

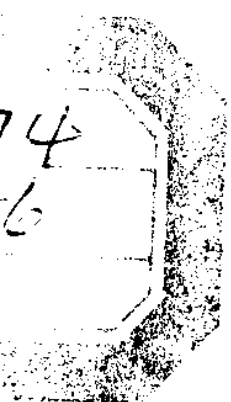
桩基础和高层建筑桩基础设计

上 册

徐中明 编

机械工业部设计研究院

一九九四年



桩基础和高层建筑桩基础设计

目 录 (上册)

	页 次
前 言	1
第一章 概 述	2
第二章 桩的种类和分类	5
第三章 各种打入桩的特点及其应用范围	10
第一节 木 桩	10
第二节 预制钢筋混凝土桩	11
一、钢筋混凝土方桩	11
二、钢筋混凝土锥形桩	31
三、钢筋混凝土管桩和钢筋混凝土空心园孔方桩	32
四、预应力钢筋混凝土桩	37
五、选用预制钢筋混凝土桩常遇到的几个问题	38
第三节 钢 桩	67
一、钢桩的应用和发展	67
二、钢桩的类型	67
三、钢桩桩顶、桩尖和接头的构造	69
四、钢桩的优越性	69

五、钢桩的腐蚀问题	78
六、钢桩的变形问题	86
七、大直径开口钢管桩的入土端“闭塞效果问题”	86
八、我国应用钢管桩的实例	89
第四章 打入桩的机具	105
一、落锤打桩机	105
二、蒸汽锤打桩机	105
三、柴油锤打桩机	118
四、振动锤沉拔桩机	128
五、静力压拔桩机	139
六、各种打桩机桩锤的比较	148

前 言

近十几年来随着对外开放城市的扩大,各省市城市建设有了巨大的发展,高层建筑和大型公共建筑越来越多,因此对地基基础提出了更高的要求。工程地质条件复杂的地区,桩基础用得也越来越多,已经成为解决在较复杂的工程地质条件下建筑物基础的重要手段之一。为适应不同的地质条件和建设环境的要求,桩基础在桩的类型,使用功能,施工工艺和机具设备都有了迅速的改进和发展,不仅在原有技术水平上经过许多工程的设计和施工的实践有很大的提高,同时也引进了不少先进技术和施工机具设备,更加速了我国桩基础工程的发展。

广州、深圳、珠海、厦门、杭州、上海以及北京等城市大规模高层建筑和公共建筑的兴建,丰富和充实了我国桩基础的设计和施工的理论 and 实践。上述各地桩基础所采用桩的类型是多种多样的,都是根据各地区的工程地质和水文地质特点,建筑物的类别,施工桩基础的机具设备和技术力量的不同,选择了适合本地区的桩型和成桩工艺。经过大量桩基础工程的完成,许多从事设计、施工和科研人员,根据自己所担负工程的实践总结出的经验,发表了许多关于设计、施工、测试和研究成果和具有创见的论述,提供了内容丰富的参考资料,对桩基础的合理使用和发展起到了积极的推动作用。

目前还深感缺乏一本能较概括介绍桩基础当前发展情况和桩基础设计和施工的基本知识的参考资料,使从事桩基础设计人员不必翻阅众多的书籍和资料,基本能掌握桩基础的设计。本人深有此感,为此希望能在这一目标下作出自己的努力。但由于本人水平所限,能否如愿以偿希望识者多加指正。

本文主要内容有:(一)各种打入桩的特点及其应用范围,包括:木桩,预制钢筋混凝土方桩、管桩,预应力钢筋混凝土方桩、空心方桩、管桩,钢桩等,桩锤的种类及其技术性能等。(二)各种灌注桩的特点及其应用范围,包括各种灌注桩的成孔机具和成孔工艺,湿法作业灌注桩的泥浆的制备,水下混凝土的施工技术,成孔和桩身质量的问题和质量检测方法等。(三)桩基础设计的基本资料,单桩和群桩轴向力和水平力的确定,桩的负摩擦问题及估算,高层建筑桩基础的选型、布置原则,高层建筑桩基础承台的假定和计算,高层建筑桩基础设计计算实例:框架体系的桩基础,剪力墙体系的桩基础,框剪体系的桩基础和框筒体系的桩基础等。

第一章 概 述

在我国采用桩基础已经有悠久的历史，根据考古发现各历史时期建筑物如塔基础、桥基础、江海港湾工程、堤坝等工程，都有桩基础的发现和资料记载。由于古代生产技术水平限制，在用材料上和我国古代建筑一样，采用的都是当地生产的天然建筑材料，主要用的是木材，即木桩。桩基础的承台为块石或条石，根据建筑物的大小、重量、软弱土层的软弱程度和厚度，决定桩的布置、桩的长度和数量，一定数量的桩构成群桩。在施工方法上是依靠人力和简单的杠杆，用一人或数人轮番用石锤或铁锤敲击木桩顶端使桩沉入土中。我国古代建筑的桩基础，由于沉桩机具、材料的限制，从现在技术发展的桩基础观点来看是简单和原始的。工具简单，材料单一。桩径很小，长度不大，但桩的受力和传递力的作用原理，实际上仍是近代桩基础的雏型，所不同是采用桩材的多样性、制桩和沉桩的方法、制桩和沉桩的机具和设备，随着生产和建设发展的要求和科学技术的进步得到发展。现存我国各地许多古代建筑遗址的桩基础都是应用桩基础历史的见证；如隋朝郑州的超化寺、北京的御河桥、上海的龙化塔以及南方许多依河傍水的古老的民宅等，都发现有许多是桩基础的遗迹。我国采用桩基础的历史，近者数百年，远则甚至有千年以上的历史了，有的甚至保存完好至今，充分说明我国采用桩基础的历史是相当久远的。

近代工业生产的发展和人民物质文化生活的需要，促进了工业与民用建筑的高度发展，现代化、大型、重型工业建筑和高层、超高层的居住、办公和商业性的综合公共建筑的出现，对于地基土的承载能力、地基土的稳定性和沉降控制提出了更高的要求。从经济和施工方便来说，保证使用安全可靠，在技术经济上合理，应该尽量采用浅基础，充分利用天然地基。这对节省建筑材料和缩短施工周期是合理的。但是采用浅基础，往往有些地区由于勘察的结果表明，工程地质和水地质不利条件的限制。地基土的强度、沉降和稳定性等物理力学指标满足不了工程的要求，保证不了建筑物的安全和正常使用，因此需要对基础和地基土采取必要的处理措施，以满足工程的需要。对不良的地基土的处理方法很多，各地区的处理的经验也不相同，大体上可分为三类：

第一类：对地基土采取加固措施：如排水固结、化学法固结，换土碾压密实或夯实，重锤夯实，强夯，采用沉管震动挤密砂桩、灰土桩、生石灰桩、高压旋喷水泥桩、震冲砂石桩等等。总之这类措施旨在消除孔隙水或地基土中的孔隙，将土挤密或与地基土构成复合地基提高地基的承载力。

第二类：对建筑和基础本身采取措施：如（1）扩大基础的底面积，增加基础本身和上部结构的刚度，增加建筑结构的整体性，减少建筑物对地基土沉降的敏感性，这样可以减小对地基土的压力，有利于调整和控制地基的沉降量和不均匀沉降，如采用交叉条形基础、筏片基础等。

（2）当建筑物基础的地基持力层，埋置在不太大的深度内，加深建筑物基础的埋置深度，使基础座落在比较好的地基土层上，即通常称之为深基础。如将独立的柱基和条形基础在地下部分的柱或墙的截面按需要加大加厚加深，使基础座落在压缩性较小较坚硬的好土上作成深基础，或利用加深部分做成地下室，当荷载重大时可做成沉井或箱形

基础等。

第三类：根据荷载的大小和持力层的深度，采用各种不同类型的桩基础。将建筑物上部结构的荷载，通过一种长度与截面尺寸相差很大的基本结构构件，沉入较大的深度的土层中，利用构件深度范围土层对桩的摩擦和端部的阻力来支承上部结构的荷载，或将上部结构荷载通过这种构件直接传递到坚硬密实的土层或岩层上，这种构件称之为桩。数根桩在一起共同工作称为群桩。在桩的顶端锚固各桩构成群桩整体，支承并传递上部结构荷载的台座称为承台，桩的承台将几根或多根桩牢固联结，并与土一起共同作用称为桩基础，也有人认为桩基础就是深基础的一种形式。

现代工程技术的进步和发展，制作桩的材料，制作桩的方法的不同，出现了桩的种类多样化，施工桩基础工程的专门机具在种类和数量都有了迅速的发展而且得到普及，桩基础已经是解决现代化工业建筑和民用建筑中，特别是荷载大和工程地质和水文地质复杂的条件下进行建设，并广泛得到应用于基础工程中的重要手段之一。

从我国工程地质分布的宏观角度来看，我国疆土辽阔，气候虽属温带，南北气温相差较大，就地势而言东西高差悬殊。整个地质构成过程的历史中，不同地区地质构造的形成和土层沉积环境的不同以及年代的不同，有些虽属一般第四纪沉积土层，既有共性，但又具有地区的特殊性，这些具有特殊性工程地质的土层分布范围很广，有明显的地域性：如西北地区的黄土，其中自重湿陷性黄土对建筑危害性较大；西南地区的云南、广西、贵州、四川、以及华中地区的湖北等省的红粘土、膨胀土等；沿海地区的海相沉积、河流入海淤积的三角洲和沿岸的沉积以及内陆江河、湖泊的沉积、盆地、洼地及其周围的软弱土层，西北、东北以及西藏高寒地带还存在冻土带。另外，一些具有历史悠久古城、正在发展中的旧城区和工业区经常遇到各种人工填土；除此而外根据沉积年代分，文化期以来新近沉积的粘性土，这些土沉积的环境如河漫滩、山前洪积扇的表层土，经回填的古河道、湖、塘、沟谷、河流泛滥区，这些土的特点是结构性能差，稍有扰动原状土极易变软，塑性指数较低的土，还会受振后出现析水的现象。饱和的粉细砂土，对地震而言有出现液化的可能。以上这些土类构成建筑场地不利的地段，采用桩基础是有可靠保证的措施之一，但究竟是否采取桩基础，应该以每一项工程与该工程所在场地地基土的实际情况，进行技术经济分析，不仅是在安全使用上可靠，并且在技术经济上是合理方能采用。

就具体工程的经验来看，许多工业与民用建筑工程建设的实践，根据使用要求和工程地质条件的不同，经归纳通常在以下一些情况下采用桩基础：

- 1.当建筑物采用浅基础（即天然地基）时，地基承载力不足或沉降超过允许值，在不大的深度内又无适当的持力层，其它措施又不能保证工程质量或在经济效果上不如桩基。

- 2.建筑属高、大、重型，在较深的范围内有较好的持力层，采用桩可达到合理的持力层；或采用摩擦桩可以满足承载力的要求。

- 3.工业厂房内设备基础较多，地基又不很好，设备基础和建筑物基础布置受到限制；或者由于地面荷载很大使建筑物产生很大的附加沉降或不均匀沉降，影响安全或正

常使用。

4.建筑物比较重要，基础的下卧层有饱和粉细砂层，地震时会出现砂土液化现象，对建筑的危害性很大，其它措施把握性不大，采用桩基础是较好的措施，但桩应穿透液化土层，嵌入较坚硬土层内一定深度，使在地震时保持桩身传递荷载的稳定性。

5.在建设中最常遇到的特殊性质的地基土，如自重湿陷性黄土、膨胀土、红粘土、软土以及各种人工填土等，常根据建筑物重要性和使用要求，也采用桩基础。

6.建筑物基础下一一定的范围内有难以清除的地下障碍物如地下坑道、设备基础、人防通道以及已回填的泥塘、旧河道、土井、土洞等常采用桩基来解决或跨越。

7.振动大的动力设备基础，采用天然地基时振幅难以控制在允许范围以内，或由于振动的扰动会产生较大的沉降，影响设备正常使用；有的可能对厂房或邻近建筑物造成危害或影响正常使用。

8.对沉降或振动敏感的精密机器、仪器等设备基础。

9.劳动力缺乏，为减少基础基坑挖方工程量。

10.地下水位较高、涌水量较大，基坑开挖后难以施工的基础工程。

11.工厂技术改造在旧车间内更换大型设备，基坑深于原有厂房基础时，常采用桩加固维护。

12.开挖大型深坑、高层建筑基础或地下室深坑，有可能危及周围已有建筑安全、或保持基坑边坡稳定常采用钢板桩、灌注桩或地下连续墙作为挡土设施，当深度较大时常设置土层锚杆作为拉锚支点。

13.用于加固旧建筑物的基础。

14.防止斜坡土体滑动。

我国近代采用桩基础的历史也是随着建设的发展而发展，新中国成立以前建筑工程用桩绝大多数是木桩。例如：上海地区地基为很厚的软土层，桩基础中用得比较多，如国际饭店、海关大楼以及上海大厦等较高大建筑当时采用的是木桩。新中国成立以后大规模经济建设的50年代开始大量的采用预制钢筋混凝土方桩。铁路桥梁的桩基础大量采用非预应力和预应力钢筋混凝土管桩，（大直径开口管桩 $\Phi 1.55$ 、 $\Phi 3.00$ 、 $\Phi 3.60$ 米，称为管柱基础）。公路桥梁较有成效地采用了泥浆护壁的人工推钻成孔、简易回转钻机成孔、冲击钻机成孔的灌注桩，并在全国范围推广。工业与民用建筑工程多密集型群桩基础，除大量预制钢筋混凝土桩外，也开始部分采用了沉管灌注桩，由于缺乏经验，沉管灌注桩不断出现种种质量问题，主要表现为缩颈、断桩和混凝土疏松，发展曾一度受到影响。60~70年代，在西北湿陷性黄土地带大量发展爆扩灌注桩和人工挖孔井桩（即早期人工挖孔灌注桩）。同时在一些地下水位较深的地区，如北京则发展长螺旋钻机成孔的灌注桩。70~80年代，上海宝山钢厂引进了钢管桩，直径有 $\Phi 914.4$ 、 $\Phi 609.6$ 、 $\Phi 406.4$ 和 $\Phi 1200$ 毫米，民用建筑中高层建筑的桩基础也采用有 $\Phi 600$ 的钢管桩。80年代后沿海开放城市的建设的发展，各类桩型根据不同地质条件都得到充分应用，如预制钢筋混凝土方桩、预应力钢筋混凝土空心方桩、预应力钢筋混凝土管桩、沉管灌注桩、以及各种成孔工艺的大直径灌注桩、还有引进专用机具设备的法兰克桩、贝诺特桩等。

如杭州地区根据本地区特点发展新型的夯扩短桩。近十几年来桩类型发展之多，可以说是前所未有的丰盛时期，但对于灌注桩存在的质量问题及其检测技术，还有待于进一步研究和探讨。

第二章 桩的种类和分类

桩的种类，通常是以制作桩的材料分类，但也可以按照制作方法、施工方法、桩在土中力的传递或受力的性能、桩对土的作用和承台的位置分类，按照这几种的分类方法可以更清楚地了解桩的使用功能，现将各种分类的方法分述如下：

一、按照桩所用的材料分类：

(一) 木桩：通常采用园木，用整根原木作为桩材，如长度不够或截面不够，可加工成为拼接长桩或拼成组合截面木桩。

(二) 钢桩：有钢管桩、H型钢桩、工字型钢桩、钢板桩和钢轨桩等。

(三) 钢筋混凝土桩：

1. 预制钢筋混凝土桩：

(1) 预制钢筋混凝土方桩。

(2) 预制钢筋混凝土空心方桩。

(3) 预制钢筋混凝土管桩，(带法兰连接的预制桩尖、插入式预制桩尖和开口管桩)。

(4) 预制钢筋混凝土拼接长桩。(方桩有浆锚接头和钢板焊接接头，管桩有法兰螺栓接头和钢管焊接接头。)

(5) 钢筋混凝土锥形桩。

2. 预应力钢筋混凝土桩：

(1) 预应力钢筋混凝土方桩(先张法长线张拉)。

(2) 预应力钢筋混凝土管桩(先张法钢套模张拉，有带法兰连接的桩尖和开口管桩。)

(3) 预应力钢筋混凝土空心方桩(先张法长线张拉)。

3. 灌注桩：(包括混凝土灌注桩，钢筋混凝土灌注桩。)

(1) 有套管灌注桩：

a. 沉管灌注桩：包括锤击沉管灌注桩，振动沉管灌注桩、振动冲击沉管灌注桩。桩尖又可分为封闭型钢桩尖、活瓣型钢桩尖、预制钢筋混凝土桩尖三种。

b. 内管夯扩短桩

c. 法兰克桩

d. 贝诺特桩

(2) 无套管灌注桩：钻、冲、挖孔灌注桩，按成孔工艺作业分类，有干法作业、湿法作业两大类。

a. 干法作业：不需要采用泥浆护壁进行钻进作业，一般在钻进作

业时孔壁不易坍塌的地基土，地下水位很深或无地下水的地基土条件下进行钻进作业，有：

长螺旋钻机成孔灌注桩。

短螺旋钻机成孔灌注桩。

人工挖孔灌注桩。

爆扩桩

b.湿法作业：采用泥浆护壁进行钻进成孔作业、是防止孔壁坍塌的一种有效措施，一般在有地下水和易于塌孔的地质条件下采用。

地质旋转钻机或简易地质钻机成孔灌注桩。

潜水钻机成孔灌注桩。

人工推钻成孔灌注桩。

凯里钻杆钻机成孔灌注桩。

湿法作业成孔灌注桩在成孔过程中，排除钻孔中的钻碴的方式又可分为正循环排碴和反循环排碴。除上述四种湿法作业外，还有三种湿法作业的成孔灌注桩，

即：

冲击锥钻机成孔灌注桩，又简称为冲击成孔灌注桩

冲抓锥钻机成孔灌注桩

冲击冲抓综合成孔灌注桩

二、按照桩的施工方法分类：有打入桩和灌注桩两大类：

(一) 打入桩：是利用各种打桩机将已制成的桩沉入土中，如预制钢筋混凝土桩、预应力钢筋混凝土桩、钢桩和木桩等，打入桩的打桩机有以下几种：落锤打桩机、蒸气打桩机、(蒸气打桩机又分为单动蒸气锤和双动蒸气锤两种)，柴油锤打桩机、(柴油锤打桩机又分为导杆式柴油锤打桩机和筒式柴油锤打桩机两种)，还有振动锤打桩机、振动冲击锤打桩机和静力压桩机。

落锤、蒸气锤、柴油锤是安装桩架上沿桩架的导轨利用锤的冲击能量将桩贯入地基土中，振动锤是利用锤的不平衡机构产生的激振力振动将桩沉入土中。振动冲击锤除利用不平衡的振动力而外，还产生锤的上下冲击力作用于桩顶，使桩承受振动和冲击力的共同作用而下沉。

静力压桩机有两种：由专用机架、卷扬机、配重、钢丝绳和滑轮组成的加压系统，将压力作用于桩顶使桩沉入地基土中；另一种为专用机架和配重并配有液压控制系统，用液压千斤顶将桩压入土中，静力压桩机的特点是无振动和噪声，对周围环境不产生干扰。

(二) 灌注桩：见“按照桩所用材料分类”。

三、按照桩在土中传递力和受力的性能分类：

- 1.端承桩：又称为支承桩，桩穿过软土层，桩的下端支承在坚硬的非压缩性土层或压缩性较小的土层上，作用在桩上端的荷载通过桩下端的桩尖传至持力层上，称为端承桩。
- 2.摩擦支承桩：桩沉入土层中，将作用在桩上端的荷载通过桩侧面的摩阻力和桩下端桩尖支承面的阻力传入土层中，称为摩擦支承桩。既利用桩身侧面积上土的摩阻力；又利用桩尖的端阻力，共同承受桩上部传来的荷载。
- 3.摩擦桩：桩位于土质较差且很厚的土层，桩顶作用的荷载主要通过桩身侧面积上土对桩的摩阻力将荷载传入地基土中，桩下端桩尖平面的阻力承受荷载的比例很小，称为摩擦桩，有的将摩擦支承桩和摩擦桩统称为摩擦桩。
- 4.锚桩和锚杆：锚桩桩位于土中承受作用于桩的上拔力。即利用打入桩桩身侧面积的摩阻力、桩周围的部分土重和桩身的自重，或在桩身及其底端设置专门的锚锭抵抗作用于桩的上拔力，称为锚桩。或在岩层或土层中凿成孔，然后插入钢筋、型钢或钢筋笼并灌入混凝土或加压灌入混凝土后制成灌注桩承受上拔力。根据需要抗拔力的大小、岩土的性质、锚桩的材料决定锚桩和钢筋的直径、长度和数量，锚桩常采用型钢、钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土制成。

锚杆：也是一种抗拔杆件，事先在岩层或土层中根据需要锚杆的孔径和深度凿成孔道，用单根粗钢筋或成束的钢筋（光面或螺纹）、高强度钢丝束、钢绞线作为传递拉力的抗拔杆件，置于孔道内，并在孔道的底部用压力灌入粘结材料（水泥浆或树脂）使钢拉杆与孔底的土层或岩层锚固，外露端用锚具固定于需锚固的结构构件上承受拉力。通常对锚杆施加预应力使锚杆具有反力作用于护坡挡土墙、深挖基坑的地下连续墙和钢板桩上，作为抗倾复的支点，主要承受拉拔力，常设置在需锚固结构平面的垂直位置或与水平成一定倾角的岩层或土层中，使能充分发挥锚杆的受拉作用。

- 5.承受水平荷载和弯矩的桩：位于土中的桩在水平力和弯矩的作用下，由桩的抗弯刚度和桩侧土的弹性抗力共同来承受。

当地基松软、桩身短，桩身的抗弯刚度大于地基土的刚度时，桩如同刚体，桩受水平力作用将绕桩轴上某一点而转动。

当地基土密实时，桩身很长，桩的刚度小于地基刚度，桩呈柔性，这时桩上部的变形挠曲至一定深度后，几乎不受水平荷载的影响，桩实际嵌固于地基中某一深度处。

在通常情况下桩是介于上述二者之间，按照弹性地基梁变形的假定，所以由桩的抗弯刚度和桩侧土的弹性抗力共同来承受。

四、按照施工时桩对土的作用分类：

- 1.挤压桩：凡桩贯入土中，对桩周围的土产生挤压密实的作用，并嵌固于土中，称为挤压桩。用锤击、振动贯入和静力压入土中的桩，如木桩、各种非预应力和预应力钢筋混凝土方桩、管桩、锥形桩、沉管灌注桩、法兰克桩、夯扩桩等。
- 2.少量挤压桩：桩贯入土中，由于桩的截面积较小对桩周围土产生不大的挤压

作用并嵌固于土中的桩，如钢管桩、H型钢桩、工字形钢桩以及各种截面型号的钢板桩、和冲击成孔灌注桩等。

- 3.非挤压桩：凡在桩位上先成孔，将土取出，再放入钢筋笼浇灌混凝土构成的灌注桩，对桩周围土不产生挤压密实作用，称为非挤压桩，如长螺旋成孔灌注桩、短螺旋成孔灌注桩，正反循环钻机成孔灌注桩、挖孔灌注桩等。

五、按照桩的承台分类：有高承台桩和低承台桩。

- 1.高承台桩：桩顶的承台露出自然地面或地面以上一定高度，作用于承台上或桩上的各种荷载由桩本身和桩与土层的共同作用来承受。
- 2.低承台桩：是桩的承台埋入并嵌固于自然地面以下一定深度，作用于承台上的各种力通过桩基的刚性承台分解为桩的轴向力和水平力，轴向力由桩传递至地基土中，水平力由桩和承台侧面土的弹性抗力所平衡。

桩的种类和分类表

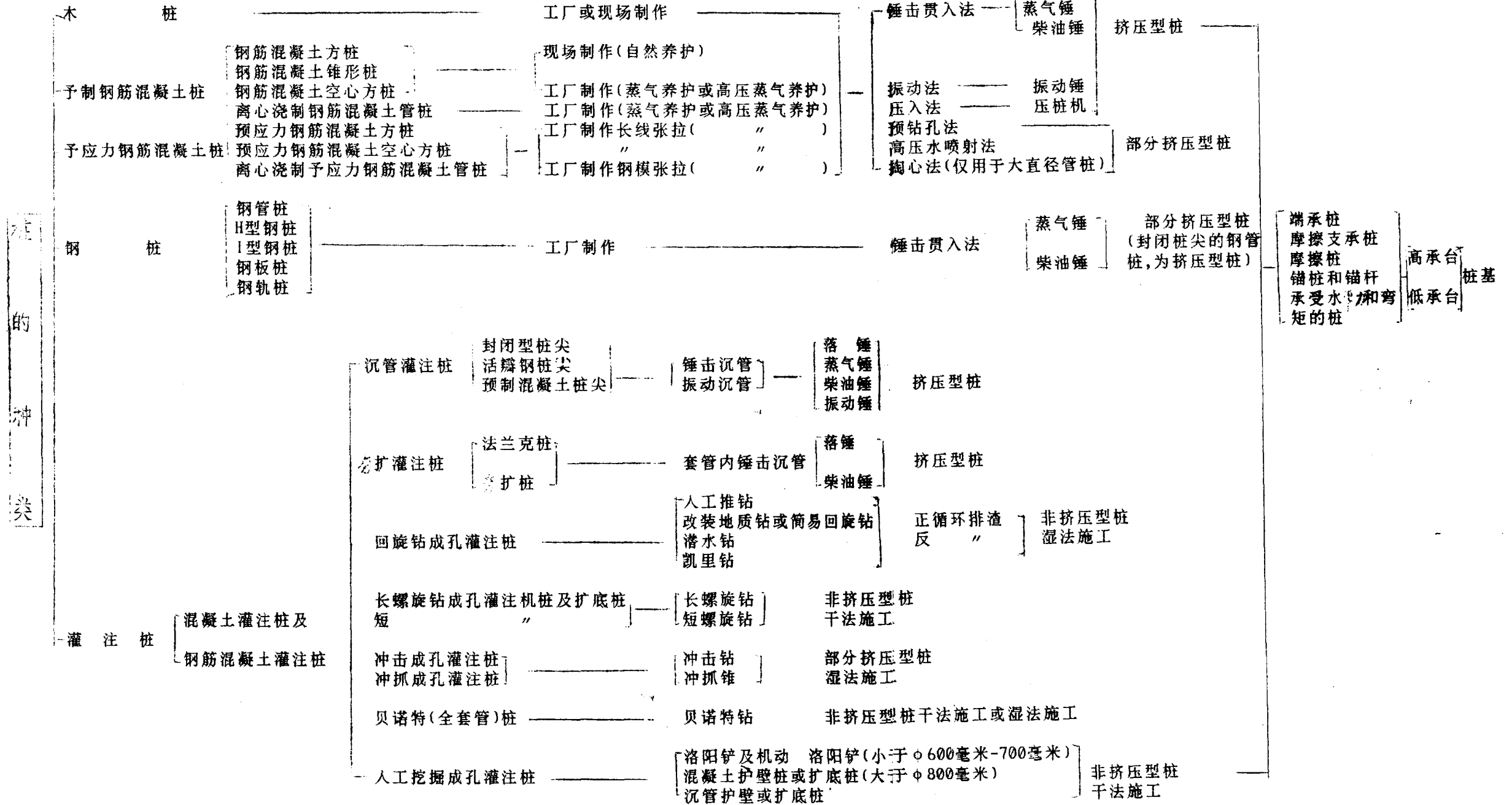
表 2-1

按照制作桩的材料分类

按照桩的制作和施工方法分类

按照施工时桩对土的作用分类

按照土中传递力和受力性能分类 按承台高低分类



第三章 各种打入桩的特点及其应用范围

第一节 木 桩

木桩通常采用园木，很少用加工过的方木，这是因为园木可以充分利用木材，不需要作太大的加工，只需将树皮清除干净，加工成方木不仅材料费而且纵向纤维被切割后不连续和完整，打桩时受桩锤冲击易于劈裂、折断。我国木材资源缺乏，应尽可能不采用木桩，改用钢筋混凝土预制桩或灌注桩，只有在林区附近才有可能采用木桩。林区木材易于取得，运距短，制作方便。但用作木桩仍然要选用较好木材，所以尽量不采用木桩。

在北方地区木桩的材料多用东北落叶松、红松、樟子松。在南方地区多用杉木和其它较长直、材径均匀的阔叶林木材。应尽可能用整根木材作木桩，如无整根木材也可加工拼成所需要的截面和长度。木桩的优点是重量轻，易搬运和加工，可以拼接接长和截短，材质有弹性，有利于承受锤击。其缺点是有纹理、结节，木桩锤击时桩顶易于击蓬，桩尖易于劈裂，穿透能力较差，承载力不高，所以一般均采取加固措施，在桩顶部用钢环箍牢，使锤击时不易于击蓬，在桩尖用钢板条焊成锐利的尖端，用螺丝或铁钉固定在桩尖上，有利于穿透土层和穿入较密实的土层。见图 3-1 (a)、(b)。

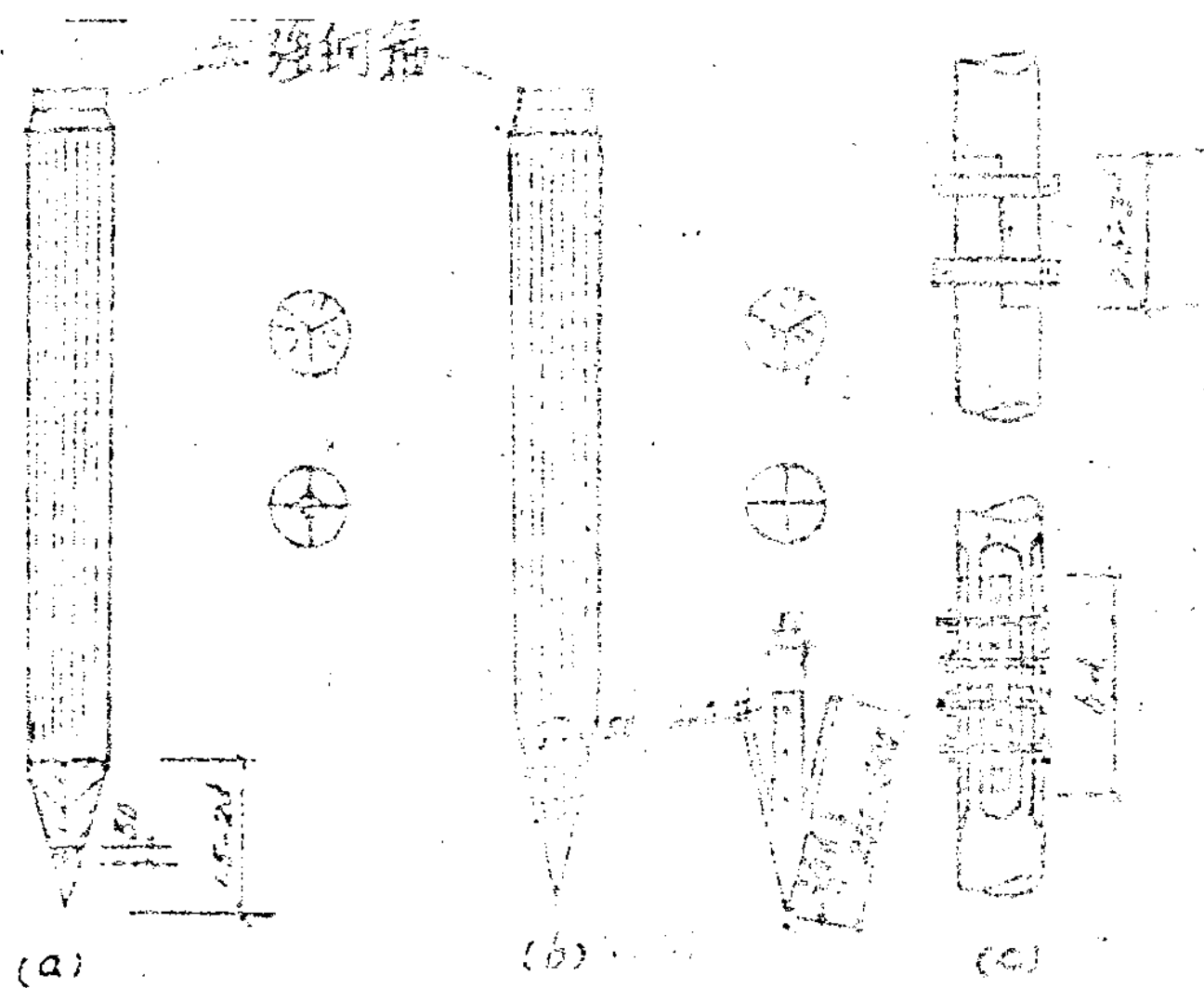


图 3-1 木桩、桩顶、桩尖加固 (a)、(b)
接长 (c) 示意图

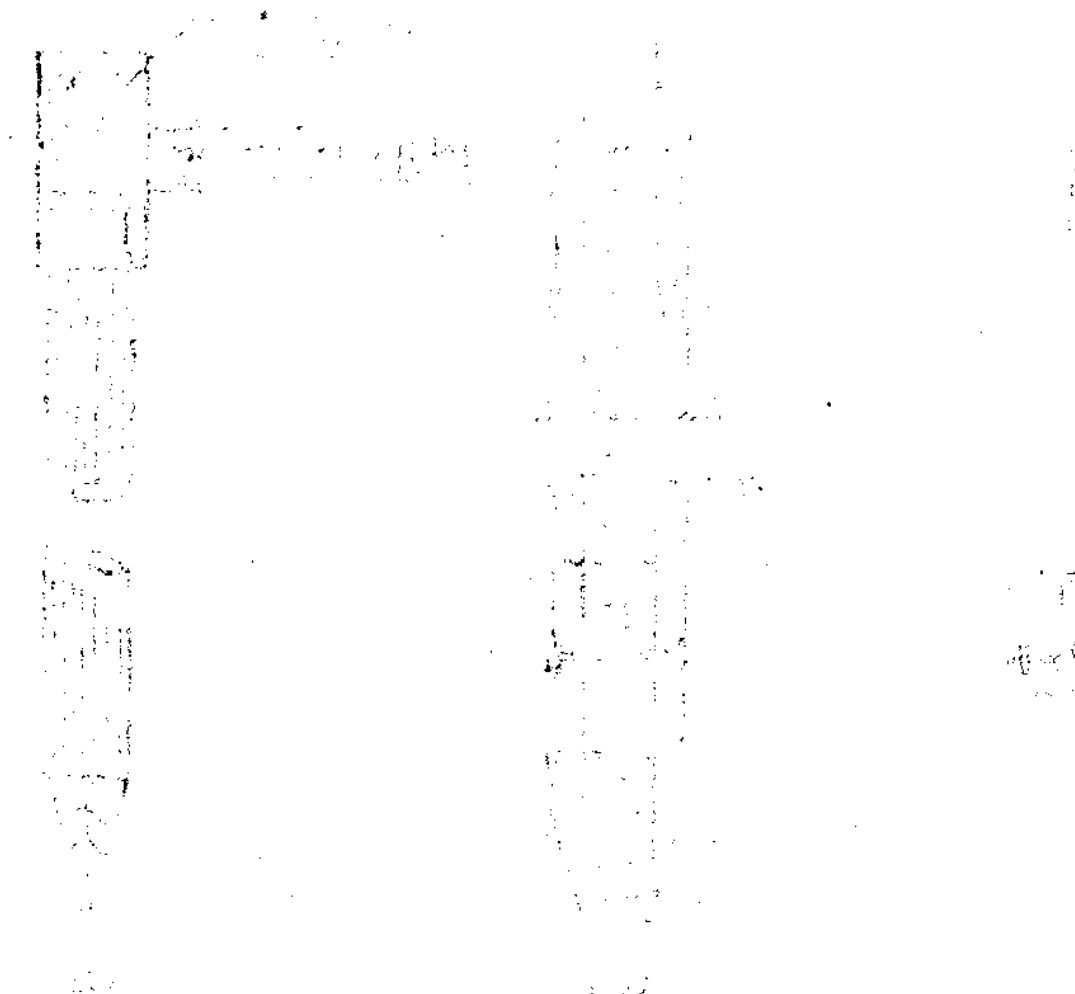


图 3-2 (a) 组合木桩、(b) 拼接木桩

选用木桩时，最好选择长度较长，根径与梢径均匀，变化不大的整根本材作为木桩。拼接木桩的截面常是用螺栓联接（见图 3-1c，图 2b），受力不易均匀而且易于劈裂。无论是整根本桩或是拼接木桩都由于强度不高，一般用于穿透流塑和软塑土层，桩尖可支承在硬塑粘性土类，砂类土和微风化的岩层或残积土上。

木桩在地下水位以上的部分和地下水位变化的区段易于腐朽。木桩应埋入地下水位以下，使木材与大气和细菌隔绝不致腐烂，可以保持有较长的使用寿命。采用木桩时一定要掌握地下水位变化的资料，特别是最低地下水位资料，木桩的顶端应沉入最低地下水位以下不小于 0.5 米，或者在地下水位变化的范围浇灌一段混凝土构成组合桩（见图 3-2a），使混凝土段位于地下水位以上或地下水位变化的区段，有条件时最好对木桩进行防腐处理，有利于延长木桩使用寿命。

第二节 预制钢筋混凝土桩

在我国常用的预制钢筋混凝土桩有以下几种：钢筋混凝土方桩、钢筋混凝土空心圆孔方桩、钢筋混凝土管桩和由于打桩机架高度或运输长度的限制而分段生产的预制钢筋混凝土拼接方桩和管桩，少数地区试行采用锥形方桩。

一、钢筋混凝土方桩

我国自大规模建设以来，打桩设备和机具的发展和普及，预制钢筋混凝土方桩是当前工程中选用最为量大面广的一种桩型。这种桩虽然自重稍大，需用一些钢材，但用钢量不算很多，桩的承载力则较高，耐腐蚀较钢桩和木桩为优，材料易于取得，制作较为简单，可以工厂制作也可以在施工现场制作，运输方便，贮存易于堆放整齐，施工进度较快，质量易于保证。桩的长度决定于打桩机的机架允许的高度、运输车辆允许的长度、起吊能力以及道路的回转半径，如遇上述条件的限制，可以采用分段预制，打入时逐段接长，最后达到分段拼接成长桩的目的。拼接长桩通常为二段或三段拼接。按我国现行经验一般不应超过三段。

接拼桩的接头应当做到与桩身等强度要求，而且还必须易于迅速施工，接头制作的

可靠性应有保证。(日本建筑基础结构设计规范规定,每一接头降低其承载力的5-20%)。有两个以上接头时,其可靠程度要降低,承载力也显著减小。虽然我国对拼接桩的承载力没有折减的规定,实践证明拼接长桩的质量问题常出现在接头部位,所以一般规定拼接桩的接头不应超过3个。

预制钢筋混凝土方桩的接头,现在行之有效的有两种:一种是硫磺胶泥接头,另一种是钢板与角钢组合接头,通常称之为浆锚接头和焊接接头。硫磺胶泥浆锚接的桩适用于软弱土层,钢板焊接桩适用于各类土层。

高承台桩基础用的预制钢筋混凝土方桩、承受大水平荷载的桩以及抗震7度以上的设防地区的桩基础用桩,最好采用整根长桩而不采用拼接长桩,如必须分段拼接,不应采用硫磺胶泥浆锚接头,只能采用钢板焊接接头,并应经过专门的计算确定。

对于预制钢筋混凝土方桩的制作生产和施工的具体要求应按国家标准《地基与基础工程施工及验收规范(GBJ203-83)》的第四章规定执行。这里对桩设计选用若干原则阐述如下:

(一) 预制钢筋混凝土方桩的截面尺寸、桩的长度的确定:

预制钢筋混凝土方桩按照作用于桩上的荷载的种类、大小、穿越或打入土层的类别、持力层的深度及其承载力、可能取得打桩的机架、打桩锤的种类、锤重等,以此选择桩的截面尺寸、桩的长度,并确定桩混凝土的标号,桩身配筋以及构造,设计并绘制所需要的各种规格的预制钢筋混凝土方桩的施工图。

在实际工程中设计桩的规格一般规定如下:截面尺寸的选择是根据荷载的大小由 $25 \times 25 \sim 50 \times 50$ 厘米,以5厘米为截面尺寸的进位模数加大截面。保护层的厚度为3厘米。长度:是根据土对桩的支承力不同而定。端承桩是根据荷载的大小所需的截面尺寸和持力层的深度决定桩长,摩擦桩和摩擦支承桩根据所需桩的截面尺寸和侧面土层的摩阻力所需要的长度和桩尖土的阻力之和,决定桩能支承荷载的大小确定桩的长度。桩长一般不小于4米,因为小于4米的桩基可以直接用深基础比较经济合理。在很厚软土层的地区,预制钢筋混凝土桩其长度可达到30~50米。如前所述单根的长桩究竟可以用多大长度,取决于对桩的起吊能力和桩架的高度,如在施工现场预制桩长度可以大一些,当桩架高 >30 米时,桩长可达24米,如在混凝土预制构件厂制作由于运输车辆长度和道路回转半径的允许可能,一般最长达到15~18米。桩长的进位模数常取0.5米或1.0米。

(二) 预制钢筋混凝土方桩的钢筋配置和混凝土标号:

1.工业与民用建筑工程中的桩基础大多数为低承台桩基础,桩一般承受压力,很少出现受拉,所以钢筋是用来承受起吊运输时产生弯矩应力和锤击出现的拉应力。

2.预制钢筋混凝土方桩的配筋量是以桩的吊点为支点,以桩的自重和起吊运输时动力的作用为荷载,按梁计算截面的配筋率,并从构造上适当提高锤击贯入桩纵向配筋率。

3.预制钢筋混凝土方桩的桩身配筋率,应与沉桩的方法相符合。锤击贯入桩纵向钢筋的配筋率应控制在不小于0.8%,静力压桩一般不小于0.5%。

4. 桩身箍筋直径不小于 $\phi 6$ 间距 200 厘米, 锤击贯入桩, 桩顶、桩尖、接桩端应加密、加密段箍筋不小于 $\phi 8$, 并必须设置钢筋网片, 锤击端不小于 4 层。穿入或穿越卵石层或风化岩层宜设置钢桩靴。

5. 承受水平力和弯矩的桩或高承台桩, 桩身除按起吊运输计算外, 应按实际受力状况进行验算, 配筋不足应增加配筋量。

6. 桩身截面尺寸等于或大于 35×35 厘米, 纵向钢筋配置不应少于 8 根。

7. 混凝土标号应不低于 C30。8. 在下列条件下, 桩的配筋率可相应提高到 1.0% 或 1.2%, 混凝土标号可按 $> C40$:

- (1) 大片密集的群桩;
- (2) 穿入或穿越一定厚度硬土层的桩;
- (3) 锤击次数很多的桩;
- (4) 长细比 $60 < L/D < 80$ 的桩;
- (5) 单桩承载力很高的桩;
- (6) 承受地面大面积堆载影响和负摩擦很大的桩;
- (7) $L/D > 80$, 承台下桩的数量很少或单排桩; 沉桩困难或单桩承载力很大, 结合具体条件还可以再适当提高配筋率。

9. 在正常使用条件, 保护层的厚度为 30 毫米, 裂缝控制宽度不超过 3 毫米。

10. 在有侵蚀的条件下, 根据侵蚀程度可分别采取如下措施:

- (1) 控制裂缝;
- (2) 加大保护层的厚度;
- (3) 采用抗渗密实混凝土, 抗渗标号不小于 B8;
- (4) 采用耐酸或耐碱的集料和水泥;
- (5) 预留钢筋腐蚀厚度;
- (6) 桩身外采用涂料保护。
- (7) 改用预应力钢筋混凝土桩。

(三) 预制钢筋混凝土方桩的设计和生

预制钢筋混凝土方桩的设计, 通常由设计单位根据所设计项目的荷载情况、所在地区的工程地质勘察报告、打桩的设备机具的种类和当地习惯采用并经过工程实践考验的桩的设计图作为参考。如果当地编制有适合于地区性的定型图集和通用图集, 应当首先考虑选用或在此基础上根据需要进行修改, 这是因为当地的定型图和通用图集是适合该地区的地质条件和施工条件, 并经过许多工程的实践多次修改而编制的, 有的是经过上级审查批准推广使用的。如为慎重起见, 设计人还可以走访编制单位, 或当地的施工单位了解在使用中存在的问题。例如: 北京市地区根据该地区的特点, 由北京市建筑设计院编制有通用图集: 《预制钢筋混凝土方桩 (75G68) (支承桩)》。并经北京市基本建设委员会批准, 现在在北京地区广泛采用, 并由北京市建筑工业公司所属北京市钢筋混凝土构件一、二厂作为商品生产供应。又如: 上海市地区根据上海和华东地区软土层厚的特点, 由上海工业建筑设计院编制有: 《预制钢筋混凝土方桩沪 G501 修》, 并经上海建

设委员会审查批准，此外，尚有经建设部批准的全国通用标准设计试用桩《预制钢筋混凝土方桩 87SG361》和《预应力混凝土方桩 87SG442》图集，其它各地也可能编有适合该地区的定型图或通用图集。有特殊要求的工程，可以参照地区性的定型图或通图集，根据本工程的要求并参照前述各点和本文所提供的参考选用表和桩的构造进行设计。

桩的制作和生产：在现场就地支模层叠生产，必须保证地坪密实平整，并不得出现局部差异沉降，制桩的模板应平直，厚度适当，不得有扭曲或湿水后变形，模板和桩间须涂抹有效隔离层或溶剂有利于脱模，层叠不应超过 3—4 层，只有在下层和相邻桩强度达到 30% 以后，方可浇筑上层桩的混凝土、混凝土浇筑完毕应加强养护，并与桩同等条件预留检验混凝土质量的试块。在当地有预制钢筋混凝土构件厂的地区，应尽可能在工厂生产，因为工厂生产有条件采用蒸气养护或压力蒸气养护、工厂生产质量好、周期短、生产效率高、即使不采用蒸气养护比施工现场预制桩的管理条件好，能否在预制厂生产，取决于桩的起吊运输条件，当所用桩超长时应采用分段预制。

（四）分段拼接预制钢筋混凝土方桩的接头

由于打桩机架高度的限制或起吊设备、运输超长、道路回转半径不够等原因的限制，不能制作设计要求的长桩，采用拼接桩是一种较好的措施，将长桩分段制作，在沉桩过程打入一段接长一段，最后在土中成为拼接的长桩，达到原设计的长桩同样的目的和效果。

分段制作的桩，桩的接头是保证打桩过程和使用效果的关键，接头不仅必须保证与桩身等强度的要求，还要在较短的时间内保证迅速将正在进行打桩的接头做好，使打桩工作继续顺利进行，如果每一根桩的接桩耗费的时间较长，将大大影响打桩的施工进度。目前国内行之有效操作较成熟的预制钢筋混凝土方桩，在施工现场拼接的接头主要有两种：即钢板焊接接头和硫磺胶泥浆锚接头，实践证明这两种接桩法都可以达到与桩身等强度和操作迅速的要求，但硫磺胶泥浆锚接法还受到一定的限制，如受有较大水平力、弯矩以及抗震设防的地震烈度为 7 度以上的地震区，不宜采用硫磺胶泥浆锚接头。现将钢板焊接法和硫磺胶泥浆锚接法的要点分述于下：

1. 钢板焊接法：上下桩身两段的由钢板和角钢组成的接头，在支模制作以前两端预埋件应事先加工，在支模时与桩身骨架主筋焊牢而组成桩的钢接头方能浇灌混凝土。经正常的制作养护符合打桩要求后方能施工。

当下段沉入土中后，上段的接头与上段焊接时，接头的预埋钢板应保持清洁，接头对接的缝隙应用薄钢板填实焊牢，连接的角钢焊缝要求连续饱满，当连接的角钢的截面强度和焊缝不够时，应在两角之间增加对称的钢板和焊缝，接桩时上下段的中心偏差不得大于 5 毫米，接头挠曲矢高不得大于桩身长度的 1%，也不得大于 20 毫米。为保证焊接过程产生不对称变形，焊接操作时应两面对称同时进行焊接。待焊完后接头全部冷却方可继续施工。

由角钢、钢板焊接组成的钢接头在施工时和使用时不考虑两段桩端混凝土接面的承压作用，接头的角钢，钢板截面和焊缝的厚度和长度按计算决定，除此而外，尚应考 2