

环保理念下长钢护筒桩在桥梁防撞墩中的应用

沈高均

上海市凯达公路工程有限公司, 上海 201600

DOI:10.61369/EAE.2026040017

摘 要 : 针对松蒸公路7#桥墩南侧防撞墩撞击破损的应急抢险工程,为适应Ⅲ级航道水域施工的要求,避免传统桩基施工造成的污染问题,提高防撞防护能力,本文对钻孔灌注桩和长钢护筒桩施工、环保、造价、抗撞性能进行了对比分析,该工艺适合于航道水域应急抢险施工场景,可以较好地满足施工效率、工程质量、生态保护等各方面的需要,阐述了长钢护筒桩施工准备、预制移运、沉桩及接桩等全套施工工艺。经过实践证明,该工艺工期短、生态环保,形成的钢混组合结构可以明显提高防撞墩的抗侧撞能力,适合水域应急绿色施工。

关 键 词 : 长钢护筒桩; 桥梁防撞墩; 桥梁安全; 绿色施工

Application of Longsteel Shield Piles under Environmental Protection Concept in Bridge Anti-collision Piers

Shen Gaojun

Shanghai Kaida Highway Engineering Co., Ltd. Shanghai 201600

Abstract : Regarding the emergency rescue project for the damaged anti-collision pier on the south side of No. 7 bridge abutment of Songzhen Road, in order to meet the construction requirements of the III-level waterway area, avoid the pollution problem caused by traditional pile foundation construction, and improve the anti-collision protection capability, this paper conducts a comparative analysis of the construction of bored cast-in-place piles and long steel casing piles, as well as their environmental protection, cost, and anti-collision performance. This technology is suitable for emergency rescue construction scenarios in waterway areas and can effectively balance multiple demands such as construction efficiency, engineering quality, and ecological protection. This paper elaborates on the entire construction process of long steel casing pile construction, including preparation, prefabrication and transportation, pile sinking, and connection. Through practice, it is known that this technology has a short construction period and is environmentally friendly. The formed steel-concrete composite structure can significantly improve the lateral collision resistance of the anti-collision pier and is suitable for green emergency construction in waterways.

Keywords : long steel casing pile; bridge anti-collision pier; bridge safety; green construction

引言

本项目为松蒸公路7#桥墩南侧防撞墩被撞抢修,沉水打捞并破碎河底线以下2m处废桩。在桥墩南侧新建独立式防撞墩,桩基打设44米, DN1000钢管桩5根,新建防撞墩墩身加装钢覆复合设施。该河道属于Ⅲ级航道,桥梁防撞墩损坏之后桥梁墩已经没有防护措施,通航船舶众多,最近极端天气频繁发生,桥梁安全问题不容忽视,防撞墩的建设迫在眉睫。

本次采用长钢护筒桩工艺,可以有效地解决传统工艺的环保问题,并且保证工程抢险效率以及水域生态环境的保护。该工艺全过程没有泥浆外排、没有水体扰动污染源,最大限度地保护河道水生植被和水体水质,符合水域绿色施工控制要求,有效地避免了应急施工中生态破坏的风险。本文以本应急抢险工程为依托,对常规钻孔灌注桩和长钢护筒桩的综合性能展开比较,就长钢护筒桩作为防撞墩永久基础的施工技术及应用价值做出详细的论述。

一、施工方案确定

下部结构采用桩基5根长44米，DN1000桩，对钻孔灌注桩和钢管护筒桩两种方案进行比选（如图1所示），选用适合的结构形式。

表1：灌注桩与钢管护筒桩的比较

序号	项目	灌注桩	钢管护筒桩
1	工艺区别	水中钻孔成桩，搭设水上平台，水中钻孔需设置外护筒或围堰，泥浆排放，钢筋笼安放，灌注混凝土，成孔。	钢管护筒沉桩，水中支架或船上平台，钢管护筒捶打，钢管护筒焊接连接，下钢筋笼，灌注混凝土，成孔。
2	施工难度	钻孔中易受到损坏岩石、老防撞墩遗留物的阻碍，导致钻孔难以控制。	钢管护筒施打具有一定的冲击力，护筒尖头有很强的突进能力。
3	外界影响	水中平台、围堰施工要求高、难度大。	船只专用平台施工，工艺成熟可靠。
4	工期	施工准备至完工，45天。	25天，工期短。
5	环境影响	钻孔灌注桩泥浆制作、循环，泥浆的排放，容易对周边水系产生污染。	无泥浆排放，施工全过程密闭作业，杜绝渣土、废水散落水体，大大减少施工扬尘、水体扰动，全方位保护河道生态环境。
6	造价	1800元/米，水中围堰费用另计，造价高。	2400元/米，略有增加。
7	防撞能力	钻孔灌注桩是桥梁常用的下部基础，强度大、抗压能力强，但是钻进成孔过程中孔内塌孔、孔底清渣沉渣过厚、钢筋笼偏位、水中混凝土浇筑等对桩质量整体性有影响，防侧向撞击能力一般。	钢管护筒灌注桩长钢管护筒内灌注钢筋混凝土，整体性好、质量稳定，在足够荷载能力的同时外包钢管护筒提高了抗侧向冲击能力。

经过比选，钢管护筒桩与传统的钻孔灌注桩相比，在桥梁防撞墩功能上具有明显的优势，在造价略有增加的情况下，施工简便，质量有保证，安全性能好，作为永久结构型，长钢管护筒直接作为防撞墩的钢管桩基，与内部混凝土共同形成钢管混凝土组合桩，利用钢材延性吸收船舶撞击能量，提高抗侧推和抗弯能力。同时该工艺有效地解决传统桩基施工泥浆污染、水体浑浊的问题，具有绿色环保的优势，符合生态河道施工的要求。本次应急抢险项目中能够很好地应用。

二、施工准备

（一）锤击拆除防撞墩

松蒸公路7#桥墩南侧防撞墩被撞沉水，本次需将沉水打捞至泥面线以下2m。通过侧扫声纳图像和 DIDSON 识别声纳图像可以发现7#桥墩南侧原分离式混凝土防撞墩在水下倒塌，呈向西倒伏状，根据探测图像量测可知，坍塌在泥面上的混凝土防撞墩在泥面上长11米、宽6米，高出泥面4米。

规范水上钻探施工，严格按照水上勘探工艺和管线保护方案进行孔位钻探，孔位确定后不得随意变更。钻探过程中专人观测参数及环境，紧急情况发生时启动应急预案，联合各方面的人员进行处理。拆除打捞全过程使用密闭清运的方式，打捞的废渣全部上岸集中处理，防止废渣散落在河道中造成水体悬浮物超标，

保护水域生态平衡^[1]。

（二）桩基工程施工参数

本项目防撞墩桩基采用5根 DN1000长钢管护筒桩，钢材为 Q345C，桩长 L = 44m，上下节壁厚 20、16mm。相邻桩基连接处需错开1m以上。钢管桩内填 C30 细石混凝土，填芯长16m，顶标高与设计标高一致。

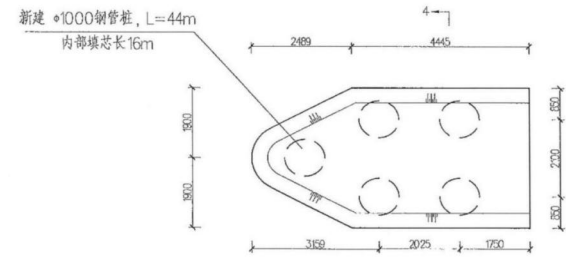


图1 钢管护筒示意图

三、长钢管桩专项施工工艺

（一）钢管桩预制与移运

1. 钢管桩预制

钢管桩委托有资质的专业单位进行预制加工，工厂制作保证钢管的线型、尺寸及焊缝的质量。主要指标是对焊缝超声探伤检测，保证无裂纹、气孔等缺陷、直径大小一致，线型顺直不弯曲。

长钢管桩桩端设尖底，端部淬火增强穿透力，适应各种地质状况。工厂预制避免了现场露天作业引起的污染，焊接废渣、废料统一回收处理，杜绝建筑垃圾随意排放，践行绿色施工理念^[2]。

2. 钢管桩的运输

钢管桩陆上先用平板车水平运输至现场，钢管多点支撑，并在管体中部和两端加装橡胶垫块，用钢索捆绑固定。运至现场后安放于平整的硬地，分层堆放，层间用方木衬垫，保持稳定^[3]。

水上运输安装采用专用船舶，桩体吊装采用两点起吊，水平固定放置在运输架上，水上运输全过程封闭防护，避免建材碎屑、油污进入河道，防止船舶运输工程中造成的水域污染。



图2 钢管桩防撞墩

（二）导向支架安装与定位

1. 导向架安装

打桩前先制作钢制导向架，在桩周围打入钢板桩，桩与桩之间采用钢管连接，安装导向架，支架保证垂直度和稳定性，内设限位钢板，使长钢管桩安装时垂直下沉，不偏位、跑位^[4]。

2. 桩定位

用全站仪在导向架顶部、底部分别放出桩位中心线。打桩船就位后,抛锚固定,保证施工期间稳定不移动,全站仪测量校核桩位,控制偏差满足设计要求,准备桩的施打。

(三) 钢管桩施工

1. 桩机就位

液压静力压桩机在船上平台自行就位,调节桩机水平度和垂直度,使压桩平台保持水平状态。

将钢管桩起吊至导向架上方,缓慢下放桩尖入水至河底,再次调整吊机,保持桩的垂直度,校核后启动压桩机进行初压,行进中全程观测桩体位置及垂直度的变化,及时调整压桩机的位置及角度^[6]。

2. 静压桩沉桩控制

长钢管桩采用先轻后重、逐级加压的方法,开始依靠桩的自重,有导向支架轻入河底淤泥层,再次进行定位校准,然后低压力慢慢压入,桩体稳定后再逐渐加大压力。压入速度不能过快,防止土体快速挤压造成桩体偏移。

压桩时实时监测桩体垂直度,偏差大于设计值时立即停止压桩,采用顶升纠偏或者局部挖土调整。

3. 纠偏措施

1) 锤击辅助沉桩

当静压桩受阻,遇到硬夹层或者孤石的时候,可用锤击模式辅助沉桩。锤击力度根据静压时的极限压力来计算确定,锤击能量控制在设计允许范围内,防止桩身受到损伤。锤击时用高频小能量击打,同步检测桩身应力应变,防止出现裂缝。

2) 补桩

当桩位倾斜或偏位严重或桩无法打入至设计标高,不能满足设计的要求,对原桩位在设计高度位置进行截除,并进行填芯处理,测定其承载力,经设计验算后确定,补桩时在处理桩临近位置打桩,全程检测数据需得到设计同意方可进入后续施工。

4. 沉桩布置

钢管桩按设计间距布置,以减少土体挤压对已压入桩的影响,用间隔跳打法,间隔跳打工艺可以减小土体扰动,防止河道底泥大面积翻涌,减少水体污染和生态破坏。

(四) 桩头处理与接桩

1. 桩头处理

沉桩到设计标高后,用角磨机打磨桩头,去除毛刺、锈迹到平整光滑,露出金属光泽。桩顶焊接钢板封口,对需要接长的钢

管桩,在桩头两侧对称焊接连接法兰,给后续接桩工序提供定位基准。

2. 接桩施工

采用焊接接桩法,清除上下节桩端的污物,用定位销装置使上下桩体轴线重合,偏差不大于2mm。并设置4块对称加劲板提高连接强度。

焊接时采用多层多道焊,先焊坡口后焊外口,接桩焊接作业设防护围挡,焊渣集中处理,防止污染河道水体和周围环境。

沉桩结束后对桩顶进行切割平整,将大于设计标高的部分切除掉。在桩顶焊接封口钢板,和管体满焊连接,防止后续施工时泥土、杂物进入管内^[7-8]。

(五) 管内填芯

1. 填芯材料制备

填芯材料采用自密实高强灌浆料,配合比中加入膨胀剂和减水剂,保证流动性及抗离析性。

填芯前用测绳检测桩内积水深度,清除管内积水,不超过50cm,防止填芯材料稀释降低强度影响填芯质量。

2. 填芯施工质量控制

采用导管法填芯,导管底口距离桩底300mm左右,初始灌注时导管埋深 $\geq 1.0\text{m}$ (根据管径计算首次灌浆方量)。填芯时缓慢提升导管,提升速度和混凝土灌注速度相适应,防止断桩或者夹层^[9-10]。

填芯至桩顶设计标高后,超灌200mm以上,振捣密实,抹平。填芯完毕用超声波检测仪检测桩身完整性,对缺陷部位进行钻孔补浆。

(六) 防撞墩及防撞装置的安装

桩基浇筑养护完成后,紧接着进行防撞墩制作、水上交通标志、钢覆复合材料防撞装置安装等工作。

四、结论

本次桥梁防撞墩应急工程使用长钢护筒桩施工工艺,比传统的钻孔灌注桩施工工期短、无泥浆污染,符合河道生态保护的要求。钢护筒和混凝土一起受力的组合结构,明显提高桩基整体性和抗船舶侧向撞击能力。该工艺施工方便、质量稳定、绿色环保,完全符合航道水域防撞墩应急抢险施工要求,有较好的工程推广应用价值。

参考文献

- [1] 周文玮. 侧向碰撞下钢护筒复合桩的力学特性及峰值位移预测方法研究 [D]. 华中科技大学, 2023.
- [2] 胡健, 马新风. 超厚砂卵石层地质条件下大直径钢护筒沉放技术 [J]. 中国水运 (下半月), 2021, 21(2): 121-122.
- [3] 周文玮, 高荣雄. 基于损伤性能的钢护筒复合桩抗撞设计方法 [J]. 土木工程与管理学报, 2023, 40(1): 71-77+84.
- [4] 项伟康. 关于绿色观念引导下的公路桥梁钻孔灌注桩的施工技术研究 [J]. 中国航建, 2022(15): 231-234.
- [5] 王涛. 桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用 [J]. 四川建材, 2025, 51(8): 149-151, 155. DOI:10.3969/j.issn.1672-4011.2025.08.042.
- [6] 江门职业技术学院, 广东祥禾建设工程有限公司. 一种桥梁建设用绿色环保的基桩施工方法 :CN202411696845.9[P]. 2025-03-18.
- [7] 郭志仁, 孙圣明, 尤宏坤. 新型锁口钢管桩基坑支护施工技术在人工填海地区的应用 [C]//2011年中国城市地下空间开发高峰论坛论文集. 2011: 233-239.
- [8] 陈延龙. 绿色环保理念在道路桥梁施工中的技术运用 [J]. 大众标准化, 2025, (16): 142-144.
- [9] 潘忠平. 基于环保理念的特殊桥梁工程路基路面材料选择与性能研究 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5(14): 68-70.
- [10] 蔡志标, 刘盼盼. 绿色环保理念在道路桥梁施工中的技术运用分析 [J]. 云南水力发电, 2021, 37(12): 288-290.