

# 石化基地深厚抛石地基的防渗措施

高晓兵<sup>1</sup>, 郑晨<sup>2</sup>

(1. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032;

2. 舟山绿色石化基地管理委员会, 浙江 舟山 316021)

**摘要:** 针对抛石地基中成孔难、漏浆严重的问题, 通过对石化基地抛石地基的地质调查, 分析抛石地基条件下其他工程防渗的成功案例, 对比石化基地抛石地基中地质特征与成功案例的异同, 结合气动潜孔锤成孔工艺, 提出在深厚抛石地基中采用气动潜孔锤联合塑性混凝土咬合桩的防渗措施。气动潜孔锤钻进过程中采用加套管护壁工艺, 可有效解决成孔过程中的塌孔问题及成桩过程中的漏浆问题, 保障防渗体施工质量; 塑性混凝土咬合桩在普通混凝土中加入掺和材料, 提高咬合桩抗渗能力及对地基变形的适应能力。结果表明, 气动潜孔锤联合塑性混凝土咬合桩是深厚抛石地基中有效、可靠的防渗措施。

**关键词:** 石化基地; 抛石地基; 防渗; 气动潜孔锤; 塑性混凝土咬合桩

中图分类号: U 656.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)05-0048-05

## Anti-seepage measure in deep riprap foundation of petrochemical base

GAO Xiao-bing<sup>1</sup>, ZHENG Chen<sup>2</sup>

(1.CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China;

2.Zhoushan Green Petrochemical Base Management Committee, Zhoushan 316021, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of difficult hole forming and serious slurry leakage in riprap foundation, we analyze the successful cases of seepage control of other projects under the condition of riprap foundation based on the geological investigation of the riprap foundation of petrochemical base, compare the similarities and differences between the geological characteristics and successful cases in the riprap foundation. Combining with the hole forming technology of pneumatic down the hole (DTH) hammer, we propose the anti-seepage measures of using pneumatic DTH hammer combined with plastic concrete occluded pile in deep riprap foundation. In the process of drilling with a pneumatic DTH hammer, casing wall protection technology can effectively solve the problems of hole collapse and slurry leakage in the process of pile forming, and ensure the construction quality of impervious core. The admixtures added into the ordinary concrete for the plastic concrete occluded pile can improve the impermeability of the occluded pile and adaptability to the deformation of the foundation. The results show that the pneumatic DTH hammer combined with plastic concrete occluded pile is an effective and reliable anti-seepage measure in a deep riprap foundation.

**Keywords:** petrochemical base; riprap foundation; anti-seepage; pneumatic DTH hammer; plastic concrete occluded pile

沿海围垦建设石化基地, 不仅要进行地表的防渗设计, 而且要在围堤内侧设置防渗措施, 防止内外水系的贯通。舟山绿色石化基地通过在围

堤内侧设置随塘河, 采用三连防的防渗措施, 即外海海水不入侵石化基地、随塘河水体不流入外海并不入渗石化基地。但因建设工期紧等原因,

收稿日期: 2020-12-01

作者简介: 高晓兵(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口工程勘察设计。

局部区域围堤内侧在实施随塘河前已通过开山石回填成陆, 不能满足防渗要求。在抛石地基中采取防渗措施是一项重要的技术难题, 成功的案例较少, 目前采用的防渗措施主要有三重管高压旋喷桩法<sup>[1]</sup>、冲孔塑性混凝土墙法<sup>[2]</sup>。但上述防渗措施均存在抛石地基中成孔难、漏浆严重的问题。

本文依托舟山绿色石化基地围填海工程, 对南堤后方抛石地基开展地质调查, 分析抛石地基条件下其他工程防渗的成功案例, 对比石化基地抛石地基中地质特征与成功案例的异同, 结合气动潜孔锤成孔工艺, 提出有效的防渗措施, 解决成孔和漏浆的问题。

1 工程概况

舟山绿色石化基地近、中期建设用地范围通过建设边界海堤后方随塘河实现防渗闭气功能。近、中期边界海堤包括南、西、北、东堤, 其中西堤远期将成为陆域的一部分, 暂不考虑建设随塘河, 其余海堤后方均建设随塘河。结合边界海堤及陆域形成的建设时序、工期要求、边界条件, 边界海堤堤型以爆破挤淤抛石斜坡堤及塑料排水板抛石斜坡堤为主, 随塘河道断面形式以复合式河道断面为主。爆破挤淤抛石斜坡堤后方 60 m 范围内布设随塘河, 随塘河两侧护岸选择固化土填筑用以防渗; 塑料排水板抛石斜坡堤后方 80 m 范围内布设随塘河, 随塘河两侧护岸选择吹填淤泥加固并开挖的方式进行

防渗。但南堤后方近大鱼山区域因用地需求紧迫, 在实施随塘河之前已抛石成陆, 导致边界防渗体系形成一处缺口。为使绿色石化基地形成完整的防渗体系, 须在抛石地基中选择合理的防渗措施。

2 地质调查

对抛石地基范围钻孔进行地质调查, 揭露的地基土层划分为 2 个地基土层及分属不同地基土层的亚层。地质剖面见图 1。

①<sub>0</sub>抛填石: 人工回填而成, 主要为碎石和块石, 碎石粒径一般为 2~12 cm, 局部粒径为 11~35 cm, 块石粒径一般为 40~50 cm, 碎石含量约 50%, 块石含量约 40%, 充填物主要为砂土和黏性土。该层出露于地表, 高程一般为 3.7~5.7 m, 厚度一般为 2.6~7.2 m, 局部达 14.2 m。

③<sub>1-1</sub>淤泥质粉质黏土: 该层仅在近南堤爆破挤淤堤身处出露, 厚度为 5.0 m。

③<sub>1-2</sub>淤泥质粉质黏土: 土质较均匀, 夹粉砂、粉土薄层或团块, 含有机质和贝壳碎屑; 局部混大量粉砂, 近粉砂混黏性土状; 局部为淤泥质黏土、黏土、粉质黏土。受孔深限制, 本次勘探未揭穿其厚度, 已揭示厚度一般为 5.9~13.9 m。该层渗透系数为  $8.8 \times 10^{-8}$  cm/s, 可防渗。

③<sub>1</sub>淤泥质粉质黏土混碎石: 土质较均匀, 切面较粗糙, 夹粉砂或粉土薄层或团块, 含贝壳碎屑。仅局部有揭示, 厚度为 2.1 m。

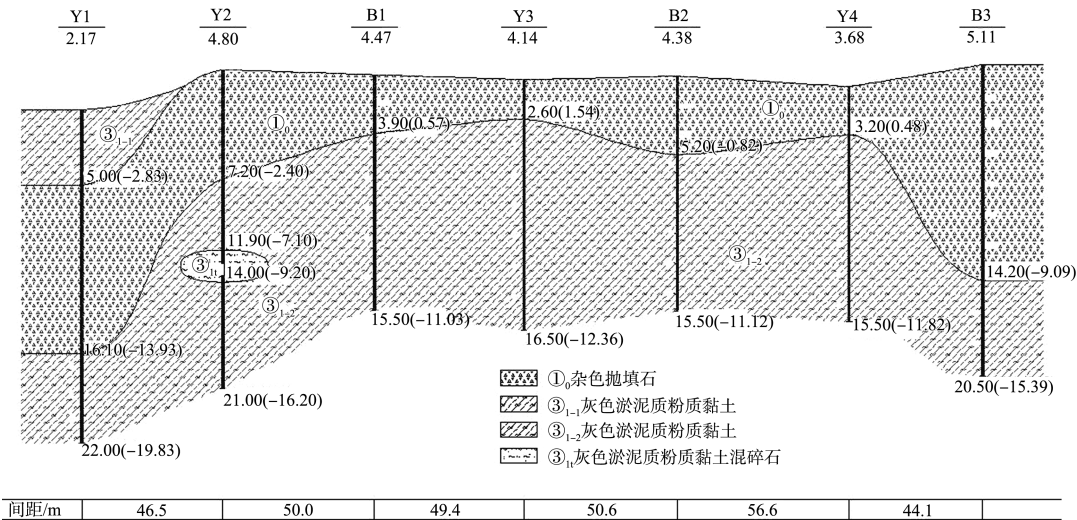


图 1 抛石地基区地质剖面 (单位: m)

3 抛石地基防渗案例

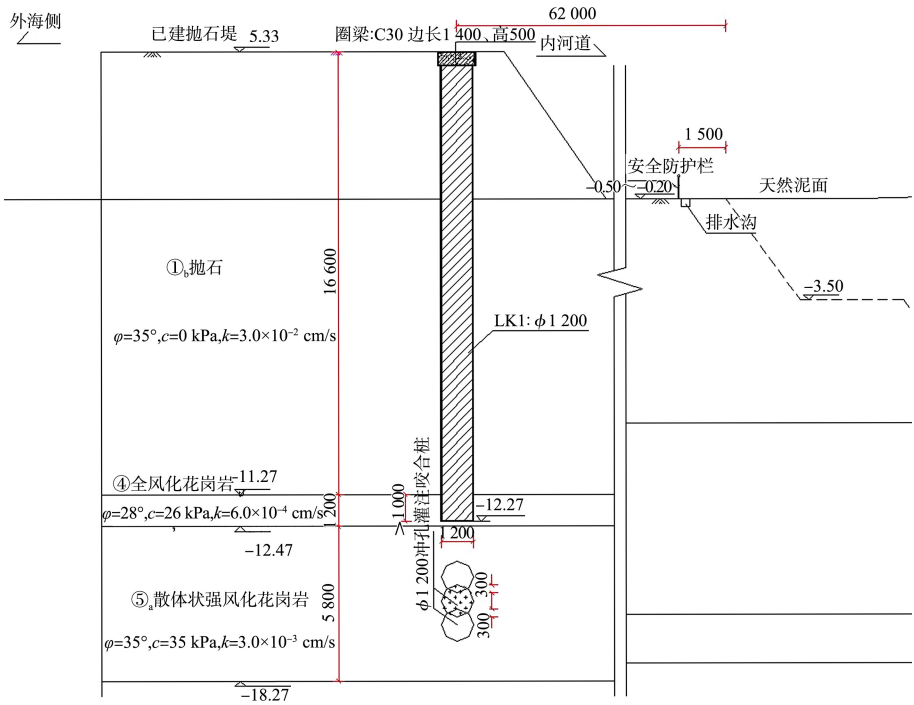
根据地质调查,抛石区布设的防渗体应与③<sub>1-2</sub>淤泥质粉质黏土连通,从而满足防渗要求。在深厚抛石地基中实施防渗体是亟待攻克的技术难题,成功的案例较少,且地质条件存在一定的差异。

3.1 工程案例 1

漳州双鱼岛填海工程基坑围护采用冲孔灌注咬合桩方案进行防渗,桩身穿越海堤 16.6 m 厚的抛石

层(抛石含量 60%以上,抛石粒径 10~120 cm),满足防渗要求。

冲孔灌注咬合桩方案为:桩径 1.2 m,搭接 0.3 m,单排咬合桩,咬合桩分 I 序桩(A 桩)和 II 序桩(B 桩),A 桩为塑性混凝土桩,B 桩为带钢筋笼的混凝土灌注桩,桩长均为 18 m。为避免冲击成孔咬合桩对已施工桩造成破坏,在 II 序桩钢筋笼沿基坑边长方向设置侧向注浆管。单排冲孔灌注咬合桩方案的横断面见图 2<sup>[3]</sup>。



注:  $\varphi$ 、 $c$ 、 $k$  分别为内摩擦角、黏聚力、渗透系数。

图 2 双鱼岛工程单排冲孔灌注咬合桩横断面 (尺寸: mm; 高程: m)

3.2 工程案例 2

深圳蛇口邮轮中心工程基坑围护采用冲孔塑性混凝土咬合桩方案进行防渗,桩身穿越近 14.5 m 的抛石层(10~100 kg 块石),工后基坑无漏水渗

水现象。

冲孔塑性混凝土咬合桩方案为:桩径 1.2 m,搭接 0.3 m,单排咬合桩,桩身进入黏性土层,桩长 20 m。单排塑性混凝土咬合桩方案的横断面见图 3<sup>[4]</sup>。





滤层，分层回填黏性土。

4.3.2 气动潜孔锤联合塑性混凝土咬合桩防渗

当抛石层厚度大于 5 m 时，开挖放坡影响范围较大，采用气动潜孔锤联合塑性混凝土咬合桩的防渗方案。气动潜孔锤成孔，实施单排塑性混凝土咬合桩，桩径 0.8 m，搭接 0.2 m，桩身进入黏性土层 2 m。

利用气动潜孔锤对抛石进行脉动破碎，形成岩石屑后排出孔外。为了保证良好的防渗效果，各桩间采取搭接咬合布置。施工时采取间隔成孔，先施工 I 序，再施工 II 序，排桩平面布置见图 4。气动潜孔锤钻进过程中加套管护壁防止塌孔，套管护壁深度同钻孔深度，当 I 序钻孔注浆成桩后桩身强度达到 60%~80%，提取套管，进行 II 序施工。为保证 I 序、II 序桩间的有效搭接咬合，防止桩间产生渗流通道，对钻孔孔位偏差和垂度偏差应有一定要求，钻孔孔位偏差不应大于 50 mm，垂直度偏差不应大于 0.3%。

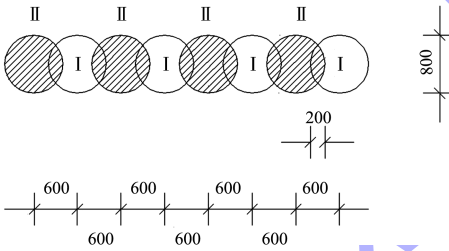


图 4 咬合排桩平面布置 (尺寸: mm)

咬合桩防渗方案对成孔及桩身施工质量要求较高。气动潜孔锤钻进过程中采用加套管护壁工艺，可有效解决成孔过程中的塌孔问题及成桩过程中的漏浆问题，保障防渗体施工质量。结合已建工程的成功案例，塑性混凝土咬合桩具有良好的防渗作用，通过在普通混凝土中加入掺和材料，提高了咬合桩抗渗能力及对地基变形的适应能力。因此，气动潜孔锤联合塑性混凝土咬合桩防渗方

案解决了成孔、漏浆难题，同时具备成孔速度快、防渗效果好的优势，是深厚抛石地基中有效的防渗措施。

5 结论

1) 气动潜孔锤钻进过程中采用加套管护壁工艺，可有效解决成孔过程中的塌孔问题及成桩过程中的漏浆问题，保障防渗体施工质量。

2) 塑性混凝土咬合桩在普通混凝土中加入了掺和材料，可有效防止防渗体开裂，提高咬合桩抗渗能力及对地基变形的适应能力。

3) 气动潜孔锤联合塑性混凝土咬合桩防渗方案解决成孔、漏浆的难题，同时具备成孔速度快、防渗效果好的优势，是深厚抛石地基中有效的防渗措施。

参考文献:

[1] 李存法,马自芬.高压喷射注浆防渗技术在抛石填海地基中的应用[J].施工技术,2004,33(3):17-18.

[2] 李学劲,金君沂.塑性混凝土冲孔灌注咬合桩在海滨人工填石层施工止水帷幕的应用[J].建筑技术,2009,40(5):419-422.

[3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.双鱼岛(招商局漳州开发区人工岛)填海工程水闸基坑施工图设计说明[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.

[4] 黄向平,刘家才,顾宽海.塑性混凝土咬合桩在临海基坑工程中的应用[J].水运工程,2018(6):252-256.

[5] 吴建明,朱忠宁.空气潜孔锤灌注桩施工工艺及方法[J].山西建筑,2010,36(9):89-90.

[6] 徐青,周磊,刘成涛,等.气动潜孔锤钻进技术在微型桩基施工中的应用[J].资源环境与工程,2018,32(S1):134-137.

(本文编辑 王璁)