

板桩码头及高桩码头施工技术小结

中港二航局三分公司 周正兵

摘要: 本文通过上海柘中大型管桩预制厂的板桩出运码头及高桩砂石料码头的施工, 阐述了两种结构码头施工过程中容易出现的一些问题和采取的对策。

关键词: 板桩码头 高桩码头 施工技术

1 概述

上海柘中大型管桩有限公司码头工程位于上海市奉贤区邬桥镇, 处于黄浦江上游。该码头是业主投资建设的大型管桩有限公司的配套工程, 该公司建成投产以后, 将以生产直径 800mm~1500mm 的预应力混凝土管桩为主, 同时生产钢管桩、小直径管桩以及其它混凝土构件。该预制厂厂区占地近 300 亩, 将是目前上海地区生产同类产品的最大预制厂之一。

该码头工程包括一板桩结构的出桩码头及一高桩梁板式结构砂石料码头。出桩码头长 65.5m, 宽 26.2m, 其中尺寸为 590mm×

500mm×15800mm 板桩数量为 310 根, 尺寸为 590mm×500mm×17800mm 的拐角定位桩共 5 根, 板桩数量共计为 315 根, 出桩码头的轨道梁基础采用 $\phi 1200$ mm 的钻孔灌注桩, 桩长为 32m, 共计 32 根(板桩出桩码头断面图如图 1 所示)。砂石料码头和引桥均为高桩梁板式结构, 砂石料码头长为 150.0m, 宽为 18m, 砂石料码头上下游 15m 处各设有一 6m×6m 系船墩, 砂石料码头为三个结构段, 横向排架间距为 7m, 桩基为 600mm×600mm 预应力混凝土方桩, 共 168 根, 长度 34m, 引桥陆上桩基础为 9 根 $\phi 800$ mm 的钻孔灌注桩, 桩长为 24m。

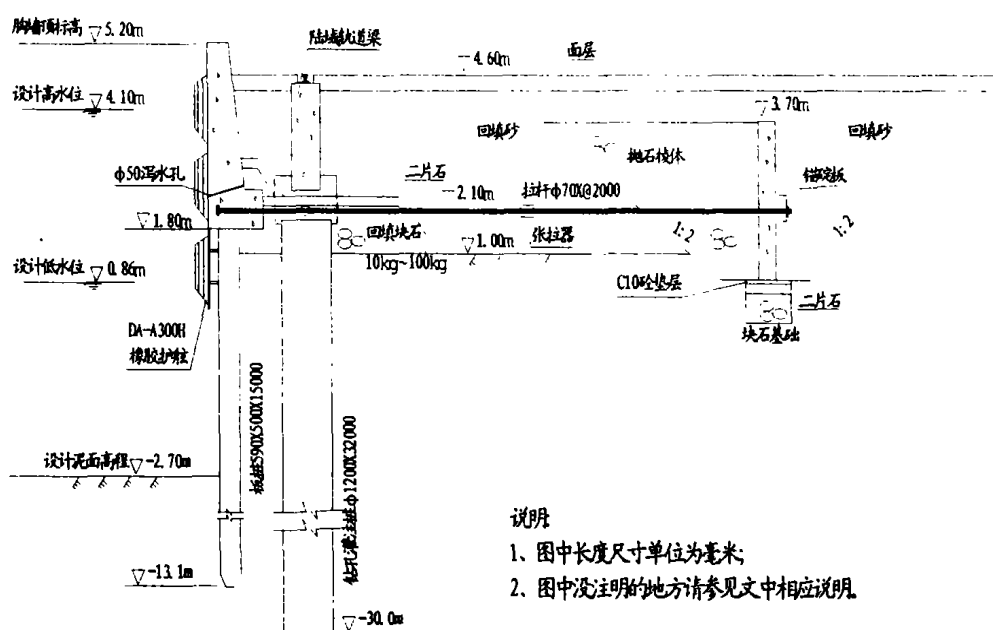


图 1 板桩出桩码头断面图

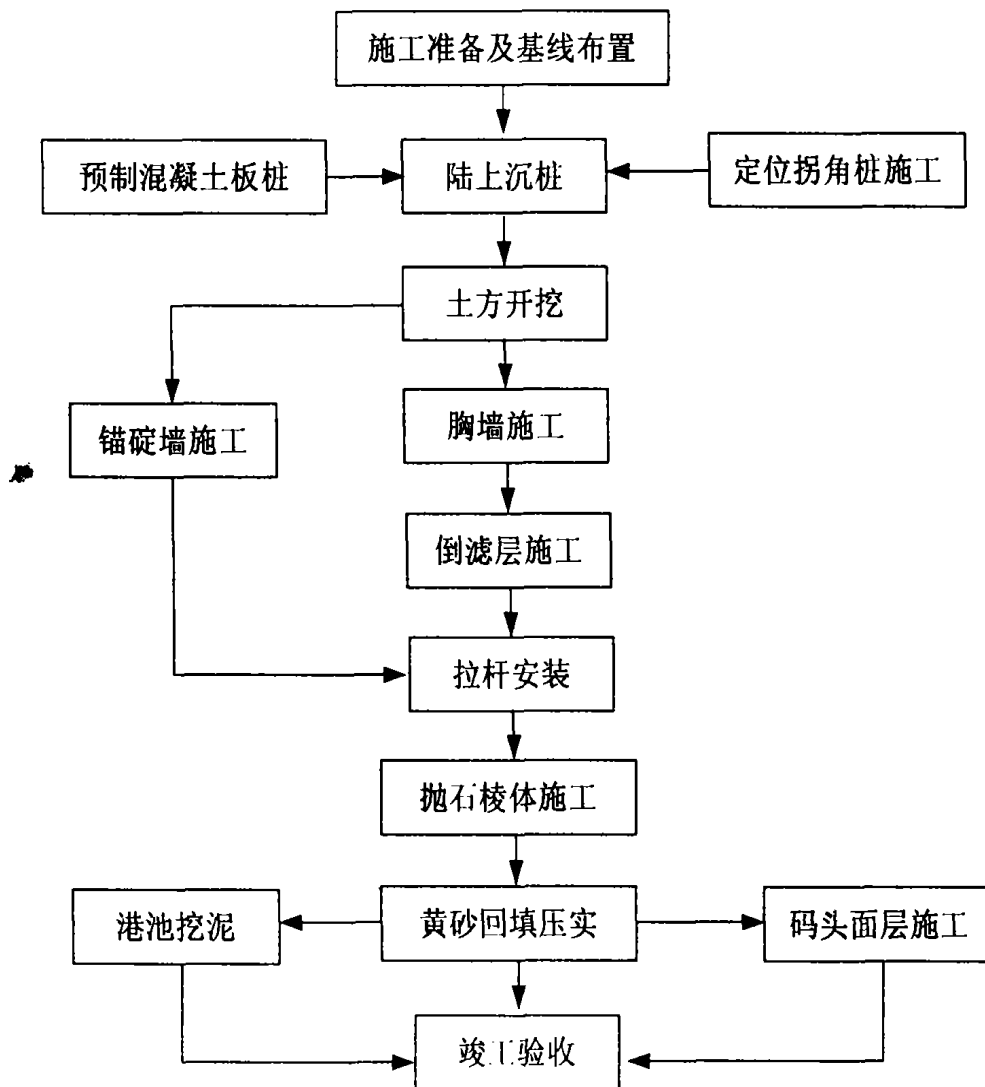


2 码头施工工艺及主要施工方法

2.1.1 施工工艺流程图

2.1 板桩码头施工工艺及主要施工方法

板桩码头施工工艺如下图所示：



2.2.2 主要施工方法

(1) 板桩预制及沉桩

本工程所用板桩为矩形断面的板桩，标准板桩尺寸为 590mm×500mm×15800mm，拐角板桩尺寸为 590mm×500mm×17800mm，为了使板桩整齐地打入地基和各板桩之间紧密结合，在板桩两侧作有阴阳榫。其一侧从板桩顶到桩尖作成通长的阴榫；另一侧从桩顶到水底以下 1m（不小于水底的冲刷深度）作为阴榫，再往下一直到桩尖形成阳榫，如图 2 所示。下段一侧作阴榫另一侧作阳榫的目的是为了打桩时导向；上端两侧都作阴榫的目的是为了形成空腔，当中用塑料袋装细石混凝土

土填塞，以防漏土或漏砂。板桩的底端为了板桩易于打入地基，在板桩厚度方向作为尖榫形；为了使后施打的板桩与已打的板桩靠得紧密，将桩端阴榫一侧削成斜角，在施打时，地基力对此斜面产生一个推挤力将板桩紧紧靠在一起。

本工程中板桩由于设计尺寸较大，每根桩的重量有 13t 左右，定位拐角桩重量达到了 15t。为减少板桩导运费用，利用靠近拟建码头的空地作为板桩预制场地，并采用三层叠式预制的方法来提高预制场地的利用率。板桩预制过程中必须要保证板桩桩身混凝土要一次浇筑，不得留施工缝，板桩的凸榫不得有缺角

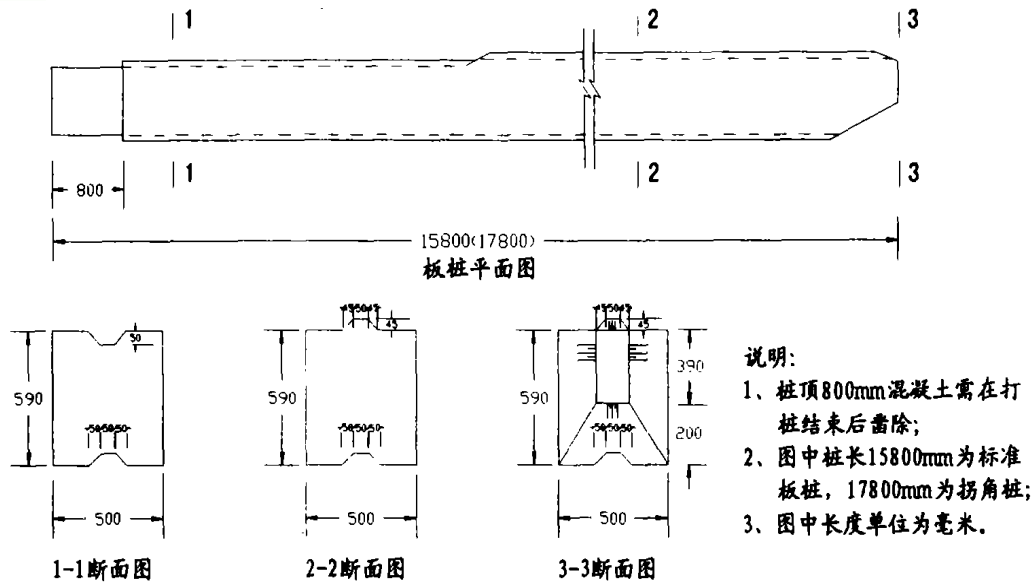


图 2 板桩结构示意图

等破损缺陷。

板桩的沉桩质量好坏是直接影响到整个板桩码头的施工质量,因为板桩码头是靠板桩下部的凹凸榫咬合在一起构成连续墙起挡土作用,因此在沉桩前必须做好设计及施工技术

交底,安排好沉桩顺序。为控制好板桩墙的轴线位置、减少桩的平面扭曲和提高打桩效率,必须加工好足够强度及刚度的导向架,本工程中所用的导向架如下图 3 所示。

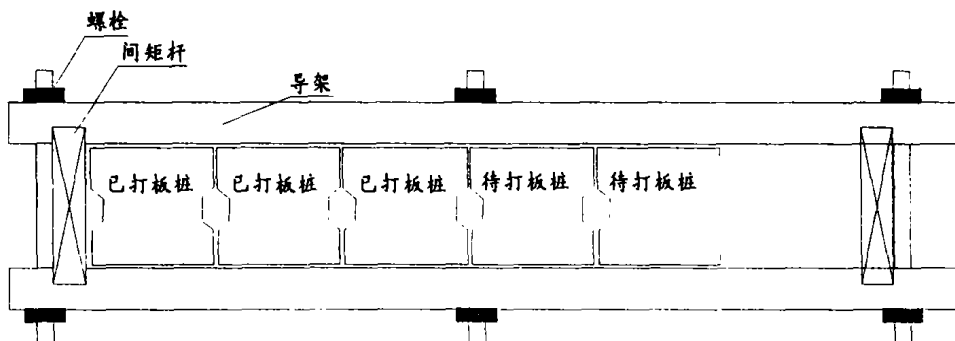


图 3 导向架结构示意图

并根据地质条件、桩的规格及打入深度选择好打桩机及桩锤。本工程选用了 JUS—100 型 50t 履带式配挂 D62—22 型柴油锤进行沉

桩施工,为方便桩的移运定位,在沉桩过程中需要一台 25t 吊车配合施工。D62—22 型柴油锤性能如下表 1 所示。

D62—22 型柴油锤性能

表 1

项目	总重量	总长	直径	冲击次数	每锤打击能量	最大爆发力
D62—22 柴油锤	12.3t	5.9m	0.71m	35~50i/min	223KN.m	1800KN

本工程沉桩都在陆上进行,因此导向架设在地表面,桩插立不了,只能采用单独打方式,这种打桩方式是每 1~2 根板桩一次打至设计标高。这种沉桩方式的优点是:不需要很高的

桩架进行插桩,施工较为简单。但缺点也很明显:板桩易沿板桩墙轴线倾斜,榫口易脱开,并且板桩易扭面形成错牙;板桩倾斜如果处理不好,将会造成漏砂等极为严重的后果。如果

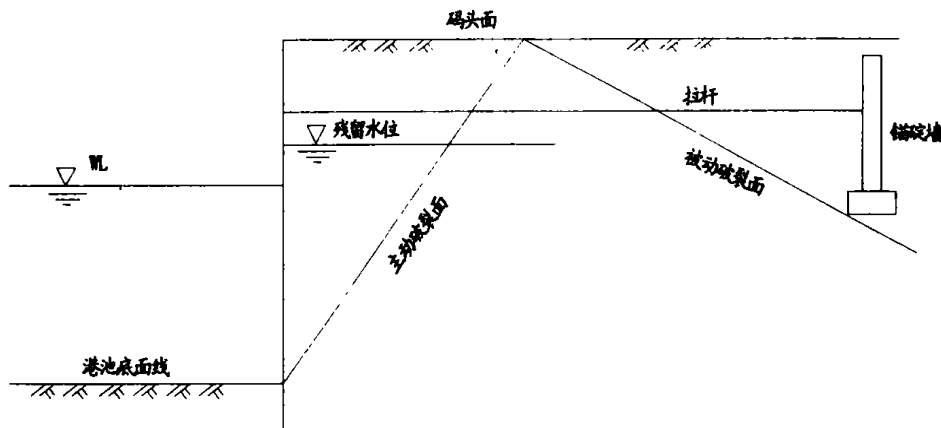


图4 有锚碇墙的板桩码头土压力分布图

具有腐蚀性的矿渣和炉渣，不宜采用易于粉碎的珊瑚礁。本工程设计要求锚碇墙前按 1:2 的坡度回填 10~100kg 的抛石棱体，板桩墙后、锚碇墙前后（除回填抛石棱体区域外）回填内摩擦角不小于 30 度的中粗砂。该工程处于黄浦江边，地下水位一般在 +1.00m 左右，因此根据规范要求可以采用无腐蚀性和无膨胀性的粘性土料进行回填，但设计不同意，因此我们最终按设计要求回填了近 12000 方的中粗砂。

笔者认为：全部回填中粗砂是没有必要的。从我国六十年代以来在天津、上海地区的板桩码头施工情况来看，不少板桩码头的回填材料均采用的无腐蚀性和无膨胀性的粘性土料，其使用效果还是满足设计要求的。因此建议以后如再有类似的板桩码头施工，水位以下部分可以采用砂回填，水位以上的部分可以用无腐蚀性和无膨胀性的粘性土料回填，这样既不影响工程质量，又可以节约工程成本。

(4) 板桩码头土方开挖

板桩码头的土方开挖是一个很重要的工序，因为一旦开挖顺序没安排好，极有可能引起板桩墙前后的土压力不平衡，从而引起板桩墙的位移甚至倾斜，因此在施工中必须要重视，注意土压力和剩余水压力的作用，安排好挖泥顺序。

首先考虑主动土压力板桩墙上面由拉杆锚碇，下段嵌固在地基内，上下两端的位移受

到约束，而跨中变形较大；在板桩墙的变形过程中墙后土体出现拱现象，跨中一部分土压力通过滑动土条之间的摩擦力传向上下端，造成土压力呈 R 形分布，如图 5 所示。这种 R 形分布的程度，与板桩墙的刚度、拉杆锚碇点的位移和施工程序有关。板桩墙的刚度和锚碇点的位移越小并采用先填板桩墙后土后挖港池的施工程序，R 形分布就越明显。如在相反情况下，R 形分布就越不明显，甚至是直线分布。这种现象已被国内外试验室模型试验和原型观测所证实。

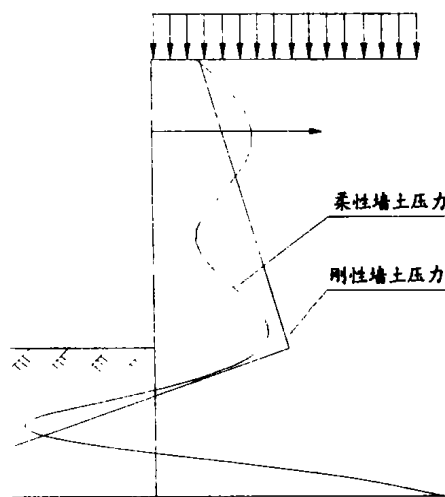


图5 板桩墙主动土压力的重分布

其次考虑被动土压力及剩余水压力的情况，板桩墙入土深度较小时，入土段只会向前变形；入土深度较大时，入土段的下端还将出现向后的变形；前者产生墙前被动土压力，后者产生墙后被动土压力。本工程的板桩



入土深度在 10m 以上，因此工程施工只考虑墙后被动土压力，参见图 6 所示。国内外大量的试验室模型试验和原型观测发现，墙前实际的被动土压力值要比 $\delta = 0$ 时的计算值大一倍左右，墙后实际的被动土压力值要比 $\delta = 0$ 时的计算值小一倍左右。剩余水头的大小除取决

于水位降落幅度和速率外，还与板桩墙排水好坏和回填材料及地基土的渗透系数大小有关，分布图形如图 6 所示。本工程的板桩墙每隔 4m 设置一排水孔，并且墙后回填土及地基土均为中粗砂，因此可以不考虑剩余水头的存在。

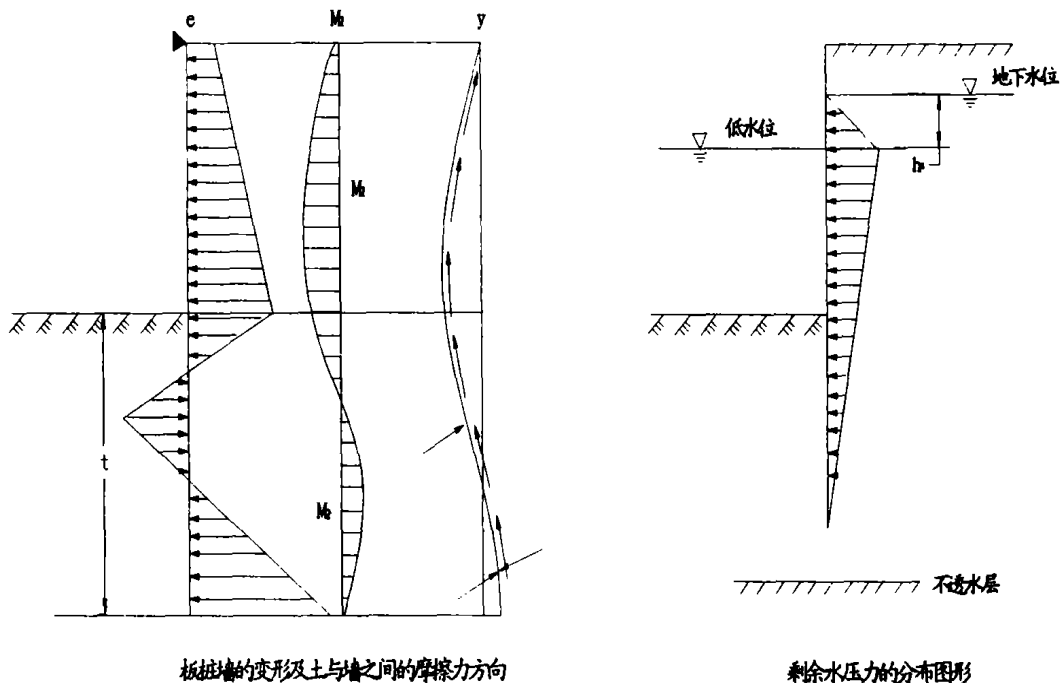


图 6 板桩墙后被动土压力及剩余水压分布图

因此根据以上几个方面的分析，本工程的挖土顺序定为：

开挖板桩前后土方至高程 1.00m → 板桩墙施工 → 锚碇系统安装 → 棱体抛筑 → 板传墙后回填砂至设计标高 → 开挖港池。

在开挖港池时，必须要考虑可能出现的超深和水流对水底的最大冲刷深度，它们虽然不属于荷载，但会使入土深度减小和计算跨度增大，减低了板桩墙的稳定性和强度，增大了跨中弯距

和拉杆力。上海蕴藻浜下游在 1982 年曾建了一座钢筋混凝土板桩驳岸，在挖港池的过程中发生了变形破坏：码头前沿线最大水平位移 18cm，最大沉降 21cm；码头后的混凝土路面在不同距离处出现四条纵向裂缝，最大缝宽 8cm。造成破坏的重要原因是挖泥速度过快和超深过大，最大超深达 1.7m，平均超深达 1.0m。根据有关文章计算：板桩码头超深 1m 时和原设计的主要技术指标见下表 2：

表 2

计算情况	水底标高 (m)	圆弧滑动安全系数	板桩墙跨中最大弯距 (KN.m)	拉杆力 (KN)	入土深度 (m)	拉杆长度 (m)
①原设计	-2.70	1.1053	21.5	110	7.28	11.63
②超深 1m	-3.70	1.0065	50.0	164	11.703	14.85
②/①		0.91	2.33	1.49	1.61	1.28



池挖泥必须安排在码头主体完工后, 挖泥应纵向均匀分层进行, 挖泥超深不大于 0.5m, 平均超深不大于 0.3m, 每层挖泥厚度不大于 1.5m, 并且在挖泥过程中必须安排专人对板桩墙进行位移观测。本工程的挖泥安排全部主体工程完工进行, 现用 1.5m³ 的履带式挖掘机将港池内 +1.00m 的土挖走, 后用小抓斗挖泥船进行水上挖泥至设计标高 -2.70m。从挖泥过程中对板桩墙的位移观测来看, 还是满足设计及规范要求的。

2.2 高桩码头施工工艺及主要施工方法

高桩梁板式码头施工工艺已经很成熟, 各工序也很完善, 因此笔者不多写了。在这里主要想提两点笔者还不成熟的看法。

(1) 预应力混凝土方桩的龄期问题

本工程砂石料码头桩基为 168 根 600mm × 600mm × 34m 预应力混凝土方桩, 由于工期紧等原因, 有三根桩的自然养护龄期只有 24 天, 没到规范要求的 28 天的龄期。经现场检测, 由于这三根桩采取了早强措施, 因此经检测这三根桩 24 天的混凝土抗压强度均大于设计要求的 50MPa, 经和设计、监理商量后将这三根没到龄期的桩沉设下去。《港口工程桩基规范》8·4·6(2) 条规定: “预应力混凝土桩在锤击沉桩前, 自然养护龄期不得少于 28 天。”《建筑桩基技术规范》7·1·8 更是提出了双控要求, 即混凝土强度和龄期双控: “锤击预制桩, 应在龄期与强度均达到要求后, 方可锤击。”沉桩结束后, 为了检查桩身混凝土的完整性, 我们采用了小应变抽检了部分桩基, 其中特别包括了这三根桩, 检测结果全部都是 A 类桩。

所以笔者认为: 在工期较紧, 该地质情况沉桩比较顺利的前提下, 少量预制桩养护龄期因客观原因达不到 28 天, 但采取了早强措施, 桩身混凝土强度能满足设计要求, 可以和设计、监理研究后安排沉桩。当然, 如没有工期紧等特殊情况, 最好还是按现行规范执行。

(2) 断桩问题

水上打桩船沉桩, 有时会遇到断桩情况,

分析原因主要有以下几种: 打桩时打桩船走锚; 偏心锤击; 地质原因和桩自身质量问题。本工程在沉桩过程中, 曾经断了 1 根桩, 该桩在断之前, 锤击数已达到了 1400 击, 贯入度小于 5mm, 分析断桩原因, 是该桩遇到了较密实的粉细砂层。由于本工程桩基是摩擦桩, 以标高作为沉桩控制值, 但从地质勘察报告上发现有 20 多根桩将碰到粉细砂层, 经和设计、监理研究后决定对这种情况下的桩基沉设, 当贯入度小于 3mm, 锤击数大于 1400 击, 并且桩尖距设计标高小于 1m 的可以停锤。后来沉桩表明, 采取了这样的措施, 此后施打的 20 多根桩无一断桩。这说明, 只要设计与施工采取了合适的措施, 在较密实的粉细砂层中施打预制方桩, 可以尽量避免断桩事故。

3 体会

通过本工程板桩码头及高桩码头的施工, 有以下两点体会:

1. 板桩码头施工重点是要控制好板桩预制及沉桩施工、锚碇系统施工及港池土方开挖施工这三个重要工序, 这三个工序施工质量的好坏直接关系到整个板桩码头的质量, 因此在板桩码头施工前必须对这三个工序的施工方案进行认真讨论, 做到精益求精, 万无一失; 施工过程中要做到精心施工, 严把质量关; 施工后期要注意密切观测码头的位移及沉降, 做到有备无患。

2. 合理的施工方案是工程成功的基础, 施工方案的优劣直接关系到工程的质量、进度和成本控制。

参考文献:

1、民交通出版社, 陈万佳主编《港口水工建筑物》

2、《板桩码头设计与施工规范》(JTJ292-98)