

李富荣 著

静压桩施工对周边环境 影响及灾变控制



科学出版社

静压桩施工对周边环境 影响及灾变控制

李富荣 著

盐城工学院学术专著出版基金资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是一部关于静压桩施工环境问题的著作。全书共分8章,首先,在介绍静压桩施工挤土机理的基础上,系统分析了静压桩与土体接触面的滑动摩擦特性,静压桩施工的挤土效应及其对周围工程环境的影响;然后,介绍静压桩施工挤土效应的灾变控制技术,并基于灾变控制的设计思想,提出一种新型桩基——预制自排水桩,并分析该桩的抗挤土效应;最后,针对现有国家规范不足,为从源头上避免或减少挤土效应,介绍静压桩的设计。书中提供的丰富数据可用于相似工程,具有较高的实用价值。

本书可供土建、水利、交通等部门从事科研、设计、施工和勘察工作的人员参考,也可供高等院校教师及高年级本科生、研究生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

静压桩施工对周边环境影响及灾变控制/李富荣著. —北京:科学出版社, 2016.11

ISBN 978-7-03-050631-3

I. ①静… II. ①李… III. ①静压桩-工程施工-环境影响②静压桩-工程施工-工程地质-灾害防治 IV. ①TU753.3②X820.3③P642.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016) 第 272953 号

责任编辑:惠 雪 曾佳佳 王 希/责任校对:韩 杨

责任印制:张 倩/封面设计:许 瑞

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年11月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016年11月第一次印刷 印张:12 3/4

字数:257 000

定价:89.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



前 言

静压桩因具有施工工效高、无泥浆、无噪声污染等特点而得以在城市建筑密集区广泛应用,然而,静压桩属于挤土桩,施工时极易产生挤土效应。同时,我国在城市化进程中呈现了房屋高层化、立体交通化及市政管线密集化的发展态势,且大量的市政设施埋置在地下,如污水管道、煤气和供水供电系统、通信系统等。在这种建筑群林立、地下隧道及管线纵横交错的复杂环境中,进行静压桩施工产生的挤土效应必然会对附近已有的建(构)筑物及市政道路、地下公用设施产生不良的影响,如何在确保工程施工的优质安全与快速同时,保护邻近建(构)筑物与市政道路、地下公用设施的安全与功能完整,已受到岩土工程界与学术界的高度重视。

静压桩施工环境问题是一个静压桩施工和周围工程环境相互作用的问题,涉及环境保护、土力学、桩基工程等多方面的知识,属环境岩土工程问题。其涉及面非常广,影响因素多,问题双方都很复杂,不同的地质条件、桩型、施工流程、施工速率等都会影响挤土效应的大小和范围;被影响的各类建(构)筑物和地下设施能够承受影响的能力不同,造成的影响和损害的程度亦不同。对此问题目前尚缺乏完整的、系统的和成熟的研究成果,但在工程中却经常遇到这方面的问题,目前大多数是依靠工程技术人员的经验和直观判断来解决,由于经验不足或疏忽而造成的工程事故实践中屡见不鲜。

本书凝聚了作者多年来在静压桩施工环境效应问题的研究成果,也反映了静压桩挤土效应研究的发展趋势。全书研究内容系统全面,指导性强,本书作者已在国内外发表相关论文 20 余篇。本书不仅系统阐述了静压桩施工对周围工程环境的影响规律及其灾变控制技术,还提出了一种可抗挤土效应的预制自排水桩。具体主要包括以下内容:

(1) 绪论。介绍了静力压桩机的分类、构造、选择及典型静力压桩机,阐述了静压桩的施工流程、施工常见问题及相关规范规定,收集了静压桩施工引起挤土效应的工程案例,总结了静压桩施工对周围环境影响的研究现状。

(2) 静压桩施工的挤土机理分析。分析了不同土体中静压桩的沉桩特性,给出了静压桩施工挤土效应的几种分析方法,重点围绕圆孔扩张法,分析了静压桩挤土的弹塑性问题,给出了挤土问题的弹性解、弹塑性解及桩周土体孔隙水压力的计算公式。

(3) 静压桩与土体接触面的滑动摩擦试验研究。基于改进直剪仪,采用江苏沿海地区滩涂土,模拟静压桩与土体之间的滑动摩擦,系统分析了剪切过程中不同法

向应力不同土体下滑动位移和摩阻力的关系,进而分析了沥青涂层和时效性对摩擦性能的影响。

(4) 静压桩施工的挤土效应研究。设计了一种模型试验箱,依次完成了静压单桩、排桩、群桩挤土效应试验,比较分析了周围土体位移的孔隙水压力;基于小孔扩张理论,给出了静压桩挤土效应引起的水平位移和地表沉降(隆起)的估算公式,并与现场测试结果进行了比较分析;基于位移贯入法,采用有限元软件,比较分析了均质土和分层土条件下静压桩沉桩过程,进而分析静压桩施工对周围地下管线、建筑基坑、市政道路的影响。

(5) 静压桩施工挤土效应对周围环境影响的试验研究。采用模型试验方法,完成了静压群桩施工引起的挤土效应对周围地下管线、建筑基坑、市政道路影响的模型试验,首先,详细分析了静压沉桩过程中地下管线的应变变化性状,探讨了地下管线直径、埋深、桩区与管线距离对地下工程的影响规律;其次,分析了静压沉桩过程中基坑水平位移、坑底隆起变形以及土压力的变化规律;最后,分析了静压沉桩过程中地表土体位移的变化规律,进而分析了桩区-道路之间的位移、道路两侧的最大位移,并探讨了道路宽度的影响。

(6) 静压桩施工引起挤土效应的灾变控制技术。从小孔扩张理论出发,分析了静压桩挤土效应的灾变控制原理,给出了静压桩设计阶段、施工前、施工期间的灾变控制方法,提出了静压桩挤土效应的监测方案(包括土体位移监测、孔隙水压力监测、周围建筑物监测)及预警机制。

(7) 预制自排水桩的抗挤土效应研究。基于灾变控制的设计思想,提出了预制自排水的设计理念,分析了预制自排水桩的抗挤土机理,计算分析了自排水桩的沉桩排水固结时间,采用室内排水和现场排水试验,分析了预制自排水桩的沉桩排水效果,测试了预制自排水桩的桩身承载力和单桩竖向承载力,介绍了预制自排水桩的沉桩工艺,分析了预制自排水桩的经济性和可行性。

(8) 静压桩的设计介绍。为进一步做好静压桩施工挤土效应的控制问题,从静压桩的设计角度出发,介绍了静压桩的设计内容以及静压桩设计的相关规定,并进行了解释阐述。

本书的相关研究得到了住房和城乡建设部科技项目“软土地区静压群桩挤土效应引起工程环境问题的试验研究”(2010-K3-6)和“静压桩施工的环境效应问题及防治方法研究”(2013-K3-18)的立项资助,本书还受到江苏省高校品牌专业建设工程一期项目(PPZY2015C218)、盐城工学院学术专著出版基金及盐城工学院“学科领军人才培养计划”、优秀青年骨干教师培养对象的资助。

感谢盐城工学院荀勇、王延树、周乾、于小娟、王照宇、孙厚超、何山、殷勇等,盐城市建筑设计研究院有限责任公司郝子进、常素萍,淮阴师范学院夏前斌,江苏通州基础工程有限公司张艳梅对本书相关内容的指导和帮助,同时也要感谢

我的学生伏焕勇、宋健、徐慧、潘浩、袁啸、蒋文勇、李怀钰、卢珊等所做的相关工作。本书引用了大量的发表于各类期刊和专著的资料成果，并将引用的文章和专著列入参考文献，但难免会有疏漏，如有疏漏敬请谅解！在此表示感谢！

由于作者的水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

李富荣

2016 年 8 月于盐城工学院

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 静压桩施工机械	3
1.2.1 静力压桩机的分类	3
1.2.2 静力压桩机的构造	5
1.2.3 典型静力压桩机介绍	7
1.2.4 静力压桩机的选择	10
1.3 静压桩施工工艺	12
1.3.1 施工流程	12
1.3.2 施工常见问题	14
1.3.3 《建筑桩基技术规范》规定	16
1.4 静压桩施工引起挤土效应的工程案例	18
1.5 静压桩施工对周围环境影响的研究	20
第 2 章 静压桩施工的挤土机理分析	24
2.1 静压桩沉桩机理综述	24
2.1.1 黏性土中的静压沉桩特性	25
2.1.2 砂土中的静压沉桩特性	27
2.2 静压桩施工挤土效应分析方法	28
2.2.1 圆孔扩张法	28
2.2.2 应变路径法	29
2.2.3 有限单元法	30
2.2.4 滑移线理论	32
2.3 静压桩挤土问题的弹塑性分析	32
2.3.1 基本假定与基本方程	33
2.3.2 挤土问题的弹性解	34
2.3.3 挤土问题的弹塑性解	35
2.3.4 桩周土体超静孔隙水压力的计算	40
第 3 章 静压桩与土体接触面的滑动摩擦试验研究	42
3.1 研究概要	42
3.2 试验方法	44

3.2.1	试验土样的制备	44
3.2.2	试验仪器的改进	45
3.2.3	试验工况及方法	45
3.3	试验结果	46
3.4	影响因素分析	49
3.4.1	最大摩阻力与法向应力的关系曲线	49
3.4.2	摩阻力变化幅值与法向应力的关系分析	50
3.4.3	沥青涂层对摩擦性能的影响分析	51
3.4.4	时效性对摩擦性能的影响分析	52
3.5	本章小结	53
第 4 章	静压桩施工的挤土效应研究	54
4.1	挤土效应的试验研究	54
4.1.1	模型试验设计	54
4.1.2	数据采集	57
4.1.3	试验工况设计	60
4.1.4	试验结果及分析	62
4.2	挤土效应的理论研究	68
4.2.1	小孔扩张理论	68
4.2.2	工程估算公式	70
4.2.3	现场测试的比较与分析	73
4.3	挤土效应的数值模拟	79
4.3.1	数值模拟在静压桩施工中的几个问题	79
4.3.2	均质土场地上静压沉桩过程分析	83
4.3.3	成层土与均质土场地上静压沉桩过程的比较分析	87
4.3.4	静压桩施工过程分析	90
4.3.5	静压桩施工过程对周围环境的影响分析	94
4.4	本章小结	99
第 5 章	静压桩施工挤土效应对周围环境影响的试验研究	101
5.1	试验目的	101
5.2	静压桩施工对周围地下管线的影响	101
5.2.1	试验方案设计	101
5.2.2	试验结果分析	103
5.2.3	影响因素分析	105
5.3	静压桩施工对周围基坑的影响	107
5.3.1	试验方案设计	107

5.3.2	试验结果及分析	108
5.4	道路约束下静压桩挤土效应分析	110
5.4.1	试验方案设计	110
5.4.2	试验过程分析	112
5.4.3	桩区-道路之间的位移分析	114
5.4.4	道路两侧的最大位移分析	116
5.4.5	道路宽度的影响分析	117
5.5	本章小结	118
第 6 章	静压桩施工引起挤土效应的灾变控制技术	120
6.1	灾变控制原理	120
6.2	灾变控制方法	121
6.2.1	设计阶段	121
6.2.2	施工前	122
6.2.3	施工期间	126
6.3	监测方案及预警机制	129
6.3.1	土体位移监测	129
6.3.2	孔隙水压力监测	132
6.3.3	周围建筑物监测	132
6.3.4	预警机制	134
第 7 章	预制自排水桩的抗挤土效应研究	137
7.1	基于灾变控制的设计思想	137
7.2	预制自排水桩的抗挤土机理	138
7.2.1	沉桩时挤土应力计算	138
7.2.2	挤土范围分析	139
7.2.3	挤土破坏原因分析	139
7.2.4	自排水桩沉桩时间间隔的计算思路	140
7.3	预制自排水桩的排水计算及分析	141
7.3.1	计算假定	141
7.3.2	预制自排水桩排水计算	142
7.3.3	固结时间计算	143
7.3.4	计算实例	143
7.4	预制自排水桩的沉桩排水试验研究	145
7.4.1	室内排水试验研究	145
7.4.2	现场排水试验研究	150
7.5	预制自排水桩的承载力试验研究	152

7.5.1 桩身承载力试验研究	152
7.5.2 单桩竖向承载力试验研究	155
7.6 预制自排水桩的沉桩工艺	160
7.7 预制自排水桩的经济性分析	161
7.8 预制自排水桩的可行性分析	162
7.8.1 与国内研究比较	162
7.8.2 技术熟练程度	163
7.8.3 社会经济效益分析	164
7.8.4 创新之处	164
7.8.5 存在问题与改进意见	165
7.9 本章小结	166
第 8 章 静压桩的设计介绍	167
8.1 目的	167
8.2 设计内容	167
8.3 静压桩设计的规定及释义	174
8.3.1 一般规定	174
8.3.2 静压桩的种类、连接及选用	177
8.3.3 桩基计算	180
参考文献	186
索引	191

第1章 绪 论

1.1 概 述

预制桩施工有锤击法、振动法和静压法。其中,振动法沉桩因环境影响问题,目前已较少应用。锤击法沉桩是常用的方法,它所用的设备与工艺均较简单,施工速度快,适应范围广,现场文明程度高,只要桩的自身强度许可及土层条件合适,可进入足够的深度,但施工时有挤土、噪声和振动等公害,对城市中心和夜间施工有所限制。静压法沉桩是借助于桩架自重和配重通过压梁或压柱将整个桩架自重和配重或结构物反力,以卷扬机滑轮组或液压泵方式施加在桩顶或桩身上,当施加的静力与桩的入土阻力达到动态平衡时,桩在自重和静压力作用下逐渐被压入地基土中,所压入的桩称为静压桩^[1]。早在20世纪50年代初,我国沿海地区就开始采用静压法沉桩。至90年代,压桩机已实现系列化,且最大压桩力为10 000kN的压桩机已问世,它既能施压预制方桩,也可施压预应力管桩。适用的建筑物已不仅是多层和中高层,也可以是20层及以上的高层建筑及大型构筑物。

静压桩具有施工无泥浆、无噪声污染、桩身质量易保证和检查、经济效益高等诸多优点,在我国湖北、广东、上海、江苏、浙江、福建等省市得到广泛应用。然而,静压桩沉桩时易产生挤土效应,尤其是在饱和黏土中沉桩。挤土效应会使周围一定范围内的土体表面发生水平位移和隆起变形;且对已施工的邻桩产生径向压力及垂直向拉拔力,从而使邻桩产生弯曲、倾斜、水平位移等一系列不良后果;大量的土体移动常导致邻近的建筑物和构筑物产生裂缝、道路路面损坏、水管爆裂、煤气泄漏、边坡失稳等一系列环境事故,甚至工程事故;另外沉桩时引起的土体应力改变和超孔压也会对桩基的承载力产生影响。

随着国民经济的日益发展,我国的城市化规模不断扩大,城市化发展造成了城市建设用地日益紧张;为了充分利用空间,缓解城市用地困难,人们自然而然采用向高空和地下发展的策略,即房屋高层化、立体交通化及市政管线密集化,且大量的市政设施埋置在地下,如污水渠道、煤气和供水供电系统、通信系统等。静压桩施工产生的挤土效应极易对周围工程环境产生不利的影响,这种影响主要表现在以下几个方面^[1-3]:

(1) 对邻近建筑物和地下管线的影响。在密集的建筑群中间打桩时,经常使邻近的建筑物、地下管线等受到损害。常常表现为:地坪开裂、已打入桩的桩顶偏位、道路开裂、邻近建筑物上抬、门窗开启困难、工业厂房行车困难、地下管线变位和

开裂等。例如,上海某高层建筑桩基施工时,由于附近民房结构较差,基础埋深较浅,因打桩造成基础开裂,居民被迫搬迁。打桩附近的地下煤气管道也因土体受挤位移而破裂,造成泄漏和火灾。又如上海建国西路某高层住宅大楼桩基施工时,为了避免噪声而采用静压桩施工,结果由于挤土作用引起高的孔隙水压力,使 30m 开外的一口井的水质变得混浊。

(2) 桩的抬高、挠曲和折断。在饱和软土中打桩时,由于桩要置换相同体积的土,因此打桩区内及附近的地面会隆起。如果在灵敏性土中打桩,桩周土会产生很高的孔隙水压力,有可能使土液化,使先打入的桩向上浮起。太沙基 (1942) 曾报道过,把一根 21m 长的木桩打入到一种褐色软土中,发现每击一下,邻桩升起最大达 15~20cm,打桩结束时,邻桩浮起量达 10~30cm。

由于地面隆起,已打入的桩上抬,造成桩尖脱孔,载荷试验时会发生突沉现象。这种假极限现象常给确定单桩承载力造成困难。对于不出土的挤压沉管灌注桩来说,危害更大,这类桩配筋很少,前桩刚刚初凝,由于后桩的挤土作用,常使前桩发生断裂。上海某工程破坏实例,地面大量隆起,桩体断裂破坏,经挖开观察,最多的断裂成 5 节,试桩后承载力仅为几吨,整个工程 600 多根桩不得不报废。

(3) 在边坡或边坡附近打桩时的影响。在港工建设中,常需要打大量的桩,由于临江面的边坡阻力小,桩位常向江面移动,更严重的会导致边坡失稳,所以要特别小心。如上海某电厂在黄浦江边建一煤厂,由于打桩没有控制,原有码头桩向江面移动并发生断裂,防洪墙损坏,不得不中断施工,改变桩型。

(4) 打桩和基坑开挖相互影响,有两种情况:

第一种情况是指打桩区附近开挖基坑时,由于侧向卸载,常造成邻近基坑围护体系移动,同时,桩本身向基坑方向移动。桩越密,基坑越深,影响越严重。例如,1979 年上海某厂的热风炉和高炉基础桩基底板刚浇筑完毕,在靠近热风炉一侧 5m 左右,降水开挖电缆沟及地下管线沟槽时,热风炉基础向电缆沟方向水平位移 20mm。

第二种情况是基坑工程本身大量卸载,由于大量桩打入地下,储存着很大的挤压应力释放,工程桩本身会发生位移。移动方向往往与挖土方向一致。如浙江杭州某大楼基础施工,打桩后基坑开挖时,最大一根桩的顶部位移达 1m 多。除桩的位移外,由于桩周土被扰动以及开挖时应力释放,基坑边坡容易失稳。桩群周围土体的扰动程度主要取决于土的性质、桩的密度等。因此,在基坑边坡开挖设计时,通常把土的不排水强度降低 20%~30% 来考虑。

(5) 桩承载力的后期效应。打桩过程,对周围土体来说,是一个不排水的挤压过程。因此,在桩周土体中必然会产生较高的孔隙水压力。打桩结束后,孔隙水压力消散,桩周土体发生再固结,再固结导致土体有效应力增加,因此桩的承载力会随着时间的增加。另外,再固结导致桩间土下沉,使得承台下土体和承台脱开,同时也可能对桩产生负的摩擦力。

静压桩挤土效应及对周围环境的影响问题，涉及环境保护、土力学、桩基工程等多方面的知识，属环境岩土工程问题。其涉及面非常广，影响因素多，问题双方都很复杂，不同的地质条件、桩型、施工机械、施工流程、施工速率等都会影响挤土效应的大小和范围；被影响的各类建（构）筑物和地下设施能够承受影响的能力不同，造成的影响和损害的程度亦不同。因此，在建筑群林立、地下隧道及管线纵横交错的复杂环境中进行静压桩的施工，必须考虑对附近已有的建（构）筑物及市政道路、地下公用设施可能产生的影响，在确保工程施工的优质安全与快速同时，保护邻近建（构）筑物与市政道路、地下公用设施的安全与功能完整。

1.2 静压桩施工机械

1.2.1 静力压桩机的分类

静压法沉桩施工对施工机械性能有特定的要求，总体上可归纳为：

- (1) 桩身总重量加配重要求达到设计要求；
- (2) 桩机机架应坚固、稳定，并有足够刚度，沉桩时不产生颤动位移；
- (3) 夹具应有足够的刚度和硬度，夹片内的圆弧与桩径应严格匹配，夹具在工作时，夹片内侧与桩周应完整贴合，呈面接触状态，且应保证对称向心施力，严防点接触和不均匀受力；
- (4) 压桩机行走要灵活，压桩机的底盘要能承受机械自重和配重的基本要求，底盘的面积要足够大，满足地基承载力的要求。

静压法沉桩是通过压桩机自重及桩架上的配重作为反力将预制桩压入土中的一种沉桩工艺，其施工根据所用施工机械不同，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^[4]。以下主要介绍压桩机施工法所采用的压桩机。表 1-1 列出了该类静力压桩机的分类。这里主要根据驱动动力，介绍了绳索式压桩机和液压式压桩机。

表 1-1 静力压桩机的分类

序号	分类依据	类型	适用性
1	压桩位置	中压式、前压式	中压式应用广泛，前压式压桩能力相对较小
2	压桩方式	抱压式（箍压式）、顶压式	多用抱压式
3	驱动动力	绳索式、液压式	多用液压式
4	行走机构	托板圆轮式、步履式、履带式	多用步履式
5	配重的设置特性	固定式、平衡移动式	中压式压桩机多用固定式配重，前压式压桩机多用平衡移动式配重

1) 绳索式压桩机

绳索式压桩机主要由桩架、压梁、桩帽、卷扬机、钢丝绳与滑轮组等组成。压桩时,桩帽盖住预制桩顶,卷扬机产生的拉力通过钢丝绳、滑轮组、压梁及桩帽,将桩头徐徐压进土层。桩架可以是步履式、滚轮式或履带式。桩头可以置于桩架的中心部位,也可在边侧。如每节桩的质量在 5t 以内的,桩架上可设置小型起重设备。再重的桩节,需用辅助吊机喂桩。这种桩机是最早 (20 世纪 70 年代末) 开发的机型,由于卷扬机的能力有限,加之滑轮组越多,阻力越大,因此,压桩的能量不大,最多仅 1000kN。而且滑轮越多,速度越慢,但因机具均较可靠,施工时故障较少。全套桩机自重不大 (300~400kN),对长桩的压入需配平衡重。该桩机顶部有桩帽盖梁,单节桩长受限制,一般最长为 12~14m。桩架面积较大 (7000mm×8000mm)。对靠近已有建筑物处施工有限制,一般需保持 3~4m 的施工距离。图 1-1 为绳索式压桩机的示意图。

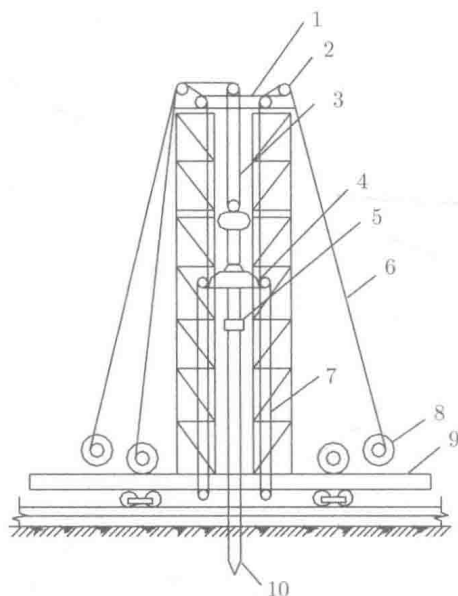


图 1-1 绳索式压桩机

1. 桩架顶梁; 2. 导向滑轮; 3. 提升滑轮组; 4. 压梁; 5. 桩帽; 6. 钢丝绳;
7. 压滑轮组; 8. 卷扬机; 9. 底盘; 10. 桩

2) 液压式压桩机

液压式压桩机由桩架、行走机构、液压夹具、配重、千斤顶及液压动力系统等组成。压桩时通过夹具将桩夹住,依靠液压千斤顶将桩压入土层。这种桩机较绳索式先进,因无帽梁及桩帽,对桩长的限制较小;全液压驱动,使整台桩机结构简单;液压产生的静压力远远高于滑轮组产生的下拉力;压桩的速度也大大提高。目前,液压式压桩机最大压桩力可达 10 000kN 左右。夹具根据桩截面不同,分为方桩夹

具与圆桩夹具。图 1-2 为液压式压桩机的示意图。

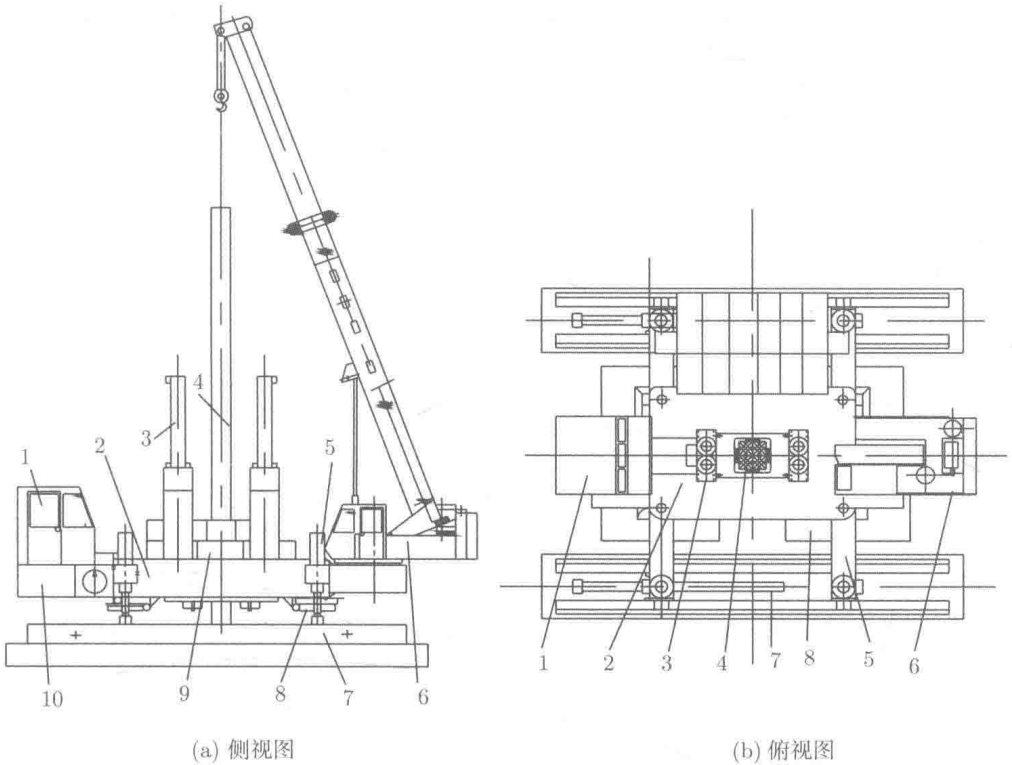


图 1-2 液压式压桩机

1. 操作室; 2. 机身; 3. 压桩缸; 4. 预制桩; 5. 升降装置; 6. 起重机;
7. 纵向移动机构; 8. 横向移动、回转机构; 9. 配重; 10. 液压泵站

目前,用得比较多的静压桩施工机械就是液压式静力压桩机。液压式静力压桩机是近年来的一种新型步履式桩基工程施工设备。纵观液压静力压桩机的发展过程,大致可将其分为两个阶段:第一阶段从 20 世纪 70 年代后期到 90 年代中期,国内先后研制了几种压桩机,并逐步形成系列产品进入市场,其中,具有代表性的两个系列产品是武汉产的 YZY 系列液压静力压桩机和长沙产的 ZYJ 系列液压静力压桩机;第二阶段是 20 世纪 90 年代中期以后,由于 1994 年底在珠海利用液压静力压桩机将直径 500mm 的预应力管桩压入强风化岩获得成功,拓宽了静压桩的应用范围,也使预应力管桩在城市和居民住宅区内的应用找到了新路子。

1.2.2 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处于回程时, 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类型: 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产生的桩身应力峰值的 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。ZYJ 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) 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 $5\text{m}/\text{min}$,最大压桩力可达 $12\,000\text{kN}$ 。

1.2.3 典型静力压桩机介绍

这里首先介绍 YZY 型系列液压静力压桩机,该桩机是一种高效桩工基础工程机械,其操作简单、维修方便且具有机械化程度高、施工速度快的优势。该机能独立完成吊、压、拔桩作业,不仅可以压方桩,也可以压管桩。移位时行走机构采用提携船式步履,把船体作为轨道,通过纵横向油缸伸程与回程,实现压桩机的纵横向行走、 360° 回转、机身调平等功能,全部动作均为液压驱动,压桩时噪声低、无振动、无泥浆,对环境影响小。同时采用多点均式夹持机构,大大降低了管桩破损率,该装置还可夹薄壁管桩而不损桩;安装的导入桩设置,可彻底解决顶压桩机不易对桩的问题,提高了压桩效率。这一系列压桩机的规格及主要技术参数见表 1-2。从表中可知,最大静压力达 $12\,000\text{kN}$,这样大的压力可穿透 $P_s = 15 \sim 18\text{MPa}$ 的夹砂层(厚度 $< 10\text{m}$)。单桩设计承载力大于 3500kN 。施工过程中通过液压表读数,将压桩阻力清晰地反映出来。