

可回收式长护筒在桥梁深水桩施工中的应用

吴波

(宁波市公共工程建设中心有限公司, 浙江 宁波 315100)

摘要: 为解决桥梁深水桩基础施工中传统长护筒用钢量大、回收工期长等问题,提出一种新型可回收式长护筒及其施工方案。通过创新设计,采用特殊的连接装置,使长护筒在钻孔灌注桩施工完成后、基坑围堰搭设前能够便捷地回收,省去了传统护筒切割环节。以邵家渡大桥为例,分析其在施工中应用该形式护筒的效果。结果表明:这种护筒显著减少了钢材消耗量(减少30.5%),提高了施工效率,缩短了基坑开挖工期(节省12 d),并在汛期显著降低了阻水率,提升了排洪能力,保障了周边地区的安全。该新型可回收式长护筒在提高施工效率的同时,还具备较高的经济效益与社会价值,具有广泛的推广应用前景。

关键词: 可回收式长护筒;桥梁工程;深水桩基;钻孔灌注桩

中图分类号: TU745

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)04-0345-04

Application of Recyclable Long Casings in Construction of Deep-Water Piles for Bridges

WU Bo

(Ningbo Public Engineering Construction Center Co., Ltd., Ningbo 315100, China)

Abstract: To address the issues of excessive steel consumption and long recovery periods associated with traditional long casing methods in deep-water pile foundation construction of bridge, a new type of recyclable long casing and its construction scheme are proposed. Through the innovative design and the use of special connection devices, the long casing can be easily recycled after the completion of the bored pile construction and before the erection of the cofferdam for foundation pit, which omit the traditional casing cutting step. Taking the Shaojiadu Bridge as an example, its effect of applying this type of casing in construction is analyzed. The study result shows this type of casing significantly reduces the steel consumption (by 30.5%), improves the construction efficiency, shortens the excavation period of foundation pit (saving 12 d), and notably decreases the water resistance during flood season, which enhances the flood discharge capacity and ensures the safety of the surrounding areas. This new type of recyclable long casing not only improves the construction efficiency, but also offers the considerable economic and social benefits with the wide prospects of promotion and application.

Keywords: recyclable long casing; bridge engineering; deep-water pile foundation; bored pile

0 引言

在桥梁工程深水桩基础施工中,目前普遍的做法是采用单根长护筒形式,即将护筒埋设在江河中,直至围堰搭设后,在基坑内随基底开挖进行分段切割回收,或在桩基础施工完成后进行水下切割回收^[1]。这2种施工方法工序简单、技术成熟,适用范围广泛。然而,切割过的护筒出售价格低,且施工过程中的人力、物力成本投入大,不仅造成资源浪费,还导致施工进度缓慢。此外,无论是哪种施工方法,均需承担较大的施工风险^[2]。因此,本文结合实际

工程案例,对传统长护筒形式进行创新,研制出一种既能够实现周转,又便于回收的长护筒形式。这种新型长护筒采用特殊的连接装置,能够在钻孔灌注桩施工完成后、基坑围堰搭设前,实现快速、便捷的回收,省去了耗时费力的护筒切割环节^[3]。该新型长护筒的应用不仅减少了钢材消耗,提高了施工效率,还能在汛期显著降低阻水率,具有较为可观的经济效益与社会价值,可以为相似的工程提供有益参考与借鉴,有望在桥梁深水桩基础施工中得到广泛的推广与应用^[4]。

1 工程概况

浙江省宁波市邵家渡大桥及接线工程(新园路—北环快速路)土建施工Ⅲ标段项目,位于江北区和海

收稿日期: 2025-09-16

作者简介: 吴波(1980—),男,学士,高级工程师,从事市政路桥建设与管理工作。

曙区境内,涵盖1座跨余姚江特大桥,由“325 m西引桥+380 m主桥+245 m东引桥”组成。主桥采用“105 m+170 m+105 m”3跨预应力混凝土连续梁桥。主桥段桥面总宽38 m,分2幅布置,单幅桥宽18.5 m。主桥的2个主墩均位于姚江内。为满足桥梁承载力要求,每个主墩承台设置68根(共计136根)钻孔灌注桩,桩径为1.5 m,桩长为80 m,设计桩顶标高为-10.3 m。

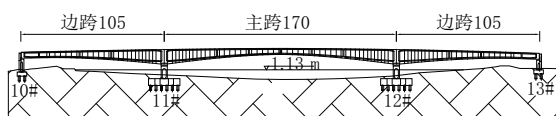


图1 邵家渡特大桥立面图(单位:m)

桥址处的余姚江面宽度约为300 m,平均水深约为5.5 m,施工水位线为+1.13 m。桩位处的河床淤泥层厚度为5~6 m;中部为25~54 m,主要为软塑状~可塑状粉质黏土及粉砂;下部为性能较好的粉质黏土及砂砾土。桩底嵌入中风化粉砂质泥岩,地质剖面图如图2所示。主墩钻孔灌注桩所用钢护筒必须穿越淤泥层至少0.5~1.0 m,施工钢平台桥面标高为+5.808 m,护筒长度为17 m^[5]。

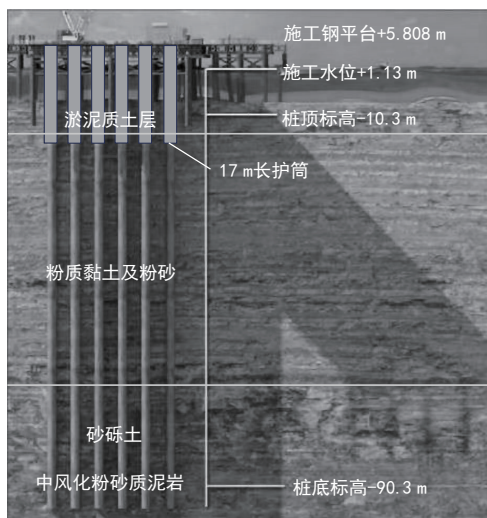


图2 地质剖面图(单位:m)

2 主墩钻孔灌注桩施工重难点

桩基础位于江中,平均水深约为5.5 m,主墩钻孔灌注桩施工期(6~10个月)正值当地大潮、台风季与姚江汛期,排洪压力大(即要求施工过程中布置的水中临时设施对阻水率的影响不宜过大),且水上作业风险高。

主墩钻孔灌注桩所需长护筒一次性用钢量达1 200 t以上,仅材料费就超过600万元。而护筒切割回收需等到基坑开挖阶段,且分段切割后的护筒残值较低。总而言之,这种长护筒施工方式资源投入

多、回收价值低,导致施工成本高昂。

本工程中单个基坑平面的尺寸为54 m×27 m,开挖深度为15 m。若在基坑开挖过程中还须进行护筒切割工作,不仅会增加施工工序,还会造成工序交叉,从而显著提升施工组织的复杂性与安全风险。工序的增加会使基坑施工工期延长,并增大基坑施工的危险性。

3 施工工艺技术

3.1 可回收式长护筒技术参数

本项目采用的新型可回收式长护筒全长17 m,主要由可回收护筒、固定护筒、加强套和纠偏钢筋4个主要部分组成(见图3)。可回收护筒和固定护筒长度分别为14 900 mm和3 100 mm,内径均为1 750 mm,壁厚12 mm。本工程中长80 m的钻孔灌注桩仅需配置1个可回收护筒和1个固定护筒,两者通过加强套连接形成总长度为17 m的护筒结构——该长度已满足桩位处钢护筒须穿越5~6 m厚淤泥层至少0.5~1.0 m,并进行护壁的要求。同时,为提高护筒的周转效率,136根钻孔灌注桩共投入70个可回收护筒及136个固定护筒。

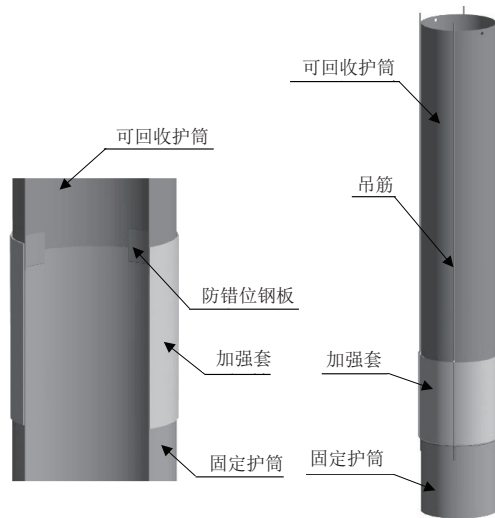


图3 可回收式长护筒结构示意图

加强套位于2个护筒连接处,长度为2 000 mm,内径为1 794 mm,壁厚12 mm。因此,加强套与护筒间存在10 mm间隙,使用小钢板进行填充,并满焊于可回收护筒底部,搭接长度为300 mm。在将组合后的护筒打入河床的过程中,河泥被挤入加强套与固定护筒之间的剩余空隙,完成整体密实^[6]。4根C32纠偏钢筋焊接在固定护筒上,搭接长度至少为0.45 m^[7]。

3.2 施工工艺

护筒施工流程如图4所示。

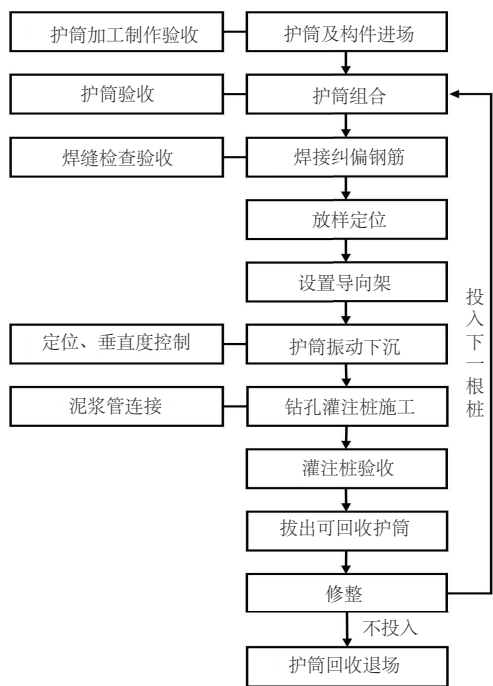


图4 护筒施工流程图

3.2.1 护筒及组件加工制作

护筒节段和加强套均预先在专业加工厂内卷制而成,再运输至现场使用。护筒出厂前应按照表1所列项目进行检查^[8]。

表1 钢护筒制作检查要求

序号	检查项目	规定或允许偏差	检查方法
1	椭圆度	不得大于 $d/200$	尺量,抽查10%的护筒,各测3个断面
2	厚度	$\pm 5\text{ mm}$	游标卡尺
3	筒体端面倾斜度	3 mm	铅锤法测量,抽查10%的护筒
4	纵轴线弯曲失高	不大于护筒长的0.1%	沿桩长拉线量,取最大矢高,抽查10%的护筒
5	护筒对接时的错边量	不大于0.2倍的钢板厚度	尺量,抽查10%的护筒

3.2.2 护筒组装并试吊

(1)当护筒及组件进场验收后,须现场进行试拼装,拼装后的护筒垂直度应小于0.8%。

(2)应严格控制纠偏钢筋的焊接质量。每根纠偏钢筋在固定护筒上的焊缝长度至少达到45 cm以上,焊缝应饱满,且无裂纹、咬边等缺陷。

(3)护筒组装完成后,护筒组装完成后,现场采用85 t履带吊整体试吊3~5 min,检验整体稳定性与吊装安全性,确保护筒能够正常使用。

3.2.3 设置导向架及护筒下沉

(1)使用桁架式导向架进行护筒埋设位置定位^[9]。护筒埋设位置定位后,使用履带吊将护筒吊至指定位置上方并缓慢下放。要求护筒中心竖直线

与桩中心线重合,平面允许误差为50 mm,竖直线倾斜不大于1%^[10],同时注意保护外侧纠偏钢筋。当护筒搁置在土层上时不应马上解开钢丝绳,应缓慢下放吊钩,使护筒依靠自重稳定地插入土层,同时测量其垂直度。

(2)护筒采用振动下沉的形式,使用DZJ150双夹振动锤,最大激振力为1 150 kN。振动锤的双夹呈180°对称夹持于护筒上口端,并采用低档模式,使护筒慢慢下沉。下沉过程中,应不间断地测量其垂直度并及时纠偏,确保其垂直度。若护筒平面偏差超过50 mm或垂直度不符合要求,应启用纠偏钢筋进行调整。

3.2.4 钻孔灌注桩施工

(1)护筒下沉到位后,连接泥浆管。安装完成的泥浆管应确保管与护筒、管与管之间不会出现泥浆渗漏现象,且正式使用前,应先灌满水进行测试,确保防渗漏性能达标^[11]。

(2)现场使用GPF-350型履带式反循环钻机进行钻孔。为防止各钻孔灌注桩出现窜孔现象,减少相互扰动情况,现场采用“隔一跳一”的施工顺序。钻进达到设计标高后,应即进行终孔检查(检查孔深、孔径和垂直度)。

(3)检查完成后进行第一次清孔,然后立即安放钢筋笼和混凝土导管,并进行第二次清孔^[12]。

(4)第二次清孔后准备灌注混凝土^[13],这是钻孔灌注桩施工的关键工序。项目采用商品混凝土,由搅拌车运输至现场,配以料斗喂料或泵车喂料的施工方法。初灌方量按照《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650—2020)的规定,首盘混凝土的方量应满足导管首次埋置深度($>1.0\text{ m}$),并能有效填充导管底部空间。混凝土运送至浇筑地点后,需检查其均匀度和坍落度,确保满足设计要求。水下混凝土浇筑连续进行^[14],单桩浇灌时间不宜超过8 h。

(5)为保证可回收护筒在混凝土初凝后能顺利拔出,施工现场采用“灌无忧”,精确控制混凝土浇筑高度在护筒连接面以下至少0.5 m。

3.2.5 拔出可回收护筒

上节可回收式护筒在拔除时应确保钻孔灌注桩有一定的强度(一般考虑浇筑后7 d),以防止护筒在振动过程中对成桩质量造成影响。拔除护筒同样采用履带吊配合振动锤的方式。对拔出的可回收式护筒和加强套进行修整,使其能够与新的固定护筒再次组合,从而提入下一根钻孔灌注桩的施工。

4 施工质量检验与效益分析

(1)施工团队对钻孔桩的成孔进行复核,孔深、孔径和垂直度均符合设计要求。

(2)通过事先布置的声测管^[15],施工团队对主墩钻孔灌注桩的成桩质量进行超声波无损检测。结果显示,I类桩比例为95.6%,施工质量得到保证。

(3)邵家渡大桥主墩钻孔灌注桩施工采用可回收式长护筒。相较于传统长护筒,这种新型长护筒用钢量从1 205 t减少至838 t(钢材使用量减少30.5%,碳排放量减少约24.6%)。

传统长护筒长度为17 m,内径为1.75 m,壁厚12 mm,钢材密度取7.85 t/m³。护筒每米质量=7.85×π×(1.774²-1.75²)/4=0.521 t/m;单筒质量=17×0.521=8.857 t;长护筒总质量=136×8.857=1 205 t。

可回收护筒长度为14.9 m,单筒质量=14.9×0.521=7.763 t;固定护筒长度为3.1 m,单筒质量=3.1×0.521=1.615 t;加强套单筒质量约为1.08 t,项目共投入70个可回收护筒与加强套,以及136个固定护筒,则长护筒总质量=70×(7.763+1.08)+136×1.615=838 t。

(4)在实际施工过程中,钻孔桩施工完成后,将可回收护筒拔出即可出售,资金实现提前回流(传统长护筒须等到基坑施工时进行切割回收)。在基坑开挖阶段,由于不再需要随基坑开挖分段切割钢护筒,基坑开挖作业仅用30 d就完成了,比施工计划工期缩短12 d(见表2)。

(5)可回收护筒拔出后,阻水率同步下降。在主墩钻孔灌注桩施工期间,姚江阻水构件包括2座入江栈桥、2个钻孔平台、临时固结以及若干护筒。为科学评估新型长护筒的综合阻水效应,采用阻水率作为关键指标。其定义为各类水中临时结构在垂直水流方向上的投影面积之和与河道理论过水断面面积的百分比。基于工程水文资料,姚江计算河宽取300 m,平均水深取5.5 m,理论过水断面面积=300×5.5=1 650 m²。在可回收式护筒拔出前,经计算,此时总阻水面积约为269.28 m²,对应阻水率为16.32%。在可回收式护筒全部拔出后,剩余临时构件的阻水面积为168.96 m²,此时对应的阻水率下降至10.24%。这意味着江水在流动过程中受到的阻碍大幅减少,在汛期排洪更为顺畅。这有效降低了江水漫堤的风险,保障了周边居民的生命财产安全,确保农业生产活动的正常开展,社会效益显著。

5 结 语

本文以邵家渡大桥工程为例,分析其创新结构

表2 可回收式长护筒与传统长护筒比较

护筒类型比较	钢材/t	费用/万元	基坑开挖工期/d
传统长护筒	1 205	577	42
可回收式长护筒	838	401	30
节省资源	367	176	12

设计与施工工艺,在保证施工质量的前提下,克服了传统长护筒用钢量大、回收工期长以及阻水率高等难题。在绿色环保理念的引领下^[16],该回收式长护筒可以循环周转使用,使得钢材用量减少30.5%,直接材料成本削减176万元,且实现资金提前回流;同时,基坑作业周期缩短12 d,彰显了资源的高效利用与施工节奏的精准把控。此外,阻水率的下降,提升了汛期河道的行洪能力,为周边区域的生命财产与农业生产筑牢安全防线。总之,回收式长护筒在邵家渡大桥工程中的成功应用,展现了其在桥梁深水桩基础施工领域蕴含的价值与潜力,具备在同类工程中广泛推广和应用的价值。

参考文献:

[1] 张松.桥梁深水基础施工中钢护筒变形的原因及对策实践分析[J].交通世界,2019(30):94-95.

[2] 何森.桥梁深水桩基础施工关键技术分析[J].交通科技与管理,2024,5(13):97-99.

[3] 王俊.内河深水超长钢护筒节段拼接及沉桩施工工艺研究[J].公路与汽运,2025,41(2):98-102.

[4] 杜帆.长护筒在钻孔灌注桩施工中的应用[J].建筑机械,2019(4):119-121.

[5] 刘洋.桥梁工程钻孔灌注桩长护筒施工技术 & 质量控制分析[J].设备管理与维修,2024(10):171-173.

[6] 崔适龙.长护筒在桥梁钻孔灌注桩施工中的应用研究[J].交通科技与管理,2023,4(10):57-59.

[7] 程才根.桥梁工程钻孔灌注桩施工质量的控制与优化研究[J].工程技术研究,2024,9(20):147-149.

[8] JTG/T 3650—2020 公路桥涵施工技术规范[S].

[9] 景永杰.桥梁施工中大直径钻孔桩施工技术[J].汽车周刊,2024(12):117-119.

[10] 李勇.桥梁工程深水桩基础钻孔灌注桩施工技术研究[J].中国标准化,2019(18):72-73.

[11] 雷鑒.市政工程钻孔灌注桩施工工艺探析[J].散装水泥,2024(6):23-25.

[12] 胡旻皓.水利桥梁工程软土基础钻孔灌注桩施工技术 & 质量[J].居舍,2021(28):31-32.

[13] 杨芳.钻孔灌注桩技术在桥梁施工中的应用[J].交通世界,2022(11):121-123.

[14] 王剑勇.试论市政工程中钻孔灌注桩施工工艺的要点[J].建材发展导向,2023,21(4):109-111.

[15] 李锴.钻孔灌注桩技术在桥梁基础施工中的应用探析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(31):126-128.

[16] 康骏.绿色理念在市政道路桥梁施工管理中的实践 & 探索[J].中国建筑金属结构,2025,24(13):187-189.