

装配式盖梁施工平台

技术白皮书

标准化、装配化的桥梁墩顶高空作业安全平台方案



浙江宝佳力科技有限公司

Zhejiang Baojiali Technology Co., Ltd.

发布日期：2026 年 8 月

文档版本：V1.0

技术领域：路桥工程/施工安全装备/装配式钢结构

目 录

- 1. 摘要 (Executive Summary) 1
- 2. 行业背景与痛点分析 (Industry Background & Challenges) 1
 - 2.1 盖梁施工高空作业现状 1
 - 2.2 传统方案的核心痛点 1
- 3. 产品概述与技术愿景 (Product Overview & Vision) 2
- 4. 核心技术架构 (Core Technical Architecture) 3
 - 4.1 系统装配部件组成 3
 - 4.2 主体材料与力学加强设计 3
 - 4.3 桁架标准化与模块拼装体系 3
 - 4.4 多墩型自适应体系 4
- 5. 关键技术与创新点 (Key Technologies & Innovations) 4
 - 5.1 无落地依托的墩顶承载技术 4
 - 5.2 全螺栓装配化快装技术 5
 - 5.3 全封闭防护与梯笼一体化技术 5
 - 5.4 标准化可调跨度桁架技术 5
- 6. 安全、合规与可用性保障 (Security, Compliance & Reliability) 5
 - 6.1 结构承载力与抗风稳定性 5
 - 6.2 全流程质量控制 6
 - 6.3 合规标准与认证 6
- 7. 性能基准与技术数据 (Performance Benchmark) 6
- 8. 开放能力与组合能力 (Openness & Combinatorial Flexibility) 7
 - 8.1 跨度可调与拓扑组合 7
 - 8.2 多墩型与多场景适配 7

8.3 与主流施工装备集成	7
9. 典型技术应用场景落地 (Technical Use Cases)	8
10. 未来技术演进路线 (Future Roadmap)	9
11. 附录 (Appendix)	9
11.1 术语表 (Glossary)	9
11.2 参考文献/标准	10
11.3 产品结构示意图	10

1. 摘要 (Executive Summary)

随着我国公路与铁路桥梁建设向高墩、大跨、装配化方向持续推进，盖梁作为桥墩顶部承上启下的关键受力构件，其施工长期处于十几米乃至几十米高空，作业面狭窄、工序密集，历来是桥梁施工安全风险最高、工期控制最紧的关键环节。传统盖梁施工依赖满堂支架、现场焊接牛腿或抱箍散拼等方式，普遍存在地基处理成本高、高空焊接量大、支架沉降失稳、周转复用率低等突出问题。

本白皮书旨在介绍由浙江宝佳力科技有限公司自主研发的“装配式盖梁施工平台”。该产品以“工厂预制、现场装配、墩顶承载、全封闭防护”为核心理念，将盖梁施工所需的承载作业面、临边防护、上下通道与防坠落系统集成于标准化钢桁架平台，依托桥墩自身结构承载，无需搭设落地支架。工程应用表明，该系统在安装效率、高空安全保障、周转复用率及综合施工成本等方面均取得显著成效，单套平台吊装就位时间缩短至小时级，现场搭设时间较满堂支架方案节省约 80%，为桥梁盖梁施工提供了安全、高效、可周转的标准化解决方案。

2. 行业背景与痛点分析 (Industry Background & Challenges)

2.1 盖梁施工高空作业现状

盖梁（Bent Cap）是设置于桥墩顶部、用于连接墩柱并支承上部梁体的钢筋混凝土横梁，承担着将桥面荷载均匀传递至桥墩的重要作用。在公路桥梁、市政高架及铁路桥梁施工中，作业人员需要在墩顶高空完成钢筋绑扎、模板支设与加固、混凝土浇筑振捣、预应力张拉及拆模养护等多道工序。这些工序要求施工平台不仅能够承载作业人员、钢筋、模板及小型机具，还必须提供绝对安全的临边围护、可靠的上下通道以及明确的防坠落措施。盖梁施工通常位于 5—40 m 高空，且墩位常处于河道、陡坡、既有道路上方等复杂场地，对施工平台的安全性、适应性和安拆效率提出了极高要求。

2.2 传统方案的核心痛点

- **地基依赖强，高墩与水上场景难以适用：**满堂支架法需从地面搭设钢管支架，对地基承载力要求高，软基需换填硬化，高墩还需进行支架预压以消除非弹性变形；在

河道、陡坡及跨路施工场景下，落地支架几乎无法实施，且存在支架整体沉降、失稳的安全风险。

- **高空焊接量大，质量与安全双失控：**预埋钢板牛腿法需在墩柱预埋钢板后于高空现场焊接支撑牛腿，焊接工作量大、作业风险高，焊缝质量受工人技术水平和高空作业条件影响显著，虚焊、漏焊难以检查；牛腿拆除后墩柱外观处理费工费时，预埋钢板留存墩身还易产生锈迹。
- **预留孔洞损伤墩身，验收认同度低：**横穿钢棒法需在墩柱浇筑时预留贯穿孔洞，以型钢穿过形成牛腿，对墩身截面完整性和钢筋布置存在影响，孔洞封堵质量难以保证，往往不易取得监理、设计及业主单位的认同。
- **抱箍散拼受力不确定，滑脱风险高：**抱箍法依靠高强螺栓预紧使钢带与墩柱混凝土面产生静摩擦力承载，摩擦系数受墩柱表面平整度、粗糙度影响大，取值难以精确掌握；螺栓拧紧程度依赖人工经验，浇筑过程中螺栓拉力变化需反复复拧，存在抱箍滑脱的安全隐患，且仅适用于圆形墩柱。
- **非标定制、一次投入，周转成本高昂：**传统临时平台多针对单一项目墩身尺寸下料焊接，项目结束后难以在其他项目周转复用，材料重复利用率低；大量钢管、扣件及型钢的租赁、运输、搭设与拆除费用居高不下，综合施工成本难以控制。

3. 产品概述与技术愿景 (Product Overview & Vision)

针对上述行业痛点，浙江宝佳力科技有限公司推出了"装配式盖梁施工平台"。该产品精准定位于桥梁盖梁施工的全周期高空作业安全防护装备，旨在通过彻底的标准化的、装配化变革取代传统的落地满堂支架与现场散焊平台模式。

宝佳力的技术愿景是"让墩顶高空作业如工厂装配般标准、安全、高效"。该产品将盖梁施工所需的承载作业平台、全封闭临边防护、安全上下通道与防坠落系统融为一体，依托桥墩自身结构承载，通过标准化桁架主梁、制式化防护网片与可调节支撑体系，实现工厂预制、现场螺栓装配、整体吊装就位。产品在保障结构安全的前提下大幅压缩高空作业时间，提升周转复用效率，最终为施工单位节约材料与人工投入，为项目创造安全与工期的双重价值，践行"省事、省心、省钱，成就伙伴，创造价值"的企业理念。

4. 核心技术架构 (Core Technical Architecture)

装配式盖梁施工平台的底层技术架构建立在"桁架主梁 + 墩顶承载 + 制式防护 + 可调适配"的组合矩阵之上，整体为工厂焊接成型的标准化钢桁架模块，现场通过高强螺栓连接并整体吊装。

4.1 系统装配部件组成

NO.	部件/模块名称	规格/说明
1	桁架主梁组	双拼 H 型钢/工字钢焊接桁架，长度随墩柱间距可调
2	横向分配梁	工字钢/槽钢，间距 $\leq 500\text{ mm}$ ，支承作业面板
3	平台面板	防滑花纹钢板，厚度 $\geq 4\text{ mm}$ ，满铺焊接
4	防护栏杆	方管框架，上杆高 1.2 m 、中杆高 0.6 m ，立杆间距 $\leq 800\text{ mm}$
5	挡脚板	高度 $\geq 180\text{ mm}$ ，四周连续设置
6	防护网片	钢板网/密目网，网孔 $\leq 40\text{ mm} \times 80\text{ mm}$ ，全封闭围护
7	钢抱箍组件	适用圆墩 $\varphi 1.5\text{--}2.2\text{ m}$ ，10.9 级高强螺栓锁紧，内衬防滑胶垫
8	穿心钢棒组件	适用方墩及大荷载工况，高强钢棒横穿预留孔承载
9	三角支撑牛腿	型钢焊接托架，支承于抱箍/钢棒支点
10	可调支腿/伸缩杆	调节范围 $3.5\text{--}4.5\text{ m}$ ，适应墩柱偏差与盖梁标高
11	连接节点	法兰盘 + 高强螺栓，全螺栓装配，免现场焊接
12	梯笼接口	与宝佳力箱式安全梯笼标准对接，形成一体化上下通道
13	吊装吊点	标准化焊接吊点，适配通用塔吊、汽车吊吊钩

4.2 主体材料与力学加强设计

平台受力主体采用符合 GB/T 700 标准的 Q235B 碳素结构钢，关键受力构件可按荷载需求升级为 Q355B 低合金高强度钢。Q235B 屈服强度约 235 MPa，兼具良好的塑性、韧性与焊接性能，是建筑钢结构中应用最广的牌号。桁架主肢选用 $80\text{ mm} \times 80\text{ mm}$ 方管（壁厚 $3.0\text{--}4.0\text{ mm}$ ），具有优异的抗弯与抗扭性能；在主梁支承点、桁架节点及牛腿连接处采用角钢加劲板与加厚节点板进行加强，形成稳定的空间刚度矩阵，有效控制施工荷载下的挠度与变形。所有构件在工厂采用精密工装夹具焊接成型，关键焊缝进行探伤检测，确保每个模块具备一致的力学性能。

4.3 桁架标准化与模块拼装体系

平台采用标准化桁架节段设计，以固定模数的桁架主梁为基本单元，通过法兰盘与高强螺栓实现纵向接长与横向连接，可根据盖梁长度与墩柱中心距灵活组合。桁架主梁在地面完成与分配梁、面板、防护栏杆的拼装后，由汽车吊或塔吊整体吊装至墩

顶预定位置，支承于钢抱箍或穿心钢棒牛腿上，经可调支腿微调水平后锁紧固定。这种"地面整体拼装、一次吊装就位"的作业模式，将高空作业量压缩至最低。

4.4 多墩型自适应体系

平台通过更换承载接口适配不同墩型：圆形墩柱采用两片式钢抱箍，内衬橡胶垫，依靠螺栓预紧产生的摩擦力承载；方形墩柱及大荷载工况采用穿心钢棒组件，以钢棒横穿墩柱预留孔形成支点。配合可调支腿与伸缩杆，平台可在一定范围内适应墩柱垂直度偏差、截面尺寸变化及盖梁标高差异，无需针对每个墩身重新设计焊接。



装配式盖梁施工平台整体结构轴测图

5. 关键技术与创新点 (Key Technologies & Innovations)

5.1 无落地依托的墩顶承载技术

传统满堂支架需从地面搭起，高墩场景下支架庞大、耗材惊人，且受地基沉降困扰。本平台将全部施工荷载通过桁架主梁传递至钢抱箍或穿心钢棒，再由墩柱自身承担，传力路径简洁明确，从根本上取消了落地支架。该技术使平台不受地基承载力、地形高差与水位变化影响，在河道、陡坡、跨路等满堂支架无法实施的场景下均可安全作业，且不存在支架非弹性变形与沉降问题，盖梁成型标高与线型更易控制。

5.2 全螺栓装配化快装技术

传统牛腿平台需在高空进行大量焊接作业，耗时长、风险高、质量不稳定。本平台全部构件在工厂标准化焊接成型，现场仅需通过法兰盘与高强螺栓完成拼装，无需动火作业。地面拼装后整体吊装，单套平台吊装就位约 2 小时即可完成；相较满堂支架数天的搭设周期，现场安拆时间节省约 80%，并大幅减少高空作业人员数量与暴露时间。

5.3 全封闭防护与梯笼一体化技术

传统盖梁施工平台防护栏杆设置随意，缺乏挡脚板与安全网，人员坠落与物体打击风险高。本平台四周标配 1.2 m 高双道防护栏杆、180 mm 高挡脚板及全封闭防护网片，形成物理上的全围护作业空间；平台预留标准接口与箱式安全梯笼刚性连接，施工人员经梯笼安全上下，无需攀爬支架或借助外部升降设备，实现“平台—梯笼”无缝衔接的全闭环通行。

5.4 标准化可调跨度桁架技术

传统临时平台针对单一项目定制，完工即废。本平台以标准化桁架节段为基础，通过法兰接长覆盖不同盖梁长度，配合可更换的抱箍/穿心钢棒接口适配圆墩、方墩等多种截面，可调支腿适应 3.5–4.5 m 范围的支承高度变化。一套平台可在同项目不同墩位间快速周转，并可转运至后续项目复用，周转复用率超过 80%，显著降低单墩摊销成本。

6. 安全、合规与可用性保障 (Security, Compliance & Reliability)

6.1 结构承载力与抗风稳定性

平台设计均布荷载标准值不低于 2.5 kN/m^2 ，可同时容纳 10–12 名作业人员及相应钢筋、模板、小型机具施工荷载。产品出厂前经结构验算与超载静载试验验证，桁架强度、刚度及稳定性满足规范要求。常规型平台可满足 8 级风工况下的结构稳定；用于 20 m 以上高墩时，配套侧向缆风拉结系统，可满足 10 级风环境下的稳定性要求。

每个项目均配套提供由结构工程师签章的专项安全计算书，明确荷载限值与作业人数。

6.2 全流程质量控制

浙江宝佳力科技有限公司严格执行工业化制造标准。设计阶段通过用户需求调研、3D 建模与有限元受力分析（Midas Gen）完成结构验算；制造阶段在工厂标准化流水线上采用精密工装夹具焊接，关键受力焊缝进行超声波探伤检测；出厂前逐套进行焊缝外观检查与超载静荷载试验，合格后方可挂签出厂；现场安装由技术人员指导，完成后经安全员、技术员联合验收并悬挂验收合格牌，明确最大承载人数与荷载限制。

6.3 合规标准与认证

产品设计、制造与安装执行以下标准：

- JTG/T 3650-2020 《公路桥涵施工技术规范》
- JGJ 80-2016 《建筑施工高处作业安全技术规范》
- GB 50017-2017 《钢结构设计标准》
- GB 50205-2020 《钢结构工程施工质量验收标准》
- GB 4053.1-2009 《固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分：钢直梯》
- JGJ 59-2011 《建筑施工安全检查标准》
- GB/T 700 《碳素结构钢》

公司通过 ISO 9001 质量管理体系与 ISO 14001 环境管理体系认证，主体框架均采用国标材质，产品附出厂合格证与材质证明。

7. 性能基准与技术数据 (Performance Benchmark)

下表在同等盖梁工况口径下，将本平台与传统满堂支架方案及现场焊接牛腿平台进行对比：

技术/经济指标	满堂支架方案	现场焊接牛腿平台	宝佳力装配式盖梁平台	技术突破效益
主体材质/结构	φ48 mm 钢管散件扣件连接	非标型钢现场焊接	Q235B 标准化桁架（80×80 mm 方管主肢）	工厂预制、力学性能一致
地基要求	需换填硬化、承	不依赖地基	不依赖地基，墩	节省地基处理费

	载力检测		柱自身承载	用
现场安拆速度	单墩搭设 4-7 天，需预压	高空焊接 2-3 天	地面拼装 + 整体吊装，约 2 小时就位	安拆时间节省约 80%
高空焊接作业	少量	大量，质量难控	零现场焊接，全螺栓连接	消除高空动火风险
沉降/变形风险	支架沉降、非弹性变形	焊缝开裂风险	桁架刚性支承，无沉降	盖梁成型精度高
墩型适配	不限墩型但受高度限制	多为单墩定制	抱箍/穿心钢双接口，圆墩方墩通用	一套多用
周转复用率	钢管扣件可周转但损耗大	一次性使用，废钢处理	标准化模块，复用率 > 80%	单墩摊销成本显著降低
综合施工成本	地基+材料+人工投入高	定制焊接+外观处理成本高	租赁/采购均可，周转高效	单墩综合成本降低约 35%

表中安拆时间与成本数据来源于同类工程实践对比，具体数值因墩高、墩径及场地条件而异，项目实施前以专项安全计算书为准。

8. 开放能力与组合能力 (Openness & Combinatorial Flexibility)

8.1 跨度可调与拓扑组合

标准化桁架节段通过法兰盘纵向接长，可适配不同长度的盖梁；横向分配梁间距可按荷载需求调整，既能满足常规双柱式盖梁施工，也可通过多组桁架横向拼接覆盖大截面、大悬臂盖梁。平台支承间距可通过伸缩杆在 3.5-4.5 m 范围内调节，适应不同墩柱中心距。

8.2 多墩型与多场景适配

通过更换承载接口，平台可覆盖圆形墩、方形墩、矩形墩等常见墩型；按墩高分常规型（5-20 m）与高墩加强型（20 m 以上，增设缆风拉结）。除盖梁施工外，调整安装高度后亦可用于桥墩系梁施工、墩顶支座垫石作业及墩身外观修饰等辅助工况。

8.3 与主流施工装备集成

平台标准化吊点适配通用塔吊、汽车吊及履带吊吊钩；梯笼接口与宝佳力箱式安全梯笼系列产品无缝对接，形成“地面—墩顶”全封闭垂直通行体系；平台可与施工电

梯、高空喷淋养护系统、智慧工地监测设备等上下游装备协同，预留监测元件安装位，支持后续智能化升级。

9. 典型技术应用场景落地 (Technical Use Cases)

装配式盖梁施工平台适用于高速公路、普通公路、市政高架及铁路桥梁的各类盖梁施工，典型应用场景包括：

- **跨河/跨江桥梁盖梁施工：**墩位位于河道或水中，无法搭设落地支架，平台依托墩柱承载，不受汛期水位影响，保障施工连续性。
- **山区高墩桥梁盖梁施工：**地形陡峭、场地狭窄，平台地面拼装后整体吊装，高墩加强型配置缆风系统，满足强风环境稳定要求。
- **城市高架桥盖梁施工：**桥下需保障车辆通行，平台无落地支架，不占用地面交通，全封闭防护避免物体打击，适配城区文明施工要求。
- **多墩柱连续施工项目：**墩柱数量多、工期紧，标准化平台可在不同墩位间快速周转，一套平台服务多个墩位，大幅提升设备使用效率。



图 1 装配式盖梁施工平台现场应用

图：装配式盖梁施工平台现场应用——平台横跨墩顶，与箱式安全梯笼一体化连接，汽车吊配合吊装就位

10. 未来技术演进路线 (Future Roadmap)

- 近中期（12 个月内）—— 材质轻量化与防腐升级：在保持 Q235B 焊接性能的基础上，关键受力构件推广采用 Q355B 低合金高强度钢，配合拓扑优化减小型材截面；表面处理由喷漆升级为热浸镀锌（锌层厚度 $\geq 85 \mu\text{m}$ ），在承载力不减的前提下降低构件自重、延长周转寿命至 8 年以上。
- 中远期（24 个月内）—— 智能化施工监测集成：在桁架关键受力区预埋应变传感器与倾角传感器，配合风速仪，将平台受力状态、倾斜度与风速实时传输至智慧工地数字大屏，实现超载预警、大风报警与主动防御，推动盖梁施工安全管控由“人防”向“技防”升级。

11. 附录 (Appendix)

11.1 术语表 (Glossary)

- 盖梁（Bent Cap）：设置于桥墩顶部、连接墩柱并支承上部梁体的钢筋混凝土横梁，承担将上部结构荷载传递至桥墩的作用。
- Q235B：普通碳素结构钢，屈服强度约 235 MPa，具有良好的塑性、韧性和焊接性能，是建筑及工程结构中应用最广的钢材之一。
- 抱箍（Hoop/Collar）：由两片半圆形钢板通过高强螺栓对扣抱紧墩柱的装置，依靠接触面静摩擦力承担上部荷载。
- 穿心钢棒（Cross Steel Rod）：横穿墩柱预留孔的高强钢棒，两端伸出墩柱形成支承牛腿，适用于方墩及大荷载工况。
- 桁架（Truss）：由杆件通过节点连接组成的格构式承重结构，具有自重轻、刚度大、材料利用率高的特点。
- 均布荷载（Uniformly Distributed Load）：均匀分布在结构面上的荷载，施工平台常用单位为 kN/m^2 。
- 缆风（Guy Cable）：用于拉结高耸结构、增强抗风稳定性的钢丝绳，高墩平台侧向稳定的辅助措施。
- Midas Gen：通用建筑结构有限元分析与设计软件，常用于施工临时结构的受力验算。

11.2 参考文献/标准

1. 《中华人民共和国建筑法》安全生产相关规定
2. JTG/T 3650-2020 《公路桥涵施工技术规范》
3. JGJ 80-2016 《建筑施工高处作业安全技术规范》
4. GB 50017-2017 《钢结构设计标准》
5. GB 50205-2020 《钢结构工程施工质量验收标准》
6. GB 4053.1-2009 《固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分：钢直梯》
7. JGJ 59-2011 《建筑施工安全检查标准》
8. GB/T 700 《碳素结构钢》

11.3 产品结构示意图

