

R1000m 曲线架设铁路箱梁工况研究

刘水平

中铁二十五局集团第一工程有限公司

摘要：随着铁路行业的高速发展，给人们出行带来了很大的便利，铁路市场也在不断地向着中短距离的城际轨道交通和城市地铁方向延伸。城际轨道或地铁受城市地形地貌限制，相应的桥梁设计技术标准和高铁设计标准对比参数发生了变化，因此，我们在城际轨道或地铁施工时，不时会遇到桥梁平曲线半径远小于高铁设计规范平面曲线半径最小值R2000m的标准，已远远超过绝大部分国内已知大吨位架桥机架梁的曲线半径极限值，而在国内部分城际铁轨道桥梁中最小存在平曲线半径为R1000m的简支箱梁架设。为适应架桥设备与工况的匹配性，在此，我结合某城际轨道交通R1000m平曲线桥梁施工中，采用SC900H架桥机架设900t简支箱梁的工况进行分析研究，通过CAD建模和分析，优化SC900H架桥机在该工况下架梁的最优状态，为以后类似工况下架梁提供参考。

关键词：R1000m曲线；SC900H架桥机；铁路箱梁；工况

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.043

一、前言

作为基建大国，我国在铁路大吨位简支桥梁施工中，自主研发的900t铁路简支箱梁施工的架桥机类型较多，能适用的桥梁施工环境和架梁工况也有所区别。国内较常见的大吨位架桥机有：新大方JQ900A型龙门式双主梁架桥机桥，适用于最小曲线半径R5500m、20%坡度架梁；新大方DF900D导梁式架桥机，适用于最小曲线半径R2500m、20%坡度架梁；徐工TJ900架桥机，适用于最小曲线半径R2500m、20%坡度架梁；华中建机HZQY900B运架一体机，适用于最小曲线半径R2000m、30%坡度架梁；北京万桥SC900H运架一体机，适用于最小曲线半径R2000m、30%坡度架梁。

国内已建及规划中的城际铁路受城市密集的既有构筑物或施工不利区域因素影响，规划的铁路线路空间受限制情况较为严重，为了保证达到铁路线路通过要求，特殊情况下需减小线路的设计曲线半径以避免密集城市建筑，在现有的运架设备只能架设曲线半径不小于2000m整孔箱梁的条件下，通过对原出厂SC900H运架一体机设备局部进行改造和加固，以适应当前桥梁曲线条件的架梁状态，通过研究和总结SC900H运架一体机R1000m曲线半径的架梁状态，以进一步优化在小曲线条件下架梁的施工技术，为提升铁路桥梁设计质量、架桥机的改造和类似工况下桥梁施工，提供有效的技术参数和施工经验。

二、设备工艺参数

SC900H运架一体机适用于铁路标准32.6m、24.6m、20.6m预应力简支箱梁架设。该设备主机外型尺寸69.8m×8.12m×8.9m，重480t，导梁尺寸70.9m×2.2m×2.2m，重310t，额定起吊能力900t，主机大臂轴跨度51.9m，轮距5.9m，纵向走行时转向角度±15°，走行轮胎角度调整精度±1°。

三、架设小曲线箱梁的基本原则

桥梁设计随着曲线半径的减小，相邻跨之间的曲线切线夹角增大，同时，桥墩轴线的偏位距离增大。架桥机设备轴线呈刚性且长直的特点，架设小曲线时，需通过不断调整架桥机运行线路和导梁的安装方向，使架桥机轴线与需架设的桥梁轴线趋向一致。SC900H运架一体机以马鞍梁托盘与导梁上方的架梁小车对接，同时连接架桥机与架梁小车的液压油管，以实现架桥机与架梁小车的同步驼梁跨孔。在架桥机跨孔到位后，解除导梁后锚连杆，对架桥机进行刹车制动和木楔防滑等稳定措施后，通过架梁小车反向转动运行，使导梁往前推进，完成导梁的跨孔。待架桥机架设箱梁推出架梁桥位后，导梁前、中滚轮支腿利用支腿横梁上的液压横顶调整导梁的轴线位置并加固支腿，使导梁轴线和桥梁轴线一致。

四、曲线架梁时相关参数对比

SC900H运架一体机原出厂状态，最小架梁水平曲线半径R2000m，由于桥面宽度限制轮组的最大偏移量为±600mm，跨孔最大偏移角度0.9°；导梁前中滚轮支腿的最大横移距离分别为±600mm和±1600mm，每跨桥梁轴线偏移角度0.9°。

当桥梁设计曲线最小达到R1000m时，受线路曲线影响，以架设32.6m900t标准箱梁为例，计算该工况下架桥机的各支腿的轴线偏移角度及距离见图1，（图1：R1000曲线桥梁偏位图）。

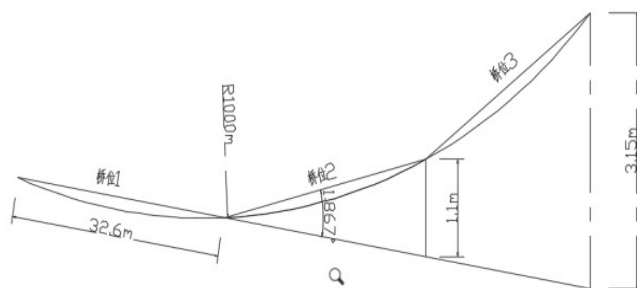


图1：R1000曲线桥梁偏位图

(1) R1000m曲线32.6m标准桥梁待架箱梁与已架箱梁的轴线偏移角度计算：

$$\text{Arctan} (32.6/1000) * (180/\pi) \approx 1.9^\circ$$

(2) 中滚轮支腿轴线偏移距离为：

$$(32.6+0.8) * \tan (1.9) \approx 1.11\text{m}$$

(3) 前滚轮支腿轴线偏移距离为：

$$32.6 * \tan (1.9) * 3 \approx 3.15\text{m}$$

从以上桥梁R1000半径轴线走向可知，当架桥机摆放于已架设完成的桥位1，导梁摆放于桥位2、桥位3，架梁状态下导梁中支腿横向轴线偏位距离为±1110mm，前支腿横向轴线偏位距离为±3150mm，轴线偏移角度1.9°。

五、架桥机设备局部改造

SC900H运架一体机在架梁跨孔过程中，架桥机前行至导梁走行平台，然后通过走行液压提升前排走行轮系统，前马鞍梁下的托盘自然下降到导梁上的活动架梁小车上，通过液压油管对接，使架桥机与导梁架梁小车完成同步驼梁过孔步骤。由于架桥机前马鞍梁的托盘与导梁的架梁小车转向夹角方向有限，为解决R1000m小曲线偏向角的问题，需对前马鞍梁托盘进行调整改造。同样，在导梁调整小曲线桥梁轴线偏位的过程中，中滚轮支腿顶的横梁横向移动距离受长度限制，导梁可调整横向距离不足，不能满足导梁与待架设桥梁轴线保持一致的要求。

(一) 马鞍梁托盘改造

在R1000m曲线半径下架设32.6m900t筒支箱梁时，驼梁过程中，架桥机与导梁的角度不断变大，受走行过程中支座盘与架梁小车角度的影响，而超过原设计支座盘角度极限值，而引起马鞍梁支座盘与架梁小车的扭力过大造成不可预测的安全风险。因此，需要对架桥机马鞍梁与导梁小车对接及跨孔过梁时的接触点的支座盘进行改造，通过将架桥机结构中的前马鞍梁与主梁之间的支座盘替换新的转向机构，使用活动转向支座盘，使前架桥机在R1000m架梁过程中，可以通过马鞍梁上的活动转向支座盘不断调整与导梁小车之间转向角度。架设R1000m曲线半径铁路箱梁时，SC900H运架一体机主梁在导梁上过孔时，架桥机和导梁的角度旋转变化的，调整后主机给导梁机喂梁时，只需考虑架桥机前走行机构不断调整与导梁机的纵向轴线平行。

(二) 中滚轮支腿改造

在SC900H运架一体机过程中，导梁的中滚轮4条支腿摆放于桥位2和桥位3中间的桥墩，靠架梁前方的两支座垫石中间位置，当处于直线架梁时，导梁位于中滚轮支腿横梁的中间位置，离两侧支腿距离1375mm，具体中

滚轮在桥墩上的安装情况见图2（图2：中滚轮支腿安装位置图）。

采用SC900H运架一体机在R1000m曲线架梁，导梁中滚轮位置轴线横向偏位距离1060mm，即导梁轴线离中滚轮单侧支腿中线315mm，考虑导梁宽度2.2m，则导梁整体偏压于单侧中滚轮支腿，在架桥机与导梁对接及跨孔过程中，由于架桥机动力、箱梁重量和设备自重，在中滚轮单侧支腿集中受力，会形成较大的荷载偏压，将会导致设备瞬间倾覆的重大安全隐患。

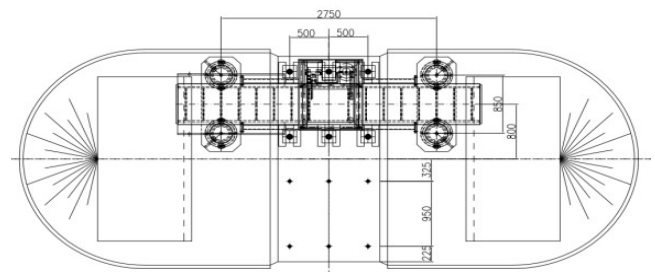


图 2：中滚轮支腿安装位置图

为确保小曲线架梁的横向稳定性和导梁横移量，需加大中滚轮的横移距离，同时增加中支腿的抗倾覆能力，在既有中滚轮支腿的基础上，对中滚轮进行改造。首先根据桥梁整体曲线走向，在中滚轮横梁上增加一节1200mm长的可拆卸活动横梁，以增加导梁在中滚轮横梁上的横向偏位距离，同时考虑中滚轮的整体稳定性要求，在中前滚轮支腿两侧各增加一组液压可伸缩调节辅助支撑。当导梁在曲线架梁过程中随着重心不断偏移，支腿受力不断发生变化，向辅助支撑向偏移，提高了导梁横向偏移时的抗倾覆能力和整体稳定性。

由于中滚轮支腿横梁的加长，增加了导梁的横梁，同时两侧增加的伸缩辅助支撑需采用液压油缸安装控制，使安装过程中能有效调节辅助支撑的位置和稳定性。因此，需对中滚轮支腿上整体的液压及电控系统进行升级改造，加大中滚轮支腿横梁上的液压油缸横移控制量，并将辅助支撑的液压油缸操作统一纳入中滚轮支腿的电控系统，具体情况见图3（图3：中滚轮支腿改造图）。

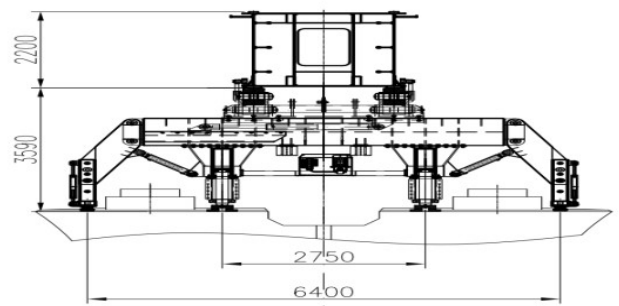


图 3：中滚轮支腿改造图

六、运架梁过程中的工况调整

SC900H架桥机架设R1000m曲线半径铁路桥梁时,受桥面预留净宽度限制和导梁安装调整等因素影响,架梁过程中需调整架桥机运梁与架梁等设备状态或运行模式。

(一) 架桥机运梁时走行模式的调整

铁路双线箱梁施工时,挡砟墙的预埋钢筋对桥面运梁的走行净宽度行车了限制,SC900H运架一体机的走行轮组在桥面最大横向偏移量为 $\pm 600\text{mm}$,当R1000m曲线桥梁上运梁前行时,在正常的前、后轮组同向斜行或前轮组转向斜行模式下,架桥机主体轴线与桥梁轴线一致,考虑单组轮组18m的长度,轮组走行时会与桥梁曲线弧相交,使轮组走行时会偏压桥面预埋钢筋,易导致轮组被钢筋扎破损坏或爆裂,影响架桥机行车安全。因此,在小曲线桥面运梁时,会考虑架桥机采用八字形走行模式,即架桥机前后轮组运梁时按左右反向微调走行,使架桥机走行过程中,前后轮组均保持与桥面预埋钢筋的曲线弧切线方向保持一致。

(二) 滚轮支腿的调整

在曲线桥施工过程中,为保持导梁轴线与待架设的箱梁轴线保持一致,每当前一片梁架设完成后,需要通过导梁的3个轮组来不断调整各滚轮支腿的安装位置,使中滚轮支腿位于支墩垫石中间位置。同时,前滚轮支腿会往相应的往桥梁支墩曲线切线方向的外侧偏移,导致前滚轮支腿一边会部分支墩于墩帽垫石上,一边会支垫于墩顶中间的检查口凹槽位置。由于滚轮支腿的油缸伸缩长度限制,需单独加工铁凳子对墩顶凹槽部位垫高,以减小前滚轮支腿的左右油缸的伸长量差,达到支腿平衡。

(三) 导梁后锚装置的调整

运架一体机架设铁路大吨位简支箱梁,导梁后端的固定通过两根机械拉杆与箱梁顶板上的吊点进行锚固。

在小曲线桥梁中,相邻两跨箱梁在墩顶中线位置会形成一定夹角,由于每片箱梁的吊点位置和距离都是固定的,因此导梁左右两侧锚固长度会行车一定的距离差,需通过导梁后锚的机械拉杆进行锚固长度调节。当前、中滚轮横向调整导梁轴线位置时,需同步观察导梁后锚及走行平台的位置,并适当调整机械拉杆的长度,以匹配导梁横向调整时的夹角变化。

七、小曲线架梁施工注意事项

(1) 架桥机驼梁过孔时,走行轮与导梁的间隙因轴线变化不断变化,在走行过程中,架桥机指挥人员及司索人员需加强观察,及时通知架桥机操作人员调整走行轮的角度,使走行轮与导梁方向匹配。

(2) 架桥机运梁接近导梁停止线时,需提前减速一度停车,提前在桥头停止线位置摆放木楔,当架桥机停稳后,及时将木楔塞住架桥机走行轮组,防止架桥机继续移动或冲撞导梁而发生危险。

(3) 小曲线运梁,前后轮组八字形走行模式下,前后司索人员需随时与驾驶人员保持通话联系,及时反馈前后轮组与桥面预埋钢筋的净距,并进行角度微调。

(4) 小曲线桥梁架设时,受偏心角影响,导梁后端曲线外侧与已架设箱梁间隙较大,施工时需注意对间隙空间的防护。

八、关于大吨位小曲线架梁的进一步的探讨

SC900H运架一体机R1000m曲线架梁的工况在中短距离的城市轨道交通中应用比较常见,其适应性较强,同时,运架一体机作为运架一体式架桥设备,各种环境和工况条件下的技术匹配性高。本文中论述的曲线架梁特点,对其他类型的架桥机改造或新型架桥机开发研创提供了相关的数据进行参考借鉴,具有较好的推广意义,同时也解决了在城市复杂地区架设铁路大吨位箱梁的难题。

参考文献

- [1] 吕秀华,邵清.客运专线900 t预应力简支箱梁支架现浇施工技术.铁道建筑技术,(2009)增-0057-03.
- [2] 尹春香.铁路薄壁空心墩墩顶施工技术.工程科技,2019(06)-0089-04.
- [3] 王锐涛.900t运架一体机大坡度箱梁架设施工技术[J].铁道建筑技术,2017(1):72-74.
- [4] 胡健.城际铁路标准简支梁现浇支架设计.中国水运,(2016)04-0227-02.
- [5] 崔衍刚.运架一体机架设小半径曲线箱梁施工技术.铁道建筑技术,2019(06)-0089-04.

作者简介:刘水平(1986-),汉,湖南省邵阳市,本科,工程师,研究方向:桥梁。