

大型预应力混凝土箱梁跨既有铁路顶推施工技术

于洪波

中铁二十三局集团第二工程有限公司 161000

[摘要]顶推施工由于对线路运行影响较小,在跨既有线桥梁施工中得到了广泛应用。本文首先对顶推法施工做了概述,然后结合具体工程案例详细阐述了大型预应力混凝土箱梁跨既有铁路顶推施工技术。

[关键词]预应力;混凝土箱梁;顶推;千斤顶;起落梁

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2021.09.1256

一、顶推法施工概述

随着中国基础设施建设不断的发展,出现了大量的桥梁工程项目,相应的桥梁施工技术也取了很大的进步。就目前而言,桥梁施工技术非常之多,桥梁顶推施工法因其高度工业化、施工占地少、施工过程中不影响既有铁路或公路、设备可重复使用等优点而被迅速推广应用。其中,混凝土箱梁是大跨径桥梁的常用结构形式,对桥梁工程的施工质量及效率具有较大的影响,因此,对混凝土箱梁顶推施工技术展开研究具有重要意义,国内外对顶推法施工技术都进行了研究。

顶推工艺虽然在国内逐渐成为成熟工艺,分为步履式顶推和拖拉法顶推,本桥设计采用拖拉法顶推。但此方法较其他方法在工艺上要求更为严格,在牵引装置、锚固装置、牵引钢索的布置上都要求更加严格,且各装置部件都将发生允许变形。

二、工程概况

齐齐哈尔南外环公路工程是落实黑龙江省推动重点产业园区建设的重点工程,本工程线路在K8公里处与铁路立体交叉,与铁路斜交76度,桥梁全长566.04m。桥梁全宽29.5m,分设两幅,全桥24跨,共七联,其中主桥跨铁路段第四联为140m预应力混凝土连续梁,其中80m跨铁段采用顶推法施工,梁顶梁底横向均为水平,拖拉法顶推就位后,转梁形成桥面2%横坡后安装支座。主桥支座采用铁路常用跨度连续梁球型钢支座(LXQZ型),梁底纵向竖曲线半径

4500m。端横梁和中横梁均采用预应力混凝土结构,端横梁厚1.5m,中横梁厚2.0m;施工缝位置设置1.5m厚顶推横隔板,顶推距离为100m。

本桥采用混凝土结构。在顶推过程中由于应力不断发生变化,极易出现混凝土开裂。且采用斜向拖拉工艺,尚属首次。受铁路限制跨铁处临时支墩跨度达30m;结构物为混凝土箱梁重量大;位于铁路上方竖曲线半径小,顶推坡度大;混凝土箱梁底摩阻力大;与铁路斜交76度采用斜向推拉;受跨度、竖曲线、摩阻力影响,临线永久支墩及线间处临时支墩对刚度和位移要求极高。

三、大型预应力混凝土箱梁跨既有铁路顶推施工技术

(一)顶推施工工艺

顶推施工工艺如下:

1、牵引系统由连续千斤顶、反力座、钢绞线、液压泵站、PLC控制系统及锚具夹片等组成。

2、后锚系统由牵引座和锚座通过锚轴连接组成,锚座设置在混凝土梁横隔板位置,与混凝土梁底部采用预埋的连接方式。

3、滑枕滑板选用MGE板,滑动摩擦系数约为0.04~0.08。

4、钢导梁长32m,高3.6m,由纵梁、横梁、竖杆、斜杆、

斜撑组成,导梁重量约285~310t。

5、正式顶推前先进行试顶,顶进距离为6m。检查顶升系统、限位纠偏装置、监测仪器设备是否正常,人员组织是否到位;记录启动顶力、顶推速度,推算摩擦力,分析顶力设备能否满足要求,及时调整顶推参数。

6、正式顶推分3次进行:第一次顶推距离为23m(右幅)和24m(左幅);第二次顶推距离为31m(右幅)和30m(左幅);第三次顶推距离为39m,梁体顶推到位。

(二)临时墩

临时墩为满足钢导梁的安装和箱梁顶推时抗倾覆的要求需要施工临时墩,左右两幅各设置7个临时墩。L1-L4号临时墩基础采用桩基础,设计直径为1.5m,桩深26m。2根桩上为承台,上接1.5m×2m墩身,为混凝土结构。L5、L6、L7为扩大基础,L5为混凝土墩身。L6临时墩位于上下行铁路中间,用满堂红脚手架进行搭设,只作为保险措施,施工过程中不受力。L1-1#墩墩顶设置联系构件,形成稳定的空间结构,确保顶推过程中的安全性。

(三)滑道与滑块

顶推滑道板由30mm厚普通钢板和3mm厚不锈钢板组成,滑道板侧向设置沉头螺钉用于滑道板侧向限位。为了在顶推时便于喂入四氟乙烯滑板,滑道两端30mm范围内设圆弧,滑道安装精度要求高,相邻滑道高程误差不大于±2mm,同滑道高程误差不大于±1mm。滑板采用四氟乙烯滑板,其抗压强度不低于20MPa,尺寸为40cm×40cm×2cm,不锈钢板上涂抹硅脂油,上面满铺四氟乙烯滑块。L1-L5临时墩:临时墩顶距梁底5.3cm,临时墩预埋钢板与3cm滑道板焊接,滑道板包3mm不锈钢板,钢板上为2cm四氟滑板。0#台及1#、2#墩顶:台及墩顶预埋钢板上焊接2cm厚钢板垫梁,垫梁上焊接滑道梁,滑道梁由纵向钢板焊接而成,垫梁与滑道梁满焊。

(四)横向限位装置

横向限位装置主要由两部分组成,即千斤顶和导向钢构件。当顶推过程发生偏差时,需要借助千斤顶的伸缩量迫使梁回归原位,在挨近箱梁的位置设置垫衬,一般采用四氟乙烯滑板,来将箱体和限位装置之间的摩擦力减少。本段梁体位于R=2500m圆曲线上,因此具有较大的梁体外矢距,但是顶推是直线型的,那么中间墩位梁体就会偏离导向装置,并且有较大幅度的偏差,这就是说,在顶推施工开始前,就需要备足钢垫,以便纠偏时使用。

(五)钢导梁设置

在顶推过程当中,最大顶推跨度为45m,为了确保梁体内力在允许范围之内,在前端设置钢导梁。导梁长30m,由3个分段组成,埋入箱梁段长为3.1m、中段长19.5m、前段长10m。导

梁采用变截面形式，根部梁高3.25m，最前端梁高1.75m，主梁工字梁间采用连接系联结为一体。施工时对导梁预埋段部分的箱梁腹板进行加厚，加厚部分与顶推梁体混凝土一起浇注。

(六) 顶推设备的选用

1、顶推千斤顶

本工程施工采用的是顶推系统为自动连续顶推系统，连续性和同步性是该系统的显著优势，自动连续顶推系统主控台和泵站控制箱的核心为PLC可编程控制器，只需对程序进行修改或者增加，就能实现功能的转换或者增加。自动连续顶推系统的连续性主要指其能够以匀速将物体水平顶推一定的距离；而同步性则是指系统能够容纳多台千斤顶实施同步作业，极大的提升了施工的效率。

采用2台ZLD200-300型千斤顶，每台顶力为200t，顶推节段梁体重量为2660t，四氟乙烯板与不锈钢板之间的摩擦系数很小（ ≤ 0.1 一般在0.06~0.08），但由于施工现场环境的差异的各种因素的存在，顶推初期的摩擦系数还是较大的，所以主梁的初动是顶推时应该格外注意的问题。

2、牵引索

顶推牵引索采用12根 $\Phi s15.2$ 高强度低松弛预应力钢绞线，标准强度1860MPa，钢绞线张拉控制应力为标准强度的70%，锚具采用OVM15-19型主要考虑与ZLD200-300型千斤顶相匹配。2束牵引索的允许牵引力为： $2 \times 12 \times 1860 \times 140 \times 0.7 = 437.5t$ 。牵引索安全保证系数为： $437.5 \div (2660 \times 0.1) = 1.64$ 。

(七) 顶推施工

在1#墩顶部布置顶推千斤顶，安装锚具，穿入牵引钢绞线，打紧夹片，启动千斤顶油泵，预紧钢绞线，与铁路有关部门联系办理要点施工手续，做好正式顶推前的准备。滑道上的四氟滑板随箱梁的移动而向前移动，在滑道后侧和梁底间喂入四氟乙烯滑板，四氟乙烯滑板依次循环使用，喂入的滑板必须保证相邻两块间无空隙。顶推过程中对箱梁的轴线进行观测，如发现梁轴线偏离设计轴线，应启动导向设千斤顶，在顶推过程中纠偏。本桥左右幅顶推距离均为85m，顶推速度为10m/h，共分5步使箱梁顶推就位，第一步试顶在点外进行，第三步、第五步利用列车间隔顶推；第二步、第四步在点内顶推。

第一步试顶。试顶主要是测试顶推平台、牵引动力系统、导梁、梁体及承重墩体系等工况形成的数据，实际数据与理论数据进行对比，调整相关顶推参数，为正式顶推的顺利进行及精确就位提供有力的参考。左幅试顶距离为9.5m（右幅8.5m），顶推到前导梁距丰沙上行线中心2.73m（右幅2.84m），限界外0.29m（右幅0.4m）。试顶在铁路点外进行，不影响既有列车运营。

第二步顶推。左（右）幅梁体顶推到L6墩中心，顶程为13m（右幅13m），本次顶推属于铁路点内施工，上跨丰沙铁路上行线，用时78min，计划铁路要点90min。

第三步顶推。左幅梁体顶推距离为2.5m（右幅3.5），本次顶推到丰沙下行铁路限界外，距下行线路中心3m（右幅2.69m），铁路点外施工，利用列车间隔顶推，不影响既有列车运营。

第四步顶推。左（右）幅梁体顶推到丰沙铁路限界外，顶推距离为14m（右幅14m），本次顶推在丰沙铁路下行线界限以

内，属于铁路点内施工，上跨丰沙铁路下行线，需时84分钟，计划铁路要点90min。

第五步顶推。左幅梁体顶推距离为46m（右幅46m），本次顶推属于铁路点外施工，利用列车间隔顶推，需要用时276min。

(八) 起落梁

顶推就位后进行起落梁作业，在1#、2#桥墩上提前装好盆式橡胶支座，并浇筑 $650 \times 450 \times 1000$ mm的钢筋混凝土块，经计算起落梁需安装8台500t千斤顶。首先拆除钢导梁然后起梁，起梁高度定为60mm，方便滑道的拆除。首先启动一端4台千斤顶，顶升20mm使梁体与滑道脱离，在梁体与钢筋混凝土块间垫实钢板，然后再启动另一端4台千斤顶顶升20mm并把梁体与混凝土块间垫实，如此循环直至梁体整体顶升60mm，然后拆除滑道并落梁，落梁顺序先启动一端4台千斤顶，落梁20mm后用钢板在梁下备死，然后再把另一端4台千斤顶落20mm垫实梁底，如此循环直至梁体落至墩顶永久支座上，上支座板与梁底预埋钢板焊成整体，落梁完成，然后移走钢筋混凝土块。

(九) 顶推施工过程监测

1、梁体及导梁变形监测

由于顶推施工的特点，整个施工过程中梁体及导梁会不可避免的产生变形。为保证顶推顺利完成，且完成后的梁体线形保持在设计要求范围内，需要在施工过程中对梁体及导梁变形进行监测，并依据监测数据实时对梁体进行纠偏。

2、关键截面应力监测

(1) 在顶推过程中，导梁关键截面也就是最不利位置为钢导梁根部及钢导梁与混凝土梁结合部位，应对该部位进行重点监测。

(2) 对梁体关键截面的应力进行监测，有助于及时掌握顶推施工过程中梁体结构的受力情况，避免施工过程中结构应力过大，偏离设计状态。

(3) 梁体、导梁变形及墩柱空间变位

梁体、导梁竖向变形监测采用测微器配合水准仪进行监测，顶推前先采集高程基准点，在顶推施工各阶段人工对各截面竖向变形量进行测读，了解导梁及梁体的变形情况。采用全站仪对梁体及墩柱空间变位进行监测，在施工前先测量出墩柱中心线、梁段的中线并做好标记。顶推过程中实时对梁端的轴线偏位及墩柱轴线偏位进行观测记录，将采集的数据以桥梁轴线方向建立局部坐标系，掌握梁体及墩柱的空间变位情况。

结语

综上所述，在桥梁施工中，顶推施工技术有着十分突出的优势，其高效、安全和经济的优势使其成了桥梁施工中的关键性技术。在顶推施工中一定要注意顶推数据的准确性，这样才能保证顶推施工的安全性。顶推施工中，施工人员要严格依据规范进行施工操作，控制好施工中的各个关键节点，最终保证桥梁顶推施工的成效。

参考文献

- [1]赵小龙.顶推法在桥梁施工过程中的应用[J].山西建筑, 2018(4)
- [2]黄永志, 黄文泉.探索顶推施工技术在高速公路桥梁工程中的应用[J].智能城市, 2017(2)