

Research on Horizontal Swivel Construction Technology of Overhead Existing Railway

Hailong Liu

Tonghao (Zhengzhou) Electrification Bureau Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

Swivel construction is divided into horizontal rotation and vertical rotation, and horizontal rotation is divided into pier top horizontal rotation and pier bottom horizontal rotation, according to the construction reports in recent years, the pier bottom horizontal rotation accounts for the majority, which is mainly used for high-speed railway, highway and other overpass existing ordinary speed railway, and high-speed railway cable-stayed bridge over existing high-speed railway bridge construction cases. It can be seen that swivel construction is more and more widely used in bridge construction across railway, especially horizontal swivel construction, which can greatly reduce the number of "key points" and reduce the impact on railway transportation. Therefore, the paper research on the horizontal swivel technology of the upper crossing railway can play a good reference for similar projects in the future.

Keywords

over railway; horizontal swivel; ball joint installation; weighing counterweight; continuous jack

上跨既有铁路水平转体施工工艺研究

刘海龙

通号(郑州)电气化局有限公司, 中国·河南 郑州 450000

摘要

转体施工分为平转和竖转, 而平转又分为墩顶平转和墩底平转, 从近年来的施工报道可以看出, 墩底水平转体占大多数, 主要用于高速铁路、公路等上跨既有普速铁路, 更有高速铁路斜拉桥上跨既有高速铁路桥梁的施工案例。可见转体施工在上跨铁路的桥梁施工中应用越来越广泛, 尤其是水平转体施工, 可以大大减少“要点”次数, 降低对铁路运输的影响。因此, 论文对上跨铁路水平转体工艺进行研究, 对今后类似工程可以起到很好的借鉴和参考作用。

关键词

上跨铁路; 水平转体; 球铰安装; 称重配重; 连续千斤顶

1 项目概况

中国郑州市西四环与陇海铁路下行线的交叉里程为K581+426, 桥梁按正交设计, 西幅桥采用(68+68)m的T型刚构跨越陇海铁路, 桥下净空不小于9m。西侧主桥主墩布置在陇海铁路的北侧, 顺铁路支架现浇主桥, 由东向西顺时针转体75.9°, 转体长度采用(62.5+62.5)m。转体总重量12200t。东幅桥采用(58+58)m的T型刚构跨越陇海铁路, 桥下净空不小于9m。东侧主桥主墩布置在陇海铁路的南侧, 顺铁路支架现浇主桥, 由西向东顺时针转体76.1°, 转体长度采用(54+54)m。转体总重量8500t。东西两幅桥转体施工分次进行。本论文通过该项目对跨铁路墩底水平转体施工进行分析、研究。

2 转体施工工艺原理

转体箱梁在铁路路基外侧平行铁路方向提前现浇, 然后向铁路部门“要点”转体就位。转体系统安装在墩柱底部的上下承台之间。为保证转体系统球铰的安装精度, 下承台施工分两次进行, 第一次承台砼浇筑至滑道支架底部; 第二次安装滑道支架及下球铰, 浇筑砼至下承台顶部。下承台施工完成后安装上球铰、钢撑脚及砂箱等主要转体系统构件。绑扎上承台钢筋, 预埋转体牵引索, 安装上承台模板, 浇筑混凝土, 完成上承台施工; 然后进行墩身施工, 同步搭设T构箱梁满堂支架, 支设模板, 绑扎梁体钢筋, 浇筑混凝土, 完成整个转体T构的施工。转体前, 对T构进行称重及配重, 确定转体参数, 并对桥梁进行试转, 确定无问题后, 对既有

线进行要点封锁, 正式进行转体^[1]。

3 转体施工特点

转体成功的关键在于转体系统的完好、有效, 转体结构分上下两部分, 主要包括球铰、滑道、钢撑脚、预埋钢绞线及牵引反力座等。上、下转盘之间采用砂箱进行支撑, 保证撑脚与滑道之间留有一定间隙; 上下承台之间采用 6 组 20a 工字钢临时固结锁定, 确保球铰在施工过程中不受力。转体采用 2 台 400t 连续千斤顶形成力偶进行同步牵引, 使桥梁匀速转动。

4 施工工艺及操作要点

4.1 下承台施工

下承台为支撑全部转体结构重量的基础, 下承台上安装有下球铰、钢滑道, 并设置 12 对助推反力座及 2 个牵引力反力座, 详情如图 1 所示。其中, 下转盘混凝土分三次浇筑, 具体流程如下。

第一次: 绑扎承台钢筋, 安装滑道骨架及球铰支架的预埋筋, 浇筑混凝土至滑道骨架。

第二次: 安装下球铰支架及滑道骨架, 将平面位置和高程调整好后固定, 绑扎上承台、千斤顶反力座、牵引力反力座钢筋, 安装预留槽模板、销轴预留孔模板, 浇筑混凝土至承台顶面。

第三次: 吊装下球铰, 固定平面位置及高程, 吊装滑道钢板, 固定高程。然后浇筑下球铰、滑道坑槽、千斤顶反力座、牵引反力座。

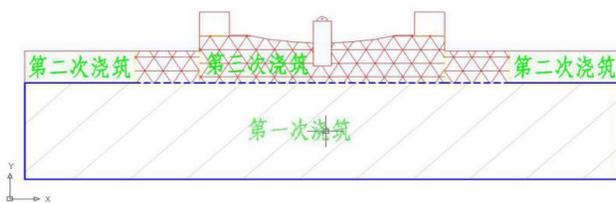


图 1 下转盘浇筑步骤

4.2 球铰安装

球铰分上下两部分, 位于上、下转盘之间, 在转体过程中起支撑作用, 是平衡转动体系的支撑中心和转动中心, 其加工及安装精度直接影响转体实施, 详情如图 2 所示。

下承台混凝土浇注至球铰支架底部标高时, 安装下球铰支架, 使球铰周围顶面处各点相对误差不大于 1mm, 固定并

调整螺栓。

下转盘混凝土施工完成后, 将转动定位钢销轴放入下转盘预埋套管中, 然后进行下球铰四氟乙烯滑动片的安装和上球铰的安装, 并在下球铰球面上滑动片间涂抹黄油四氟乙烯粉, 涂抹完后尽快安装上球铰。



图 2 球铰安装现场图

4.3 滑道、撑脚安装

滑道由滑道骨架、钢板、四氟滑板组成, 骨架布置在下承台内, 上铺滑道钢板, 环形宽度为 110cm, 环道的平整度相对高程误差小于 2mm。

钢撑脚是支撑转体结构平稳的保险装置, 采用双钢桶结构, 1/2 埋设在上转盘底部, 1/2 外露, 钢管内灌注 C55 微膨胀混凝土。在下盘混凝土灌注完成上球铰安装就位时即安装撑脚, 并在撑脚走板下支垫 20mm 的石英砂, 作为转体结构和滑道的间隙。

4.4 上承台施工

上承台转台是球铰、撑脚与上转盘相连接的圆形承台部分, 也是转体牵引力直接施加部分。转台内预埋转体牵引索, 预埋端采用 P 型锚具锚固, 同一对索的锚具在同一直径上且对称于圆心, 每一根索的预埋高度与牵引力高度方向一致, 出口点对称于转盘中心。

4.5 转盘临时支撑与固结

为防止转体梁部现浇时球铰产生转动及过早受力, 上承台与下承台之间需临时固结锁定, 临时固结通常采用多根工字钢预埋在下承台中, 待上承台浇筑混凝土时与工字钢浇筑在一起, 使上下承台连为整体, 防止转动。对钢撑脚下钢板四周打泡沫胶, 防止混凝土砂浆及杂质进入, 影响转动。

4.6 牵引力计算

根据转体牵引力计算公式:

$$T = 2/3 \times (R \cdot W \cdot \mu) / D$$

式中：R—球铰平面半径，R = 1.6m。

W—转体总重量，W = 85000KN。

D—转台直径，9.0m。

μ —球铰摩擦系数， $\mu_{静} = 0.1$ ， $\mu_{动} = 0.06$ 。

计算结果：

启动时所需最大牵引力 $T = 2/3 \times (R \cdot W \cdot \mu_{静}) / D = 1007.5KN$ 。

转动过程中所需牵引力 $T = 2/3 \times (R \cdot W \cdot \mu_{动}) / D = 604.5KN$ 。

计算转体过程撑脚竖向力，考虑不平衡力有：

梁体转体过程中，按不平衡力矩转动考虑，通过配重人为控制梁体向后倾，使一个撑脚接触滑道，撑脚支反力不大于5500KN，所需牵引力 $T = \mu_{静} \times N \times R/D = 98KN$ 。

启动时所需要的最大牵引力 $T = 1007.5 + 98 = 1105.5KN$ 。

动力储备系数 $2000 KN \times 2 \times 0.75 \div 1105.5KN = 2.71 > 2$ （规范要求牵引设备的额定牵引力应按计算牵引力2倍配置）。

4.7 砂箱拆除、滑道清理

砂箱拆除遵循“对称均衡”的卸载原则，砂箱拆除前先用4台500t千斤顶将上承台临时顶住，然后再进行砂箱拆除。砂箱拆除时加强对桥梁的观测，发现异常情况立即停止。

砂箱拆除后将滑道与撑脚之间的预留空隙中的石英砂掏出，并用高压风清理干净，然后对整个滑道不锈钢板表面进行清理除锈，并涂抹黄油。在撑脚下放置四氟滑板，四氟面朝下，与撑脚底部固定，减小转体时摩擦力。

4.8 称重与配重

桥梁转体前，需进行称重平衡试验，测试转体桥梁的不平衡力矩、偏心矩、摩擦力矩及摩擦系数等参数，根据称重结果进行配重。

配重的目的是使转动体达到平衡状态，提高转体过程的稳定性，配重的大小应保证配重后的偏心矩满足 $5cm \leq e \leq 15cm$ 的要求。为了保证配重卸载的安全，配重设置在非跨越铁路梁端一侧，使转体不平衡力矩偏向铁路侧梁端。经现场实际称重，重心偏心量控制在8cm，可以保证结构的稳定安全及转体的平顺性。

4.9 牵引系统安装

转体系统由2台连续顶推千斤顶、1台液压泵站和1台

主控台组成，通过高压油管和电缆线形成两套转体动力系统。每台千斤顶（前、后顶）前端均配有夹持装置。在反力座进口端设置分丝板，以防钢绞线解旋力将千斤顶活塞旋转，造成牵引索扭成一束。分丝板与反力座相对固定，不得转动。

4.10 布设测点、安装刻度盘

根据线路中心线及转角，测出顺线路浇筑连续梁梁面的中心线，标识于梁端、墩顶中心，作为轴线控制点。同时在梁端翼缘板两侧各布置2个高程控制点，监测转体过程中桥的整体平衡性。在中墩4个面上分别弹出垂直线，作为转体时观测垂直度。

根据桥梁实际转体角度分别换算成刻度盘，粘贴在钻盘上，并固定钢筋指针。在刻度盘上标明点动区域、制动点和就位点，以便在转动过程中控制转动体的状态及速度。

4.11 试转

在正式转体前要进行试转，试转角度为 5° ，提前发现、解决可能出现的不利情况，确保正式转体顺利实施。

(1) 预紧钢绞线。用千斤顶将钢绞线逐根以 $5 \sim 10KN$ 的力预紧，预紧应采取对称进行的方式，并应重复数次，以保证各根钢绞线受力均匀。

(2) 开始试转。若不能转动，则施以事先准备好的助推千斤顶同时出力，以克服超常静摩擦力来启动桥梁转动，若还不能启动，则应停止试转，另行研究处理。

(3) 试转结束后立即用楔形铁把撑脚塞死，并把砂箱放入滑道上，用硬杂木片把砂箱与上转盘塞死。

4.12 正式转体

试转结束后方可进行正式转体，本次对铁路垂直封锁100min，接触网停电配合。

现场采用两台200t连续千斤顶进行同步牵引，以保证上转盘仅承受与摩擦力矩相平衡的动力偶，无倾覆力矩产生。转体角速度不大于 $0.018rad/min$ ，桥梁悬臂端线速度不大于 $1.5m/min$ 。在距离设计位置0.5m时，结束千斤顶连续工作状态，采取点动牵引法就位。同时就在位位置设置限位钢梁，防止超转，精准定位。转体到位后，采用钢楔块塞紧撑脚与滑道间隙，并与滑道焊接牢固；T构悬臂端各采用4台200t千斤顶顶升固定在两端的临时支墩上，以保证T构的整体稳定。

4.13 封固转盘

临时固定完成后,清洗转盘上表面,焊接预留钢筋,立模浇筑封固 C50 微膨胀砼,使上转盘与下转盘连成一体。混凝土浇筑时采用 50 型振动棒分层振捣密实,以保证上、下盘密实连接。

5 转体安全控制措施

(1) 施工要提前按规定要求及时上报营业线施工方案、计划给相关铁路管理部门,申报施工计划,根据批准的施工计划实施转体作业。

(2) 转体当天风力不大于 5 级。

(3) 转体施工前桥梁边缘利用已施工完成的防撞墙及防抛网为硬隔离防护,两端采用钢管搭建硬隔离,高度不小于 1.2m,并采用密目网覆盖,密目网采用铁丝绑扎牢固。

(4) 桥上编织袋、木板等杂物及时清理,防止坠落或刮起至桥下接触网上造成事故。

(5) 转体就位后,非要点施工时间,两端硬隔离严禁拆除,防止人员在桥面上人或是运送钢筋等物料过桥。

(6) 桥梁转体施工时配备经培训合格的驻站联络员和工地防护人员。施工地点的工地防护人员 5 人,在距施工地

点区间端 800m 处左右各设置 1 名防护人员在两端防护。东西两幅主墩每个 T 构转体施工时各设 2 名安全员,保证转体施工过程的安全控制。驻站联络员 1 人,施工地点与车站保持联络,并作好通话记录。

(7) 转体施工收工前由施工负责人负责组织对本工点进行详细的检查,确认无误后通知现场防护员撤消防护并将照片传递至驻站联络员处,确定符合放行列车条件后方能开通线路。

6 结语

采用转体施工方法,大多是为了减少桥梁施工对下方建筑物影响,或受现场施工条件、地形等限制。转体施工相较传统架桥机上跨架梁或顶推施工,可以减少“要点”时间和次数,大大降低对铁路运输的影响。经过施工过程中的科学组织及工艺优化,本次施工要点 100min,现场实际用时约 90 min 便全部转体到位,顺利完成了转体任务。也说明施工过程中的各项安全和技术控制措施是有效的,为以后施工积累了很好的施工经验。

参考文献

- [1] 乐安全. 框架桥下穿既有铁路顶进施工技术 [J]. 科技经济导刊. 2020(11):74-75.