

# 上跨高速公路小半径、大偏角钢箱梁顶推施工监测技术分析

宋 斌

中铁上海工程局集团有限公司 上海 201900

**摘要:** 本文以上横高速公路上跨柳南高速钢箱梁顶推施工为工程实例, 结合上横高速黎塘北枢纽C匝道钢箱梁所处位置的施工条件, 从钢箱梁顶推的应力应变监测、线形监测和温度监测的控制进行分析论述, 并根据顶推过程中监测数据的变化进行顶推动态调整, 最后通过对监测数据的分析, 对钢箱梁顶推的安全性和线形要求进行验证, 证明该监测成果有效, 可作为同类工程参考资料。

**关键词:** 小半径; 高速公路; 大偏角; 上跨; 钢箱梁顶推; 监测

## 引言

随着我国经济快速发展和基础设施建设规模扩大, 带来的桥梁需求不断增大, 桥梁的形式和样式也向着多样化方向发展, 不同桥梁施工需求及工艺也存在不同。面对不断增多的跨越既有道路桥梁, 顶推施工作为一种成熟、快速的桥梁施工工艺, 具有施工速度快, 对下部行车影响小的特点, 成为大多数钢箱梁跨障碍物施工的首选施工方法。

在进行钢箱梁顶推施工时, 对于曲线段的钢箱梁存在“弯扭耦合效应”, 受力状态远比一般直线钢箱梁桥复杂。同时由于偏心作用, 施工过程中其方向不易控制, 容易发生横向倾覆。因此, 国内外学者对顶推施工监测技术进行不断研究、开发, 并应用于各类曲线钢箱梁顶推施工, 使得顶推施工成为一项成熟、高效、安全的桥梁施工技术。

本文以上横高速黎塘北C匝道钢箱梁顶推为工程背景对顶推施工进行分析。黎塘北C匝道钢箱梁上跨柳南高速, 跨度大, 同时钢箱梁所处匝道曲线半径小、偏角大, 施工环境复杂, 受既有横跨道路影响, 施工风险高, 通过对该项目顶推施工的监测数据进行具体的分析论述, 探讨针对不同的角度和半径的钢箱梁顶推采用不同的监控手段, 并通过施工完成的钢箱梁线形及位置对所采用的监测方法进行验证。本研究成果可为该项目的顶推施工方案提供技术支撑, 也为其他类似工程的施工技术提供依据和参考。

## 1 工程概况

上横高速黎塘北C匝道第一联上部采用(40+65+58+35)m连续钢箱梁结构, 横断面为单箱双室截面, 底板为水平无横坡, 顶板为3%的单向横坡, 中、边腹板为直腹板。桥梁中心线处梁高3m, 梁顶面总宽10.5m, 梁底面总宽7m。

黎塘北C匝道钢箱梁平曲线线形为圆曲线, 曲率半径为480m; 竖曲线线形为圆曲线, 曲线半径为3400m, 3.8%单向坡。

## 2 施工监测的目的

通过对钢箱梁的结构、内力进行监测, 一方面可以监测钢箱梁的变形情况, 以便一旦发现异常变形可以及时进行分析、研究、采取措施、加以处理, 确保钢箱梁变形符合施工要求。另一方面, 通过对钢箱梁的顶推过程中变形、内力进行分析研究, 还可以检验设计和施工是否合理、反馈施工的质量, 并为今后的修改和制订设计方法、规范以及施工方案等提供依据。

## 3 施工监控内容

### 3.1 施工监测内容

#### (1) 位移测量

通过搭建高程控制网, 使用全站仪、水准仪等精密仪器进行数据采集, 采集内容包括钢箱梁高程、挠度等控制成桥线形参数。钢箱梁拼接、顶推过程等施工工况均进行位移测量。

#### (2) 应力、应变测量

通过钢箱梁内部预埋的应力传感元件采集相应内力值, 与设计值进行对比, 判断钢箱梁整体受力情况是否满足设计要求, 应力、应变测量与位移测量同步进行。

#### (3) 温度影响测量

通过带有温度测试功能的应变计, 同时测量温度和应变<sup>[1]</sup>。根据测量结果计算在不同温度影响下测量钢箱梁整体挠度、内力, 经过计算后确定最佳施工时间及施工周期, 确保钢箱梁整体受力情况满足设计要求。

### 3.2 施工监测控制内容

基于大桥的结构受力特点, 其施工控制的关键是:

#### 3.2.1 控制钢箱梁纠偏;

由于步履式千斤顶结构特点, 单次行程方向固定,

因此进行曲线段钢箱梁顶推时无法一次性顶推到位。顶推施工需先进行纵向顶推，再进行横向纠偏，根据计算确定单次行程长度，确保钢箱梁沿设计线形顶推前进。通过钢箱梁线形监控可以指导现场及时纠偏。

①步履式千斤顶顶推流程如下：

根据设计曲线计算钢箱梁纵向顶进一个行程后横向偏移量→操作步履式千斤顶进行纵向顶进一个行程→对钢箱梁进行监控测量→操作步履式千斤顶进行横向纠偏→往复顶推钢箱梁至设计位置。

②根据钢箱梁所在的曲线半径和前进方向计算，钢

箱梁每顶进4m，横向偏移量最大值即达到300mm，就必须要进行横向纠偏后方可进行后续顶推。在纠偏过程中防止每个顶推支墩上纠偏不一致，在每个支墩位置设置一个专人进行纠偏观察，当纠偏达到原位置后进行统计，看是否每个位置已恢复原位置，确保顶推和纠偏同步进行。

②通过实际线形模拟计算，黎塘北和露圩北钢箱梁横向纠偏理论数值  $\leq 300\text{mm}$ ，在步履式千斤顶横向调整范围之内。根据计算每顶推4m就需要立即进行纠偏，纠偏后方可继续顶推<sup>[2]</sup>。

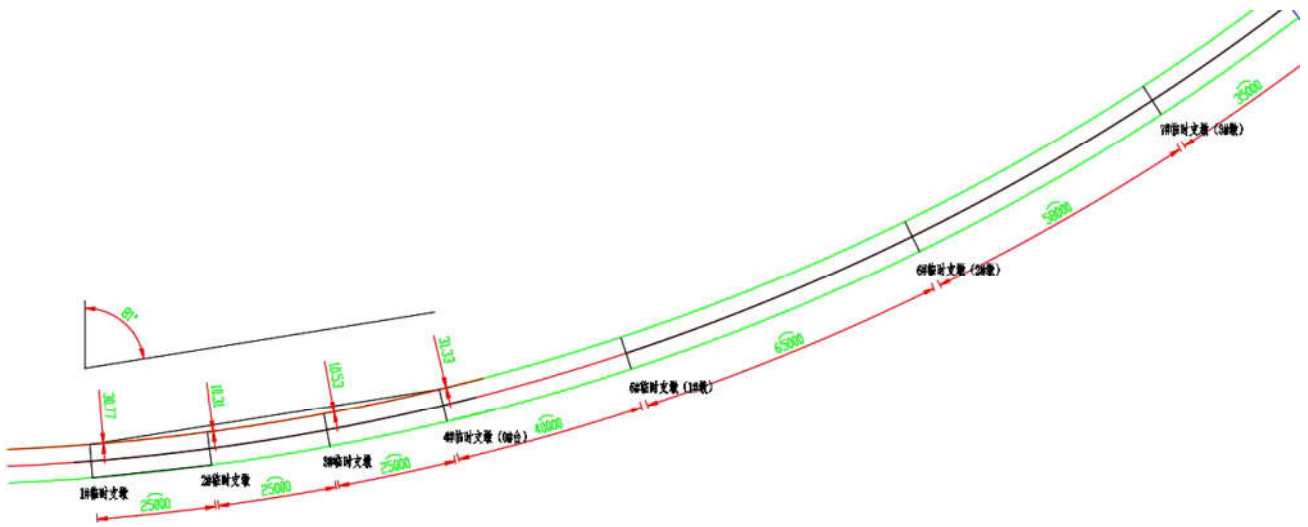
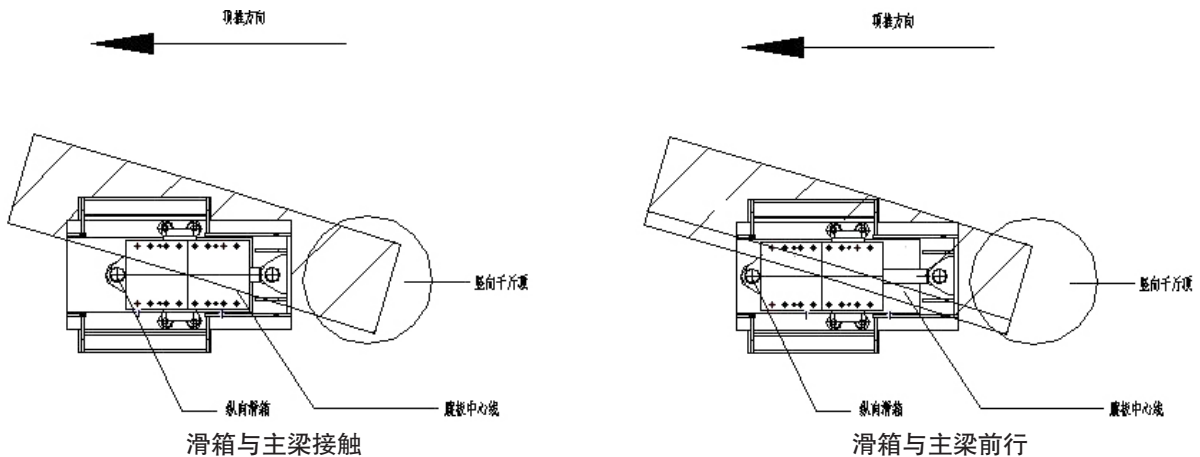
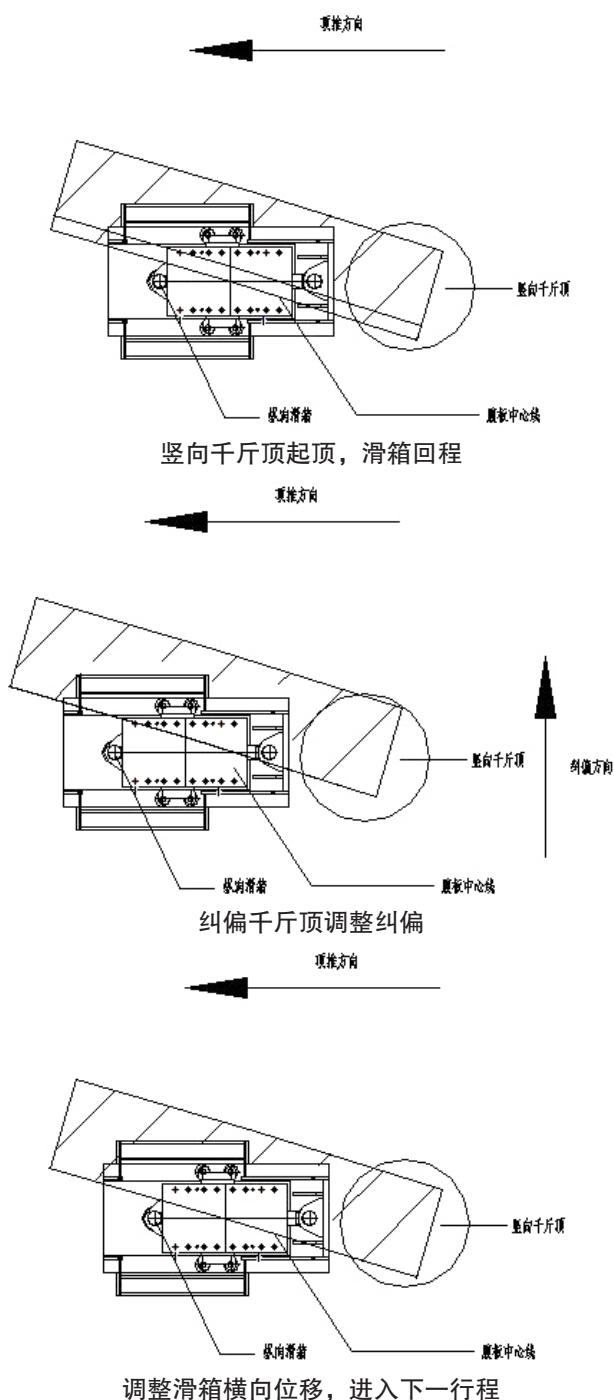


图1 线形纠偏示意图(单位：mm)

③钢箱梁设计曲线为圆曲线，钢箱梁偏移量与轴线偏移趋势在一定行程内为固定值，可设置纠偏数值提前抵消下个行程的轴线偏移量，即将两个甚至多个行程合

并为一个较大行程，缩短顶进施工工期。最大横向纠偏范围流程图如下所示：





### 3.2.2 控制钢箱梁线形

(1) 严格控制永久墩、临时墩上支点顶面的安装标高(根据监控计算结果,结合预压试验及已顶推部分测量结果,必要时监控方将给出支点顶面标高的预抬值):永久墩、临时墩上支点安装完成后,施工、监理、监控进行联测,以确保支点顶面标高的精度。支点顶面纵向标高控制误差为 $\pm 2.0\text{mm}$ ,横向标高误差应不大于 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

(2) 顶推过程中,支点会发生一定沉降,这在临时墩处支点会更明显,借助支点顶面标高实时施工测量结果,修正计算模型,验证结构受力安全。必要时(支点标高沉降值过大),采取措施调整支点标高,以确保顶推过程中钢箱梁整体结构受力安全<sup>[3]</sup>。

(3) 实时监测导梁前端、1/4跨、1/2跨、3/4跨及各支点的标高,反馈分析各支点反力,确保结构受力安全。

(4) 每次顶推行程结束后,反复测量钢箱梁中心线及测点高程、挠度,确保各点位及中心线满足计算要求,并定期检查标高控制网,确保在顶进过程中数据无误。每增加一段钢箱梁时,对临时结构物进行一次稳定性检测,并重新校正标高。顶推过程中保证箱梁中腹板始终在顶推设备纵向中心线 $\pm 100\text{mm}$ 范围内,导梁腹板在 $\pm 50\text{mm}$ 范围内。

### 3.2.3 控制钢箱梁轴线偏位

本桥钢箱梁主要为大偏角和小半径顶推施工,过程中中线形监测为关键,过程中主要是轴线监测和偏位监测为主。轴线监测通过采集顶推过程中首尾端主梁轴线横向坐标,与顶推开始时坐标进行比对,判断顶推过程中主梁是否偏离设计轨道。偏位监测采用全站仪测量主梁轴线空间坐标,顶推前、顶推中和顶推完成后均进行测量,并相互之间进行对比检验。顶推中测量时,根据各项推工况确定测量间隔,确保钢箱梁顶推轴线偏位符合规范要求<sup>[4]</sup>。

### 4 施工异常应对措施

为保证钢箱梁顶推实施过程中顶推行程及结果无误,必须做好充足的施工准备工作。进行完整施工工况模拟,并对顶推数据进行多次、多人计算,复核无误后方可施工。加强钢箱梁整体结构监测与分析,对差异数值采取不放过原则,确保顶推施工安全快速。

顶进过程中如出现较大误差,如钢箱梁中轴线与设计不符、横向纠偏无法完成等,需停止施工并会同参建单位分析误差数据确定误差原因,根据误差原因制定相应措施进行纠偏。误差纠偏完成后,形成会议纪要作为顶推施工指导文件,具体流程见图2。

### 5 结论

本文对黎塘北C匝道钢箱梁顶推的施工监测进行了具体地分析论述,通过监控方法和控制内容进行有效分析,验证了监测的合理性和有效性,得了以下结论:

(1) 对于上跨高速公路小半径、大偏角钢箱梁顶推要时刻钢箱梁的偏位数值,并与设计纠偏极限数值进行对比,在即将达到设计极限纠偏数值前必须要进行纠偏。

(2) 根据监测数据,时刻关注钢箱梁的内力和应力

变化，同时对导梁的应力和内力变化进行控制，确保在标准范围内进行顶推；

(3) 对于小半径、大偏角钢箱梁顶推过程中要严格结合施工方案和施工工艺进行动态监测。

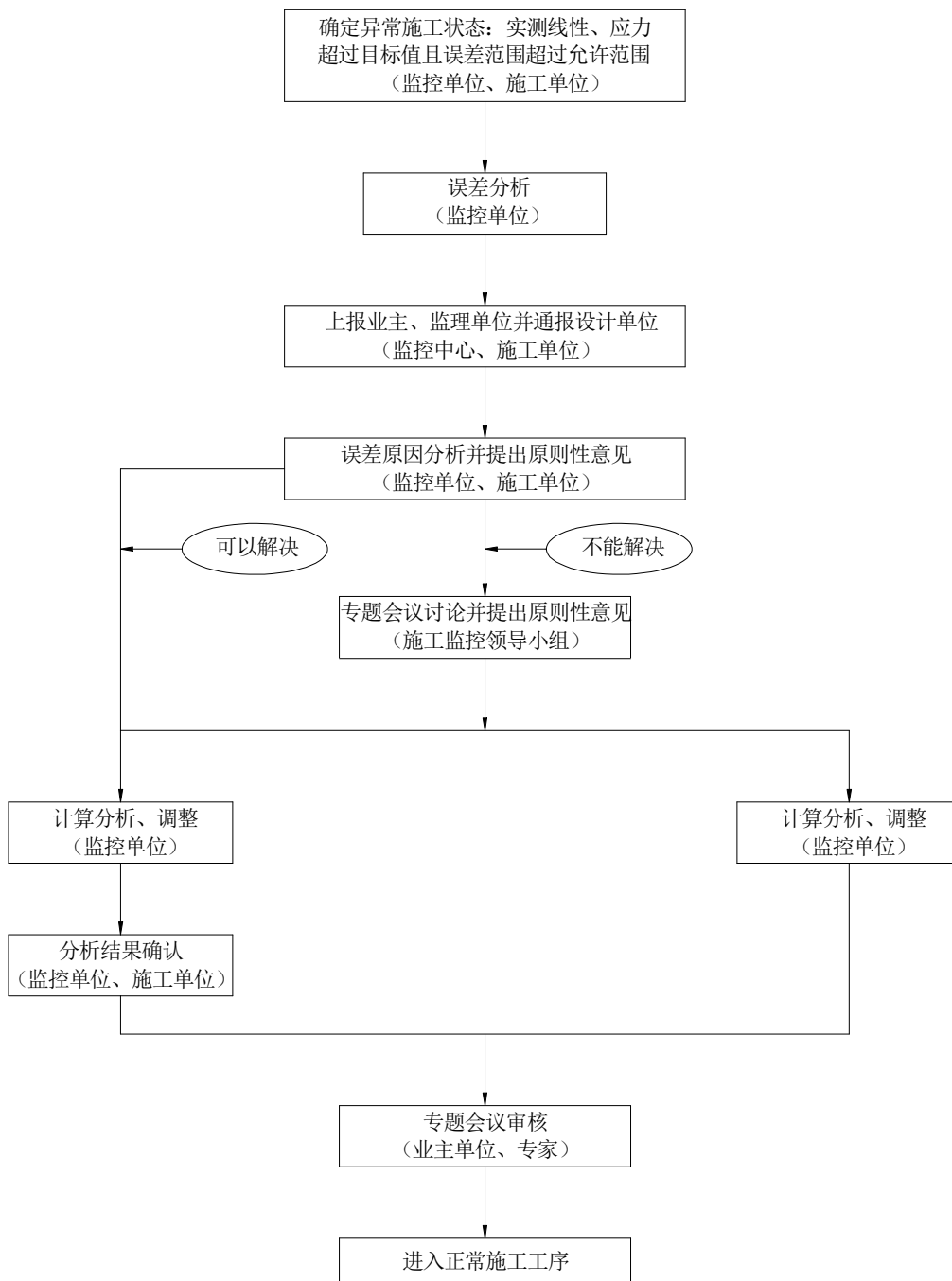


图2 处理异常情况工作程序流程图

参考文献

[1]冯良明.浅谈钢箱梁桥施工质量安全监控要点, 价值工程, 2020,021:132-134.  
 [2]羊建峰, 朱乔元.步履式顶推设备在钢箱梁中的应用, 价值工程, 2020,027:242-244.  
 [3]吴新强.小半径钢箱梁桥整体稳定性分析, 安徽建筑, 2020,004:100-124.  
 [4]谭双全, 胡奇.连续钢箱梁匝道桥设计, 城市道桥与防洪, 2018,005:107-109.