左幅并专人24h指挥交通;距框架箱涵中心300m上下游市政道路外侧面面对前进方向,立“前方施工”、“禁止通行”等反光牌封闭右幅交通,再从事框架箱涵拆除与置换。非施工人员不得进入工区,施工人员、材料、机械进出工区由防护员跟随进出,框架桥置换完毕具备开放交通条件才能拆除相关安全防护设施开放交通。

##### 3.1.2 铁路栅栏网搭建安全防护

施工人员、材料、机械进出施工区需上报专项防护方案,办理相关手续。拆除栅栏网、安设新临时栅栏网时,在开口处派专人24h昼夜看守。施工人员、机械、材料进出铁路栅栏,须有工地防护员随同进出,禁止非施工人员、机械、车、牲畜等进入工区。施工完毕恢复栅栏网,请监理、设备管理单位验收。

#### 3.2 管线迁移

施工前会同设备管理单位、市政管线设备权属单位对管线进行调查,由权属方书面明确地下管线位置,协商管线迁移及保护方案。利用“施工天窗”,在设备管理单位安全监督员、监理、技术人员等监督下以人工开挖方式将影响施工的光缆、电缆、抬起后套上PVE管,架设在纵梁外侧三角架上并设置醒目标志;影响工作坑的管线采用钢支架固定跨越工作坑;需入沟敷设的电缆由电务部门对相应的设备进行测试校核,开挖中遇不明电缆应及时通知设备管理单位确认,采取可靠保护后继续施工;对需改迁的管线划定位置、确定割接点,做好标识与记录;既有电缆迁改割接至新路径后,应按要求敷设标识牌。施放电缆时,防止电缆盘旋转伤人。施工中线路设备养护维修小组专人对管线、设备监控、修整,发现问题及时处理,施工完毕将标识去除并设立新标识。

#### 3.3 施工行车安全技术

绘制现场防护图,提前一个月向铁路主管部门上报安全防护方案。封锁线路要点作业及慢行点作业时,设置驻站联络员和工地防护员,防护员上岗须带齐防护用品,配备专用通信设备保持联络<sup>[4]</sup>,驻站联络员应及时准确地向工地防护员传达调度指令,工地防护员与驻站联络员通话时应复诵并记录通话内容;收到驻站联络员发出的列车预报、确报,工地防护员应立即通知施工负责人组织地面人员撤离至铁路线以外的安全区,并加强警戒监视来车。因施工需要或计划变更,工地防护员应立即通知驻站联络员,由驻站联络员及时通知行车调度员、车站值班员,经行调批准调整后方可

实施。

距施工区两端20m、800m分别设置减速标、移动减速信号牌,24h慢行防护。施工期间,前沿防护员在距施工区800m加强警戒,及时发来车预报、确报信号与信息。列车到达前15min停止作业,所有人员、机具设备等均应撤离至安全地带,列车过后可继续施工。工区两端由6名防护员24h执行机工联控,限速45km/h<sup>[5]</sup>。限速期间来车,工地防护员应在减速始点,向列车司机显示黄色信号旗或黄色信号灯(如图1)。

若施工区的停车防护信号尚未撤除或待避工作尚未做好而列车迫近时,前沿防护员应立即向列车显示红色信号旗(灯)拦停列车<sup>[6]</sup>(如图2)并通知工区防护员,工区防护员立即距来车方向20m铁道中心插上红旗(灯),旋即通知驻站联络员及邻近车站封闭区间。驻站联络员、防护员应坚守岗位,临时离岗须有人换岗且经车站值班员批准,施工终止时间前务必询问施工负责人能否按时开通,如需延长时间或限速运行,应提前与车站值班员联系<sup>[7]</sup>。

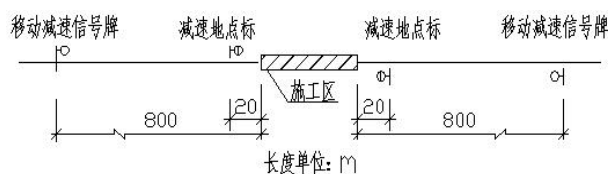


图1 移动减速信号布设示意图

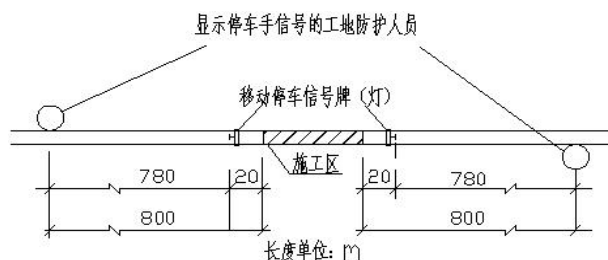


图2 移动停车信号布设示意图

#### 3.4 支撑桩施工安全技术

挖孔桩直径与桩长由地基承载力检算结果确定。发现地质情况与设计资料不相符,应重新验算调整桩长。

参建人员应穿反光防护服,听从工地防护员指令进入或撤离至安全区,机械、工具、材料不得侵限;下钢筋笼及混凝土灌注选择在自然“天窗”或批复的“施工天窗”。遇岩石应采用风镐凿除或用空心钻沿桩位四周取芯,逐步清除岩石;支撑桩采取隔位施工法,当某孔在灌注混凝土时,邻近桩位停止挖孔;混凝土未达到设计强度,相邻桩位不得挖孔<sup>[9]</sup>。

#### 3.5 应力放散安全技术

应力放散前,按规定向车站值班员申请办理封锁施工手续,在“天窗”内组织施工区线路调查,清除影响钢轨伸缩的障碍物,施工命令下达后,拢口组、撞轨组、扣件组各就各位,有条不紊地从事松轨、切轨、换轨、撞轨、复紧扣



件等系列工作。根据设计要求高温锁定低温放散<sup>[4]</sup>，锁定轨温从原锁定轨温 35° 放到 45°<sup>[1]</sup>。

线路锁定完毕立即检查线路锁定是否满足设计要求，请工务段、电务段等专业部门对口检查，满足开通条件后报设备管理、运输部门批准，方可开通线路限速通行。第一列、第二列限速 45km/h，执行机工联控；线路开通的第二天对线路进行整修。

### 3.6 线路加固与拆除安全技术

#### 3.6.1 线路加固

按批准的施工计划在“天窗”内专人对通讯设备、防护旗、灯、短路铜线等全面清点，确认符合要求后方可封道作业；在工务部门监控下抽换钢枕；股道间施工应在两线间设置警戒绳，施工人员及所有机具材料不得侵入邻线。

D12、D16m 便梁采用 120T 汽车吊机架设，D24 便梁采用 220T 汽车吊架设。吊装作业严格执行“十不吊”原则；穿横梁用的简易平台支架应采取防倾覆技术，用完及时撤离现场。线路加固前后及过程中，项目部安全总监、施工负责人应组织有关人员对工作区和线路设备状态进行检查，并报请铁路相关部门检查验收，确认满足放行列车条件后，开通线路，将施工防护改为慢行信号。线路开通后，线路加固设备养护维修小组按规定巡检、修整线路。

#### 3.6.2 设备拆除

框架桥的三角区施工结束、路桥过渡段加固完毕，经报验同意封锁线路后回碴、串实，提前联系工务段用大机进行捣固，逐步拆除线路纵横梁、整修线路，拆除及整修完毕报请监理、铁路有关部门验收合格后开放铁路交通，逐级提速至正常速度。

### 3.7 防轨道电路联电安全技术

安装便梁时，所有配件及撬棍等金属物件不得与横梁构成联电状态；抽取轨枕安放横梁时，应在钢轨下支垫大块绝缘橡胶板，安装横梁扣件时，横梁与基本轨间的联结扣件应用绝缘配件；纵梁与横梁之间应垫上绝缘胶垫；钢轨与纵梁之间应使用绝缘扣件连接；使用加固零件应防止零件相互搭接接触钢轨或钢轨联结件；联结好的扣件周围禁止放靠铁件等易导电的物品；金属工具不得同时接触两根钢轨；撬棍应配绝缘套管，撬棍、千斤顶等金属工具下应支垫胶垫；应及时清除扣轨梁和基本轨之间、横托梁和扣轨之间的杂物，避免下雨受潮联电。涉及轨道电路、通讯信号设施的维修作业，应请电务人员跟踪指导<sup>[4]</sup>。在轨道电路区段，严禁使用无绝缘装置的道尺等危及行车安全的机具进行线路作业。线路上电缆接线盒、绝缘接头、信号灯等设施应严加保护。

### 3.8 框架桥拆除安全技术

挡墙施工、线路加固完毕，封闭交通后采取切割法拆除既有框架箱涵。先利用绳锯切割护栏，然后用绳锯将中隔墙与底板分离，再利用绳锯切割中隔墙上部及顶板，主体结构拆除后采取碟锯切割八字墙。利用液压破碎锤破碎混凝土

块，由装载机清理装车运出。列车通行时停止施工，撤离工作区。施工期间做好监控监测及边坡防护工作。

### 3.9 线下基坑开挖安全技术

管线改迁结束，在基坑临边处设置安全防护栏杆、安全网、安全标志及警示灯；线路加固验收合格，设备单位安全监督员、监理到场再施工。用挖掘机开挖土石方，采用挖掘机带炮头凿除或空心钻配劈裂机清除石方，用桩板墙支护基坑两侧；材料和土方堆放距坑边不小于 1.2m，高不过 1.5m。搞好基坑排水及边坡防护，下雨前用彩条布覆盖线路边坡；雨天派专人巡视线路，发现塌方、裂缝等异常情况及时组织抢险。现场备足草袋、钢轨桩、挡土板等应急物资以备基坑边坡塌方时使用。基坑开挖后应尽快施工框架桥主体，加强防护<sup>[6]</sup>。

### 3.10 顶进施工安全技术

线路加固完毕，框架桥达到设计强度可从事顶进施工，顶进中应随挖随顶、放坡施工，严禁超挖。工作面不得长时间暴露，遇大雨应停止作业，用篷布将开挖面盖好以防塌方。

顶进液压系统的各部件，应单体试验合格后方可安装，安装完毕必须试顶，当液压系统发生故障时，严禁在工作期间检查和调整；顶进期间经常对便梁支座、横向限位装置、横向联结系统、便梁配件及路基边坡进行检查；每次顶进前应检查液压系统、顶柱（铁）安装和后背墙变化情况；每顶进一尺，应观测轴线和高程至少 1 次，及时纠偏；应仔细观测各观测点变化情况，发现异状立即停止施工，待问题处理后再作业；有列车行驶立即停止施工，每顶完一镐或列车通过后，应巡查、测量线路，发现异状立即整修。

顶进期间严禁施工人员接近或跨越顶铁；顶进中注重基坑降水，保持基底干燥；顶进期间严禁超压超程工作，每当油泵油压升高 5 ~ 10Mpa 时，应停泵观察，若有异常应及时处理；如发生危及铁路行车安全的情况，应遵循“先防护、后处理”的原则<sup>[5]</sup>。出现基坑坍塌时，所有人员应立即撤出作业面，工地防护员及时通知驻站联络员向铁路有关部门汇报情况，等候处理意见。顶进结束及时对三角区、路桥过渡段及箱身顶部线路进行处理。

框架桥顶进及置换期间，工地防护员时刻提防机械碰撞便梁，防护员未到场禁止施工，机械钥匙由防护员保管；设备定人、定机、定岗并严格执行班前交底、交接检、日常检查等制度。

### 3.11 过渡段作业及注浆安全技术

过渡段地基加固在框架桥顶进完毕进行，采用 A 组填料按 30cm 分层回填夯实。在慢行点内对框架桥两侧路桥过渡段压密注浆，钻孔和作业人员严禁侵入限界。为防注浆引起线路隆起，路肩下 1m 内不注浆。列车靠近时停止注浆，撤离至安全区，列车过后继续施工。

注浆期间加强路基观测、包括路基面及轨顶标高变化、冒浆点位置、地面异常等并做好监控记录。注浆期间路基每

日观测不少于4次。

4 注意事项

(1) 加强安全教育与巡视, 严格按《普速铁路工务安全规则》进行防护, 为减少封道次数, 将左右幅框架桥施工纳入同一个工区统一管理。

(2) 加强协调与沟通, 大型设备、构件穿越铁路应向铁路运营部门申请线路封锁点, 不得在封锁点外施工。

5 结语

在不中断铁路正常运营的前提下从事框架桥的新建与置换工程, 对安全管理极具挑战性, 施工风险远高于常规的工程, 应做好以下几点:

- (1) 务必遵守铁路有关部门的规定, 强化安全管理<sup>[2]</sup>。
- (2) 保证线路稳定及防联电是难点, 确保行车和施工安全是控制重点。施工区的光缆、电缆、信号电缆、电力电缆等管线, 应调查清楚, 认真落实改移、防护工作。
- (3) 施工时应专人对线路、轨道几何尺寸进行检查、监测, 发现异常及时整改。

(4) 爱岗敬业, 敬畏生命, 严格按批准的施工计划组织施工并搞好个人防护及施工区防护。一旦发生行车安全或人身伤亡事故, 应按铁路公司有关事故报告、调查、处理的程序和权限调查处理。

参考文献

[1] 玉林市城南客运枢纽至陆川北部工业园二期园区公路下穿益湛铁路工程施工图设计 中铁第五勘察设计院集团有限公司[R]2019.

[2] 余常俊, 铁路立交桥转体法施工安全技术研究[J]铁道建筑2010(7):41-43.

[3] 铁路桥涵工程施工安全技术规程(TB10303-2020)中国铁道出版社有限公司 北京.

[4] 玉林市民主南路下穿益湛铁路工程实施性施工组织设计广西宁铁工程有限责任公司[R]2019(11).

[5] 西安至合肥段西外环立交桥顶进施工专项方案 中铁电气化局集团有限公司[R]2015.

[6] 新龙路立交桥工程施工安全防护专项方案镇江普天旺桥梁顶进工程公司[R]2017(6).