

鹭鸶河大桥挂篮悬臂施工工艺分析

谢后客

保利长大工程有限公司, 广东 广州

收稿日期: 2023年4月30日; 录用日期: 2023年5月20日; 发布日期: 2023年5月31日

摘要

鹭鸶河大桥主桥采用悬臂挂篮工法进行施工, 主要分析了大桥整体施工的步骤, 步骤包含主墩基础施工、桥面工程施工等主要步骤, 并针对挂篮施工的要点进行了说明。同时结合BIM技术对整个施工过程中的大桥应力进行了检测, 监测结果表明, 全过程中桥梁应变均在安全范围内。

关键词

桥梁工程, 悬臂挂篮, 应力监测

Analysis of Cantilever Construction Process of Hanging Basket of Lusi River Bridge

Houke Xie

Poly Long Engineering Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

Received: Apr. 30th, 2023; accepted: May 20th, 2023; published: May 31st, 2023

Abstract

The main bridge of Lusi River Bridge is constructed by cantilever hanging basket construction method, which mainly analyzes the steps of the overall construction of the bridge, including the main steps such as main pier foundation construction and bridge deck engineering construction. The main points of hanging basket construction are explained. At the same time, combined with BIM technology, the bridge stress in the whole construction process was detected, and the monitoring results showed that the bridge strain was within the safe range during the whole process.

Keywords

Bridge Engineering, Cantilever Hanging Basket, Stress Monitoring

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

悬臂挂篮施工技术作为桥梁领域的重要工法[1]，因其施工空间广阔、施工周期短的优点而被广泛地应用于桥梁建设中。卢静[2]对挂篮悬臂浇筑施工技术的要点进行了详细地分析和说明；惠昭[3]详细阐述了悬臂挂篮技术的施工流程和技术要点。冯卓[4]围绕安全施工并结合实践，阐述了挂篮安全施工要点。刘伟等[5]提出了一种简易的挂篮调坡装置，并基于 Midas/Civil 软件对优化后的挂篮进行了有限元分析。

2. 工程概况

鹭鸶河大桥属无岳高速 WYTJ-09 标区段工程，大桥为左右线设置，桥梁左幅长度为 357 m，右幅长度为 421 m。桥梁总宽度 25.5 m，单幅桥面宽度 12.75 m。主桥采用挂篮悬臂浇筑法进行施工。

大桥主桥采用悬臂浇筑变截面预应力混凝土连续刚构桥(图 1)，上部结构采用单箱单室预应力混凝土箱梁，桥面铺装采用沥青混凝土、防水粘结层以及 8 cm 厚 C40 混凝土调平层。

全桥箱梁分为 4 组悬臂施工 T 构，每个 T 构有 12 个悬臂施工块，其中 0#块长 4.0 m，1#块~7#块长 3 m，8#块~11#块长 4 m，12#块为合龙段，长 2 m，边跨 13#块长 5.9 m 采用托架现浇。箱梁顶板宽度为 12.74 m，底板宽 7.14 m。主梁在中支点处梁高 4.8m，跨中合龙段及边跨支点处梁高 2.2 m，其余梁高按二次抛物线规律变化。跨中及边跨底板厚 30 cm，顶板 28 cm。中支点处底板厚 70 cm，其余底板厚度按二次抛物线规律变化。箱梁腹板采用分段等厚度规律变化，由跨中至支点分段厚度分别为 50 cm、65 cm、80 cm。

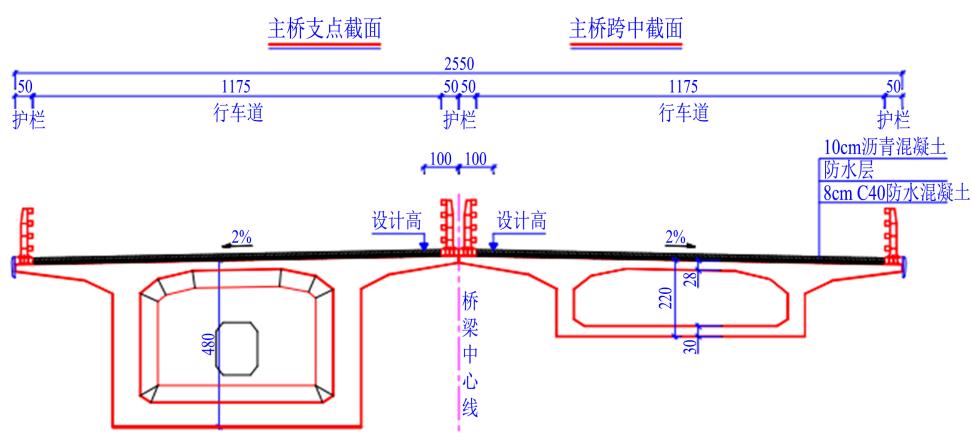


Figure 1. Cross-section view of the main bridge

图 1. 主桥断面图

3. 施工过程

施工主体分为 6 个主要步骤，具体施工步骤如下：

步骤一：主墩基础施工完毕；利用提升模完成空心墩浇筑；完成过渡墩墩柱的施工，如图 2 所示。

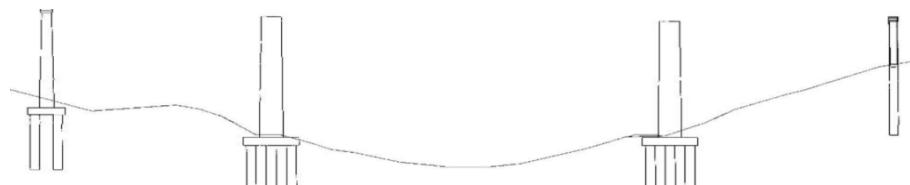


Figure 2. Step 1 schematic
图 2. 步骤一示意图

步骤二：

在主墩塔设临时支架；利用主墩墩顶及托架进行立模浇筑 0 号及 1 号块混凝土，如图 3 所示。



Figure 3. Step 2 schematic
图 3. 步骤二示意图

步骤三：

在 1 号块左右两侧拼装挂篮，立模对称浇筑 2 号梁段；待箱梁混凝土达到设计要求后，张拉顶板钢束；挂篮前移继续施工，按照相同的顺序施工余下悬浇梁段，如图 4 所示。



Figure 4. Step 3 schematic
图 4. 步骤三示意图

步骤四：

在过渡墩搭设临时支架，现浇边跨，安装支座；布设劲性骨架，立模浇筑边跨合拢段；待箱梁混凝土强度达到 90% 的设计强度，张拉边跨底板顶板合拢钢束，如图 5 所示。

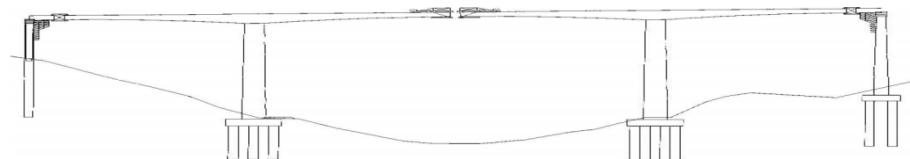


Figure 5. Step 4 schematic
图 5. 步骤四示意图

步骤五：

安装合拢段劲性骨架；立模浇筑次中跨合拢段；待箱梁混凝土达到设计要求后，张拉底板顶板合拢钢束，拆除合拢段劲性骨架，如图 6 所示。

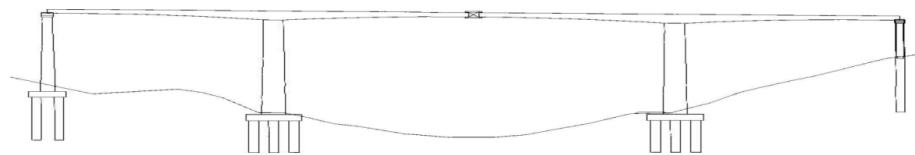
**Figure 6.** Step 5 schematic

图 6. 步骤五示意图

步骤六：

桥面工程施工，成桥荷载实验，通车。

4. 挂篮施工要点

4.1. 挂篮结构

挂篮结构如图 7 所示。主桁架是挂篮的主要受力结构，由 2榀菱形主桁架、横向联结系组成。2榀主桁架中心间距为 6.8 m，中心高 3.5 米，总长 9.3 m。桁架主杆件采用槽钢焊接的格构式结构，节点通过箱体采用销轴联结。横向联结系设于两榀主桁架的竖杆上，其作用是保证主桁架的横向稳定，并在走行状态悬吊底模平台后横梁。

底模平台直接承受梁段混凝土重量，其由底模板、纵梁和前后横梁组成，底模板采用大块钢模板。前、后下横梁采用 400×200 方管双拼，底纵梁采用 HN300 \times 150 型钢，纵梁与前、后下横梁点焊固定。

悬吊系统包括前上横梁、底模平台前后吊带(杆)、外模走行梁前后吊杆、内外模走行梁前后吊杆、垫梁、扁担梁及螺旋千斤顶。底篮前端设 4 个吊点，底篮后断设 6 个吊点，吊杆采用钢板吊带。底模平台前端悬吊在挂篮前上横梁上，前上横梁上设有由垫梁、扁担梁和螺旋千斤顶组成的调节装置，可任意调整底模标高，底模平台后端悬吊在已成梁段的底板上和翼缘板上，外模走行梁和内模走行梁的前后吊杆均采用单根 $\phi 32$ 精轧螺纹钢筋，其中外模走行梁前吊点与走行梁销接，以避免吊杆产生弯曲次应力。

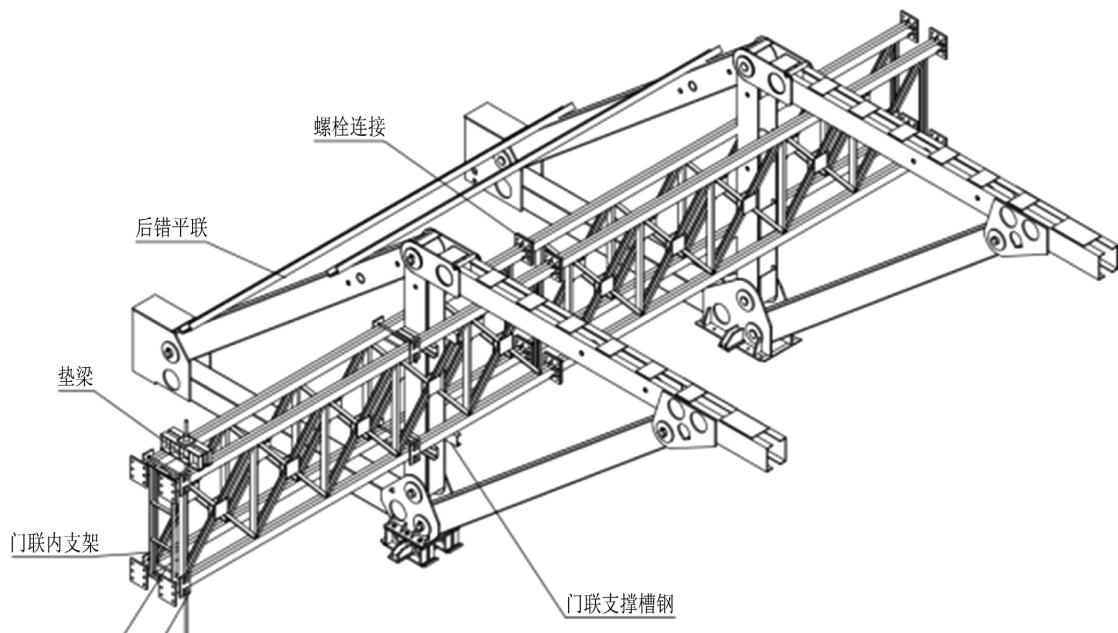
**Figure 7.** Hanging basket structure

图 7. 挂篮结构

4.2. 挂篮预压监测

主梁悬臂施工离不开挂篮施工，挂篮性能的好坏直接关系到悬臂施工的质量。0#、1#块施工完毕，接下来就是安装挂篮，挂篮在正式使用前，一般情况下要进行压载试验，一方面为了验证挂篮的安全性，另一方面为了消除非弹性变形和获得弹性变形值，指导后续悬臂施工，因此必须要对挂篮进行预压监测。

在预压监测前，需要先调整主桁架水平位置，使得两榀主桁水平，保证对拉时候水平受力，在后锚位置安装垫板，保证两主桁架之间无间隙。紧固后锚压梁，对后锚杆施加预应力，每根精轧螺纹钢 25 吨，荷载拟加至最大施工荷载(即 2#块段 121.94t)的 1.5 倍(182.91t)，加载程序为 4 级，即 20%G、60%G、100%G、150%G，每一级加载完成后静置 30 分钟，最后经过测试，挂篮预压监测合格。

4.3. 挂篮行走

挂篮的施工包含挂篮安装、模板制作和安装、钢筋制作和安装、预埋件施工等主要步骤。各节梁段有序施工，待某段混凝土浇筑、预应力张拉的相关工作均落实到位后，根据进度规划，安排挂篮沿行走轨道滑移。挂篮行走不同阶段的注意点如下：

1) 挂篮行走前

行走前需放松内外模板滑梁前端吊杆并使滑梁与模板结构间的缝隙在 3~5 cm，同时保证挂篮底篮也已离开箱梁结构底板 3~5 cm。在转换轨道中，先匀速下放挂篮后锚点千斤顶，下放同时及时旋紧锚固梁螺帽，再匀速缓慢下放挂篮前支点千斤顶，将挂篮整体重新放到轨道上，过程中逐级锚固牢实。

2) 挂篮行走中

在挂篮后斜拉带与立柱之间主梁上均布 2 道下压保险锚固座，锚固座与主梁间采用镦筋螺帽使之保持 2~3 cm 间距，在挂篮后部拉好尾稍挂好链条葫芦作控速保险。

3) 挂篮行走到位后

对挂篮锚固系统全锚，解除尾稍保险。依据：底篮→侧模板滑梁→上前横梁→平连→菱形架→轨道→垫梁顺序进行挂篮拆除。

5. 桥梁应力监测

应力监测通过在主梁的控制断面处布设应力测试元件，以观测在施工过程中这些截面的应力变化和应力分布情况。结合施工控制中的其它监测结果，就能更全面地判断全桥的内力变形状状态，形成一个较好的预警机制，从而保障桥梁施工的安全和质量。

考虑到长期监测的数据稳定性和数据采集的方便程度，拟采用智能弦式应变传感器进行应力监测，拟采用埋入式和表面附着式温度传感器进行梁体温度监测，传感器参数如表 1。

Table 1. Sensor parameters

表 1. 传感器参数

型号	量程	灵敏度	标距	直径	长	备注
智能式数码 应变计	JMZK-215AT	$\pm 1500 \mu\epsilon$	1 $\mu\epsilon$	157 mm	$\Phi 24$	161 埋入式混凝土 应变计

鹭鸶河大桥采用的是 45 m + 80 m + 45 m 的跨径组合形式，在主梁的 5 个断面中布置测点，每个断面布置 4 个测点，测点总计 20 个，如图 8。

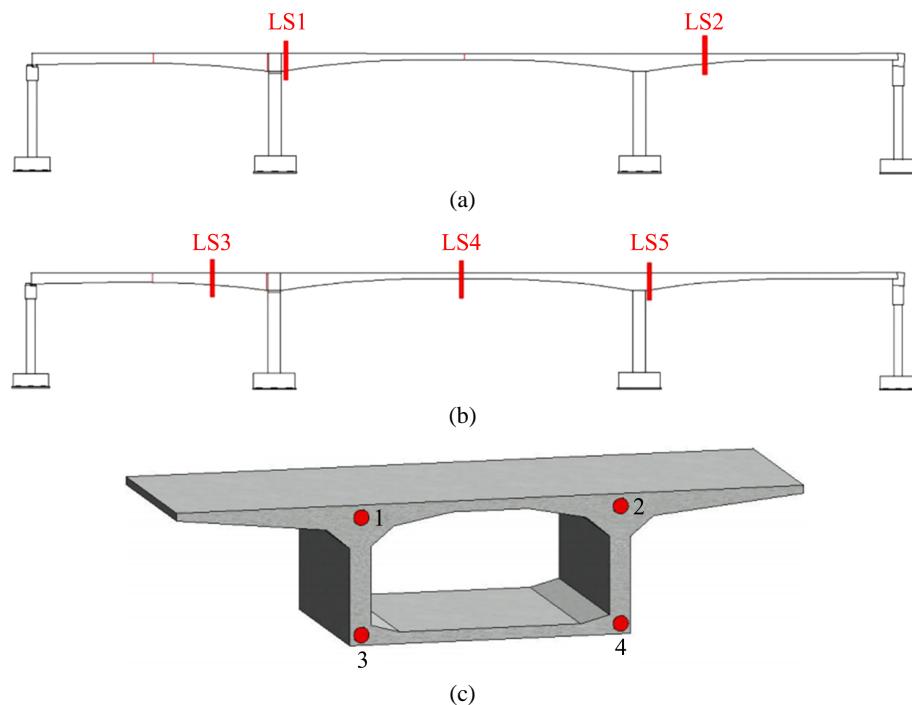


Figure 8. Measurement point arrangement. (a) The position of the left measuring point; (b) The position of the right measuring point; (c) Cross-sectional measurement point arrangement
图 8. 测点布置。(a) 左幅测点布置位置; (b) 右幅测点布置位置; (c) 断面测点布置

依托于 bim 工具，对桥梁进行监测，最终监测结果发现，整个施工过程应力均在安全范围内。

6. 结语

以鹭鸶河大桥主桥施工工程为背景进行了施工工艺和检测分析，主要结论如下：

- 1) 施工主体共分 6 个部分，包含主墩基础施工、桥面工程施工等主要步骤。
- 2) 施工开始前需对挂篮进行预压监测，加载程序为 4 级，即 20%G、60%G、100%G、150%G。
- 3) 挂篮施工的各个阶段都需要注意对于锚固保险的检查，同时需要待某段混凝土浇筑、预应力张拉的相关工作均落实到位后，再安排挂篮沿行走轨道滑移。
- 4) 采用振弦应变计并结合数字 BIM 技术对整个施工过程中桥梁应力进行监测，全过程中桥梁应变均在安全范围内。

参考文献

- [1] 杨辉. 钢筋混凝土拱桥悬臂浇筑倒三角挂篮设计与施工[J]. 施工技术, 2017, 46(3): 102-106.
- [2] 卢静. 桥梁施工中挂篮悬臂浇筑施工技术的应用探讨[J]. 科学技术创新, 2022(12): 135-138.
- [3] 惠昭. 悬臂挂篮技术在桥梁施工中的应用[J]. 智能城市, 2021, 7(8): 135-136.
- [4] 冯卓. 桥梁悬臂浇筑法中挂篮施工安全技术与措施[J]. 交通世界, 2021(25): 35-36.
- [5] 刘伟, 宋新新, 吴雨航, 等. 西郊大桥悬臂浇筑施工挂篮优化设计[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2021, 34(4): 15-20.