

桥机必然偏离已架设箱梁的中心线,主线最大偏移量达18 cm,单线箱梁最重达228 t,如偏心受力过大,受力不平衡极易导致已架设箱梁发生侧翻。此外,小半径曲线箱梁架设过程中,架桥机自身稳定性也比较差,极易发生侧翻或倾覆<sup>[9]</sup>。

(3) 设备要求高。由于工程双线桥曲线半径最小仅300 m,常规的架桥机已无法完成该项工作,需要提高设备的性能。

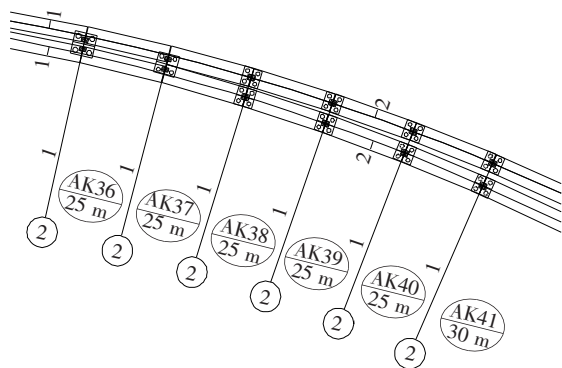


图1 YDK7+526处由单线梁变成双线梁

### 1.2.2 单双线交替预制梁架设施工

(1) 在进行双线预制梁架设时,对于连接好的双线预制梁横向宽度较单线预制梁长,架桥机支腿受力面积较大。而架桥机架设预制箱梁由双线变单线后,架桥机支腿受力面积减小,施工安全风险变大。

(2) 变线架设,对于架桥机操作要求精度高,施工过程中需始终保证架桥机与梁体重心在墩柱受力中心范围内。

(3) 桥上单线运输预制箱梁,需沿着箱梁腹板行驶,对架设员技术及素质要求高,安全风险大。

## 2 关键施工技术

### 2.1 架桥机改造关键技术

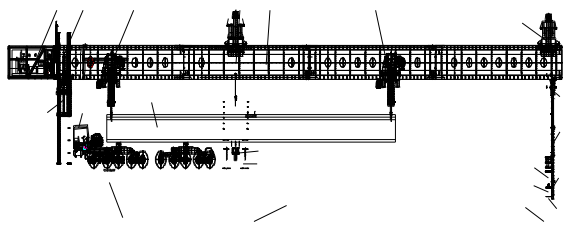
针对该工程小半径曲线、大纵坡、变跨、单双线交替的预制箱梁情况,对常规JQXD320 t-31 m单导梁架桥机进行了改造,使之满足不同施工情况。轻轨高架预制箱梁架设施工示意图见图2。

#### 2.1.1 大纵坡、小半径曲线改造点

(1) 小曲线半径架梁过孔时,架桥机过孔前的纵向中线与架桥线路的纵向中线间会存在偏差,正常单导梁架桥机过孔时,导致0号柱无支撑位置,为满足相应施工工况,采取在0号柱增设旋转座的方式实现增强架桥机在水平向调整方向的能力。在0号柱占据可

靠支撑点后,通过旋转座调整架桥方向,以此来满足小曲线段预制箱梁的架设工作要求。

(2) 在架桥机过孔后,架桥机纵向中线与架桥线路中线出现重合,而与已经架设完毕的预制箱梁中线存在一定角度(如:右转弯曲线,架桥机尽可能地将机臂前端向左偏一定角度)。此时在保证单导梁架桥机安全稳定和喂梁的前提下,最大程度减少架桥机总长,喂梁作业时,3号柱全部收起,前后车悬臂提梁,待运梁车主车就位后再将3号柱重新支起,以此保证喂梁作业顺利开展。因架桥机整机长度缩短,为了保证架桥机过孔时的安全,两台纵梁横移天车需要作为整机配重而被临时固定在架桥机尾部,避免架桥机纵向运行时出现失稳。



1. 尾部托架及电力系统;2. 3号柱;2-1. 3号柱液压系统;3. 后吊梁小车;4. 2号柱;4-1. 2号柱横移轨道;4-2. 2号柱调整节;5. 机臂;
6. 前吊梁小车;7. 1号柱;7-1. 1号柱横移轨道;7-2. 1号柱调整节;
8. 0号柱;8-1. 0号柱增设旋转座;8-2. 0号柱调整节;9. 运梁小车;
10. 预制箱梁;11. 已架设完毕的预制箱梁;12. 后墩柱;13. 前墩柱;14. 前墩柱支座垫石

图2 轻轨高架预制箱梁架设施工示意图

(3) 在架桥机前后支腿增设液压千斤顶或调节块,以此调平架桥机架设大纵坡预制梁时的高差。

#### 2.1.2 单双线交替改造点

(1) 为适应单双线交替的情况,在单导梁架桥机1号柱和2号柱增加下部横移机构,同时满足单、双线预制箱梁的架设施工。

(2) 在单线预制箱梁架设施工时,在1号柱底部紧靠单墩两侧设置千斤顶包脚,使单导梁架桥机与细长单墩紧固贴合,以保证架设施工时的稳定。

### 2.2 大纵坡、小半径曲线预制箱梁运输及架设关键技术

#### 2.2.1 提梁点提梁

根据预制箱梁的架设顺序,将预制箱梁按照架设摆放方向运输至提梁点,并将预制箱梁存放在可调节式临时支墩上。对预制箱梁下螺栓孔清理,并安装桥梁支座,详见图3。

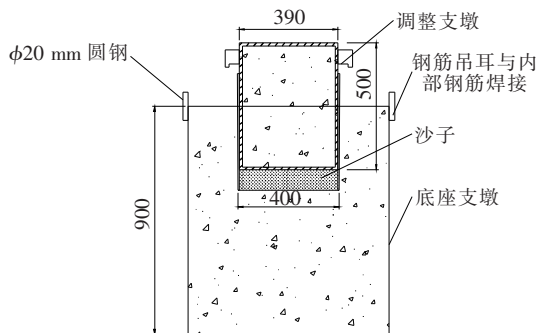


图 3 可调节式临时支墩(单位:cm)

### 2.2.2 梁上运梁作业

提梁机将梁提至轮胎运梁车托盘上(托盘上垫 50 mm 木板),尽量保证梁体中心在运梁车中心上,梁放置好后用倒链和钢丝绳将梁固定在运梁车上。在已架设的梁体上行走时,运梁车沿着轨道中心线(即相应箱梁的腹板中心)行走,双线梁横跨两个预制梁的腹板位置,单线梁沿着一个预制梁腹板位置行走。在小半径曲线预制箱梁运输及架设时,运梁车沿着轨道中心线进行运梁,如无法实现沿轨道中心线行走,则通过铺设钢板的方式将荷载传递至腹板。安装就位后的箱梁,应将其湿接缝和端部横梁预留钢筋焊接,其中,前者焊接不少于 5 处,端横梁底部 $\phi 25$  mm 钢筋全部焊接。

### 2.2.3 小半径、大纵坡条件下的预制箱梁架设

#### (1) 大纵坡预制梁架设施工(坡度 $\leq 3\%$ )

单导梁架桥机正常架桥作业时,1 号柱和 2 号柱间机臂水平高差应控制在 100 mm 以内。而在大纵坡预制梁架设过孔施工时,必须对架桥机进行调平后,保证架桥机平衡才能进行预制梁片的架设。保证 2 号柱的高度不变,根据上下坡度的不同,适当调节 0 号柱、1 号柱和 3 号柱的高度。其中 0 号柱、1 号柱通过标准调节节,3 号柱通过伸缩筒进行调节。架桥机下坡架梁作业时,应分别在 0 号柱和 1 号柱上加设标准调节块,保证支架高度,增加架桥机稳定性,以减少 0 号柱、1 号柱横轨垫木的高度和数量;上坡架设梁片时,拆除一定数量的 0 号柱、1 号柱标准节,同时 3 号柱高度可通过液压系统在一定范围内自由调节,借此悬空架桥机尾部支架,以保证架桥机能够自由移动。

#### (2) 小半径曲线预制梁架设施工

① 架桥机过孔。为了保证架桥机过孔时的安全,两台纵梁横移天车需要作为整机配重而被临时固定在架桥机尾部。架桥机支腿如无法支放在梁腹板中心线上,则可通过铺设枕木的方式将荷载传递至腹板。

小曲线半径架梁过孔时,架桥机过孔前的纵向中

线与架桥线路的纵向中线间会存在偏差。为此,过孔时可依据偏差值先后调整 2 号柱和 1 号柱分别向曲线外、内侧横移,以此保证架桥机推进至下一孔时能准确地支撑于墩柱上方,使梁体重心与机臂重心达到架梁状态,其后过孔方式与单线相同。

② 架桥机架设。在进行小半径曲线预制梁架设时,架桥机机臂中线与架桥线路的纵向中线间会存在偏差<sup>[10-11]</sup>。因此,在起吊梁片时采取前后吊梁小车偏移起吊的方式,在喂梁的同时整机横移以此避免梁片与架桥机机身发生碰撞。在前移过程中,及时调整起重天车至主横跨中间,以保证导梁机臂受力均匀。在确认梁片与墩柱二者中心线重合的情况下,将梁片缓慢放置在支座垫石上,复核无误后方可进行支座灌浆作业。

步履式 JQXD320 t—32 m 单导梁架桥机小曲线半径架桥步骤如下:Ⅰ.架桥机架设完成,准备过孔;Ⅱ.架桥机机臂前移;Ⅲ.架桥机 2 号柱拉动机臂向曲线外侧横移;Ⅳ.架桥机 1 号柱拉动机臂向曲线内侧横移;Ⅴ.架桥机 1 号柱到达前盖梁后桥机主梁前移,2 号柱向曲线内侧调整,以保证前后行车能正常提梁。

### 2.3 轨道预制箱梁单双线交替架设关键施工技术

#### 2.3.1 双线桥预制梁架设施工

双线桥架设施工时,已架设梁体间横隔梁和湿接缝均未施工,梁体整体性较差,在过孔之前,为防止单片预制箱梁偏心受力发生倾覆,将预制梁湿接缝以及横隔梁处预埋钢筋进行焊接,湿接缝处焊接量不得小于预埋钢筋的 50%,而横隔梁处预埋钢筋则全部焊接。为了保证架设支撑点的稳定性,在梁面和墩柱上用方木和木板垫平。双线梁的架设采取左右交替前进架设施工的方式,详见图 4~7。

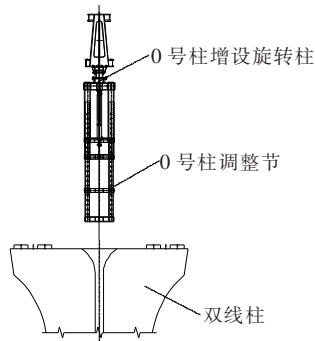


图 4 0 号柱架梁工况

#### 2.3.2 单墩预制梁架设施工

在单线预制箱梁架设施工时,在 1 号柱底部紧靠单墩两侧设置千斤顶包脚,使单导梁架桥机与细长单

墩紧固贴合,以保证架设施工时架桥机的稳定,详见图 8~11。

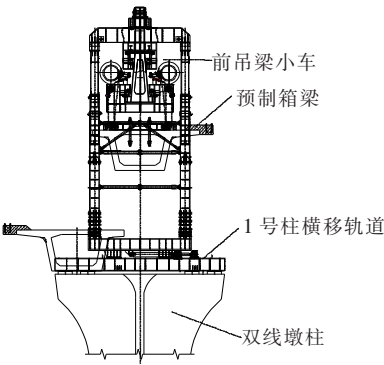


图 5 1号柱架边梁工况(双线)

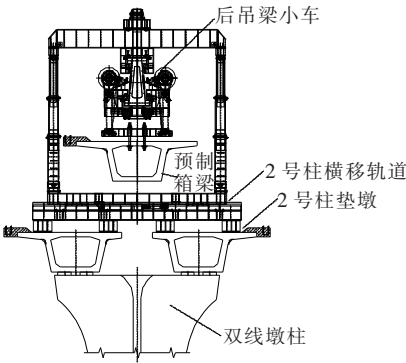


图 6 2号柱提梁工况(双线)

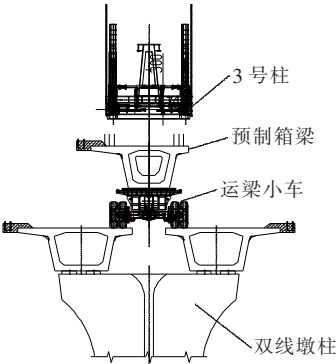


图 7 3号柱喂梁工况(双线)

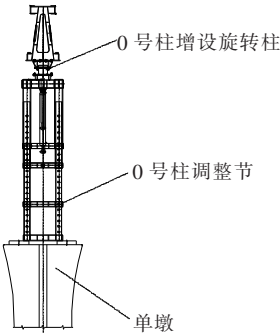


图 8 0号柱架梁工况

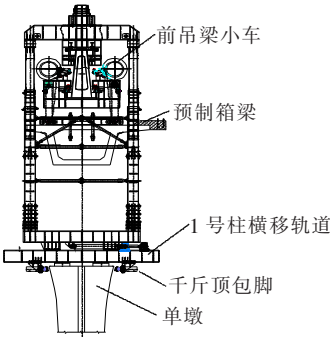


图 9 1号柱架边梁工况(单线)

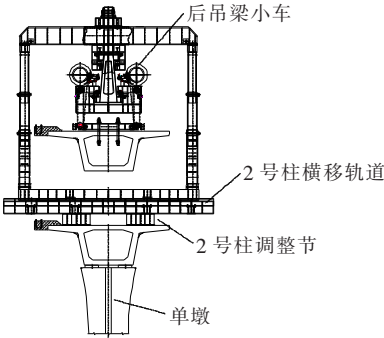


图 10 2号柱提梁工况(单线)

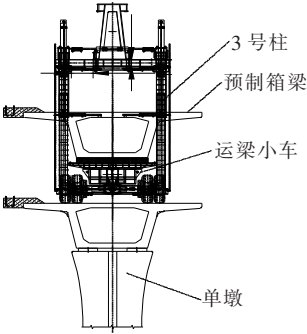


图 11 3号柱喂梁工况(单线)

2.3.3 单双线交替预制梁架设施工

(1) 单线变双线预制梁架设

架设步骤如下:左单线预制梁架设完毕→架桥机后撤至双线→进行右单线预制梁架设→双线预制梁架设。此时需注意预制梁的运输路线,采取单线运梁的方式进行。

单双线交替梁型布置见图 12,具体为单线左 2→单线左 1→架桥机整体后退至双线变道→单线右 2→单线右 1→双线右 2→双线左 2→双线右 1→双线左 1。

(2) 双线变单线预制梁架设

架设步骤如下:双线预制梁架设→左单线预制梁

架设→架桥机整体后退至双线变道→右单线预制梁架设。

单双线交替梁型布置见图 12,具体为双线左 1→双线右 1→双线左 2→双线右 2→单线左 1→单线左 2→架桥机整体后退至双线变道→单线右 1→单线右 2。

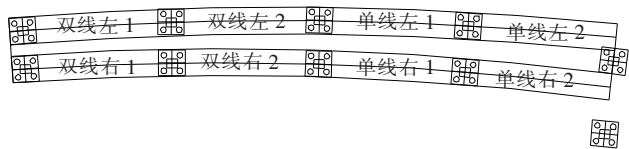


图 12 单双线交替梁型布置示意图

### 3 结论

该工程预制梁架设环境极其复杂,其预制梁架设需满足双线桥曲线半径最小为 300 m、单线桥曲线半径最小为 650 m、纵坡最大为 $\pm 3\%$ 、单双线交替、跨度为 31、25、29 及 30 m、四线立体交叉等复杂施工条件。为此,通过对步履式 JQXD320 t—31 m 单导梁架桥机的改造并结合预制梁架设方法调整,实现了如下目标:

(1) 顺利完成出入段线区间 300 m 双线大纵坡、小半径曲线及主线 650 m 单线大纵坡、小半径曲线预制梁的架设工作,施工质量满足规范及设计文件要求,施工过程安全。

(2) 扩大了单导梁架桥机的架设作业范围,不需要借助其他起重辅助措施,保证了每天两片梁的架设速度,顺利完成该标段单双线交替预制梁的架设工作,确保了工程施工进度,取得了很好的效果。

(3) 通过设置旋转座、借助天车做配置缩短架桥机长度,大大增加了常规步履式 JQXD320 t—31 m 单导梁架桥机的灵活性,增强了其架设复杂条件下梁型能力,提高了其适应性,可为其他类似项目施工提供参考。

### 参考文献:

- [1] 刘龙,张振伟,马兴鹏,等.不同跨径铁路连续梁桥悬臂施工线形对比分析研究[J].中外公路,2019,39(5):93—97.
- [2] 陈虎成,刘明虎,唐守峰,等.跨线小半径曲线连续组合梁桥设计[J].公路,2019,64(7):119—122.
- [3] 左家强.复杂条件下顶推小半径连续弯梁设计研究[J].铁道工程学报,2019,36(6):56—61.
- [4] 薛泽民.沪通铁路单双线并行大吨位箱梁架设技术[J].铁道建筑,2018,58(4):34—36.
- [5] 邵志元.单导梁架桥机架设 325 m 小曲线铁路 T 梁技术研究[J].施工技术,2016,45(S2):779—783.
- [6] 田启军,童平江.双导梁架桥机在小半径大横坡山区桥梁施工中的应用[J].中外公路,2018,38(5):131—133.
- [7] 邹芒.小曲线半径大纵坡桥梁 40 m T 梁架设安装施工技术[J].铁道建筑技术,2011,36(3):122—124.
- [8] 苗宝栋,唐广文.506 t 箱梁在 400 m 小半径曲线上的运架施工技术[J].中外公路,2017,37(1):148—151.
- [9] 律金生.单导梁架桥机倾覆事故的隐患分析及防范[J].起重运输机械,2012,19(4):92—97.
- [10] 谢大文.在线路纵坡大半径小条件下的架桥施工技术[J].建设机械技术与管理,2007,19(11):87—89.
- [11] 陈备备.高铁小曲线大跨度跨线桥施工控制关键技术研究[D].兰州理工大学硕士学位论文,2019.