

文章编号: 1674—8247(2018)04—0084—04

跨越铁路预应力混凝土连续梁顶推施工技术

赵西法

(青荣城际铁路有限责任公司, 山东 烟台 264000)

摘 要:青荣城际铁路跨蓝烟铁路特大桥紧邻铺轨基地,是全线控制性工程之一,其特殊结构 101.2m 曲线预应力混凝土连续梁是全线重点工程,采用旁位整体预制多点步履式顶推方法施工,并展开相关施工技术研究。通过研究,连续梁施工采用了四项新技术:(1)采用贝雷片导梁节省了临时设施费用;(2)采用滑道纠偏技术解决了连续梁曲线前行问题;(3)采用总控和分控电气控制系统解决了梁体顶推同步问题;(4)采用梁体应力控制技术解决了梁体混凝土开裂问题。新技术的应用和过程控制保证了蓝烟线运输安全,缩短了工期,节省了投资。

关键词:跨越铁路;连续梁;顶推设计;施工控制

中图分类号:U445.462 **文献标志码:**A

Construction Technology on Prestressed Concrete Continuous Girder Launching over Existing Railway

ZHAO Xifa

(Qingdao-Rongcheng High-speed Inter-city Railway Co., Ltd., Yantai 264000, China)

Abstract: The super major bridge crossing over Lancun-Yantai railway in Qingdao-Rongcheng high-speed inter-city railway, one of the control engineering projects, is near track laying base. 101.2 m curve prestressed concrete continuous girder as its special structure is an emphasis project all of the line, adopted side whole prefabrication and multi-point walking-type incremental launching method, and carried out interrelated construction technologies research. Four new technologies are adopted for the concrete continuous girder construction: The first one is that bailey slices nose is adopted to save temporary facilities expenses. The second is that slide deviation rectifiable technology is adopted to solve curve forward problem. The third is that comprehensive in combination with separating electrical control system is adopted to solve the synchronous launching problem. The fourth is that the stress control method is adopted to solve the concrete continuous girder split problem. New technologies' application and process control ensure the transport safety of Lancun-Yantai railway, and decrease the construction time and save the cost.

Key words: crossing over existing railway; continuous girder; launching design; construction control

桥梁采用原位顶推法施工技术,占用场地少,工艺先进、方便操作、工期短,节省投资,在我国中等跨度连续梁施工中得到广泛应用。目前世界上采用顶推法完

成的桥梁数以千计,连续钢箱梁顶推施工已有定型 ZLD 自动连续顶推设备^[1],大跨度钢桁梁多点同步连续顶推最大跨度已达 180 m,混凝土曲线连续梁步履

收稿日期:2018-04-28

作者简介:赵西法(1967-),男,高级工程师。

基金项目:济南铁路局科技研究开发计划(2013JS01)

引文格式:赵西法.跨越铁路预应力混凝土连续梁顶推施工技术[J].高速铁路技术,2018,9(4):84-87.

ZHAO Xifa. Construction Technology on Prestressed Concrete Continuous Girder Launching over Existing Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(4): 84-87.

式顶推曲线半径小至 500 m,顶推技术应用已较为成熟^[2],但大吨位、长大曲线混凝土连续梁整体顶推施工相对较少。

1 工程概况

青荣城际铁路跨蓝烟铁路特大桥全长 2 972 m,为双线客运专线桥梁,孔跨布置为 $(43 \times 32 + 1 \times 24)$ m 简支梁 + (5×20) m 连续梁 + $(1 \times 24 + 43 \times 32)$ m 简支梁,在蓝烟线 K47 + 181.65 处交叉上跨,斜交 $19^\circ 30'$ 。上跨连续梁部分在 44 ~ 49 号墩之间,布置型式为 $(20.05 + 20 + 20 + 20 + 20.05)$ m,其中跨越蓝烟铁路部分 45 号、46 号、47 号墩采用钢混结合框架墩,墩顶设置钢横梁。上跨连续梁位于 $R = 5\,500$ m 的圆曲线上,桥位纵坡 -0.93% ,支座中心线至梁端 0.55 m,全梁桥等高截面,梁高 2.0 m,单箱单室斜腹板式,箱梁顶宽 12.2 m,底宽 5.643 m。连续梁混凝土量 933 m³,质量约 2 500 t。跨蓝烟铁路特大桥上跨连续梁鸟瞰如图 1 所示。



图1 跨蓝烟铁路特大桥上跨连续梁鸟瞰图

原设计方案为在跨蓝烟铁路特大桥 49 ~ 53 号永久墩之间搭设支架整体模板一次浇筑连续梁,采用钢箱梁导梁、混凝土临时墩、拖拉法施工。根据现场实际情况,研究后将方案优化为采用贝雷片导梁和临时墩原位步履式多点整体顶推至 44 ~ 49 号永久设计墩位^[3]。

2 贝雷片导梁

导梁长度一般取 0.5 ~ 0.7 倍最大跨度^[4],本桥前后导梁长度为 15 m。导梁又分为左侧和右侧,左右侧中心距 4.9 m,在导梁两端和中部设置三道横向联结。左右侧横桥向均由 4 件 36 片异型加强贝雷片拼装而成。在梁体顶板及底板均埋设两组预埋件,每组预埋件 4 个连接头。预埋件通过销子和贝雷架导梁连接。跨蓝烟铁路特大桥 101.2 m 曲线连续梁前导梁结构如图 2 所示。

采用 Midas Civil 软件进行有限元分析计算导梁全

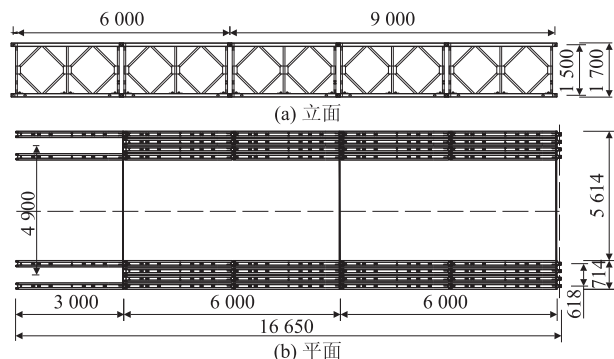


图2 导梁结构示意图(cm)

部悬空时,导梁受到的支反力 443.1 kN,组合应力为 +130.4 MPa、-163.2 MPa,组合、轴向应力验算分别为 0.54、0.22,满足规范要求。

原设计导梁为钢箱梁,改为材质为 Q345 贝雷片导梁后,在满足强度、刚度、稳定性要求情况下,重量由 90 t 减至 25 t,在改善导梁控制内力的同时,提高了施工效率,节约费用 51 万元。

3 总控-分控技术

多点顶推法的优点是任何阶段都能提供必须的顶推动力,关键是必须保证多台千斤顶同步工作^[5]。控制系统由液压系统和电气系统组成。液压系统中,在操作平台上建立泵站系统和泵站分控装置,只设竖向千斤顶的墩位由分控装置和 1 台 DBC2.0L 电动泵站组成分控系统,设竖向千斤顶和水平千斤顶的墩位由分控装置和 1 台 DBC2.0L/DBC10L 电动泵组成分控系统,在连续梁梁面上设置总控装置实现分控泵站远程控制。合理选定了系统中的换向阀、液压锁、安全阀这些关键控制元件及系统额定流量。换向阀与安全阀相互配合实现液压泵站的双向操作;通过液压锁保证千斤顶到液压锁的压力系统稳定;通过安全阀控制千斤顶的油压,防止千斤顶超载使用;通过截流阀和额定流量控制千斤顶的顶升速度,保证同步性^[6]。

电气控制系统首先进行总电路设计,根据总接线图进行中央配电箱和中央控制箱设计,实现顶推系统的远程中控和同步控制;通过终端配电箱和终端控制箱地设计实现单个泵站系统的分控制,同时任何分控系统都可以急停所有控制系统,共设计了 9 个分控系统。

总控箱可以控制全部竖向顶同步起落,控制所有水平顶同步前进后退;分控箱只能控制相应分控箱,只能控制相应墩位的顶推装置,总控动作时,分控不起作用;不管什么样的工作状态,在总控与分控 10 个控制

箱位置均可以停止全部动作,总控复位后才可再次进行作业,使推顶施工始终处于受控状态^[7]。

4 梁体应力控制技术

利用 Midas Civil 软件对梁体顶推全过程进行仿真分析,找出最佳受力状态支反力组合,在每台竖向千斤顶无杆腔对应油路上安装 2 个压力表,顶推过程中严格按照分析结果对每个墩的每个行程支反力通过液压表读数进行精确控制,通过在滑块上微调钢板的方式控制支反力,使之与理论计算接近,保证连续梁整体受压,解决混凝土的开裂问题。

顶推施工进行全程应力监控,在连续梁前进方向第一跨 1/4 处、跨中、第二、三跨跨中,每个断面布置 6 个测点,测点布置在竖向千斤顶上方位置,在顶升时进行监控。监测结果表明:在连续梁顶推过程中控制截面出现附加拉应力最大值 2.4 MPa,而且顶推时每跨均会出现最大值 2 MPa 左右的附加拉应力,远小于顶推前施加预张拉产生的压应力 9.7 ~ 12.6 MPa,顶推过程中梁体截面一直处于受压状态。

5 滑道纠偏技术

混凝土连续梁位于 5 500 m 半径的圆曲线上,顶推过程中需及时纠偏。水平千斤顶布设时按曲线的切线方向布置,拟合连续梁圆曲线,使墩顶的水平千斤顶位于同心圆上^[8],6 台顶推千斤顶与梁体不产生相对滑动,梁体沿圆曲线行走,实现梁体自动转向。

顶推施工中采用的主动导向纠偏装置是在垫石侧面上用膨胀螺栓固定一根竖向槽钢作为立柱,在滑道钢板焊接耳板,在立柱上焊接一个螺帽作为微调螺纹,顶推纠偏装置如图 3 所示。需要调整时,正反拧动螺杆使滑道左右方向移动,通过调整滑道位置实现梁体自动转向,不再在墩身两侧设置强制纠偏装置。

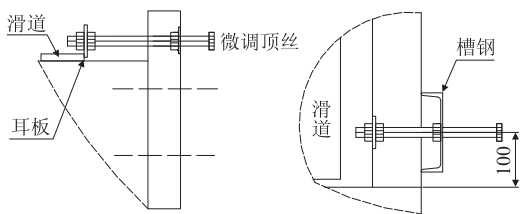


图 3 顶推纠偏装置(cm)

在实际顶推过程中,轴线的偏移将引起支承反力没有作用于腹板上,而是作用于梁体底板上,使梁体结构处于不利状态,施工中必须进行全过程监测,随时纠正轴线偏差。在连续梁前后两端中心线位置设置监测

点,顶推过程中连续梁梁体线性变化检测数据如表 1 所示。从检测数据可知,顶推过程中进行了 12 次较大量纠偏;顶推就位后,在平面位置上顶进方向前端偏离桥梁左中心线 8 mm,后端偏离桥梁左中心线 5 mm,符合规范要求。

表 1 连续梁顶进过程梁体线性变化检测表

顶进距离 /m	顶进方向前端 监测点偏离左 中线距离 /mm	调整值 /mm	顶进方向后端 监测点偏离左 中线距离 /mm	调整值 /mm
0	8	—	5	—
6.75	43	-20	36	-10
21	-50	15	-15	—
28.5	-20	—	-40	10
45.75	-29	10	35	-15
54	10	—	-2	10
60.75	42	6	-33	—
64.5	61	-20	-49	15
82.5	-47	16	11	—
92.25	-2	—	43	-15
99	20	10	16	8
100.5	12	5	9	3
100.7	8	—	5	—

注:偏左为正,偏右为负。

6 施工关键工序

6.1 导梁前端上墩

经受力验算,在顶推过程中前导梁在全部悬臂时顶端有 26 mm 挠度,到达下一墩顶滑块时,采用 2 台 15 t 起道机将导梁顶起,将导梁放到滑块上。

6.2 落梁

顶推至设计位置后,拆除前后导梁,微调梁体至准确位置,44 ~ 49 号墩墩顶至梁底高度比设计高度统一高 80 mm,参照高位分层落梁法分步落梁^[9]。

设置在 44 ~ 49 号墩垫石上的竖向千斤顶统一顶起 30 mm,严格按照位移 5 mm 为一级加载,每级顶升完成后持荷载 3 min,记录检测数据,检查梁体裂纹及顶升设备情况。移除 44 ~ 49 号墩除竖向千斤顶以外的装置,设置由 20 mm、5 mm 钢板及滑块组成的保险墩,竖向千斤顶统一缓降 5 mm,使梁落到保险墩上,本步落梁后墩顶至梁底高度不变。竖向千斤顶再统一缓降 5 mm,取出此组竖向千斤顶,并从垫石顶转到墩顶,安装永久支座。在竖向千斤顶下垫 20 mm、5 mm 钢板、滑块,竖向千斤顶统一顶起 10 mm,通过降 44 ~ 49 号墩千斤顶行程和取出 44 ~ 49 号墩上保险墩 1 块 5 mm(或取出 1 块 20 mm 钢板加上 3 块 5 mm 钢板)同时进行的方法进行落梁 40 mm 到保险墩上。将 44 ~ 49 号墩千斤顶组合高度重新进行调整,重复以上

步骤,落梁 40 mm 至永久支座和设计标高。梁体最终状态下,44 ~ 49 号墩支座支反力依次为 361 kN、321 kN、538 kN、538 kN、321 kN、361 kN。

7 结束语

跨蓝烟铁路特大桥 101.2 m 曲线连续梁采用步履式多点顶推的方法,于 2013 年 12 月顶推到位。在保证蓝烟线正常运营情况下,梁体向前走行 100.7 m,从开始顶推到顶推到位只用了 4 d,比计划工期提前 16 d 完成;从梁体浇筑完成到顶推到位用了 2 个月时间,比节点工期提前 1 个月,比采用钢箱梁导梁、混凝土临时墩、拖拉法施工节约费用约 311 万元,取得了良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

[1] 李志伟. 连续钢箱梁拖拉系统设计及施工[J]. 铁道建筑技术, 2016,33(4):28-31.
LI Zhiwei. Design and Construction of Continuous Steel Box Beam Dragging System [J]. Railway Construction Technology, 2016, 33(4):28-31.

[2] 周洪顺. 大跨度钢桁梁多点同步连续顶推施工[J]. 铁道建筑技术,2016,33(6):5-7.
ZHOU Hongshun. Multi-point Simultaneous Pushing Construction of Large-span Steel Truss Girder[J]. Railway Construction Technology, 2016,33(6):5-7.

[3] 崔越超. 上跨既有高速铁路桥梁施工关键技术[J]. 铁道建筑, 2017,57(4):34-36.
CUI Yuechao. Key Construction Technologies of Bridge over the Existing High Speed Railway [J]. Railway Engineering, 2017,

57(4):34-36.

[4] 杨超. 大跨度顶推钢导梁设计研究[J]. 铁道建筑技术,2016, 33(12):24-27.
YANG Chao. Design on Large Span Steel Guide Girder with Incremental Launching Method [J]. Railway Construction Technology, 2016,33(12):24-27.

[5] 张晓东. 桥梁顶推施工技术[J]. 公路,2003,48(9):46-51.
ZHANG Xiaodong. Bridge Incremental Launching Construction Technology[J]. Highway, 2003,48(9):46-51.

[6] 高荣峰. 小半径曲线混凝土连续梁步履式顶推施工技术[J]. 施工技术,2017,46(11):25-28.
GAO Rongfeng. Walking Type Jacking Technology of Concrete Continuous Girder with Small Radius Curve [J]. Construction Technology, 2017,46(11):25-28.

[7] 张勇,马宏亮. 高速铁路曲线连续梁桥顶推施工关键技术研究[J]. 铁道建筑,2015,55(7):16-18.
ZHANG Yong, MA Hongliang. Key Technologies Research on High Speed Railway Curve Continuous Girder Incremental Launching Construction [J]. Railway Engineering, 2015,55(7):16-18.

[8] 苏国明. 跨既有顶推施工预应力混凝土箱梁设计及施工需要注意的问题[J]. 铁道标准设计,2012,56(2):31-33.
SU Guoming. Analysis for Key Problems in Design and Construction of Prestressed Concrete Box Girder with Incremental Launching Method Crossing Over Existing Line [J]. Railway Standard Design, 2012, 56(2):31-33.

[9] 李雁鸣. 步履式顶推钢箱梁高位落梁技术研究[J]. 铁道建筑技术,2016,33(7):44-47.
LI Yanming. Technology Research for Steel Box Girder Dropping Beam from High Location by the Walking-type Incremental Launching [J]. Railway Construction Technology, 2016,33(7):44-47.

(编辑:赵立红 白雪)