

相对较弱,箱梁拼装翼缘板易翘曲,线形控制难度大。

2.2 主要施工工艺

箱梁节段采用工厂化预制,现场架桥机悬臂拼装施工。现场节段安装包括墩顶 0# 梁段安装、中跨平衡 T 构梁段悬拼和边跨悬挂梁段安装。梁段运输采用 220 t 运梁车运梁,架桥机尾部喂梁,对称悬拼及悬挂的方式安装。架桥机采用折叠式架桥机以适应小半径曲线段节段安装。其总体安装施工工艺流程如下(图 2):

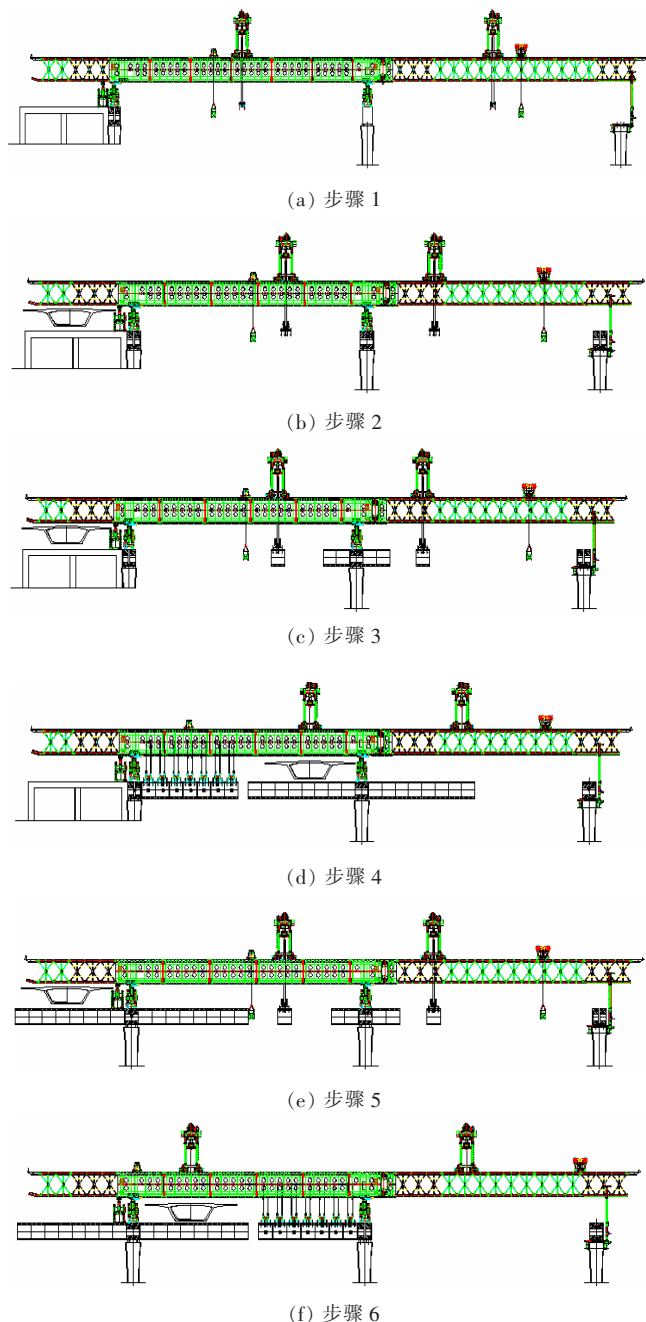


图 2 施工工艺流程

步骤 1:完成架桥机组拼。

步骤 2:尾部喂梁,完成墩顶块安装。

步骤 3:尾部喂梁,完成 T 构节段梁对称悬臂拼装。

步骤 4:边跨节段悬挂,边跨合龙段湿接缝混凝土浇筑,完成边跨施工。

步骤 5:架桥机前移就位,进行下一 T 构节段对称悬臂拼装。

步骤 6:末边跨节段悬挂,合龙湿接缝混凝土浇筑,完成一联节段拼装。

3 施工关键技术

3.1 墩顶块固定安装调位技术

因固结墩墩顶块自重重大,为减少吊重,降低运梁及架设设备成本,其隔墙和底板局部采用二次浇筑工艺。现场安装辅助系统进行调位,辅助系统包含支撑系统和调位系统。在大横坡引桥段墩顶块安装中由于横坡的影响,辅助系统与架桥机墩旁托架冲突,因此需在墩身预埋槽口以降低对架桥机墩旁托架空间限位的影响。

3.1.1 墩顶支撑系统

墩顶支撑系统由支撑托架、千斤顶垫梁、支撑垫梁及对拉精轧螺纹钢组成。墩顶支撑安装时采用横向精轧螺纹钢预紧,横向精轧螺纹钢张拉控制力为每根 300 kN,竖向防下落精轧螺纹钢张拉控制力为 100 kN。支撑架伸入墩身承重位置座浆找平,顶部两套垫梁焊接固定。

梁底支撑系统包括梁外牛腿及内支撑杆件。托架支撑系统安装时需要根据墩顶支撑系统高度及不同横纵坡反算安装高度,安装高度不宜过高,否则箱梁调整时千斤顶支垫较高,影响整体稳定性;同时安装高度过低会导致千斤顶空间不足,调位困难。

3.1.2 墩顶块调位

箱梁转运至墩顶位置进行安装,采用调位千斤顶进行精确调位,调位千斤顶布置在支撑系统垫梁上。通过测量数据与监控指令对比,不断调整千斤顶油缸伸缩,最终使墩顶块调位精度符合设计要求。调位偏差高差控制为 ± 2 mm,轴线差 ± 2 mm。

3.2 节段预制拼装线形控制技术

文莱 PMB 大桥小半径大横坡宽幅箱梁节段预制安装线形控制采用专业的 Short Line Construction Control System(简称 SLCCS)控制系统进行控制。

箱梁在施工过程中,其线形受很多因素的影响,如箱梁自重荷载、施工荷载、混凝土徐变、预应力作用以及日照引起的温差等。在预制过程中已考虑混凝土收缩、徐变、预拱度等影响因素,根据 SLCCS 控制系统已对墩顶块、标准梁段的制造误差进行了调整。在安装过程需对以下方面进行严格控制,以保证安装线形:① 匹配面清理。将匹配面上的隔离剂和油污清理干净,将不平整处打磨平整;② 剪力键尺寸检查。梁段出运前须检查剪力键有无损伤,如有损伤必须采用环氧混凝土进行修复,且对修复后的剪力键尺寸进行复核;③ 涂胶厚度和均匀性的控制。涂胶时要求均匀涂抹,以防止因涂胶不均匀或太厚而使梁段产生上翘、低头以及滑移等现象。一般情况下胶层涂抹厚度控制在 3 mm;④ 临时预应力施加。节段与节段间采用临时预应力临时连接,临时预应力采用 $\phi 40$ mm 精轧螺纹粗钢筋,通过锚于顶板钢齿坎和底板的混凝土齿坎传递至箱梁节段上,顶板 6 束,底板 4 束。每根精轧螺纹钢张拉至设计要求的力值(485 kN)。张拉时采用顶板与底板上下同时张拉,先中间后两边对称张拉。临时预应力布置如图 3 所示。

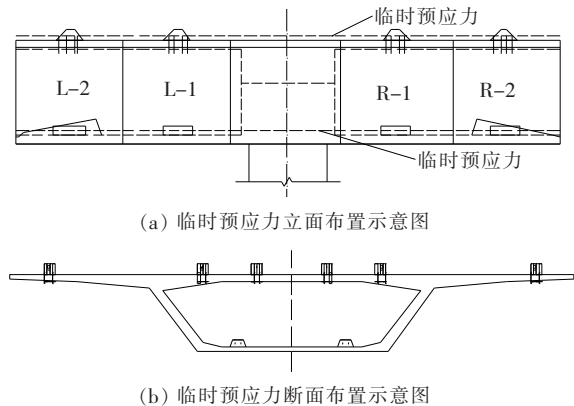


图 3 临时预应力布置示意图

临时预应力解除严格按照图纸的解除顺序进行,如预应力张拉顺序不当,将会对桥梁线形造成不利影响。如解除顺序不当,箱梁节段下缘可能产生拉应力,节段将产生有害裂缝。

节段安装线形控制流程如图 4 所示。

在节段拼装过程中,当前节段轴线和高程误差超过规定限制,通过 SLCCS 控制软件预测合龙口合龙误差过大,现场采用添加垫片的方式予以线形调整。即通过在箱梁截面上下口位置添加 3~5 mm 环氧树脂垫片调整高程误差;在腹板左右侧添加环氧树脂垫片调整轴线偏位误差。环氧树脂垫片厚度根据 SLCCS

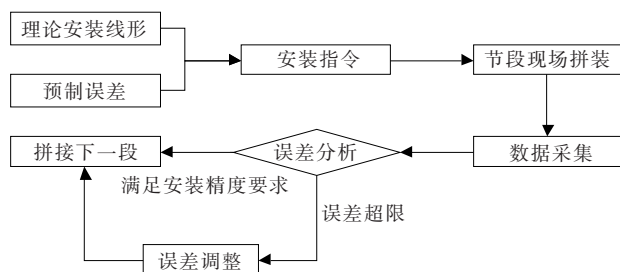


图 4 拼装阶段线形控制流程

控制软件发布的线形调整指令调整。

3.3 小半径大横坡折叠式架桥机节段架设关键技术

因西引桥位于半径为 550 m 的圆曲线上,传统的架桥机主桁架为刚性横梁,自身性能无法满足小半径曲线节段架设、架桥机运梁及过跨要求。针对该项目特点,特研发了折叠式架桥机,以满足小半径曲线节段架设要求。折叠式架桥机性能特点:① 采用不同线形的架桥机三支腿设计,使得架桥机主桁架成折角状,同时改变拐点处天车钢轮与轨道工艺,形成可折叠式的架桥机设备;② 形成基于铰接形式的架桥机主桁架与支腿连接方式,通过基于桥梁中心线位置变化,改变主桁架线形状态,并依靠铰接支腿满足小半径超高横坡箱梁的吊装施工精度要求。

3.3.1 箱梁空间姿态调整技术

箱梁最大横坡为 8%,吊具吊点间水平距离约为 12.56 m,因横坡影响,两吊点间高差近 1 m。曲线段大横坡节段安装时,根据 SLCCS 线形控制软件发布的节段安装指令,采用起重天车三向液压调位千斤顶进行空间姿态调整。

施工中注意事项如下:

(1) 曲线节段安装过程,箱梁的空间姿态调位是利用架桥机吊具自身的三向调位千斤顶进行调节,横坡最大调节量相对达 1 m。

(2) 曲线内外侧钢绞线伸长量不同,需严格计算控制。

(3) 因曲率半径影响,对架桥机自身不能精确对位的节段,可进行手拉葫芦辅助定位,但水平偏差调整幅度不宜超过 15 cm。

(4) 因横坡较大,吊具销轴及吊杆承受部分水平剪切力作用,定期对齐进行安全检查。

3.3.2 曲线段架桥机前移过跨技术

(1) 架桥机前移准备工作

架桥机支腿左右两支墩间距离为 9 m,在 8%横坡作用下,左右支墩中心处高差为 72 cm,因此需在一侧

支墩下侧设置 $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0.72\text{ m}$ 垫墩,并对底部进行座浆找平,以对支腿高差进行调整。

(2) 曲线段前移

曲线段前移时,受曲率影响,架桥机左右两樨主桁架前移距离不等。标准曲线段曲线外侧主桁架实际前移距离比内测长约 1 m 。而架桥机左右主桁架是一个整体,因此采取左右主桁异步前移逐渐调整的方法实现架桥机前移。即架桥机前移过程中,油缸每次前行 50 cm (轴线位置),左右依次前移 120 次行程,每次曲线外侧比内侧油缸多行走 8.3 mm 。在架桥机前移过程,专人对油缸进行测量,保证行程差,达到架桥机前移姿态要求。如出现偏差,可多次单油缸小幅度调整。

(3) 架桥机偏转角确定

550 m 半径的曲线段箱梁 60 m 标准跨桥梁轴线偏角约为 6.3° (连续 3 个桥墩轴线偏角),为保证架桥机受力合理及节段架设精度要求,架桥机主桁架理论偏转角与桥轴线偏转角一致,均为 6.3° 。但是实际施工时,架桥机偏转角受以下几点因素影响:

① 架桥机自身影响

如果架桥机偏转角度较大,在架桥机前移过程中,最大悬臂状态时,整个前导梁对偏转铰存在偏心荷载,偏转角度越大,荷载偏心越大,对铰轴越不利。其次角度越大,天车过转角位置时越困难。

② 架桥机天车轨道长度影响

架桥机偏转之后,天车行走轨道长度会有所变化,偏转角不同则轨道长度也不同,故在角度调整时受轨道影响,调整幅度具有一定局限性。

③ 箱梁安装的影响

架桥机偏转角度对箱梁安装的影响有两个方面:

① 尾部取梁;② 箱梁吊装时平面位置偏差。在尾部取梁时,由于有中护栏钢筋存在,正常情况下轮胎是分布在中护栏钢筋两侧。尾部取梁时,天车是站在后导梁上,取梁位置约距离后中支腿 15 m 。故不同的角度以及主梁在前后中支腿的站位均会影响取梁。

在节段安装时,如果架桥机主梁中心线和前后墩身中心线重合,桥梁轴线在跨中处与架桥机主梁中心线存在约 82 cm 偏差,而天车的横移距离为 75 cm ,故在不借助外力情况下,8# 块安装调位困难。

基于以上考虑,架桥机主桁架往曲线外侧偏移。即在考虑架桥机偏转角不变的情况下,以前支腿为支点,整个架桥机往曲线外侧偏转。但是这种情况会使

架桥机后导梁更加远离桥梁中轴线,对取梁越不利。

综上所述,架桥机偏转角需要综合架桥机自身稳定性、尾部取梁及箱梁安装综合考虑,不同工况需要调整不同的偏转角。标准曲线段施工时,实际偏转角按 6.5° 控制。通过架桥机主桁架上的偏转铰实现主桁架偏转。

(4) 曲线段箱梁在架桥机上转运技术

在 550 m 半径曲线段节段安装喂梁时,提梁天车需通过折叠式架桥机弯折点,为保证运梁天车顺利通过架桥机偏转角位置,起重天车支腿采用刚性支腿和柔性支腿搭配的设计方案。两个支腿可以联动,也可以单动。通过不断调整两个支腿横向距离,从而改变天车轴线位置,调整到位后,方可移梁。

在移梁前,确认转铰处轨道线形是否调整到位,起重天车制动限位装置是否工作正常。转运移梁过程中,应缓慢匀速,专人指挥。

4 结语

文莱 PMB 大桥引桥节段预制拼装施工过程中,针对小半径曲线、大横坡现状,采用了折叠式架桥机进行节段架设,解决了曲线段架桥机过跨、运梁、节段调位难题,同时采用专业节段预制安装控制软件 SLCCS 控制系统,有效地进行线形控制,相邻梁段的高差控制在 $\pm 10\text{ mm}$ 以内,合龙口高差控制在 $\pm 30\text{ mm}$ 以内,保证相邻“T”构顺利合龙,使成桥线形满足设计线形的要求,同时还提高了功效,节约工期。

参考文献:

- [1] 何川,颜东煌,易壮鹏,等.大跨度不对称体系斜拉桥边跨混凝土箱梁的线形控制研究[J].中外公路,2019(4).
- [2] 杨胜,杨伟.城市桥梁短线法节段预制拼装关键技术控制研究[J].中外公路,2019(4).
- [3] 黄跃,王敏,刘景红,等.跨海桥梁超高渐变段预制和安装控制技术[J].中国港湾建设,2013(1).
- [4] 王敏,刘景红,张永涛.缓和曲线空间扭曲箱梁预制拼装施工关键技术研究[J].三峡大学学报(自然科学版),2013(5).
- [5] 张鸿,张喜刚,丁峰,等.短线匹配法节段预制拼装桥梁新技术研究[J].公路,2011(2).
- [6] 陈雄,张建东,刘朵,等.预制拼装混凝土节段梁的弓形变形研究[J].中外公路,2018(2).