

文章编号: 0451-0712(2006)03-0082-06

中图分类号: U445.471

文献标识码: B

海上桥梁大型构件的预制与安装

刘国波, 江俊波, 罗本洪

(路桥华东工程有限公司 上海市 200135)

摘要: 东海大桥Ⅶ标东侧过渡孔 50 m 箱梁为海上段工程, 施工采用预制安装方案, 大大提高了施工质量, 缩短了施工周期, 确保了施工安全; 为我国今后跨海大桥的建设积累了宝贵经验。

关键词: 大型构件; 预制与安装; 施工

1 东海大桥Ⅶ标概况

东海大桥作为国内第一座跨海大桥, 在跨径为 50 m、60 m 和 70 m 的连续箱梁施工中采用了预制安装方案, 大大提高了工程质量和施工进度, 为我国今后跨海大桥的建设积累了宝贵经验。本文结合跨径为 50 m 的连续梁的工程实践, 对海上大型构件预制与安装进行较详细的介绍。

1.1 工程简介

东海大桥Ⅶ标东引桥及过渡孔箱梁为 50 m 等截面、左右幅分离结构的预应力混凝土连续箱梁, 梁高为 3.0 m, 箱梁顶宽为 15.25 m, 底宽为 7.25 m。每片箱梁混凝土 580 m³, 每片梁重量约 1 500 t。其中东引桥箱梁采用移动模架现浇方案, 过渡孔箱梁采用预制安装方案。桥型布置见图 1 所示。

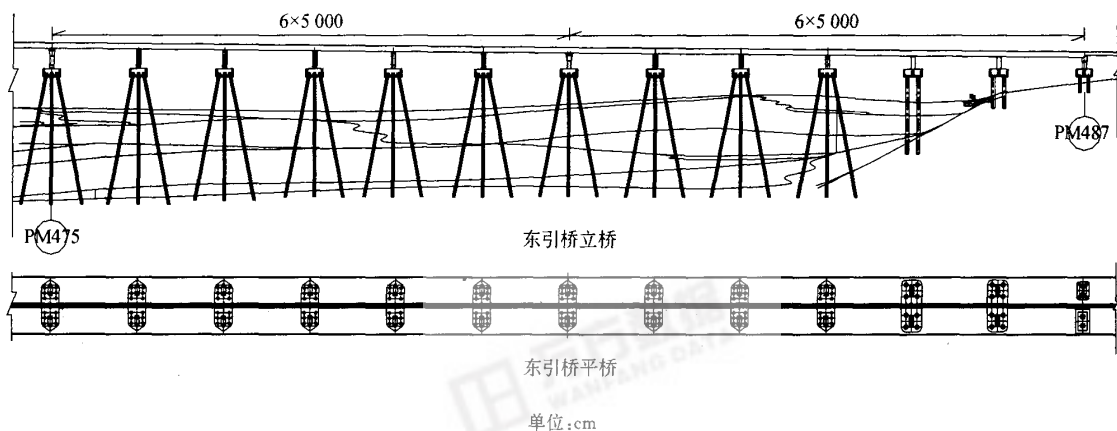


图 1 桥型布置示意

1.2 自然条件

东海大桥跨越杭州湾北部海域, 海上施工受潮位、潮流、波浪、雾、大风等影响, 施工条件十分恶劣。桥位常水位标高为 0.0 m, 设计高潮位 2.15 m, 设计低潮位 -1.83 m。小洋山码头顶面标高 +6.0 m, 码头前沿海床底标高 -6.0 m。

2 施工流程

过渡孔箱梁采用在小洋山码头预制, 用 2 600 t

大型浮吊安装的施工方法, 施工工艺流程见图 2。

3 主要船机设备选用

3.1 前提条件

50 m 箱梁重达 1 500 t, 梁底距离水面高度为 16~18 m。国内能满足上述起重能力及起升高度条件的大型浮吊主要有“奋进号”、“大力神”及“小天鹅”等。经比选, 本工程采用了“奋进号”作为 50 m 箱梁安装的起重设备。

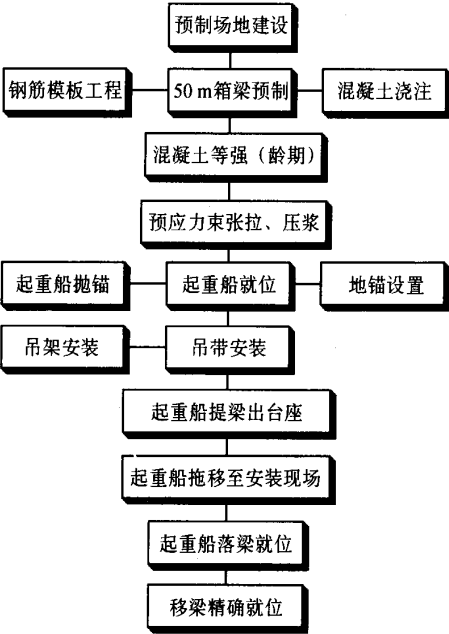


图 2 箱梁预制安装施工流程

3.2 起重船技术性能及特点

3.2.1 “奋进号”起重船性能介绍

“奋进号”起重能力为2 600 t,是一艘非自航、非旋转、可变幅起重船。船体主尺度为100 m×41 m×7.6 m,平均吃水4.62 m。主钩4个,额定起重量为650 t×4,额定吊高80 m,最大吊高82 m,舷外伸距32 m。主要性能参数见表1。

3.2.2 起重船特点

(1)船体尺寸大,该船长达100 m,排水量1.73万t,可以有效地减少大风及波浪影响,起重船不易摇摆,有效作业时间长。

(2)该船强劲的锚泊系统,能有效地抗御风浪和水流,有效地控制起重船在水上的位置,确保起重船能正常工作和防止爬锚事故的发生。该船配备8台锚机和先进的大抓力锚,为目前国内同类船舶最强的锚泊系统。

(3)该船采用4个主钩的起重系统,能随时调整箱梁的水平状态,确保箱梁精确安装。采用4个主钩

表 1 “奋进号”起重船性能参数

项目		主钩	小钩	索具钩
额定起重量/t		650×4	100×2	20×4
舷外伸距/m		32	40.6	
起升高度	水面以上/m	80	93	
	水面以下/m	5.0	5.0	
前后间距/m		6.0		
横向间距/m		19.0		
船体尺寸(L×B×H)/m		100×41×7.6	实际最大吃水	6.0
主机功率及台数		1 200 kw×2 台	舵浆机功率及台数	550 kw×3 台
移船绞车功率及台数			500 kw×8 台	

吊装时,箱梁在空中不易晃动,易于安装。

(4)全船采用全液压力系统,工作平稳可靠,船机安全性大为提高。

(5)该船配备3套舵浆机,在作业区域内能够自由航行,特别适合于风浪大的海域上进行抛锚、起锚作业,提高效率。

3.3 配套设备

与“奋进号”配套设备还有4 000 P 拖轮1艘、2 600 P 拖轮1艘、抛锚艇2艘以及专用吊具1套。

4 箱梁预制

4.1 预制场设置

预制场地设置在小洋山码头上,码头常水深在

6 m左右,预制场地距离安装现场约500 m,与施工现场距离较近,经方案比选,直接用起重船提梁移船至现场安装,而不采用驳船运梁方案。

预制台座为钢木组合结构,在码头顶面铺设横向、纵向型钢以及木板,以形成底模板。在台座两端各设置两个500 t临时支座;临时支座为钢结构,底部与码头钢管桩连接,顶部与梁底底模连成一体,其位置与永久支座位置相对应。

台座两端即箱梁吊点位置为活动式结构,底模钢板支撑于型钢及千斤顶上,安装吊带时,下放千斤顶将钢板及型钢取出即可。

为了保证预应力束张拉后,基础受力满足梁端的集中荷载要求,在箱梁两端加设4根直径为

100 cm 的钢管桩, 钢管桩支撑在岩面上。由于钢管桩单桩承载力需达 500 t, 钢管桩摩擦力及桩端支撑力不能满足设计要求, 需加大支撑面积, 故采用 C30 混凝土钻孔灌注桩。桩基采用钻机成孔, 清除钢管内土层后, 采用刚性导管法灌注水下混凝土。

4.2 模板工程

模板采用侧包底方案。外模板采用钢桁架与竹胶板组合结构, 不设拉杆, 依靠外模桁架上的两排可调撑杆抵抗混凝土侧压力。内模采用竹胶板现场组

拼, 底模采用木模板。

4.3 预埋件及预留孔设置

在箱梁翼缘板上预留 4 个吊孔, 其平面尺寸为 1 400 mm × 1 000 mm。预留孔周边及梁底转角设置圆弧不锈钢板进行加固, 对箱梁和软吊索起到了保护作用。为实现箱梁纵移及横移至精确位置, 采取在梁顶和墩顶设置钢筋混凝土柱作为移梁预留支点。纵向、横向牵引移位块设置见图 3、图 4 所示。

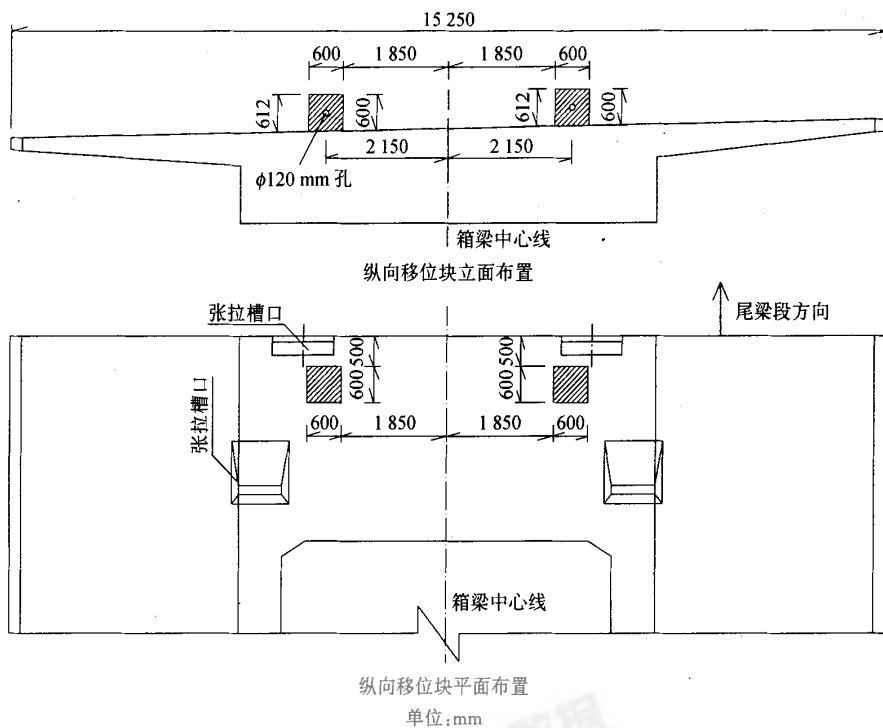


图 3 纵向牵引移位装置

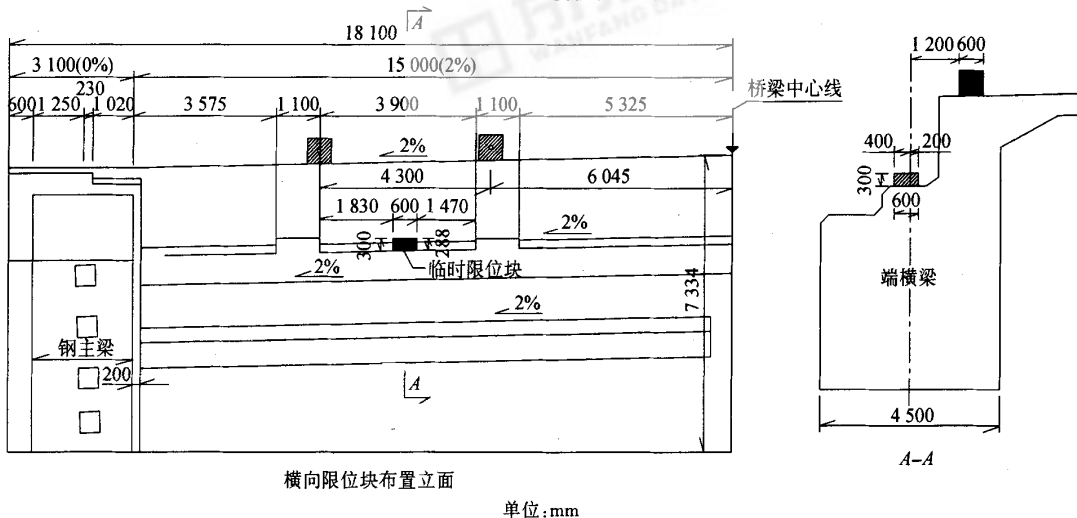


图 4 横向牵引移位装置

4.4 钢筋工程

钢筋采用后场制作,平板车运输至现场绑扎成型的施工方法。本工程处于海洋大气区,混凝土结构的腐蚀主要是氯化物导致钢筋的腐蚀,混凝土保护层的厚度是防止钢筋腐蚀的主要屏障,必须保证它具有足够的厚度且密实,本桥箱梁保护层厚度为4~7 cm,较常规设计厚。混凝土垫块采用了工程塑料垫块,构件表面垫块数量不少于4个/ m^2 。

4.5 混凝土工程

为使箱梁具有较强的防腐性能,采用C50高性能混凝土,其耐久性指标要求较高。高性能混凝土施工重点是控制好混凝土拌和、浇注及养生等工序,以确保箱梁混凝土内实外光。高性能混凝土搅拌时间比普通混凝土延长40~60 s;混凝土浇注采用输送泵入模,插入式振捣器振捣;混凝土养护采用土工布覆盖保湿养生,养生时间为7~10 d。

5 箱梁吊装

5.1 吊具系统

5.1.1 吊装计算

50 m箱梁的吊点在相距约45 m的两个端头,吊点的前后距离为8 m,故采用吊架与软吊索结合的吊装工艺。

箱梁吊点间距为45 m,吊架销孔间距为50 m。箱梁自重15 000 kN,则平均单个吊点竖向荷载为3 750 kN,每根吊索轴力为3 780 kN;吊索竖向及水平力分别为3 750 kN、442 kN,箱梁承受的总水平拉力为884 kN。计算结果表明,吊具系统均满足设计要求;混凝土拉应力小于容许拉应力,不致产生裂缝。

5.1.2 吊具配置

本工程采用高强度合成纤维软吊索进行箱梁包底吊装方案,吊具配备为:钢桁梁吊架1套、软吊索4根,450 t卸扣2个,其中吊架按照70 m箱梁重量设计。

在吊架与箱梁之间采用24 m长的高强度纤维软吊索相连,梁底处两根索头采用450 t卸扣连接。

为确保吊带与梁体接触良好,受力均匀,在箱梁腹板与底板交界处设置“L型”保护套,保护套采用钢板焊接成圆弧状,其半径为200 mm。以保护箱梁倒角及软吊带。

5.2 箱梁运输

预制场距大桥安装点约500 m,箱梁出运采用浮吊提梁,通过锚机及拖轮配合移船至现场的运输

方法。

吊具在吊钩上装好,移船微调至箱梁吊点位置后,启动液压系统下放软吊索,将软吊索穿过预留的4个吊孔,在梁底用450 t卸扣连接。挂好吊索后,同步提升起重船的4个吊钩缓慢起吊箱梁。起吊过程同步进行,并且随时检测箱梁的平衡状态和各吊点的受力状况,确保箱梁提升平稳及各吊点受力均匀。采用4个钩起吊,能有效控制箱梁的纵横向的水平状态,减小箱梁在空中的晃动,吊钩装有测力装置,可以显示每个钩的受力数值。箱梁提升至一定高度后,启动拖轮及锚机移船至安装现场。

5.3 起重船抛锚定位

2 600 t“奋进号”起重船上配备8台锚机和先进的大抓力锚。该船还配备3台舵浆机,可以在作业区域内自由航行,方便抛锚定位。

起重船的抛锚作业需要拖轮配合一起完成,抛锚具体步骤如下:

拖轮平行大桥轴线方向拖带起重船,待接近安装点350~400 m时,抛下第一个尾锚“2号锚”;拖轮拖起重船继续向前,依次抛下“1号、8号和7号锚”;然后拖轮改为傍拖起重船抛下“6号锚”;拖轮解开拖缆,兼做抛锚船协助抛下“3号锚”;起重船绞缆移船到安装位置附近,拖轮协助抛下“4号锚和5号锚”。抛锚完成,起重船收紧缆绳,移到待安装位置就位。抛锚过程,起重船开动3台舵浆机配合调整船位,加快抛锚进度和准确性。起重船一次抛锚定位约需3 h。

在码头左侧岸上设一座地锚,用于起重船锚泊提梁,地锚承受水平拉力为50 t。起重船抛锚定位示意图5所示。

5.4 箱梁安装及控制措施

5.4.1 支座安装

箱梁吊装前,安装临时支座并将其固定。临时支座采用500 t砂筒,用浮吊将砂筒吊放至墩顶后,依次安放四氟板、镜面不锈钢板、砂筒和胶皮,胶皮置于砂筒顶面,对梁底起保护作用。砂筒安装后,采用型钢框架与墩顶预埋螺栓固定。临时支座构造示意图6所示。临时支座安装完毕,将永久支座安放至设计位置,锚栓放于预留孔内。

箱梁精确就位后,安装永久支座。采用千斤顶将支座顶起,并使之与梁底密贴,然后在锚栓孔内、支座垫石与支座下钢板之间注环氧砂浆并确保密实,待环氧砂浆强度满足要求即可通过砂筒落梁。

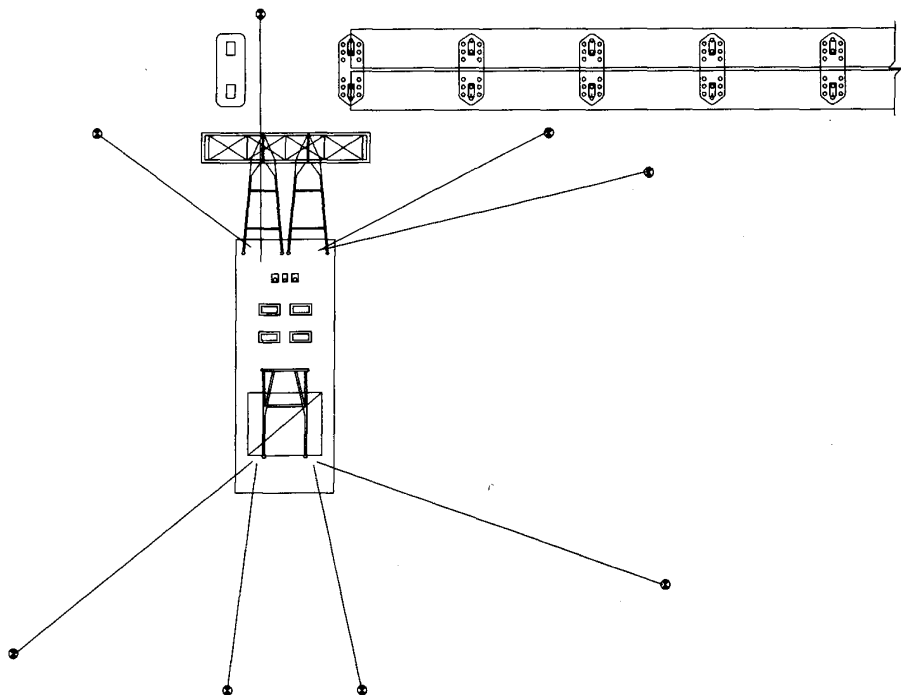


图5 起重船抛锚定位示意

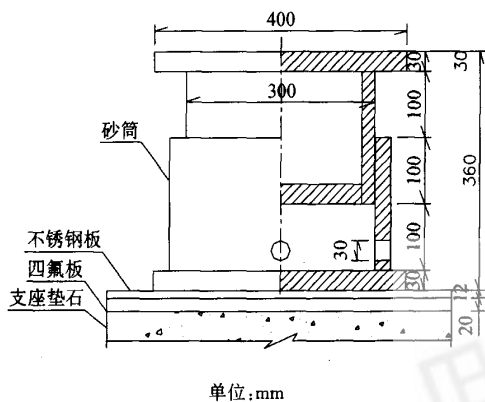


图6 临时支座构造示意

5.4.2 箱梁安装就位

(1) 施工工艺流程。

受海况的影响,起重船很难精确地将箱梁安放在指定位置,为此在起重船抛锚定位完成后,移船将梁安装就位,具体施工流程如下:

起重船开始移船→起重船移向安装点,同时主钩上升,使箱梁高出墩顶→起重船用渐进的方法移船定位,并结合变幅的方法将箱梁平稳地吊至安装位置上方→主钩缓慢下降,使箱梁底面距临时支座30 cm左右→检查箱梁的轴线和端边线的偏位→微调起重船使箱梁精确定位,主钩缓慢下降,使箱梁座

落在临时支座上→检查箱梁位置,如不满足要求,上升主钩重新定位安装;如满足要求,马上解开吊索与箱梁分离,起重船后移。起重船安装箱梁示意图7所示。

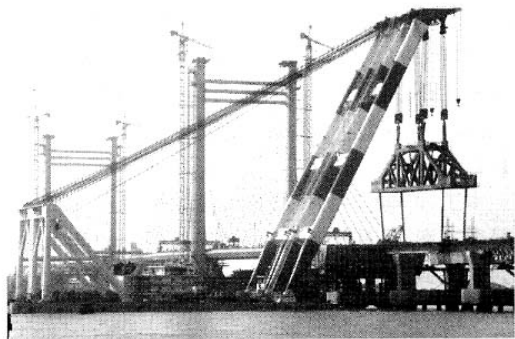


图7 “奋进号”安装箱梁示意

(2) 施工组织。

箱梁安装就位前需掌握好气候、波浪水流等自然条件,指挥系统协调畅通,有条不紊;箱梁就位时需快速精确,指挥果断。因此指挥系统人员配备与职责分工尤为关键。

浮吊设置1名总指挥,由船长担任,负责与桥上总指挥协作落梁;桥上设1名总指挥,负责与船长统

一协调,传达指令,每墩设1名分指挥,负责向桥上总指挥报告箱梁就位情况。

(3)箱梁就位。

箱梁由起重船运输至现场,通过调整锚机移船,将箱梁移位至架设墩位正上方,落梁至距已安装梁顶100 cm左右时,停止落梁,调整箱梁纵向、横向位置后,再继续落梁。

箱梁距离已安装梁顶面50 cm左右时,再次停止落梁,较为精确调整箱梁位置后,继续落梁至临时支座30 cm左右时,检查箱梁的轴线和端边线的偏位,微调起重船使箱梁精确定位,当箱梁纵横桥轴线偏差在20 cm以内时,立即下放主钩,使箱梁座落在临时支座上,此时落梁完成。下放主钩,取出软吊索。

5.4.3 箱梁安装控制措施

(1)箱梁安装前,在墩顶上搭设人员上落梯,并在墩顶两侧安装施工作业平台,平台采用型钢挂在墩顶上。验收墩顶支承面高程,并在墩顶测量放样箱梁的轴线和端边线位置,以及支座中线。

(2)安装好临时支座,4个顶面标高均符合设计要求。

(3)箱梁起吊过程中,应保持水平,纵横向倾斜不能过大。

(4)起重船在移船和主钩起落过程中要缓慢,保持箱梁在空中平稳。

(5)起吊前,在箱梁翼板边和箱梁的端部,设置橡胶护舷;在临时支座顶面设置橡胶垫,防止箱梁就位时与已施工箱梁和支座发生刚性接触,保护箱梁混凝土。

(6)为减少箱梁在安装过程中,对已安装梁产生碰撞造成梁体损坏,除了现场指挥与船长做好配合外,在已安装梁体端部腹板对应位置设置方木,每侧腹板两根,作为防撞保护设施。

(7)风浪较大时,控制好箱梁就位及主钩下放速度,防止因风浪影响而使箱梁重复起落。

5.5 箱梁就位

5.5.1 箱梁精确就位方法

箱梁就位时,箱梁自重就作用于4个临时支座上。箱梁就位后,采用梁顶的牵引装置和梁底的滑移装置来调整箱梁的纵桥向和横桥向位置。

5.5.2 梁底移位装置

采用在500 t砂筒下设四氟板和不锈钢板作为横移及纵移装置。砂筒尺寸为400 mm×400 mm×360 mm,砂筒顶面标高略高于永久支座顶面设计标高。砂筒顶面高程通过在墩顶上设置的混凝土垫块调整。

5.5.3 箱梁纵横向移位

纵向移位主要依靠箱梁腹板上方案梁顶与梁顶之间设置的2台250 t千斤顶牵引,实现箱梁移位。

横向移位通过设置在墩顶上的千斤顶顶推来实现。采取在限位挡块与设置在墩顶面的混凝土垫块之间放置2台150 t千斤顶微调移位。

箱梁安装就位后,安装纵横向移位千斤顶及牵引设施,然后进行梁体箱梁的微调。首先调整箱梁纵桥向位置,满足要求后再进行箱梁横桥向位置的调整。同步启动纵向牵引的两台千斤顶,每台千斤顶牵引力约750 kN,共分3个等级分级施加;千斤顶同步通过牵引力等级来控制。观测梁顶移位标记,梁体开始移动时,跟踪测量梁体两侧位移量,并且梁体两侧位移偏差应控制在10 mm以内,位移偏差调整方法可采用两台千斤顶牵引力大小不同来控制。当梁体移位至设计位置后,停止供油,纵向位置调整完成。

横向移位依靠顶推实现,其移位及纠偏方法与纵向移位相同。

5.5.4 竖向落梁

预制梁纵横向移至设计位置后,调整永久支座的位置及标高至设计要求,并将支座定位,上部与梁顶栓结固定,下部与支座垫石之间灌注环氧砂浆填实,下支座钢板螺栓与预留孔固结。

支座安装完毕,待环氧砂浆强度满足要求后,即可进行落梁。卸除砂筒侧面螺栓,筒内砂子流出梁体随砂筒顶面微微降落至永久支座上,此时落梁完成。

6 结语

东海大桥大跨径预应力混凝土连续箱梁施工采用后场预制,现场安装的施工方法,提高了施工质量,缩短了施工周期,确保了施工安全。使我国桥梁施工技术和施工能力提高到一个新的水平。