

DOI: 10.7672/sgjs2026030156

# 受限条件下天窗点下挂式站台雨棚快速安装技术\*

张泽宁<sup>1</sup>, 陆煊奇<sup>1</sup>, 张爱德<sup>1</sup>, 刘新乐<sup>1</sup>, 刘洋<sup>2</sup>

(1. 中铁电气化局集团北京建筑工程有限公司, 北京 100039; 2. 中铁五局集团建筑工程有限公司, 贵州 贵阳 550081)

[摘要] 针对京津城际铁路亦庄站下挂式钢结构雨棚更新改造工程, 在高速铁路不停运不降速、原主桁架空间变形大且不规律的情况下, 利用天窗点在原主桁架檩托下快速进行钢雨棚安装。采用现场实测方法精准定位檩托三维空间坐标, 利用 MIDAS 有限元软件分析新建雨棚、原有主桁架等典型结构变形特性, 得到不同施工阶段结构变形数据, 为实际安装提供理论依据。综合考虑原主桁架变形、安装精度、空中对接、焊接质量、天窗点时限等施工因素, 采用滑动支座及临时抱箍的组合固定方式, 确保安装顺利进行。

[关键词] 火车站; 站台; 钢结构; 雨棚; 天窗点; 安装

[中图分类号] U238

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2026)03-0156-05

## Rapid Installation Technology of Hanging Platform Canopy Under Skylight Point with Limited Conditions

ZHANG Zening<sup>1</sup>, LU Shanqi<sup>1</sup>, ZHANG Aide<sup>1</sup>, LIU Xinle<sup>1</sup>, LIU Yang<sup>2</sup>

(1. China Railway Electrification Bureau Group Beijing Construction Engineering Co., Ltd., Beijing 100039, China; 2. Construction Engineering Co. of China Railway No. 5 Engineering Group Co., Ltd., Guiyang, Guizhou 550081, China)

**Abstract:** In view of the renovation project of the hanging steel structure canopy at Yizhuang Station of Beijing-Tianjin Intercity Railway, this paper studies the rapid installation technology of the steel canopy under the purlin support of the original main truss by using the skylight point under the condition that the high-speed railway is not stopped and the speed is not reduced and the spatial deformation of the original main truss is large and irregular. The field measurement method is used to accurately locate the three-dimensional space coordinates of the purlin support. The MIDAS finite element software is used to analyze the deformation characteristics of typical structures such as the new canopy and the original main truss, and the structural deformation data in different construction stages are obtained, which provides a theoretical basis for the actual installation. Considering the construction factors such as the deformation of the original main truss, the installation accuracy, the air docking, the welding quality, the time limit of the skylight point and so on, the combination of the sliding bearing and the temporary hoop is adopted to ensure the smooth installation.

**Keywords:** railway station; platforms; steel structure; canopies; skylight point; installation

### 1 工程概况

北京市亦庄站为设计速度 350km/h 的高速铁路京津城际中间站之一, 站场为 2 台 4 线, 既有雨棚结构长 432.7m、宽 49.5m, 为双侧对称式雨棚, 单跨雨棚屋面跨度 32.7m、宽 15m。原结构由正放式空

间三角桁架梁、组合钢柱、钢拉索、H 型钢实腹式檩条及屋面支撑组成, 屋面结构采用耐腐蚀压型钢板, 屋面整体通过下挂式檩托与桁架主结构相连, 为满足现阶段运营需要, 需在保证京津城际铁路正常运营的前提下对雨棚结构进行更新改造, 拆除原有钢雨棚, 保留主桁架。

雨棚结构更新时需保留原有钢拉索组合三角桁架主结构, 仅更换下挂式雨棚。新建雨棚采用平面管桁架结构(见图 1), 主要构件截面包括  $\square 160 \times$

\* 中铁电气化局集团有限公司科研课题: 高铁不降速既有车站下挂雨棚模块化安装施工技术研究(2025-B-75)

[作者简介] 张泽宁, 高级工程师, E-mail: 971135121@qq.com

[收稿日期] 2025-09-18

100×10, □160×100×12, φ76×4, 材质均为 Q355B。主桁架间距包括 1.25, 3.00m, 结构净跨 30.30m, 两侧悬挑 3.80m, 总长 435.10m, 单跨宽 13.50m。结构两侧悬挑端及近轨道侧采用 φ45×4 钢管作为水平支撑, 材质为 Q355B; 远离轨道侧采用 UU25 成品钢拉杆。

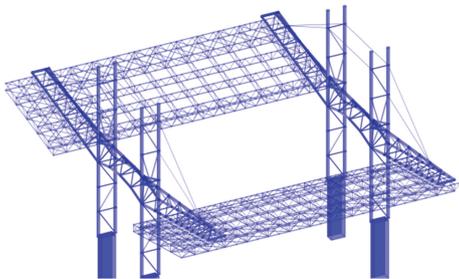


图1 新建雨棚结构

Fig. 1 New canopy structure

## 2 安装难点

### 2.1 紧邻既有有线

雨棚下方为京津城际线路, 接触网电压 27.5kV, 需保持 2m 以上安全距离, 且安装作业时需防范施工机械或零星构件脱落砸中接触网、钢轨等设备设施, 需在 5h 内完成整跨雨棚安装作业并确保安全。

### 2.2 结构变形大

既有雨棚自 2008 年建成至今由于线路桥梁、路基不均匀沉降及承受多年荷载变形等原因, 造成每跨下弦杆既有檩托水平和高度方向位置发生了不同程度的偏移, 且不均匀。顺轨向檩托节点最大偏差约 398mm, 垂轨向檩托节点最大偏差约 50mm, 高度最大偏差约 760mm。施工过程中因雨棚桁架杆件跨度较大, 悬挑安装后存在振动变形, 最终连接节点以不规则形式呈现, 因此雨棚滑动节点(见图 2)与相邻新建雨棚杆件连接难度较大。

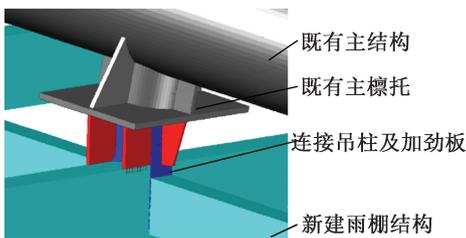


图2 雨棚滑动节点

Fig. 2 Canopy sliding node

### 2.3 场地条件复杂

亦庄站为线下式站房, 站台雨棚位于高架线路上, 同时施工区域横跨亦庄线地铁站(地下站), 施工期间须保障上、下行线路运营不降速, 而大型设

备进入线路右侧需穿越桥梁, 通道宽 4m、高 4.3m, 线路两侧作业单边宽 27m, 局部最窄 25m, 局促的作业空间限制了机械的选择。行驶速度 350km/h 的列车多次通过, 安装的雨棚受列车行驶正负风压影响。

## 3 安装方案比选

为保证车站按时通车运营, 需进行雨棚整体吊装。结合雨棚结构形式、场地限制、工期紧张、双铁营业线环境限制等实际情况, 进行钢扁担整体吊装。采用 MIDAS 结构有限元分析软件, 考虑安装过程中相邻雨棚的紧密衔接, 主桁架承担荷载后的位移、内力等, 对两侧雨棚同步吊装与不同步吊装方案进行比选, 不同方案下结构受力与变形分别如图 3, 4 所示。

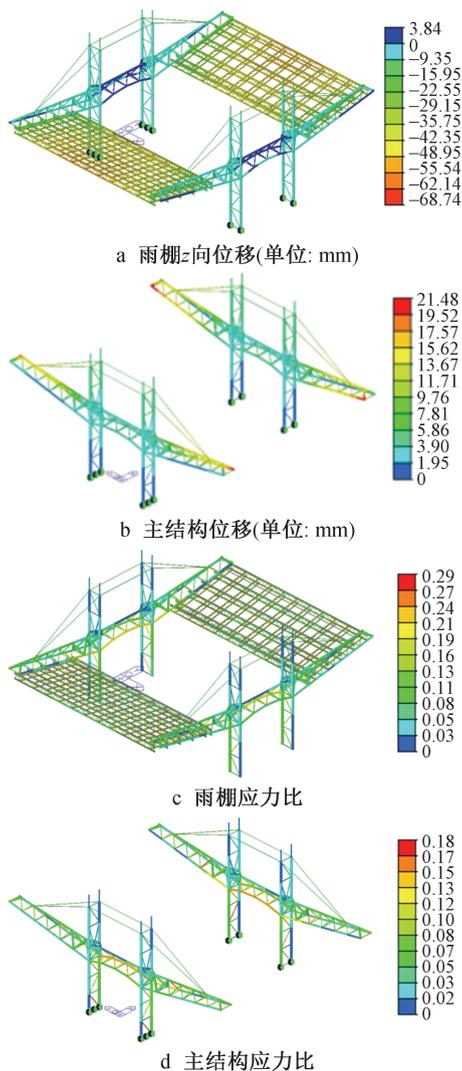


图3 两侧雨棚同步吊装结构受力与变形

Fig. 3 The structural stress and deformation of the canopy on both sides during synchronous hoisting

由图 3 可知, 对于同步吊装, 新建雨棚跨中最大

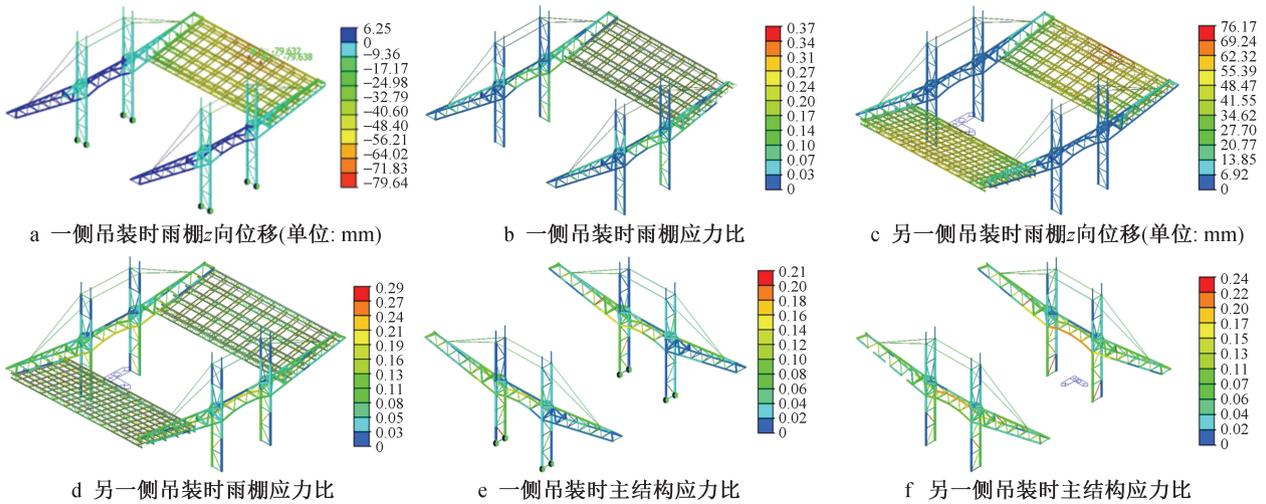


图 4 两侧雨棚不同步吊装结构受力与变形

Fig. 4 The structural stress and deformation of the canopy on both sides during non-synchronous hoisting

变形为  $68.74\text{mm} < L/250 = 130.8\text{mm}$ , 其中  $L$  为结构跨度, 雨棚及主结构应力比均  $< 1.0$ , 满足施工要求。

由图 4 可知, 对于不同步吊装, 雨棚变形差  $\leq 10.9\text{mm}$ , 为允许变形的  $8.33\%$ ; 雨棚应力比差  $\leq 0.19$ , 为允许应力比的  $19\%$ ; 主结构变形未明显增大, 应力比差  $\leq 0.08$ , 为允许应力比的  $8\%$ 。

综上所述, 两侧同步和不同步吊装对结构的影响有限, 考虑施工场地受限、多专业交叉作业、物资供应与工期紧张等因素, 现场施工采用不同步吊装方案。

## 4 原结构加固

### 4.1 檩托加固

对于垂轨向中心偏差  $0 \sim 20\text{mm}$  的节点, 对既有檩托进行加固, 增设 4 道节点板 (见图 5); 对于垂轨向中心偏差  $> 20\text{mm}$  的节点, 对既有檩托进行拆除, 重新定位安装。

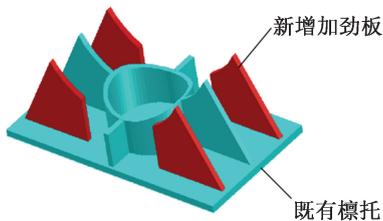


图 5 既有檩托加固示意

Fig. 5 Existing purlin support reinforcement

### 4.2 吊柱节点加固

对于高度偏差  $> 380\text{mm}$  的吊柱节点, 采用新增连接段+长圆孔滑动支座的方式加固; 对于高度偏差  $< 380\text{mm}$  的吊柱节点, 拆除既有檩托, 按图更换檩托结构, 调整对应加劲肋高度。更换后雨棚桁架与主桁架采用高强螺栓连接, 严控节点板对中精度和

平整度, 保证螺栓安装的可实施性, 并满足雨棚桁架在温度作用下的伸缩滑动变形需求。利用天窗点外时间, 在地面完成吊柱与新建桁架焊接施工, 吊柱随新建雨棚单元模块一同吊装。

进行以上调整后, 新增主桁架连接吊柱、斜撑在地面拼装完成, 同时完成既有主桁架檩托替换及加固。新建雨棚单元模块吊装至结构下方, 与既有主桁架檩托焊接连接, 如图 6 所示。

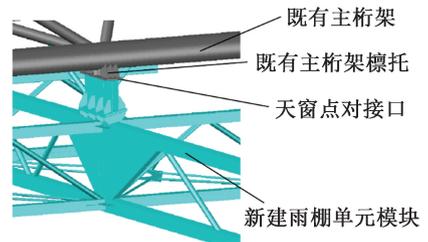


图 6 吊柱节点加固示意

Fig. 6 Suspension column node reinforcement

## 5 新建雨棚关键施工技术

新建雨棚施工工艺流程: 雨棚地面拼装、焊接及涂装 (同步进行预留主结构檩托检验、定位测量、修整、打磨及吊柱加工)、验收  $\rightarrow$  吊柱节点连接  $\rightarrow$  扁担安装到位  $\rightarrow$  单元模块钢丝绳绑扎  $\rightarrow$  单元模块地面调平  $\rightarrow$  单元模块提升至安装标高以下  $300\text{mm}$   $\rightarrow$  单元模块水平移送至既有主桁架下方, 水平移送过程中通过两侧溜绳 (麻绳) 控制模块姿态  $\rightarrow$  网架提升固定  $\rightarrow$  单元模块上提  $300\text{mm}$   $\rightarrow$  两侧葫芦调平收紧  $\rightarrow$  抱箍连接  $\rightarrow$  连接节点焊接  $\rightarrow$  单元模块松钩  $\rightarrow$  拆除调节葫芦  $\rightarrow$  焊接连接节点加劲板  $\rightarrow$  连接节点焊接并检测完成后拆除抱箍  $\rightarrow$  单元模块间杆件焊接。

### 5.1 雨棚地面拼装

在施工天窗点外,在结构两侧地面进行模块拼装,标准吊装模块尺寸为 $32.7\text{m}\times 13.6\text{m}\times 1.2\text{m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。模块拼装胎架采用H型钢(截面不小于 $\text{H}150\times 150\times 7\times 10$ )、口型钢(截面不小于 $\square 150\times 150\times 8$ )及圆钢管(截面不小于 $\phi 60\times 3.4$ ),胎架落位于硬化路面、钢板上,模块拼装机械采用25,50t汽车式起重机,站点点为两侧地面。

### 5.2 扁担安装

本工程新建雨棚标准模块采用钢扁担辅助吊装,将材质为Q355B的 $\text{H}400\times 400\times 13\times 21$ 钢梁作为扁担主梁,中部设置材质为Q235B的 $\text{H}200\times 200\times 8\times 12$ 横梁及斜撑。扁担上部设置8个吊点,中部4根为主吊绳,外侧4根为调节绳;扁担下部设置6个吊点,对应每拼主桁架位置。

### 5.3 节点连接

首先对原有檩托进行检查,合格后对檩托节点进行整修,使其外形规则、美观,并对其连接下表面进行打磨。在既有雨棚檩托整修打磨的同时,进行既有檩托板测量,并利用模块吊装前的天窗提前有针对性地下料吊柱并安装、检测,吊柱检测合格后安装新建雨棚单元模块,待新建雨棚单元模块吊柱焊接完成并探伤检测合格后安装吊柱加劲板。

### 5.4 雨棚单元模块提升固定

雨棚单元模块就位流程:单元模块上提300mm与原有檩托贴近 $\rightarrow$ 两侧葫芦调平收紧 $\rightarrow$ 抱箍连接(同步进行连接节点焊接) $\rightarrow$ 单元模块松钩 $\rightarrow$ 连接节点焊接完成后拆除调节葫芦、抱箍 $\rightarrow$ 焊接连接节点加劲板。

雨棚单元模块粗就位后通过履带式起重机两边各3个1t葫芦进行微调就位(见图7),葫芦既可进行竖向微调,又可进行水平微调,微调过程中履带式起重机保持吊装就位姿态不变。

雨棚单元模块通过葫芦微调到位后,安装结构抱箍节点,抱箍连接于既有雨棚主桁架下弦杆与腹杆相贯处,距既有主檩托中心255mm。在抱箍节点安装的同时,焊接人员同步进行桁架吊柱与新建雨

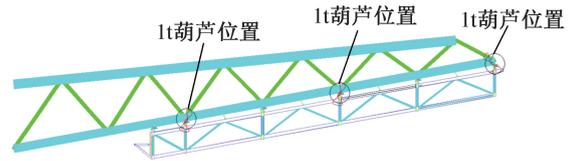


图7 雨棚单元模块微调葫芦

Fig. 7 Canopy module fine-tuning hoist

棚桁架焊接连接,吊柱主杆首先进行焊接,焊接完成后拆除抱箍节点,同步进行加劲板焊接,如图8所示。

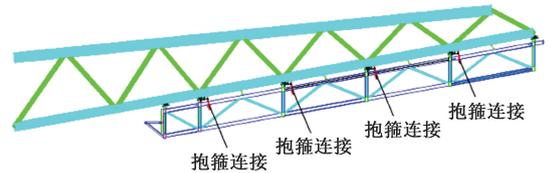


图8 抱箍节点

Fig. 8 Hoop nodes

### 5.5 履带式起重机松钩

当所有吊柱全部焊接完成或吊装未焊接完成但抱箍节点已全部安装完成时,可进行履带式起重机松钩,松钩时按照总荷载10%,20%,30%,40%的顺序进行卸载,松钩后松开下部绑扎节点。

## 6 施工监测

雨棚安装过程中及安装完成后测量其挠度,所测挠度不应超过相应设计值的1.15倍。雨棚安装过程中监测频率为2h/次,雨棚安装完成后监测频率为2d/次,监测点布置如图9所示。监测结果表明,施工过程安全可控。

## 7 结语

本文针对高速铁路不降速状态下下挂式钢结构雨棚更换安装,基于整体安装原则,采用滑动支座及临时抱箍的组合固定方式,滑动支座结构设计充分利用型钢抗压性能,整体传力简单明确,施工工艺操作简单、快捷。通过仿真计算分析,保证吊装过程安全可靠。施工完成后,钢扁担及临时抱箍拆卸后可二次使用。本技术可在场地及施工时间受限的情况下,完成高速铁路站台高空大跨度且连

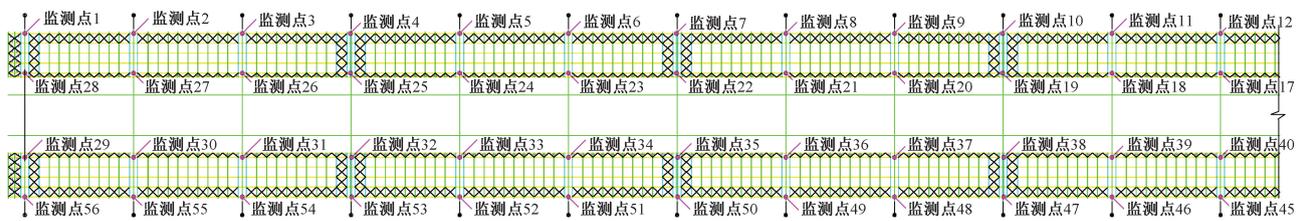


图9 监测点布置

Fig. 9 Layout of monitoring points

## 接节点变动的钢雨棚安装,降低施工成本。

## 参考文献:

- [ 1 ] 高云杰,曲扬,罗会健,等.大跨度吊挂钢结构预应力拉索安装及张拉施工技术[J].建筑施工,2023,45(4):664-667.  
GAO Y J, QU Y, LUO H J, et al. Prestressed cable installation and tensioning construction technology of large span hanging steel structure[J]. Building construction, 2023, 45(4): 664-667.
- [ 2 ] 傅义铁.武广客专新咸宁站站台钢结构雨棚施工技术[J].石家庄铁道学院学报(自然科学版),2009(4):113-116.  
FU Y T. Construction technology of steel structure rain shelter for platform of new Xianning Railway Station on Wu-Guang PDL [J]. Journal of Shijiazhuang Railway Institute, 2009(4): 113-116.
- [ 3 ] 王锦全,高志能,周育霖.上承下挂式复杂异形连体结构的关键施工技术[C]//2022年全国建筑钢结构科技创新大会论文集,2022.  
WANG J Q, GAO Z N, ZHOU Y L. Key construction technology of complex anisotropic connected structure with both upper and lower connections [C]//Proceedings of the 2022 National Conference on Innovation and Technology in Building Steel Structure, 2022.
- [ 4 ] 夏杨杰,严达,雷成真.试分析大跨度下挂式钢结构连廊胎架支撑高空原位拼装施工技术[J].中国高新区,2018(5):190.  
XIA Y J, YAN D, LEI C Z. Try to analyze the construction technology of high-altitude in-situ assembly supported by large-span hanging steel structure corridor jig frame [J]. Science & technology industry parks, 2018(5): 190.
- [ 5 ] 范重,张宇,朱丹,等.雄安站大跨度钢结构设计与研究[J].建筑结构,2021,51(24):1-12.  
FAN Z, ZHANG Y, ZHU D, et al. Design and research of large-span steel structure for Xiong'an Railway Station [J]. Building structure, 2021, 51(24): 1-12.
- [ 6 ] 陈思,葛银萍,吕航光.大跨度钢结构吊装及安装关键技术[J].施工技术(中英文),2022,51(8):26-30.  
CHEN S, GE Y P, LÜ H G. Key construction technology of hoisting and installation for large span steel structures [J]. Construction technology, 2022, 51(8): 26-30.
- [ 7 ] 张翔宇,葛方,潘湘东,等.大跨度钢结构屋盖吊装施工技术分析[J].施工技术(中英文),2022,51(5):130-133.  
ZHANG X Y, GE F, PAN X D, et al. Analysis on hoisting construction technology of large-span steel structure roof [J]. Construction technology, 2022, 51(5): 130-133.
- [ 8 ] 张在晨,贾新卷,胡晨曦,等.大跨度空间网格结构常用安装方法及新思路[J].钢结构(中英文),2022,37(10):43-49.  
ZHANG Z C, JIA X J, HU C X, et al. Common installation methods and new ideas of long-span spatial grid structures [J]. Steel construction, 2022, 37(10): 43-49.
- [ 9 ] 程小剑,李玉梅,马维新.重庆来福士广场空中连廊铝板单元整体吊装技术[J].施工技术,2019,48(2):55-58.  
CHENG X J, LI Y M, MA W X. Integral hoisting technology of air corridor aluminum plate unit in Chongqing Raffles City [J]. Construction technology, 2019, 48(2): 55-58.
- [ 10 ] 陈涛,刘平,任焯军,等.复杂异形钢结构精确定位与安装技术[J].施工技术(中英文),2023,52(20):28-31.  
CHEN T, LIU P, REN Y J, et al. Precise positioning and installation technology of complex special-shaped steel structure [J]. Construction technology, 2023, 52(20): 28-31.
- [ 11 ] 袁涛.受限条件下天窗点高铁站台无柱雨棚快速拆除技术[J].施工技术(中英文),2025,54(4):106-110.  
YUAN T. Rapid demolition technology of pillarless canopy on high-speed railway platform at skylight point under limited conditions [J]. Construction technology, 2025, 54(4): 106-110.
- [ 12 ] 王正佳,周锋,许勇.钢结构整体提升的姿态自动化数控技术[J].施工技术(中英文),2025,54(5):51-54.  
WANG Z J, ZHOU F, XU Y. Automatic numerical control technology of overall lifting posture for steel structures [J]. Construction technology, 2025, 54(5): 51-54.
- [ 13 ] 张翔钰,孙豪君,杨建鹏,等.穹顶钢结构无支撑胎架悬伸安装技术及应用[J].施工技术(中英文),2025,54(14):35-40.  
ZHANG X Y, SUN H J, YANG J P, et al. Unsupported jig suspended installation technology and application of dome steel structure [J]. Construction technology, 2025, 54(14): 35-40.

## (上接第141页)

- SHI Y F, LI J N, KANG H L. The overall application of new laser truss paver in bridge deck pavement [J]. Highway traffic technology (application technology edition), 2018(8): 27-29, 96.
- [ 19 ] 王芝松.桥梁伸缩缝C50聚丙烯腈纤维水泥混凝土配合比设计及D80型桥梁伸缩缝施工技术浅析[J].北方交通,2012(12):74-77.  
WANG Z S. Mix proportion design of C50 polyacrylonitrile fiber cement concrete bridge expansion joint and brief analysis of construction technology of D80 bridge expansion joint [J]. Northern communications, 2012(12): 74-77.
- [ 20 ] 杨进.预应力混凝土连续桥梁施工控制技术分析[J].低碳世界,2016,6(28):198-199.  
YANG J. Analysis of construction control technology of prestressed concrete continuous bridge [J]. Low carbon world, 2016, 6(28): 198-199.
- [ 21 ] 张艺文.数字化+物联网技术在桥梁施工管理中的应用研究[D].太原:中北大学,2024.  
ZHANG Y W. Research on the application of digital + internet of things technology in bridge construction management [D]. Taiyuan: North University of China, 2024.
- [ 22 ] 张耀永,王锡志.预应力智能张拉施工技术在桥梁工程中的应用[J].工程与建设,2015,29(2):260-262.  
ZHANG Y Y, WANG X Z. Application of prestressed intelligent tensioning construction technology in bridge engineering [J]. Engineering and construction, 2015, 29(2): 260-262.
- [ 23 ] 陈红杰.预应力智能张拉系统在T梁预制中的应用[J].石家庄铁路职业技术学院学报,2014,13(3):50-54.  
CHEN H J. Application of the intelligent system of prestress stretching in the T-beam precasting [J]. Journal of Shijiazhuang Institute of Railway Technology, 2014, 13(3): 50-54.