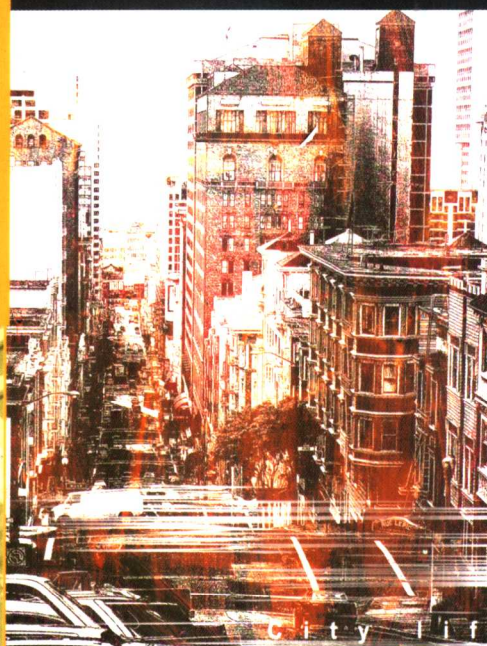


静力 压入桩 的研究与应用

· 张明义 著

jingli
yaruzhuang
de
yanjiuyu
yingyong



JINGLIYARUZHUANG
DEYANJIUYUYINGYONG

中国建材工业出版社

静力压入桩的研究与应用

张明义 著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

静力压入桩的研究与应用 / 张明义著. —北京: 中国
建材工业出版社, 2004. 10
ISBN 7-80159-746-X

I. 静... II. 张... III. 压桩—阻力—计算方法
IV. TU753.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 101679 号

内容简介

静压法施工是一种桩基础施工的方法, 它具有无噪声、无振动、无泥浆及无油烟污染等优点。

本书介绍了静压桩时效性的最新研究成果和由最终压桩力推算桩的承载力的方法, 并重点分析了静压桩在不同土层上的沉桩可能性。本书工程实例丰富, 具有较高的实用价值。

静力压入桩的研究与应用

张明义 著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 8.5

字 数: 207 千字

版 次: 2004 年 11 月第 1 版

印 次: 2004 年 11 月第 1 次

书 号: ISBN 7-80159-746-X/TU·401

定 价: 15.00 元

网上书店: www.ecoo1100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386904

前 言

静压法施工是借助于压桩机械将钢筋混凝土预制桩（或钢管桩等）压入土层中的一种桩基施工方法，所压入的桩称为静力压入桩（简称静压桩）。静力压入桩具有无噪声、无振动、无泥浆及无油烟污染等优点，属于环保施工。并且在施工过程中，自始至终能够显示和记录压桩阻力，可定量观察整个沉桩过程，且桩的承载力有保障，所以得到了越来越广泛的应用。目前，我国静压桩应用的数量居世界第一。

本书是作者多年研究和参加工程实践的结晶，详细介绍了作者提出的模拟计算静压桩阻力的各种方法，包括调整系数法、人工神经网络法、位移贯入法以及球孔扩张-滑动摩擦法等。本书还介绍了静压桩时效性的最新研究成果和由最终压桩力推算桩的承载力的方法。在理论上对静压桩进行了较为深入的探讨。同时为了工程单位使用方便和全书的完整性，还纳入了一些静压桩设计施工应用的内容。

书中重点分析了静压桩在不同土层上的沉桩可能性，由终压力推算桩的承载力以及挤土效应等工程实践中亟待解决的问题。本书工程实例丰富，有着较高的实用价值。

目前国内尚未见到专门论述静压桩的书籍，聊以本书填补空白。衷心期待我国的静压桩技术能够有更快的发展。

书中引用了许多学者和工程技术人员的研究及测试成果，恕不一一致谢。

本书适用对象是从事地基基础研究、设计、施工的工程技术人员。

由于水平所限，书中难免会有缺陷和错误，恳请广大读者指正。

作 者

2004 年 10 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 概 述	1
1.2 静压机械及桩型	2
1.2.1 静压桩机械	2
1.2.2 静压桩桩型	11
1.3 静压桩在国内的研究应用	14
1.3.1 国内研究情况	14
1.3.2 国内不同地区应用情况	15
1.4 国外研究应用情况	17
第2章 静力压入桩的沉桩机理及沉桩阻力	20
2.1 静压桩沉桩机理综述	20
2.1.1 黏性土中的沉桩特性	21
2.1.2 砂土层中的沉桩特性	22
2.1.3 临界深度、最小厚度及多层土地基	23
2.2 用于静压桩沉桩机理分析的几种理论	27
2.3 压桩力试验及不同地区的压桩力	31
2.3.1 试验场地工程地质概况	32
2.3.2 压桩力现场试验	33
2.3.3 测试桩端阻力的现场试验	35
2.3.4 对层状土地基上沉桩阻力的分析	37
2.3.5 层状土中贯入的桩端阻力	38
2.3.6 不同地区静压桩的贯入阻力	39
2.4 沉桩阻力的进一步分析	44
2.4.1 端阻力	44
2.4.2 桩侧阻力	46
2.4.3 松桩回弹	46
2.4.4 静压桩残余阻力	47
2.4.5 压桩力时效性	48
2.4.6 压桩力与打桩力对比	48
2.4.7 压桩力与触探关系	49

第3章 压桩力模拟	52
3.1 经验公式法	52
3.2 调节系数法	54
3.3 球孔扩张理论及球孔扩张-滑动摩擦计算模式	57
3.3.1 理想弹塑性材料的球孔扩张理论	58
3.3.2 桩端土球孔扩张的计算	62
3.3.3 桩侧土滑动摩擦的计算	67
3.3.4 程序的编制及计算实例	72
3.4 人工神经网络法	75
3.4.1 概述	75
3.4.2 基于人工神经网络的静力压桩沉桩阻力计算模拟	75
3.5 位移贯入法	80
3.5.1 位移贯入法的引入	81
3.5.2 利用有限元通用软件 ANSYS 计算	81
3.5.3 计算实例	82
第4章 静力压入桩的承载力	85
4.1 静压桩承载力的研究意义	85
4.2 终压力及承载力	86
4.2.1 静压桩终压力及极限承载力的概念	86
4.2.2 由终压力推算极限承载力的两种方法	86
4.3 静压桩承载力的区域性回归经验公式	86
4.3.1 各地区对静压桩承载力的认识和实例	86
4.3.2 一些地区已提出的经验公式	90
4.4 静压桩承载力时效性	92
4.4.1 静压桩隔时隔压试验	92
4.4.2 静压桩承载力的时效机理	92
4.4.3 静压桩承载力时效性的工程试验验证	93
4.4.4 静压桩承载力随时间增长的估算	95
4.4.5 不同沉桩方式对承载力的影响实例	96
第5章 静力压入桩的挤土效应	98
5.1 静压桩挤土机理	98
5.1.1 挤土效应的现象及解释	98
5.1.2 挤土效应的研究方法	98
5.1.3 压桩对土体的剪切强度的影响	99
5.1.4 沉桩过程中的孔隙水压力	100
5.1.5 压桩过程中产生的土体位移	100

5.2 静压桩挤土实例	100
5.2.1 上海市某工程	100
5.2.2 杭州某广场工程	103
5.2.3 杭州某公寓商住楼压桩施工	104
5.3 静压桩挤土效应的计算	106
5.3.1 柱形孔扩张法	106
5.3.2 有限元计算法	108
5.4 减小挤土效应的措施	108
5.4.1 施工前的准备工作	108
5.4.2 施工期间的防治措施	108
5.4.3 施工后的补救措施——挤密砂桩纠偏	109
第6章 静力压入桩的设计施工	111
6.1 静压桩的设计	111
6.1.1 选择桩型	111
6.1.2 桩身设计	111
6.1.3 选择桩端持力层及确定桩长	113
6.1.4 静压桩的压桩力测试及静压预制桩的竖向承载力	114
6.1.5 确定桩数和桩距	116
6.2 静压桩的施工	116
6.2.1 静压桩的预制	116
6.2.2 静压桩起吊及测量定位	117
6.2.3 静力沉桩	117
6.2.4 接桩、送桩及断桩	118
6.3 充分利用静压桩特点的施工技术	119
6.3.1 试压沉桩	119
6.3.2 超载预压确定经济桩长	120
6.3.3 预留锚固筋的长度及按标高控制沉桩	120
6.4 施工常见问题处理	121
6.4.1 浮机	121
6.4.2 陷机	122
6.4.3 桩身施工质量问题	123
6.4.4 地下障碍物	124
6.4.5 引孔(掏孔)压桩及冲水压桩	124
6.4.6 防止管桩桩头持力层软化	125
参考文献	126

第1章 绪 论

1.1 概述

桩基础是一种广泛应用的深基础形式，主要应用于在深厚的软土层、土质不均匀以及存在振动荷载的场地上修建各种建（构）筑物的场合，特别应用在建造高层建筑、重型厂房和具有特殊要求的建筑物的场合。

钢筋混凝土桩有预制桩和灌注桩之分，两者各有优缺点。近年来，预制桩在一些地区的使用有增多的趋势，主要原因是预制桩具有质量稳定可靠、造价较低、工期短、施工工艺简单等优点。相比而言，灌注桩施工工艺复杂，且易发生事故，可靠性不如预制桩。

预制桩的沉桩方式主要有三种，即锤击法、静压法和振动沉桩法。其中锤击法是沿用多年的方法，但在预制桩锤击法沉桩施工中常会出现一些问题，如对环境的噪声污染及油烟污染、钢筋混凝土桩头破损及断桩等，但静力压入法沉桩克服了这些缺点。静力压入法沉桩施工简称静压法，是借助于压桩机械将钢筋混凝土预制桩（或钢管桩等）压入土层中的一种桩基础施工方法。所压入的桩称为静力压入桩，简称静压桩或压入桩（英文常用 Jacked pile 或 Press-in pile）。

静压桩有许多优点，现归纳如下：

（1）静压施工无噪声，适合于市区作业。目前有些城市已禁止在市区内锤击打桩，静压施工法是一种理想的选择；

（2）静压施工无振动，适宜在有危房、精密仪器房附近及河口岸边等地区施工；

（3）静压桩桩身可工厂化预制，加早强剂后 5 d 左右就可以压桩，时间周期短，且施工前的准备期也可缩短；

（4）静压桩压入施工时不像打桩那样在桩身产生动应力，减小了对桩的破坏力，从而可以降低对桩身的强度等要求，节约钢材和水泥；

（5）施工过程中的压桩阻力能自始至终地显示和记录，可定量观察整个沉桩过程，桩的承载力有保障，这一点工程技术人员特别感兴趣；

（6）施工文明，场地清洁，桩头布置整齐。自动化操作程度高，工人劳动强度低；

（7）静压桩适用于岩溶地区施工，而打入式预制桩一般不适用于这些地区；

（8）送桩深度比打入式桩要深，且送桩后桩身质量较可靠，因此特别适用于带有多层地下室的高层建筑；

（9）接桩方便，桩长不像沉管灌注桩那样受施工机械的限制，在深厚软土地区使用，有较大的优势；

（10）经济效益高。静压预制桩本身的工程费用，可能比灌注桩高，但如果考虑其承载力高（单方传力比大）、桩身质量有保障、承台可减小、施工工期短等方面的因素，设计合理时的综合效益比灌注桩要高。一般而言，静压桩单方混凝土的传力比灌注桩的高

1.6~2.0 倍。

当然,静力压入桩法同时也存在一些缺点,如压桩机吨位小时穿透能力差,旧式压桩机不能靠近旧建筑物压边桩等。但静力压入桩法在不断地克服这些缺点,如穿透能力方面,压桩力为 4 000 kN 以上压桩机即可穿透 5~6 m 厚的中密~密实砂层;压边桩方面,现有的压桩机装上一种压边桩及角桩装置后可以紧挨着旧建筑物的墙边(约 60 cm)压桩,大大提高了压桩机的适应性。

静压桩宜用于上覆土层较软弱,桩端持力层为硬塑~坚硬黏性土、中密~密实碎石土、砂土、粉土层、全风化岩层、强风化岩层等场地,大吨位压桩机的出现为静压桩开拓了更大的使用空间。目前,广东、浙江、上海、福建、西安等地都已大量应用静压桩,从多层建筑到高层建筑,从一般民用建筑到重型工业厂房,到处都有静压桩应用的工程,静压桩正发挥着越来越大的作用。

静压桩已在我国得到了广泛的应用。从已有的资料信息看,我国静力压入桩使用的数量为世界之最。静力压入桩作为一种正处于发展时期的施工技术,在设计和施工方面有许多问题需要研究探讨,比如压桩机比较笨重的硬件问题、静压贯入机理及挤土问题、沉桩阻力估算及沉桩可能性分析问题、由最终压桩力推算桩的承载力问题等。相信随着对这些问题的深入研究和不断解决,静力压桩技术会更加成熟,会得到更加广泛的应用。

1.2 静压机械及桩型

1.2.1 静压桩机械

静压法沉桩的施工根据所用的施工机械不同,可分为压桩机施工法、压桩架滑轮压入施工法、锚杆静压施工法、利用结构物自重提供反力的千斤顶压入施工法等。以下主要介绍压桩机施工法所采用的压桩机。

(1) 按压桩位置的不同,压桩机分为中压式和前压式。中压式压桩机的夹桩机构设在压桩机的中心位置,施压时要求桩位周围约有 4 m 以上的空间,此种压桩机应用最广泛;前压式压桩机的夹桩机构设在桩机前端,可施压距邻近建筑物仅 0.6~1.2 m 处的桩,但由于是偏置压桩,压桩力一般只能达到该桩机最大压桩力的 60%,可见压桩能力相对较小。

(2) 压桩机按压桩方式可分为抱压式(箍压式)和顶压式。前者应用较多。抱压式是指压桩时,开动电动油泵,通过抱压千斤顶将桩箍紧,再借助压桩千斤顶(以整个压桩机的自重和配重作为平衡反力)在桩身施加向下的力,把桩逐渐压入土中;顶压式是指通过压梁将压桩机自重和配重施加在桩顶上,把桩逐渐压入土中。

(3) 压桩机按驱动动力可分为机械式和液压式,目前多用液压式。

(4) 压桩机按行走机构可分为托板圆轮式、步履式和履带式,目前多用步履式。

(5) 按配重的设置特性可分为固定式和平衡移动式。中压式压桩机通常采用固定式配重,平衡移动式配重设置在钢轨小平车上,常用于前压式压桩机上。

目前比较多用的静压桩施工机械是液压式静力压桩机。液压式静力压桩机是近年发展起来的一种新型步履式桩基工程施工设备。国内厂家生产的有代表性的机型主要有武汉等地生产的 YZY 系列、长沙等地生产的 ZYJ 系列静力压桩机等。

1.2.1.1 静力压桩机的构造

尽管各种型号的静力压桩机在某些方面有所不同，但大致构造都是相同的。静力压桩机主要由导向架、支腿平台、夹桩机构、辅助工作机、液压及电气系统（对于液压式的）、铸铁配重、长船短船行走机构、回转机构等组成。以下介绍其主要部分。

(1) 静力压桩机的行走装置

压桩机的行走装置是由横向行走（短船）、纵向行走（长船）和回转机构组成。通过在支腿平台下的两条横向短船和两条纵向长船之上铺设轨道，以横向和纵向油缸的伸程和回程为动力，实现桩机的纵向和横向步履式行走。当横向两油缸一只处于伸程而另一只回程时，可使桩机回转。

(2) 静力压桩机的夹桩及压桩机构

夹桩靠液压油缸驱动的夹桩器进行，国内现有的液压静力压桩机的夹桩器有如下几种型式：一种是由相互独立的4个夹头板组成，分设在压桩机的主立架的4根槽钢导轨上，每一个夹头板各与一组使其水平方向位移和垂直方向位移的液压油缸装置相连，压桩时，4个夹头板从4个方向将桩柱夹紧；另一种夹桩器，它的特点是通过倍率杠杆使夹紧力增大；还有一种是根据楔形增力的机械原理而设计出的滑块式液压夹桩器。

压桩时，桩机利用自身的工作吊机把桩吊入夹持横梁，夹持油缸将桩夹紧，压桩油缸向下伸程，把桩压入土中。伸程完后，夹持油缸松夹回程，压桩油缸向上回程。重复上述动作，就可持续压桩。

为了减小夹持系统对桩身可能造成的损坏，目前研制出了多点均压式夹持机构，该夹持技术运用了楔块的增力原理，在桩周边实施多层、多瓣、多点夹持，产生“手握鸡蛋”的夹持效果。采用多点均压式夹桩机构，桩身的应力分布比4夹头式的均匀，且在夹桩油压相同时，夹桩力更大，而桩身应力峰值仅为采用传统夹桩机构所生产的桩身应力峰值的30%。该技术成功地解决了传统夹桩机构的不足，满足了薄壁管桩施工及大吨位桩机施压高承载力桩的无破损要求。

(3) 静力压桩机的液压系统

以上夹桩和压桩都是液压油缸完成的。静力压桩机液压系统设计方法的选择对于其设计的合理性是至关重要的。根据负载变化情况和对元件的工作要求不同，液压控制系统的设计方法可分为恒功率设计、恒流量设计和恒压力设计。

由于液压静力压桩机的工作特殊性，目前，实际应用于静力压桩机压桩液压系统设计的方法主要有两种，一种是恒流量设计法，其代表机型主要有国产YZY系列液压静力压桩机和日本桩机；另一种是最近几年提出并采用的准恒功率设计法，其代表机型有国产ZYJ系列液压静力压桩机。

所谓恒流量设计就是使液压动力源的输出流量保持恒定的一种设计方法。在实际的液压静力压桩机液压系统中，在保持系统输出流量不变的条件下，以设计要求的最大压桩速度所需的流量和最大压桩力时所产生的系统油压作为系统装机功率的设计依据。很显然，该压桩系统相对简单，但采用这种设计方法，要想形成大吨位的压桩机，往往是通过增大压桩液压缸面积来实现，即采用多个大压桩油缸同时供油压桩，这样势必会造成速度放慢，使得压桩速度和较大的压桩力无法同时兼顾。

目前对施工速度及桩机大吨位的要求是静力压桩机的一个发展趋势。常规液压静力压桩

机由于采用了恒流量设计方法,故而不能满足这一需求,致使设备能量利用率低,最大吨位受到限制。采用恒功率设计方法能解决这一问题。ZYZ 系列液压静力沉桩机就是采用准恒功率设计方法设计的新一代静力沉桩机。

准恒功率设计方法是采用主压桩缸先工作的方案,一方面可提高低阻力阶段的工作油压,减少与高阻力阶段油压的差别;另一方面额定流量相同时,由于油压面积减少,占压桩过程绝大部分的低阻力阶段的压桩速度可显著提高。而最后让副压桩缸参与压桩,增大压桩缸的油压面积,从而大幅度增加了压桩力。另外,采用恒功率变流量泵配合主、副压桩缸,同样可达到准恒功率压桩的目的,而且在高阻力阶段的恒功率特性更好。

准恒功率设计方法具有以下优点:①由于采用两对压桩缸,可以缩小液压缸的规格或降低额定油压,对大型桩机的开发非常有利;②另外,与传统设计方法相比具有明显的优点,传统设计不论在低阻力阶段还是在高阻力阶段,其功率利用率都很低,而且在高阻力阶段多余的功率都以油液发热的形式消耗掉,而准恒功率设计开发的桩机在整个压桩过程中的功率利用率都很高,接近于1;③即使在装机功率小很多的条件下,它比传统设计的压桩速度高(压桩力相同时)、压桩力大(压桩速度相同时)。

因此,准恒功率设计在较小功率配置条件下,大幅度地提高了压桩速度和压桩力,该方法的能量利用率高,适用于大吨位桩机的设计。目前采用该法设计的产品中最大压桩速度可达 5 m/min,最大压桩力可达 12 000 kN。

1.2.1.2 YZY 系列液压静力压桩机

YZY 系列液压静力压桩机是 20 世纪 70 年代在我国兴起的一种桩基础施工新机械,它采用液压静力将预制桩分段压入土中。压桩时,反作用力由配重和部分机器自重平衡。20 余年来,该类静力压桩机已在广东、广西、福建、江苏、浙江、河南、山东、陕西、山西、湖北、湖南、安徽、云南、海南、辽宁、上海等 20 多个省市自治区使用。YZY 系列液压静力压桩机的工作特性是应用液压传动技术提供的液压力,通过油缸将桩段逐渐压入土层中,可压 300 mm×300 mm~800 mm×800 mm 的预制混凝土方桩,桩段长度可大于 3 m,若改变压桩夹持机构形式,可压圆桩、钢桩等。

全液压静力压桩机是具有我国特色的桩基施工机械,其行走、转向、升降、起吊、夹持、压桩等工作全部用液压驱动。图 1-1 为全液压式静力压桩机的组成部分, YZY 系列全液压静力压桩机的主要技术参

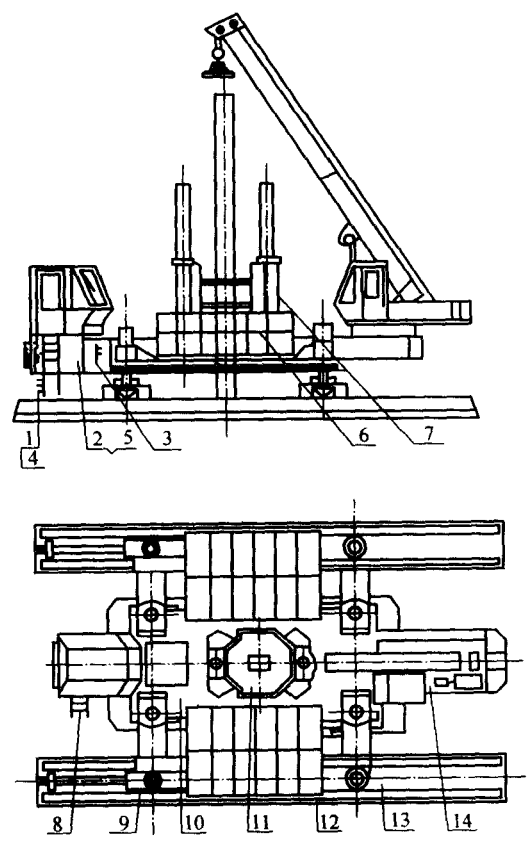


图 1-1 全液压静力压桩机的组成

- 1—操作室; 2—液压总装室; 3—油箱系统; 4— 电器系统;
- 5—液压系统; 6—配重铸铁; 7—导向压桩架; 8—爬梯;
- 9—踏板; 10—支腿平台结构; 11—夹持机构;
- 12—长船行走机构; 13—短船行走及回转机构; 14—液压起重机

数见表 1-1。

表 1-1 YZY 系列液压静力压桩机主要技术参数

参 数 \ 型 号		200	280	400	500
最大压入力 (kN)		2 000	2 800	4 000	5 000
单桩承载力参考值 (kN)		1 300~1 500	1 800~2 100	2 600~3 000	3 200~3 700
边桩距离 (m)		3.9	3.5	3.5	4.5
接地压力 长船/短船 (MPa)		0.08/0.09	0.094/0.12	0.097/0.125	0.09/0.137
可压桩截面	最小 (mm)	350×350	350×350	350×350	400×400
	最大 (mm)	500×500	500×500	500×500	550×550
行走速度(长船)	伸程 (m/s)	0.09	0.088	0.069	0.083
压桩速度 慢 (2缸) /快 (4缸) (m/s)		0.033	0.038	0.025/0.079	0.023/0.07
一次最大转角 (rad)		0.46	0.45	0.4	0.21
液压系统额定工作压力 (MPa)		20	26.5	24.3	22
配电功率 (kW)		96	112	112	132
工作吊机	起重力矩 (kN·m)	460	460	480	720
	桩段长度 (m)	13	13	13	13
整机重量	自重 (t)	80	90	130	150
	配重 (t)	120	210	270	350
拖运尺寸 (宽×高) (m)		3.38×4.2	3.38×4.3	3.39×4.4	3.38×4.4

与上述压桩机稍有不同，广东番禺生产的 YZY 系列液压静力压桩机，主要由机架、大小船行走机构、吊机、夹具、边桩附加机构、电气系统、液压系统组成，图 1-2 为 YZY 600型外形图，各种型号的静力压桩机主要性能参数见表 1-2。

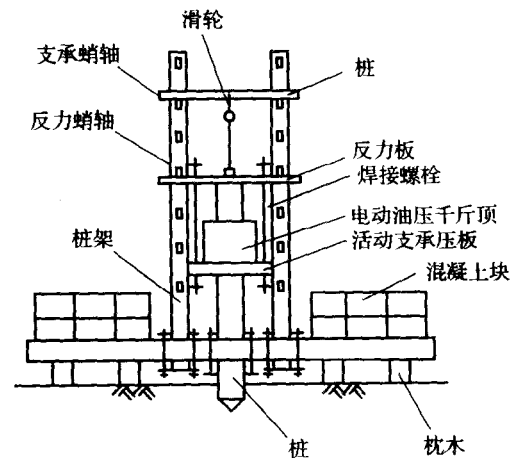


图 1-2 番禺产压桩装置示意图

表 1-2 番禺产 YZY 系列液压静力压桩机技术参数表

型 号			500	600	680
最大压桩力 (kN)			5 000	6 000	6 800
主桩最小边距 (m)			3.95	4.1	4.1
接地比压 (长船) (MPa)			0.115	0.119	0.134
边桩最小边距 (m)			0.6	0.6	0.6
用桩规格	截面	方桩 (mm)	300~450	300~450	300~500
		圆管桩 (mm)	300~600	300~600	300~600
	最大桩长 (m)		12	12	12
最大行走速度 (m/min)			2.6	2.6	2.6
最大压桩速度 (m/min)			2.1	2.1	1.93
每次转角 (°)			10	10	10
液压系统额定工作压力 (MPa)			20	22	22
配电功率 (kW)			132	132	132
吊机起重力矩 (kN·m)			750	750	750
整机质量 (含配重) (t)			500	600	680
外形尺寸 (长×宽×高) (mm)			13 550×8 200×7 500	13 550×8 200×7 500	13 550×8 200×7 500

早期静力液压压桩机的压桩方式多为顶压式 (一般不带吊机), 目前多为侧压式 (一般附带吊机), 具有 8 个主液压油缸, 通过 8 个夹具将桩压入地基基础。夹具根据桩截面不同, 分为方桩夹具及圆管夹具, 为防止夹具夹破桩管并提高摩擦力, 要求夹具与桩管接触面良好。静力压桩机要得到较大的静压力应尽可能加大配重, 配重一般为铸铁配重及水箱配重, 现在多为铸铁配重, 如 YZY600 静力液压压桩机的配重约为 500 t。

有的全液压式静力压桩机, 配备有电脑分析装置, 能准确记录贯入阻力, 以图形方式打印出压桩全过程的压入阻力—沉桩深度曲线, 即压桩力曲线。

1.2.1.3 ZYJ 系列静力压桩机

ZYJ 系列液压静力压桩机是用于静压预制桩施工的新一代抱压式静压沉桩机。它们最显著的性能特征是高效节能, 支持这一特征的则是设计独特的压桩系统和与它匹配的液压系统。该系列静力压桩机的液压系统特点是采用压力补偿变量泵和恒功率变流量泵配合主、副压桩缸, 以达到准恒功率压桩的目的, 而且在高阻力阶段的恒功率特性更好。

此外, 采用两对压桩缸可以缩小液压缸的规格, 或降低额定油压, 这对大型桩机的开发非常有利。

与国内外的几种典型压桩机的性能对比, ZYJ 系列压桩机的主要性能得到了进一步的提高, 几种典型压桩机的性能对比表见表 1-3。

表 1-3 几种典型压桩机的性能对比

桩机型号	最大压桩力 f (kN)	最大压桩速度 U (m/min)	装机功率 N (kW)	性能功率比 K (统一单位)
YZY 160	1 700	1.8	70	0.72
DYZ 320	3 200	0.94	55	0.89
日本桩机	2 250	0.5	55	0.4
ZYJ 180	1 800	2.1	44	1.56
ZYJ 240	2 400	2.1	44	1.87
ZYJ 320	3 200	2.1	44	2.49

注：①其中 K 为‘性能功率比’，并且 $K=fU/N$ ；

②‘日本桩机’系日本的一种压桩装置。

从性能功率比 K 值来看，ZYJ 180、ZYJ 240、ZYJ 320 三种压桩机在高效节能方面已取得突破性进展，明显优于国内外的性能先进的压桩机（ K 值大于 1 说明 ZYJ 系列压桩机不像传统设计的那样不分阶段按最大压桩速度和最大压桩力设计装机功率）。

因此，由压力补偿变量泵或恒功率变量泵与两对先后参与压桩的液压缸匹配组成的该系列的静力压桩机的准恒功率压桩系统，可以使静力压桩机在高效节能方面取得显著的进展，具有明显的实用价值。

与 ZYJ 抱压式静力压桩机相对应的还有 ZYDJ 顶压式静力压桩机，但后者使用较少。

1.2.1.4 其他类型的静力压桩机

(1) YDY—1800 型静力压桩机

该桩机采用恒功率变量泵液压系统，能随压桩贯入阻力变化自动调整液压系统的压力和速度，保持恒功率输出。即压桩贯入阻力小时液压系统压力小而流量大，压桩速度快。利用一次提升机构将压桩横梁复位，较一般液压式压桩机具有更高的工作效率。整机重量利用系数高，调整配重铁的安放位置，可使整机的重心叠加于形心上，将整机重量支承在受压混凝土桩上。其工作原理示意图见图 1-3。

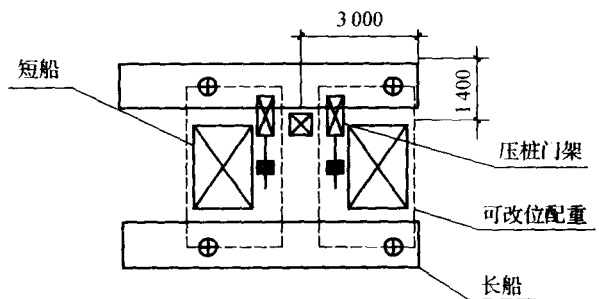


图 1-3 YDY 桩机工作原理示意图

上海某厂 1995 年年初研制成功

6 000 kN 门式四缸三速液压静力压桩机，其主要结构见图 1-4。

(2) 非液压式的静力压桩机，如 JY—300、XJY—400 型机械式静力压桩机。其主要技术参数见表 1-4，该机型按移位方法分为走板、滚杠卷扬拖曳式和液压油缸纵、横步履式。它主要由底盘、桩架、压梁、压梁动滑轮组、底盘定滑轮组、主副卷扬机、配重、送桩器等组成，见图 1-5。

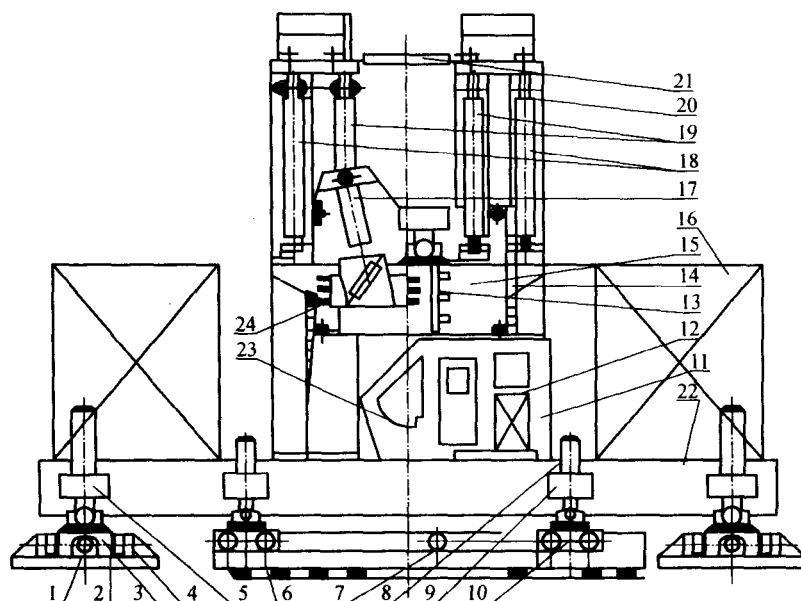


图 1-4 6 000 kN 门式四缸三速液压静力压桩机主要结构示意图

1—大船油缸；2—大船；3—大船小车；4—大船支撑油缸；5—大船牛腿；6—小船；7—小船油缸；
8—小船支撑油缸；9—小船牛腿；10—小船小车；11—操纵室；12—电控箱；13—滑块；
14—夹桩器；15—夹头板；16—配重；17—夹紧油缸；18—压桩小油缸；19—压桩大油缸；20—立桩；
21—上连接板；22—大身；23—操纵阀；24—推力轴

表 1-4 机械式静力压桩机主要技术参数

性能指标	JY—300	XJY—400
压桩力 (公称/最大) (kN)	3 000/3 500	4 000/4 500
压桩速度 (m/min)	0.8	0.63
最大桩节长度 (m)	18	20
压桩方式	卷扬、滑轮绳索式	卷扬、滑轮绳索式
桩架分节长度 (m)	6+6+6+2	6+6+6+6
预制桩截面 (最小/最大) (mm×mm)	300×300/500×500	300×300/700×700
压边桩最小净距 (m)	2	3.3
行走方式	走板、滚杠卷扬拖曳	液压步履
电机总功率 (kW)	50	80
压桩机质量 (t)	30~40	160
外形尺寸 (长×宽×底盘高) (m)	8.0×4.0×0.5	12.0×6.6×1.76

目前国内各种型号的压桩机都是手动控制,设备调平极为不方便。调平时,首先用经纬仪测量纵横方向的倾斜,然后再通过手动液压阀调平,其效率低,精度不高,增加了施工周期。这些情况影响了压桩机的进一步推广使用。为了解决这一问题,中南大学等单位提出了一种采用电液比例控制技术设计的压桩机机身自动调平系统的方案,使调平工作变得比较方便,辅助作业时间缩短了约 1/3。

1.2.1.5 静力压桩机的智能化设计

在静压桩的压入过程中,桩压入不同土层产生的压桩力是不同的,而压桩力和桩的承载力有着紧密联系,因此了解和记录压桩力非常重要。为了实时测试压桩力以控制终止压桩的条件和保证压桩质量,可在压桩机上配备实时测试系统。已有的实时测试系统还可以进一步在压桩的过程中自动识别土层,同时进行压桩油压的测试、压桩阻力计算和单桩承载力的估算,并打印油压—深度曲线和桩端阻力—深度曲线,显示压桩深度,实时预测静压桩承载力,可以判断何时终止压桩,从而实现静压桩的计算机智能化辅助管理。该系统的进一步完善需要纳入不同地区的压桩力和承载力的关系。

1.2.1.6 压边桩装置

由于静力压桩机体积庞大,1600 kN 以上压力的压桩机其平面外形尺寸至少为 11 m×8 m,而大部分压桩机压桩中心就是在其平面中心,因此,压边桩时至少要有 4 m 的距离,这一点很不适合在城市狭小的空间内施工,尤其是在靠近已有建筑物的基础边缘的桩无法施工,从而限制了静压桩在城市内的推广使用。面对这一难题,专家们想出了各种各样的办法加以解决。1995 年以前的办法主要有两种:一是采用其他桩型如挖孔桩、钻孔桩来弥补,从而出现一个工程用两种性质桩型的问题;二是拆除一边的长船型履带,再进行偏心压桩,但最小空位仍需 2.5 m 左右。1995 年以后,广东顺德一压桩公司研制出了第一台前置式压桩机(最大压桩力 3000 kN),将压桩机构装置在压桩机的前端,使压边桩的距离减少至 1.2 m;1998 年长沙研制出了压边桩的一套机构,可安装在压桩机的侧面,利用这套装置可施压距已有建筑物仅 60~70 cm 的边桩。但由于是偏置压桩,压桩力一般只有原压桩机压中心桩时的 60%。如 ZYJ600 型压桩机,压中心桩时,最大压桩力可高达 6000 kN,可施压 $\phi 500$ 、 $\phi 550$ 的管桩,而压边桩时,最大压桩力只有 3000~3600 kN,适用于压 $\phi 400$ 的管桩。尽管如此,这样做能解决实际工程问题,使压边桩的难题基本解决,拓宽了静压桩在城市内的应用范围。

另外,有的压边桩装置,同时还可以实现压角桩的功能。

1.2.1.7 压桩速度问题

早期一个挡位的压桩速度早已不适应发展的需要,继而有了中期的两挡压桩速度的设计。在此基础上,研究开发了优化的多挡压桩速度的液压系统,大幅度提高了压桩作业效

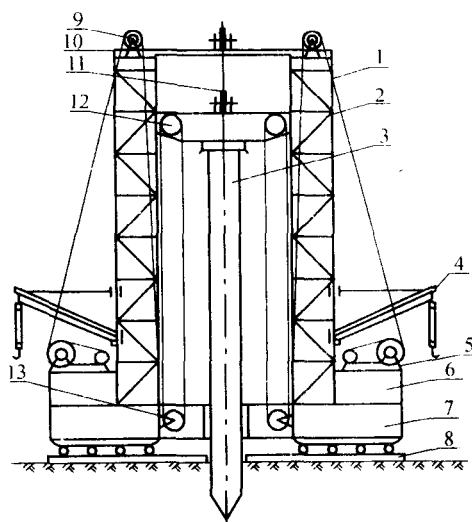


图 1-5 JY-300 型机械式静力压桩机示意图

- 1—桩架; 2—压梁; 3—预制桩;
- 4—吊臂; 5—主卷扬; 6—重块; 7—底盘;
- 8—走板; 9—导向滑轮; 10—顶梁
- 11—压梁提升滑轮; 12—压梁动滑轮组;
- 13—底盘定滑轮组

率。该液压系统率先在 ZYB 系统桩机上实施。

这种液压桩机的压桩速度只有一个挡位。液压泵的最大流量和压桩液压缸的缸径决定了压桩的最大速度，而系统的最大油压和压桩液压缸的缸径又决定了压桩机的最大压桩吨位。这里就产生一个矛盾，即在液压泵流量一定的情况下，要获得较大压桩速度就要减小压桩液压缸缸径，可是这样就制约了桩机的最大压桩吨位。通常为了获得较大的压桩吨位，其压桩速度会较低。实际上这类机型的最大压桩力一般在 1 800 kN 以下，最大压桩速度一般在 2.5 m/min 以下，施工效率不高。

经过研究设计，得到了优化的 4 挡压桩速度。4 个挡位分别与相应的沉桩阻力相匹配，阻力小时用高速挡，阻力大时用低速挡，起到了高效节能的作用。4 个挡位的最大压桩速度及最大压桩力见表 1-5。

表 1-5 ZYB 5000 型多挡最大压桩速度及各挡最大压桩力

	操作部位	最大压桩速度 (m/min)	最大压桩力 (kN) (额定压力: 22.15 MPa)
第一挡	加速压桩	8.0	1 150
第二挡	主压桩	4.2	2 218
第三挡	加速压桩+副压桩	2.4	3 932
第四挡	主压桩+副压桩	1.9	5 000

注：液压站最大有效流量：409 L/min

采用优化的液压系统后，最大的液压静力沉桩机最大压桩力已达 8 000 kN 以上。

1.2.1.8 静力压桩机的选择

静力压桩机的选择应综合考虑桩的规格（断面和长度）、穿越土层的特性、桩端土的特性、单桩极限承载力及布桩密度等因素。合理地选用静力压桩机的途径有经验法、现场试压桩法及静力计算公式预估法等。广东的静力压桩机选择见表 1-6，此表也可供其他地区参考。

表 1-6 广东静力压桩机选择参考

压桩机型号		160~180	240~280	300~360	400~460	500~600
最大压桩力 (kN)		1 600~1 800	2 400~2 800	3 000~3 600	4 000~4 600	5 000~6 000
选用 桩径	最小 (mm)	300	300	350	400	400
	最大 (mm)	400	450	500	550	600
单桩极限承 载力 (kN)		1 000~2 000	1 700~3 000	2 100~3 800	2 800~4 600	3 500~5 500
桩端持力层		中密~密实砂 层，硬塑~坚硬 的黏土层，残积 土层	密实砂层，坚 硬黏土层，全风 化岩层	密实砂层，坚 硬黏土层，全风 化岩层	密实砂层，坚 硬黏土层，全风 化岩层，强风化 岩层	密实砂层， 坚硬黏土层， 全风化岩层， 强风化岩层
桩端持力层 标贯值 (N)		20~25	20~35	30~40	30~50	30~55
穿透中密~密实砂 层厚度 (m)		约 2	2~3	3~4	5~6	5~8