

# 变高截面钢箱梁顶推技术研究

马琼锋, 刘海庆

(中交第二航务工程局有限公司第六工程分公司, 湖北 武汉 430014)

**摘要:**介绍了一种针对变高截面钢箱梁顶推施工的新技术。鉴于采用传统施工方法出现的施工难题,该文结合实际工程项目,从新型顶推施工工艺出发,对多自由度顶推系统及其配套装备、自适应控制技术以及智能化监控系统的研发理念与创新特点进行阐述,并通过有限元仿真对实际顶推施工承载能力与变形进行了验证。通过对新技术的应用,武汉东风大道L7联变高截面钢箱梁成功完成顶推施工。

**关键词:**小竖曲线半径;变高截面;箱梁;顶推

桥梁顶推技术由于装配(预制)作业占地少,可实现工厂化作业,可适应水域、峡谷以及城市桥梁施工,对外界环境适应性强等优点,在桥梁施工中得到越来越多的应用。然而传统顶推施工一般适用于等截面箱梁,对于截面高度变化较大的变高截面箱梁的顶推一直存在重大技术难题,该文结合某工程项目,介绍变高截面钢箱梁顶推新技术。

## 1 工程概况

依托武汉市东风大道变截面钢箱梁顶推工程,该工程钢箱梁跨度为89 m,箱梁最大高度3.8 m,最小高度2.6 m,高差1.2 m;箱梁底面为 $R=750$  m弧形面,且钢箱梁底面具有双向2%横坡。该段钢箱梁跨越旧桥,旧桥限重20 t,施工时不能在旧桥上搭设辅助支架,施工区地处交通要塞,每天来往车辆众多,施工要尽量减小对交通的影响。

## 2 传统施工工艺面临的困难

目前,在国内外城市钢箱梁桥施工中,一般采用散拼方式,具体包括汽车吊安装法、满堂支架法。但由于该工程有旧桥承载力限制及交通压力的影响等因素。采用以上传统施工方法,存在的主要问题如下:

(1) 支架结构布置密集,占用空间大,影响交通通行。

(2) 支架结构重量大,直接作用于原旧桥面上,旧桥承载力不够。

(3) 钢箱梁分段安装时,受原桥空间限制,钢箱梁运输和吊装困难。

由于以上施工方法在此工程中的局限性,采用受外界施工环境影响小的顶推施工工艺。传统顶推一般针对等截面箱梁,对于该工程底面为 $R=750$  m的曲线半径变高截面钢箱梁,面临如下问题:

铁路支座灌浆设备、工艺落后的现状,实现了制浆灌浆效率提升、质量提高的目标。

## 参考文献:

- [1] TB/T 3043—2005 预制后张法预应力混凝土铁路桥简支T梁技术条件[S].
- [2] TB/T 1853—2006 铁路桥梁支座[S].
- [3] JC/T 986—2005 水泥基灌浆材料[S].
- [4] 于永广.客运专线支座灌浆料冬季施工控制措施[J].低温

建筑技术,2009(4).

- [5] 王朝江.哈大客专TJ-3标段桥梁支座低温灌浆料及施工技术研究[D].西南交通大学硕士学位论文,2014.
- [6] 张静,郭娟.橡胶改性水泥砂浆性能研究[J].中外公路,2016(1).
- [7] 童申家,高远东,王乾.板底脱空压浆材料长期性能试验研究[J].中外公路,2017(2).
- [8] 杨倡珍,张平,赵锋军.水泥混凝土桥梁环氧覆盖层铺装设计方法的研究[J].中外公路,2017(1).

收稿日期:2019-06-04(修改稿)

作者简介:马琼锋,男,大学本科,高级工程师.E-mail:1619230568@qq.com



首先开启顶升油缸,直至梁体被托离承重支座;再开启顶推油缸,使梁体与上部滑箱整体前移;然后依据设计的顶推进程,确定标高调整大小,在承重支座上增减抗滑移垫板以调整曲线高差;最后开启顶升油缸,使梁体与上部滑箱整体下落,直至钢箱梁搁置在承重支座上。

② 支架调节调高(图 4)

顶推平台上下梁之间设置调高装置,当钢箱梁底面高差值超过顶推设备自身顶升油缸可调范围时,首先通过调整油缸(800 t)和其他顶推设备共同将钢箱梁临时顶起,然后通过支架调高油缸(多个 10 t 千斤顶组成)将需要进行大高差调高处的上梁及顶推设备顶起,最后在上梁下方垫抗滑移垫块后下放上梁。调整及搬运垫块采用手拉葫芦,上下梁之间设置精轧螺纹钢锚杆,以增强抗滑移垫块上方结构的侧向稳定性。

(5) 线形自适应

多工位液压系统与智能化监控系统进行对接,合理规划顶推路径,实时计算和分析钢箱梁当前线形,及时调整顶推设备相对高度,使当前线形不断接近成桥线形,直至顶推到位时使钢箱梁整体线形符合成桥线形,以实现钢箱梁的线形自适应连续顶推施工。

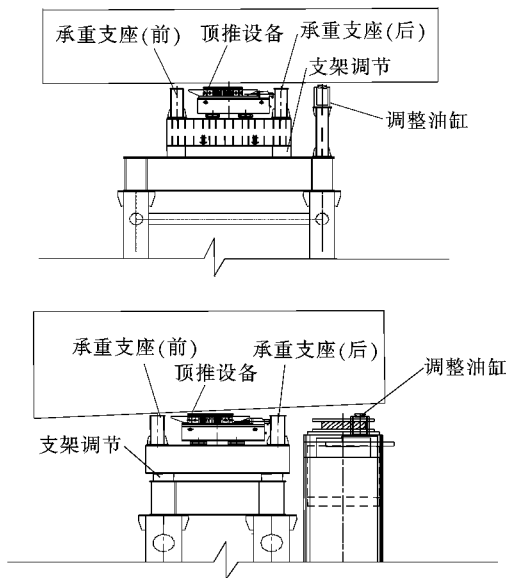


图 4 支架调高装置

3.2 自适应控制技术

由于钢箱梁底面为弧形的特点,在顶推施工过程中,各顶推设备顶面距钢箱梁底面均不相等,且随着顶推的进行,此距离不断变化;另外,对于同一顶推点,距离也是不断变化的。

通过采用高性能数字化传感器,对各顶推设备在

桥梁成形路径中的位置、压力等关键参数与过程信号进行采样,并结合稳健性较强的自适应控制原理,实现顶推设备施工的高精度同步控制(图 5)。该技术结合自校正 PID 控制原理,设计了“位置同步,载荷跟踪”的顶推控制技术,解决了传统闭环控制方法无法对施工环境、机械以及液压设备等不确定扰动因素进行抑制而出现的性能下降的问题,可确保顶推施工时位置、压力以及倾角等关键参数得到长时间有效的控制。

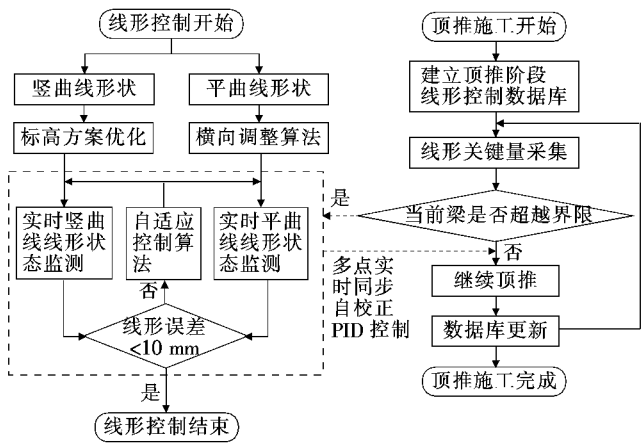


图 5 钢箱梁顶推自适应控制原理

结合该工程箱梁截面复杂施工控制难的特点,离散化各支墩顶推设备和钢箱梁底面的距离,并优化设计承重垫梁高度与测量临时墩的垫高量,确保顶推设备工作在其行程范围内。考虑此顶推工艺的特性,通过编程,合理计算出顶推所需的曲线半径与圆心角。将优化计算后的标高数据与调整量输入控制器,对高精度传感器测量的桥梁成形误差进行反馈,并通过空间曲线特征分段算法和自校正 PID 原理,完成了对竖曲线和平曲线成形施工的自适应控制。

3.3 智能化监控系统

为保证施工的安全性,并提高顶推施工控制的决策能力与施工效率,该技术搭建了远程通讯成套设备与网络化监控系统,该系统可对顶推过程施工的关键参量进行网络化采集,与监控分析软件进行对接、分析和计算,保证多点顶推装备系统跟随变高截面钢箱梁的曲面特征而随之进行适应性的施工。

系统设计了智能声光报警平台,通过对关键参量和状态的边界条件进行抽象和编程,当顶推设备运行偏离预定设计的验收标准时,监控系统智能地结合桥梁梁体顶推路径的设计与规划方案以及软件内嵌的自适应控制算法,实时对顶推过程中发生的同步性能衰弱、线形误差偏离设计值以及执行单元错误进行分析

与调整,确保桥梁同步顶推过程和桥梁线形成形的高精度实施与完成。同时,监控系统具备人工干预与终端功能,对顶推状况进行现场提示与远程信息推送,可无扰动地切换现场/远程的监控权限,极大地减轻了现场调度人员的工作量,提高了顶推施工的决策响应效率与质量,降低了安全事故发生的隐患。

4 工程实施

结合上述工艺及保证策略,采用有限元软件进行了工艺流程的计算,计算工况及计算结果如表 1 所示。

表 1 计算工况及结果

工况	内容	最大应力/ MPa	最大变形/ mm
1	导梁与前三节箱梁焊接	14.3	0.8
2	前移 6.5 m	16.0	1.2
3	安装 L7~L9 钢箱梁	16.7	5.0
4	前移 12 m	24.3	6.0
5	安装 L7~10 钢箱梁	24.9	9.6
6	前移 15 m	62.9	32.1
7	将设备倒换到 3# 平台	72.0	36.8
8	前移 2.5 m	97.9	59.2
9	导梁与 3# 平台作用	72.8	15.3
10	前移 12.5 m	87.8	18.4
11	安装 L7~L11 钢箱梁	90.5	18.9
12	前移 12 m	35.1	8.3
13	安装 L7~L12 钢箱梁	36.1	15.6
14	前移 15 m	37.5	29.5
15	将设备倒换到 4# 平台	51.5	60.1
16	安装 L7~L13 钢箱梁	67.1	168.5
17	前移 2.5 m	78.5	126.2
18	导梁与 4# 平台作用	58.1	118.3
19	前移 5.5 m	69.2	66.9
20	安装 L7~L14 钢箱梁	93.2	196.8
21	前移 14.45 m	55.3	31.7
22	前移 13.5 m 至设计位置	34.5	11.0

通过计算,该工程小竖曲率半径变高截面钢箱梁顶推工艺符合规范要求,在结构受力上满足工程需要。

该项技术已经成功应用于武汉市东风大道快速化改造工程小竖曲率半径变高截面钢箱梁顶推施工中,施工效果良好。

5 结语

变高截面钢箱梁顶推技术的研究及现场成功实施,克服了变截面箱梁使用顶推技术的技术难题。多自由度顶推设备与变高装置的设计,使得变高截面钢箱梁高精度线形顶推施工得以实现。同时,自适应控制技术 & 智能化监控系统的采用,增强了顶推施工的多点同步性与整体安全性。此外,通过结合小竖曲率半径变高截面顶推施工的路径规划方法,顶推施工的自动化水平得以大幅度提升。

武汉市东风大道 L7 联 89 m 钢箱梁顶推施工的顺利完成,可为后续同类顶推施工工程提供良好的技术支持和实践经验。

参考文献:

[1] 陈青.连续梁桥的顶推施工技术[J].国外公路,1998(2).  
[2] 王卫锋,林俊锋,马文田.顶推施工中临时墩位置对梁体制造误差的影响[J].华南理工大学学报(自然科学版),2006(9).  
[3] 张鸿,张永涛,周仁忠.步履式自动化顶推设备系统研究及应用[J].中外公路,2012(4).  
[4] 郝超.顶推法施工 102 m 跨径钢管混凝土拱桥的设计与研究[J].公路,2006(12).  
[5] JTG/TF 50—2011 公路桥涵施工技术规范[S].  
[6] 周仁忠,谭浩明,杨炎华.空间曲线钢混组合结构桥梁施工技术研究[J].中外公路,2016(4).  
[7] 俞国际,褚金雷.步履式桥梁顶推法施工技术的探讨与应用实例[J].城市道桥与防洪,2016(4).  
[8] 谢道平,刘益平,吴明威,等.大跨度钢桁梁顶推技术研究及应用[J].中外公路,2017(4).  
[9] 张建,王永光,孔祥韶,等.九堡大桥主桥顶推施工模型试验研究[J].中外公路,2017(5).  
[10] 谭竣,许红胜,黄娟,等.钢桥面板纠偏复位顶推施工方案比选研究[J].中外公路,2016(5).