

## 一种可实现空间吊装的新型挂篮系统

### ——施工技术与计算分析

赵永思 梅若诗

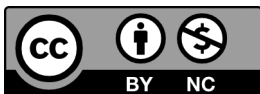
中交武汉港湾工程设计研究院有限公司海工结构新材料及维护加固技术湖北省重点实验室, 武汉

**摘要** | 现如今悬臂挂篮施工已大规模投入应用到大跨径的桥梁施工中, 但挂篮施工中, 模板的安装拆除一直都是一个难点。本文以某一预应力混凝土矮塔斜拉桥为例, 尝试研发设计一种可实现空间吊装的新型挂篮系统, 采用有限元软件建立挂篮整体模型并对其进行有限元分析, 分析了 5 个工况下挂篮的总体受力以及变形状态。结果表明, 本次研发的挂篮系统不仅可适应不同节段以实现大跨径斜拉桥悬臂浇筑施工, 还可实现高效率模板安装拆卸, 具有较高的适应性能、安全性能以及实用性能。

**关键词** | 挂篮; 模板; 空间吊装; 实用

Copyright © 2024 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



通讯作者: 梅若诗, 中交武汉港湾工程设计研究院有限公司, 助理工程师。

文章引用: 赵永思, 梅若诗. 一种可实现空间吊装的新型挂篮系统—施工技术与计算分析 [J]. 土木工程进展, 2024, 6 (2): 1-8.

<https://doi.org/10.35534/ace.0602001>

## 1 引言

近年来,我国响应政策逐步推进基础设施建设,桥梁工程的发展也越来越受到广泛的关注。然而,传统桥梁施工技术不但耗费的人力物力巨大,而且施工的周期也很长,因此桥梁的高效施工技术成为当下桥梁建设领域的关注重点。挂篮悬臂施工不仅能有效缩短施工周期,还能大幅度降低桥梁施工成本,同时其安全性能也更高。然而对于箱梁而言,挂篮施工时内模板和外模板的安装成为了挂篮施工的新难题。传统挂篮施工空间小,模板需要由人工搬运安装,即使安装了电动葫芦,也只能完成某一方向移动,对工人而言不仅很不方便,还增加了安全隐患。因此,本文设计了一种可实现模板空间吊装的新型挂篮,并对其施工流程及安全计算进行了进一步的研究。

## 2 工程概况

本文以某双塔双索面预应力混凝土矮塔斜拉桥为例,其主梁为单箱双室断面,中腹板为直腹板,边腹板为斜腹板,模板吊装是本项目的重难点之一。主梁根部梁高 10.5 m,跨中梁高 6 m,顶板厚 55 cm,底板厚从跨中至根部由 60 cm 变化为 100 cm,腹板从跨中至根部分三段采用 45 cm 和 85 cm 两种厚度,箱梁高度及底板厚度按 2 次抛物线变化。梁顶宽 14.5 m,底宽随梁高变化,翼缘悬臂 1.6 m。箱梁边跨共 23 个悬浇节段,中跨共 25 个悬浇节段,0# 节段长 21 m,采用现浇支架施工,1# ~ 5# 节段长 3.5 m,最重节段重量 379.7 t,采用挂篮悬臂浇筑施工;6# ~ 23# 节段长 4 m,最重节段重量 338.23 t,采用挂篮悬臂浇筑施工;中跨 24#、25# 节段长 5.5 m,节段重量均为 313.64 t,采用挂篮悬臂浇筑施工;边跨合拢段长 2 m,中跨合拢段长 3 m,采用现浇吊架施工。主梁立面断面图如图 1、2 所示。



图 1 主梁立面图 (单位: mm)

Figure 1 Elevation of main beam (Unit: mm)

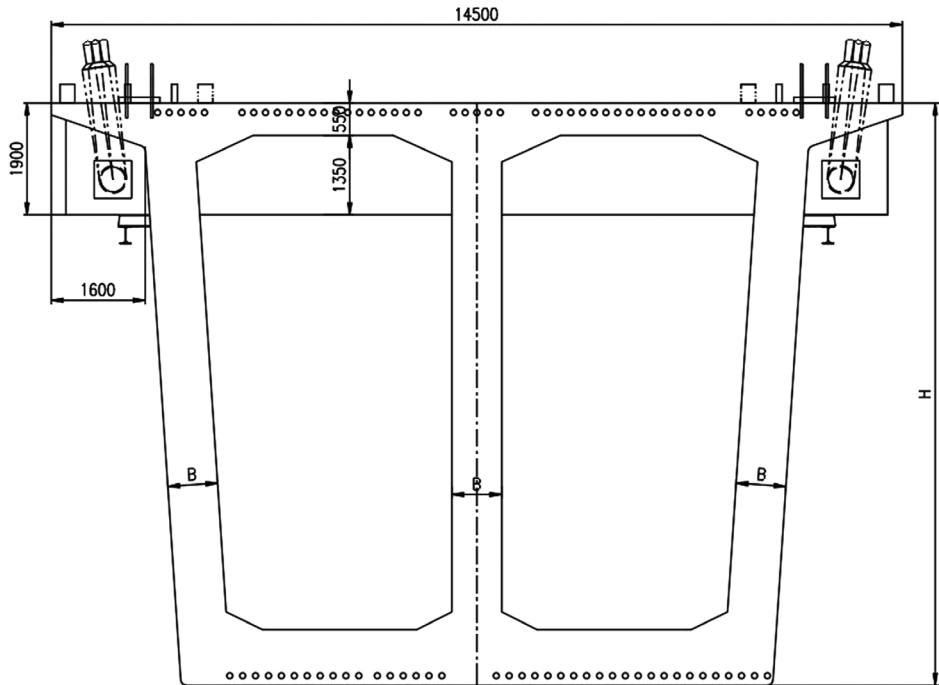


图 2 主梁断面图 (单位: mm)

Figure 2 Cross-section of main beam (Unit: mm)

### 3 挂篮构造

根据本例桥梁变截面特点, 本项目采用常规的菱形架钢结构挂篮。该挂篮主要由 3 片菱形主桁架作为主要的承重结构, 通过顶部中门架以及前横梁将 3 片主桁架横向联系起来。主要包括主桁系统、行走系统、锚固系统、悬吊系统、前支点装置、移动吊架、模板系统、操作平台系统以及桁车系统等。浇筑时, 后支点锚固于混凝土中, 行走时, 松开锚杆, 后支点作用于行走轨道。挂篮的行走系统主要由行走轨道、行走小车、顶推小车、顶推油缸等构成。为实现模板的空间吊装, 在传统挂篮上增加了移动吊架。移动吊架纵向轨道连接中门架与前横梁, 横向轨道位于纵向轨道下方, 通过行走小车实现顺桥向移动, 同时横向轨道下方设置电动葫芦, 实现横桥向移动。图 3 为本项目挂篮立面断面图。

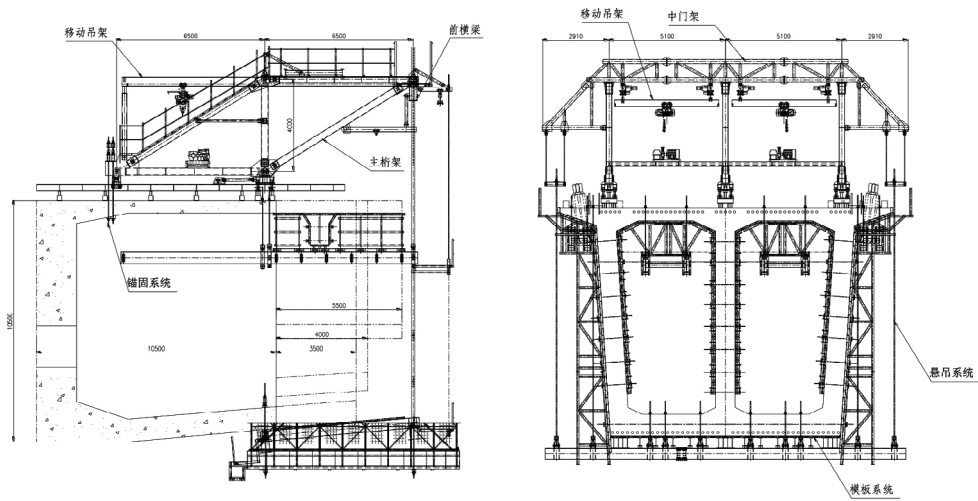


图 3 挂篮立面断面图 (单位: mm)

Figure 3 Elevation and cross-section of hanging basket (Unit: mm)

主桁系统为挂篮主要受力结构, 采用菱形主桁架。主桁架前三角长度 6.5 m, 后三角长度 6.5 m, 高 4 m。主桁架横桥向布置 3 榀, 间距 5.1 m, 横向设置中门架平联, 保证主桁系统横向稳定性, 同时用于悬吊后端底篮平台。各杆件节点位置采用销轴连接。结构布置如图 4 所示:

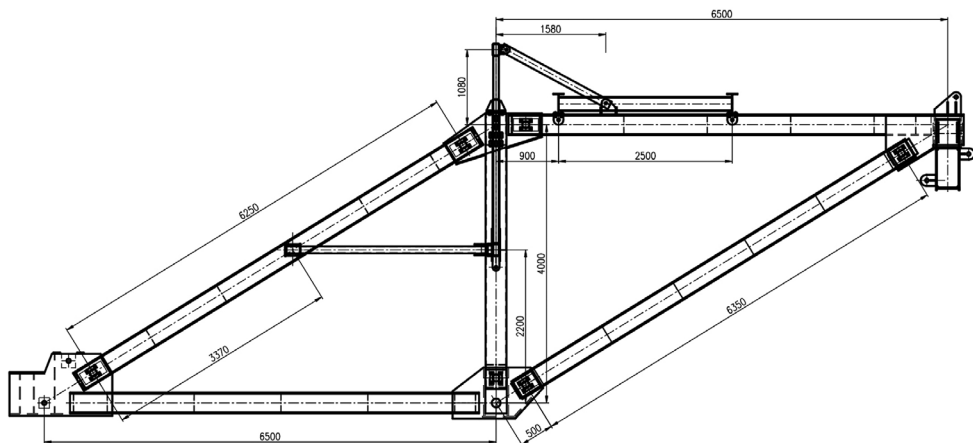


图 4 主桁系统构造图 (单位: mm)

Figure 4 Structure diagram of main girder system (Unit: mm)

## 4 挂篮受力分析

### 4.1 荷载分析

表 1 荷载分析

Table 1 Load analysis

荷载分类	荷载名称	荷载值
恒载	结构自重 (G0)	由有限元软件自动计入。
	混凝土 (G1)	26kN/m <sup>3</sup>
	模板荷载 (G2)	底模板: 0.36kN/m; 外模板: 9.07N/m; 内模板: 8.43N/m
	兜底防护荷载 (G3)	20.2t
	施工人员及设备荷载 (Q1)	2.5kN/m <sup>2</sup>
活载	混凝土倾倒及振动荷载 (Q2)	2kN/m <sup>2</sup>
	风荷载 (Q3)	0.3kN/m <sup>2</sup>
	吊点荷载 (Q4)	单吊点: 1t

### 4.2 计算工况

根据悬浇节段重量以及施工工序, 按最不利原则取以下几个工况进行计算。

工况 1: 挂篮浇筑 1# 节段 (节段长 3.5 m, 砼重 379.7 t), 混凝土浇注完成但未凝固, 风速 13.6 m/s, 计算挂篮工作状态的受力和变形。

工况 2: 挂篮浇筑 6# 节段 (节段长 4 m, 砼重 338.2 t), 混凝土浇注完成但未凝固, 风速 13.6 m/s, 计算挂篮工作状态的受力和变形。

工况 3: 挂篮浇筑 24# 节段 (节段长 5.5 m, 砼重 313.6 t), 混凝土浇注完成但未凝固, 风速 13.6 m/s, 计算挂篮工作状态的受力和变形。

工况 4: 挂篮浇筑 24# 节段 (节段长 5.5 m, 砼重 313.6 t), 吊装索导管同时混凝土浇注完成但未凝固, 风速 13.6 m/s, 计算挂篮工作状态的受力和变形。

工况 5: 挂篮处于前移状态, 风速 13.6 m/s, 计算挂篮前移状态的受力和变形。

工况 6: 挂篮底篮后退状态, 风速 13.6 m/s, 计算底篮后退状态的受力和变形。

### 4.3 挂篮总体计算

挂篮在各工况状态下的整体计算采用有限元软件 Midas 进行计算分析, 计算

模型如图 5 所示。

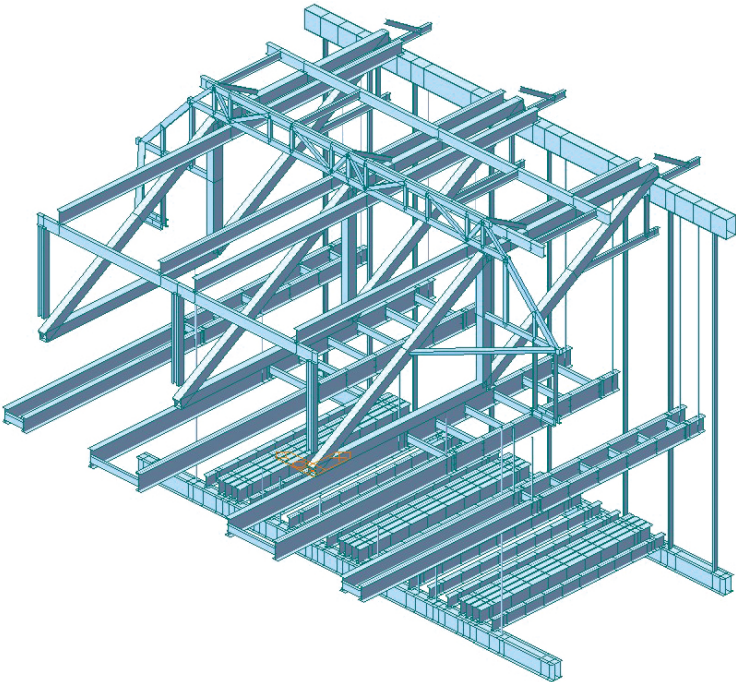


图 5 主桁系统构造图（单位：mm）

Figure 5 Hanging basket calculation model (Unit: mm)

4.4 各部件计算结果汇总

挂篮各部件控制工况下最大应力及最大竖向位移如表 2 所示。

表 2 计算结果汇总表

Table 2 Summary of calculation results

部位	主桁					横梁	
	上平杆	前撑杆	立柱	后拉杆	下平杆	前上横梁	中门架
截面说明	δ 16 × 300 × 246	δ 16 × 300 × 246	δ 12 × 300 × 246	δ 16 × 300 × 246	δ 16 × 300 × 250	340 × 600—tw12( t120 )	□ 180 × 100 × 10
材质	Q355B	Q355B	Q355B	Q355B	Q355B	Q235B	Q235B
控制工况	工况 3	工况 3	工况 3	工况 4	工况 3	工况 3	工况 3
应力 ( MPa )	101.6	109.5	97.9	108.6	97.3	78.7	152.1
竖向位 移 ( mm )			-25			-25.9	-6.9

表 2 计算结果汇总表 ( 续 )

Table 2 Summary of calculation results

部位	滑梁		底篮			
	内滑梁	外滑梁	前托梁	后托梁	腹板纵梁	底板纵梁
截面说明	HN550 × 200	HN450 × 200	2HN500 × 200	2HN500 × 200	HN450 × 200	HN350 × 175
材质	Q235B	Q235B	Q235B	Q235B	Q235B	Q235B
控制工况	工况 2	工况 2	工况 5	工况 4	工况 1	工况 1
应力 (MPa)	164.2	131.2	85.8	100.3	161.1	134.8
竖向位移 (mm)	54.5	51.9	-34.4	-50.9	-29.8	-29.9

通过上述计算, 可知挂篮各部件的强度和刚度满足要求。

5 结束语

本文利用 Midas Civil 软件, 建立了可实现空间吊装的新型挂篮的三维空间模型, 对桥梁悬臂浇筑过程中的挂篮受力特性进行了探究。以某双塔双索面预应力混凝土矮塔斜拉桥作为研究对象, 验证了可实现空间吊装的新型挂篮运用到桥梁悬臂施工的可行性及可靠性。本文通过对某双塔双索面预应力混凝土矮塔斜拉桥悬臂浇筑施工过程的有限元分析, 得到了可实现空间吊装的新型挂篮在浇筑, 行走以及后退工况中的应力变形变化状态, 通过计算理论分析, 验证了该种新型挂篮的结构安全性与施工实用性。

参考文献

[ 1 ] 黄骏, 师颖嫦. 钢筋混凝土箱形拱桥挂篮施工与计算分析 [ J ]. 四川建材, 2024.

[ 2 ] 周成龙, 张文东, 马明虎等. 高墩大跨径连续刚构桥梁中跨合龙施工技术研究——以芦沟河特大桥为例 [ J ]. 科技和产业, 2024, 24 ( 5 ) : 253-259.

[ 3 ] 王震雄. 连续刚构桥悬臂浇筑法挂篮结构强度验算方法 [ J ]. 建筑机械, 2024 ( 3 ) : 141-146.

[ 4 ] 谢鹏飞. 菱形挂篮在连续钢构桥梁施工中的关键技术研究 [ J ]. 产业创新研究, 2024 ( 4 ) : 108-110.

- [5] 张涛. 大跨度异形空间钢桁架安全吊装施工技术 [J]. 重庆建筑, 2024, 23 (3): 73–76, 80.
- [6] 徐维维, 刘宁, 王东喜. 条件受限下分段吊装分析 [J]. 中国水运 (下半月), 2024, 24 (3): 146–147, 154.

## The Novel Hanging Basket Construction that Can Realize Space Hoisting —Construction Technology and Calculation Analysis

Zhao Yongsi Mei Ruoshi

*CCCC Wuhan Harbour Engineering Design & Research CO., LTD, Wuhan*

**Abstract:** Nowadays, cantilever hanging basket construction has been widely applied in the construction of large-span bridges, but the installation and removal of templates have always been a challenge in hanging basket construction. This article takes a prestressed concrete low tower cable-stayed bridge as an example to attempt to develop and design a new type of hanging basket system that can achieve spatial lifting. Finite element software is used to establish the overall model of the hanging basket and conduct finite element analysis. The overall stress and deformation status of the hanging basket under 5 working conditions are analyzed. The results show that the developed hanging basket system can not only adapt to different segments to achieve cantilever pouring construction of large-span cable-stayed bridges, but also achieve efficient template installation and disassembly, with high adaptability, safety performance, and practical performance.

**Key words:** Hanging basket; Template; Space lifting; Practical