

# 钢桩自由入泥深度估算探讨

秦一楠

(能威(天津)海洋工程技术有限公司, 天津 300000)

**摘要:** 本文采用规范法和软件数值模拟的方法估算钢桩自由入泥深度, 再与现场实测结果对比, 通过对比分析总结各估算方法计算结果的准确性。为了使分析具有广泛性, 本文采用不同海域、不同场地地质条件下 6 个平台钢桩进行分析。

**关键词:** 自由入泥深度; GRLWEAP

**中图分类号:** P75

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006—7973 (2020) 07—0137—02

一般海洋固定结构物是需要采用钢桩固定于指定地点。如导管架, 管汇 (PLEM) 及深水区的顺应塔都是采用钢桩将结构物荷载传递给土壤, 通过钢桩基础保证结构的稳定。由于承载力要求、施工环境条件的限制, 海洋工程所用的钢桩比较大, 直径 2~3 米, 长度 100 多米, 一根桩重量 400~600 吨。同时结构物固定需要几根甚至十几根钢桩, 必将推高工程的用钢量。此外, 结构物的海上安装, 打桩往往占据大部分的安装时间, 节省打桩时间可以降低工程费用 (工程船的费用一天需要上百万)。综上所述, 在桩长、直径满足上部结构物承载力的要求后, 合理地设计桩的壁厚对于工程的安全和经济合理是非常必要的。

钢桩安装分析, 需考虑钢桩受到风浪流、锤的冲击力等作用。最危险的工况一般是在刚刚插桩时, 此时钢桩相当于一根悬臂杆件, 底部固定、顶部自由, 计算中考虑欧拉失稳, 钢桩悬臂段越长对于钢桩强度越不利。悬臂段的长度由自由入泥深度决定, 精确的估算自由入泥深度对于钢桩安装分析的准确性、合理性是十分重要的。但由于海上环境比陆地复杂, 现场场地勘察技术要求高, 这些不利于准确估算钢桩自由入泥深度。本文将根据以往的工程经验, 结合现行规范和工程常用软件, 对钢桩自由入泥深度估算进行探讨。

## 1 API 规范钢桩阻力计算的规定

规范中对钢桩的阻力分为侧摩阻和端阻。根据土壤性质分别按粘性土和非粘性土计算侧摩阻和端阻。

### 1.1 粘性土

侧摩阻:  $f = \alpha c$

其中:  $\alpha = \begin{cases} 0.5\Psi^{-0.5} & \Psi \leq 1.0 \\ 0.5\Psi^{-0.25} & \Psi > 1.0 \end{cases}$   $\Psi = c/p_0$

$c$ ——土体不排水剪切强度;  $P_0$ ——土体有效自重压强。

端阻:  $q = 9c$

### 1.2 非粘性土

侧摩阻:  $f = Kp_0 \tan \delta \leq$  极限侧摩阻力值

$K$ ——土体侧压力系数;  $\delta$ ——土壤与桩壁间的摩擦角, 极限侧摩阻力值查表得到。

端阻:  $q = p_0 N_q \leq$  极限端阻力值

$N_q$ ——承载能力系数, 查表; 极限端阻力值查表得到。

海洋工程中用的钢桩都是大直径薄厚钢桩, 钢桩插桩过程中端阻远小于侧摩阻, 在计算自由入泥深度时可忽略端阻, 但计算侧阻时需要同时考虑桩内外侧阻力。当钢桩入泥后下沉某一深度稳定后, 土壤对桩的阻力等于钢桩自重, 这就可计算桩自由入泥深度。

## 2 GRLWEAP (打桩软件) 钢桩可打入性分析原理介绍

GRLWEAP 是采用波动方程进行打桩分析的软件。软件采用动态分析的方法, 模拟桩在打桩锤作用下的运动和受力情况, 分析过程中考虑土壤受到扰动而降低打桩阻力的影响, 其输出结果包括各个贯入深度所对应的桩单位入泥长度所需锤击数, 以及各个贯入深度时桩受到的土壤阻力、桩身受到的拉压应力。根据这些结果数据, 在考虑土壤受扰动情况下可以预估钢桩的自由入泥深度。情况一, 钢桩在某一贯入深度处开始, 单位入泥长度所需锤击数由零变为非零, 这一贯入深度之前的贯入度可以作为自由入泥深度。情况二, 在某一贯入深度处, 钢桩所受到的贯入阻力等于桩自重, 此时的贯入深度就是自由入泥深度。GRLWEAP 软件打桩分析流程如下图:

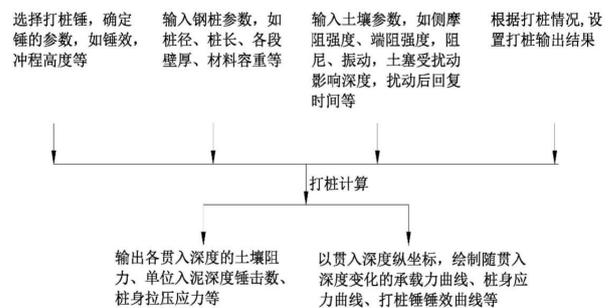


图 1 GRLWEAP 软件打桩分析流程

## 3 估算自由入泥深度与实测自由入泥深度对比分析

根据上述估算原理, 本文将采用规范法和软件数值模拟估算钢桩自由入泥深度, 再结合现场实测的施工数据, 进行比较分析。为使此次分析具有广泛的代表性, 选取不同海域的多个平台进行。平台表层土壤信息和钢桩总体情况如下表:

# 基于提高泵站效率的运行管理关键技术探讨

王兵

(山东省调水工程运行维护中心莱州管理站, 山东 莱州 261400)

**摘要:** 泵站是水资源调配工程的枢纽, 随着水利事业的发展, 泵站数量越来越多。在确保安全、可靠运行的基础上, 提高泵站运行的效率, 对节能降耗意义重大。通过对影响泵站运行效率的多因素分析, 以及对南水北调东线工程东宋泵站的设备运行数据分析, 结合日常运行维护管理, 提出了控制合理的负载率、运行水位, 降低损耗的维护维修技术, 提高泵站运行效率的关键技术方法, 对提高类似泵站的运行效率和进行节能改造具有一定的借鉴意义。

**关键词:** 效率; 管理; 关键技术

中图分类号: TV675

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2020) 07—0138—04

目前, 中国现有大、中、小型各类固定式排灌泵站 50 多万座, 装机容量突破 8700 万千瓦, 尤其是近年来南水北调等大型引调水工程的建设, 泵站的建设和规模越来越大, 泵站作为水资源调配工程的枢纽, 在防洪、排涝、供水等方面发挥重要作用。但由于设计标准低、设备老化、工程缺乏有效维护、管理薄弱等原因, 大中型泵站平均装置效率仅为 40% ~ 50%, 能源单耗 6 ~ 7kW.h/(kt.m), 距部颁标准  $e \leq 5\text{kW.h}/(\text{kt.m})$

相差甚远, 不符合建设节约型社会的需要。因此, 在确保安全运行的基础上, 泵站应以提高效率为目标, 加强技术管理, 达到节能降耗的目的。

## 1 泵站效率影响因素分析

泵站效率是泵站的有效功率与输入功率比值的百分数, 是由动力设备效率、传动效率、水泵效率、管道效率、进出水池效率、辅机设备效率等各环节组成的综合效率。

表 1 平台表层土壤信息和钢桩总体情况

平台编号	场地所属海域	表层土壤描述	钢桩重量、桩长、直径
KQT-WHPA	东海	地表以下 0-3.8 m 粉质细沙, 与桩壁摩擦角仅为 15°; 3.8-4.8 m 软的黏土; 4.8-7.6 m 中密粉质细沙, 与桩壁摩擦角仅为 20°; 7.6-9.7 m 硬粉质黏土; 9.7-11.4 m 中密粉土, 与桩壁摩擦角仅为 15°; 11.4-55.9 m 硬到非常硬的粉质黏土	509 MT、123.6 m、2438 mm
KQT-WHPB	东海	地表以下 0-4.9 m 粉质黏土, 与桩壁摩擦角仅为 20°; 4.9-5.9 m 稍硬的粉质黏土; 5.9-7.4 m 中密粉质细沙, 与桩壁摩擦角仅为 25°; 7.4-42.4 m 硬到非常硬的粉质黏土	372 MT、110.2 m、2134 mm
DF1-1 PRP	南海	地表以下 0-50.6 m 深度主要以粉质黏土为主, 黏土硬度由非常软到非常硬; 中间加两层粉土、砂质粉土, 粉土与桩壁摩擦角仅为 15°	369 MT、118.5 m、2134 mm
DF13-2 CEPB	南海	地表以下 0-74.8m 深度主要以粉质黏土为主, 黏土硬度由非常软到非常硬; 中间加两层粉土、粉质细沙, 两层非粘性土相对较薄厚度 2-3 m	574 MT、146.5 m、2438 mm
DF13-2 WHPA	南海	地表以下 0-102.9m 深度主要以粉质黏土为主, 黏土硬度由非常软到非常硬; 中间加一层中密粉土, 层厚度 4.6 m	368 MT、120.5 m、2134 mm
WC92-93 CEP	南海	地表以下 0-1.4 m 粉质细沙, 与桩壁摩擦角仅为 15°; 1.4-27.9 m 稍硬黏土; 27.9-31.1 粉质黏土中加粉质细沙, 与桩壁摩擦角仅为 20°; 31.1-37.9 m 稍硬粉质黏土	569 MT、141.7 m、2438 mm

现场实测数据, 规范法和软件数值模拟估算钢桩自由入泥深度列于下表:

表 2 现场实测, 规范法和数值模拟估算钢桩自由入泥深度

平台编号	钢桩自由入泥深度 (m)		
	现场实测数据	规范法估算值	数值模拟估算值
KQT-WHPA	38	12.8	39.4*
KQT-WHPB	36-37	10.2	37.2*
DF1-1 PRP	46-47	16.4	30.1
DF13-2 CEPB	42	18.9	40.7
DF13-2 WHPA	54-56	24.4	33.5
WC92-93 CEP	38	16.2	35.5

注: 自由入泥深度软件数值模拟计算中, 土壤对桩侧摩阻 SCR 进行折减。“\*”

根据地质调查报告中提供折减系数对 SCR 进行折减, 其余数值模拟根据规范采用 50% 的折减系数对 SCR 进行折减。

以上计算结果对比总结如下:

- (1) 规范计算值远小于实测值, 估算偏于保守;
- (2) 相比较数值模拟估算值更接近于实测值;
- (3) 数值模拟采用地质调查报告中提供折减系数估算结果, 相比采用规范规定的折减系数估算结果更接近于真实值;
- (4) 表层土壤以粘性土为主的场地钢桩自由入泥深度, 相比于粘性土与砂土相互叠层的场地要大。

## 4 结语

钢桩自由入泥深度的准确估算, 对钢桩打桩施工安全性、工程的经济性有重要的影响。合理地估算钢桩自由入泥深度一直是钢桩设计中的难点。本文结合工程实际, 对钢桩自由入泥深度估算进行了有限的探讨, 在工程实际中要想准确估算还需结合具体情况进行分析。

参考文献:

- [1] API RP 2A WSD 2007 Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms—Working Stress Design.
- [2] API RP2 GEO 2011 Geotechnical and Foundation Design Considerations.
- [3] GRLWEAP 软件说明帮文件。