

陆地公路大吨位非对称整孔预制箱梁运架施工技术

申超¹, 王飞^{2*}

(1. 中铁二局新运工程有限公司, 四川 成都 610036; 2. 宁波工程学院)

摘要: 依托杭州湾跨海大桥杭甬高速公路连接线陆地公路高架桥梁工程, 大吨位非对称整孔箱梁采用单车跨双幅箱梁梁上运梁, 架桥机纵提横移整孔架设双幅箱梁的施工技术。该文阐述了运架设备关键技术, 研究分析了提梁上桥、梁上运梁、箱梁架设、架桥机过孔等关键施工工艺, 该运架设备及施工工艺可视运距长短每天架设大吨位非对称整孔箱梁 2~4 片, 架设箱梁进度可控、线形平顺、安全优质, 可为类似公路交通、市政桥梁工程等大吨位箱梁运架施工提供参考和借鉴。

关键词: 运梁车; 架桥机; 梁上运梁; 箱梁架设; 陆地公路; 大吨位非对称整孔箱梁

1 前言

在城市既有道路上建造高架桥, 不可避免地会对既有道路交通和沿线居民造成影响。为减小各种不利影响、加快建设, 大规模的城市高架桥建设通常采用预制构件装配化设计施工。目前, 中国国内整孔预制箱梁梁上运梁、架桥机整孔架设技术在公路桥梁建设工程中的应用还相对较少。预制化装配技术主要应用在 200 t 级以下的公路桥梁, 1 000 t 级以上的整孔预制箱梁架设安装主要应用在海域上的桥梁, 除采用大型船吊安装外, 还采用了 4 台运梁车共同驮运预制箱梁对称沿左右幅作用在至少 4 片箱梁上走行, 在运梁车辅助作业下, 架桥机整孔架设的方法。铁路工程 900 t 级箱梁(32 m)运架普遍采用的是单运梁车在单幅整孔箱梁两侧腹板范围走行运梁, 步履式架桥机或下导梁式架桥机单幅纵向架梁。杭州湾跨海大桥杭甬高速公路连接线公路工程(余夫公路至小曹娥互通段)(以下简称“杭甬高速连接线工程”)为既有陆地大交通流公路干道上利用中央分离带全线建造高架桥梁, 除主要路口采用现浇箱梁外, 其余均采用非对称分幅箱梁整孔预制、架设、再结构连续。预制箱梁单幅重 800 t, 工程规模大, 工期短, 因此研究合理的陆地公路梁上运梁及整孔架设方法及配套设备至关重要。

2 工程概况

2.1 项目概述

杭甬高速公路连接线工程路线全长 17.9 km, 全线采用主干道上高架桥梁(图 1), 桥面宽度 25.5 m, 双幅六车道。为保证桥下已有道路的正常通行, 桥梁下部墩柱在干道中分带采用花瓶墩设计, 桥梁上部结构除部分交叉路口等特殊区段采用现浇连续箱梁外, 其余均采用大吨位非对称分幅预制、架设箱梁, 共 774 片, 跨度有 35、32.5、30 和 27.5 m 共 4 类; 均分左、右

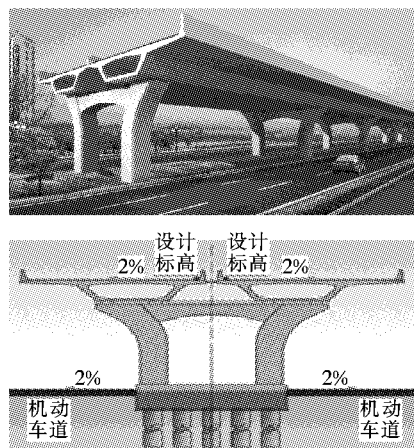


图 1 杭州湾跨海大桥杭甬高速公路连接线公路工程高架桥梁效果图

收稿日期:2018-08-10

基金项目:宁波市桥梁技术科技创新团队项目(编号:2014B81003)

作者简介:申超,男,大学本科,高级工程师,E-mail:401871086@qq.com

* 通信作者:王飞,男,博士,讲师,E-mail:kingflyfei@qq.com

幅,边中梁;单片箱梁设计理论最重为 798 t。箱梁架设后按 3~6 跨一联进行双幅整体结构连续。

大吨位分幅预制箱梁采用悬臂不对称截面;预制箱梁采用单台运梁车跨双幅箱梁内侧腹板上运梁,

架桥机一跨横向架设双幅两片箱梁;左、右幅预制箱梁后期双幅结构整体连续等,均为中国首次设计施工,桥型结构图见图 2。

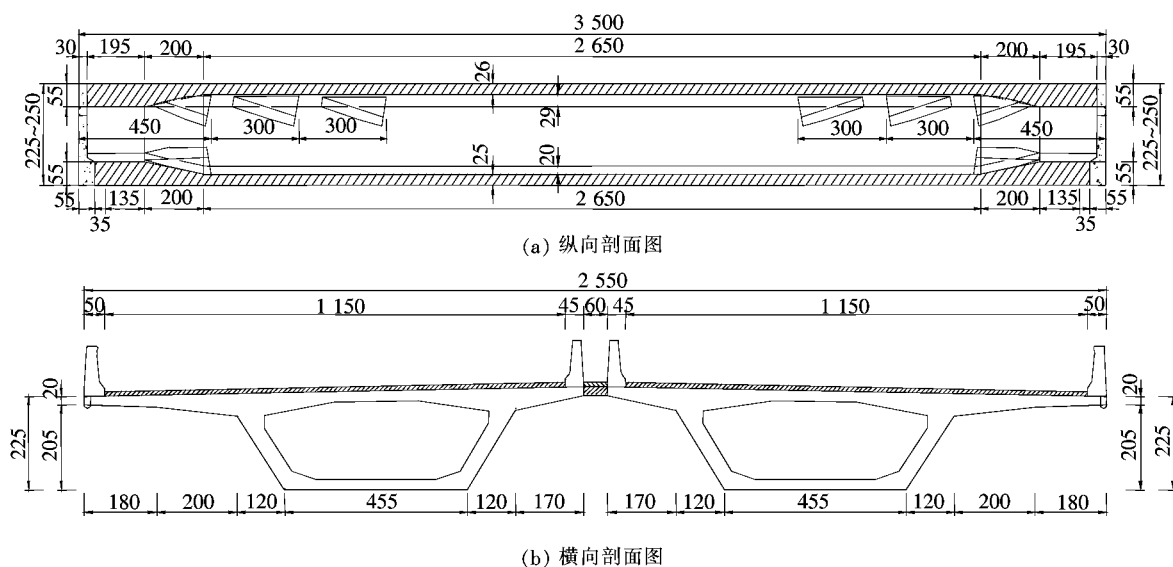


图 2 桥型结构图(单位:cm)

2.2 运架总体方案

预制场内 MDEL900 轮胎式搬运机将箱梁搬运至提梁站换装台座,两台 MGTL450 轮轨式提梁机提梁上桥,横移,装运至桥面 YL850 运梁车上,一台运梁车跨双幅箱梁内侧腹板上运梁,JQ850 架桥机一跨横向架设左、右幅两片箱梁。

3 运架设备选型

公路桥梁对大吨位箱梁运架设备载荷要求较高,在杭州湾跨海大桥杭甬高速公路连接线工程中,采用一台轮胎式运梁车跨双幅箱梁内侧腹板运梁和架桥机一跨架设两片箱梁工艺,因此运架设备需满足:① 运梁车重载时作用在桥面上的荷载顺桥向不超过 22.5 t/m,且需要考虑由于大吨位箱梁的几何非对称性对运梁车所造成的非对称荷载作用;② 由于预制场内空间及道路条件等受限,对于一台较长的运梁车无法实现驮运架桥机在预制场内调头时可采用提升运架设备上桥的常规调头方式。

根据现场条件及运架非对称箱梁的特点,运架设备还须具备以下功能:① 轮胎式运梁车双向行驶,双向喂梁;② 架桥机在桥面上能直接调头;③ 大吨位非对称预制箱梁运输及架设时支点及吊点受力均匀,确保运梁过程中左右幅箱梁受力均匀,架设过程中箱梁

顶板吊点周边不出现过大应力以及确保架桥机吊装安全。

3.1 YL850 运梁车

YL850 型运梁车自重 300 t,外形尺寸为 53.82 m \times 7.365 m \times 2.8 m,纵横向完全对称。

YL850 型运梁车主要结构及关键技术:

(1) 车体总长 53.82 m,自重 130 t。运梁车纵横向完全对称,动力室放在车体中部,实现双向运梁、喂梁。车体顶部位于腹板上方设有中心距为 3.1 m 的驮梁台车走行轨道。车架结构采取液压悬挂系统,实现箱梁运输过程的“三支点”体系和同步驮梁架梁过程的“四支点”体系,保证箱梁运输过程中受力正常以及同步驮梁架梁过程中运梁车的稳定性。

(2) 走行轮组共有 24 个轮轴,轴距 2.1 m,轮距 5.5 m,转向角 $\pm 30^\circ$ 。其中 7 个驱动轴,9 个制动轴,8 个从动轴,采用双胎并置的结构形式;重载下顺桥向运梁荷载为 21.8 t/m。

(3) 运梁车设有两台驮梁台车,沿运梁车主梁上的轨道走行,与架桥机吊梁小车同步拖梁走行,完成喂梁作业;在支承面上装有防滑弹性橡胶,支承面可以横向调整,使非对称箱梁偏心放置,确保下部轮胎受力一致;设有回转装置,以适应曲线架梁。

3.2 JQ850 架桥机

JQ850 架桥机外形尺寸为 79.5 m \times 22.8 m \times 12.5

m,整机重量 650 t,额定起重量 850 t,起升高度 7.5 m。JQ850 架桥机为龙门式双主梁三支腿式结构。跨一孔简支架梁,尾部喂梁,同步驮梁,空中横移箱梁就位,采用步履式走行过孔,箱梁不受跨中载荷,可架设最大纵坡 25%,最小曲线半径 2 000 m 线路箱梁,如图 3 所示。

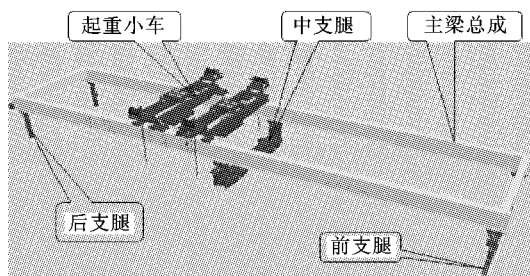


图3 架桥机主要结构图

JQ850 架桥机主要结构及关键技术:

(1) 主梁总成为双箱梁等截面结构,总重约 250 t,全长 78.0 m,高 2.7 m;两主梁中心距 16 m。整个主梁框架结构以中支腿为中心对称。机臂上盖板设有起重小车走行轨道,下盖板底部设有供前、中支腿托、挂轮走行的轨道;设有变跨节点使用的铰座,提供前支腿和后支腿不同的安装位置,满足不同跨度箱梁架设需要。机臂与前、中支腿铰销联结,纵移时可与机臂相对运动;与后支腿双销固定连接。

(2) JQ850 型架桥机配有两台起重小车,总重约 105 t。具有独立的起升机构、走行机构和横移机构,与运梁车配合同步作业。前起重小车为双点起升、后起重小车为单点起升,前、后起重小车共同组成 4 点起升 3 点平衡机构。同时,根据非对称箱梁的特点配置了偏心可调吊具,通过机构移动吊杆实现箱梁重心和起重小车中心重合,卷扬机各点受力基本一致,解决箱梁起吊过程中梁片倾斜、某一个吊点载荷过大等不利问题。

(3) 前支腿主要由托挂轮机构、上横联、伸缩柱、下支撑梁和垫箱等组成。架梁作业时与机臂纵向固定成铰接结构,成为柔性支腿,满足架梁作业支撑要求。纵移作业时前支腿与机臂之间可相对运动,实现架桥机步履纵移。

(4) 中支腿是架桥机架梁和纵移过孔的主要支撑,主要由托挂轮机构、横移装置、立柱、连接梁、均衡梁和支撑油缸组成。整机依靠中支腿横移油缸实现机臂的摆头,适应曲线梁的架设。

(5) 后支腿为门形结构,是架桥机的辅助支撑,由挂轮机构、伸缩油缸和伸缩柱装置组成。后支腿通过

伸缩柱调整机臂后部离地高度来调节纵坡。

(6) 架桥机机臂尾部设置纵移拖拉装置,控制架桥机前支腿、中支腿、后支腿在机臂耳梁上行走,满足架桥机过孔、变跨等作业工况。

4 运架施工工艺关键技术

4.1 提梁上桥

预制场 MDEL900 搬运机将预制箱梁搬到提梁站换装台座上,由两台 MGT450 龙门吊同步提升箱梁上桥,横移运梁车装梁。

4.2 梁上运梁

根据大吨位非对称预制箱梁偏心距,横向调整运梁车驮运台车支撑面,采用非对称箱梁偏心放置的方法,确保下部轮胎受力一致。运梁车跨双幅箱梁内侧腹板梁上运梁,运梁严格按划线标识的路线行驶,左右偏差不超过 10 cm。运梁速度控制为 3~5 km/h,在架桥机尾部 10 m 处停车,再缓慢进入架桥机下方进行喂梁作业。

已架设的箱梁结构连续端在连续前均为临时支座,为避免运梁车运梁的长期影响,在一跨箱梁架设完成后,将左、右幅箱梁翼缘板湿接缝预留钢筋按 25% 先进行连接。沿途通过未结构连续的湿接头和伸缩缝预留槽时,在湿接头和伸缩缝预留槽运梁车轮胎走行位置铺设 2 cm 厚钢垫板,钢板两端与梁面搭接不少于 10 cm,以保护已架箱梁梁端不受损伤,并保证运梁车平顺通过。

4.3 箱梁架设

YL850 轮胎式运梁车运梁至架桥机尾部喂梁,JQ850 步履式架桥机前起重小车取梁后与运梁车驮梁台车同步移梁,到达后起重小车取梁位置后,后起重小车取梁,两台起重小车同步吊梁前行,纵移到位后再横移就位落梁。架桥机通过后支腿、中支腿、前支腿和起重小车配合完成架桥机主机的过孔和变跨,架设陆地公路大吨位非对称 27.5、30、32.5 及 35 m 多种跨度的预制箱梁。箱梁架设的主要步骤如下:① 架桥机前、中支腿和后支腿支撑到位,前、后两小车走行到架桥机后部取梁位置处,运梁机运梁到位;② 前起重小车取梁;③ 前起重小车与运梁机后台车同步驮梁到位,后小车准备取梁;④ 后小车取梁,运梁机开回梁场;⑤ 前后起重小车提梁纵移到位;⑥ 前后起重小车横移到落梁位置,落梁;⑦ 落梁到位,解除吊具,完成一孔梁的架设。

其中第⑥步,架桥机将箱梁横移就位时,前、中、后支腿撑地,后小车距中支腿 3 350 mm,架梁方向横移小车中心偏离主梁中心 5 913 mm,机构承受整个架梁过程的最大偏载,如图 4 所示。

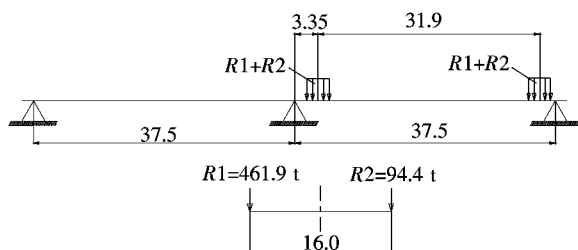


图 4 架桥机横移落梁荷载工况图(尺寸单位:m)

针对此最不利荷载下架桥机的机构整体受力情况进行有限元数值模拟计算分析。主要计算参数:

① 各部件重量:机臂:265 t,小车:2×110 t,前支腿:63 t,中支腿:85 t,后支腿:15 t;② 静载系数取 1.25,动载系数取 1.05;③ 静态刚度:刚度取 $f \leq L/500$ (L 为支承跨度,3 750 cm);④ 额定载荷:850 t;⑤ 架梁作业最大风速:8 级;过孔作业时最大风速:6 级;⑥ 纵移小车采用 Q550D,其余主要钢结构材料采用 Q345C;⑦ 位移约束:考虑整机计算中任意支腿约束位置产生竖直、横向、纵向移动即认为结构失稳,因此位移边界条件为支腿相应支撑点约束 U_x 、 U_y 、 U_z 共 3 个自由度。计算后通过相应支反力验算结构稳定性。

利用有限元软件 Ansys,采用 Shell63 单元建模,机臂段与段之间的连接按照等强度原则建模,机臂与支腿的连接则采用假单元连接。模型结构部分总质量 636 t。

经计算得到架桥机在大吨位非对称箱梁横移落梁重载工况下,主梁静位移最大值为 53.62 mm,小于允许位移 75 mm;架桥机仅有一处发生应力集中现象,位于前支腿钢箱梁腹板、底板、横隔板交界处的局部位置,大部分机构构件应力处于 220 MPa 以下,小于设备使用材料 Q345C 的允许应力 240 MPa。因此,在最不利荷载作用下,架桥机的整体受力状态良好,刚度满足要求,主结构构造布局和选材合理。

4.4 架桥机过孔

架桥机过孔施工步骤为:① 前支腿斜拉杆与吊装孔锚固,中支腿锚杆与吊装孔锚固,后小车与中支腿固结,前小车开到距离中支腿 5.6 m 处,后支腿离地,前、中支腿插销拔出,纵移机臂(后悬臂状态);② 驱动后小车链轮顺时针转动,机臂向前纵移,同时驱动前小车链轮逆时针转动,前小车以相同速度后退,保证其与中

支腿相对位置不变。机臂纵移 35 m;③ 后支腿撑地,采用 10 t 手拉葫芦与梁体预埋钢筋进行固定,中支腿离地,解除后小车与中支腿固结,纵移机构驱动中支腿行走 35 m;④ 中支腿撑地,将中支腿与吊孔进行锚固,前、后小车回退到架桥机尾部(后小车中心距后支腿中心 5.35 m,两小车相距 13.55 m),解除前支腿与吊装孔固结,前支腿离地,纵移机构驱动前支腿行走 35 m(前悬臂状态);⑤ 前、中、后支腿撑地,前、后小行走走到取梁位置(前小车中心距中支腿中心 3.3 m,两小车相距 9 m),准备架梁,过孔完成。

5 结语

依托杭甬高速公路连接线工程,采用 YL850 运梁车跨双幅箱梁行走单幅整孔运梁,以及 JQ850 架桥机纵提横移架设一跨双幅非对称箱梁的运架设备,研究了提梁上桥、梁上运梁、箱梁架设、架桥机过孔等关键施工工艺,视运距长短每天可架设 2~4 片大吨位非对称箱梁,架设箱梁进度可控、线形平顺、安全优质,目前已完成全部箱梁的运架,可为类似公路交通、市政桥梁工程等大吨位箱梁运架施工提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 谢建玲,严学开.轨道交通预制节段箱梁拼装架设施工[J].世界桥梁,2008(S1).
- [2] 赵剑发,王毅,谭国顺.海上大型预应力混凝土箱梁整孔预制与架设技术[J].桥梁建设,2006(3).
- [3] 沈阳云,郑机.超大型混凝土预制箱梁运输与安装[J].世界桥梁,2004(S1).
- [4] 刘柱,周世清.大跨度钢箱梁架设施工的监控控制[J].世界桥梁,2011(5).
- [5] 罗扣,王东晖,张强.港珠澳大桥浅水区非通航孔桥组合梁设计[J].桥梁建设,2013(3).
- [6] 吕忠达.杭州湾跨海大桥关键技术与实施[J].土木工程学报,2006(6).
- [7] 李友明,刘乃生,林原.杭州湾跨海大桥滩涂区 50 m 箱梁施工关键技术[J].桥梁建设,2006(3).
- [8] 刘乃生.跨双幅运输千吨级大型整孔箱梁的轮胎式运梁车简介[J].建设机械技术与管理,2009(4).
- [9] 王鹏程,曹水东,李红利,等.港珠澳大桥超大节段钢箱梁整体吊装安全监测技术[J].中外公路,2017(1).
- [10] 刘家锋.我国铁路客运专线中小跨度简支箱梁架设方法综述[J].铁道标准设计,2010(6).
- [11] 屈振学,姜长清.900 t 运架一体机架设双线整孔箱梁施工技术[J].铁道建筑,2012(5).