

高速公路跨铁路桥梁平转法施工专项方案研究

米嘉庚

(中铁十九局集团第六工程有限公司, 江苏 无锡 214000)

【摘要】成灌线在成都二环高速上跨成灌线桥长 1621 m, 其中右线第 38 孔和左线第 40 孔跨过成灌客运专线, 对既有线路影响 150 米, 且跨线桥走向与既有铁路线路不相交, 考虑到对既有铁路线路产生影响, 经专家论证, 建议采用平转法进行特殊跨越方案。本文从工程概况、施工流程、转体施工要点、转体施工费用增减等几个角度, 就成都二环高速公路梁平转法工程的特殊施工方案进行了有针对性的讨论, 希望能为类似工程项目的施工方案及施工组织设计的制定提供一定的借鉴。

【关键词】跨铁路桥梁; 平转法; 施工专项方案

法国在上个世纪 40 年代首次采用竖向旋转法, 并于 1976 年开始采用平转法。国内对转弯桥的研究起步比较晚, 国内首次平转桥在 1977 年建成。由于转体施工不受大型障碍物影响, 且施工速度快、成本低、工艺简单、易于操作, 所以在跨越铁路、公路等障碍物的桥梁施工中被广泛采用, 受到了广大桥梁施工单位的好评。预制桥的转位法适合于跨越铁路、公路和市政设施等工程现场不能现浇和预制安装的特殊场合。由于交通流量的增加和上跨主线铁路的协调难度的增加, 转体法被越来越多地用于桥梁施工。本文结合成都二环高速成灌线跨线转盘桥的施工实例, 对平转法的特殊设计进行了探讨, 以期今后的工程建设提供借鉴。

一、项目转体施工概况

(一) 工程现场状况

线桥长 1621 m, 其中右线第 38 孔和左线第 40 孔跨过成灌客运专线, 跨线桥对既有线路的影响范围达 150 米, 且跨线桥与已建高铁线路呈不垂直, 存在 58°~59° 的倾斜(相交)角。地质情况: 成灌线线桥右线第 36#、37# 墩及左线 39#、40# 墩分别设置在铁路两边的围篱之外, 其场地土体类型以粉质粘土、中密砾和中密卵石为主, 其最大承载力 650 kPa。上跨越成灌客运专线的上部结构为 2×75 米预制钢筋砼 T 形钢板, 箱梁断面为单箱双室, 整桥采用分幅的形式, 其下部结构为柱式桥墩、肋板台和桩基, 计划总工期 390 天。

该桥的上部结构箱梁顶面宽度为 18.25 米, 底板宽度为 12.25 米, 翼缘板长度 3.00 米, 根部梁高 9.50 米, 跨度中梁高度 3.50 米, 转体长度 138.00 米。该桥主桥为矩形薄壁墩, 承台直径 16.00 米。该桥的转体施工体系由锚固系统、回转系统和位置控制系统组成, 其转体量为 16000 t, 采用平衡旋转系统进行

转体, 转角 59 度, 转盘直径 16.00 米。采取了与既有线路并行、支架现浇、左、右幅同步转体合拢的技术措施。为消除不对称荷载的影响, 考虑到转体段处于平缓的曲线段, 同时由于横坡的存在和转体结构的横向偏心, 设计中还考虑了外侧双层防撞栏的设计。

(二) 主要施工工艺流程

为确保路基稳定, 减小路基失稳, 首先对路基两侧 80.00 米的路基进行了加固处理。在成灌线上设置 3 排梅花形交错排列的钢管桩间距 0.40 米; 管道内壁灌浆采用 C30 水泥浆。在对其进行加固之后, 先进行地基的施工, 再进行顶帽混凝土的浇筑, 通过上下转盘的水平转动来完成转盘的转动, 而下转盘则是嵌入在承台中, 起到提供顶推反力的作用。上部转盘需要安装在墩的下部, 旋转系统安装完成后要对其进行检验, 然后才能进行桥墩的常规施工。箱梁(按传统方法对称浇注)现浇箱梁, 转体至预定位置, 测量各点位置无误后, 在转盘间浇注混凝土, 并完成现浇合拢段。承台-转塔系统的施工程序为: 转盘上下盘钢板加工、转盘安装、环道安装、控制转体稳定性的环道安装、牵引动力装置调试、安装定位、安装牵引绳→制作和安装反力架及锚定件。

二、项目桥梁转体前的施工要点

(一) 劳动力组织、主要施工机械、设备配置

主桥的转体工程设两支施工队伍, 每支队伍负责左右两座桥梁的同步施工。每一组分为混凝土班、钢筋班、架子班、木工班和张拉班, 其中, 木工 20 人, 钢筋工 20 人, 混凝土工 20 人, 架子工 20 人, 普工 30 人, 电工 2 人, 起重设备 8 人, 电焊工 8 人, 张拉工 6 人, 管理 5 人, 杂工 5 人。主要的施工机械和设备配置有: 汽车起重机, 发电机, 混凝土泵车, 交流电焊机, 钢筋切割机, 钢筋弯曲机, 钢筋调直机,

张拉千斤顶, 压浆设备, 预应力张拉设备, 水箱, 连续千斤顶, 推力千斤顶, 等等。

(二) 临时用地及施工便道

该工程中的通廊为桥上的纵向建设通廊, 未考虑额外的借用。为了确保成灌线线桥主桥施工时不会受到其它工作面的干扰, 在大桥主墩(41#墩, K178+200)处装设 630 kVA 的变压器, 并备有 200 kW 的发电机以备不时之需。该桥红线范围(桥墩与边墩之间)设置了钢筋、钢结构加工车间、临时物料堆放场。临时用地的长度为 180 米, 宽度为 30 米。建议暂时使用土地面积为 10800 平方米。

(三) 预应力混凝土单 T 钢构连续梁桥施工工艺流程及现场平面布置

为了保证跨线桥的安全, 保障线路的正常运营, 本项目拟采用与既有成灌线平行的支架现浇、再转体、合拢等施工技术。因周围土地资源有限, 对道路使用的便道采用桥式直道式, 不考虑另外借用道路; 施工过程中的钢筋加工和临时材料堆放场地位于大桥红线以内。

(四) 下球铰及环道滑板安装

下端球铰是旋转时的承载部件, 其外直径为 4.00 米, 垂直承载力为 168 kN。为了确保该球铰的加工精度, 该球铰是由中船工业集团下属的一家研究院进行的, 工期为 3 个月。定位基础采用吊车将钢筋和定位框架吊装, 经两次预调, 精确定位, 再进行普通高强度混凝土施工。当定位钢骨架的强度和刚度满足设计要求后, 用固定调节架和调节螺栓将下球铰悬挂起来, 用 0.001 cm 的精密水平仪和钢钢尺进行多点测量, 完成水平和垂直位置的调整, 然后将下球铰固定安装, 下球铰为微膨胀坍落度为 18~22 cm 的 C50 混凝土, 终凝前球铰周边收压混凝土面 3 遍, 终凝后滑块安装槽、球面需清理到位。下转台顶部设有一直径 3.80 米、1.00 米宽的环状滑轨, 该滑轨是用不锈钢板(0.50 厘米厚)和四氟板(0.50 厘米厚)组合而成, 两者用环氧胶粘在一起, 不锈钢板镶嵌在打磨误差 2.00 mm 以内的环形滑道槽中, 最后定位螺栓和调整螺栓, 把不锈钢板定位在下转盘的顶面上。

(五) 上球铰安装

在安装之前, 要先检测并清洁中央销套, 然后按照设计的配比(120 : 1)将黄油四氟粉末加入, 放置时要仔细观察主轴的垂直度及边缘间隙。下球铰装在上球铰的前凹面上, 由内向外装上聚四氟乙烯滑板, 滑块间的缝隙用黄油填满, 并保持球面清洁, 不留任何杂质。为保证结构不发生倾斜, 本项目拟在上部和下部各布置 8 个(每组 2 个)环形支承, 并在

上部和下部各布置 8 个(每组 2 个)支承腿, 以增强整体稳定; 钢管全长 130.0 cm(38.5%), 上部承台(38.5%)埋入上部承台, 其余部位直接置于承台间环形滑道之上, 并采用 1.0 cm 厚度的楔形钢板进行隔离, 并在转体施工前将楔形钢板取出。在上部球铰的安装中, 应注意垂直和水平的偏差(0.1 厘米), 球铰表面的高度差(0.1 厘米), 密封防尘, 触摸变形, 防水防锈等。

(六) 上、下承台临时约束及球铰滑动面防护

(1) 利用 HW400 钢限位梁(下承台顶面安全脚之间)、限位梁和上承台支撑脚之间设置钢支撑(钢楔固定), 来完成上下承台临时约束。(2) 球铰上、下板一旦脱离, 要马上用塑料布将上、下两个球面用胶布包裹, 并保持干净。墩墩和上部结构浇筑时, 上、下铰间的间隙用胶布严密地封住, 保证不渗水、不沾尘。

(七) 墩柱、连续梁施工

工程实例中的墩柱采用了薄壁中空截面, 其中 0#墩高 9.50 米, 长度 10.00 米, 底部宽度 12.50 米, 顶部宽度 18.25 米; 箱梁中间段为 3.50 米, 包括现浇段 3.92 米, 合拢段 2.00 米。转体工程全长 138.00 米, 转体总重量 14000 t 左右。箱梁 0#段为钢管支撑, 1-18#段为全桥式支撑, 按照传统的施工流程进行。

三、项目转体施工技术要点

(一) 分析产生的弯矩不平衡性

在不平衡弯矩计算中, 选择 3 种不同工作状态, 直至梁段浇注过程中出现的不平衡浇注、转向过程中的临时荷载及风荷载等因素, 得出梁段不平衡浇注的不利效应为 5%; 在此基础上, 提出了一种新的计算方法, 即在最大悬臂端部再加 5 吨重量的情况下, 暂载的作用见表 1。

桥横向作用在主梁单位长度上的静阵风荷载, 计算公式如下:

表 1 各类情况的荷载组合

工况	名称	荷载组合
工况 1	非对称的混凝土浇筑	3% ~ 5% 的混凝土不平衡浇筑
工况 2	风荷载	非对称的混凝土浇筑 + 风荷载
工况 3	临时增加荷载	非对称的混凝土浇筑 + 风荷载 + 临时

其中: FH 是每一根梁上所受的静力阵列式风荷载, 单位为 N/m; ρ 是以千克/米³为单位的空气密度, 取 1.25; 根据设计图, CH 为主梁的抗力体系, 其取值为 1.3; 其中 H 是主梁的投影高度, 其最大值为 9.5 米; V_g 表示静止突风的速度, 单位是米/秒, 可用下面的公式来计算。

$$V_g = C_v V_z \quad (2)$$

公式中： C_v 为静态突风系数，取 1.31； V_z 是参考风速，取 10 年一遇的 24.1 米 / 秒。

（二）控制不平衡弯矩的预案

(1) 从工作状态来看，支座所能承载的最大偏心力矩为 8112 t.m。(2) 将 2 个容积为 5 t 的贮水池置于箱形箱的两端，观测其在转动（转动）时悬臂端部的高度变化。当不平衡弯矩产生时，箱梁一端悬臂端部将产生弯曲，这时应向其灌注一定重量的水，并对不平衡弯矩进行测量和计算，直至变形现象消失。经过计算，这种变化的载荷可以消除 680-690 t.m 的偏载。

（三）注意转体施工操作

(1) 在安装千斤顶时，应保证其与钢丝绳方向一致；(2) 前、后油缸的进、出油位置应与油泵站的位置一致；(3) 不在本系统内的人，不得擅自改变线路。

（四）转换箱梁合龙施工、梁体体系

1. 设平衡重。在中跨合拢混凝土浇注时，应将其浇注到桥身的两端，其数量大约相当于中跨合拢段的一半；边跨合拢段在浇筑时，要将库内的水逐步放掉，其水量大致相当于桥跨合拢段浇筑混凝土的二分之一。在施工结束后，要把槽中的水放掉。

2. 合龙梁段施工。合龙梁部分采用悬挂式施工方法，即在梁体两侧分别设置合拢段悬模支架，待转子完工后再将其就位。在未锁好钢框架前，先将吊杆悬吊于其两端的混凝土上，不能进行预压，钢筋和预应力钢绞线和管线系统的安装同“T”形结构的工序相同。

3. 悬臂梁到连续梁的系统转换。在此基础上，采用张拉和注浆的方法，完成墩顶临时锚固件及合拢吊杆的拆除，并将 TC8 拆下，完成梁体系统的整体过渡（悬臂 ~ 连续梁）。

（五）附属结构施工

在主体梁的现浇和转体施工之前，所有的临江边护栏都要进行全面的施工。该工程采用现浇预制，并用泵送混凝土浇筑。成桥后，采用轨道交通天窗时段进行网罩和罩棚施工，预计工期为 3 小时左右。防护网安装完成后，对裸露在外的钢结构进行了严格的设计，首先用红丹酚醛基防锈漆，然后在上面涂刷 2 层灰铝石墨面漆，在施工过程中要特别小心，不能从桥上掉下任何异物。

四、项目转体施工变更造价

（一）转体施工变更减少造价

按照《施工图纸》中的主要工程量清单，本工程原有跨成灌铁路的该桥，采用“预应力砼 T 梁预应力砼小箱梁”的预制、拼装方案，采用双前导进式施工。变更减少量为 -12237.56m³、-219.42m³、-15090.55m³、预制 T 型梁、预制预应

力等截面箱梁减量 19328.40m³、预制预应力等截面箱梁减量 19328.40m³，现浇连续梁接缝混凝土减量 2036.88m³，总计变更减少金额 1.26 亿元。

（二）转体施工变更增加造价

在转体施工变更量中，钢管桩承台增量 100.10m³，钢管桩增量 11996.73 t，施工监测项目增加 1 个，桩基增量 12482.71m³，桥台增量 2506.53m³，桥墩增量 20193.96m³，上部构造增量 39282.78m³，安装切线式钢支座增量 35 t，预应力连续梁不锈钢滑道增量 80 t，顶推安装预应力连续梁增量 9039.6m³，承台混凝土增量 367.6m³，另有部分管线迁改调整项等，总计变更增加金额 2.32 亿元。

五、结束语

近几年来，我国的高铁技术已进入国际先进行列，在高速铁路的发展中处于领先地位。随着我国高铁建设的发展，我国高铁的桥梁、隧道比例不断增加，已达 90% 以上，其跨度也不断刷新历史记录，更能适应既有铁路和公路的空间要求。通过对转体法施工过程及工艺的总结，对新建联络线下穿段桥梁的施工工艺作了简要的总结，可供以后同类工程的施工借鉴。

本文以四川成都二环路跨成灌线桥梁转体为研究对象，对其工艺流程、转体过程中的施工要点和转体工程的概算增减等方面进行了详细的分析，在保证施工安全、工程质量、工期的前提下，确保对既有快铁线路的影响在设计允许范围之内，尽量将影响控制在最低限度。今后，还需要进一步的研究工作，即在施工过程中，通过对旋转系统的仿真实验，来检验设计的合理性与可行性；为确保建筑材料的质量合格，确保建筑工程的安全，提出了合理的材料检测指标，建立了一套行之有效的质量监控系统。

参考文献：

- [1] 苏庆田,戴昌源,许园春.分离式双箱组合梁斜拉桥收缩徐变效应分析[J].结构工程师,2015,31(3):56-62.
- [2] 牛远志,李恒跃,全伟,张雷.超大吨位斜拉桥水平转体铰型式研究[J].铁道工程学报,2015,32(6):34-39.
- [3] 王清泉.锦州市云飞大桥主桥设计[J].世界桥梁,2015,43(4):15-19.
- [4] 周继,张晓江,田芳.城市快速通道跨越铁路大型编组站桥梁方案比选研究[J].铁道标准设计,2016,60(5):59-64.
- [5] 曾甲华,刘智春,陈裕民,聂利芳.转体施工钢箱梁独塔斜拉桥设计[J].世界桥梁,2016,44(4):11-15.