

钓鱼引孔法在复杂地质条件下钢栈桥搭设施工的实践与分析

李洪志

(四川路桥桥梁工程有限责任公司, 四川 成都 610000)

摘 要 钢栈桥作为桥梁工程施工中重要的施工通道, 在水中基础、下部构造等水上作业施工过程中起到重要作用。为保障桥梁施工过程中的施工车辆、机械设备等在栈桥平台能够保持稳定, 钢栈桥基础及其下部构造稳定性起到至关重要的作用。钢栈桥基础施工在卵石层、孤石区、硬岩等复杂地质条件下, 传统沉桩工艺无法满足栈桥基础稳定性要求或无法施工。本文结合项目案例, 对复杂地质情况下钓鱼引孔法钢栈桥施工进行实践讨论与分析, 以为相关人员提供有益参考。

关键词 钢栈桥; 钓鱼引孔法; 复杂地质; 引孔; 沉桩

中图分类号: U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.36.018

0 引言

对于水中基础、下部构造等水上作业所依赖的钢栈桥通道、平台而言, 其稳定性不仅直接关系到作业人员的安全, 还紧密影响着整个工程的施工效率。在复杂地质条件下, 如软土地层、岩石起伏大的区域, 为确保钢栈桥施工能安全且顺利推进, 采用有效的施工方法极为关键。钓鱼引孔法作为一种先进的钢栈桥施工技术, 它通过精准引孔定位, 能有效应对复杂地质, 在钢栈桥搭设施工中具有独特优势, 可显著提升施工质量与进度。

1 项目概况

某桥梁项目工程, 起始桩号 K25+046.6, 终止桩号 K25+466.6, 全桥总长 420 m, 跨径布置为 80+140+80+2×60 m。该桥梁最高墩 38.2 m, 其中 1#、2# 墩基础及下部构造均在水中。

1.1 地质情况

钢栈桥所处流域水深较深, 约 8 m。河床少或无淤泥覆盖层, 表面为厚卵石层夹杂孤石, 厚度 10~15 m, 为确保施工质量和安全, 采用钓鱼引孔法进行钢栈桥的搭设施工。

1.2 栈桥概况

为便于施工, 两岸钢栈桥均搭设 81 m 长, 宽 9 m (1 m 人行道 +3.5×2 m 车行道 +1 m 人行道), 单跨标准跨径 9 m, 总高度约 18 m。岸边设 9 m 宽桥台, 整体采用钢管、贝雷梁、型钢组合的支撑体系, 上部结构由

“321”型贝雷梁拼装组成纵向承重梁, 其上铺设装配式桥面板 (横纵梁分别为工 25b/[14a 型钢, 间距 75 cm/30 cm); 下部采用 $\Phi 720 \times 8$ mm 螺旋钢管, 支撑在引孔后桩位上 (入岩 5 m), 之间采用双榀 [20a 型钢作为连接, 其上采用双榀工 45b 型钢作为承重梁^[1]。

2 钓鱼引孔法施工原理

钓鱼引孔法是一种专门为复杂地质条件下钢栈桥搭设而研发的创新施工方法。在复杂地质环境中, 如河床存在厚卵石层和孤石区域, 传统施工方法往往面临诸多难题, 而钓鱼引孔法凭借其独特的原理和工艺, 能有效解决这些问题。

钓鱼引孔法的核心原理在于搭设临时平台, 利用冲孔设备在河床的厚卵石层及孤石区域进行精准引孔, 类似于“钓鱼”形式。其工艺步骤如下: 搭设临时平台—引孔—沉桩—下部结构施工—临时平台转换—上部结构施工 (见图 1)。

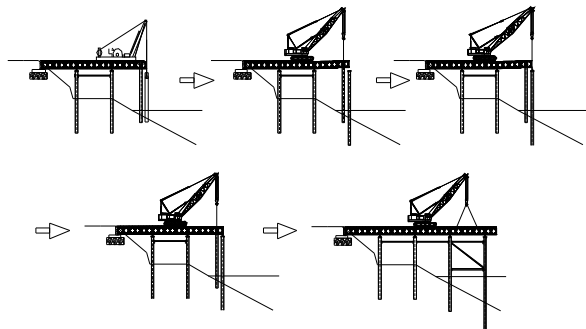


图 1 钓鱼引孔法钢栈桥施工流程图

钓鱼引孔法可有效破碎并清除孔内的障碍物，形成稳定的桩孔。随后，将钢管桩准确吊入桩孔，并通过堆填等方式加固桩体，从而提高桩的承载力和稳定性。这种方法不仅克服了传统施工方法在复杂地质条件下的局限性，还显著提高了施工效率和安全性。

3 钓鱼引孔法施工工艺

3.1 施工准备

钓鱼引孔法钢栈桥施工前进行的准备工作主要包括：（1）测量控制网复测，施工场地放样平整；（2）设备（履带吊、冲孔机、振动锤等）、材料（钢栈桥材料）、人员进场；（3）现场工序转换及材料转运组织协调；（4）安全作业条件检查。

3.2 工艺流程

1. 桥台施工：岸坡处平整场地，按照桩基施工工艺依次完成放样、钻孔、成孔、清孔、下放钢筋笼、浇筑施工等工序，桥台桩基完成后，进行桩头凿毛、清理，然后进行桥台承台、背墙钢筋施工，安装模板，浇筑混凝土^[2]。

2. 引孔施工：（1）河岸边坡钢管桩基础引孔：履带吊将冲孔机吊至平整后场地钻机就位后进行冲击钻孔，采用间隔冲孔方式依次将岸边钢管桩全部引孔完成；（2）水中钢管桩基础引孔：采用“履带吊+振动锤”方式在已搭设好的支架平台前端 7.5 m 位置处搭设临时钢管，临时钢管桩横向位置位于结构钢管桩外侧 50～100 cm。铺设贝雷梁，利用 40b 工字钢横梁横穿贝雷梁放置在临时钢管桩顶，支撑贝雷梁。在贝雷梁上铺设装配式桥面板作为临时平台。下放钢护筒（钢护筒高度与贝雷梁平高或高出 20 cm 左右，并将贝雷梁接长悬挑，作为钢护筒支撑）^[3]，如遇无覆盖层地质，采用人工抛填袋装砂或碎石制造覆盖层，并辅助灌浆固结的方式，对钻孔平台基础进行加固^[4]。在临时平台上采用冲击钻及直径 80 cm 钻头进行钻孔，钻孔穿过覆盖层至入中风化岩层 5 m（承载力满足要求）时停止钻进，拆除钢护筒。

3. 沉桩施工：钢管桩在平整好场地按设计进行接长，接长后转运至桥台位置^[5]。采用 DZ-90 振动锤，其最大激振力为 637 kN。使用履带吊配合振动锤将钢管插打至引孔桩内。下放钢管桩，采用振动锤施打至引孔深度，直至其不再下沉。采用振动锤调整其竖直度确定无误后松开振动锤，确认钢管桩施工完成。

4. 平台转换：沉桩施工完成后，先采用履带吊配合将钢管桩采用型钢焊接成格构柱。后将临时冲孔平台

转换为栈桥平台：将临时平台桥面板吊除，节点处贝雷梁上弦杆位置销轴拆除，将贝雷架前端吊起约 40 cm 利用临时钢管桩，将贝雷梁支垫 20～30 cm。在新打入钢管桩上安装 2 榀工 45b 承重梁，将贝雷梁下放。

5. 上部结构施工：采用履带吊配合安装除临时平台（贝雷梁）外贝雷梁，安装连接销轴，安装装配式桥面板，最后安装桥面防护栏杆。

6. 依次将栈桥搭设完成。

3.3 过程控制要点

在钓鱼引孔法钢栈桥搭设施工过程中，过程控制要点至关重要，具体包括以下几个方面：

1. 沉桩：沉桩过程中需严格控制钢管桩的垂直度，采用双经纬仪进行前后、左右双向校正，确保垂直度偏差不超过 1%。同时，振动锤施打过程中应实时监测桩顶标高，防止过打或欠打现象，保证钢管桩入土深度满足设计承载力要求。

沉桩应以标高进行控制，以贯入度作为校核。在钢管桩下沉过程中，随时观察其贯入度。当贯入度满足最后 10 击平均小于 2 mm/击或贯入度控制值 20 mm/min，达到贯入度控制值后持续锤击 50 击，方可停锤。沉桩施工质量标准如表 1 所示。

表 1 沉桩施工质量标准

序号	项目		规定值或允许偏差
1	桩尖高程（mm）		+300，-0
2	群桩	中间桩	d/2，且不大 大于 250
3		外缘桩	d/4
4	单排桩	顺桥方向	40
5		垂直桥轴方向	50
6	倾斜度	直桩	1%

2. 临时引孔平台：重点检查贝雷梁拼接质量，确保销轴连接牢固。钢护筒连接贝雷梁控制其垂直度。搭设时利用结构贝雷架，无需满铺，根据现场需求搭 4～5 道贝雷梁并安装桥面板。临时平台前端宜高出栈桥标高 5～10 cm，严格控制临时钢管桩高程，引孔时随时观测前端高程变化。

3. 栈桥稳定性：栈桥稳定性从两方面控制。一方面加固结构连接部位，如保证贝雷梁与承重梁焊接质量、桥面板与贝雷梁螺栓连接紧固；另一方面进行动态监测，施工中定期检查栈桥沉降和位移，遇潮汐、

水流等外力及时调整参数,确保安全。(1)靠各格构柱连接支撑栈桥稳定性,保证各杆件焊接、栓接、锚固牢固;(2)引孔沉桩作为栈桥基础,确保其承载力,必要时沉桩后灌沙(砼)加强;(3)严格控制沉桩时钢管桩竖直度,使其偏差在允许范围。

在栈桥使用过程中,定期对栈桥的稳定性进行检查,包括各连接部位的紧固情况、钢管桩的沉降和位移情况等,发现问题及时处理。

4 钓鱼引孔法施工实践总结与分析

4.1 施工总结

在该桥梁项目钢栈桥施工中,钓鱼引孔法按既定工艺和流程推进。施工准备阶段,复测测量控制网,完成施工场地放样平整,确保基准准确;设备、材料和人员按时进场,现场工序转换及材料转运组织协调合理高效,严格检查安全作业条件,为施工奠定基础。

桥台施工时,岸坡场地平整达标,桩基施工各工序按工艺标准执行,桥台承台、背墙钢筋施工、模板安装及混凝土浇筑质量良好。

在引孔施工中,河岸边坡钢管桩基础引孔采用间隔冲孔,避免干扰,完成全部引孔;水中钢管桩基础引孔通过“履带吊+振动锤”搭平台、下放钢护筒,冲孔入中风化岩层 5 m,满足承载力要求。

沉桩施工用 DZ-90 振动锤和履带吊配合,控制钢管桩插入和施打,保证入土深度和竖直度。平台转换将临时冲孔平台转为栈桥平台,为上部结构施工创造条件。在上部结构施工中,有序安装贝雷梁、装配式桥面板及桥面防护栏杆,最终完成栈桥搭设。

4.2 施工效果分析

1. 质量方面:根据施工结果,钓鱼引孔法解决复杂地质下钢栈桥搭设难题。沉桩时经双经纬仪双向校正,钢管桩垂直度偏差控制在 1% 以内,桩尖高程、桩位等指标符合设计要求,保证栈桥基础稳定和承载能力。临时引孔平台搭设中,贝雷梁拼接牢固,钢护筒下放垂直度可控,未与已成孔钢管桩碰撞,成桩质量好。栈桥整体结构连接加固到位,焊接和螺栓连接符合要求,动态监测显示沉降和位移可控,结构安全可靠。

2. 效率方面:与传统施工方法相比,钓鱼引孔法可提高施工效率。它能精准引孔,清除孔内障碍物,减少施工阻碍和停顿。各施工工序衔接紧密,流程顺畅,缩短施工周期,使栈桥按时完成搭设,满足项目进度要求。

3. 安全方面:钓鱼引孔法可提高施工安全性。引

孔时搭设临时平台并转换,降低人员在复杂地质环境下的作业风险。沉桩和平台转换等环节严格控制和监测,确保施工稳定安全。栈桥使用中定期检查稳定性,及时处理潜在问题,保障人员和设备安全^[6]。

4.3 施工问题与改进措施

在施工中发现一些问题,如水中钢管桩基础引孔时,临时平台前端高程变化监测不及时,部分时段前端高出栈桥标高超 5~10 cm 范围。后续施工增加监测频率,安排专人实时监测高程变化,建立快速反馈机制,高程异常立即调整。

此外,栈桥使用时部分桥面板与贝雷梁螺栓连接松动,可能因车辆行驶振动导致。为此,需加强连接部位检查维护,定期紧固螺栓,后续施工考虑增加弹簧垫圈等防松措施,提高连接可靠性。

本次实践中,钓鱼引孔法在该桥梁项目钢栈桥施工中效果良好,且通过发现的问题改进完善施工工艺,为类似项目施工提供宝贵经验。

5 结束语

钓鱼引孔法在复杂地质条件下钢栈桥搭设施工中的应用堪称一次卓有成效的实践。在复杂地质状况下,传统施工方法往往会面临诸多棘手难题,如桩基础难以精准定位、入土深度难以达标等,这些问题严重影响施工进度与质量。而钓鱼引孔法凭借其独特的技术优势,巧妙地化解了这些困境。它通过预先引孔,为后续的桩基础施工创造了良好条件,使得桩体能够准确、稳定地植入地下。这一成功案例,为今后类似复杂地质条件下的工程建设提供了参考,值得在行业内推广。

参考文献:

- [1] 徐东坡. 钢栈桥钢平台技术在跨湖施工中的应用[J]. 价值工程, 2021, 40(06): 121-122.
- [2] 程胜. 城镇开发项目大跨径装配式钢栈桥结构设计及受力分析[J]. 工程技术研究, 2025, 10(03): 10-12, 23.
- [3] 陈曦, 解颖超, 李鸿. 浅覆盖层河床环境钢栈桥引孔施工技术研究[J]. 四川水利, 2023, 44(05): 78-80, 102.
- [4] 廖志翔. 浅覆盖层、裸岩区域钢栈桥及钻孔平台设计[J]. 运输经理世界, 2024(36): 156-159.
- [5] 同 [1].
- [6] 于和磊. 复杂地质钻孔灌注桩施工技术分析[J]. 工程技术研究, 2024, 09(01): 85-87.