

G207线跨邯长铁路转体桥施工质量与安全管控分析

李旭辉

中铁十四局集团第五工程有限公司

摘要: 跨既有铁路的桥梁施工采用转体法, 将在有列车运行的上空施工作业转化为邻近铁路的作业, 减小了对铁路交通的干扰。依托G207线跨邯长铁路T构桥, 分析了箱梁支架现浇施工的危险源, 给出了支架安装及拆除过程中的安全措施、转体施工主要流程及注意事项, 以提高邻近铁路转体桥建设的安全和质量。

关键词: 转体桥; 支架施工; 安全措施

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2021. 01. 123

随着我国交通基础设施建设的不断深化, 公路、铁路等各种交通网不断加密, 跨线桥也越来越多。为了尽量减少施工对已运营铁路、高速公路的影响, 跨越铁路、公路、跨深峡谷、跨大河沟桥梁应用转体法施工的桥梁不断涌现。转体法施工是指将桥跨结构在非设计轴线位置进行满堂支架法浇筑、挂篮悬臂法浇筑或使用悬臂拼接成形后, 通过转体就位的一种施工方法。转体法将在水上作业、有障碍上空的施工作业转化为在岸上或近地面的作业, 可使桥梁施工克服地形、交通、环境等条件制约, 节省工程造价、减小施工风险、缩短建设工期, 同时保证施工过程中运营线路的安全可靠。

一、工程概况

G207线是长治境内的一条干线公路, 是山西省省会太原连接晋东南的交通要道。本桥中线与邯长铁路交角为76.9°, 桥梁全长567.0m。跨邯长铁路主桥采用预应力混凝土转体刚构桥, 整幅设梁, 基础平行于既有铁路方向布置, 桥墩横向垂直于公路路线横断面。孔跨布置为2x70m, 全长140m, 桥面宽25.5m。转体部分主桥的跨径组合为(55+55)m, 桥面宽25.5m, 转体重量1.42万吨, 两侧无合拢段, 桥头各设有15m的支架现浇段。

转体刚构的主梁采用单箱三室箱型截面, T构中间支点处梁高最大为7m, 边支点处的梁高3m, 梁底线形按1.8次抛物线变化。箱梁顶板宽25.5m, 两侧悬臂板长各3.5m, 倾斜外腹板。桥梁上部主梁采用三向预应力体系, 纵向预应力钢束采用15-15束、17束、19束钢绞线; 竖向预应力采用4根/孔的预应力钢棒, 代替精轧螺纹钢; 横向采用15-3束钢绞线, 使用扁锚。采用连续作用千斤顶拉动钢绞线转体到位后封固浇筑上、下转盘混凝土, 形成梁、墩、承台固体体系。

二、箱梁现浇支架施工危险因素分析

(一) 危险源辨识及事故风险研判

在桥梁施工项目管理过程中, 针对不同的危险源, 可能导致事故风险汇总如下。

(二) 支架安装及拆除安全措施

1. 操作人员必须是经过培训合格的架子工, 人员定期体检健康合格者一律持证上岗。

2. 架子搭设完成后先由架子搭设人员自检, 自己放心。后由搭设人员会同施工、监理单位代表对整个支架按现行施工规范进行验收检查, 验收合格后方可投入使用。

3. 架子在搭设、拆卸过程要做到文明作业。不得从架子上掉落工具、物品, 更不得随意抛送扣件和配件; 作业时料具、构件应稳妥传递。同时必须保证操作人员自身安全, 高空作业需穿防滑鞋, 佩戴安全帽、安全带, 不能嫌麻烦。

4. 大雨或六级以上大风等天气要例行检查, 严禁进行脚手架搭设、拆除工作。模板、支架的拆除必须设立警戒区, 非作业人员严禁进入警戒区。

5. 拆除人员应使用稳固的登高工具, 保证自身安全, 防坠

表1 不同的危险源可能导致的事故风险汇总表

工作活动	危险源	可能导致事故
方案措施管理	无施工组织设计(方案)安全技术措施	各类事故
	施工队伍和作业人员不具备资质从事作业活动	各类事故
	特殊工种和机具操作人员未经培训, 未持证上岗	高处坠落/起重伤害/火灾
	未经允许随意改拆安全防护设施和设备	高处坠落
	作业人员不掌握安全技术操作规程	各类事故
	未使用或不使用个人安全防护用品	高处坠落/物体打击/触电
	操作人员无体检证明, 有妨害作业的疾病和生理缺陷	各类事故
机械作业	特种作业或操作机械工未经培训合格上岗	机械伤害/影响列车行驶
	设备未切断电源或无人监护时进行维修和保养	机械伤害
	由患有妨碍作业的疾病和生理缺陷的人员作业	机械伤害/车毁人亡
	机械超载作业和随意扩大使用范围	机械伤害/影响列车行驶
	机械的安全防护装置和其他装置不完好	机械伤害
施工用电	缺乏专业电工, 电工不掌握所有接触带电体的金属物	触电
	保护零线和工作零线混接	触电
	配电不符合三级配电二级保护的要求	触电
	用其他金属丝代替熔丝	触电
	没有配备标准化的电闸箱及电路	触电
焊接作业	无资质安装、拆除、维护支架或脚手架	起重伤害
	不正确使用(选用)吊索具	起重伤害
	焊渣引燃引起明火	明火/火灾
	氧气瓶、乙炔瓶和焊点间的距离超标准	爆炸
	氧气、乙炔无防止回火装置	火灾和爆炸
支架搭设	电焊机无可靠的接地接零装置	触电
	支架基础没有按规定进行施工	高处坠落/支架倒塌
	没有按规定进行支架安装	高处坠落/脚手架倒塌
	没有设置安全防护栏、标志灯等	高处坠落
	作业人员未按要求佩戴安全带	高处坠落
张拉作业	张拉设备没有进行试验检测	机械伤害
	张拉设备不符合安全规定	机械伤害
	作业人员违章指挥、违章作业	机械伤害
	没有特种作业岗位培训及资格证书	机械伤害
	没有按照操作规程进行作业	机械伤害

落。严禁使用吊车拉、拆未松动的模板。

三、转体施工专项方案

(一) 施工方案要点概述

根据转动系统所在位置的不同, 桥梁平面转体分为墩底转体、墩顶转体和墩中间位置转体。墩底转体是在桥墩底部、承台以上安装转动系统, 如图1。待桥梁上部结构主体施工完成后进行称重和配重。达到转体要求后, 采用连续千斤顶对称施加牵引力进行牵转, 桥梁转至设计要求的位置后, 将转体结构的上下转盘用混凝土封固, 最后施工现浇段形成整体。

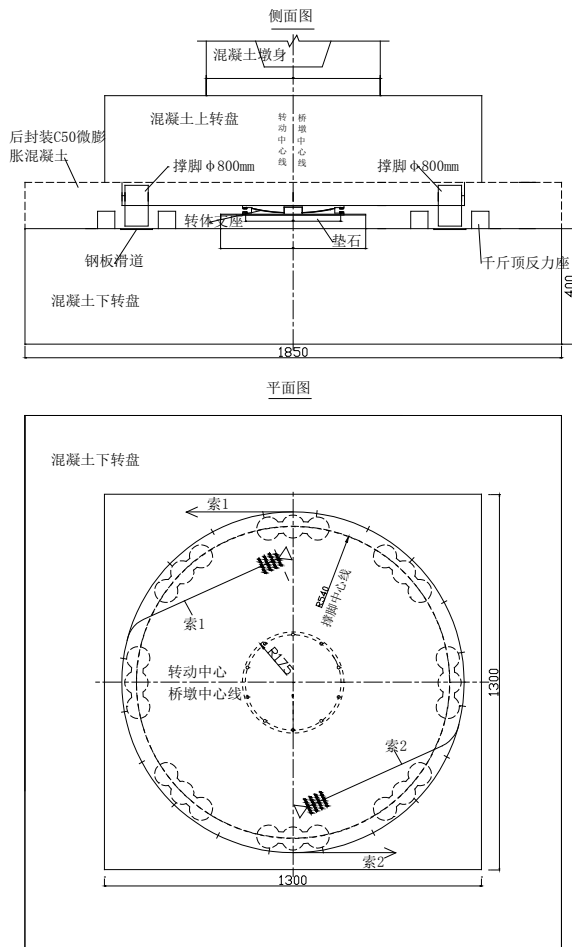


图1 转体系统结构示意图 单位: cm

(二) 转体所需拽拉力及时间计算

为了保证桥梁转体的顺利进行,要在转体前进行转动体称重试验,测定转动体T构的偏心距、不平衡力矩、转体支座上下球铰间的摩阻力矩及摩擦系数。并据此进行配重,为该桥转体施工的指挥和决策提供依据,也为正式转体提供数据。

1. 拽拉力储备系数的计算

转体总重量W为142300KN。

转体拽拉牵引力计算: $T=2/3 \times (R \cdot W \cdot \mu) / D$ 。

其中: R—球铰平面半径, R=175cm;

W—转体总重量, W=142300KN;

D—转台直径, D=1180cm;

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

计算结果:

启动时所需的拽拉牵引力 $T=2/3 \times (R \cdot W \cdot \mu_{静}) / D=1406.9 \text{ KN}$

转动过程中所需的拽拉力 $T=2/3 \times (R \cdot W \cdot \mu_{动}) / D=844.1 \text{ KN}$

使用拉力5000KN的千斤顶,千斤顶的动力储备系数:

$K_1=5000\text{KN} \cdot 0.85 / 1406.9 \text{ KN}=3.02$

使用14根钢绞线的安全系数:

$K_2=14 \times 140\text{mm}^2 \cdot 1860\text{N/mm}^2 \cdot 0.75 \times 10^{-3} / 1406.9=1.94$

可以看出,连续作用千斤顶的动力储备和钢绞线的安全已达要求。

2. 转体时间的计算

①根据设计图纸转体76.9°,转体桥梁半径为55m,理论

转体时间: $T=65\text{min}$ 。

可以算得其他参数:

L为转盘转的弧线长度: $L=(D \cdot \pi) / 360 \times 76.9=7.91\text{m}$

转体梁端所过弧线长: $LD=2 \pi \times 55 \times 76.9 / 360=73.78\text{m}$

牵引索控制角速度: $76.9 / 65=1.18^\circ / \text{min}$
($1.18 \times \pi / 180=0.02\text{rad/min}$)

牵引索控制线速度: $v_1=7.91 / 65=0.12\text{m/min}$

转体梁端点的水平线速度: $v_2=73.78 / 65 \approx 1.13\text{m/min}$

根据现行施工技术规范的规定,转体角速度不宜大于0.01—0.02rad/min,悬臂端线速度不宜大于1.5—2.0m/min。上述计算数据均满足规范要求。

②要点时间计算

试转角度:转体结构逆时针转动3°,用时2.65min;梁体一次性转体到位(预留5°精确调整)。要点时间的确定: $T=(76.9-3) / 1.13 \approx 65.3 \text{ min}$,实际要点90 min可行。

(三) 转体施工主要流程及安全注意事项

1) 撤除梁顶经常移动的机具设备、杂物,防异物飞落入既有铁路线。2) 检查并测量滑道与保险支腿撑脚的间隙。检查桥面及箱梁内部,对杂物进行清理,尽可能保证桥梁的对称性;测量梁体标高。3) 测量称重千斤顶安放位置的净空,确定是否需要千斤顶撑垫物品(钢板、钢锚板等),需要的话则需提前准备。4) 拆除支架、撑脚下钢垫块、砂箱,清理桥墩周围杂物,确保转动体自由转,做好现场数据的采集和牵引钢绞线的保护等工作。5) 转动体结构稳定后,再次测量箱梁顶板、底板标高、检查并测量滑道与撑脚的间隙,并据此确定转体结构是否倾斜及往哪个方向倾斜。撑脚下提前安装橡胶滑板,避免称重过程中位移过大,清除所有杂物和不需要的施工机具和材料,避免出现横向偏心。6) 根据转体结构的状态确定采用何种加力方式(一端顶还是两端顶)进行测试。7) 竖向安放称重千斤顶、压力传感器、百分表或位移计等。8) 逐级施加荷载。过程中测试人员密切注意相应百分表的变化,并记录千斤顶及压力传感器的读数。9) 根据称重试验结果,确定是否需要配重。转动体的重心宜落在非跨铁路侧,偏心距宜满足偏心值在施工规程5—15cm的要求,一般情况下摩擦系数小,偏心距也要远小于规定值。10) 在上转盘与撑脚间塞紧楔形铁,做好安全防护措施,等待试转。桥面及箱梁内部不再堆放重物或施工,杜绝产生新的不平衡。11) 试转。12) 正式转体。

总结

依托G207线跨部长铁路T构桥,给出了支架安装及拆除过程中的安全措施、转体施工主要流程及注意事项。转体前应做好各阶段施工方案的研究与编制,加强理论计算分析,做好现场数据的采集和牵引钢绞线的保护等工作,确保转体平稳顺利进行。转体前应做好清障检查,杜绝各种各样的碰撞,清除所有杂物和不需要的施工机具,避免出现横向偏心,转动体的重心宜落在非跨铁路一侧。针对性的采取科学的施工组织设计,以减小安全风险,为类似工程提供经验。

参考文献

[1]王振江,李在靖,王兆辉.跨铁路客运专线大型转体桥方案选择及细节控制[J].施工技术,2015,44(10):117-121.
[2]张相玺.跨铁路同步转体桥施工阶段梁体应力及变形监测研究[J].铁道建筑技术,2016(8):23-26.
[3]曹文,王正仪,王兴猛.轻型桥梁转体施工专项试验研究[J].铁道建筑,2011(12):13-15.
[4]谭雷平.大吨位转体桥称重方法及结果分析[J].铁道建筑技术,2011(8):17-19.

作者简介:

李旭辉(1983-),男,汉族,籍贯:陕西省渭南市蒲城县,本科,工程师,研究方向:工程项目施工技术与管理。