

文章编号: 1002-0268 (2010) 09-0138-03

# 大跨径、小半径曲线滑移模架的施工技术应用

王晓乾<sup>1</sup>, 周焕涛<sup>2</sup>, 杨红光<sup>2</sup>

(1. 山东高速青岛公路有限公司, 山东 青岛 266061; 2. 山东高速路桥集团有限公司, 山东 济南 250021)

**摘要:** 青岛海湾大桥三合同段为海上互通立交, 上部结构为现浇连续箱梁, 墩身高、数量大。曲线箱梁传统施工方法多采用满堂支架进行浇筑, 而该海中互通立交采用栈桥施工。通过反复方案比选、优化设计, 该项目最终采用了大跨径、小半径曲线箱梁滑移模架施工工艺。该工艺具有经济高效、操作方便、安全可靠、质量易于控制等优点。

**关键词:** 桥梁工程; 大跨径; 小半径; 曲线; 滑移模架

**中图分类号:** U445

**文献标识码:** A

Application of Long-span Minor-radius Curved Slipping Formwork in Construction

WANG Xiaojian<sup>1</sup>, ZHOU Huan Tao<sup>2</sup>, YANG Hongguang<sup>2</sup>

(1. Qingdao Highway Co., Ltd., Shandong Hi-Speed Group Qingdao Shandong 266061, China;

2. Shandong Hi-Speed Highway & Bridge Group Co., Ltd., Jinan Shandong 250021, China)

**Abstract:** The 3rd contract section of Qingdao Bay Bridge is a sea grade-separated interchange whose superstructure is a continuous box girder bridge with high and large amount piers. Traditional construction of curved box girder bridges adopt full framing scheme for construction, while the sea interchange adopts trestle for construction. By optimal selection and design, long-span small-radius curved box girder slipping formwork was applied successfully in the construction of the sea interchange. This technology has the advantage of economic efficiency, easy operation, safe and reliable, and quality control is easy to handle.

**Key words:** bridge engineering; long-span; minor-radius; curve; slipping formwork

## 0 工程概况

青岛海湾大桥某三合同段互通立交桥, 是青岛海湾大桥项目的控制性工程, 也是我国北方第 1 座海上互通立交。该互通立交桥施工范围包括 4 个匝道桥 (A、B、C、D) 及连接线桥 (双幅), 总施工长度 6 947 m。该工程的箱梁墩身高度从 7~24 m 不等, 箱梁跨径为标准跨 50 m, 最大施工跨度 60 m。匝道桥桥面宽度为 10 m, 连接线桥面宽度为 11.5 m。最小平曲线  $R_p = 350$  m, 最小竖曲线半径  $R_v = 3\ 800$  m。

## 1 曲线箱梁的传统施工

曲线箱梁其施工方法基本上都是采用搭设满堂支架, 然后整体现浇。满堂支架施工为传统的施工

方法, 经验比较成熟, 技术上容易控制。但本工程为海上栈桥施工, 工作量大, 机械台班多, 施工干扰大, 不够经济, 进度难以保证; 且钢管支架过高, 整体稳定性难以保证。

滑移模架系统 (又称 “MSS”) 适用于滩涂、峡谷高墩身、城市高架桥等场地的连续或简支形式的现浇混凝土桥梁的施工。具有周转次数多, 施工周期短, 施工安全可靠, 现场文明简洁, 使用 MSS 施工不需要中断桥下交通等特点, 与传统的满堂支架相比, 使用辅助设备少, 减少了人力资源的消耗, 既保证了工程质量, 又加快了施工进度, 具有良好的经济效益。

传统滑移模架施工虽然解决了海上施工的不利影响, 但由于本项目为海上互通, 箱梁跨度大, 平曲线半径小, 纵坡大, 墩身高, 传统滑移模架难以

收稿日期: 2010-08-04

作者简介: 王晓乾 (1972-), 男, 山东烟台人, 高级工程师, 研究方向为桥梁结构及工程管理。(wangxiaojian1996@163.com)

适应曲线过孔时的高差及平曲线要求。

该项目立足于大跨径、小半径曲线箱梁施工。在对国内曲线箱梁施工方法全面调查研究的基础上,立足工程实际,针对大跨径、小半径曲线箱梁滑移模架施工这一课题,对各种施工方法和可能的施工方法和设想,从经济性、技术性、安全性、施工便捷性等各方面进行分析、比较,总结出一种曲线箱梁的滑移模架施工方法。

2 曲线箱梁滑移模架的原理

MSS50-13000滑移模架专为青岛海湾大桥互通立交桥工程设计,移动模架系统主要由牛腿、推进平车、主梁、鼻(导)梁、横梁、平衡C梁、后横梁、外模及内模组成。每一部分都配有相应的液压或机械系统。滑移模架共设置3对牛腿,施工时只用其中2对牛腿,另一对牛腿在造桥机纵移前预先安装在下一孔桥墩承台上,以缩短施工周期。

曲线箱梁滑移模架与传统滑移模架相比,主要有以下两方面的不同。

2.1 两种滑移模架设计的差异

2.1.1 主鼻梁之间的连接方式

曲线箱梁滑移模架前、后鼻梁与主梁连接间采用铰接,铰接处通过液压千斤顶、机械顶实现鼻梁的水平旋转和竖向旋转,满足纵移过孔时的高差和平曲线需要,减小前后鼻梁的受力。而传统滑移模架主鼻梁之间为栓接,无法进行曲线过孔,且纵坡较大时鼻梁与前支点顺接困难,连接部位受力大。

2.1.2 模架组成不同

传统滑移模架主要有托架(牛腿)、主梁(钢箱梁,含鼻梁)、横梁、后横梁、外模、内模6大部分组成,曲线箱梁滑移模架主要有牛腿、主梁、鼻梁、后横梁、平衡C梁及内外模组成。两者差别在于曲线箱梁滑移模架在主梁前后增设了平衡C梁,平衡外模板开模后曲线过孔过程中产生的横向倾翻弯矩,如图1所示。

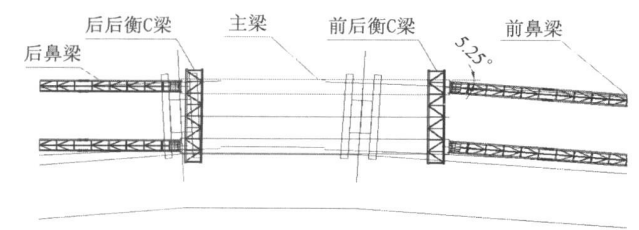


图 1 旋转示意图  
Fig 1 Schematic diagram of rotation

2.2 两种施工工艺的工作模式

传统滑移模架与曲线箱梁滑移模架的工作模式基本相同,唯一且重要的区别在于纵移过孔。曲线箱梁施工曲线半径较小,整个滑移模架需作多次调整才能纵移就位,其具体操作步骤见表1。

表 1 滑移模架纵移过孔步骤表  
Tab 1 The moving steps of slipping formwork

| 步 骤 | 累计纵 移距离 | 前鼻梁状态        | 后鼻梁状态             | 主梁状态                           |
|-----|---------|--------------|-------------------|--------------------------------|
| 1   | 5 m     | 顺时针旋 转 5.25° | 不旋转               | 不旋转                            |
| 2   | 10 m    | 保持旋转状态       | 不旋转               | 不旋转                            |
| 3   | 15 m    | 保持旋转 状态      | 第 1 次逆时 针旋转 2.5°  | 左右主梁分别以中间墩小车 中心顺时针转 0.5°       |
| 4   | 20 m    | 保持旋转 状态      | 第 2 次逆时 针旋转 2.75° | 左右主梁分别以中间墩小车 中心第 2 次顺时针转 1.25° |
| 5   | 25 m    | 保持旋转 状态      | 保持旋转 状态           | 左右主梁分别以中间墩小车 中心第 3 次顺时针转 0.5°  |
| 6   | 30 m    | 保持旋转 状态      | 保持旋转 状态           | 左右主梁分别以中间墩小车 中心第 4 次顺时针转 0.75° |
| 7   | 35 m    | 保持旋转 状态      | 保持旋转 状态           | 左右主梁分别以中间墩小车 中心第 5 次顺时针转 0.75° |
| 8   | 40 m    | 保持旋转 状态      | 保持旋转 状态           | 左右主梁分别以中间墩小车 中心第 6 次顺时针转 0.5°  |
| 9   | 45 m    | 保持旋转 状态      | 保持旋转 状态           | 左右主梁分别以中间墩小车 中心第 7 次顺时针转 0.75° |
| 10  | 50 m    | 保持旋转 状态      | 保持旋转 状态           | 保持旋转状态                         |

3 曲线箱梁滑移模架的设计计算

MSS50移动模架在主梁与小车之间采用液压千斤顶连接,故在有限元计算时将整个结构分为上部支架和主横梁分别进行计算。有限元软件采用ANSYS软件进行计算。

通过有限元分析计算,滑移模架主梁、鼻梁、牛腿及连接在合模、开模、行走状态下的强度、刚度、稳定性均满足设计要求;BC匝道60 m跨箱梁最不利偏载情况下的各项指标亦满足设计要求。

4 曲线箱梁滑移模架在箱梁施工中的应用

4.1 模架组装

滑模拼装顺序:牛腿的组装→主梁的组装及有关施工设备、机具的就位→牛腿的安装→主梁吊装就位→横梁安装→铺设底板安装模板支架→安装外腹板及翼缘板、底板→内模安装(在绑扎完底板钢筋后)。

移动模架拼装时要求各部件之间连接牢靠,拼装完成后要通过认真地全面检查,确认安全可靠后方可用作上部结构施工使用。

## 4.2 荷载预压及模板调整

### 4.2.1 模板的调整

滑移模架预拱度调整是施工中重点, 挠度值的计算要尽量结合实际情况。该模架系统的挠度值主要有 5 部分组成: (1) 混凝土自重产生的挠度值; (2) 预应力钢绞线张拉产生的反拱值, 支点间按抛物线计算; (3) 各系统之间钢材压缩产生的变形值; (4) 后一孔箱梁混凝土自重对前一孔箱梁的影响值; (5) 每一联箱梁第 2 孔以后各孔的悬臂端施加的集中力产生的影响值。

### 4.2.2 荷载预压

模架拼装完成后, 首先根据计算书中提供的理论挠度值进行预拱度调整。调整横梁下面支撑在主梁顶上的螺旋千斤顶。模板预拱度调整完成后即可进行预压试验。滑移模架预压时对箱形部分的底板和翼缘板部分均应进行预压, 预压重量取每跨梁体自重的 110%。模板上铺设塑料布, 抽取海水进行预压。箱梁横坡造成中间海水未能模拟箱梁实体分布, 偏载通过在底板及翼缘部分多堆沙带予以调整。

持荷时间 24 h 即可, 最多不超过 48 h 通过测量计算出堆载前后的实测变形挠度值。对比理论挠度值与实测挠度值的差值, 修正理论计算预拱度值, 确定合理的施工预拱度, 使箱梁在拆除模板后获得符合规范要求的标高和外形, 保证工程质量。

### 4.3 混凝土的浇筑及模架的行走

将第 3 对牛腿预先安装在下一孔的桥墩上, 待每孔箱梁浇筑完混凝土并张拉预应力钢束后, 通过主顶升压缸使移动模架整体落模 300 mm, 然后在横移液压缸作用下向外横移带动外模脱离桥身约 500 mm。因施工半径曲线较小, 整个移动模架需作多次调整才能纵移就位。

当移动模架就位后, 再在横移液压缸的带动下向内横移带动外模合龙, 连接横梁连接销, 调好位置后即可进行钢筋绑扎和混凝土的浇筑工作。箱梁混凝土整孔一次浇筑完成, 由悬臂端向下一施工梁段推进。

使用曲线滑移模架可完成箱梁的钢筋绑扎、混凝土浇筑、养护及后续的张拉、压浆等全套工序的工作, 能安全、快速、优质的完成箱梁施工, 如图 2 所示。

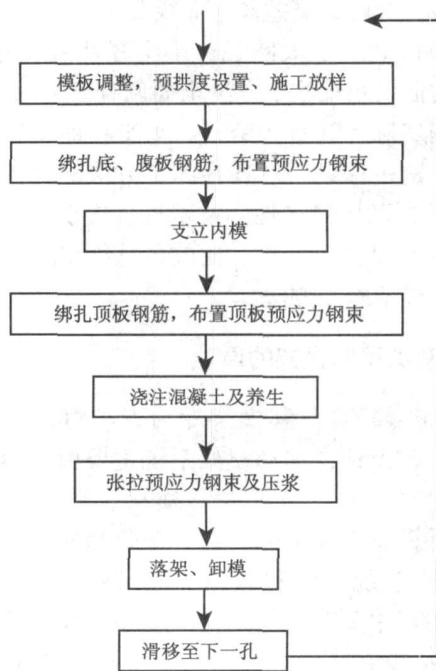


图 2 施工工艺流程图

Fig 2 Flow chart of construction technology

## 5 结语

大跨径、小半径曲线箱梁滑移模架的设计制造, 对我公司来说是第 1 次, 前期对施工中的一些细节问题考虑不够全面, 但在后续施工中经过分析、讨论, 都得以圆满解决, 使滑移模架更好的适应了曲线箱梁的施工。课题组今后还将进一步的探讨研究, 继续进行优化设计, 使曲线箱梁滑移模架施工更加合理, 更加完善, 以利于推广应用。

### 参考文献:

#### References

- [1] 张质文. 《起重机设计手册》[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998  
ZHANG Zhiwen. Design Handbook of Crane [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1998
- [2] 雷天觉. 《液压工程手册》[M]. 机械工业出版社, 1990  
LEI Tianjue. Handbook of Hydraulic Engineering [M]. Beijing: Mechanic Industry Press, 1990