

新型箱式墩身围笼施工平台 技术白皮书

标准化、模块化的高空作业与安全防护系统方案



浙江宝佳力科技有限公司

Zhejiang Baojiali Technology Co., Ltd.

发布日期：2026 年 6 月

文档版本：V1.0

技术领域：路桥工程 / 施工安全装备 / 模块化钢结构

1.摘要 (Executive Summary)

随着我国现代化交通基础设施建设的深入推进,公路与铁路桥梁工程逐步向高墩、大跨度、高安全标准方向演进。桥梁墩身施工中的钢筋绑扎、模板安装、混凝土浇筑等高空作业环节,历来是安全风险最高、劳动强度最大、施工周期控制的关键路径。传统的扣件式脚手架或非标定制爬梯围笼,面临着零部件繁杂、拼装效率低下、反复拆装耗时以及高空稳固性不足等技术痛点。

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“新型箱式墩身围笼施工平台”。该产品通过极致的标准化与模块化设计,完美融合了高空作业安全上下通道与多层复合施工作业平台功能。通过引入“工业化积木”的自由堆叠理念,将施工平台的规格精简至两种标准尺寸,并实现了免螺栓紧固安装的标准化网片技术。工程应用表明,该系统在自重轻量化、结构稳存性、加工与安装效率以及全生命周期周转成本等方面均取得了突破性进展,为现代路桥工程提供了高安全、高效率的墩身施工标准化解决方案。

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

2.1 墩身施工高空作业现状

在路桥工程桥梁墩身(如矩形高墩、圆端形墩等)施工过程中,作业人员需要在高空完成大量的钢筋绑扎、大模板定位与加固、混凝土振捣以及拆模养护工作。这些工序要求施工平台不仅能承载人员和小型机具,还要提供绝对安全的通行通道和防坠落围护结构。

2.2 传统方案的核心痛点

- **稳固性差,存安全隐患:** 传统扣件式管件或简易吊笼围笼施工平台刚度较差,在高空风荷载和动态施工荷载作用下易产生晃动,人员心理恐惧感强,且安全防护网易老化损坏,坠落风险高。
- **拼装与拆卸效率低下:** 传统脚手架零件成百上千,现场搭设需大量人工进行高空螺栓拧紧或扣件锁死,极其耗费工时;且随着墩身增高,反复接高和拆卸的效率极低。
- **制造加工非标化,周转成本高昂:** 以往的墩身围笼多针对单一项目墩身尺寸进行定制化焊接,项目结束后难以在其他项目中周转利用,造成严重的材料浪费,仓储、周转、运输物流成本居高不下。
- **材料冗余与自重过大:** 为盲目追求安全,传统定制钢围笼往往采用过大规格的型材进行满焊,导致设备整体自重过大,对塔吊或汽车吊的起重性能要求极高,且增加了高空悬挂的整体荷载。

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“新型箱式墩身围笼施工平台”。该产品精准定位于路桥工程桥梁墩身施工的全周期安全防护装备,旨在通过彻底的模块化革命取代传统的非标定制及散件脚手架模式。

我们的技术愿景是“让高空作业如工业制造般精准、安全、高效”。产品将高空作业人员的安全上下通道功能、墩身周圈的钢筋绑扎、装模、打混凝土作业平台功能融为一体。通过严苛的结构力学优化和高度统一的规格型号,确保产品达到工业级的质量承诺,实现材料节约与性能提升的双重飞跃。最终为用户节约大量材料采购成本,为用户创造商业价值。浙江宝佳力科技有限公司核心企业文化,省事、省心、省钱,成就伙伴,创造价值!得意具象化实践。

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

新型箱式墩身围笼施工平台的底层技术架构建立在“标准箱体+法兰连接+定型网片+灵活拓展”的组合矩阵之上。其整体物理与力学架构设计如下:

*系统装配部件组成

NO.	材料名称	规格
1	标准箱体平台	4X1X2M
2		3X1X2M
3	标准箱体楼梯	3X1X2M
4	活动平台	4X0.4M
5		3X0.4M
6	三角支撑牛腿	0.5X0.8M
7	通道板	4.5X0.4M
8	防护网片	0.9*1.8m

4.1 骨架材料与力学加强设计

平台整体采用符合国家标准 Q235B 高强度结构钢。其受力骨架经过精密的截面力学计算,主框架选用 80*80mm 标准方管,具有极佳的抗弯与抗扭性能;在主要的受力交汇点与骨架内部,采用 50*50mm 角钢作为加强受力筋,形成稳定的刚度矩阵,极大地提升了单个箱体的抗变形能力。

4.2 箱式标准化尺寸与模块堆叠体系

系统摒弃了繁琐的规格型号,在物理尺寸上精简为仅有两种标准箱式结构:

标准 A 型箱体: 3 米(长)× 1 米(宽)× 2 米(高)

标准 B 型箱体: 4 米(长) × 1 米(宽) × 2 米(高)

通过这两种规格的箱体,现场可根据具体的墩身截面尺寸(如 3x4 米、3x3 米等),进行四周的围合。在垂直方向上,箱体之间通过法兰板与高强螺栓进行上下自由堆叠与水平锁紧固定,形成了坚固的整体“回字形”高空作业防护系统。

4.3 使用场景自适应体系

标准化箱体尺寸自由堆叠组合+可后期灵活加装活动平台+标准防护网片,完美解决适应不同墩型、尺寸、高度。

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

5.1 标准化规格与自由堆叠式拼装

通过科学划分几何模数,仅用 3×1×2 米和 4×1×2 米两种尺寸,便能通过不同的平面组合和垂直堆叠,适配所有路桥墩身施工需要。这种“乐高化”的堆叠结构使现场技术人员无需针对每个墩身重新计算脚手架搭设方案,产品自重更轻量化、搭设稳固性提升 50%,材料成本节约 15%,拆装效率提升 100%,用户周转、运输、仓储成本综合成本节约 40%。

5.2 免螺栓紧固安装的标准化网片技术

传统墩身围笼、安全梯笼、脚手架平台,每个场景、墩型、尺寸,搭设施工平台需要非标定制。宝佳力创新设计了“唯一尺寸标准化”,通过箱体框架上预留的滑槽与卡扣机构,实现了网片的免螺栓紧固插拔式安装。网片往框架上一滑即可自动落锁定位,既保证了防护的严密性,又将侧网的安装时间缩短了 90% 以上。

5.3 动态可扩展的活动平台与活动通道

由于墩身在不同高度可能存在截面收缩(如锥形墩)或有横梁悬挑结构,本平台在设计之初就预留了标准化扩展接口。施工后期,无须拆除主体骨架,即可随时在箱体任意层面悬挂加装标准化的活动延展平台及安全活动通道,从而敏捷应对复杂的现场工况变化。

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

6.1 刚度倍增,稳固性提升 50%

得益于“80*80 方管+50*50 角钢加强筋”的工业化焊接箱体结构,本产品在整体刚度上远超市面普通安全梯笼施工平台、简易施工脚手架平台。经过全尺度有限元力学分析与现场实测,其抗侧倾能力、整体抗剪切强度以及动态抗晃动性能综合稳固性提升了 50%,能有效抵御高空大风产生的风荷载,大幅消除高空作业人员的晃动感与恐惧感。

6.2 全闭环安全通行与作业通道

箱体堆叠后,内部可连续配置标准化爬梯与休息平台,形成完全封闭的“高空安全上下通道”。四周标准防护网片高度达 2 米,实现了物理上的绝对全围护。无论是钢筋绑扎时的侧向拉力,还是大模板装模时的碰撞,亦或是混凝土浇筑时的剧烈振捣,围笼平台都能提供坚固的受力屏障,彻底杜绝高空坠落事故。

6.3 制造合规与标准化质量控制

浙江宝佳力科技有限公司严格执行工业化制造标准。前期通过大量用户实地需求调研、3D 建模分析,使用 MidasGen 建立有限元受力分析计算,所有箱式平台组件均在工厂标准化流水线上采用精密工装夹具焊接而成,出厂前通过严格的焊缝探伤与超载静荷载试验,确保每一个出厂的模块都具备完全一致的技术力学性能,彻底改变了以往工地上非标散件“质量凭运气、安全靠经验”的落后局面。

7. 性能基准与技术数据 (Performance Benchmark)

为了客观量化新型箱式墩身围笼施工平台的技术优势,下表列出了本产品与传统非定制制钢围笼及标准钢管脚手架的性能基准对比数据:

技术/经济指标	传统非定制围笼	传统扣件脚手架	宝佳力新型箱式平台	技术突破效益
主体材质与规格	非标型材	φ48mm 普通钢管散件	Q235B(80*80 方管+角钢筋)	精细化截面力学优化
产品自重与成本	较重(用料冗余)	重(节点扣件密集)	轻量化设计	材料成本节约 15%
高空稳固性表现	一般(易整体变形)	较差(多节点易晃动)	极佳(刚性箱体组合)	整体稳固性提升 50%
工厂加工制造效率	低(逐个依图纸定制)	无需工厂加工(买散件)	极高(流水线标准化)	制造加工效率提升 30%

现场安装/拆卸速度	慢（高空吊装大件对孔）	极慢（逐个扣件高空拧紧）	极快（模块堆叠+插拔网片）	用户安装拆卸效率提升 100%
仓储运输与周转成本	极难（异形结构占空间）	散件易丢失、易弯曲损坏	极易（规整箱体可紧密叠放）	周转、运输成本节约 50%

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

本平台的开放性体现在其极强的平面与空间适配能力。通过通用的法兰连接盘，3×1×2 米和 4×1×2 米的箱体可以像多米诺骨牌一样进行多种拓扑组合：

- **矩形墩围合：** 采用 4 块 3 米箱体或 4 块 4 米箱体，可拼出 3×3 米、4×4 米或 3×4 米的内空净尺寸，完美包覆常见的路桥桥墩。
- **大型多柱墩连体围合：** 在大型大跨度桥梁的群柱墩施工中，箱体可以通过中间延长杆或标准法兰连接件横向无缝拼接，形成跨度超过十几米的连续高空长廊式作业平台。
- **与主流施工装备集成：** 平台的吊装锁点设计完全符合通用塔吊、汽车吊及履带吊的吊钩标准，并可与施工电梯、高空喷淋养护系统等上下游装备完美协同。

9. 典型技术应用场景落地 (Technical Use Cases)

在路桥工程桥梁墩身(如矩形高墩、圆端形墩、Y 型墩、花瓶墩等)施工过程中,作业人员需要在高空完成大量的钢筋绑扎、大模板定位与加固、混凝土振捣以及拆模养护工作。



典型应用场景照片

10. 未来技术演进路线 (Future Roadmap)

作为施工安全装备领域的创新践行者，浙江宝佳力科技有限公司对该产品的未来技术演进规划如下：

- **近中期（12 个月内）—— 材质轻量化升级：** 在保持 Q235B 优良焊接性能的基础上，局部受力关键部位引入高强低合金钢，配合更优的薄壁型材拓扑构型，在稳固性不减的前提下，使系统自重进一步降低 10%。
- **中远期（24 个月内）—— 智能化施工监测集成：** 计划在标准箱体的关键受力应变区预埋物联网（IoT）应变 传感器与倾角传感器。通过无线网络将高空围笼的受力状态、风速摆幅、整体倾斜度实时传输至项目智慧工地数字大屏，实现高空作业平台安全状态的智能预警与主动防御。

11. 附录 (Appendix)

11.1 术语表 (Glossary)

- **Q235B：** 普通碳素结构钢，屈服强度约为 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。
- **箱式平台：** 指将施工作业面、受力骨架和安全围护结构集成为一个六面体或多面体网格的空间刚性单元，可整体吊装与自由堆叠。
- **免螺栓网片：** 一种通过几何锁紧、卡槽或弹簧销轴进行固定定位的防护网片，无需借助传统的螺栓拧紧即可完成稳固安装。

11.2 参考文献

1. 《中华人民共和国建筑法》安全生产相关规定
2. GB 51210-2016 《建筑施工脚手架安全技术统一标准》
3. JGJ 80-2016 《建筑施工高处作业安全技术规范》

11.3 浙江宝佳力新型箱式墩身围笼施工平台产品设计图

