

# 钢栈桥钻孔平台设计与施工应用

## ——以青田巨浦桥为例

卢星星<sup>1,2</sup>, 王子恒<sup>1,2</sup>, 廖凯<sup>1,2</sup>, 张伟<sup>1,2</sup>

(1. 浙江华东工程咨询有限公司, 浙江 杭州 311122; 2. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311122)

**摘要:** 本文以浙江青田抽水蓄能电站巨浦大桥拼宽工程为依托, 系统开展钢栈桥与钻孔平台的结构设计与施工研究。结合 MIDAS 建模分析与节点受力验算, 通过多种工况组合, 对弦杆、斜杆、分配梁及钢管桩的应力和变形进行了全面校核。分析结果显示, 平台结构在最大设计荷载下的各项应力与变形均满足规范要求, 平台整体抗倾覆与抗滑移能力良好。钢栈桥与平台采用模块化构件设计, 便于后期的拆除与转运, 材料可多次重复使用, 符合绿色施工和可持续发展的要求。结合本工程实践, 钢平台体系在跨河施工中表现出较强的工程适应性与经济性, 为类似项目提供了可借鉴的技术路径。

**关键词:** 钢栈桥; 钻孔平台; MIDAS 模型; 贝雷片

中图分类号: U448.18

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2025) 21—0083—04

随着我国基础设施建设的不断推进, 水上与涉水桥梁工程数量持续增长, 对施工期临时结构的设计与布设提出了更高要求。钢栈桥与水中钻孔平台作为保障桥梁施工顺利推进的重要临时构筑物, 其结构布置、受力性能及施工效率直接影响施工进度、安全质量与环境保护效果。在复杂地质和水文条件下, 如何科学设计具备高承载、强适应、可重复使用的钢结构平台, 是当前桥梁工程施工中的关键技术之一。

本研究以浙江青田抽水蓄能电站巨浦大桥拼宽工程为依托, 结合现场地质、水文条件及施工组织需求, 系统开展钢栈桥与钻孔平台的结构设计与施工研究。基于《浙江交建青田巨浦桥钻孔平台计算书》与专项施工方案, 依托 MIDAS 建模分析与节点受力验算, 深入探讨平台结构受力特性、构件布置逻辑及施工工艺适应性, 并提出相应施工组织策略与结构优化措施, 提升整体施工安全性与可操作性。本工程最终选用上承式贝雷梁结构体系配套支栈桥作业平台, 其整体方案在承载能力、结构稳定性、布设效率及生态友好性等方面表现出显著优势:

(1) 采用模块化拼装构造, 构件标准统一, 可快速搭设与高效拆除, 适用于临时性施工需要;

(2) 平台结构布置合理, 设计承载力满足大型施工机械荷载要求<sup>[1]</sup>, 具备良好的受力性能和整体稳定性;

(3) 结构体系适应性强, 可根据不同水深、地形及作业条件灵活布设, 适合复杂地质和水文环境下的作业;

(4) 采用上承式结构形式, 对原地形干扰小, 施工过程中对环境的影响较小, 符合生态控制要求;

(5) 构件可重复使用, 便于回收管理, 提升了材

料利用率, 体现绿色施工理念;

(6) 支栈桥与主栈桥协调布设, 有效保障钻孔、吊装等多工序平行作业, 显著提升整体施工效率。

本研究从结构受力分析与施工实际出发, 系统总结了钢栈桥及钻孔平台的设计方法与实施要点, 旨在为类似水中桥梁临时结构设计与施工提供技术支撑与工程参考<sup>[2]</sup>。

### 1 工程概况

巨浦大桥拼宽工程位于浙江省丽水市青田县巨浦乡, 是青田抽水蓄能电站交通配套工程的重要节点(图 1)。原桥梁结构已难以满足施工期重载设备通行与桥位交通组织的实际需求。为确保拼宽桥下部结构施工过程中大型钻机和运输车辆的通行安全与作业稳定, 需在水中搭设钢栈桥与钻孔作业平台, 作为临时施工通道和作业支撑系统。



图 1 巨浦大桥平面位置图

本次设计的钢栈桥采用上承式结构体系, 桥面标高 38.35 m, 钢管桩顶标高 36.95 m。主栈桥横跨施工水域, 设计总长 195 m, 桥面宽度 6.0 m, 共设 32 跨, 标准跨

径 6.0 m，布置 17 排  $\Phi 630\text{mm} \times 10\text{mm}$  钢管桩，基础嵌固深度依据不同地质条件调整，桩长 10~16 m 不等。桥面结构由 321 型贝雷梁拼装构成，下设分配梁与工字钢承重梁，桥面采用复合钢板铺装，不影响既有水面排水与通行功能。平台结构设计有效荷载为 360 型旋挖钻机整机重量（约 125 t），履带单位压力为  $122.5 \text{ kN/m}^2$ ，局部作业区设计控制荷载达  $140 \text{ kN/m}^2$ 。通行限速为：履带式设备 5 km/h，轮式车辆 15 km/h。平台结构计算采用 MIDAS 建模进行整体静力分析，结合贝雷梁专用计算软件进行构件强度及挠度验算，确保结构满足承载及稳定性要求。

考虑工程周期紧张、施工通道受限，本次平台布置结合桥墩位置设置环绕式支栈桥及钻孔平台，实现多点作业同步推进，保障桩基施工、吊装、运输等工序高效运行。平台构件标准化程度高，可重复利用，整体结构满足绿色施工、快速拼装与环境适应等多重要求<sup>[3]</sup>。

## 2 钢栈桥钻孔平台设计

本工程钢栈桥全长 195m，桥面宽度 6m；便桥两侧为填土便道，便桥为上承式结构，便桥标准跨度为 9m+3m 布置，全桥不含通航孔。钢平台设计尺寸为  $12\text{m} \times 8\text{m}$ ，钻孔平台设计尺寸为  $12\text{m} \times 6\text{m}$ 。设计标高为 38.85m。以施工所需车辆荷载控制<sup>[4,5]</sup>，包括 85t 履带吊行走及作业；施工现场材料运输车（ $12\text{m}^3$  混凝土罐车）。水流力按最大流速 2m/s 进行计算，风荷载按钢栈桥正常使用风力 8 级风进行计算。钢栈桥上部结构如图 2，使用 321 型标准贝雷梁搭设，每断面布置 3 组 7 排贝雷梁，采用 90cm 支撑架连接，组间净距为 0.9m，具有良好的承载力和构造效率。为确保桥面荷载的合理传递，分配梁采用 I25a 热轧普通工字钢，分配梁下部与桁梁上弦杆采用专用夹具固定，主便桥分配梁在纵桥向每隔 67~83cm 布设一根。桥面系采用专用桥面板，面板为 8mm 花纹钢板，纵肋为 I12 型钢，横肋为钢板，结构层间衔接牢固，桥面两侧均设置标准型 1.35m 高防护栏杆，确保施工安全。下部结构采用打入钢管桩基础。

钻孔平台为上承式桁架平台，结构形式为横向 6 排单层贝雷桁架；桥面系山型盖板满铺；横向分配梁为 I25a，以 50cm 间隔布置；横向承重梁为 2I40b；基础采用  $\Phi 630\text{mm} \times 10\text{mm}$  规格钢管桩，墩顶位置贝雷设置加强竖杆。

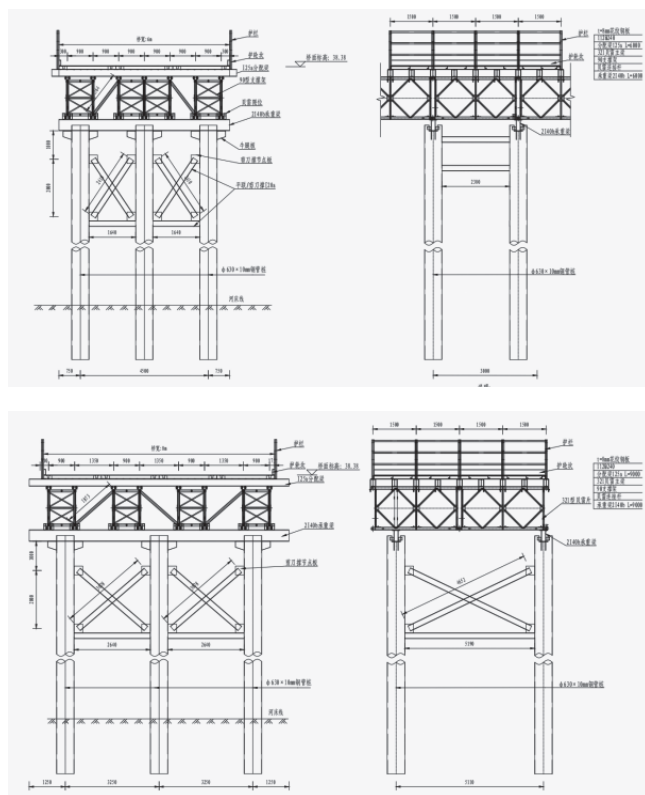


图 2 模钢栈桥断面布置图（左为主栈桥，右为支栈桥）

### 2.1 荷载计算与分析方法

钢栈桥除贝雷梁材质为 Q345（16Mn）外其余构件均为 Q235。根据《钢结构设计标准》（GB 50017-2017），材料特性表 1 所示。栈桥总荷载在实际使用过程中主要包括结构自重、车辆荷载、风荷载和流水压力四种，其中，车辆荷载为  $122.55 \text{ kN/m}^2$ （钻孔平台上主要由 360 型钻机进行工作，总荷载 125t，单条履带接触面积为  $5.1\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，履带间距 3.4m），风荷载为 0.73kN，水流力标准值为 5.1kN。计算模型采用 MIDAS 模型，荷载考虑如图 3，荷载组合分两种工况（表 2），其中荷载基本组合用于构件强度及稳定性计算；荷载标准组合用于结构刚度，钢管桩传至土层反力计算。

表 1 钢材材料（厚度  $\leq 16\text{mm}$ ）强度设计值（单位：MPa）

钢材	弯曲应力 $f$	剪应力 $f_v$
Q235	215	305
Q345	125	175

表 2 荷载的组合

荷载组合	内容
基本组合	$1.0 \times (1.2 \times \text{自重} + 1.1 \times \text{风荷载} + 1.4 \times \text{旋挖钻墩顶} + 1.4 \times \text{流水压力})$
标准组合	$1.0 \times (1.0 \times \text{自重} + 1.0 \times \text{风荷载} + 1.0 \times \text{旋挖钻墩顶} + 1.0 \times \text{流水压力})$

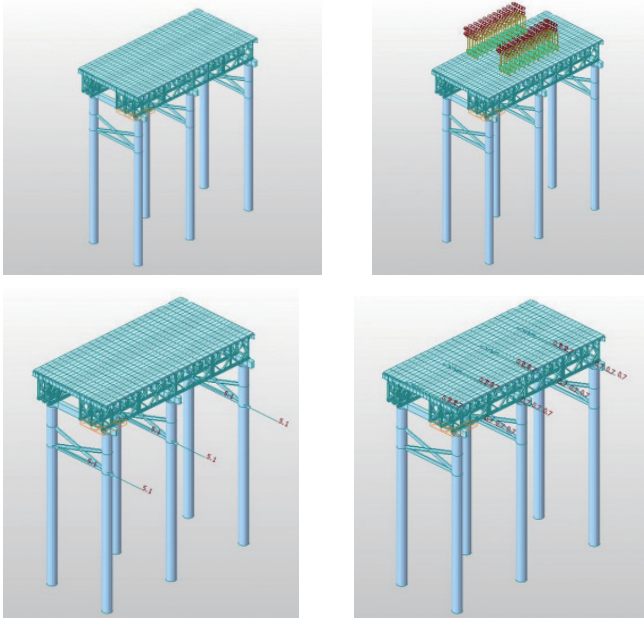


图3 荷载布置示意图(自重、车辆荷载、风荷载、流水压力)

## 2.2 构件受力与验算结果

桥面板强度验算结果显示,桥面板纵梁最大组合应力和最大剪应力分别为 56.58MPa 与 13.96MPa,分配梁最大组合应力与最大剪应力分别为 61.57MPa 与 39.97MPa,二者均远远小于钢材的设计容许应力(215MPa 与 125MPa),桥面结构安全稳定。构件受力分析如图 4,贝雷梁弦杆最大轴力为 162.09kN,竖杆为 182.15kN,斜杆为 75.35kN,均小于对应的容许承载力(560kN、210kN 与 171.5kN),结构满足强度要求。对应挠度最大值为 6.97mm,小于容许值 15mm,说明挠度控制亦处于安全范围内。

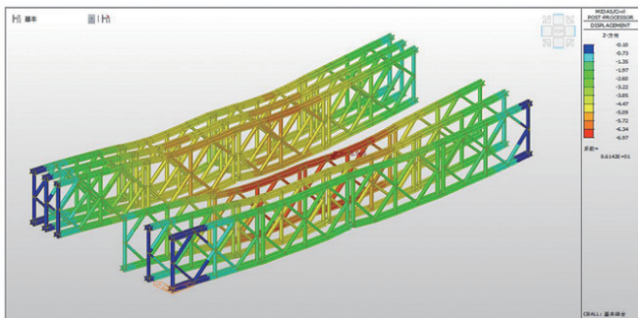


图 4 贝雷片变形示意图(单位: mm)

桥梁中部承重梁与分配梁的挠度和应力结果也均满足规范限值。承重梁最大挠度为 9.137mm(容许值 10.75mm),最大组合应力与剪应力分别为 83.0MPa 与 59.02MPa,明显低于钢材的容许应力(215MPa 与 125MPa)。I25 分配梁在使用状态下也呈现良好的应力控制水平。

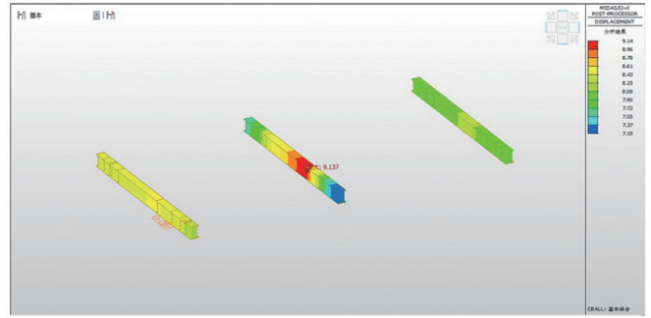


图 5 受汇流影响栅格的高程、土深、坡度、水头分布图

钢管桩支反力方面,根据《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363-2019) 6.3.5 节计算得到最大值为 600.04kN,最大轴力为 600.43kN,最大弯矩为 47.35kN·m。根据地勘资料,栈桥所处位置相关地质分层(钻孔编号: QZK-05)如下。计算得到栈桥钢管桩入土深为 5.7m,实际打入桩长采用入土深度与贯入度双控,以贯入度控制为主,建议以 5 分钟内每分钟沉桩小于 5 厘米为停锤标准。

表 3 钻孔资料

土层	层厚 (m)	桩侧土摩阻力标准值 (kPa)	地基承载力基本容许值
卵石	5.7	85	350
卵石混合土加粉土质砂	10	60	220

综上所述,本项目桥梁与平台结构设计符合国家现行规范要求。通过科学布置结构体系,合理选择构件尺寸与材料,并采用有效的加固策略,各主要结构构件在强度、刚度与稳定性方面均表现优良,可有效支撑后续施工荷载,保障工程安全顺利实施。

## 3 施工工艺

钢栈桥施工总体流程为:场地平整及桥台施工→钢管桩施工→桩顶主梁及连接系施工→贝雷梁安装施工→桥面板施工→桥面系附属施工→钢栈桥验收。钢栈桥采用“钓鱼法”搭设:利用履带吊振动下沉钢管桩、安装贝雷纵梁、安装桥面,重复上述步骤直至完成施工,最后安装护栏、管线平台等配套设施。

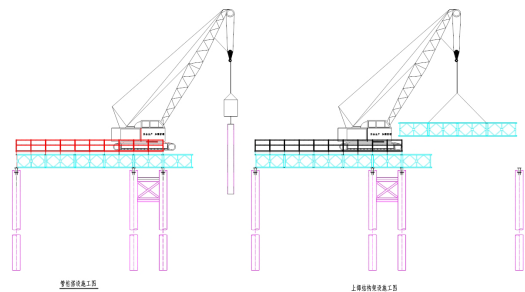


图 6 “钓鱼法”搭设钢栈桥示意图

### 3.1 下部结构施工

栈桥桥台尺寸为宽 2m, 长 6m, 基础采用钢管桩基础。桥台及桥台至施工便道两侧设 1:1 护坡, 采用沙袋堆砌护坡。钢管桩施工中需先使用 GPS 测量仪器定位<sup>[6]</sup>, 安装导向架后即可采用“钓鱼法”施工, 用吊车配合振动锤施打钢管桩。吊车停放在已安装好的便桥上, 打入便桥基础钢管桩, 测量组确定桩位与桩的垂直度符合要求后, 开动振动锤振动, 在振动过程中要不断的检测桩位与桩的垂直度, 发现偏差要及时纠正。每根桩的下沉应一气呵成, 中途不可有较长时间的停顿, 以免桩周土扰动恢复造成沉桩困难。钢管桩不够长时需接长。振动锤沉桩完成后需按设计顶标高切除。钢栈桥一个墩位处钢管桩施工完成后, 立即进行该墩钢管桩间斜撑、平联、牛腿施工。现场技术员及时检查工作质量, 合格后进行下步工作。钢管桩顶横梁采用双拼 I25a 工字钢, 工字钢与钢管桩采用弧形连接板连接。每排桩施工完毕, 经检查合格, 即可安装桩顶主梁及桩间连接系。

### 3.2 上部结构施工

钢栈桥主梁采用贝雷梁, 贝雷梁在架设前先根据图纸提前在加工场地拼接成长 3m 倍数的单层排架体, 使用吊车现场安装。钢栈桥分配梁规格为 I25 号工字钢按照 83cm、67cm 间距交叉布设于贝雷梁上方, 通过专用夹具固定安装, 单根分配梁安装 4 个夹具横向。支钢栈桥分配梁规格为 I25 号工字钢按照 75cm 间距布设于贝雷梁上方, 通过抱箍固定安装, 单根分配梁安装 2 个抱箍。

### 3.3 桥面系安装

桥面系自下而上由三部分组成: 横向分配梁 I25a 工字钢, 纵向分配梁 I12 工字钢, 8mm 花纹钢面板。整体装配式桥面板为纵向小纵梁 I12 及 d=8mm 的花纹钢板组合而成, 由吊车吊至材料运输车上运输至前场安装。贝雷梁安装完成后, 首先在其上铺设横向分配梁 I25a 工字钢, 然后在横向分配梁 I25a 工字钢上铺设专用桥面板, 桥面板和分配梁之间采用专用卡具连接。桥面系铺设完成后, 架立钢栈桥防护栏杆。

### 3.4 钢栈桥及钻孔平台拆除

钢栈桥拆除时, 先在钢栈桥上使用履带吊拆除支钢栈桥、钢平台, 拆除材料通过未拆除的钢栈桥运出。拆除完成后, 逐跨拆除钢栈桥。钢栈桥拆除从河岸一侧向另一侧依次拆除。钢栈桥的拆除工作同搭设工作顺序基本相反, 依次拆除桥面附属设施、桥面板、型钢分配梁、贝雷、桩顶分配梁及钢管桩, 拆除方法基本与搭设方法相同。采用钓鱼法, 后退到起点的拔出方式进行拆除,

边拆除, 边利用原钢栈桥运送材料到指定的位置。

## 4 结论

在青田巨浦大桥拓宽工程中, 钢栈桥及钻孔平台的设计与施工展现出良好的适应性和结构性能。平台上部结构采用上承式双排贝雷梁系统, 通过连接构件与桥面板组成稳定的承重体系, 具备良好的整体刚度与运输能力。下部结构以  $\Phi 630\text{mm} \times 8\text{mm}$  钢管桩为基础支撑, 结合合理的桩间距与锚固深度布设, 满足了平台在施工期间的承载需求与水流稳定要求。附属结构中, 设置分配梁、工字钢主梁以及标准模块桥面板, 不仅提升了受力效率, 也方便了快速装配和拆除。

在结构性能方面, 基于 MIDAS 模型的受力分析覆盖了恒载、车辆荷载、风荷载、水流压力等多种工况组合, 对弦杆、斜杆、分配梁及钢管桩的应力和变形进行了全面校核。分析结果显示, 平台结构在最大设计荷载下的各项应力与变形均满足规范要求, 钢管桩强度和稳定性均有足够裕度, 平台整体抗倾覆与抗滑移能力良好。

此外, 钢栈桥与平台采用模块化构件设计, 便于后期的拆除与转运, 材料可多次重复使用, 降低施工资源浪费, 符合绿色施工和可持续发展的要求。结合本工程实践, 钢平台体系在跨河施工中表现出较强的工程适应性与经济性, 为类似项目提供了可借鉴的技术路径。

#### 参考文献:

- [1] 甄志超. 基于重载条件的钢栈桥设计验算及加固措施探究 [J]. 中国公路, 2023, (21): 101-3.
- [2] 李灵. 装配式钢栈桥及钢平台施工关键技术 [J]. 价值工程, 2016, 35(30): 83-5.
- [3] 李文迪. 新雅江大桥钢栈桥及钢平台的设计与施工工艺技术 [J]. 建筑技术开发, 2022, 49(24): 136-9.
- [4] 喻佳. 钢栈桥、平台施工技术应用研究 [D]. 长安大学, 2017.
- [5] 曾建新, 刘井义, 王凯, 等. 复杂海域环境下钢栈桥的设计与验算 [J]. 价值工程, 2022, 41(02): 129-31.
- [6] 张福群. 北江特大桥钢栈桥和施工平台的设计、施工与使用 [J]. 四川水泥, 2023, (12): 223-7.