# 高速公路立交桥大型钢箱梁运输安装技术

刘 明

(中国二冶集团有限公司安装租赁公司,内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 文章介绍了鄂尔多斯康巴什至机场高速公路与包茂高速公路立交桥特大型钢箱桥梁运输、安装施工方法,对因场地、路面、架空线路等因素造成的施工难点有针对性的提出了解决办法,为今后类似的桥梁施工作业提供参考。

**关键词:** 立交桥; 钢箱梁; 安装运输

**中图分类号:** TU758.15 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)02-0078-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.02.024

# Transportation and Installation Technology for Large Steel Box Girder of Expressway Overpass

*LIU Ming*

(*Installation and Leasing Co. of China Second Metallurgy (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

**Abstract:** In this paper, it introduces the transportation and construction method of installation for large steel box girder of the expressway overpass connecting Ordos Kang Bashi - Airport expressway and Baotou - Maoming Expressway, puts forward the solutions to construction difficulties caused by factors such as site, road surface, overhead lines, and provides reference for the similar bridge construction operation in the future.

**Key words:** overpass; steel box girder; transportation and installation

随着我国筑路技术和装备制造技术的快速发展,高速公路上的大型桥梁和隧道建设也取得了突破性的进展,使我国桥梁和隧道建设技术水平跻身世界先进行列。鄂尔多斯康巴什至机场高速公路与包茂高速公路立交桥大型钢箱桥梁的运输和安装施工,为类似立交桥建设施工及解决复杂场地等施工难点问题提供了成功的范例,积累了宝贵的经验。

## 1 工程概况

康巴什-机场高速公路K2+967跨包茂高速公路K145立交桥为东西走向的三跨分离式立交桥,桥长130 m。东西两跨跨度为35 m,中间跨度为60 m,该桥分左、右(北、南)两幅。桥梁为钢结构箱形梁,每幅桥梁宽13.5 m,高2.7 m,每米重量约9.0 t,桥梁总重约2 400 t。为便于桥梁制作和安装,每幅桥梁分8段,共分成16段,分别在大桥东、西场地各制作8段。制作单元的最大长度为19.4 m,最大重量为175 t。

## 2 钢箱梁运输和安装难点

### 2.1 钢箱梁运输难点

钢箱梁分别在大桥东、西两头设在高速公路路

**收稿日期:** 2016-09-12

**作者简介:** 刘 明(1971-),男,内蒙古巴彦淖尔市人,工程师,现从事起重机械管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

基上的制作场地同时制作，场地大小约 40 m × 150 m。东制作场地路基较低且距大桥最近距离 90m，中间有两趟为包西铁路供电的 24 kV 高架输电线路且距地面最低距离 13 m，制作如图 1 所示的②、④、⑦、⑧、⑪、⑫、⑬、⑭号桥梁；西制作场地路基较高距大桥最近距离 80 m，场地到大桥间是 15°的坡道，制作如图 1 所示的①、③、⑤、⑥、⑨、⑩、⑮、⑯号桥梁。由于制作场地狭小、桥梁体积大、重量大、施工单位无法增加施工预算的情况导致桥梁的运输十分困难。

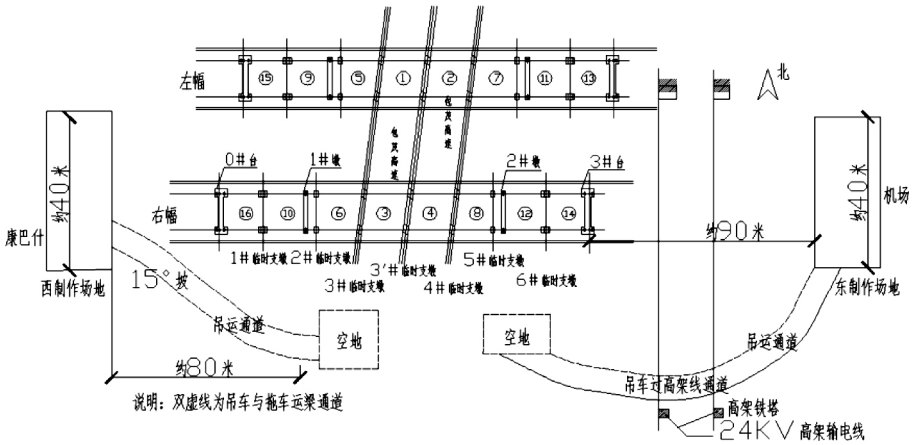



图 1　跨包茂高速钢箱梁制作安装场地示意图

(1) 由于场地狭小，没有辅助起重机的站位。门型吊的起重能力又远远不够，因此无法将桥梁装上运输车辆。

(2) 由于桥梁体积太大(宽度达 13.5 m)，常规的运输车辆无法将桥梁安全运走。

### 2.2　钢箱梁安装难点

钢箱梁的安装顺序及安装场地如图 2 所示。承建单位为便于安装，分别在 0#台和 1#墩之间(西跨)及 2#墩和 3#台之间(东跨)设置 1#、6#临时支墩，在 1#墩和 2#墩之间(中跨)设有 2#、3#、3′#、4#、5#临时支墩。

由于大桥承建单位对大桥桥梁制作和安装做了如图 2 所示的前期安排，为后期的桥梁安装增大了难度。

(1) 安装场地小，桥梁没有临时放置的位置。

(2) 包茂高速公路只能临时封闭半幅路面，安装中不得做临时全线封闭。

(3) 吊装车辆不得压到包茂高速公路的路面。

针对复杂的施工条件，在承建单位无法增加施工预算的条件下，经过反复的论证和计算，最后提出可行的施工方案。

## 3　钢箱梁运输安装施工方案

根据施工现场桥梁临时支墩的布置情况，将左幅桥的八段桥梁由西向东(0#台→3#台)依次标定为⑮、⑨、⑤、①、②、⑦、⑪、⑬号桥梁，右幅桥的八段桥梁由西向东(0#台→3#台)依次标定为⑯、⑩、⑥、③、④、⑧、⑫、⑭号桥梁(如图 2 所示)。由于⑮、⑨、⑤、①和⑯、⑩、⑥、③八段桥梁在西场地加工制作，②、⑦、⑪、⑬和④、⑧、⑫、⑭桥梁在东场地加工制作，故将桥梁的运输、安装相应的分为东部和西部(以包茂高速中间隔离带为界)两个部分进行交替运输安装。运输、安装的顺序为：①—③、②—④、⑤—⑥、⑦—⑧、⑨—⑩、⑪—⑫、⑬—⑭、⑮—⑯。桥梁安装时履带吊车行车路线如图 2 虚线所示。

中国知网　https://www.cnki.net

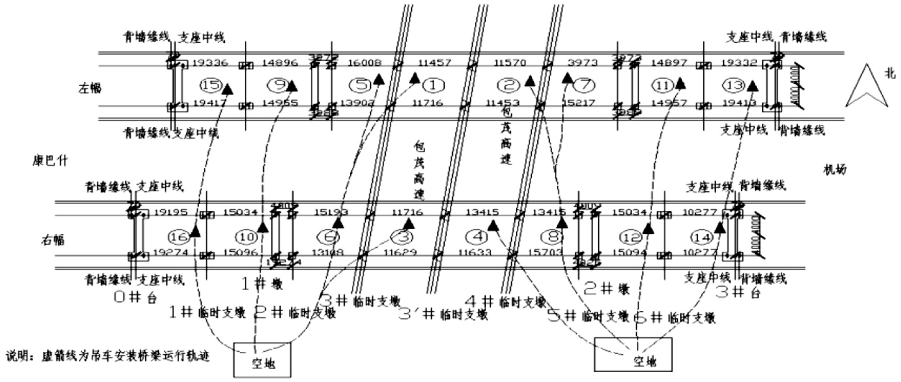



图2 跨包茂高速钢箱梁安装顺序图

### 3.1 西部桥梁运输安装

由于桥梁制作场地距桥梁安装场地距离约80 m，场地较为空旷且地面无重大障碍物，空中无架空输电线路，在充分做好地质调查、地基处理和场地平整的条件下，决定由SCC6500(650 t)履带吊车将八段桥梁依安装次序逐段从制作场地吊运到安装场地并安装，为安全起见坡路部分吊车倒退行驶。这样就解决了常规方案无法实现桥梁装车、运输和临时摆放的困难。桥梁安装次序为：①→③→⑤→⑥→⑨→⑩→⑮→⑯。如图2所示安装①、③桥梁时吊车需在2#与3#临时支墩间行车及站位，而2#与3#临时支墩间最小有效使用距离仅11.9 m，无法满足吊车行车(吊车履带宽12 m)和回转的要求，故需要在①、③桥梁安装完成后再设置2#临时支墩。

### 3.2 东部桥梁运输安装

由于东部制作场地距桥梁安装场地约90 m的距离，其间有两组南北走向距地面约13 m高的架空输电线路无法停电，致使650 t履带吊车无法独立完成吊运桥梁的任务，必须由运输车辆配合将桥梁从高压线下通过。经过方案的比较和甄选，最终决定由650 t履带吊车在高压线东边装车并在高压线西边卸车，桥梁由两辆拖车并排行驶托运过高压线下，履带吊车降低臂杆后从高压线下安全通过，最后由650 t履带吊车将桥梁依次逐段安装就位。安装次序为：②→④→⑦→⑧→⑪→⑫→⑬→⑭。如图2所示安装②、④桥梁时吊车需在4#与5#临时支墩间行车及站位，而4#与5#临时支墩间最小有效使用距离仅12.2 m，无法满足吊车行车(吊车履带宽12 m)和回转的要求，故需要在②、④桥梁安装完成后再设置5#临时支墩。

## 4 设备设施选配计算及控制

### 4.1 吊装设备选配

根据桥梁的外形尺寸、重量和安装场地的实际情况，选用SCC6500(650 t)履带吊车作为主力吊车。选48 m主臂工况，后配重190 t，中央配重80 t，吊钩200 t。

### 4.2 吊索选配及吊点控制

吊索采用规格为$6\times37+F_c$，直径$d=43$ mm，抗拉强度$R=1\ 770$ MPa，钢丝破断拉力总和$P_{总}=1\ 260$ kN，长度为55 m的8字形钢丝绳四根，如图3所示4个吊点在桥梁顶面上以桥梁纵、横向中心线交点为几何中心的边长为9.6 m的正方形的4个角，每个吊点采用四股挂五头的方式用55 t卡环将下边两个头固定在桥梁的吊装鼻子上，上边三个头挂吊钩上。受力状态下吊索与其在水平面投影的角为60°，可以满足吊运、安装要求。

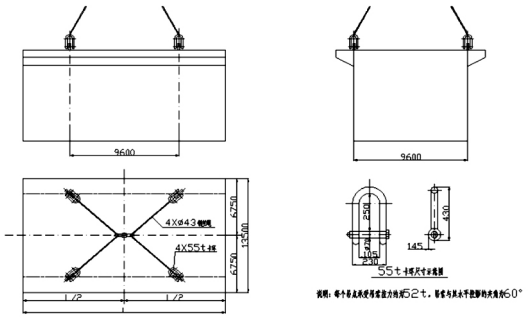



图3 桥梁吊点布置及卡环尺寸示意图

### 4.3 SCC6500履带吊车吊装计算

#### 4.3.1 吊装载荷计算

按桥梁不同长度的相应重量$G_1=105$ t、$G_2=$

中国知网 https://www.cnki.net

136 t、$G_3$ = 175 t 等三个重量等级按公式 $Q = G + G_{钩} + G_{绳} + G_{具}$ [1] 计算吊车的吊装载荷 $Q_1$、$Q_2$、$Q_3$ 分别为 112 t、143 t、182 t。

其中: $G_{钩}$ 为吊钩重量; $G_{绳}$ 为吊车起升钢丝绳重量; $G_{具}$ 为吊索吊具重量。

4.3.2　吊装计算载荷及负载率计算 [1]

当吊车分别对 $Q_1$、$Q_2$、$Q_3$ 三个级别的吊装载荷作业时，取动载荷系数 $k_1$ = 1.1，起重臂长 $L$ = 48 m，作业半径 $R_1$、$R_2$、$R_3$，计算载荷 $Q_{j1}$、$Q_{J2}$、$Q_{J3}$，负荷率 $\delta_1$、$\delta_2$、$\delta_3$ 分别为 123.2 t、157.3 t、200.2 t 和 88.63%、94.76%、97.65%

此时吊车完全满足桥梁运输安装的吊重要求。

4.4　SCC6500 履带吊车作业半径计算

4.4.1　桥梁起吊半径计算

SCC6500 履带吊履带纵向长 12 m，两条履带横向宽 10 m，桥梁宽 13.5 m。在吊运最大重量 175 t 桥梁时，在不考虑吊臂挠曲的情况下，最小作业半径 14 m，大于纵向吊运时 1/2(履带长 + 桥梁宽) = 12.8 m 的距离，满足桥梁起吊的半径要求。

4.4.2　桥梁安装半径计算

如图 2 所示，吊装①、③和②、④桥梁时、吊车作业半径 18 m，桥梁需要从 3#和 4#临时支墩上面跨过后安装就位。桥梁顶面需提升到 10 m 的高度，此时桥梁顶面中心距吊车吊臂的最大距离可达12.13 m，而桥梁中心距其外沿最大尺寸(对角线的二分之一)为 8.5 m，满足桥梁安装就位的半径要求。

4.5　吊装高度及吊索受力计算

4.5.1　桥梁提升高度

桥梁提升高度 $h_1$ = 临时桥台高度 + 调整高度 + 桥梁高度 = 6.3 m + 1.0 m + 2.7 m = 10 m。

当桥梁安装最小作业半径取 14 m 时，桥梁顶面可以被提升到 15 m 高度，满足桥梁吊装的高度要求。

4.5.2　吊钩提升高度

吊钩地上提升高度 $h_2$ = 临时桥台高度 + 调整高度 + 桥梁高 + 吊索垂直高度 = 6.3 m + 1.0 m + 2.7 m + 11.78 m = 21.78 m。

由吊车的载荷表可知: 当回转半径分别取 14 m、16 m 和 18 m 时，吊钩地上提升高度分别达 43 m、42 m 和 41 m，满足吊钩提升高度要求。

4.5.3　吊索受力计算

经计算，安全系数 $K > 8$，满足安全要求。

## 5　吊车场地间通行的技术保证

5.1　履带吊车通过高架输电线路

根据国家标准规定，电压 20 ~ 40 kV 时沿垂直方向的安全距离不小于 4 m，履带吊臂杆落下后主臂扳起桅杆上部处于 10 m 高的位置，距离高压线 3 m，小于 4 m 安全距离 [2]。于是将临时通道设置在距高架铁塔较近的地方，保证了履带吊最高点距高压线 4 m 的安全距离。

5.2　履带吊车通过包茂高速

履带吊通过包茂高速时，对高速公路进行了双向临时封路 20 min 的时间，同时在高速公路上横向铺设两块长 6 m、宽 2 m、厚 16 mm 的钢板且钢板中心距离为 8.5 m，用来保护路面的完好。

该工况下履带起重机自重 522 t。因为履带吊车对路面的压力 1.634 kg/cm$^2$ < (5 ~ 15) kg/cm$^2$。故路面是安全的。

## 6　结束语

从该桥梁运输安装工程可以看出，施工组织设计的合理与否，直接影响着后期各施工环节的难易程度和施工效率的高低与否。该工程是成功解决特大型钢箱梁运输和安装中一系列难题以及大型履带吊车横过高速公路和高架输电线路的成功范例。吊车吊运大型钢箱梁行走对设备的磨损较大，同时对吊车操作人员和指挥人员的技术要求较高，对安全措施的要求较高。

### 参　考　文　献

[1]　江正荣. 建筑施工计算手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社，2001.

[2]　北京建筑机械综合研究所. 建筑起重机械标准汇编 - 综合、建筑卷扬机与履带起重机 [M]. 北京: 中国标准出版社，2006.

中国知网　https://www.cnki.net