

文章编号: 1674—8247(2018)06—0044—05

## 既有铁路客站新建高架连廊顶推施工技术

徐胜利 丁 广 张宏健

(中国铁路沈阳局集团有限公司, 沈阳 110001)

**摘 要:**既有铁路枢纽车站新建旅客跨线高架连廊,受电气化接触网和各类建筑物影响,现场没有大型起重机械施工条件;同时因列车密度较大,运行图中垂直天窗亦不能满足连廊钢桁梁吊装施工时间。为了减少施工与运输的相互干扰,规避施工和行车安全风险,确保施工质量,避免工期延误,必须采用与铁路运输和现场条件相适应的施工技术与工艺方法。针对这一问题,文章以秦沈铁路客运专线山海关站新建跨线高架连廊为研究对象,其钢桁梁箱体架设采用顶推施工技术,实现了接触网不停电、不封锁铁路线路施工,有效减少施工对运输的干扰,同时节省施工临时占地和建筑物拆迁还建引起的投资增加。

**关键词:**铁路;连廊;顶推;技术

**中图分类号:**U291.3 **文献标志码:**A

## Incremental Launching Construction Technology for New Elevated Corridor of Existing Railway Passenger Station

XU Shengli DING Guang ZHANG Hongjian

(Construction Management Office of China Railway Shenyang Group Co., Ltd., Shenyang 110001, China)

**Abstract:** Influenced by electrified overhead contact system and various buildings, there is no construction condition for large lifting equipment for construction of the new passenger overhead corridor in existing railway hub stations, at the same time, because of the high density of trains, the vertical skylight in the operation diagram cannot meet the hoisting construction time of the steel truss beam of the corridor. In order to reduce the interference between construction and transportation, avoid the risk of construction and traffic safety, ensure the quality of construction and avoid the delay of construction period, the construction technology and methods which are suitable for railway transportation and site construction conditions must be adopted. In view of this problem, based on new cross-line elevated corridor in Shanhaiguan Station of Qinhuangdao-Shenyang Passenger Dedicated Line, the incremental launching construction method is adopted for the steel truss box body erection to realize the overhead contact system can work normally and the railway line is not blocked, effectively reduce the interference of construction to transportation, and save the temporary occupation of construction land and the increase of investment caused by the demolition and relocation of buildings.

**Key words:** railway; corridor; incremental launching; technology

### 1 工程概况

山海关站客场改造主要工程内容包括:(1)山海

关站客场增加2条股道,改建3条道;(2)在既有站场南侧新建子站房;(3)在新建子站房与新建基本站台间增设旅客进站高架连廊;(4)新建1、5站台及风雨

收稿日期:2018-11-24

作者简介:徐胜利(1960-),男,高级工程师。

引文格式:徐胜利,丁广,张宏健.既有铁路客站新建高架连廊顶推施工技术[J].高速铁路技术,2018,9(6):44-48.

XU Shengli, DING Guang, ZHANG Hongjian. Incremental Launching Construction Technology for New Elevated Corridor of Existing Railway Passenger Station [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(6): 44-48.

棚,改建2、3、4站台及风雨棚;(5)新建基本站台和新建子站房间贯通既有旅客地道。其中新建旅客高架连廊为H型钢桁架结构,连廊总长度122.8 m,对应各站台及台间铁路线共设6轴5个节段,跨度分别为23.49 m、23.94 m、24.135 m、31.235 m、20 m。连廊全宽13.45 m,轴线宽度12.9 m;连廊高度相对于新建子站房室内为17.032 m,屋面制高点标高为24.932 m。主桁上下弦杆为H900×400×20×25型钢,上下平联横梁为H700×350×16×22型钢,斜撑为H300×300×12×12。侧平联竖杆为H550×550×25×25型钢,斜撑为H350×350×16×16型钢。连廊屋面外板采用0.8 mm铝镁锰合金屋面板,底板为3 mm厚灰色铝单板,中间夹保温岩棉以及钢丝网,楼面为压型组合楼板。连廊主体钢桁梁重量约为545.22 t,5个节段分别为100.78 t、103.86 t、104.28 t、130 t、106.53 t。连廊中心里程为京哈铁路K 315+508.10。连廊北端通过楼梯及电梯梯道与既有主站房侧基本站台相连,连廊南端与新建子站房1-3轴二层屋面相连。连廊效果如图1所示。

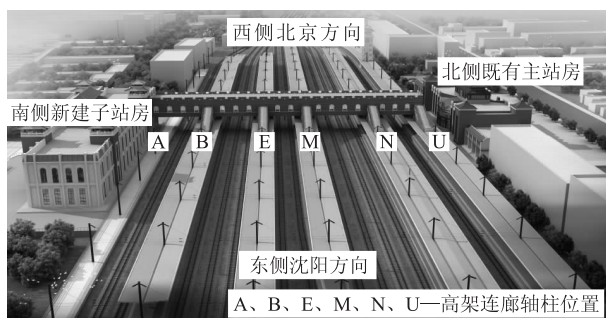


图1 山海关站新建跨线高架连廊效果图

## 2 车站状况和施工难点

### 2.1 车站状况

山海关站位于京哈、津山、龙山铁路和秦沈铁路客运专线的交会点,既是京哈铁路线上的区段站和编组站,又是沈阳铁路局与北京铁路局的分界站和运输交接站。山海关站客场既有11条股道,客场改造完成后共计13条股道,是北京铁路局出关和沈阳、哈尔滨铁路局动车进关的唯一通道。2017年6月施工期间,山海关站每日到发及通过列车总计198对,其中旅客列车142对(动车88对,普速客车54对),货物列车56对。车站每3 min通过1列普通客车,每6 min通过1列动车,运输作业极其繁忙。

### 2.2 施工方案选用

原设计对高架连廊钢结构箱体采用现场预制,分节段吊装架设。但综合论证,吊装架设方案不论在工

程投资还是铁路运输组织上都是不允许的。其原因一是山海关站沈山铁路天窗全部在白天,京哈铁路天窗全部在夜间,京哈、沈山两线没有重叠的运输天窗,全站运输垂停天窗无法满足高架连廊梁体吊装架设的施工时间。二是山海关站客场各股道线间及站台上客运、行车设备、设施繁多,客场内没有大型机械和起重设备进场通道和现场占位吊装的施工条件。三是吊装施工前需将每个节段对应股道上方的接触网全部拆除,吊装完成后全部恢复,估算增加接触网拆改投资约220万元。四是每次吊装施工需封锁每个节段对应股道线路10 h以上,造成进出关客、货列车经路调整和动车大面积停运。五是若5个节段一次性吊装架设,连廊箱体现场预制临时占地和拆迁房屋需要增加拆迁投资约700万元,且铁路线路及接触网拆改、连廊箱体吊装架设、施工机械进出场等综合作业需对山海关客场中断行车48 h。为此,经建设各方共同研究,借鉴桥梁工程采用拖拉和顶推施工技术方案。根据现场地形物状况,连廊预制场地设在客场南侧新建子站房西侧,每次预制1个节段。在新建子站房1-3轴南侧正对高架连廊中心线位置具备顶推钢平台搭设条件。北侧既有站房南侧外立面与高架连廊北端设计位置的直线距离不足3 m,不具备拖拉机械设备占位条件。方案论证比选结果为现场只具备顶推架设施工条件。

### 2.3 顶推架设的施工难点

(1)新建子站房1-3轴二层屋面下方为既有信号楼,新建高架连廊室内地面与新建子站房1-4轴二层地面连通,二者衔接部共柱。连廊顶推作业须跨越既有信号楼屋顶,与新建子站房施工交叉干扰,受子站房整体工期限制,高架连廊施工工期异常紧张。

(2)受施工场地限制,连廊顶推作业平台必须设置在既有信号楼南侧,且一次只能满足1个节段连廊梁体占位,对每个节段连廊梁体的顶推架设必须跨越既有信号楼。

(3)高架连廊混凝土永久支墩设计为房建工程门式墩结构,同一站台两个支墩底部无系梁连接,门式墩水平方向抗剪能力无法抵抗顶稿水平推力和连廊梁体自身重力对其共同施加的外力影响<sup>[1]</sup>。

(4)每座站台的站台墙、旅客地道、电扶梯、雨棚柱基础、连廊永久支墩基础等作业面均处于同一基坑范围,施工上存在交叉干扰,安全上相互影响。

## 3 高架连廊梁体顶推架设关键技术

### 3.1 前导梁和后导梁加工制作

根据高架连廊各节段跨度和永久支墩布置,计算

确定顶推过程中梁体及前导梁前端过孔最大悬臂为27 m。为确保整个顶推过程中连廊梁体的抗倾覆性,必须设置前导梁<sup>[2]</sup>。经检算,前导梁采用长度10 m,主体尺寸H600×300×16×20、连杆尺寸H300×300×12×12的钢桁架结构时,顶推过程中最大应力为59 MPa,满足各项推工况要求。考虑前导梁自身挠度以及顶推至最大悬臂时的前端挠度,在前导梁前端下缘500 mm范围设置10%船头坡。为确保最后一次跨线路顶推时整个梁体全部到位,在A-B节段后部设置长14 m后导梁<sup>[1]</sup>。

3.2 前导梁挠度调整装置

为确保在顶推过程中前导梁前端底部略高于临时支墩上部辊轮顶面,需在连廊梁体内设置前导梁挠度调整装置<sup>[3]</sup>。用10 t手拉葫芦将前导梁2个下弦工字钢分别与梁体前端两侧的上弦工字钢拉紧,满足前导梁悬臂前行时挠度小于等于零要求,保证顶推过墩时前导梁前端底部能够略高于前方支墩辊轮的上部切面。待前导梁船头坡越过辊轮顶面时,在连廊箱内释放手拉葫芦拉力,使前导梁顺的两个下弦工字钢顺利搭落在左、右两个辅助支墩顶部的辊轮上。

3.3 辅助支墩设计与检算

3.3.1 辅助支墩设置

原施工图设计连廊支墩为混凝土门式墩,未考虑水平方向顶推梁体时外力作用下抗剪切力,混凝土永久支墩不能满足各工况条件下连廊梁体顶推时的支反力要求。为避免混凝土永久支墩在连廊梁体顶推过程中承受施工外力作用而造成结构损伤,须在每个永久支墩附近设置钢格构柱辅助支墩,共计设置辅助支墩6对(12个),位置示意如图2所示。一站台因受施工场地限制,辅助支墩采用在混凝土永久支墩四周包设钢格构,与混凝土永久支墩共用基础;子站房共柱外侧辅助支墩基础采用混凝土扩大基础。辅助支墩基础为人工挖孔桩及承台,桩径2 m,混凝土强度等级C30。根据旅客地道基坑施工情况,为确保安全,在无梯道基坑侧采用单桩,在有梯道基坑侧采用双桩,辅助支墩基础及墩体结构示意如图3所示。柱顶承台为2.7 m×2.7 m×1.0 m,承台上方为4根D529×10钢管格构柱,柱轴心距离1.5 m。柱顶上焊制2层I40b工字钢做为操作平台,在操作平台顶部安设辊轮、千斤顶、限位轮、垫木墩等。

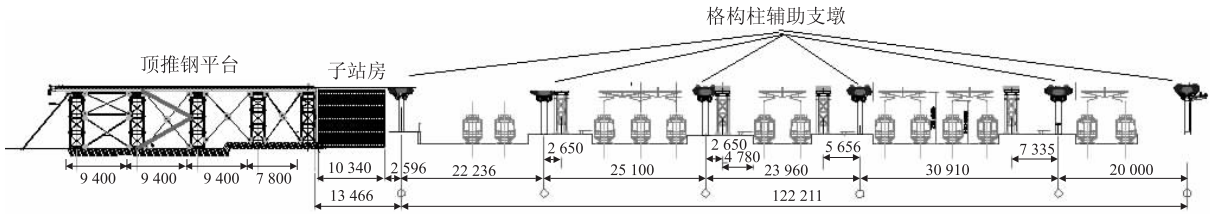


图2 格构柱辅助支墩位置示意图(mm)

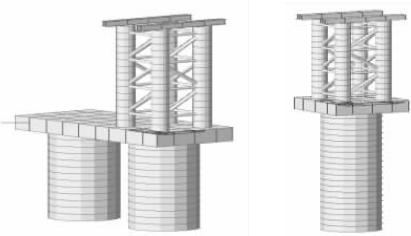


图3 辅助支墩基础及墩体结构示意图

3.3.2 辅助支墩材料选用

辅助支墩为柱身采用D530×10钢管,间距1.5 m×1.5 m(一站台1.4 m×1.4 m)。柱底采用D830×40地脚板,横梁采用三肢工4b,横向连接采用20a槽钢,钢柱之间连接采用M230×850螺栓。

3.3.3 辅助支墩稳定性检算

采用MIDAS进行检算,得出各项推工况下,各站台沈阳方向侧辅助支墩上的最大支反力及应力如表1所示。

表1 各站台沈阳方向侧辅助支墩上的最大支反力及应力

位置	最大支反力/kN	应力/MPa	结果
子站房外侧	1 106	88.5	<190
五站台处	1 905	134.5	<190
四站台处	1 190	133.5	<190
三站台处	2 036	171.4	<190
二站台处	1 970	149	<190
一站台处	930	63.2	<190

从表1可以看出,最大支反力均达到顶镐对连廊梁体水平推力的10%以上,各辅助支墩在外力作用下的应力均小于其自身设计允许应力190 MPa,满足各项推工况时的稳定性要求<sup>[2]</sup>。

3.3.4 辅助支墩位移观测

顶推过程中,采用经纬仪和线坠对每个辅助支墩的墩顶水平位移进行监测。顶推期间各站台钢格构辅助支墩(以沈阳侧为例)水平方向墩顶最大位移如表2所示。



表2 各站台钢格构辅助支墩水平方向墩顶最大位移

位置	最大位移/mm	允许位移/mm	结果
子站房处	6	8	满足
五站台处	6	33	满足
四站台处	6	18	满足
三站台处	7	19	满足
二站台处	6	19	满足
一站台处	6	14	满足

从表2可以看出,各站台辅助支墩满足各项推工况稳定性要求。

3.3.5 辅助支墩上安设辊轮兼限位轮

辅助墩上设置助推装置,每组助推装置设有2个辊轮,辊轮两端连接调心轴承。当顶推开始时,在顶推平台启动千斤顶给连廊梁体一个向前的推力,辊轮连接调心轴承,通过轴承带动桁架桥向前推移。每个辊轮中有4个单轴承重100 t的可调轴承,每组滚动装置有2个辊轮,每组滚动装置可承重400 t。在辊轮外侧设置弹簧钢柱用来优化顶推动力装置的限位功能。弹簧钢柱做为辊轮限位装置,弹簧钢柱由两个或多个短钢柱组成一组的排状结构,外部用钢板进行竖向固定住,弹簧钢柱于辊轮滚轴端头下方各设一组。当连廊顶推过程中上部受力时候,可以使弹簧钢柱之间不在一个轴线上受切,有相对1~7 mm的弹性移动,从而减少了连廊梁体在顶推过程的水平位移和垂直振动。

3.4 选用双镐同步控制系统

为确保连廊梁体顶推作业时平台上左右两侧顶镐动程同步,在连廊梁体出现水平偏移时能进行分镐操作准确纠偏,采用一机控制双镐,两机一主一备“桥梁同步顶升控制系统”进行操控<sup>[4]</sup>。

3.5 连廊梁体节段连接与外饰

拼装平台上钢桁梁首个节段拼装完成后,用500 t汽车吊将钢桁梁节段吊至顶推平台上,与前导梁连接(后续施工为与顶推完的前一节段焊接)稳定,之后进行连廊梁体外墙挂板装饰施工。吊车的选型及占位、吊索的选择和钢桁梁节段吊耳、吊环的布设等,均按第

三方设计单位检算合格的吊装方案组织施工。

4 高架连廊顶推施工作业流程

4.1 初始状态

将组拼好的N-U轴钢桁梁及前导梁吊至顶推平台上,连接稳定后等待顶推。

4.2 连廊梁体及前导梁预顶推

操纵顶推设施,将N-U轴段(一段)U轴钢柱顶推至子站房与连廊共柱北侧的辅助支墩。顶推就位后,用手拉葫芦和钢丝绳将钢桁梁尾部两侧下弦分别与顶推平台后端顶部两侧地锚连接固定,等待后续钢桁梁节段吊装并连接后再次顶推<sup>[3]</sup>。

4.3 连廊梁体跨越铁路线路顶推

以第二次跨越3条线路和第5次跨越4条线路顶推为例。

4.3.1 第二次跨越(3条)线路顶推

顶推组拼好的M-U(2个节段)钢桁梁及前导梁,跨越五站台、3条线路至四站台临时支墩,顶推现场实景如图4所示。



图4 第二次顶推现场实景图

4.3.2 第四次跨越(4条)线路顶推

顶推组拼好的A-U(5个节段)钢桁梁及后导梁,跨越2条股道至一站台辅助支墩,将U轴钢柱顶推至一站台辅助支墩及永久支墩并临时固定<sup>[4]</sup>,顶推示意图如图5所示。在一站台利用25 t吊车和拖板车将前导梁分段拆除,前导梁每过一站台辅助支墩1个小节段,作业人员将探出支墩的前导梁小节段切割拆除,直至整个前导梁全部拆除。

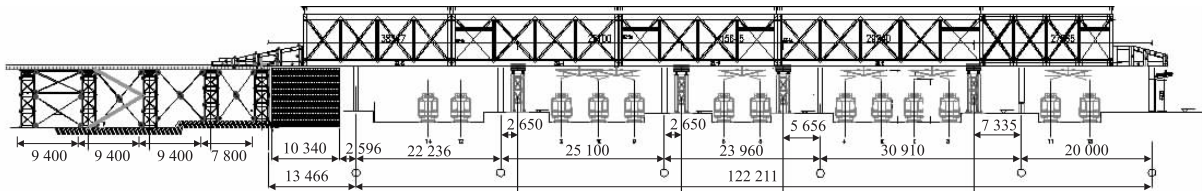


图5 第四次顶推示意图(mm)

4.4 连廊梁体落梁

连廊梁体全部顶推就位后,将钢桁梁整体落梁到混凝土支墩上,并将地脚螺栓等连接好,同时将柱脚与

连廊焊接牢固<sup>[5]</sup>。落梁前要对地脚螺栓进行检查,保证地脚螺栓无损坏。采用单点连续式多次循环落梁方案,每次落梁30 mm,直至将梁体落在混凝土永久桥墩

支座上。第一次落梁施工首先在辅助支墩顶部与梁体下弦间搭设精致木板垛,之后用千斤顶将钢桁梁顶起,卸掉辅助支墩上的滚轮及限位装置,调整钢桁梁偏差,然后将钢桁梁落下 30 mm,用槎口式楔形块调整木板垛与梁底间的缝隙,使千斤顶和木板垛同时处于稳定的受力状态。后续通过起落千斤顶和调整木板垛及楔形块,逐步完成全桥落梁。山海关站整个连廊梁体共计落梁施工 5 次,保证了落梁施工安全。

## 5 安全、经济和社会效益分析

2017 年暑运期间,山海关站日均旅客发送最多达到 17 000 人,较平常增加 7 350 人。通过对山海关站跨线钢桁梁高架连廊顶推施工技术、安全措施进行优化,做到了连廊顶推就位准确,确保了各节段钢桁梁顶推一次到位,保证了施工及行车安全。采用顶推施工技术架设高架连廊梁体,可最大限度组织平行施工和流水作业,有效减少施工对运输和运输对施工的相互干扰,既避免了天窗外停工造成的工期延误,又消除了接触网拆改引起的投资增加,同时避免了线路长时间停用和列车停运造成的铁路运输收入损失。在确保铁路运输安全畅通的前提下,按期实现了山海关站新建旅客高架连廊、改扩建旅客地道与新建子站房的同步开通,满足了暑运期间旅客候车、进站乘车和到达后快速出站需要,消除了客运高峰时节旅客进、出站对流造成的拥挤,极大地方便了旅客安全出行。为铁路强基达标和提质增效做出了贡献,为地方城市面貌增添了风采,取得了较好的安全、经济和社会效益。

## 6 结论

既有铁路枢纽客站新建旅客跨线高架连廊工程,可采用顶推法施工技术完成高架连廊钢桁梁梁体架设。

(1) 采用顶推法施工技术,除前导梁节段须利用施工天窗外,连廊其它节段施工可接触网不停电、不封锁线路,有效减少施工对运输的干扰。

(2) 采用钢格构辅助支墩完成连廊梁体顶推支撑,确保永久支墩不受施工外力影响,满足顶推时的安全要求。

(3) 辅助支墩顶部采用辊轮限位装置,有效减小连廊过墩时的摩擦阻力并控制水平偏移。同时采用双镐同步控制技术,实现顶推时连廊两侧受力均匀与行程同步。

(4) 本文采用的前导梁挠度调整技术可供今后同类工程施工参考借鉴。

## 参考文献:

- [1] 涂满明. 洪山庙大桥钢梁顶推施工技术[J]. 铁道建筑, 2003, 43(6): 13-15.  
TU Manming. Incremental Launching Construction Technology for Steel Beam of Hongshanmiao Major Bridge [J]. Railway Engineering, 2003, 43(6): 13-15.
- [2] 张晔芝, 谢晓慧. 铁路特大桥钢箱梁顶推过程受力分析及改善方法[J]. 中国铁道科学, 2009, 17(3): 21-26.  
ZHANG Yezhi, XIE Xiaohui. The Mechanical Behaviors and Improvement Measures of Railway Grand Bridge during Incremental Launching of the Steel Box Girder [J]. China Railway Science, 2009, 17(3): 21-26.
- [3] 周叶飞, 董创文, 张玉平, 等. 江东大桥顶推钢箱梁局部受力分析[J]. 中外公路, 2010, 30(1): 126-130.  
ZHOU Yefei, DONG Chuangwen, ZHANG Yuping, et al. Local Stress Analysis of Incremental Launching Steel Box Girder of Jiangdong Major Bridge [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2010, 30(1): 126-130.
- [4] 刘新汶. 城市跨线桥箱梁支架整体顶推施工技术[J]. 重庆建筑, 2010, 9(2): 31-34.  
LIU Xinwen. Whole Incremental Launching Construction Technology of Box Beam Support in Urban Flyover [J]. Chongqing Architecture, 2010, 9(2): 31-34.
- [5] 马永强. 郑焦城际铁路黄河大桥钢桁梁架设施工方案研究[J]. 铁道勘察, 2012, 38(4): 74-77.  
MA Yongqiang. Steel Trussed Girder Construction Scheme Research of the ZhengJiao Intercity Yellow River Railway Bridge [J]. Railway Investigation and Surveying, 2012, 38(4): 74-77.

(编辑: 刘会娟 张红英)