

# Construction of Steel Box Girder of Broken Arm Crane under Strong Electric Line

Tao Ma

China Railway Bridge Bureau Group Co., Ltd., Northeast Branch, Shenyang, Liaoning, 110179, China

## Abstract

In recent years, urban infrastructure construction speed up, more and more urban viaduct project, large span steel box girder application in viaduct also increasing, considering the different urban construction conditions and construction difficulty, steel box girder installation method is varied, including city viaduct often affected by high voltage line displacement and structures safety distance, cannot directly use conventional car straight arm crane or crawler crane installation. Based on the actual situation of the project, this paper deeply analyzes the construction technology of steel box girder erection of the broken arm crane in the complex environment, hoping to provide reference for the construction of urban steel box girder erection.

## Keywords

folding arm crane; steel beam erection; bridge

# 强电线路下折臂吊机钢箱梁架设施工

马涛

中铁大桥局集团有限公司东北分公司, 中国·辽宁 沈阳 110179

## 摘要

近年来城市基础设施建设速度加快, 城市高架桥项目越来越多, 大跨度钢箱梁在高架桥的应用也日趋增多, 考虑到城市施工条件的不同及施工难易, 钢箱梁的安装方法也多种多样, 其中城市高架桥经常受高压线路排迁及建构物安全距离影响, 无法直接使用常规汽车直臂吊机或履带吊安装。论文从项目实际出发, 深入剖析了折臂吊机在复杂环境下的钢箱梁架设施工技术, 希望通过论文的探讨为城市钢箱梁架设施工提供参考。

## 关键词

折臂吊机; 钢箱梁架; 桥梁

## 1 引言

论文通过分析城市高架桥实际复杂环境下的钢箱梁架设条件, 对不同条件及不同形式钢箱梁的架设方式及方法进行方案对比及经济性对比, 通过可靠的技术手段确保架设时的安全和适用性, 为更多更复杂的城市钢箱梁架设提供了可靠依据, 实现了从无到有的实践经验, 解决了折臂吊机的选型、站位、吊重、吊装顺序等技术难题, 具有较大推广价值。

## 2 工程概述

沈辽路高架桥项目主线全长 1345.84m (其中桥梁长 1191.84m, 引道长 154m)。共设有 C、D 两幅匝道桥, 项目共计 5 联钢箱梁其中第 48 联为项目总体关键性控制节点工程。受沈辽路既有 66kV 高压线路影响, 钢箱梁吊装难度大。

钢箱梁为单箱五室断面, 梁高(中心处) 2.295m。横

坡为双向 1.5%, 横坡通过调整主梁腹板高度调整。主桥横向划分 5 个节段, 纵向划分 3 个节段, 共 15 节段, 钢箱梁基本设计情况如表 1 所示。

表 1 钢箱梁分段重量及尺寸表

分段编号	分段长度(mm)	分段最大宽度高度(mm)	分段重量(t)
48-G1-H5	17500	5850×2134	49.62
48-G2-H5	15000	5850×2134	43.08
48-G3-H5	17500	5850×2134	50.08

## 3 钢箱梁架设要点

钢箱梁架设区域为沈阳市于洪区重要商业区且架设梁段位于丁字路口, 施工时无法封闭, 且为保证顺桥向双向及横桥向单向行车通行, 不可使用大型吊装设备占用道路<sup>[1]</sup>, 且考虑钢箱梁边缘在水平投影方向与 10kV 及 66kV 高压线几乎重合, 竖直方向距离为 6.5m, 作业空间狭小, 施工条件复杂难度大。

【作者简介】马涛(1990-), 男, 回族, 中国宁夏灵武人, 本科, 工程师, 从事桥梁工程。

### 3.1 吊机选型

①常规汽车吊机：为满足钢梁吊重，需常规汽车吊机 110t 以上 2 台，按照机械性能要求基本臂 14.9m，支腿伸出 7.9m，吊钩长度 1.0m，钢丝绳长度 1.5m。

②履带式吊机：按照 300t 额定起重重量考虑，履带吊基本型主臂长 24m，主臂变幅角度为 -3°~84°，塔式副臂长度 24m，运输状态最大尺寸长 × 宽 × 高 = 11.2m × 3.35m × 3.4m

③折臂吊机：80t 折臂吊机整机工作时支腿伸出最大宽度 7.9m，前端长度 2.844m，最大吊重 80t，最大吊幅 13.97m，最小吊幅 4.0m。

梁底高程 43.737m，起吊前高度为 40.178m，起吊高度为 3.559m，因本次钢梁架设空间小，起重高度要求高，且箱梁吊装区距离道路边缘仅一车道，为不设支架原位吊装，综合考虑起重臂上扬高度对高压线的安全影响，折臂起重机因其吊臂弯折水平吊装而得名，吊臂可在水平面延展且折臂起重机吊臂更长，旋转半径更大，同等吊重下折臂吊机可实现更小角度吊装。因此，折臂吊机可以实现起重臂 + 吊绳 + 吊具长度小于 1.5m 以保证与高压线作业安全距离 5.0m。

由各节段高程可知，梁段最大起吊高度均小于 6m。查 80t 折臂吊性能表（表 2）知吊装半径为 9m，80t 折臂吊吊重约 33.3t，考虑安全系数 1.2 后可吊重 27.75t，两台 80t 折臂吊吊重 55.5t，满足最大梁重吊装要求。

表 2 80t 折臂吊性能表

幅度(m)	4	5.5	7	8.5	10	12.17	13.97
荷载 (kg)	90000	68000	49000	38000	31000	24500	20000

经现场勘查，本次吊装工况为图示 A 区，可以按起升性能曲线（图 1）排上数值的 100% 作业。

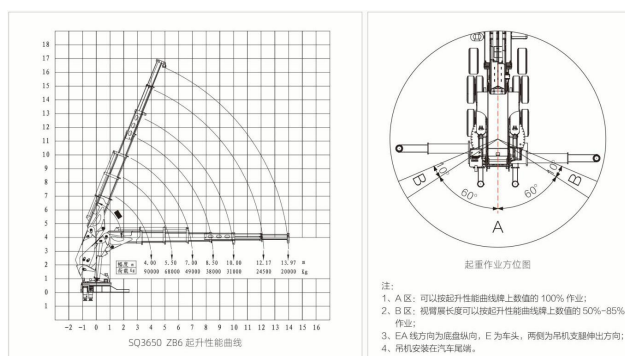


图 1 80t 折臂吊吊装曲线图

### 3.2 吊具的选型

#### 3.2.1 钢丝绳选择

根据钢箱梁节段分别重 49.62t、43.08t、50.08t，采用两台折臂吊合力吊装，在端头各设 2 个吊耳，每个吊耳上 1 根钢丝绳吊装，采用 4 根 6 × 37+1 型号 Φ52 钢丝绳吊装，吊索处于与铅垂线 30° 角状态，根据公式  $P=Q/n \times \cos\alpha$ ，其

中 P：每根钢丝绳所受的拉力；Q：起重重力（N）；n：使用钢丝绳的根数；α：钢丝绳与铅垂线的夹角。

因此单根钢丝绳受拉力最大为  $P=300kN/2 \times \cos30^\circ=259.8kN$ 。

钢丝绳的破断拉力总和  $S=P \times K/a$ 。其中，P：钢丝绳的容许拉力；S：钢丝绳的钢破断拉力总和（kN）；a：考虑钢丝绳之间荷载不均匀系数，对 6 × 37 型号钢丝绳，a 取值为 0.82<sup>[2]</sup>；K：钢丝绳使用安全系数，取值为 5。

$$S=P \times K/a=259.8kN \times 5/0.82=1584kN$$

选用直径为 52mm，公称抗拉强度为 1700MPa 破断力总和为 1705kN 的钢丝绳，1705kN > 1584kN 满足吊装要求。

表 3 为钢丝绳安全系数，表 4 为钢丝绳破断力数据。

表 3 钢丝绳安全系数

使用情况	安全系数	使用情况	安全系数
缆风绳用	3.5	用作吊索无弯曲时	6~7
用于手动起重设备	4.5	用于捆绑	8~10
用于机动起重设备	5-6	用于载人升降机	14

表 4 钢丝绳破断力数据

直径		钢丝绳的抗拉强度 (MPa)				
钢丝绳 (mm)	钢丝 (mm)	1400	1550	1700	1850	200
		钢丝绳破断拉力总和 (KN)				
43.0	2.0	975.50	1080.00	1185.00	1285.00	1390.00
47.5	2.2	1180.00	1305.00	1430.00	1560.00	—
52.0	2.4	1405.00	1555.00	1705.00	1855.00	—
56.0	2.6	1645.00	1825.00	2000.00	2175.00	—

#### 3.2.2 卡环选择

根据钢箱梁各分段重量，采用四组 U 型卡环吊装，单个 U 型卡环承受重量按 25t 选择，这里选择 U 型卡环 S-BX 30（JB8112—1999）或者 30t 以上 U 型卡环均可。

#### 3.2.3 吊耳选择

由于单根钢丝绳所受拉力为 259.8kN，一根钢丝绳吊装则吊耳受力 25t，根据吊耳规范选择吊耳型号 B25T 或者 B25T 以上均可以满足要求。

#### 3.2.4 吊耳布置

考虑到高压线距离本次吊装梁边线较近，且梁面距离高压线仅为 6.5m 左右，因此在距离梁端 2.0m 处，梁段中心处两侧各一米位置设置吊耳，共计 4 个吊耳，吊装角度为 30 度，钢丝绳吊装长度为 58cm。

#### 3.2.5 吊机站位

根据现状吉利湖街情况，边梁不设置临时支架，梁车由西至东就位于即将架设安装位置<sup>[3]</sup>，两台曲臂吊机均站立于梁边南侧位置垂直起吊至设计高度，调整平面位置及标高完成后开始码板，吊装过程中吊车不松钩，顶板码板全部完成后方可松钩。

### 3.3 控制要点

钢箱梁吊装区域为丁字路口且箱梁位于曲线部分(圆曲线半径  $R=500m$ )，前文叙述 66kV 高压线在水平向投影与钢梁外边线几乎重合，考虑钢箱梁吊装时吊机的站位及吊装角度的选择尤为重要，吊机旋转轴必须在高压线及钢箱梁之间范围内才能确保起重臂抬起时高度在安全距离范围内。

此次架设梁段为边梁且位于曲线超高处，架设采用无支架构架法，吊装后的钢箱梁稳定性为安全质量控制要点，项目利用 50t 叉车焊接 4 根 630 管桩作为可移动临时支撑，在钢箱梁架设焊接期间提供临时支撑点。

钢箱梁的焊接关键控制在顶底板码板的焊接及内箱隔板的焊接，顶板底板每 20cm 采用  $600 \times 300 \times 20$  码板码焊，隔板按照要求每隔一条满焊，完成后即可摘除吊钩完成架设。

### 4 折臂吊机与直臂吊机优缺点分析

①折臂吊工作效率更高。由于折臂吊采用多个液压袖缸形成类似关节的吊臂连接机构，使其完成动作更快，工作效率也更高。而直臂吊采用的是一套钢丝绳的收放起升机构，卷筒正转吊钩上升，反转放绳吊钩下降，其工作效率相对较低。

②折臂吊更适合狭窄工作环境，这是由其结构所决定，折臂吊更适合在工厂仓库等比较狭小的工作环境。而直臂吊由于其结构所需的操作空间更大。

③折臂吊占用的整车空间更小，占用空间上一目了然。折臂吊在运货的时候能将整个吊臂收缩在一起，占用空间相对更小，而直臂吊的吊臂只能水平放置，车辆在行驶时占用的空间较大。

表 5 为折臂式吊机使用性能对比。

表 5 折臂式吊机使用性能对比表

项目	工作效率	工作空间要求	占用运输空间	实现垂直起降难易程度	可工作范围	操作难度	购买成本
折臂式	高	狭窄工作环境可工作	不占用	容易	相对小	低	高
直臂式	低	广阔工作环境方可工作	占用	容易	较大	低	低

### 5 结语

折臂吊机钢箱梁架设的关键是在复杂环境下的吊重及吊距的计算，通过有效的利用折臂吊机独特的吊装性能可以实现在城市高架桥施工过程中钢箱梁不利条件下的架设，从而避免因了因既有高压线控排迁引起的工期滞后、生产窝工等，圆满的实现了沈辽路高架桥项目合同工期，赢得了社会

效益。实现了以方案创优创效的根本目的，也为今后类似条件下的施工提供并积攒了施工经验。

#### 参考文献

- [1] 国家安全生产监督管理局. 电力设施保护条例实施细则[J]. 山东省人民政府公报, 1999(4): 1-3.
- [2] JTG/T 3650—2020 公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] GB/T 39480—2020 钢丝绳吊索使用和维护[S].