

混合梁桥大节段中跨钢梁吊装与合龙技术

——以龙翔大桥为例

吴月红¹, 陈 搏²

(1. 佛山市建盈发展有限公司, 广东 佛山 528313; 2. 广州肖宁道路工程技术研究事务所有限公司, 广州 510641)

摘要:龙翔大桥主桥是采用大节段钢梁作为跨中结合段的大跨径双主跨刚构连续梁组合体系。依托龙翔大桥主桥施工提出一种新型提升系统,实现了悬臂梁施工、钢混结合段吊装、大节段跨中钢梁吊装 3 个施工阶段的快速转换。采用有限元法分析提升系统在施工各阶段的强度、刚度及稳定性验算,并与大节段跨中钢梁吊装时的位移实测数据进行对比,验证了提升系统能满足施工效率、安全和质量的要求,为类似桥梁在施工和合龙过程中提供了参考经验。

关键词:刚构连续梁桥;大节段钢梁吊装;合龙技术;桥梁施工

中图分类号:U445.72 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)07-0241-07

伴随中国道路建设领域的不断发展,预应力混凝土桥逐渐向大跨度趋势演变。连续刚构组合体系桥同时具备较强跨越能力、施工快速、受力性能好、行驶体验好等优点,因而得到了大面积的推行和普及,成为现代桥梁的首选桥型之一^[1-2]。但随着跨径增大,混凝土梁段的高度和箱梁腹板、底板厚度也随之增加,导致自重增大,相应的施工工期也会延长^[3-4]。钢—混凝土混合梁连续刚构桥采用大节段钢箱梁连续刚构桥作为主跨跨中部分,来整体替代混凝土箱梁,钢箱梁和混凝土梁在结构层次上相互连接,共同构成主梁^[5]。这种结构可以有效地避免预应力混凝土梁在大跨径下产生的问题,并且能够降低主跨持续下挠的风险^[6]。将跨中大节段钢箱梁进行整体吊装的难度与比混凝土梁段悬臂施工相比增大许多,仍缺乏实践经验^[7]。

本文以龙翔大桥主桥跨中钢梁合龙为例,提出针对大节段钢梁作为跨中结合段吊装施工过程的新型提升系统。与国内外同类提升技术,如架桥机、浮吊提升等方式相比较,本方法的优点有:①占用桥下航道时间短,适用于桥下通航或通车较繁忙不宜长时间封堵的施工环境;②左右幅之间无交叉作业空间,相互干扰少,具备同步施工的条件,在施工工期要求紧迫时,此方法优势明显;③大型设备投入少,施工组织难度降低;④提供了改造后的挂篮提升系统结构强度、刚

度及稳定性的计算验算流程,供同类型施工工艺参考;⑤提供了中跨钢梁起吊提升过程中的实时监测控制要点和实测成果示范,供同类型施工工艺参考。

1 工程概况

佛山市龙翔大桥及引道工程是佛山一环西拓环线南环段的重要组成部分,西接高明区,北连西樵镇,是禅城、南海、高明、三水 4 区之间环形快速通道的连接线。龙翔大桥主桥上部结构组合为(118+2×202+93)m 四跨预应力混凝土刚构连续梁组合体系(图 1),全长 615 m。其中 3 墩是墩梁固结构造;其余桥墩(1 墩、2 墩、4 墩、5 墩)处安装摩擦摆式减隔震支座。桥梁主梁设计为钢混组合梁,截面设计为单箱单室直腹板截面,其中主梁顶板宽 16.25 m,翼缘板宽度为 4.0 m,箱梁底板宽 8.25 m,中梁高 4.2 m,主墩墩顶处梁高 10.4 m。

主跨跨中及 1 墩侧边跨端部采用等高度钢箱梁。主跨跨中钢箱梁理论区段长为 80 m,钢箱分为钢混结合段(先导拼接段)、整体标准钢箱梁段以及钢混结合段(嵌补拼节段)3 段,其节段长度分别为 4.3、75、4.3 m;边跨端部钢箱梁长 57 m(1 墩处理论分跨线至钢混结合面处距离),共分为两段,分别为标准段钢梁、钢混结合段(嵌补拼节段),其节段长度分别为 53.8、4.3 m。其余部分设计为变高度预应力混凝土箱梁,按全预应力结构设计。

收稿日期:2022-10-14

作者简介:吴月红(1984—),女,安徽潜山人,佛山市建盈发展有限公司,造价合约部副经理,路桥工程师,研究方向为路桥建设管理;陈搏(1991—),男,广东徐闻人,广州肖宁道路工程技术研究事务所有限公司,路桥工程师,博士,研究方向为路桥设计与施工技术。

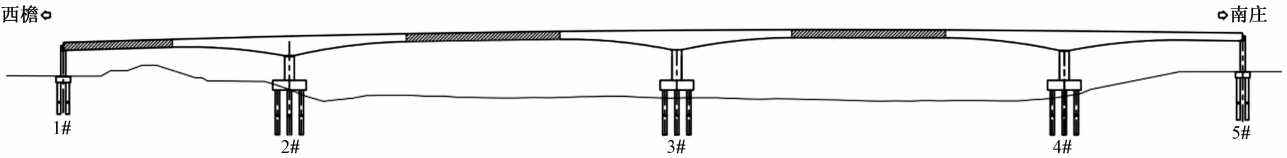


图 1 整体桥跨布置图

钢混结合段设置为带格室后承压板式设计,以钢箱梁端部的顶、底板和腹板组合为双壁板,再于其内侧安装 PBL 剪力板和剪力钉,从而构成钢格室。在钢格室中填满混凝土,将两端分别锚固在钢箱梁承压板和混凝土梁主梁齿板上的预应力短束使钢箱梁与混凝土箱梁紧密结合^[8-15]。

2 总体施工方案

龙翔大桥主航道桥刚构连续梁墩身均为实体式墩身,0、1 号块施工工艺为支架法,主梁施工工艺为 6 套(12 只)挂篮对称悬浇施工^[11]。西樵侧 1# 墩边跨直线段施工工艺为支架拼装钢箱梁,南庄侧 5# 墩边跨直线段施工工艺为落地支架现浇混凝土。主跨合龙段为钢箱梁结构,采用吊架整齐起吊法实施合龙段施工,先进行西樵侧合龙,再进行南庄侧合龙施工。刚构—连续梁按设计“先边跨、后中跨”顺序进行合龙。

总体施工顺序是先施工左幅,后施工右幅,同一桥墩左幅挂篮悬浇施工快于右幅 1~2 个节段,总体合龙顺序是先左幅、后右幅。左幅合龙顺序是:左幅 1#—2# 墩边跨合龙→4#—5# 墩边跨合龙→3#—4# 墩中跨合龙→2#—3# 墩中跨合龙。右幅的合龙顺序是:右幅 1#—2# 墩边跨合龙→4#—5# 墩边跨合龙→3#—4# 墩中跨合龙→2#—3# 墩中跨合龙。因此,3# 墩不平衡支撑设于大里程方向,压重设于小里程方向。

在浇筑合龙前,需装配水箱进行配重,在合龙段两侧各配置合龙段重量的 1/2,在浇筑混凝土的过程中,随施工进度卸载水箱。连续箱梁合龙施工时先施工边跨,后施工中跨。边、中跨均选择挂篮工艺实施合龙。钢筋、模板、预应力施工工艺同挂篮浇筑节段施工。中跨合龙前需要提前于跨中处对桥两端加载水平力,以部分抵消混凝土收缩徐变及部分降温造成的收缩量,调整主梁和墩身的受力状况^[16]。当混凝土强度增长至张拉要求时,根据设计实施合龙段预应力张拉和压浆。

施工方案要点如下:①中跨钢梁提升吊装方式的选择。因地制宜选取了依托既有挂篮的施工方式,减少了大型吊装设备的投入,简化了现场施工

组织。②提升系统的检算。针对大节段中跨钢梁的提升吊装过程,对提升系统进行了有限元建模分析,根据施工现场的荷载信息,计算验算了结构的强度、刚度以及稳定性。③做好施工过程的组织与实施。修改完善施工方案,在吊装前做好泊船就位、吊具安装、试提升作业和悬臂端配重等各项准备工作;起吊过程中注意实时观测跨中钢梁的姿态;钢梁就位后要注意成桥线形的控制。

此外,施工过程要加强监测与控制,确保施工安全与质量,其施工控制要点如下:①吊装过程位移监测。安全起见,对起吊钢梁的姿态位移观察采用非接触式坐标测量方式,在钢梁上粘贴反光片,采用全站仪进行测量。②成桥后线形控制。钢梁吊装就位后,采用棱镜测量钢梁中线坐标,水准仪测量梁顶高程,精确调整安装位置,确保合龙的精度质量。

3 钢梁测点布置

钢梁选择多节段连续匹配组装、焊接和预拼装一次进行的方案。钢箱梁拼装施工过程中,钢箱梁的线形控制十分关键,在钢箱梁块段制作、拼接时需密切开展监测。本桥在梁段布置 6 个观测点(图 2),在观测点上贴反射片用以测量提升过程中的位移量,待钢梁提升到桥面后改用棱镜和水准尺进行测量。观测点距梁段端头 3.5 m,轴线观测点布置在梁中线,高程观测点距梁中线 7.125 m。

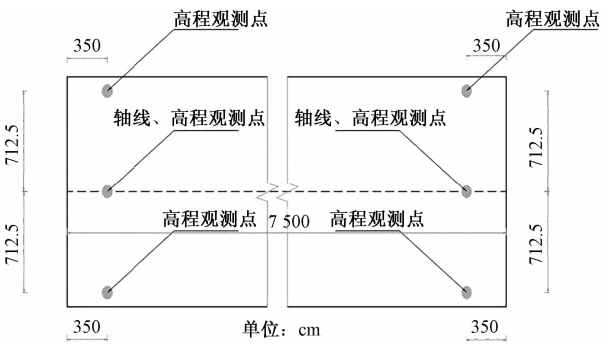


图 2 合龙段钢梁提升安装控制点示意图

4 钢混结合段施工

悬浇施工完成后,安装两主跨钢箱梁吊架和操作架,起吊钢混结合段,并与混凝土箱梁通过预埋件临时固结钢混混合段内先安装钢筋和预应力钢束,利用

挑梁吊架安装模板,填充微膨胀纤维混凝土。钢混结合段按施工顺序可分为先导拼接段和嵌补拼接段,在先导拼接段—钢混结合段接口校对调整对接位置,在满足要求后,在顶、底、腹板上的加劲肋上采用高强螺栓进行连接,在嵌补拼接段—钢混结合段接口,将其当作合龙调节口,顶、底、腹板以理论拼接线处两侧分别留出 300 mm 当作嵌补段(钢—混接头 300 mm、钢箱梁 300 mm),顶、底板的肋板和纵隔板上在接缝处留出约 30 mm 的施工缝,以高强度螺栓进行连接,准确定位钢箱梁后,在合龙温度下拧紧螺栓,再焊接两端接口的顶、底、腹板及嵌补段^[4]。

5 跨中钢梁吊装

跨中钢梁布置在刚构段悬浇的前端,将悬浇挂篮改制成提升支架以整体提升跨中钢箱梁。提升支架如图 3 所示,采用挂篮作提升支架,提升设备采用 4 台 350 t 连续千斤顶对钢梁进行整体提升,使用 2 套油泵供压,大小里程各 1 套。跨中钢梁安装顺序为:3#—4#墩右幅钢箱梁→2#—3#墩右幅钢箱梁→3#—4#墩左幅钢箱梁→2#—3#墩左幅钢箱梁。

5.1 吊装前准备

1)泊船定位。钢梁吊装前,应在白天选择风力较小(不超过 6 级)的时段通知运梁船进入吊装水域并进行抛锚定位。抛锚定位是影响节段吊装的关键环节,需保证其锚抓力满足指定水域的船舶受力要求。为了减少水流对运输船的影响,钢绞线穿束及吊装选

在潮水相对稳定的时段。当钢梁运至桥位处时,利用 RTK 对钢梁位置进行初步定位,待运梁船根据施工方案确定出的位置抛锚后,再精确测量钢梁位置,通过调整锚索使钢梁准确到达起吊位置。

2)吊具安装。令钢绞线自然下垂,逐根由 350 t 提升千斤顶向吊具吊耳穿入钢绞线,吊耳端采用挤压锚锚固以防止松脱。扁担梁两处吊点钢绞线安装完毕时,整体下放扁担梁,跟钢梁预留支座销接。扁担梁固定完成后,采用尖头千斤顶在提升千斤顶端逐根预紧钢绞线。

3)试提升作业。在全面开展提升前,依照以下步骤开展试提升:水平索与提升索以 5%、10%、20%、80%同步分级加载,直到钢箱梁完全离开运梁船。在试提升过程中应保证起吊的同步性,同时起吊时要密切关注船体上浮情况。试提升结束时,提升后的钢箱梁脱离支架 20~50 cm,于空中停滞 5~10 min。

在试提升过程中需检查结构情况,范围包括:①焊缝是否正常;②桁架结构的变形是否在允许的范围内,悬臂端挠度应控制在 9 mm 以内且两悬臂端的标高应保持一致;③前支点钢凳是否存在异常变形,支脚混凝土是否出现开裂现象;④工作锚夹片是否存在松动,是否有钢绞线松弛不受力的情况;⑤对千斤顶同步状况开展检查,并适当调整控制参数;⑥测量钢梁现场吊升工况下的实际长度,并对大小里程钢混组合梁里程的净距进行实时监测,现场计算吊升过程中嵌补段肋板的实际间距,确保有足够的入槽空间。

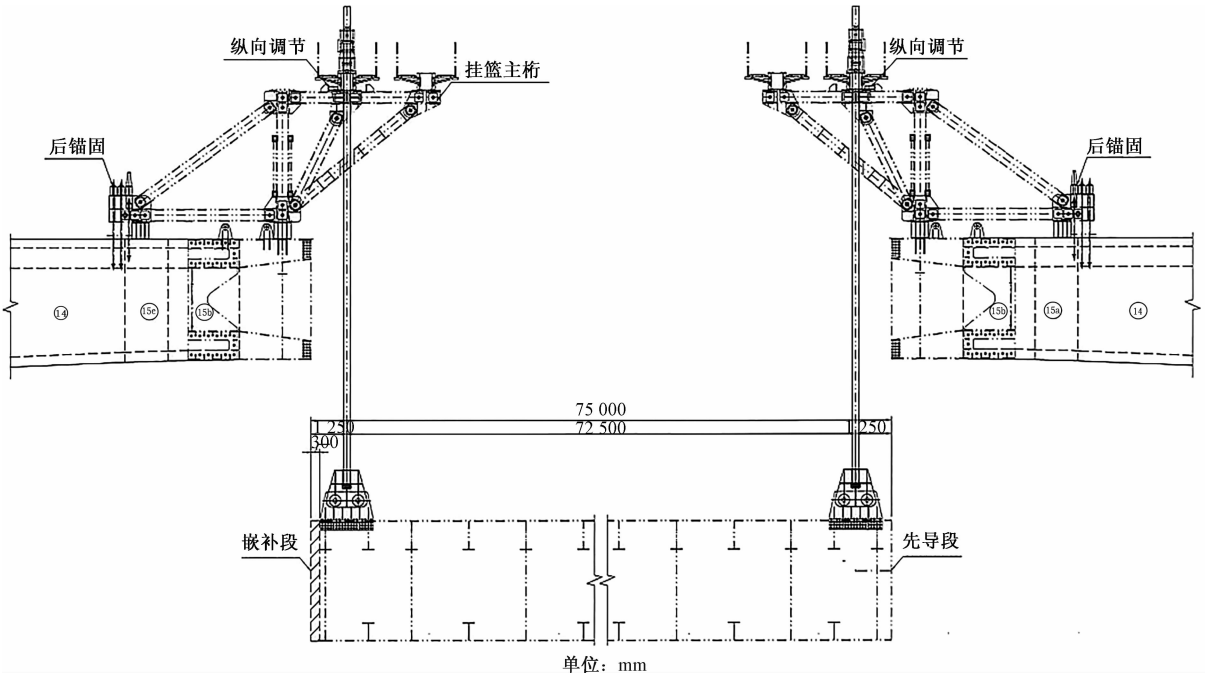


图 3 跨中钢梁提升工况示意图

5.2 吊装施工步骤

以 3#—4# 号墩跨中钢梁提升施工为例。

1) 挂篮走行至钢混结合段前端(距离前端 1 000 mm),安装后锚,利用千斤顶起顶、拆除前支点铰座及后走行轮,并整体下放至支撑钢垫座上,精确调整平面位置后(挂篮中线距离与箱梁中线重合,精度要求 $\leq 15\text{ mm}$),进行后锚锁定。

2) 泊船将跨中钢梁运抵桥位处,并进行绞锚定位,安装钢梁提升吊点,同时在挂篮吊架起吊位置安装 4 台液压连续千斤顶。

3) 按照设计要求在 3# 墩 T 构悬臂一端(西樵侧)配重 200 t。

4) 挂篮主桁及提升系统检查确认后,进行跨中钢梁提升,确保提升过程 4 点同步,并保证吊点力均匀;提升总高度经计算约 25 m,千斤顶分 72 顶提升,每顶约提升 35 cm,每顶约 6 min,共 7.5 h 完成 1 片钢箱梁提升。

5) 钢梁提升至设计高程位置后,用临时锁定装置进行锁定,校对调整对接位置,在满足要求后于顶、底、腹板上的加劲肋上使用高强螺栓连接(初拧)。

6) 待钢箱梁准确定位后,选择合适的合龙温度,将所有高强螺栓拧紧,再进行两端接口的顶、底、腹板及嵌补段焊接。

7) 同理进行 2#—3# 墩跨中钢梁提升施工。

8) 拆除 3# 墩西樵侧悬臂段配重及所有挂篮,进行桥面系施工。

5.3 吊装注意事项

1) 采用 1 套智能控制系统同步控制 4 台千斤顶的提升行程,在设定同步精度后,系统自动进行提升循环施工,并对每一台顶的油压、总行程进行控制、记录。4 处吊点均采用智能系统实现吊升行程同步性控制。

2) 吊升过程中,需利用原布置 6 个观测点对钢梁的空间位置进行实时监控,确保跨中钢梁与钢混结合段两端肋板里程方向的间隙均满足入槽需求,且梁段长度小于钢混结合段间的最小净距。

3) 对各吊点处钢绞线的松紧程度、吊具焊缝、桁架连接变形、桁架前后支点及钢混结合段湿接缝位置的混凝土进行持续巡查,并及时处理异常情况。

6 吊装计算及施工实测

采用 MIDAS 有限元软件对挂篮主桁提升施工工况下的结构受力进行计算,所有杆件均用梁单元模拟,计算模型如图 4 所示。主要考虑以下荷载:①混凝土土重;②钢材容重;③模板及施工荷载;④吊装荷载;⑤风荷载。

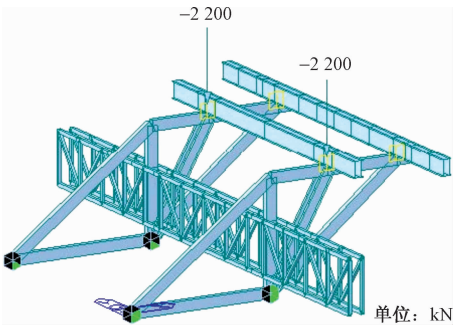


图 4 跨中钢梁吊装工况结构受力计算模型

6.1 计算假设

- 1) 跨中钢梁的自重通过吊挂系统传递至挂篮主桁节点,再由前支点支承、后锚筋锚固于已施工主梁上。
- 2) 假定挂篮主桁的杆件平面内连接是铰接。
- 3) 跨中钢梁重量完全由挂篮主桁承担。

6.2 挂篮主桁计算

6.2.1 整体计算

1) 变形计算。对主桁在提升跨中钢梁的施工工况下的变形进行有限元分析,结果如图 5 所示。由图 5 可知,在施工期间结构竖向挠度峰值为 9 mm,吊装状态风加载影响下水平位移峰值为 29 mm。

2) 支反力计算。计算结果如图 6 所示,前支点最大反力值为 3 164 kN,后锚固最大反力值为 906 kN。

6.2.2 主桁计算

计算受弯主桁架杆件的受力情况,计算结果如图 7 所示。

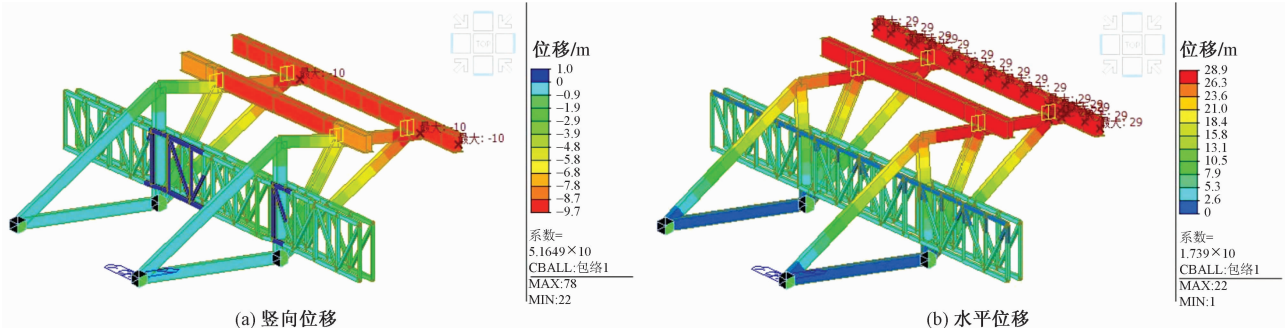


图 5 钢梁提升工况挂篮整体位移包络图

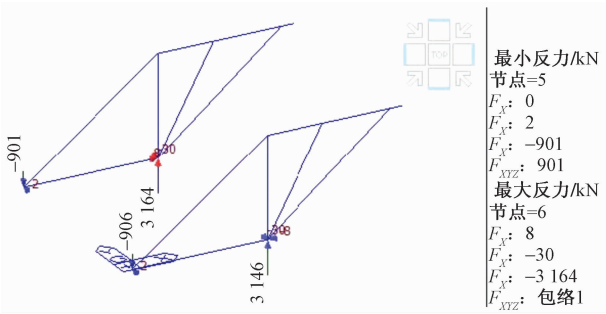


图 6 钢梁提升工况挂篮反力包络图

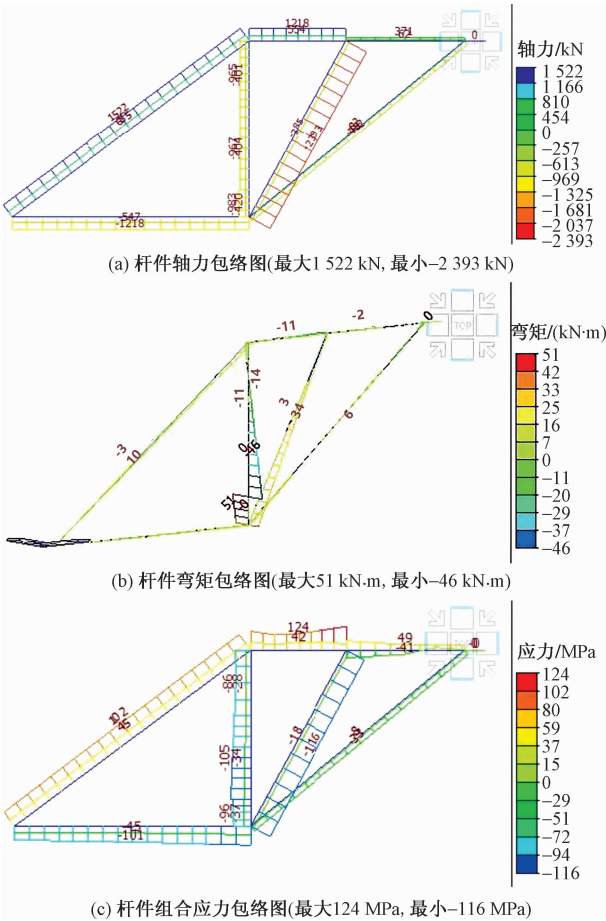


图 7 挂篮杆件内力包络图

6.2.3 稳定性计算

对主桁架杆件的稳定性进行分析,汇总结果见表 1,分析结果均满足规范受力要求。

表 1 挂篮杆件内力稳定性计算结果

稳定性类别		计算应力/MPa	容许应力/MPa
短斜杆(Q345)	平面内稳定性	112.8	210
	平面外稳定性	121.2	210
竖杆(Q235)	平面内稳定性	65.5	170
	平面外稳定性	82.5	170
下弦杆(Q235)		83	140

6.2.4 前支点及后锚固计算

挂篮主桁提升跨中钢梁工况,前支点采用刚凳抄垫进行支承,支点处局部承压应力计算为 188 MPa,满足最大容许应力 300 MPa(Q345);后锚固系统使用 4 根 JL32 精轧螺纹钢筋锚于已浇筑梁段上,单根精轧螺纹钢筋最大拉力 227 kN 小于预拉力 250 kN,且后锚梁受弯应力 131 MPa 小于容许应力 170 MPa(Q235),受剪应力 31 MPa 小于容许应力 100 MPa(Q235),满足要求。

6.3 施工实测

6.3.1 钢梁水平位移和下挠值

钢梁在提升过程中,在两端梁面架设全站仪以精确测量钢梁位置,运梁船通过调整锚索使钢梁准确到达起吊位置。当起吊右幅 2#—3#墩 75 m 钢梁时,提前把点位转至左幅 2#墩大里程钢混段、3#墩小里程钢混段,架设全站仪并设站。不仅能实现实时观测 75 m 钢梁位置,还能在试吊时观测右幅合龙口长度的变化,大幅缩短测量合龙口长度的时间。此外,在 2#、3#墩处分别架设一台水准仪,观测钢梁吊装前后的下挠值。右幅 2#—3#墩 75 m 钢梁在试吊离船时,同时对其进行水平位移和竖向位移的观测,并与监控单位理论数据和实测数据进行对比分析,与理论数据比较吻合,观测数据见表 2、表 3。

表 2 2#—3#墩右幅 75 m 钢梁吊装水平位移

位置			钢梁长度/m		实测水平位移/mm	均值/mm	监控理论值/mm	差值/mm
			吊装前(09:00 23℃)	吊装后(15:40 29℃)				
2#—3#墩右幅	顶板	左	75.051	75.008	—43	—43.00	—43.10	0.10
		中	75.052	75.009	—43			
		右	75.051	75.008	—43			
	底板	左	75.052	75.029	—23	—24.33	—25.20	0.87
		中	75.046	75.023	—23			
		右	75.033	75.006	—27			

表 3 2#—3#墩右幅 75 m 钢梁吊装下挠值

位置			钢梁长度/m		实测挠度/ mm	均值/mm	监控理论 值/mm	差值/mm
			吊装前(09:00 23 ℃)	吊装后(15:40 29 ℃)				
2#墩大里程	顶板	左	26.300	26.221	—79	—80.33	—74.54	—5.79
		中	26.146	26.066	—80			
		右	25.997	25.915	—82			
3#墩小里程	底板	左	27.455	27.350	—105	—104.67	—112.56	7.89
		中	27.290	27.186	—104			
		右	27.150	27.045	—105			

6.3.2 钢梁线形监测

2#—3#墩钢箱梁吊挂、固结以后,分别对右幅2#—3#墩、3#—4#墩钢箱梁线形进行观测。2#—3#墩右幅 75 m 钢梁合龙顶面标高、合龙轴线偏位差值见表 4、表 5。根据实测数据值可知,基于该提升系统,可以实现钢梁吊装的精确调位,轴线及高差偏位可控制在±5 mm 以内,确保精度符合设计与监控单位标准。

表 4 2#—3#墩右幅 75 m 钢梁合龙顶面标高

位置		钢梁长度/m	钢混段长度/m	高差/mm	设计高差/mm	差值/mm
2#墩右幅大里程	1	26.247	26.246	1	0	1
	2	26.167	26.163	4	0	4
	3	26.100	26.097	3	0	3
	4	26.033	26.033	0	0	0
	5	25.938	25.939	-1	0	-1
3#墩右幅小里程	1	27.247	27.259	-12	-7	-5
	2	27.262	27.272	-10	-7	-3
	3	27.186	27.196	-10	-7	-3
	4	27.116	27.126	-10	-7	-3
	5	27.043	27.048	-5	-7	2

表 5 2#—3#墩右幅 75 m 钢梁合龙轴线偏位

位置	实测轴线偏位/m	设计轴线偏位/m	差值/mm
2#墩右幅钢混段	8.626	8.625	1
75 m 钢梁小里程	8.624	8.625	—1
75 m 钢梁大里程	8.624	8.625	—1
3#墩右幅钢混段	8.626	8.625	1

7 结语

本文介绍了一种运用悬臂浇筑挂篮改进的新型大节段钢箱梁提升系统,起吊合龙大节段跨中钢梁的施工技术。通过对提升系统在大节段吊装过程的有限元分析,检算了提升系统的强度、刚度及稳定性均满足要求,论证了施工技术的可行性。另外,通过施工过程中合龙口的位移实测与大节段钢梁吊装前后的线形监测显示,钢梁合龙顶面高差在±5 mm 以内,轴线偏位在±1 mm 以内,表明本施

工技术在实现桥梁快速施工的同时,能满足施工安全以及质量要求。

龙翔大桥主桥是采用大节段钢梁作为跨中结合段的大跨径双主跨刚构连续梁组合体系,针对此类桥型的施工过程所提出的新型提升系统能够实现悬臂梁施工、钢混结合段吊装、大节段跨中钢梁吊装 3 个施工阶段的快速转换。不仅实现桥梁快速化施工,还保证了各个阶段的施工效率及质量可控。本文方法可广泛适用于部分采用悬臂挂篮浇筑的、中跨采用大节段吊装的各类常规钢混结合段及钢混混合梁桥型。

参考文献

[1] 邹毅松,单荣相.连续刚构桥合龙顶推力的确定[J].重庆交通学院学报,2006,25(2):12-15.

[2] 胡清和,邓江明,周水兴,等.多跨连续刚构桥顶推合龙方案研究[J].中外公路,2009,29(3):109-114.

[3] 张少勇,杨聪.钢—混混合梁连续刚构桥设计关键技术[J].公路,2018,63(7):11-15.

[4] 甄玉杰,王鹏洲.大跨混合梁连续刚构桥设计要点研究[J].公路交通技术,2021,37(2):53-57,70.

[5] 陈伟杰,张永,彭自强.混合梁刚构桥超长节段钢箱梁整体吊装工艺:以安海湾特大桥为例[J].工程技术研究,2021,6(18):26-27.

[6] 牛艳伟,石雪飞,阮欣.大跨径混凝土梁桥的长期挠度实测分析[J].工程力学,2008,25(S1):116-119.

[7] 朱小金,武尚伟,王博,等.虎门二桥悬索桥浅滩区钢箱梁吊装施工关键技术[J].中外公路,2019,39(2):152-156.

[8] 李磊,王昌将,陈向阳,等.鱼山大桥通航孔桥钢箱梁设计关键技术[J].桥梁建设,2019,49(5):79-84.

[9] 苏志鹏,武敏凯,梁宏顺,等.安海湾特大桥钢混结合段吊装关键技术[J].价值工程,2020,39(25):132-134.

[10] 王昌将,史方华,李磊,等.高品质建造的技术支撑[J].中国公路,2020(3):35-36.

[11] 邹彪红.汉宜铁路蔡家湾汉江特大桥施工技术[J].桥梁建设,2010(3):75-78.

[12] 何伟,时松,王博,等.胶接缝节段预制拼装桥梁理论研究综述[J].科学技术与工程,2022,22(24):10369-10378.

[13] 古建军,李超,木江涛,等.基于三维激光扫描的桥梁转体过程监测方法[J].科学技术与工程,2022,22(9):

3651-3657.

[14] 李际贵. 基于长期监测数据的桥梁局部时变可靠度分析[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(31): 13529-13535.

[15] 冯帆, 温伟斌, 伍彦斌, 等. 桥梁钢-混结合段试验模型加载多目标优化[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(19): 8212-8217.

[16] 孙宏军. 预应力混凝土斜拉桥引桥合龙施工技术[J]. 交通标准化, 2014(14): 131-133.

Construction Technique for the Midspan Steel Beam Closure of Longxiang Bridge:
The case study of Longxiang Bridge

WU Yuehong¹, CHEN Bo²

(1. Foshan Jianying Development Co., Ltd., Foshan 528313, Guangzhou, China;
2. Xiaoning Institute of Roadway Engineering, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The main bridge of Longxiang Bridge is a combination system of large-span double main span continuous rigid frame with steel beams as the mid-span joint section. Based on the construction of the main bridge of Longxiang Bridge, a new lifting system was proposed, which realized the rapid transformation of three construction stages: cantilever beam construction, steel-mixed section lifting and large-section mid-span steel beam lifting. The strength, stiffness and stability checking calculation of the lifting system at each stage of construction are analyzed by finite element method, and compared with the measured displacement data of the steel beam hoisting with large segment span, which verifies that the lifting system can meet the requirements of construction efficiency, safety and quality, and provides reference experience for similar bridges in the construction and closing process.

Keywords: continuous rigid frame bridge; large section steel beam hoisting; closure technique; bridge construction