



第二章 桩基础工程

主要内容：

钢砼预制桩的预制、起吊、运输和堆放，打桩的施工工艺，泥浆护壁成孔灌注桩、干作业成孔灌注桩、套管成孔灌注桩的施工工艺。



第二章 桩基础工程

学习要求：

- 了解钢筋混凝土预制桩的构造，静力沉桩、振动沉桩和射水沉桩的施工方法；
- 重点掌握锤击法的施工工艺，桩锤的选择，打桩顺序与土质和桩距的关系，产生桩锤回跃、贯入度变化和浮桩的原因，保证质量的技术措施。
- 了解各类成孔灌注桩的工艺原理和施工要点，熟悉灌注桩常易产生质量事故的原因及预防、处理的方法。



第二章 桩基础工程

当天然地基土质不良，无法满足建筑物对地基变形和强度方面的要求时，需要对地基土进行处理或采用桩基础，在工程中常采用桩基础。

桩基础是深基础应用最多的一种基础形式，它由若干个沉入土中的桩和连接桩顶的承台或承台梁组成。

桩的作用是将上部建筑物的荷载传递到深处承载力较强的土层上，或将软弱土层挤密实以提高地基土的承载能力和密实度。



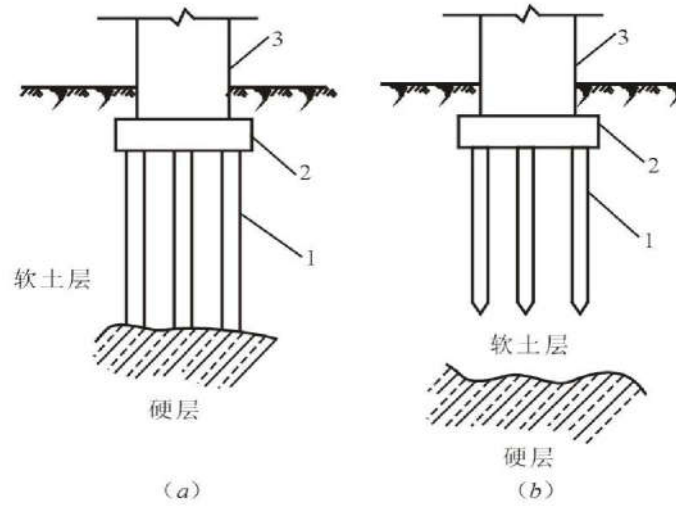
第二章 桩基础工程

桩按受力情况分为端承桩和摩擦桩两种

端承桩是穿过软弱土层而达到坚硬土层或岩层上的桩，上部结构荷载主要由岩层阻力承受；施工时以控制贯入度为主，桩尖进入持力层深度或桩尖标高可作参考。

摩擦桩完全设置在软弱土层中，将软弱土层挤密实，以提高土的密实度和承载能力，上部结构的荷载由桩尖阻力和桩身侧面与地基土之间的摩擦阻力共同承受，施工时以控制桩尖设计标高为主，贯入度可作参考。

第二章 桩基础工程



端承桩和摩擦桩

(a) 端承桩 (b) 摩擦桩

1-桩； 2-承台； 3-柱



第二章 桩基础工程

第一节 钢筋混凝土预制桩施工

钢筋混凝土预制桩：在预制构件厂或施工现场预制，用沉桩设备在设计位置上将其沉入土中，

其特点：坚固耐久，不受地下水或潮湿环境影响，能承受较大荷载，施工机械化程度高，进度快，能适应不同土层施工。

钢筋混凝土预制桩是我国目前广泛采用的一种桩型。



第一节 钢筋混凝土预制桩施工

钢筋混凝土预制桩常用的有方形实心断面桩和预应力混凝土空心管桩断面桩。

钢筋混凝土预制桩施工前，应根据施工图设计要求、桩的类型、成孔过程对土的挤压情况、地质探测和试桩等资料，制定施工方案。其主要内容包括：确定施工方法，选择打桩机械，确定打桩顺序，桩的预制、运输，以及沉桩过程中的技术和安全措施。

钢筋混凝土预制桩施工过程

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



预制管桩

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



柴油锤锤击法施工

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



静载实验

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



挖土机挖承台坑

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



挖后桩头全出来了

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



破桩工序

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



破桩工序

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



破桩后

第一节 钢筋混凝土预制桩施工



铺垫层



第一节 钢筋混凝土预制桩施工

一、桩的制作、起吊、运输、堆放

1、制作

管桩及长度在10m以内的方桩在预制厂制作，较长的方桩在打桩现场制作。

现场预制混凝土桩多用间隔叠浇法施工，桩与桩之间用塑料薄膜、油毡或涂刷隔离剂隔开。桩的重叠层数应根据地面的允许荷载和施工条件确定，一般不宜超过四层。桩与桩之间应做好隔离层，上层桩或邻桩的混凝土灌注，应在下层桩或邻桩混凝土达到设计强度的30%以后方可进行。加工预制桩的场地应坚实、平整。

一、桩的制作、起吊、运输、堆放

钢筋混凝土预制桩所采用的混凝土强度等级不低于C30。预制桩的混凝土浇筑工作应由桩顶向桩尖连续浇筑，不得中断，应防止另一端的砂浆积聚过多，并用振捣棒仔细捣实。混凝土浇筑完毕后应洒水养护不少于7天，如用蒸汽养护，在养护后，还需要进行适当的自然养护，30天后方可使用。

一、桩的制作、起吊、运输、堆放



支模板

一、桩的制作、起吊、运输、堆放



浇筑混凝土

一、桩的制作、起吊、运输、堆放



振捣混凝土

一、桩的制作、起吊、运输、堆放



制作

一、桩的制作、起吊、运输、堆放



制作

一、桩的制作、起吊、运输、堆放



钢筋绑扎

一、桩的制作、起吊、运输、堆放

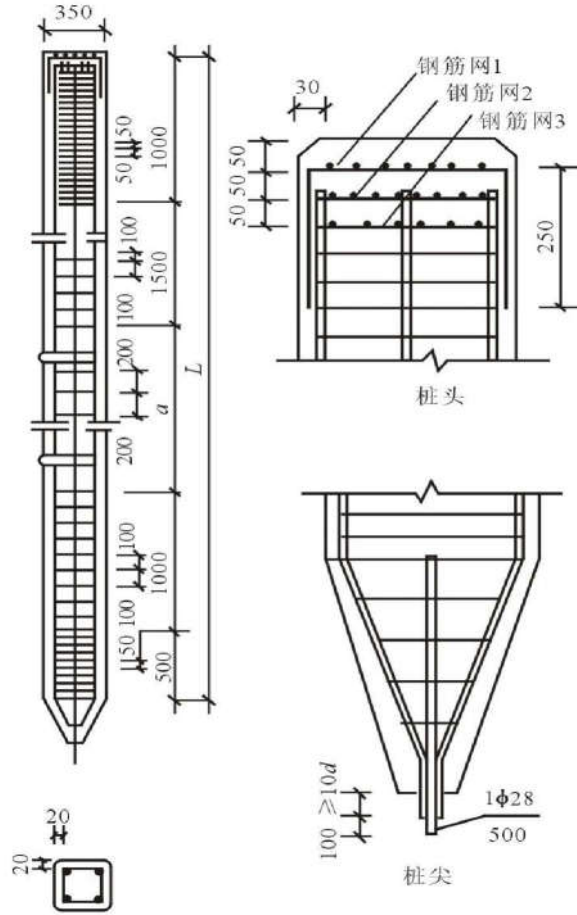
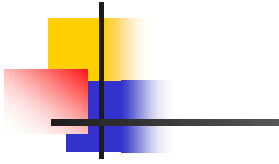
钢筋骨架的主筋连接宜采用对焊；主筋接头配置在同一截面内数量不超过50%；同一根钢筋两个接头的距离应大于 $30d_0$ 并不小于500mm。

桩顶和桩尖直接受到冲击力易产生很高的局部应力，桩顶和桩尖钢筋配置应作特殊处理。[示意图](#)

钢筋骨架制作允许偏差应符合规定。[规定值](#)

钢筋混凝土预制桩的质量检验标准应符合规定。

[规定值](#)



混凝土预制桩



一、桩的制作、起吊、运输、堆放

预制桩钢筋骨架质量检验标准

项	序	检 查 项 目	允许偏差或允许值 (mm)	检查方法
主控项目	1	主筋距桩顶距离	±5	用钢尺量
	2	多节桩锚固钢筋位置	±5	用钢尺量
	3	多节桩预埋铁件	±3	用钢尺量
	4	主筋保护层厚度	±5	用钢尺量
一般项目	1	主筋间距	±5	用钢尺量
	2	桩尖中心线	10	用钢尺量
	3	箍筋间距	±20	用钢尺量
	4	桩顶钢筋网片	±10	用钢尺量
	5	多节桩锚固钢筋长度	±10	用钢尺量



一、桩的制作、起吊、运输、堆放

钢筋混凝土预制桩的质量检验标准

项	序	检 查 项 目	允许偏差或允许值 (mm)		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	桩体质量检验	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
	2	桩位偏差	见本表		用钢尺量
	3	承载力	按基桩检测技术规范		按基桩检测技术规范
一般项目	1	砂、石、水泥、钢材等原材料(现场预制时)	符合设计要求		查出厂质保文件或抽样送检
	2	混凝土配合比及强度(现场预制时)	符合设计要求		检查称量及查试块记录
	3	成品桩外形	表面平整、颜色均匀、掉角深度<10mm, 蜂窝面积小于总面积0.5%		直观



一、桩的制作、起吊、运输、堆放

项	序	检查项目	允许偏差或允许值(mm)		检查方法
			单位	数值	
一般项目	4	成品桩裂缝(收缩裂缝或起吊、装、堆放引起的裂缝)	深度 < 20mm, 宽度 < 0.25mm, 横向裂缝不超过边长的一半		裂缝测定仪, 该基在地下水有侵蚀地区及锤击数超过500击的长桩不适用
	5	成品桩尺寸: 横截面边长	mm	±5	用钢尺量
		桩顶对角线差	mm	<10	用钢尺量
		桩尖中心线	mm	<10	用钢尺量, L为桩长
		桩身弯曲矢高		<L/1000	用钢尺量
		桩顶平整度	mm	<2	用钢尺量
	6	电焊接桩: 焊缝质量			
		电焊结束后停歇时间	min	>1.0	秒表测定
		上下节点平面偏差	mm	<10	用钢尺量
7	节点弯曲矢高		<L/1000	用钢尺量	
	硫磺胶泥接桩: 胶泥浇筑时间	min	<2	秒表测定	
7	浇筑后停歇时间	min	>7	秒表测定	
	8	桩顶标高	mm	±50	水准仪
9	停锤标准	设计要求		现场实测或查沉桩记录	

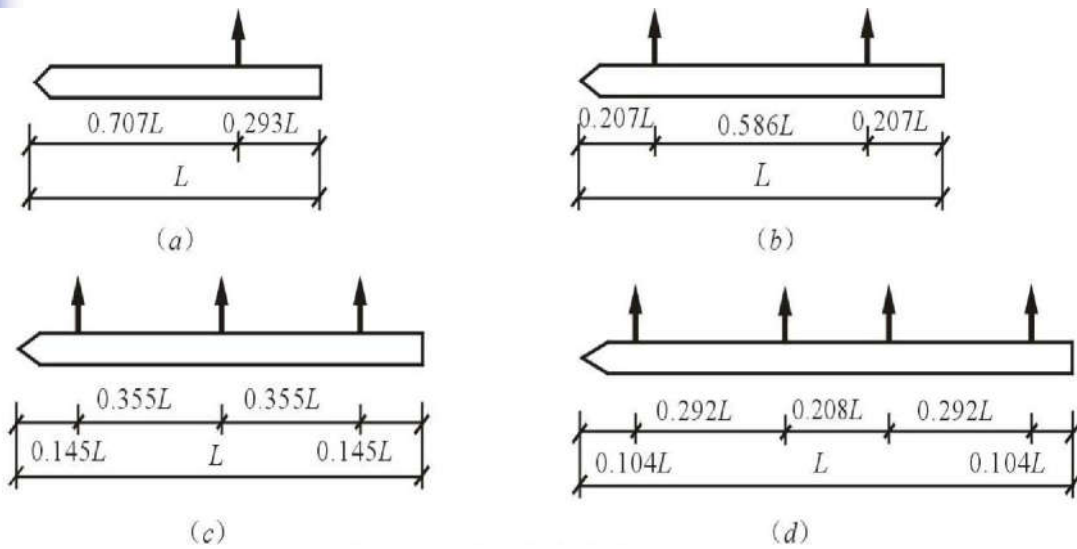
一、桩的制作、起吊、运输、堆放

2、起吊

当桩的混凝土达到设计强度的70%后，方可起吊，起吊和搬运时应用吊索系于设计规定之处，如无吊环，设计又未作规定时，吊点的位置应按照正负弯矩相等的原则确定绑扎点的位置，当一点绑扎不能满足要求时，可采用两点绑扎或三点绑扎。起吊时应平稳提升，采取措施保护桩身质量，防止撞击和震动。

吊点合理位置示意图

一、桩的制作、起吊、运输、堆放



吊点的合理位置

- (a) 一个吊点 (b) 两个吊点
(c) 三个吊点 (d) 四个吊点



一、桩的制作、起吊、运输、堆放

3、运输

打桩前需将桩从制作处运至施工现场堆放或直接运至桩架前以备打桩。达到设计强度的100%后才能运输。

桩的运输方式，长桩的运输可采用平板拖车；短桩可采用载重汽车，当运距较小时，可采用轻便轨道平台车运输。严禁现场以拖拉方式代替装车辆运输。装运时桩的支撑应按设计吊钩位置或接近吊钩位置叠放平稳并垫实，支撑或绑扎牢固，以防运输中晃动或滑动。

一、桩的制作、起吊、运输、堆放

4、堆放

预制桩在桩堆放时，应按规格、桩号分层叠置在平整、坚实的地面上，支承点应设在吊点处，为防止产生附加弯矩，各层垫木应上下对齐，支撑平稳，最下层的垫木应适当加宽，堆放层数不宜超过四层。



第一节 钢筋混凝土预制桩施工

二、锤击法施工

锤击法也称打入法，是利用桩锤落到桩顶上的冲击力来克服土对桩的阻力，使桩沉到预定的深度或达到持力层的一种打桩施工方法。

锤击沉桩是混凝土预制桩常用的沉桩方法，它施工速度快，机械化程度高，适用范围广，但施工时有冲撞噪声和对地表层有振动，在城区和夜间施工有所限制。



二、锤击法施工

1、打桩设备

打桩用的机械设备，主要包括桩锤、桩架及动力设备三部分。

(1) 桩锤

桩锤是对桩施加冲击力，把桩打入土中的机具，锤击沉桩常用的桩锤有落锤、柴油锤、汽锤和振动锤等类型。

1) 落锤

二、锤击法施工

落锤重5-15kN，构造简单，使用方便。用电动卷扬机拉升，拉升高度可根据场地情况进行调整，然后自由落下，夯击桩顶。

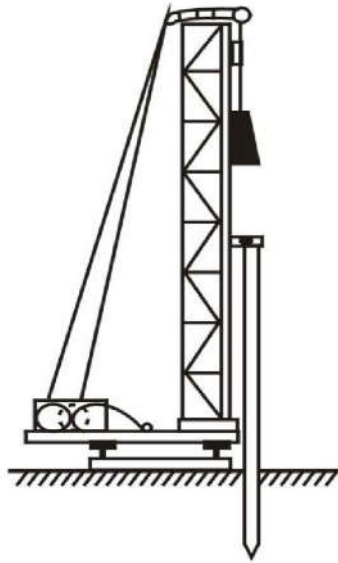
落锤适用于在粘土和含砾石较多的土中打桩。其缺点是锤击速度慢(每分钟约6-20次)，贯入能力低，对桩的损伤较大。 [示意图](#) [动画演示](#)

2) 柴油锤

柴油锤是利用燃油爆炸，推动活塞往复运动进行锤击打桩，每分钟锤击次数约40-80次。 [动画演示](#)



二、锤击法施工



落锤施工





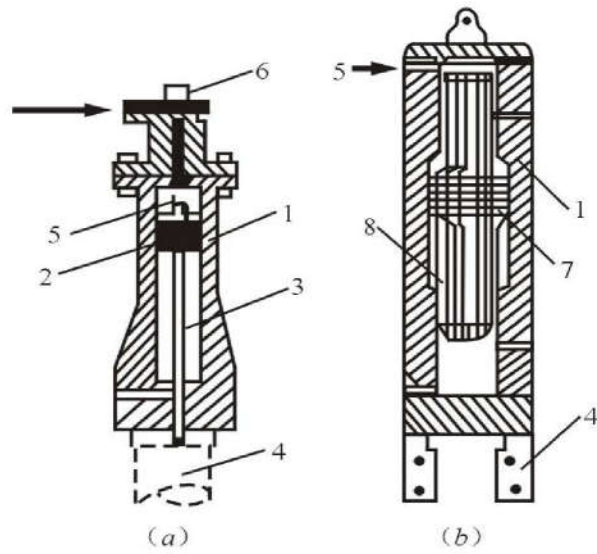
二、锤击法施工

柴油锤具有结构简单，打桩迅速的优点，常用于打设木桩、钢板桩和长度在12m以内的钢筋混凝土桩，但不适用于在硬土和松软土中打桩，而且由于存在噪音、振动和对空气污染等公害，在城市中施工受到一定限制。

3) 蒸汽锤

蒸汽锤是利用蒸汽为动力，使桩体上下运动冲击桩头进行沉桩的。蒸汽锤具有结构简单、动力大、工作可靠的特点，能打各种桩，但需配备锅炉、移动较为麻烦。

二、锤击法施工



汽锤

(a) 单动汽锤；(b) 双动汽锤

1—汽缸；2—活塞；3—活塞杆；4—桩；5—活塞上部
6—换向阀门；7—锤的垫座；8—冲击部分





二、锤击法施工

单动式汽锤的冲击体只在上升时耗用动力，下降靠自重，常用锤重10-150kN，每分钟锤击20-30次。单动式汽锤的落距小，冲击力较大，可以打各种桩。

双动式汽锤的冲击体升降均由蒸汽推动，常用桩锤重6-60kN，每分钟锤击100-200次。双动汽锤冲击次数多，冲击力大，效率高，适用于打各种桩。

4) 振动锤

振动锤是利用机械强迫振动，通过桩帽传到桩上使桩下沉。



二、锤击法施工

用锤击沉桩时，根据施工条件确定桩锤类型后，还应决定桩锤重量。

(2) 桩架

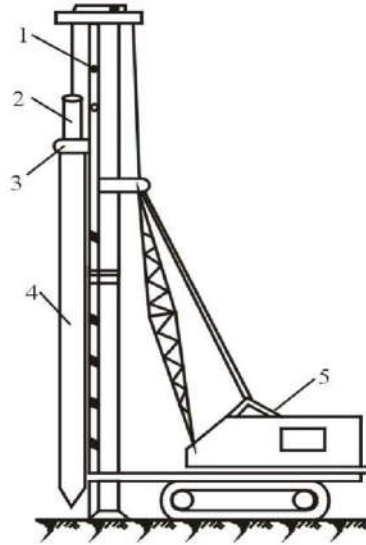
- 桩架是支持桩身和桩锤，在打桩过程中引导桩的方向及维持桩的稳定，并保证桩锤沿着所要求方向冲击的设备。
- 桩架是支持桩身和桩锤，在打桩过程中引导桩的方向及维持桩的稳定，并保证桩锤沿着所要求方向冲击的设备。
- 桩架一般由底盘、导向杆、起吊设备、撑杆等组成。

二、锤击法施工

- 根据桩的长度、桩锤的高度及施工条件等选择桩架和确定桩架高度。桩架高度=桩长+桩锤高度+滑轮组高
- 桩架用钢材制作，按移动方式有滚管式桩架、履带式桩架、轨道式桩架，步履式桩架等。
- 履带式桩架以履带式起重机为主机，配备桩架工作装置而组成。操作灵活，移动方便，适用于各种预制桩和灌注桩的施工。

[示意图](#)

二、锤击法施工



履带式桩架

1-导架；2-桩锤；3-桩帽；4-桩；5-吊车





二、锤击法施工

(3) 动力装置

桩设备的动力装置及辅助设备主要根据选定的桩锤种类而定，落锤以电源为动力。

汽锤以高压饱和蒸气为驱动力时配置蒸汽锅炉、卷扬机等。

采用柴油锤以柴油为能源，桩锤本身由燃烧室，不需外部动力设备。



二、锤击法施工

2、打桩工艺

(1) 工作准备

沉桩前，现场准备工作的内容有：处理障碍物、平整场地、抄平放线、铺设水电管网、沉桩机械设备的进场、安装以及桩的供应等。

(2) 打桩顺序

打桩顺序直接影响到桩基础的质量和施工速度，应根据桩的密集程度(桩距大小)、桩的规格、长短、桩的设计标高、工作面布置、工期要求等综合考虑，合理确定打桩顺序。

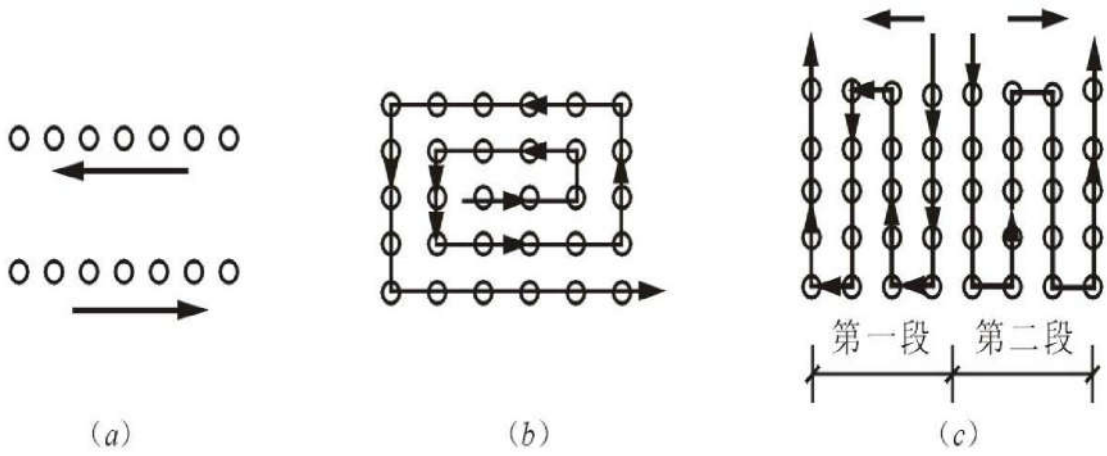
二、锤击法施工

根据桩的密集程度，打桩顺序一般分为逐段打设、自中部向四周打设和由中间向两侧打设三种。[示意图](#)

逐排打法它会使土壤向一个方向挤压，导致土壤挤压不均匀，使后面的桩打入深度因此而逐渐减小，最终会引起建筑物的不均匀沉降。自边缘向中央打，则中间部分土壤挤压密实，不仅使桩难以打入，而且打中间桩时，还有可能使外侧各桩被挤压浮起，同样影响桩基质量。



二、锤击法施工



打桩顺序

(a) 逐排打设 (b) 自中间向四周打设 (c) 由中间向两侧打设





二、锤击法施工

当桩的中心距不大于4倍桩的直径或边长时，应由中间向两侧对称施打，或由中间向四周施打。

当桩的中心距大于4倍桩的边长或直径时，可采用上述两种打法，或逐排单向打设。

根据基础的设计标高和桩的规格，宜按先深后浅，先大后小，先长后短的顺序进行打桩施工，这样可以使土层挤密均匀以防止桩移位或偏斜。若桩间距大于或等于4倍的桩径，则打桩顺序则不会影响到桩的成桩质量。



二、锤击法施工

(3) 打桩方法


- 打桩机就位时，桩架应垂直平稳，导杆中心线与打桩方向一致。
- 桩开始打入时，应控制锤的落距，采用短距轻击；待桩入土一定深度(1-2m)稳定以后，再以规定落距施打。
- 桩的施打原则是重锤低击，这样桩锤对桩头的冲击小，回弹也小，桩头不易损坏，大部分能量都用于克服桩身与土的摩阻力和桩尖阻力上，桩能较快地沉入土中。

二、锤击法施工

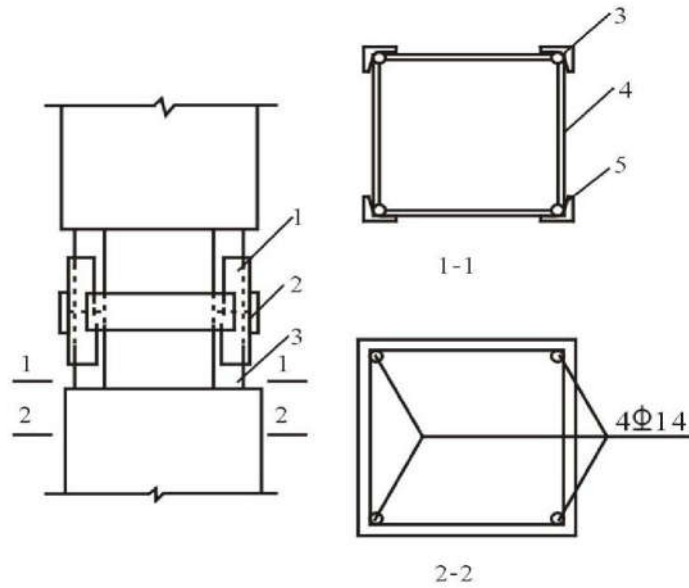
(4) 接桩方法

预制桩有时设计长达30-40m，但受桩架有效高度、现场堆放、运输、吊装能力限制，只能分节制作，逐步打入，现场进行接桩。接桩方法有焊接接桩、法兰接桩和硫磺胶泥焊接桩三种。前两种适用于各种土层，后一种适用于软土层。

1) 焊接接桩

适用于单桩承载力高、长细比大、桩基密集或须穿过一定厚度较硬土层、沉桩较困难的桩。预埋铁件表面应清洁，上、下节桩之间缝隙应用铁片填实焊牢，焊接时应先将四角点焊固定，然后对称焊接，焊缝应连续饱满，确保焊缝的质量和尺寸要求。 

二、锤击法施工



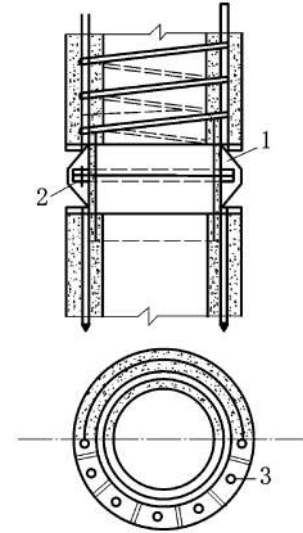
焊接法接桩



二、锤击法施工

2) 法兰接桩

主要用于混凝土管桩法兰盘和螺栓组成，接桩速度快，但法兰盘制作工艺较复杂，用钢量大。



管桩法兰接桩节点构造

1—法兰盘；2—螺栓；3—螺栓孔



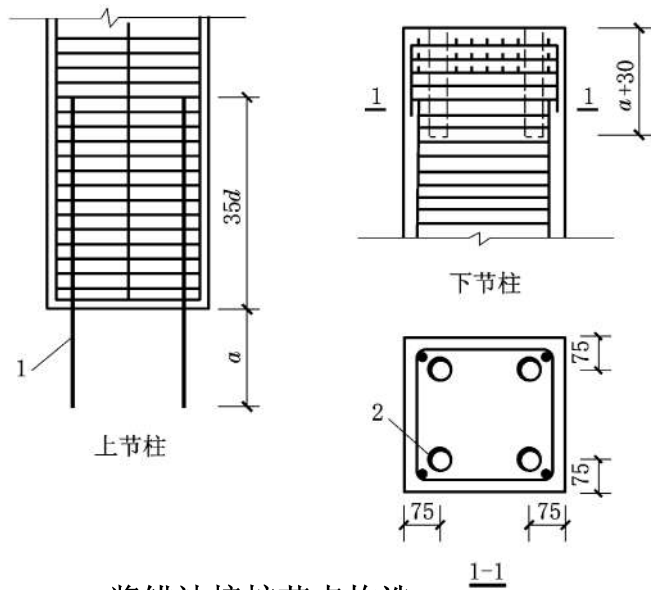
二、锤击法施工

3) 浆锚法接桩

浆锚法接桩即硫磺胶泥锚接的方法是将熔化的硫磺胶泥注满锚筋孔并溢出桩面，然后迅速将上端桩对准落下，胶泥冷却后即可继续施打。比前几种接头形式接桩简便快速。

[示意图](#)

二、锤击法施工



浆锚法接桩节点构造

1—锚筋；2—锚筋孔



二、锤击法施工



浆锚法接桩





二、锤击法施工

(5) 打桩质量要求和测量记录

1) 打桩质量要求

端承桩最后贯入度不大于设计规定贯入度数值时，桩端设计标高可作参考；摩擦桩端标高达到设计规定的标高范围时，贯入度可作参考。

打(压)入桩(预制混凝土方桩、先张法预应力管桩、钢桩)的桩位偏差，必须[符合规定](#)。



二、锤击法施工

预制桩(钢桩)桩位的允许偏差

项	项 目	允许偏差 (mm)
1	盖有基础梁的桩： (1) 垂直基础梁的中心线 (2) 沿基础梁的中心线	100+0.01H 150+0.01H
2	桩数为1~3根桩基中的桩	100
3	桩数为4~16根桩基中的桩	1/2桩径或边长
4	桩数大于16根桩基中的桩： (1) 最外边的桩 (2) 中间桩	1/3桩径或边长 1/2桩径或边长

二、锤击法施工

2) 测量记录

打桩属于隐蔽工程, 为确保工程质量, 应对每根桩施工过程进行观测, 并做好详细记录, 作为验收时签证的依据。

混凝土预制桩施工记录

施工单位 _____		工程名称 _____							
打桩小组 _____		桩规格及长度 _____							
桩锤类型及冲击部分质量 _____		自然地面标高 _____							
桩帽质量 _____ 气候 _____		桩顶设计标高 _____							
编 号	打桩日期	桩入土每米锤击次数				落距 (mm)	桩顶高出或 低于设计标高 (m)	最后贯入度 (mm/10 击)	备 注
		1	2				
工程负责人 _____					记录 _____				



二、锤击法施工

(6) 打桩施工常见问题的分析

在打桩施工过程中会遇见各种各样的问题，例如桩顶破碎，桩身断裂，桩身位移、扭转、倾斜，桩锤跳跃，桩身严重回弹等。

发生这些问题的原因有钢筋混凝土预制桩制作质量、沉桩操作工艺和复杂土层等三个方面的原因。

工程及施工验收规范规定，打桩过程中如遇到上述问题，都应立即暂停打桩，施工单位应与勘察、设计单位共同研究，查明原因，提出明确的处理意见，采取相应的技术措施后，方可继续施工。



二、锤击法施工

1) 桩顶破碎

打桩时，桩顶直接受到桩锤的冲击而产生很高的局部应力，如果桩顶钢筋网片配置不当、混凝土保护层过厚、桩顶平面与桩的中心轴线不垂直及桩顶不平整等制作质量问题都会引起桩顶破碎。在沉桩工艺方面，若桩垫材料选择不当、厚度不足，桩锤施打偏心或施打落距过大等也会引起桩顶破碎。

[示意图](#)

2) 桩身被打断

制作时，桩身有较大的弯曲凸肚，局部混凝土强度不足，在沉桩时桩尖遇到硬土层或孤石等障碍物，增大落距，反复过度冲击等都可能引起桩身断裂。

二、锤击法施工



桩顶破碎





二、锤击法施工

3) 桩身位移、扭转或倾斜

桩尖四棱锥制作偏差大，桩尖与桩中心线不重合的制作原因，桩架倾斜，桩身与桩帽、桩锤不在同一垂线上的施工操作原因以及桩尖遇孤石等都会引起桩身位移、扭转或倾斜。

4) 桩锤回跃，桩身回弹严重

选择桩锤较轻，能引起较大的桩锤回跃；桩尖遇到坚硬的障碍物时，桩身则严重回弹。



二、锤击法施工

(7) 桩头的处理

在打完各种预制桩开挖基坑时，按设计要求的桩顶标高将桩头多余的部分截去。截桩头时不能破坏桩身，要保证桩身的主筋伸入承台，长度应符合设计要求。当桩顶标高在设计标高以下时，在桩位上挖成喇叭口，凿掉桩头混凝土，剥出主筋并焊接接长至设计要求长度，与承台钢筋绑扎在一起，用桩身同强度等级的混凝土与承台一起浇筑接长桩身。



二、锤击法施工

(8) 打桩对周围环境的影响

沉入土中桩体的体积会对周围的土产生挤压并对周围环境带来一系列危害，主要有挤土作用、振动、超静水压力、噪声。为避免和减轻打桩对周围环境产生的危害可采取控制打桩速度、选择合理的打桩顺序（一般在打桩的推进方向挤土较严重，为此，宜背向保护对象向前推进打桩）、挖防振沟（在打桩区与被保护对象之间挖沟，此沟可隔断浅层内的振动波，对防振有益可减轻挤土影响和超静水压力的影响），埋设塑料排水板或袋装砂井（可人为造成竖向排水通道，易于排除高压力的地下水，使土中水压力降低）

第一节 钢筋混凝土预制桩施工

三、静力压桩

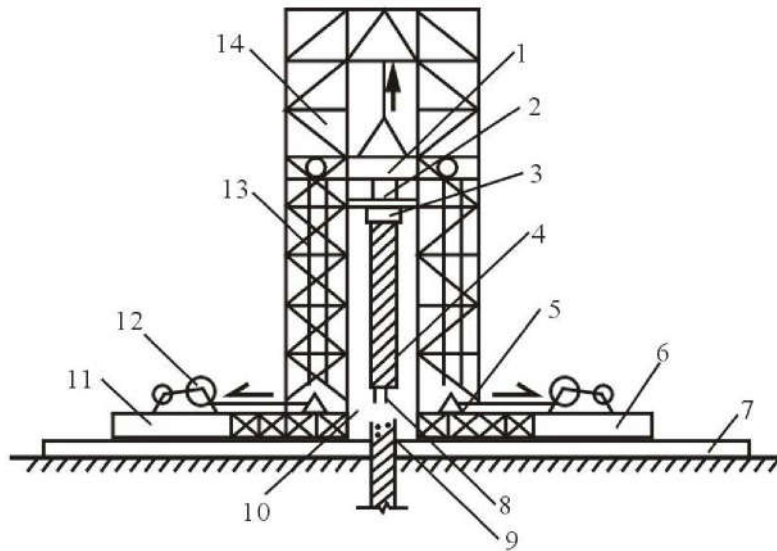
静力压桩是利用无噪声、无振动的静压力将桩压入土中，常用于土质均匀的软土地基的沉桩施工。

静力压桩是利用压桩架的自重和配重，通过卷扬机牵引，由钢丝绳、滑轮和压梁，将整个桩机的重力(800-1500kN)反压在桩顶上，以克服桩身下沉时与土的摩擦力，迫使预制桩下沉。

其特点是：桩机全部采用液压装置驱动，压力大，自动化程度高，纵横移动方便，运转灵活；桩定位精确，不易产生偏心，可提高桩基施工质量；施工时不产生噪声、振动和污染。

[示意图](#)

三、静力压桩



静力压桩机示意图

- 1—活动压梁；2—油压表；3—桩帽；4—上段桩；
- 5—加重物仓；6—底盘；7—轨道；8—上段接桩锚筋；
- 12—卷扬机；13—加压钢绳滑轮组；14—桩架导向笼



三、静力压桩



静力压桩





三、静力压桩

可避免锤击应力打碎桩头，桩截面可以减小，混凝土强度等级可降低1-2级，配筋比锤击法可省40%；效率高、施工速度快，压桩速度每分钟可达2m，正常情况下比锤击法可缩短工期1 / 3。但存在压桩设备较笨重，要求边桩中心到已有建筑物间的距离较大，压桩力受一定限制。

压桩应连续进行，如需接桩，可压至桩顶离地面0.8-1.0m用硫磺砂浆锚接，一般在下部桩留 $\phi 50\text{mm}$ 锚孔，上部桩顶伸出锚筋。

压桩时的终止条件：对于摩擦桩，按照设计桩长进行控制，对于端承桩，按终压力值进行控制。



第一节 钢筋混凝土预制桩施工

四、振动沉桩

振动沉桩是利用固定在桩顶部的振动器所产生的激振力，通过桩身使土颗粒受迫振动，使其改变排列组织，产生收缩和位移，这样桩表面与土层间的摩擦力就减少，桩在自重和振动力共同作用下沉入土中。

适用于在粘土、松散砂土及黄土和软土中沉桩。



第一节 钢筋混凝土预制桩施工

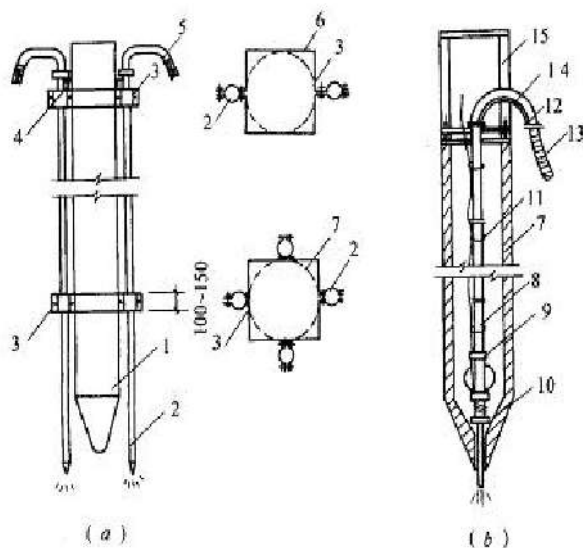
五、射水沉桩法

射水法沉桩又称水冲法沉桩，是将射水管附在桩身上，用高压水流束将桩尖附近的土体冲松液化，以减少土对桩端的正面阻力，同时水流及土的颗粒沿桩身表面涌出地面，减少了土与桩身的摩擦力，使桩借自重（或稍加外力）沉入土中。

射水法沉桩的特点是：当在坚实的砂土中沉桩，桩难以打下或久打不下时，使用射水法可防止将桩打断，或桩头打坏；比锤击法可提高工效2-4倍，节省时间，加快工程进度。

本法最适用于坚实砂土或砂砾石土层，在粘性土中亦可使用。

五、射水沉桩法



(a) 外射水管; (b) 内射水管

- 1—预制实心桩; 2—外射水管; 3—夹箍; 4—木楔打紧; 5—胶管; 6—两侧外射水管夹箍; 7—管柱; 8—射水管;
9—导向环; 10—挡砂板; 11—保险钢丝绳; 12—弯管; 13—胶管; 14—电焊圆钢加强; 15—输送桩



第二章 桩基础工程

第二节 混凝土灌注桩施工

灌注桩：直接在桩位上用机械成孔或人工挖孔，在孔内安放钢筋、灌注混凝土而成型的桩。

与预制桩相比，灌注桩具有不受地层变化限制，不需要接桩和截桩，节约钢材、振动小、噪声小等特点。

灌注桩按成孔方法分为泥浆护壁成孔灌注桩、沉管灌注桩、干作业钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩等。

第二节 混凝土灌注桩施工

一、干作业钻孔灌注桩

干作业钻孔灌注桩施工过程。 [示意图](#)

干作业成孔一般采用螺旋钻机钻孔。螺旋钻头外径分别为 $\Phi 400\text{mm}$ 、 $\Phi 500\text{mm}$ 、 $\Phi 600\text{mm}$ ，钻孔深度相应为12m、10m、8m。 [螺旋钻机](#)

适用于成孔深度内没有地下水的一般粘土层、砂土及人工填土地基，不适于有地下水的土层和淤泥质土。

钻机就位后，钻杆垂直对准桩位中心，开钻时先慢后快，减少钻杆的摇晃，及时纠正钻孔的偏斜或位移。



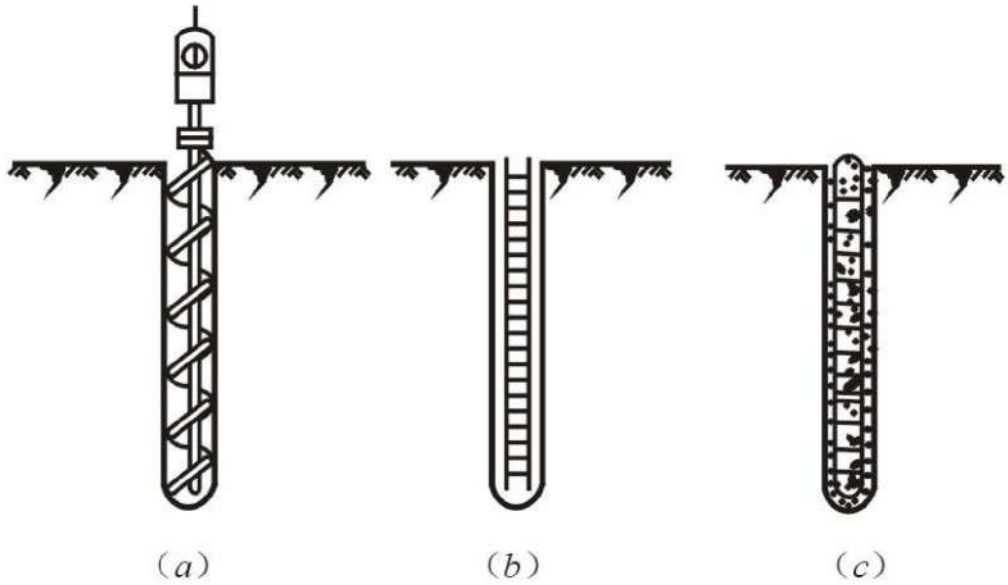
一、干作业钻孔灌注桩



螺旋钻机



一、干作业钻孔灌注桩



螺旋钻机钻孔灌注桩施工过程示意图

(a) 钻机进行钻孔；(b) 放入钢筋骨架；(c) 浇筑混凝土

[动画演示](#)





一、干作业钻孔灌注桩

钻孔至规定要求深度后，进行孔底清土。清孔的目的是将孔内的浮土、虚土取出，减少桩的沉降。方法是钻机在原深处空转清土，然后停止旋转，提钻卸土。

钢筋骨架的主筋、箍筋、直径、根数、间距及主筋保护层均应符合设计规定，绑扎牢固，防止变形。用导向钢筋送入孔内，同时防止泥土杂物掉进孔内。

钢筋骨架就位后，应立即灌注混凝土，以防塌孔。灌注时，应分层浇筑、分层捣实，每层厚度50-60cm。灌注混凝土至桩顶时，应适当超过桩顶设计标高，以保证在凿除浮浆层后，桩顶标高和质量能符合设计要求。



第二节 混凝土灌注桩施工

二、泥浆护壁成孔灌注桩

泥浆护壁成孔是利用泥浆保护稳定孔壁的机械钻孔方法。它通过循环泥浆将切削碎的泥石渣屑悬浮后排出孔外，适用于有地下水和无地下水的土层。

成孔机械有潜水钻机、冲击钻机、冲抓锥等。

泥浆护壁成孔灌注桩的施工工艺流程：测定桩位、埋设护筒、桩机就位、制备泥浆、机械(潜水钻机、冲击钻机等)成孔、泥浆循环出渣、清孔、安放钢筋骨架、浇筑水下混凝土。



二、泥浆护壁成孔灌注桩

1、埋设护筒和制备泥浆

(1) 埋设护筒

钻孔前，在现场放线定位，按桩位挖去桩孔表层土，并埋设护筒。护筒高2m左右，上部设1-2个溢浆孔，是用厚4-8mm钢板制成的圆筒，其内径应大于钻头直径200mm。

护筒的作用是定位、保护孔口、维持水头。



二、泥浆护壁成孔灌注桩

(2) 制备泥浆

在钻孔过程中，向孔中注入相对密度为1.1-1.5的泥浆，使桩孔内孔壁土层中的孔隙渗填密实，避免孔内漏水，保持护筒内水压稳定；泥浆相对密度大，加大了孔内的水压力，可以稳固孔壁，防止塌孔；通过循环泥浆可将切削的泥石渣悬浮后排出，起到携砂、排土的作用。

泥浆作用：保护孔壁、防止塌陷、排出土渣及冷却与润滑钻头的作用。



二、泥浆护壁成孔灌注桩

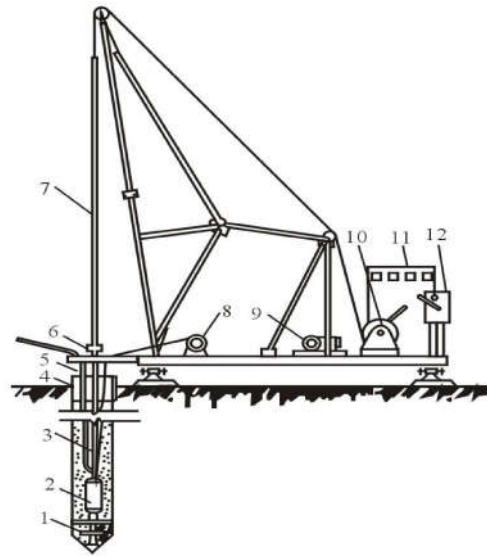
2、成孔

(1) 潜水钻机成孔

潜水钻机是一种旋转式钻孔机，其防水电机变速机构和钻头密封在一起，由桩架及钻杆定位后可潜入水泥浆中钻孔。注入泥浆后通过正循环或反循环排渣法将孔内切削土粒、石渣排至孔外。

[示意图](#)

二、泥浆护壁成孔灌注桩



潜水钻机钻孔示意图

- 1—钻头；2—潜水钻机；3—电缆；4—护筒；5—水管；
6—滚轮(支点)；7—钻杆；8—电缆盘；9—5kN卷扬机；
10—10kN卷扬机；11—电流电压表；12—启动开关

二、泥浆护壁成孔灌注桩

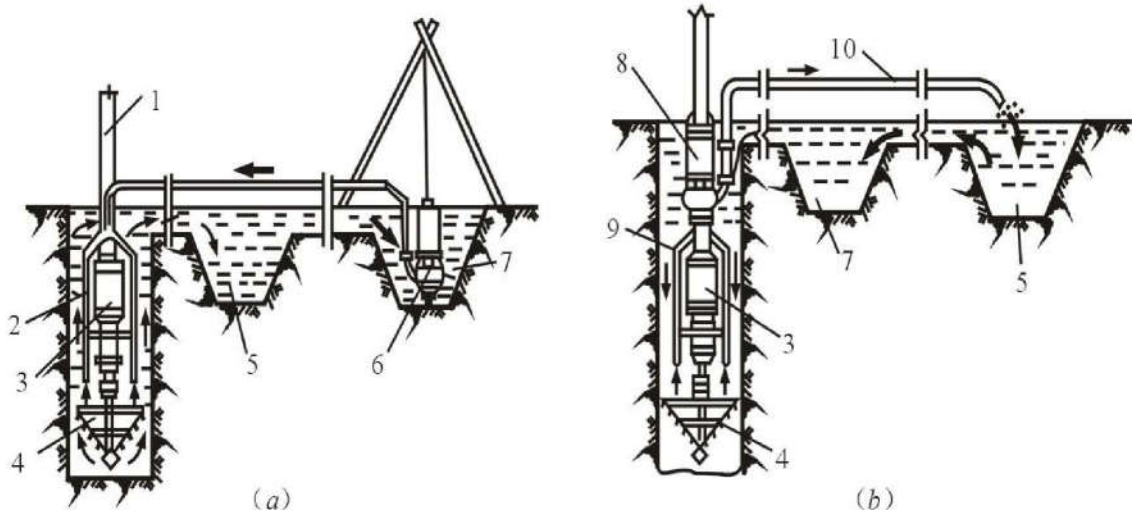
潜水钻机成孔排渣有正循环排渣和泵举反循环排渣两种方式。

正循环排渣法:在钻孔过程中，旋转的钻头将碎泥渣切削成浆状后，利用泥浆泵压送高压泥浆，经钻机中心管、分叉管送入到钻头底部强力喷出，与切削成浆状的碎泥渣混合，携带泥土沿孔壁向上运动，从护筒的溢流孔排出。

泵举反循环排渣法:砂石泵随主机一起潜入孔内，直接将切削碎泥渣随泥浆抽排出孔外，其泥浆上升的速度较高，排防的土渣能力大，但对土质较差或易塌孔的土层慎用。

[示意图](#)

二、泥浆护壁成孔灌注桩



循环排渣方法

(a) 正循环排渣；(b) 泵举反循环排渣

1—钻杆；2—送水管；3—主机；4—钻头；5—沉淀池；6—潜水泥浆泵；
7—泥浆池；8—砂石泵；9—抽渣管；10—排渣胶管

[动画演示（正循环）](#)

[动画演示（反循环）](#)

[动画演示（泥浆循环过程）](#)



二、泥浆护壁成孔灌注桩

(2) 冲击钻成孔

冲击钻机通过机架、卷扬机把带刃的重钻头（冲击锤）提高到一定高度，靠自由下落的冲击力切削破碎岩层或冲击土层成孔。

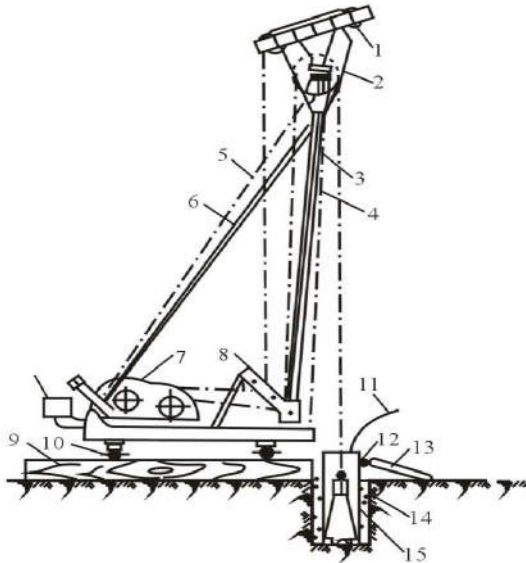
[示意图](#)

冲孔前应埋设钢护筒，并准备好护壁材料。

冲击钻头形式有十字形、工字形、人字形等，一般常用十字形冲击钻头。

[示意图](#)

二、泥浆护壁成孔灌注桩

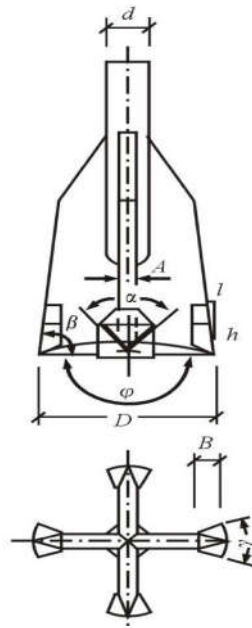


简易冲击钻孔机示意图

- 1—副滑轮；2—主滑轮；3—主杆；4—前拉索
5—后拉索；6—斜撑；7—双滚筒卷扬机；8—导向轮；
9—垫木；10—钢管；11—供浆管；12—溢流口；
13—泥浆渡槽；14—护筒回填土；15—钻头



二、泥浆护壁成孔灌注桩



十字形冲头示意图





二、泥浆护壁成孔灌注桩

冲击钻机就位后，校正冲锤中心对准护筒中心，在冲程0.4-0.8m范围内应低提密冲，并及时加入泥浆护壁，直至护筒下沉3-4m以后，冲程可以提高到1.5-2.0m，转入正常冲击，随时测定并控制泥浆相对密度。

施工中，应经常检查钢丝绳损坏情况，卡机松紧程度和转向装置是否灵活，以免掉钻。

二、泥浆护壁成孔灌注桩

(3) 冲抓锥成孔

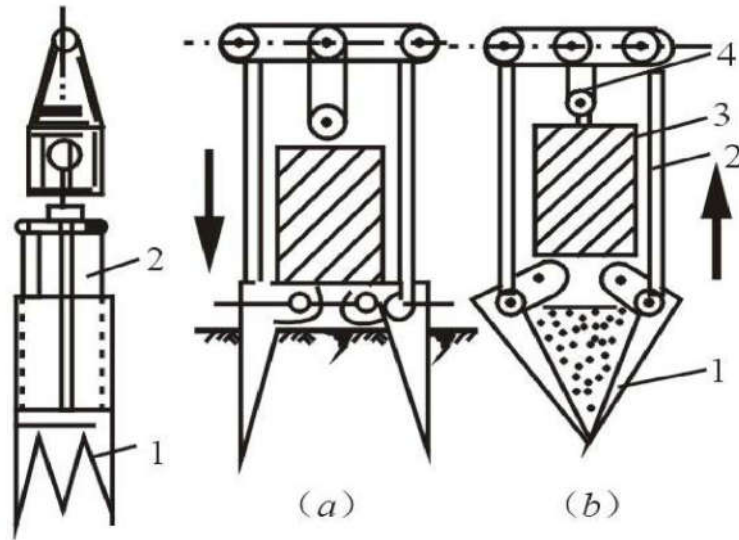
冲抓锥锥头上有一重铁块和活动抓片，通过机架和卷扬机将冲抓锥提升到一定高度，下落时松开卷筒刹车，抓片张开，锥头便自由下落冲入土中，然后开动卷扬机提升锥头，这时抓片闭合抓土。冲抓锥整体提升至地面上卸去土渣，依次循环成孔。

冲抓锥成孔施工过程、护筒安装要求、泥浆护壁循环等与冲击成孔施工相同。

适用于松软土层(砂土、粘土)中冲孔，但遇到坚硬土层时宜换用冲击钻施工。

[示意图](#)

二、泥浆护壁成孔灌注桩



冲抓锥头

(a) 抓土；(b) 提土

1—抓片；2—连杆；3—压重；4—滑轮组





二、泥浆护壁成孔灌注桩

3、清孔

- 清孔即清除孔底沉渣、淤泥浮土，以减少桩基的沉降量，提高承载能力。
- 泥浆护壁成孔清孔时，对于土质较好不易坍塌的桩孔，可用空气吸泥机清孔，气压为0.5MPa，使管内形成强大高压气流向上涌，同时不断地补足清水，被搅动的泥渣随气流上涌从喷口排出，直至喷出清水为止。
- 对于稳定性较差的孔壁应采用泥浆循环法清孔或抽筒排渣，清孔后的泥浆相对密度应控制在1.15-1.25。

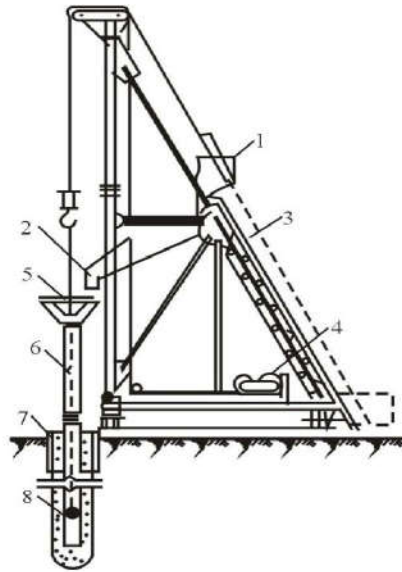
二、泥浆护壁成孔灌注桩

4、浇筑混凝土

- 泥浆护壁成孔灌注混凝土的浇筑是在水中或泥浆中进行的，故称为浇筑水下混凝土。
- 水下混凝土宜比设计强度提高一个强度等级，必须具备良好的和易性，配合比应通过试验确定。
- 水下混凝土浇筑常用导管法，浇筑时先将导管内及漏斗灌满混凝土，其量保证导管下端一次埋入混凝土面以下0.8m以上，然后剪断悬吊隔水栓的钢丝，混凝土拌和物在自重作用下迅速排出球塞进入水中。

[示意图](#)

二、泥浆护壁成孔灌注桩



水下浇筑混凝土

- 1—上料斗；2—贮料斗；3—滑道；4—卷扬机；
5—漏斗；6—导管；7—护筒；8—隔水栓

第二节 混凝土灌注桩施工

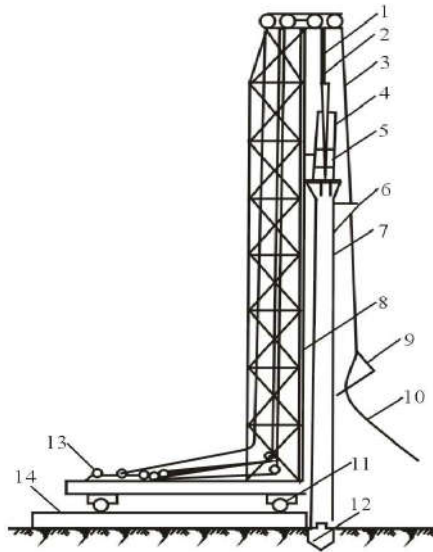
三、沉管灌注桩

沉管灌注桩是利用锤击打桩设备或振动沉桩设备，将带有钢筋混凝土的桩尖(或钢板靴)或带有活瓣式桩靴的钢管沉入土中(钢管直径应与桩的设计尺寸一致)，造成桩孔，然后放入钢筋骨架并浇筑混凝土，随之拔出套管，利用拔管时的振动将混凝土捣实，便形成所需要的灌注桩。

利用锤击沉桩设备沉管、拔管成桩，称为锤击沉管灌注桩；利用振动器振动沉管、拔管成桩，称为振动沉管灌注桩。

[示意图](#)

三、沉管灌注桩

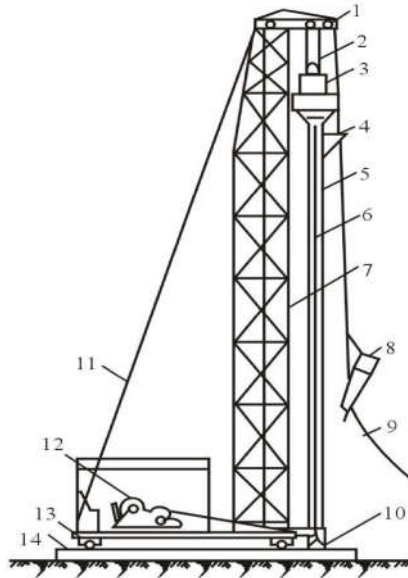


锤击沉管灌注桩机械设备示意图

- 1—桩锤钢丝绳；2—桩管滑轮组；3—吊斗钢丝绳；
- 4—桩锤；5—桩帽；6—混凝土漏斗；7—桩管；
- 8—桩架；9—混凝土吊斗；10—回绳；11—行驶用钢管；
- 12—预制桩靴；13—卷扬机；14—枕木



三、沉管灌注桩



振动沉管灌注桩桩机示意图

- 1—导向滑轮；2—滑轮组；3—激振器；4—混凝土漏斗；
- 5—桩管；6—加压钢丝绳；7—桩架；8—混凝土吊斗；
- 9—回绳；10—活瓣桩靴；11—缆风绳；12—卷扬机；
- 13—行使用钢管；14—枕木





三、沉管灌注桩

为了提高桩的质量和承载能力，常采用单打法、复打法等施工工艺。

单打法(又称一次拔管法)：拔管时，每提升0.5-1.0m，振动5-10s，然后再拔管0.5-1.0m，这样反复进行，直至全部拔出。

复打法：在同一桩孔内连续进行两次单打，或根据需要进行局部复打。施工时，应保证前后两次沉管轴线重合，并在混凝土初凝之前进行。

[动画演示](#)

三、沉管灌注桩

1、锤击沉管灌注桩

锤击沉管灌注桩适宜于一般粘性土、淤泥质土和人工填土地基。

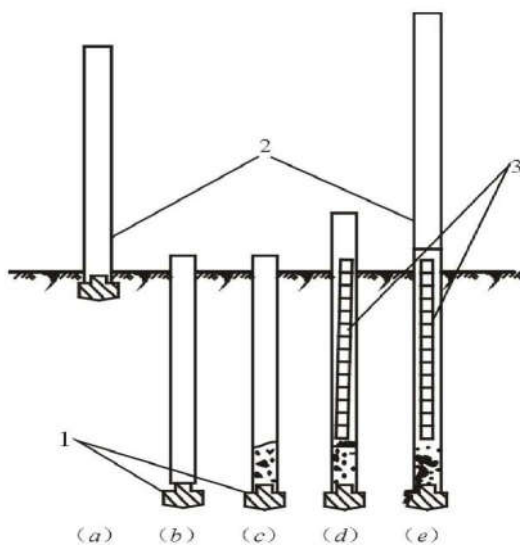
[施工过程示意图](#)

锤击沉管灌注桩施工要点：

- 桩尖与桩管接口处应垫麻(或草绳)垫圈，以防地下水渗入管内。沉管时先用低锤锤击，观察无偏移后，才正常施打。
- 拔管前，应先锤击或振动套管，在测得混凝土确已流出套管时方可拔管。



三、沉管灌注桩



沉管灌注桩施工过程

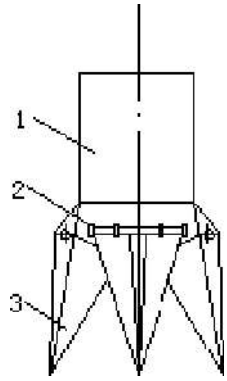
- (a) 就位；(b) 沉钢管；(c) 开始灌注混凝土；
 - (d) 下钢筋骨架继续浇筑混凝土；(e) 拔管成型
- 1—桩靴；2—钢管；3—钢筋



三、沉管灌注桩

- ▶ 桩管内混凝土尽量填满，拔管时要均匀，保持连续密锤轻击，并控制拔管速度，一般土层以不大于 $1\text{m}/\text{min}$ 为宜，软弱土层与软硬交界处，应控制在 $0.8\text{m}/\text{min}$ 以内为宜。
- ▶ 在管底未拔到桩顶设计标高前，倒打或轻击不得中断，注意使管内的混凝土保持略高于地面，并保持到全管拔出为止。
- ▶ 桩的中心距在5倍桩管外径以内或小于 2m 时，均应跳打施工；中间空出的桩须待邻桩混凝土达到设计强度的50%以后，方可施打。

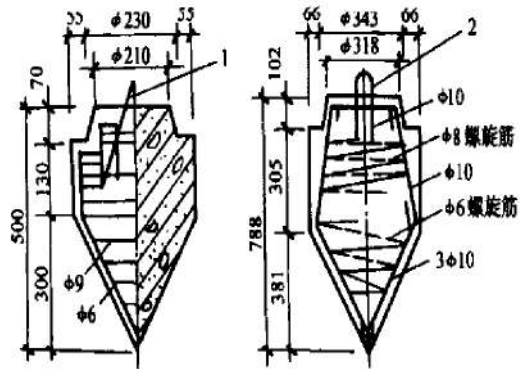
三、沉管灌注桩



活瓣桩尖

1—桩管；2—锁轴；3—活瓣

三、沉管灌注桩



混凝土桩尖



三、沉管灌注桩

2、振动沉管灌注桩

振动沉管灌注桩采用激振器或振动冲击沉管。

[动画演示](#)

反插法：钢管每提升0.5m，再下插0.3m，这样反复进行，直至拔出，进行时始终保持振动。

复打法与锤击沉管灌注桩相同。



三、沉管灌注桩

3、沉管灌注桩容易出现的质量问题及处理方法

(1) 颈缩

颈缩：指桩身的局部直径小于设计要求的现象。

原因：当在淤泥和软土层沉管时，由于受挤压的土壁产生空隙水压，拔管后便挤向新灌注的混凝土，桩局部范围受挤压形成颈缩。当拔管过快或混凝土量少，或混凝土拌和物和易性差时，周围淤泥质土趁机填充过来，也会形成颈缩。

[动画演示](#)



三、沉管灌注桩

处理方法：拔管时应保持管内混凝土面高于地面，使之具有足够的扩散压力，混凝土坍落度应控制在50-70mm。拔管时应采用复打法，并严格控制拔管的速度。



三、沉管灌注桩

(2) 断桩

断桩：指桩身局部分离或断裂，更为严重的是一段桩没有混凝土。

原因：桩距离太近，相邻桩施工时混凝土还未具备足够的强度，已形成的桩受挤压而断裂。

处理方法：施工时，控制中心距离不小于4倍桩径；确定打桩顺序和行车路线，减少对新灌注混凝土桩的影响。采用跳打法或等已成型的桩混凝土达到60%设计强度后，再进行下根桩的施工。



三、沉管灌注桩

(3) 吊脚桩

吊脚桩：指桩底部混凝土隔空或松软，没有落实到孔底地基土层上的现象。

原因：当地下水压力大时，或预制桩尖被打坏，或桩靴活瓣缝隙大时，水及泥浆进入套筒钢管内，或由于桩尖活瓣受土压力，拔管至一定高度才张开，使得混凝土下落，造成桩脚不密实，形成松软层。 [动画演示](#)

处理方法：为防止活瓣不张开，开始拔管时，可采用密张慢拔的方法，对桩脚底部进行局部反插几次，然后再正常拔管。桩靴与套管接口处使用性能较好的垫衬材料，防止地下水及泥浆的渗入。



三、沉管灌注桩

(4) 混凝土灌注过量

如果灌注时混凝土用量比正常情况下大1倍以上，这可能是由于孔底有洞穴，或者在饱和淤泥中施工时，土体受到扰动，强度大大降低，在混凝土侧压力作用下，桩身扩大而混凝土用量增大所造成的。施工前应详细了解现场地质情况，对于在饱和淤泥软土中采用沉管灌注桩时，应先打试桩。若发现混凝土用量过大时，应与设计单位联系，改用其他桩型。

第二节 混凝土灌注桩施工

四、人工挖孔大直径灌注桩

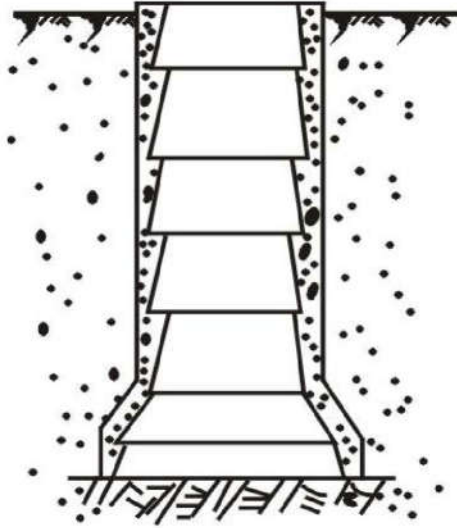
大直径灌注桩是采用人工挖掘方法成孔，放置钢筋笼，浇筑混凝土而成的桩基础，也称墩基础。它由承台、桩身和扩大头组成，穿过深厚的软弱土层而直接坐落在坚硬的岩石层上。

[示意图](#)

这种施工方法的优点是桩身直径大，承载能力高；施工时可在孔内直接检查成孔质量，观察地质土质变化情况；桩孔深度由地基土层实际情况控制，桩底清孔除渣彻底、干净，易保证混凝土浇筑质量。



四、人工挖孔大直径灌注桩



人工挖孔大直径灌注桩





四、人工挖孔大直径灌注桩

采用分段开挖、分段浇筑混凝土护壁，既能防止孔壁坍塌，又能起到防水作用。

桩孔采取分段开挖，每段高度取决于土壁直立状态的能力，一般0.5-1.0m为一施工段，开挖井孔直径为设计桩径加混凝土护壁厚度。



四、人工挖孔大直径灌注桩

施工注意事项

- 桩孔中心线平面位置偏差不宜超过50mm，桩的垂直度偏差不得超过0.5%，桩径不得小于桩设计直径。
- 挖掘成孔区内，不得堆放余土和建筑材料，并防止局部集中荷载和机械振动。
- 桩基础一定要坐落在设计要求的持力层上，桩孔的挖掘深度应由设计人员根据现场地基土层的实际情况决定。

四、人工挖孔大直径灌注桩

- 人工挖掘成孔应连续施工，成孔验收后立即进行混凝土浇筑。
- 认真清除孔底浮渣余土，排净积水，浇筑过程中防止地下水流入。
- 人工挖掘成孔过程中，应严格按操作规程施工。
- 井面应设置安全防护栏，当桩孔净距小于2倍桩径且小于2.5m时，应间隔挖孔施工。

四、人工挖孔大直径灌注桩

护壁施工段，即支设护壁内模板后浇筑混凝土，其强度一般不低于C15，护壁混凝土要振捣密实；当混凝土强度达到1MPa(常温下约24h)可拆除模板，进入下一施工段。如此循环，直至挖到设计要求的深度。



人工挖孔灌注桩



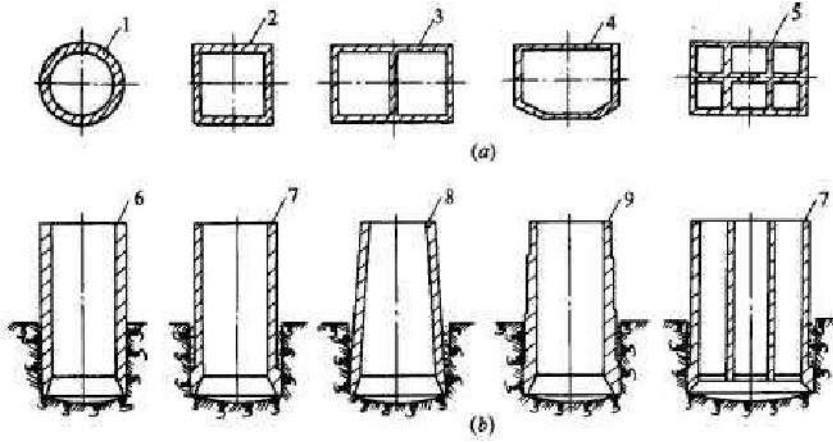
第二节 混凝土灌注桩施工

五、沉井护壁法施工

当桩径较大，挖掘深度大，地质复杂，土质差(松软弱土层)，且地下水位高时，应采用沉井护壁法挖孔施工。

沉井护壁施工是先在桩位上制作钢筋混凝土井筒，井筒下捣制钢筋混凝土刃脚，然后在筒内挖土掏空，井筒靠其自重或附加荷载来克服筒壁与土体之间的摩擦阻力，边挖边沉，使其垂直地下沉到设计要求深度。

五、沉井护壁法施工



沉井平面及剖面形式

(a) 平面形式；(b) 竖剖面形式



五、沉井护壁法施工

沉井多用作桥梁墩台或重型工业建筑物的深基础，后来逐渐发展成为利用其内部空间供生产使用或其他用途的地下建筑物。如各种泵房、地下沉淀池、水池、储存槽。

下例为某循环水泵房沉井沉井施工过程。沉井预制支垫形式为无枕木施工，用混凝土垫层取代枕木，垫层表面涂抹或铺垫隔离层，方便下沉时拆除。下沉前用大锤、风镐等工具对称的将混凝土垫层打碎清除。用此方法施工，混凝土垫层拆除方便，沉井受力状态一直较均匀在大型沉井施工非常适用，经济、省力、而且效果比较好。



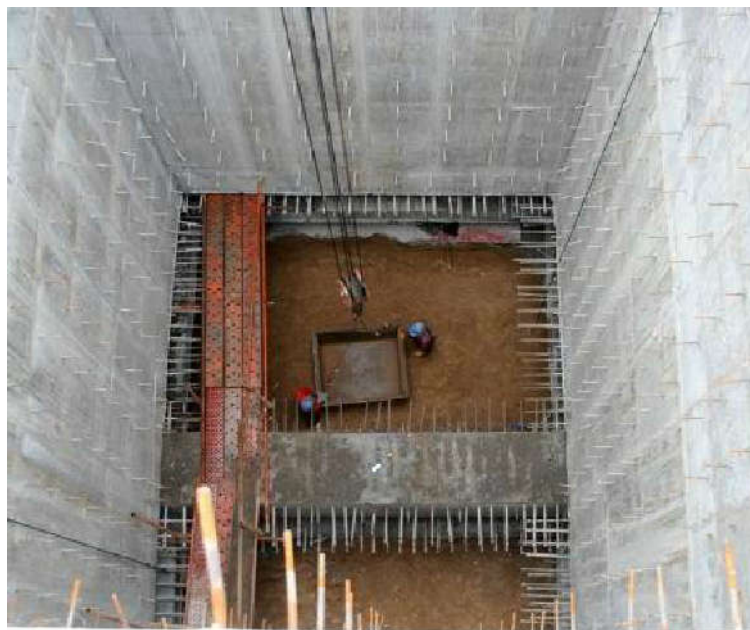
五、沉井护壁法施工

沉井下沉方法为排水下沉，使井内保持无水状态施工、下沉、挖土方式可用抓斗、水力吸泥甚至人工开挖等。平面面积 $55\times 62\text{m}$ ，沉井为三节制作、二次下沉，第一节和第二节高度均为 5m 、第三节高度为 7m ，第一次沉井深度为 9.5m ，第二次下沉约 7m ，总工期 60 天。

五、沉井护壁法施工



五、沉井护壁法施工



五、沉井护壁法施工



五、沉井护壁法施工



第二节 混凝土灌注桩施工

六、爆扩成孔灌注桩

爆扩成孔灌注桩是用钻孔爆扩成孔，孔底放入炸药，再灌入适量的混凝土，然后引爆，使孔底形成扩大头，再放入钢筋笼，浇筑桩身混凝土。

爆扩桩在粘性土层中使用效果较好，但在软土及砂土中不易成型，桩长一般为3-6m，最大不超过10m。扩大头直径 D 为 $2.5-3.5d$ 。这种桩具有成孔简单，节省劳力和成本低等优点。但检查质量不便，施工质量要求严格。

[动画演示](#)