

大跨度钢箱梁节段滑移工艺设计与施工

何军华 梁杰 王彬

(浙江钜实桥梁钢构有限公司, 浙江 湖州 313220)

【摘要】为优化大跨度钢箱梁节段滑移施工效果, 实现规范化滑移施工目标, 开展了滑移工艺设计与施工研究。首先, 确定钢箱梁节段设计参数, 按照参数对预制节段进行设计, 提高桥梁的施工质量和安全性; 设计大跨度钢箱梁滑移体系, 实现滑移同步动作; 在此基础上, 设计滑移施工方案, 确保施工得以高效、安全、有序地进行。应用分析结果表明, 钢箱梁节段滑移工艺与施工技术在实际应用中取得了显著的效果, 能够实现规范化施工, 确保施工质量达到验收标准。

【关键词】大跨度; 钢箱梁; 节段; 滑移; 工艺; 施工

引言

大跨度桥梁作为城市基础设施的重要组成部分, 不仅方便了人们的出行, 还为城市的发展提供了重要的支撑。而大跨度钢箱梁作为大跨度桥梁的主要结构形式, 其施工工艺的选择直接关系到桥梁的安全性、稳定性和经济性^[1]。因此, 选择一种安全、可靠、高效的施工工艺对于大跨度钢箱梁的施工至关重要。节段滑移施工工艺作为大跨度钢箱梁施工中的一种常用方法, 具有施工简便、对场地要求低、安全可靠等优点^[2]。因此, 这种施工工艺被广泛应用于大跨度钢箱梁的施工中。

然而, 当前传统的大跨度钢箱梁节段滑移工艺通常存在以下不足: (1) 施工难度大: 由于大跨度钢箱梁的重量和尺寸较大, 需要使用大型的起重设备和滑移设备, 施工难度较大, 对设备的要求较高; (2) 施工周期长: 由于大跨度钢箱梁的节段需要在现场进行拼装和焊接, 施工周期较长, 特别是在跨河、跨路等特殊环境下, 施工周期可能会更长; (3) 施工质量难以保证: 由于大跨度钢箱梁的节段在拼装和焊接过程中需要严格的质量控制, 施工质量难以保证^[3]。同时, 由于施工环境的影响, 如温度、风速等, 也可能对施工质量造成影响^[4]。因此, 需要采用更加高效、安全的施工工艺和技术, 以提高大跨度钢箱梁节段的施工质量, 降低工程成本, 为我国的基础设施建设做出更大的贡献。基于此, 本文开展了大跨度钢箱梁节段滑移工艺设计与施工研究。

一、大跨度钢箱梁节段滑移工艺设计

(一) 钢箱梁预制节段设计

钢箱梁节段设计参数是进行大跨度钢箱梁节段滑移工艺设计的关键, 包括节段长度、宽度、高度、重量等。这些参数将直接影响滑移施工的效率、安全

性和桥梁的整体性能。首先, 根据桥梁设计要求, 确定桥梁的跨度 L 。基于桥梁跨度、施工条件和设备能力, 确定钢箱梁的分段数量 n 。在此基础上, 计算大跨度钢箱梁节段长度, 公式如下所示:

$$L_s = L / n \quad (1)$$

其次, 计算节段宽度, 公式如下所示:

$$W_s = W + \delta \quad (2)$$

其中, W 表示桥面所需的宽度, 根据桥梁设计要求确定; δ 表示施工裕量。节段高度计算公式如下所示:

$$H_s = H_d + \Delta H \quad (3)$$

其中, H_d 表示钢箱梁的设计高程; ΔH 表示施工误差和变形量, 根据桥梁的平整度和安全性设计要求确定。在此基础上, 确定大跨度钢箱梁节段的重量, 公式如下所示:

$$G_s = V \times \rho \quad (4)$$

其中, V 表示所需钢材的体积, 根据节段长度、宽度和高度得出; ρ 表示所选钢材的密度。

综上, 得出大跨度钢箱梁节段的各项设计参数, 为后续节段滑移工艺设计与施工提供有力的数据支持。

大跨度钢箱梁节段的各项设计参数确定后, 接下来, 对预制节段进行设计。预制节段是大跨度钢箱梁节段滑移工艺中的重要组成部分, 其设计质量直接影响整个桥梁的施工质量和安全性^[5]。

首先, 根据桥梁跨度、荷载等要求, 进行节段结构设计, 确定节段的主梁、横梁、连接构造等部分的尺寸和形状, 确保节段具有足够的承载能力和稳定性^[6]。对钢箱梁预制节段及对应的连接构造尺寸与形状进行设计。选择 Q345qD 高强度低合金钢作为节段的设计材料, 节段钢板的厚度应当介于 6mm ~ 50mm 之间; 底板和腹板的厚度介于 10mm ~ 30mm 之间, 而

翼缘板的厚度介于 16mm ~ 40mm 之间。为确保后续节段的拼装精度和滑移顺利进行,进行预拼装设计。根据设计图纸,在基础上进行定位,确定首个节段的安装位置。使用全站仪或其他测量设备,对基础进行精确的标定,确保节段安装的准确性^[7]。使用吊装设备将首个节段吊装至预定位置。调整节段的位置和高度,确保它与基础紧密贴合。使用临时支撑和紧固件固定节段,防止其移动或变形。依次吊装后续预制节段,将其与已安装的节段进行对接。使用测量设备检查对接缝隙的宽度和对齐情况,确保节段之间的连接精度。根据需要,使用调整装置对节段进行调整,直至满足设计要求。在此基础上,对节段之间的连接部位进行焊接或螺栓连接。

完成所有节段拼装后,进行预拼装的节段尺寸检验,使用专业设备对钢箱梁的挠度、振动等性能进行测试,对钢箱梁进行必要的调整和加固^[8]。对拼装完成的钢箱梁进行最终检查,确保所有连接部位牢固、无缺陷,并对制造完成的节段进行质量检验,包括尺寸、焊接质量等方面。提交相关资料和报告,进行验收。

(二) 钢箱梁滑移体系设计

大跨度钢箱梁预制节段设计完毕后,在此基础上,设计钢箱梁滑移体系,如下图 1 所示。

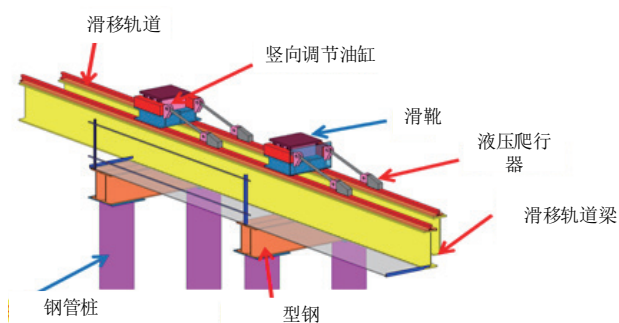


图 1 钢箱梁滑移体系示意图

如图 1 所示,滑移支架采用钢管桩的形式,桩顶设端头封板,桩顶分配梁与端头封板间焊接,然后在分配梁上面设置滑移轨道梁,轨道梁与分配梁间通过焊接连接。滑靴作为钢箱梁滑移单元的重要支撑结构,负责将承重转化为滑动力^[9]。每个滑移单元都配备有 4 个滑靴,这些滑靴被安置在钢箱梁的外腹板与横隔板的 T 字交叉处。确保滑靴上表面与钢箱梁底板之间有足够的净空高度,如果这个净空高度大于油缸的高度,那么需要在油缸下方增设支墩或钢垫板来调整高度差^[10]。根据大跨度钢箱梁节段滑移工艺和结构重量,每个滑靴的后面都配备了一台爬行者。这种爬行者具有自动夹紧轨道并产生反力的功能,因此能够有效地

推动滑移。通过计算机的精确控制,以及实时的数据反馈和指令传递,这些爬行者可以全自动地实现滑移的同步动作,确保整个过程的协调和稳定。

二、大跨度钢箱梁节段滑移施工

完成上述大跨度钢箱梁节段滑移工艺设计后,在此基础上,进行滑移施工。首先,对钢箱梁拼装工艺流程进行设计,如下所示。搭设钢箱梁滑移支架、拼装平台。在胎架上按照由中间向两边的顺序依次定位安装底板单元,并与模板间加焊牢固。待底板单元间的对接缝焊接完成后安装中间箱室的横隔板单元,横隔板单元临时加角钢斜撑辅助定位。安装中箱室横隔板单元两侧的中腹板单元,并与隔板单元间电焊固定。安装中箱室与锚箱相关的上部横隔板单元。在此基础上,依次安装钢锚箱、边箱室横隔板单元、两侧的边腹板单元、顶板单元两侧下悬挑单元、两侧上悬挑单元。检查验收待滑移。

在此基础上,设计钢箱梁滑移施工流程。在大跨度钢箱梁的施工中,节段滑移工艺的应用是一项复杂而精细的工程。首先,搭设钢箱梁滑移支架、拼装平台及龙门吊支架。这些支架和平台为后续的钢箱梁拼装和滑移提供了稳定的支撑和操作空间。安装好支架和平台后,下一步是进行钢箱梁的第一轮拼装。这一步骤至关重要,因为它决定了整个结构的稳定性和后续施工的顺利进行。顺桥向分块的设置也是整个施工中的关键环节。钢箱梁被划分为 M 个分块,每个分块都有其特定的拼装和滑移要求。分块 GXLM1 至 GXLM 是采用“现场拼装+分块滑移”的方式进行施工,滑移方向为 ZQ4 至 ZQ1。这种分块滑移的方式可以大大提高施工效率,同时减少了对施工现场的占用。对于分块 GXLM,选择在 GXLM-1 位置进行拼装,然后向 ZQ4 方向进行滑移。对于分段 GXLM-4 至 GXLM-1,采用履带吊原位拼装的方案。这种方案能够在保证拼装质量的同时,有效降低对周边环境的影响。最后, GXLM-1 作为合拢段进行拼装,这一段是整个钢箱梁结构的关键部分,因此需要格外注意其拼装精度和质量。钢箱梁拼装及滑移区域平面示意图,如图 2 所示。

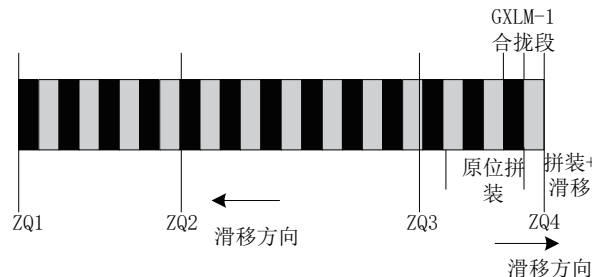


图 2 钢箱梁拼装及滑移区域平面

按照上述流程完成第一轮拼装后,进行第二轮钢箱梁拼装,直至钢箱梁施工完成。通过上述的施工方案和工艺流程,大跨度钢箱梁节段滑移施工得以高效、安全、有序地进行。这不仅提高了施工效率,缩短了工期,还降低了工程成本,为桥梁工程项目的顺利完成提供了有力保障。

三、应用分析

(一) 工程概况

以临汾河汾一路跨汾河大桥桥梁工程为此次研究的依托。该桥梁工程中,跨越铁路的部分采用了钢箱梁结构。该钢箱梁长175米,宽38米,采用的是等截面连续钢箱梁,其中跨度为(50米+75米+50米)。设计上,单幅桥面设有1.5%的横坡,而梁底则是水平的。纵向坡度为3.54%。从横桥向看,钢箱梁被分为4节段;从顺桥向看,则被分为8节段。单幅钢梁的总重量是2023吨。每个节段横桥向又细分成数个板单元,并以板单元的形式发至现场。为保证滑移施工工作的顺利开展,对S桥梁工程施工所需的机械设备配置进行了设计,选取此次大跨度钢箱梁节段滑移施工所需的机械设备,保证工程的顺利进行。为了确保这座跨线桥不会干扰到铁路的正常运行,同时解决施工中的难题,如箱梁的跨度长、体积大、吊装困难以及铁路的时间限制等,经过方案研究,决定采用本文所提出的钢箱梁节段滑移工艺。

(二) 结果分析

按照上述方式,完成大跨度钢箱梁节段滑移施工前的准备工作。在此基础上进行钢箱梁节段施工。对节段滑移施工成果进行全方位、多维度地质量验收。施工质量验收结果如下表1所示。

表1 大跨度钢箱梁节段滑移施工质量验收

序号	项目	标准	实测结果	是否符合标准
01	梁高/mm	±5	1.02	是
02	梁宽/mm	±3	-0.75	是
03	跨度/mm	±10	+1.64	是
04	涂层厚度/μm	20-30	24.67	是
05	安装位置偏差/mm	±5	0.46	是
06	水平度偏差/mm/m	±2	0.07	是

通过表1的滑移施工质量验收结果可知,本文所提出的钢箱梁节段滑移工艺与施工技术在实际应用中取得了显著的效果。通过对其6个关键指标进行实测,发现所有结果均在标准范围内。这一结果表明,本文所设计的滑移工艺与施工流程具有很好的可靠

性和适用性,能够实现大跨度钢箱梁节段的规范化施工,确保桥梁工程项目的施工质量达到验收标准。

四、结束语

大跨度钢箱梁节段滑移工艺设计和施工技术对于该工程的安全性、稳定性和经济性具有重要影响。通过本文的研究,期望能够为大跨度钢箱梁的施工提供一种高效、安全、可靠的工艺方法,确保大跨度钢箱梁的结构安全和使用性能,推动我国桥梁建设的技术进步和发展。同时,也意识到在实际工程中,应根据具体情况进行工艺设计和施工组织,以确保工程质量和安全。因此,在未来的研究中,将继续关注节段滑移工艺的优化和完善,为大跨度钢箱梁的施工提供更加成熟和完善的解决方案。

参考文献:

- [1] 李定有. 大跨度单索面地锚式悬索桥钢箱梁顶推施工技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (35): 126-128.
- [2] 崔学涛, 常健, 秦晓帅. 有限空间超长超重大节段钢箱梁运架技术[J]. 建筑机械, 2023, (11): 77-79+83.
- [3] 宋显锐, 魏莹莹, 方磊磊, 等. 大跨钢箱梁桥顶推临时支架结构受力分析[J]. 结构工程师, 2023, 39(05): 17-24.
- [4] 刘玉贵, 李超良, 张献忠, 等. 变截面钢箱梁滑移卸载技术的研究与应用[J]. 建筑施工, 2023, 45(10): 2084-2087.
- [5] 柳鸣, 员帅伟, 祝兵, 等. 大跨度悬挂式单轨钢箱组合梁总体设计及关键技术研究[J/OL]. 铁道标准设计, 1-10[2024-02-04].
- [6] 华乐, 张吉春. 公轨同层整体锚固腹板斜拉桥钢箱梁整体制造精度控制技术[J]. 石河子科技, 2023, (03): 46-48.
- [7] 荆朝, 王华, 雷恒鹏, 等. 架桥机架设大跨度多箱室连续钢箱梁技术研究[J]. 工业建筑, 2023, 53(S1): 368-370.
- [8] 史宝宝, 高健根, 张利坤等. 城市立交桥钢箱梁顶推滑移整体受力及局部稳定性分析[J]. 河南城建学院学报, 2023, 32(02): 9-15.
- [9] 陈榕. 引桥及人行桥钢箱梁施工技术浅析——以福州义北路北侧工程为例[J]. 江西建材, 2023, (02): 171-173+176.
- [10] 姚鹏远. 基于层次分析法的跨海钢箱梁顶推施工安全评价体系研究[J]. 大连交通大学学报, 2023, 44(01): 84-88.