

受限空间双机抬吊法箱梁架设施工技术

乐闻多

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川成都 611330)

摘要: 依托雄安新区 K1 快速路(一期)项目下穿京雄城际立交工程, 针对该工程空间受限段 30 m 简支箱梁架设方法的拟定、设备的选择、基础的处理, 以及架设期间采取的安全控制措施进行的前期策划、中期论证和后期验证, 通过现场调查、理论模拟、对比分析与文献查阅等方法, 总结出关于受限空间段采用抬吊法进行箱梁架设施工过程控制的经验, 旨在为后续类似工程施工方案的拟定和现场组织参考。

关键词: 受限空间; 抬吊法; 带载行走; 箱梁架设; 京雄城际立交

中图分类号: U215; U215.1; U215.7

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2024)增 2-0053-05

Construction Technology of Box Girder Erection Using Double Crane Lifting Method in Confined Space

YUE Wenduo

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 611330)

Abstract: This article relies on the Xiong'an New Area K1 Expressway (Phase I) Project under the Beijing Xiong'an Intercity Interchange. The preliminary planning, mid-term demonstration, and later verification of the construction method, equipment selection, foundation treatment, and safety control measures are carried out for the 30m simply supported box girder erection in the limited space section of the project, and through on-site investigation, theoretical simulation, comparative analysis, literature review, and other methods, the construction process control data on the lifting method for box girder erection in the limited space section are summarized, providing reference for the formulation of similar construction plans and on-site organization in the future.

Key words: Limited space; Lifting method; Walking with load; Box girder erection; Beijing Xiong'an Intercity Interchange

1 概述

在各种工程项目建设过程中, 常常需要使用起重设备吊装一些长宽比较大的构件, 如箱梁、钢桁梁、钢结构主梁、钢杆件及尺寸较长的装配式梁板等。而采用传统的单台起重设备在解决此类构件吊装工作中对吊点位置的选择、构件偏转的控制、对抗风荷载的影响等问题时缺少安全有效的控制手段, 因此, 使用双机抬吊法吊装大型构件的做法被越来越多地应用到各种工程中。但作为特殊的吊装工法, 其实施细节还缺少规范性文件的完整指导。笔者通过双机抬吊法在实际工程中的运用, 对该工法进行了较为深入的总结。

K1 快速路(一期)项目属于市政工程, 其主线

结构为暗埋隧道, 地面辅路为沥青混凝土路面结构, 其辅路与主线空间垂直。该暗埋隧道下穿高速铁路处采用敞口 U 型槽结构, 地面辅路下穿高速铁路采用双幅十二片先简支后连续小箱梁并排形成(以下简称下穿桥), 自下而上的结构为钻孔灌注桩、矩形承台、桥墩、盖梁、垫石与箱梁。该桥梁在平面位于一条直线上, 与高速铁路的交叉角度为 90° 。

(1) 下穿桥平面空间受限情况: 下穿桥所处里程现场正在进行明挖暗埋隧道的施工, 导致大型机械无法通过。鉴于下穿桥线路左侧现场正在进行管廊施工, 若采用在左侧吊装架梁的方案对管廊结构损伤较大且运梁车无法避开管廊范围。而下穿桥右侧存在宽阔的场地。

收稿日期: 2024-06-30

(2)下穿桥垂直空间受限情况:下穿桥桥下U型槽侧的地面距离高速铁路连续梁底较近,进而限制了起重设备本身的高度、起重臂长度及吊装半径等。

下穿桥盖梁顶部的垫石距离高速铁路连续梁底较近,限制了箱梁起吊后水平移动的空间。

下穿桥桥下U型槽底板距离高速铁路连续梁底较小,限制了起重设备的高度、起重臂长度、吊装半径等。

2 施工方案与设备的选择

2.1 方案的拟定

箱梁的常规架设方案主要有:跨墩龙门吊架设法、架桥机架设法、人字扒杆架设法与双机抬吊架设法等。笔者通过对下穿桥平面与垂直空间受限情况进行分析得知:施工现场的作业条件不满足跨墩龙门吊架设法、架桥机架设法以及人字扒杆架设法的施工要求。

在综合考虑项目工期要求、现场空间受限情况和方案的经济合理性后得知:该下穿桥箱梁架设最适宜采用双机抬吊法组织施工。

2.2 起重设备的选择

双机抬吊法一般采用两台汽车吊、两台履带吊或汽车吊与履带吊搭配的形式。由于受相邻单位左线施工的影响,左幅箱梁的架设无法由线路左侧组织,且其箱梁仅能运输至线路右侧,故需考虑起重机械进入已施工完成的U型槽内依次完成箱梁的起吊、转向、带载行走、就位、落梁等操作。通过对起重机械性能、施工特点进行比选得知:履带吊相对汽车吊占用的空间更小、其可带载行走的特点能够满足施工要求。项目部最终确定采用两台履带吊作为双机抬吊法的起重设备^[1]。

考虑到在双机抬吊法施工过程中箱梁始终处于水平状态,且该箱梁为对称结构,故可认为架设过程中箱梁分配至各履带吊的荷载相等。按照最重的边梁进行计算,其边梁重92.5 t,吊钩重1.64 t,钢丝绳重0.125 t,则单个履带吊的最大吊重为 $92.5/2+1.64+0.125=48.015$ t,动载系数取1.1。

(1)单机的起吊荷载按照不超过允许荷载的80%考虑,其最大允许吊重为 $48.015\times 1.1/0.8=66.02$ t。

(2)单机的起吊荷载在带载行走时按照不

超过允许荷载的70%考虑,其最大允许吊重为 $48.015\times 1.1/0.7=75.45$ t。

(3)根据下穿桥边梁位置特点,双机抬吊法在U型槽内进行左幅边梁架设时,其作业半径应达到13 m方能满足落梁位置要求。

综合以上三点要求且通过对各型号履带吊性能参数进行查询核对,最终确定采用最大起重量为200 t的履带吊作为双机抬吊法起重的设备。

2.3 钢丝绳的选择

架设时,箱梁采用钢丝绳兜底法。钢丝绳与箱梁的水平夹角为 60° ,单独吊点对应的重量 G 为46.25 t。根据《建筑施工起重吊装安全技术规范》JGJ 276-2012对安全系数的要求:“当用吊索直接捆绑重物,且吊索与重物棱角间采取了妥善的保护措施时,应取6~8”。笔者结合现场实际情况对其安全系数 n 取7,此时吊索与箱梁的水平夹角为 60° ,钢丝绳吊索拉力 $F=n\times 0.58\times G=7\times 0.58\times 46.25\times 10=1\ 877.75$ kN,故最终选取6×37 M-FC右交互捻、直径为60 mm、公称抗拉强度为1 770 MPa的钢丝绳,该钢丝绳的最小破断力为1 880 kN(吊索拉力、钢丝绳属性参照《钢丝绳通用技术条件》GB/T 20118-2017)。

3 履带吊工作支承面的处理

(1)U型槽外地基的处理。待U型槽侧墙施工完成、强度达到设计要求后,施作防水并对U型槽外侧基坑进行分层回填。其回填料采用3.5%的水泥土薄层碾压,分层厚度为15 cm,压实度取0.94;对靠近U型槽2 m范围内采用小型机具夯实,其余部位采用18 t压路机静压压实并进行承载力检测,其承载力应不小于150 kPa,水平坡度不大于1%。

受垂直方向空间受限的影响,按照距离U型槽墙顶2.3 m对槽外进行回填,适当顺坡。

架梁过程中,必须观察地基土是否出现明显的沉降,若有,则应立即停止施工并对地基进行重新碾压、重新加固与检测。

(2)U型槽内的地基处理。在U型槽底板处设有0.5 m高的低矮中隔墙。为降低其对U型槽底板结构的影响及方便施工后的清理,在底板顶部铺设岩棉被,其上采用3.5%的水泥土填筑,分层厚度为25 cm,压实度取0.94,高度为50 cm。

夯实采用小型机具,其承载力不小于 150 kPa,水平坡度不大于 1%。

架梁过程中,需要配置一定数量的级配碎石用于处理履带吊转向引起的回填土挤压形成的坑道。

4 涉铁段架梁采取的防护措施

(1)高速铁路桥墩的防护。架梁施工前,在距离铁路桥墩 1 m 位置设钢管围栏,该围栏采用红白油漆标识。围栏内侧沿桥墩面挂设废旧橡胶轮胎作为防护,其挂设高度为 2 m。

(2)履带吊的限位及报警。架梁施工用的履带吊在其车身四角及主臂顶部设置限位和报警装置,以确保吊装施工期间与高铁桥墩及铁路桥梁保持大于 2 m 的安全距离。

使用履带吊进行吊装作业时,必须严格按照吊装的允许半径进行施工。作业前,对履带吊操作人员进行技术交底,明确吊装半径范围,严禁超限以确保履带吊作业符合《履带起重机》GB/T 14560—2016 的要求,避免发生超重倾覆。

(3)高铁桥墩的变形监测。下穿桥梁架梁施工期间,坚持对高铁桥墩进行变形监测。特别是针对涉铁段架梁施工期间必须对监测频率进行加密。每日按要求收集、整理监测数据并按要求报送铁路施工单位和建设单位。变形监测期间,如发现监测出现异常变化时应立即停止架梁施工,待查明原因、采取措施、变形数据恢复正常后方可重新组织架梁施工。

5 抬吊法架设箱梁

根据施工现场的实际情况,按照先左幅后右幅的顺序组织箱梁的架设施工,左幅与右幅采用抬吊法架设箱梁时存在不同的工况。

左幅:受现场箱梁运输只能到达线路右侧的影响,200 t 履带吊在 U 型槽外不能满足左幅箱梁的吊装距离要求,且受线路左侧无施工工作面的影响,左幅箱梁采用抬吊法架设时,两台履带吊需进入 U 型槽内进行吊装作业。

右幅:履带吊处于 U 型槽右侧时,采用抬吊法施工的吊装半径满足现场需求。

笔者对操作相对复杂的左幅箱梁采用抬吊法施工的情况介绍如下:

(1)履带吊的位置准备。两台 200 t 履带吊(以下简称履带吊 A、履带吊 B)到达现场后,将其

停放至 U 型槽右侧。对履带吊 A 进行拆解,利用未拆解的履带吊 B 将履带吊 A 拆解后的各部件吊装入 U 型槽内并重新组装。待履带吊 A 在 U 型槽内组装并测试完成后,拆解履带吊 B,由履带吊 A 将履带吊 B 拆解后的各部件吊装入 U 型槽内进行组装,继而完成两台履带吊由槽外转移至槽内的位置准备。

两台履带吊的作业位置需要综合考虑起重臂的吊装半径、作业时盖梁与起重臂的位置关系、起重臂与 U 型槽的位置关系、落梁位置、移动方向等进行计算后确定。

两履带吊的履带方向均垂直于 U 型槽轴线。

(2)箱梁待吊位置的准备。通过运梁车将箱梁从制梁场运输至 U 型槽右侧,平行于线路方向停放。对于箱梁的待吊位置一定要充分考虑履带吊设备的高度、起重臂尺寸、箱梁本体尺寸、钢丝绳收放高度、吊装半径、盖梁高度、高铁连续梁底高度、箱梁吊点位置^[2]等进行综合计算后确定,避免受限空间内的结构冲突。

(3)箱梁位置的转换。考虑到左幅箱梁的架设位置与箱梁起吊的位置处于履带吊两侧,在左幅箱梁架设时需要通过两台履带吊协同转动将箱梁由履带吊右侧转换至履带吊左侧。具体的操作方法为:①两台履带吊分别吊起箱梁的两端,吊点距离箱梁端部 1 m,其吊起高度需满足箱梁底部高于盖梁顶垫石的要求,并需保持箱梁两端高度水平,避免偏载,满足平面转动的条件。②两履带吊保持吊装半径不变同向转动,将箱梁的一端通过协同转动调整至两履带吊之间,其中一台履带吊的起重臂投影与箱梁轴线处于同一直线上^[3]。③起重臂与箱梁轴线处于同一直线上的履带吊继续向线路右侧转动,另一台履带吊协同转向(转动方向与之前相反)。④箱梁通过两履带吊之间的空间完成由右侧向左侧的转换。箱梁位置转换情况见图 1。

(4)带载行走。当箱梁位置转换至履带吊左侧后,两履带吊根据落梁位置和行走方向适当调整箱梁的位置,保持吊装半径和箱梁的吊起高度不变,带载行走,将箱梁移动至落梁位置上方。

(5)落梁。箱梁移动至落梁位置上方后,两履带吊停止前进,人工配合履带吊完成桥梁支座的



图1 箱梁位置转换图

安装及落梁就位。重复上述过程,完成左幅箱梁的架设。

右幅箱梁采用抬吊法施工时,运梁车将箱梁运输至平行于U型槽的右侧,采用两台履带吊起吊后运梁车离开,两台履带吊带载行走至靠近U型槽位置完成落梁施工。抬吊法作业及带载行走的要求与左幅类似,在此不做赘述。

6 抬吊法实施时的注意事项

吊装前必须检查履带吊是否正常可靠,各部件及操作系统有无异常且需进行试运转。

吊装用的手拉葫芦、钢丝绳、吊钩、卡环等必须事先检查并确认其符合使用要求。

箱梁移运时应使用钢丝绳和手动葫芦将梁体牢固地绑扎于运梁车上,防止其倾倒是造成事故。装运边跨箱梁时,由于其两边的重心不平衡,对其的绑扎和行车应更加小心、谨慎,认真负责,确保安全^[4]。

对于履带吊的站位位置及行走范围必须进行详细的规划,现场采用撒白灰的形式进行标识。

对吊装箱梁捆扎起吊钢丝绳时必须采用橡胶垫片铺垫在钢丝绳与箱梁接触的位置,防止其压伤箱梁;同时,一定要特别注意落梁后防止湿接缝钢筋焊接时产生的电火花烧触钢丝绳。

起吊时,钢丝绳与箱梁应按照事先确定的夹角设置将两机吊索拉紧,然后同时起吊,务必使两

吊索受力基本平衡。吊装过程中,一定要保持构件水平,起升动作平稳,操作协调,禁止使用斜拉法起吊。

履带吊抬吊施工过程中,必须严格控制钢丝绳的垂直度,确保在进行箱梁位置调整时钢丝绳不斜拉受力。履带吊带载行走时应采用最低速行走。

箱梁吊距运梁车10~20 cm时需稍停,待检查吊钩、钢丝绳、卡环等工作状态正常且箱梁平稳后方可继续起吊。操作吊机切忌急起、急停,安装时应匀速缓慢下吊钩,待箱梁就位后应立即进行测量复核,确认无误后方允许固定。

箱梁落梁后必须在确定其固定完毕、支撑牢固后方可摘除吊钩。

箱梁吊装过程必须由指挥员统一指挥并确定履带吊摆设的位置。每台履带吊配一名联络员传达指挥员的指令。当履带吊的力矩接近额定力矩时,联络员应立即报告给指挥员并由指挥员发出安全指令,确保吊装的安全^[5]。

7 结语

笔者通过对雄安K1快速路下穿高速铁路桥梁处的受限空间采用双机抬吊法架设箱梁工程的全部过程策划和实施,对履带吊双机抬吊法的设备选择、基础处理、操作协同、安全控制措施等总结如下:

(1)在空间受限的情况下不能直接采取架桥机、龙门架等方式进行架梁工程时,可以采用操作更灵为活的抬吊法架设箱梁。

(2)当采用抬吊法施工遇到起重机械吊装半径不能够满足施工要求时,可以采用对工作面需求小、具有带载行走能力的履带吊,替代传统方式中更换具有更大起重能力起重机械的方法,其经济性更好。

(3)采用履带吊进行抬吊法施工时,一定要重点针对履带吊吊重方向的地基进行加强处理,适当换填大块刚性支撑材料,如较大的混凝土碎块、块石等,并在承载面上铺设钢板,可以有效地减少履带吊履带的沉陷。还需考虑配备一定数量的级配碎石用于处理履带吊转向引起的基础面挤压变形。

(4)一定要充分考虑履带吊的荷载,如带载行走的折减系数、物件不平衡分配、吊钩的重量、钢丝绳的重量、风荷载影响等,绝不能直接套用设备吊装曲线表,以确保安全。

(5)履带吊带载行走与吊装半径的调整、起重臂转向等的操作不应同步进行。笔者建议:应按照先调整、后移动的顺序进行操作,以降低工况组

(上接第 16 页)

雄商高铁临清制梁场的成功应用,消除了传统张拉方式带来的同步率差、持压时间不能保证、张拉精度不高等缺点,有效提高了施工质量,优化了工作流程,提升了效率,减少了潜在的安全隐患,有效地减少了管理成本的支出,亦满足了现场施工安全风险管控、施工工期等方面的要求,取得了较好的社会效益。

参考文献:

- [1] 屈超. 高速铁路建设箱梁预制场的布设方案探讨[J]. 铁路工程技术与经济, 2017, 32(2): 43-45, 49.
- [2] 戴斌. 智能张拉系统在控制预制箱梁张拉力精度上的应用研究[J]. 市政技术, 2019, 37(2): 92-95.

合的复杂性,确保现场安全可控。

(6)两台履带吊协同配合转向时,一定要控制好各自转向的速度,必须全程关注钢丝绳是否垂直,特别是钢丝绳与被吊物体接触处的相对位移情况。正式施工前,应进行试吊装模拟试验以确定各自的速度和操作工序。

(7)进行结构冲突检算时,一定要综合履带吊的机械尺寸、主臂尺寸、钢丝绳长度、工作半径和相邻结构位置进行验算以降低吊装风险。

参考文献:

- [1] 孙彬彬. 城市复杂环境下钢结构桥梁吊装施工技术[J]. 广东建材, 2022, 38(2): 67-69.
- [2] 叶建荣, 王学峰, 肖国徽. 低净空高架桥下钢箱梁吊装施工技术[J]. 广东土木与建筑, 2022, 29(7): 104-107.
- [3] 关柯, 刘长滨. 《建筑施工手册》第四版(缩印本)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [4] 张广义. 低净空钢箱梁分节段吊装施工技术[J]. 中国公路, 2020, 27(9): 95-97.
- [5] 郭刚, 周志国. 浅议起重吊装中的双机抬吊方法[J]. 四川建筑, 2020, 35(3): 221-223.

作者简介:

乐闻多(1986-),男,四川成都人,项目总工程师,副高级工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)

- [3] 张俊,陈强. 预制箱梁简支转连续施工技术及其质量控制[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2017, 13(6): 57-59.
- [4] 王吉连,李陆平. 一种新型多孔前卡式千斤顶在 T 梁张拉中的应用[J]. 铁道标准设计, 2009, 51(12): 68-71.
- [5] 吴建强,王鹏翔. 高速铁路悬臂浇筑连续梁施工质量控制[J]. 铁路技术创新, 2022, 19(5): 93-98.

作者简介:

吕静(1998-),女,黑龙江哈尔滨人,助理工程师,从事高速铁路工程建设施工技术与管理工

张达志(1990-),男,甘肃环县人,工程师,学士,注册安全工程师,从事高速铁路工程建设施工技术与管理工

孙根强(1981-),男,河南商丘人,工程师,从事铁路工程建设施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)