

# Checking Calculation and Analysis on the Stability of Double-Guide Beam Bridge Machine Erecting Beam over Railway

Lifeng Wang

Tonghao (Zhengzhou) Electrification Bureau Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

## Abstract

With the development of the city, more and more highways and municipal roads are planned and constructed, which inevitably intersect with railways. From the perspective of saving investment, the continuous beam bridge that is simply supported first and then continuous is the most economical, and the construction speed is fast and the construction period is short, the construction technology of erecting beam over railway arises at the historic moment. In order to ensure the safety of railway operations, it is necessary to complete the task of bridge erector and beam erection within a limited "points" time. The stability check of the bridge erector is particularly important. The paper verifies that the bridge erecting machine can be used safely in any state by carrying out the stress analysis and overturning stability calculation of the two most unfavorable conditions of the double-guide beam erecting machine commonly used in construction.

## Keywords

over crossing railway; double-guide beam bridge erecting machine; overturning stability

# 双导梁架桥机上跨铁路架梁稳定性验算分析

王立峰

通号(郑州)电气化局有限公司, 中国·河南 郑州 450000

## 摘要

随着城市的发展,越来越多的公路、市政道路规划建设,不可避免的与铁路发生交叉。从节约投资角度讲,先简支后连续连续梁桥最为经济,且施工速度快、施工周期短,上跨铁路架梁施工工艺应运而生。为了确保铁路运营安全,必须在有限的“要点”时间内完成架桥机过孔及架梁任务,架桥机的稳定性验算显得尤为重要。论文通过对施工中常用的双导梁架桥机进行过孔及架设边梁两种最不利工况进行受力分析和倾覆稳定性验算,验证架桥机可以在任何状态下进行安全使用。

## 关键词

上跨铁路; 双导梁架桥机; 倾覆稳定性

## 1 引言

论文结合多起项目实例,对上跨铁路架桥机架梁进行总结研究,验算分析架桥机不同架梁工况下的倾覆稳定性,为类似项目及同行业人员提供一定借鉴。

## 2 项目概况

某改建公路工程在 K19+900-K720+300 分别与焦柳铁路上、下行线交叉,设计采用一联(3×50)m 先简支后连续 T 梁跨越铁路路基及两侧边沟。桥梁位于直线段,桥面宽 24.5m,桥面纵坡 2.75%,横坡 2.0%,桥下最小净空 9.03m,满足铁路通车及电气化专业所需净空要求。涉铁桥梁每跨均布置 10 片 T 梁,共计 30 片。T 梁中梁(边梁)顶宽 1.8(1.9)m,

底宽为 0.5~0.7m,高 2.7m,长 50m,如表 1 所示。

表 1 T 梁数量表

序号	T 梁位置		单位	数量	每片梁重(吨)
1	50m	边跨边梁	片	4	161.4
2		边跨中梁	片	16	168.4
3		中跨边梁	片	2	160.8
4		中跨中梁	片	8	157.2

## 3 架桥机技术参数

如表 2 所示,该项目采用 1 台 QJ50m/200t 双导梁公路架桥机架梁,适用于平原、山区大坡度、大半径弯桥,同时该型号架桥机有自重轻、安装拆卸和运输便利的特点,应用广泛,如图 1 所示。

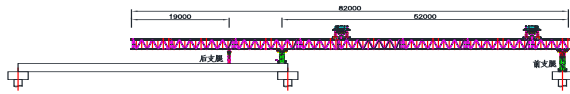


图1 架桥机布置图

表2 主要技术参数

项目	参数	项目	参数
额定起重量	200t	架梁跨度 / 桥机跨度	50m/52m
整机工作级别	A3	最大架设纵坡	5%
最大架设横坡	5%	尾部伸长长度	19m
起升高度	6.5m	下降深度	2m
大车基距	6m	小车轨距	6m
整机高度	8m	整机宽度	7.3m
整机长度	82m	整机总功率	104kW
过孔速度	3m/min	起升速度	0.56m/min
小车纵移速度	3m/min	小车横移速度	3m/min
整机横移速度	3m/min	主钩左右极限位置	3.5m
最大轮压	300kN	整机重量	195t

## 4 工况分析

若架桥机发生倾覆，可分为以下3种工况。

工况一：架桥机过孔，当前支腿纵移至前方盖梁尚未落下时，此时悬臂最长，因配重不足导致桥机纵向倾覆，需检算架桥机纵向抗倾覆稳定性。

工况二：架桥机提梁横移，当天车吊钩钢丝绳距离主梁桁架外侧2cm时，桥机偏载，在横向风荷载作用下倾覆，需检算桥机横向倾覆稳定性。

工况三：架设边梁时，架桥机携梁横移，单侧轮箱行走至盖梁外侧，部分悬空，横移轨道刚度不足，下挠变形导致倾覆，需检算横移轨道强度。

## 5 架桥机纵向倾覆稳定性验算

### 5.1 荷载统计

- (1) 架桥机单片主梁每米自重： $q = 7.5 \text{ KN/m}$ 。
- (2) 前支腿自重： $P_1 = 6t$ 。
- (3) 单台天车（含平车）自重： $P_2 = P_3 = 8t$ 。
- (3) 过孔采用单片T梁配重，单端重  $P_5 = 157.2/2 = 78.6t$ 。
- (4) 纵向风荷载。

#### 5.1.1 T梁风荷载

根据《起重吊装设计规范》<sup>[1]</sup>，按5级及以下风速，起重机工作状态下最大风压  $p_{11}$  取一般风力作用下验算风压  $0.15 \text{ KN/m}^2$ ，T梁断面实体迎风面积  $A_Q = 1.8 \times 2.7 = 4.86 \text{ m}^2$ 。

风荷载  $P_{梁} = 1.2 \cdot p_{11} \cdot A_Q = 1.2 \times 0.15 \times 4.86 = 0.88 \text{ KN}$ 。

#### 5.1.2 架桥机风荷载

如图2所示，架桥机端头垂直来风，实体迎风面积：  
 $A = (0.106 \times 2.47 \times 2 + 0.126 \times 1.5 + 0.5 \times 6) \times 2 = 7.42 \text{ m}^2$   
 风荷载  $P_Q = C \cdot p_{11} \cdot A = 1.7 \times 0.15 \times 7.42 = 1.89 \text{ KN}$ 。

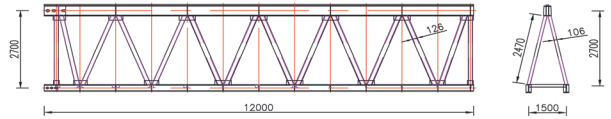


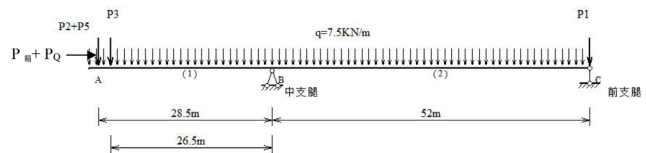
图2 架桥机主梁桁架结构图

### 5.2 过孔纵向稳定性验算

架桥机过孔时，运梁平车将单片T梁喂入架桥机尾部，天车携梁后进行配重过孔。过孔时前、后天车均位于桥机尾部，1#天车距中支腿28.5m，2#天车距中支腿26.5m，T梁挂于1#天车。

后端进行中支腿距前支腿位置距离为52m，天车距中支腿距离为29m。考虑最不利状态下架桥机承受纵向风荷载，作用在桥面以上4.5m位置，当架桥机过孔至前端盖梁且前支腿尚未落下时，悬臂跨度最大，桥机最容易倾覆。

取架桥机整体为研究对象，按工况一，以中支腿B为矩，计算简图如下所示：



悬臂端倾覆弯矩： $M_{倾} = P_1 \times 52^2 \times 0.5 \times 52^2 \times q + (P_{箱} + P_Q) \times 4.5 = 60 \times 52 + 2 \times 0.5 \times 52^2 \times 7.5 + (0.88 + 1.89) \times 4.5 = 23412.5 \text{ KN} \cdot \text{m}$ 。

支承端抗倾覆弯矩： $M_{抗} = (P_2 + P_3) \times 28.5 + P_3 \times 26.5 + 2 \times 0.5 \times 30^2 \times q = (80 + 786) \times 28.5 + 80 \times 26.5 + 2 \times 0.5 \times 30^2 \times 7.5 = 33551 \text{ KN} \cdot \text{m}$ 。

抗倾覆安全系数：

$$K = \frac{M_{抗}}{M_{倾}} = \frac{33551}{23412.5} = 1.43 > [K] = 1.3, \text{ 满足规范要求。}$$

## 6 架桥机横向倾覆稳定性验算

架设边梁时，架桥机携梁低位横移，钢丝绳距离主梁桁架2cm时停下，此时在水平横向风荷载作用下，架桥机可能会发生倾覆。

### 6.1 荷载统计

(1) 架桥机自重:  $P_4=195t$ 。

(2) 横向风荷载。

#### 6.1.1 T 梁风荷载

T 梁纵断面实体迎风面积  $A_Q=50 \times 2.7=135m^2$ 。

风荷载  $P_{梁}=1.2 \cdot p_{11} \cdot A_Q=1.2 \times 0.15 \times 135=24.3KN$ 。

#### 6.1.2 架桥机主梁风荷载 (架桥机侧面垂直来风)

相邻两片主梁挡风折减系数  $\eta$  取 0.55, 主梁迎风面积  $A=(1+\eta)(0.126 \times 2.5 \times 24+0.12 \times 2.7 \times 2+0.32 \times 12 \times 2) \times 82/12=168.28m^2$ 。

风荷载  $P_{主}=C \cdot p_{11} \cdot A=1.7 \times 0.15 \times 168.28=42.91KN$ , 作用在横移轨道支点以上 3.5m 位置。

#### 6.1.3 平车风荷载

平车实体迎风面积  $A=1.5 \times 2.5 \times 2=7.5m^2$ 。

风荷载  $P_{平}=C \cdot p_{11} \cdot A=1.7 \times 0.15 \times 7.5=1.92KN$ , 作用在横移轨道支点以上 5.95m 位置。

#### 6.1.4 天车风荷载

天车实体迎风面积  $A=2 \times 1.3 \times 2=5.2m^2$ 。

风荷载  $P_{天}=C \cdot p_{11} \cdot A=1.7 \times 0.15 \times 5.2=1.33KN$ , 作用在横移轨道支点以上 7.35m 位置。

### 6.2 横向稳定性验算

按照架桥机参数, 架设边梁时天车至主梁极限位置为 1.2m, 此位置也是边梁就位中心线。如图 3 所示, 以盖梁外侧轮箱支点取矩, 验算倾覆弯矩。

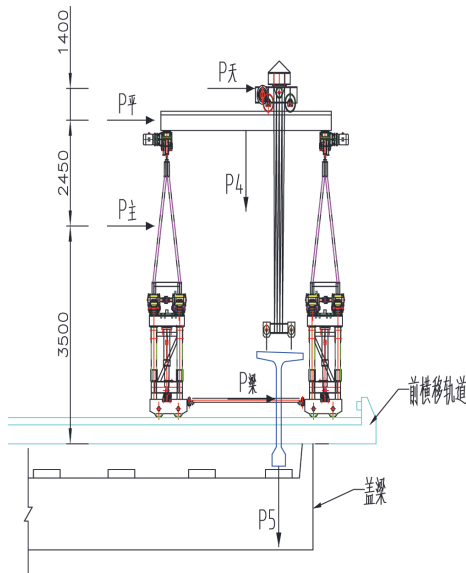


图3 最不利位置验算简图

倾覆弯矩:  $M_{倾}=P_{梁} \times 2.7+P_{主} \times 3.5+P_{平} \times 5.95+P_{天} \times 7.35=24.3 \times 2.7+42.91 \times 3.5+1.92 \times 5.95+1.33 \times 7.35=236.96 KN \cdot m$ 。

抗倾覆弯矩:  $M_{抗}=P_4 \times 3+2P_5 \times 1.2=1950 \times 3+2 \times 786 \times 1.2=7736.4KN \cdot m$ 。

抗倾覆安全系数:

$$K = \frac{M_{抗}}{M_{倾}} = \frac{7736.4}{236.96} = 32.6 \gg [K] = 1.3, \text{ 满足规范要求。}$$

由此可见, 架桥机在携梁横移偏载状态时, 架桥机不会发生倾覆。

## 7 横移轨道强度验算

按照架桥机参数, 架设边梁时天车至主梁极限位置为 1.2m, 此位置也是边梁就位中心线。该项目边梁中心距盖梁边缘 0.7m, 因此架桥机前支轮箱超出盖梁外侧  $1.2-0.7=0.5m$ , 即悬臂 0.5m。若前、中横移轨道强度满足要求, 则架桥机不会倾覆。

### 7.1 架桥机支腿荷载计算

(1) 以天车横梁为研究对象, 在架边梁时, 求平车对桥机两侧主梁的支点反力, 计算简图如图 4 所示。

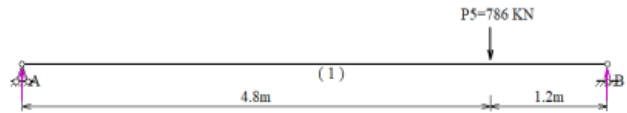


图4 计算简图

支座 结点	结点约束反力			合力		
	水平	垂直	力矩	大小	角度	力矩
1	0.00000000	157.200000	0.00000000	157.200000	90.00000000	0.00000000
2	0.00000000	628.800000	0.00000000	628.800000	90.00000000	0.00000000

由力学求解器求支点约束反力值, A 端支点反力为  $R_a=157.2KN$ , B 端支点反力为  $R_b=628.8KN$ 。

(2) 支点反力压在桥机主梁上, 先取天车偏移一侧主梁为研究对象, 计算前托及中托支腿处的反力, 该反力直接作用在横移轨道上方, 计算简图如图 5 所示。

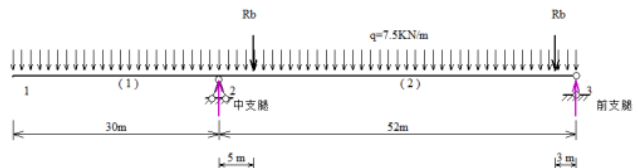


图5 计算简图

支座 结点	结点约束反力			合力		
	水平	垂直	力矩	大小	角度	力矩
2	0.00000000	1084.61538	0.00000000	1084.61538	90.00000000	0.00000000
3	0.00000000	772.984615	0.00000000	772.984615	90.00000000	0.00000000

由力学求解器求支点约束反力值，中托支点反力 1084.62KN，前托支点反力 772.98KN。

### 7.2 前横移轨道强度验算

架设边梁时，前托、中托支点反力作用在横移轨道上，作用点位于盖梁外侧 0.5m，此时前横移轨道弯矩：

$$M_{max} = 772.98 \times 0.5 = 386.5 \text{KN} \cdot \text{m}。$$

如图 6 所示，前横移轨道采用 4 根 I40b 工字钢对焊，左右两侧加 10mm 厚钢板，上方焊钢轨组成，单根轨道梁的抗弯模量为：

$$W_x = 1139 \times 4 + \frac{1 \times 40^2}{6} \times 2 = 5089.3 \text{cm}^3。$$

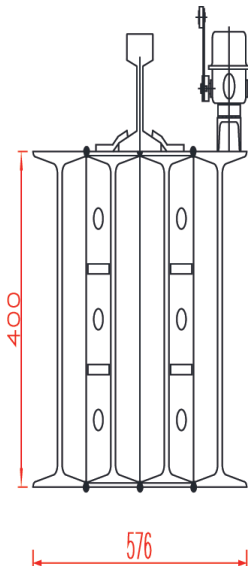


图 6 前横移轨道断面图

此时工作应力

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{386.5 \times 10^6}{5089.3 \times 10^3} = 75.9 \text{Mpa} < [\sigma] = 170 \text{Mpa}，$$

前横移轨道强度可以满足要求。

### 7.3 中横移轨道强度验算

中横移轨道弯矩： $M_{max} = 1084.62 \times 0.5 = 542.3 \text{KN} \cdot \text{m}。$

中横移轨道采用 3 根 +3 根 I40b 工字钢对焊而成，左右对焊结构采用 I12.6 工字钢和 [10 槽钢连接，上方焊钢轨组成，单根轨道梁的抗弯模量为： $W_x = 1139 \times 6 = 6834 \text{cm}^3。$

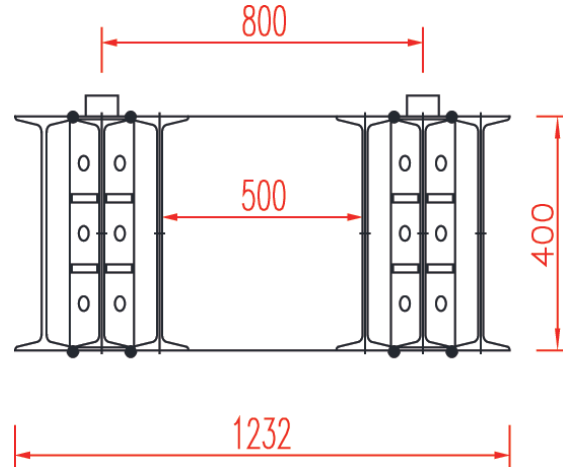


图 7 中横移轨道断面图

此时工作应力

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{542.3 \times 10^6}{6834 \times 10^3} = 79.4 \text{Mpa} < [\sigma] = 170 \text{Mpa}，$$

中横移轨道强度可以满足要求。

## 8 结语

根据上述计算结果可知，架桥机在过孔和架边梁时均能满足规范要求，不会发生倾覆。按照架桥机厂家设计，前支轮箱可偏移横移轨道外侧最大距离为 0.8m，该项目架梁仅需偏移 0.5m，可满足安全要求。

因架桥机在纵移及横移时速度较慢，所以未考虑水平制动荷载。但在现场架梁时，作业人员要严格遵循安全操作规程及使用说明书相关要求，并将架桥机组装完成后报当地质量技术监督部门检查验收。同时，在架设边梁前，项目技术人员要提前检查导轨限位器是否灵敏可用，控制好横移距离，确保架梁安全。

## 参考文献

- [1] 全国起重机标准化技术委员会组织编写. GB/T 3811-2008《起重机设计规范》释义与应用[M]. 北京: 中国标准出版社, 2008.